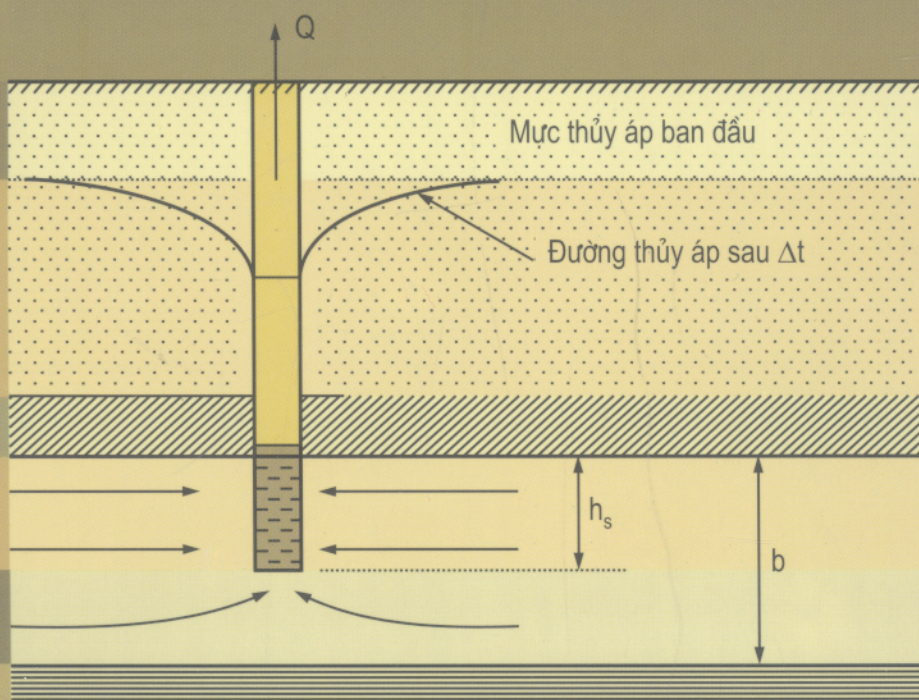


TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
TS. PHẠM NGỌC HẢI - TS. PHẠM VIỆT HOÀ

KỸ THUẬT KHAI THÁC NƯỚC NGẦM



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
TS. PHẠM NGỌC HẢI - TS. PHẠM VIỆT HOÀ

KỸ THUẬT KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2005

Chương 1

KHÁI QUÁT VỀ NƯỚC NGÂM

1.1. VAI TRÒ CỦA NƯỚC NGÂM TRONG ĐỜI SỐNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ

Nước luôn luôn giữ một vai trò mang tính sống còn trong lịch sử phát triển loài người và phát triển kinh tế xã hội của mỗi quốc gia. Trong thời đại hiện nay do bùng nổ về dân số, do các ngành kinh tế của các nước trên thế giới thi nhau phát triển như vũ bão, chất lượng cuộc sống của con người ngày một nâng cao vì thế yêu cầu về nước ngày một lớn, các nguồn nước được khai thác và sử dụng ngày càng nhiều. Nhìn chung trên trái đất có 3 nguồn nước chính: Nước mưa, nước mặt, nước ngầm.

Ở mọi nơi trên trái đất, lượng nước mưa cung cấp hàng năm đều có hạn, mặt khác mưa lại phân phối không đều theo cả không gian lẫn thời gian. Những vùng mưa nhiều lượng mưa năm bình quân cũng chỉ đạt $2000 \div 2500\text{mm}$, những vùng mưa ít chỉ đạt $400 \div 500\text{mm}$, có những vùng không hề có mưa. Ở những nơi có mưa, lượng mưa cũng phân phối không đều trong năm, nhiều thời gian kéo dài không có mưa. Ở những vùng có các nước công nghiệp phát triển, thậm chí nước mưa cũng bị ô nhiễm một cách nặng nề, đôi khi xuất hiện những trận mưa axit hoặc mưa bùn... Chính vì vậy, nguồn nước mưa từ lâu đã không thể đáp ứng đầy đủ yêu cầu về nước của con người.

Nguồn nước mặt trên trái đất cũng được khai thác và sử dụng một cách quá mức nên ngày càng bị hao hụt về khối lượng, suy giảm về chất lượng, có nhiều nơi trên thế giới nguồn nước mặt không có hoặc rất khan hiếm không đủ để sử dụng, ở nhiều nơi lượng mưa hàng năm nhỏ hơn lượng bốc hơi nên nước mặt hầu như không có như các vùng sa mạc hoặc các nước ở Trung Phi, Nam Á...

Với những lý do trên, nguồn nước ngầm trước mắt cũng như lâu dài đóng một vai trò rất quan trọng để bổ sung nguồn nước cho nhân loại, việc khai thác và sử dụng nước ngầm là một yêu cầu tất yếu và ngày càng lớn.

Ở một số nước trên thế giới từ lâu yêu cầu khai thác sử dụng nước ngầm đã rất lớn đặc biệt sử dụng nước ngầm vào mục đích sinh hoạt và chăn nuôi.

Đan Mạch là nước sử dụng hoàn toàn nước ngầm để đáp ứng yêu cầu sinh hoạt, một số nước khác tỷ lệ sử dụng nước ngầm để đáp ứng yêu cầu sinh hoạt cũng rất cao, có thể lấy một số nước điển hình:

Bỉ	Tỷ lệ nước ngầm sử dụng cho sinh hoạt chiếm :	90%
Phần Lan	-	: 85 ÷ 90%
Hà Lan	-	: 75%
Thụy Điển	-	: 85 ÷ 90%
Đức	-	: 75%
Ixraen	-	: 95%

Trên toàn thế giới nước ngầm đã được khai thác để đáp ứng 50% yêu cầu nước cho sinh hoạt của nhân loại.

Ngoài mục đích khai thác nước ngầm cho sinh hoạt, nước ngầm còn được khai thác phục vụ cho công nghiệp, trồng trọt, chăn nuôi và các ngành kinh tế khác.

Nông nghiệp: Nhiều nước trên thế giới đã sử dụng nước ngầm để tưới cho các diện tích trồng trọt. Diện tích canh tác được tưới bằng nước ngầm của một số nước như sau:

- Brazil có 22.000 ha;
- Angiêri có 80.000 ha;
- Hy Lạp có 30.000 ha;
- Nga, Trung Quốc, Mỹ có 15% lượng nước tưới là nước ngầm.

Nước ngầm cũng được khai thác để đáp ứng yêu cầu cho công nghiệp và chăn nuôi ở hầu hết các nước trên thế giới. Các nước lớn như Nga, Mỹ, Trung Quốc, Ấn Độ, Ôxtrâyliia, Ai Cập, Nam Phi đều khai thác và sử dụng nước ngầm với quy mô rất lớn và còn đang tiếp tục được mở rộng trong tương lai để đáp ứng yêu cầu ngày một cao của kinh tế dân sinh.

Ở Việt Nam, tuy là một nước nhiệt đới mưa nhiều, nguồn nước mặt tương đối phong phú nhưng yêu cầu khai thác nước ngầm cũng rất lớn. Từ đầu thế kỷ 20, chúng ta đã bắt đầu khai thác nước ngầm để phục vụ cho sinh hoạt và công nghiệp ở các thành phố lớn như: Hà Nội, Hải Phòng, Nam Định, Vinh, Huế, Thành phố Hồ Chí Minh... Ở nông thôn, các hộ gia đình từ lâu đã sử dụng giếng khoan, giếng đào để khai thác nước ngầm dùng cho sinh hoạt.

Những năm gần đây, ở nước ta tốc độ phát triển kinh tế và đô thị hoá rất cao, hàng loạt các thành phố lớn, thị xã, thị trấn mới được mọc lên, hàng loạt khu dân cư, khu chế xuất đã hình thành và đi vào hoạt động, các vùng kinh tế mới ở miền núi phía Bắc,

cao nguyên và ven biển được thiết lập. Diện tích trồng trọt trong nông nghiệp tăng nhanh, cây trồng được đa dạng hoá. Yêu cầu về cấp nước nói chung rất lớn, yêu cầu khai thác sử dụng nước ngầm đặc biệt ở những khu vực khan hiếm nước mặt lại càng lớn và cấp thiết. Riêng ở Hà Nội: những năm 80 của thế kỷ trước chỉ có 3 nhà máy nước, nhưng tới cuối những năm 90 đã có tới 15 nhà máy nước cỡ lớn, mỗi ngày khai thác 385.244 m³ nước cấp cho nội thành. Theo kế hoạch đến năm 2010 phải khai thác được 700.000m³ trong một ngày đêm. Ước tính đến năm 2010 có 1,2 ÷ 1,5 tỷ m³ nước ngầm được khai thác trong một năm để cung cấp cho các yêu cầu của nội thành.

Hiện tại cũng như trong tương lai, việc khai thác nước ngầm để đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế xã hội ở Việt Nam là rất lớn. Tuy nhiên, để có thể khai thác và sử dụng nước ngầm một cách bền vững, chúng ta cần nắm vững một số đặc điểm sau đây trong vấn đề khai thác và sử dụng nước ngầm:

Ưu điểm:

- Nước ngầm phân bố khắp nơi, nguồn nước tương đối ổn định.
- Nước ngầm thường được khai thác và sử dụng tại chỗ, đường dẫn nước ngắn, tổn thất nước trong quá trình dẫn nước ít.
- Lưu lượng khai thác nước ngầm nhỏ nên quy mô xây dựng công trình không lớn, phù hợp với nguồn vốn địa phương và của các hộ nông dân cần khai thác và sử dụng nước ngầm.
- Chất lượng nước ngầm tốt hơn nước mặt nên xử lý ít phức tạp.
- Ở những vùng trũng và lầy thụt, khai thác nước ngầm dễ dàng, ít tốn kém ngoài ra còn có thể hạ thấp mực nước ngầm để cải tạo đất.

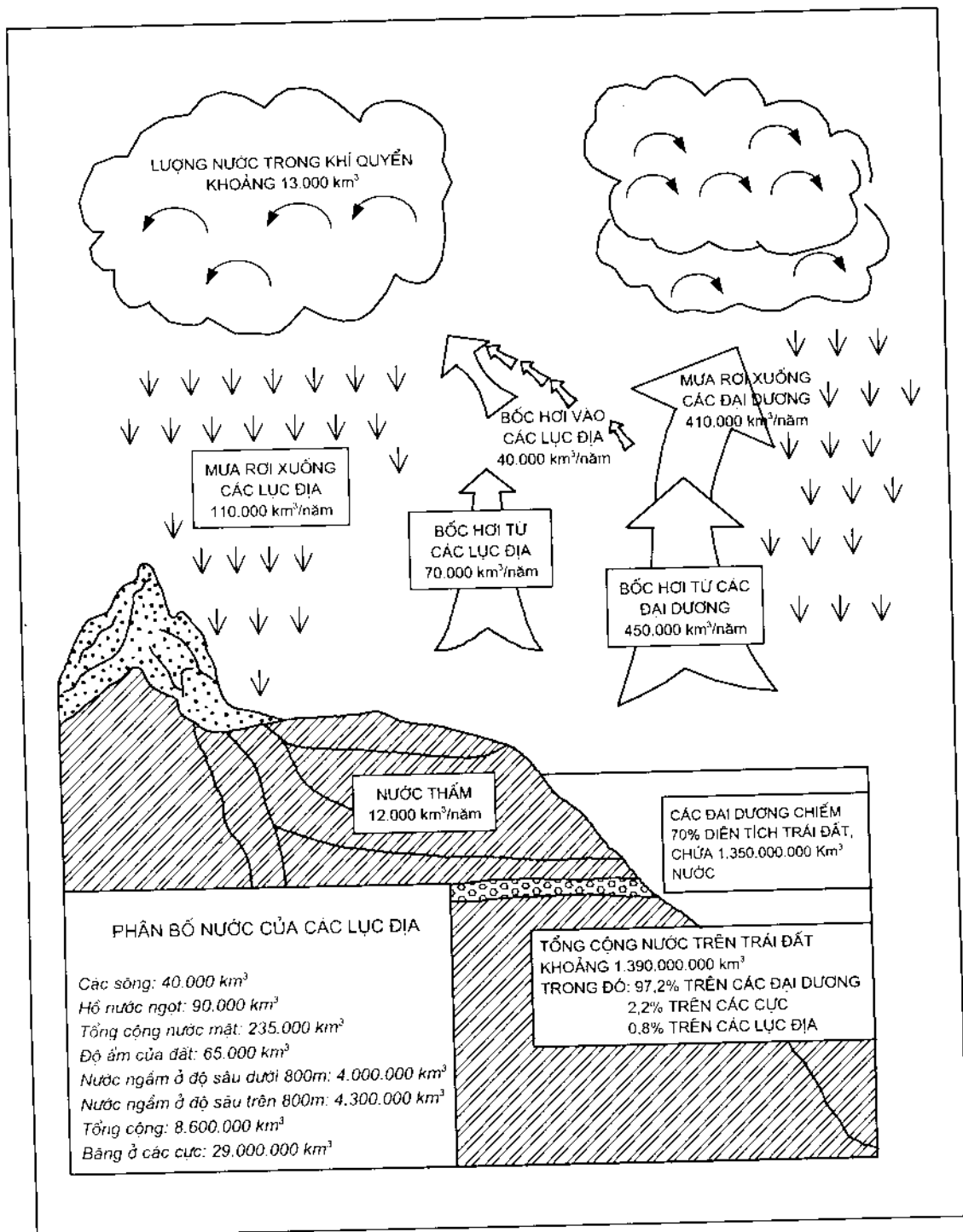
Nhược điểm:

- Lưu lượng nhỏ, khả năng cấp nước nhỏ nên công trình nằm phân tán.
- Nước ngầm có độ khoáng hoá cao, nhiệt độ nước ngầm thường không phù hợp với yêu cầu dùng nước nên phải xử lý nước trước khi sử dụng.
- Đòi hỏi năng lượng để bơm hút, khai thác nước ngầm.
- Nếu nước ngầm nằm quá sâu, công trình khai thác sẽ phức tạp dẫn đến giá thành khai thác nước sẽ cao.
- Việc khai thác nước ngầm không hợp lý sẽ dẫn đến ô nhiễm môi trường, làm mất cân bằng sinh thái tự nhiên. Ở các vùng duyên hải, nếu khai thác nước ngầm quá mức, mực nước ngầm hạ thấp, nước mặn từ biển sẽ xâm nhập làm ô nhiễm nguồn nước ngầm.

Tóm lại: Vai trò của nước ngầm ngày càng quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của mỗi quốc gia, vì thế cần có kế hoạch khai thác, sử dụng nước ngầm một cách hợp lý để có thể phát triển nguồn nước nói chung và phát triển nguồn nước ngầm nói riêng một cách bền vững.

1.2. SỰ HÌNH THÀNH NƯỚC NGẦM

Có nhiều giả thuyết về sự hình thành nước ngầm từ xa xưa. Giả thuyết đầu tiên cho là: Nước mưa thấm lậu xuống các tầng đất đá tạo thành những khu vực chứa nước trong lòng đất, giả thuyết này được đưa ra vào thế kỷ I trước công nguyên. Sau đó giả thuyết ban đầu dường như bị lãng quên cho đến tận thế kỷ thứ XVII giả thuyết này lại được nhắc tới như một giả thuyết hợp lý nhất hồi bấy giờ. Mãi đến năm 1877 nhà địa chất học người Đức tên là O.Phôn - Gherơ bác bỏ luận đề trên và đưa ra giả thuyết mới là do sự "ngưng tụ" nước trong đất. Ông khẳng định rằng sự hình thành nước ngầm trong đất cơ bản không chỉ là do thấm lậu nước mưa mà còn do quá trình xuyên sâu không khí và hơi nước vào kẽ rỗng lớp vỏ trái đất và hơi nước bị ngưng tụ khi hấp thụ lạnh tạo thành những vùng chứa nước ngầm trong lòng đất. Sự bàn cãi về giả thuyết này diễn ra rất sôi nổi, nhiều ý kiến phản đối luận điểm trên và không công nhận vì nó chưa lý giải được trọn vẹn và toàn diện các vấn đề, đương nhiên luận điểm ban đầu lại được bảo vệ, mặc dầu bản thân nó chưa giải thích rõ nguồn gốc phát sinh nước ngầm. Mãi sau này, vào đầu thế kỷ XX nhà bác học người Nga A.Ph.Rebegeb trên cơ sở nghiên cứu thí nghiệm đã chứng minh và giải thích quá trình hình thành nước ngầm khác với Phôn - Gherơ ở chỗ tính xuyên sâu của không khí được Ông giải thích là do quá trình chênh lệch độ đàn hồi hơi nước tồn tại trong các tầng đất tạo ra. Hơi nước chuyển vị từ vùng có độ đàn hồi cao (ở nhiệt độ cao) xuống vùng có độ đàn hồi thấp (ở nhiệt độ thấp). Ông nhấn mạnh chỉ do hiện tượng ngưng tụ hơi nước chưa đủ giải thích mọi hiện tượng trong quá trình hình thành nước ngầm mà phải kết hợp chặt chẽ với luận điểm ban đầu. Vì vậy, nước ngầm có nguồn gốc cung cấp một phần là do nước mưa ngấm xuống đất, mặt khác do ngưng tụ hơi nước từ tầng sâu trong lòng đất hoà quyện với nhau mà hình thành nước ngầm. Nói khác đi nguồn cung cấp cho nước ngầm chủ yếu do nước mưa và hơi nước mà động thái của chúng thông qua sự tuần hoàn nước trong tự nhiên: Nước trên mặt đất, mặt biển, sông ngòi, hồ ao, kênh mương bốc hơi nước lên bầu khí quyển, ở đây chúng tụ lại thành những lớp mây dày đặc và ngưng tụ lại rơi xuống mặt đất dưới dạng mưa. Một bộ phận nước mưa chảy ra sông biển, bộ phận khác bốc hơi lên bầu khí quyển, một bộ phận thấm lậu sâu vào đất đá dưới dạng dòng thấm và hơi nước xuyên sâu bổ sung cho nước ngầm.



Hình 1.1- Hệ tuần hoàn của nước trong tự nhiên

Như vậy, ngoài nước mưa ra nhân tố hình thành nước ngầm phải kể đến hơi nước chuyển vị về phía có sự dàn hồi thấp có nghĩa là nơi có nhiệt độ thấp. Như chúng ta đã biết mùa hè dưới mặt đất lạnh hơn trên mặt đất và không khí đem theo hơi nước bão hoà thấm sâu vào lớp vỏ trái đất. Tại đây hơi nước có trong không khí dưới đất bị ngưng tụ

thành nước rồi cung cấp vào tầng trữ nước. Bởi vậy, ta có thể đi tới kết luận: Sự hình thành nước ngầm chủ yếu là do nước mưa ngấm xuống đất và hơi nước trong không khí thấm vào trong đất và được ngưng tụ trong lòng đất. Vùng hình thành nước ngầm có thể là vùng di chuyển chậm của nước trong các kẽ rỗng của đất, trong các vết rạn nứt của nham thạch hoặc trong các hang, động được tạo ra trong các tầng nham thạch rắn chắc, tạo thành dòng chảy ngầm trong lòng đất.

1.3. CHẾ ĐỘ NƯỚC NGẤM VÀ PHÂN LOẠI CÁC TẦNG ĐỊA CHẤT CHỨA NƯỚC

1.3.1. Chế độ nước ngầm

Nước ngầm là một thành phần trong chu trình tuần hoàn của nước trong tự nhiên: Nước trong khí quyển tồn tại dưới dạng hơi nước hay giọt mưa. Mưa rơi xuống đất một phần tạo thành dòng chảy mặt, một phần bốc hơi trở lại bầu khí quyển, phần còn lại sẽ thấm vào trong lòng đất để bổ sung cho nước ngầm. Bên cạnh đó hơi nước từ trong khí quyển cũng được thấm sâu vào lòng đất do hiện tượng chênh lệch về nhiệt độ và áp lực đàn hồi cùng với lượng nước từ sông, biển, hồ, ao ngấm xuống cung cấp cho nguồn nước ngầm. Trong mùa khô hạn ít mưa, nước ngầm một phần cung cấp cho tầng đất và sẽ được bốc hơi qua mặt đất lên tầng khí quyển, một phần lại cung cấp nước cho ao, hồ, sông, biển và cũng được bốc hơi lên bầu khí quyển thông qua hiện tượng bốc hơi mặt nước. Sự tuần hoàn của nước trong tự nhiên là một chu trình khép kín.

1.3.2. Phân loại các tầng địa chất chứa nước

- Dựa vào tính chứa nước và tính thoát nước của các tầng địa chất có thể chia thành 4 loại tầng địa chất thuỷ văn:

1. Tầng ngậm nước và vận chuyển nước

Tầng ngậm nước và vận chuyển nước là một hệ đất đá có khả năng trữ nước tốt, cho phép nước vận chuyển được trong hệ đất đá đó, như các tầng cát, cát sỏi.

2. Tầng ngậm nước ít và vận chuyển nước kém

Tầng ngậm nước ít và vận chuyển nước kém là một hệ đất đá có khả năng chứa nước nhưng vận chuyển nước kém như đất sét pha cát, đất sét pha cuội sỏi.

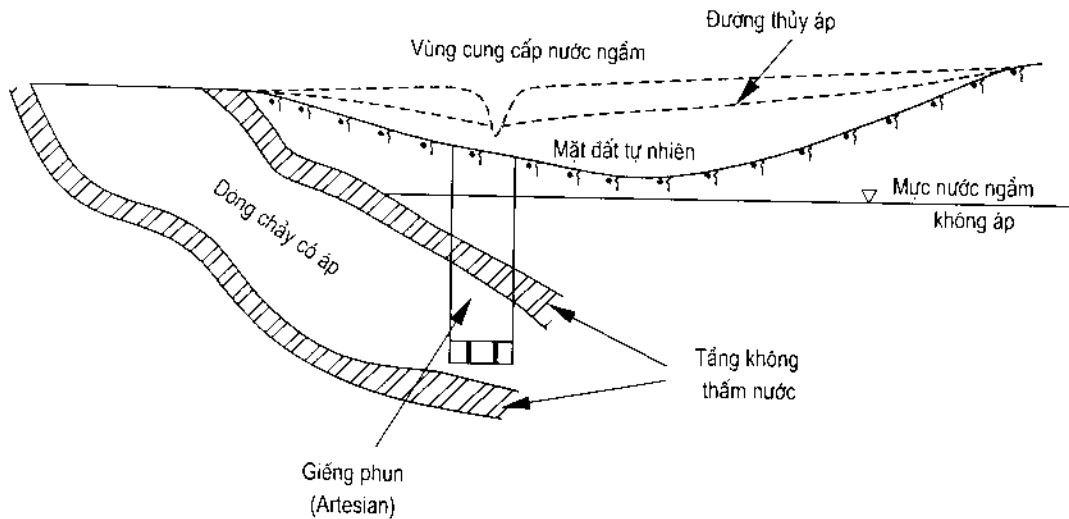
3. Tầng ngậm nước nhưng không vận chuyển nước

Tầng ngậm nước nhưng không vận chuyển nước là một hệ đất đá có lỗ rỗng lớn, các lỗ rỗng không thông nhau và không cho nước vận chuyển qua như các túi nước trong các hang đá, các khe nứt của nham thạch có chứa nước hoặc các bộ phận trữ nước được bao bọc bởi tầng đất sét.

4. Tầng không ngậm nước và không vận chuyển nước

Là các tầng địa chất rắn chắc không chứa nước như các tầng đá gốc liền khối.

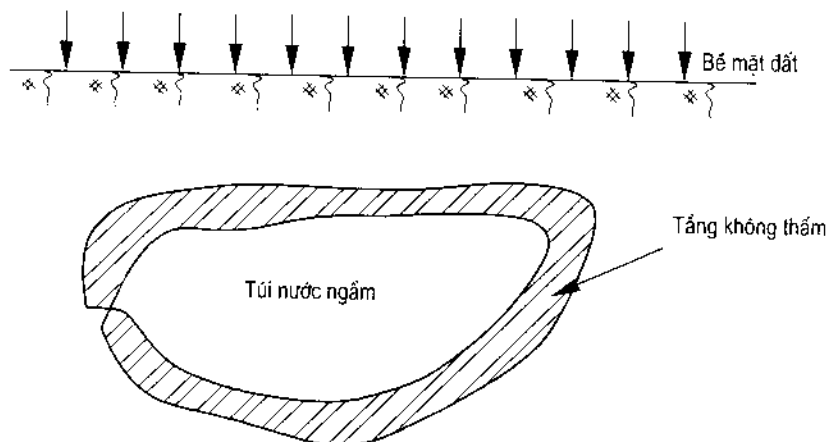
- Nếu dựa theo sự sắp xếp tương đối giữa các tầng địa chất không thấm và các tầng trữ nước đồng thời dựa vào cao độ của đường áp lực nước ngầm so với tầng không thấm nước có thể chia tầng trữ nước làm 2 loại là tầng trữ nước có áp và tầng trữ nước không áp.



Hình 1.2. Các tầng địa chất thủy văn

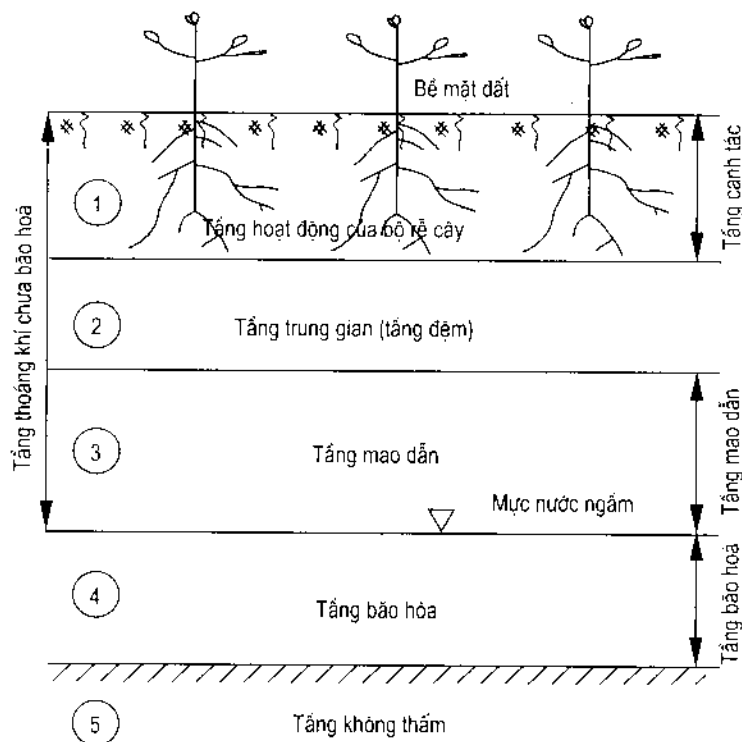
- Tầng trữ nước có áp biến thành tầng trữ nước không áp khi đường áp lực hạ thấp hơn tầng không thấm phía trên của tầng trữ nước.

- Nước ngầm treo (túi nước ngầm) là loại nước ngầm tồn tại ở dạng các túi nước nằm trong các tầng địa chất được bao bọc bởi các tầng địa chất không thấm nước.



Hình 1.3. Nước ngầm treo

- Trên quan điểm nước dưới đất người ta còn phân các tầng địa chất thủy văn theo lượng nước chứa trong đất:



Hình 1.4- Các tầng chứa nước trong đất

1. Tầng rễ cây

Tầng rễ cây là tầng hoạt động tập trung của bộ rễ hút nước cung cấp cho cây trồng. Nguồn nước cung cấp chủ yếu do mưa ngấm xuống và lợi dụng được một phần nước ngấm cung cấp do nước ngấm nằm cao, nước ngấm do mao quản leo lên. Tuy nhiên ở tầng này do tiếp xúc với mặt đất, lượng bốc thoát nước tương đối lớn. Trong đó lượng bốc hơi phụ thuộc chủ yếu vào các nhân tố khí hậu và vị trí mực nước ngầm.

2. Tầng trung gian

Tầng trung gian là tầng nối tiếp giữa tầng rễ cây và tầng nước mao quản. Khi nước ngấm nằm nông thì tầng này có khả năng cấp nước cho tầng rễ cây và có lượng bốc thoát hơi đáng kể. Nếu nước ngấm nằm sâu thì tầng này có khả năng cấp nước không đáng kể, vì vậy lượng bốc thoát nước gần như bằng không (0). Lượng nước tồn tại trong tầng này rất nhỏ dưới dạng hơi nước ngưng tụ.

3. Tầng mao dẫn

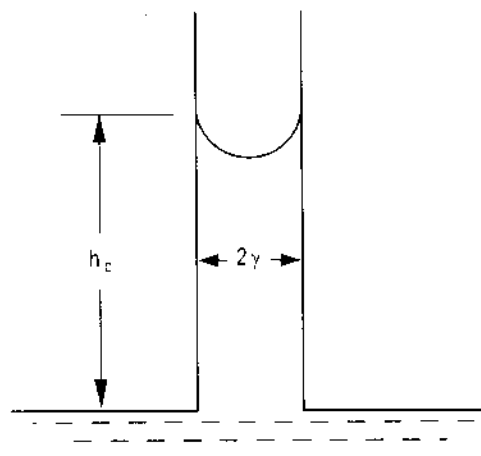
Tầng mao dẫn là tầng chuyển hoá nước ngấm thành nước mao quản treo và mao quản leo cấp nước cho tầng trung gian và tầng rễ cây. Đây là tầng có ý nghĩa quan trọng về sự cân bằng sinh thái giữa đất, nước và cây trồng.

Tùy theo tính chất của đất, đường kính hạt và phân bố cấp hạt của tầng đất mà chiều cao dâng nước của mao quản khác nhau và có thể tính theo công thức:

$$h_c = \frac{2\tau}{r\gamma} \cos \lambda$$

trong đó:

- h_c - độ leo cao của mao quản;
- τ - sức căng mặt ngoài của chất lỏng;
- r - bán kính kẽ rỗng giữa các hạt đất trong ống mao dẫn;
- λ - góc nghiêng của bề mặt chất lỏng và thành ống mao dẫn (góc nghiêng giữa tiếp tuyến và mặt cong trong ống mao dẫn);
- γ - dung trọng của chất lỏng.



Hình 1.5. Hiện tượng mao dẫn

Theo Lohmen và A.Ph.Rebegeb độ leo mao quản trong các mẫu đất đá như sau:

Bảng 1.1- Độ dâng cao nước mao quản của một số loại đất đá

Loại đất đá	Kích thước hạt d (mm)	Độ leo h_c (cm)	h_c giới hạn (cm)
Cuội sỏi hạt mịn	5,00 ÷ 2,00	2,5	5 ÷ 10
Cát rất thô	2,00 ÷ 1,00	6,5	10 ÷ 15
Cát thô	1,00 ÷ 0,50	13,5	15 ÷ 26
Cát trung bình	0,50 ÷ 0,20	24,6	25 ÷ 35
Cát mịn	0,20 ÷ 0,10	42,8	35 ÷ 100
Hạt sét	0,10 ÷ 0,05	105,5	400 ÷ 500
Thịt pha sét			150 ÷ 400
Than bùn			60 ÷ 70

4. Tầng bão hoà nước

Tầng bão hoà là tầng đất, đá có nước chứa đầy trong các khe kẽ rỗng của đất đá. Chiều sâu của tầng bão hoà nước phụ thuộc vào lượng nước chứa trong tầng trữ nước, ngoài ra còn phụ thuộc vào nguồn nước cung cấp cho nước ngầm như mực nước sông, hồ, dòng chảy ngầm, nói cách khác phụ thuộc vào các đặc tính của các nguồn nước khác cung cấp cho nước ngầm. Vùng đất bão hoà nước thường chịu tác dụng của áp lực cột nước chứa trong đất.

5. Tầng không thấm nước

Tầng không thấm nước là tầng địa tầng không cho nước ngầm di chuyển qua. Tùy vào vị trí tương đối của tầng không thấm với đường áp lực và số lượng, độ dày của tầng không thấm mà trạng thái nước ngầm có thể là không áp hoặc có áp. Thông thường, tầng không thấm đơn lớp nằm phía dưới tầng trữ nước sẽ xuất hiện nước ngầm không áp. Tầng không thấm đa lớp sẽ xuất hiện nước ngầm có áp.

Chương 2

PHÂN LOẠI VÀ SỰ BIẾN ĐỘNG CỦA NƯỚC NGẦM

2.1. PHÂN LOẠI NƯỚC NGẦM

Tiêu chuẩn phân loại nước ngầm có thể quy tụ về hai loại hình cơ bản:

- Phân loại nước ngầm theo thành phần hoá học;
- Phân loại nước ngầm theo tính chất lý học;
- Phân loại nước ngầm theo sự phân bố của nước ngầm trong các tầng địa chất.

2.1.1. Phân loại nước ngầm theo thành phần hoá học

Có nhiều phương pháp phân loại nước ngầm theo thành phần hóa học của các chất chứa trong nước ngầm, nhưng ở đây chỉ giới thiệu phương pháp phân loại nước ngầm theo thành phần hoá học của C.A.Sukarev. Phương pháp phân loại nước ngầm này đã được nhiều người thừa nhận là phương pháp có cơ sở khoa học và có nhiều thuận lợi khi sử dụng trong thực tế.

Nhiều tác giả có cùng quan điểm là dựa vào sự khác nhau của tỷ số giữa các anion và cation chủ yếu chứa trong nước ngầm để phân loại nước ngầm.

Theo quan điểm C.A.Sukarev, để phân loại nước ngầm dựa vào hàm lượng của 6 anion và cation chủ yếu chứa trong nước ngầm sau đây:

Nhóm anion: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-

Nhóm cation: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}

Theo tỷ lệ giữa các thành phần trên có thể phân chia nước ngầm thành 49 loại, rất thuận tiện cho việc so sánh tính chất của từng loại nước ngầm từ thành phần hoá học.

Cũng trên quan điểm chung đó, O.A.Alekin phân chia nước thiên nhiên thành:

- Ba loại nước theo anion: Nước cacbonat, nước sunphat, nước clo
- Ba loại nước theo cation: Nước canxi, nước magiê, nước natri

Trong mỗi một loại lại được chia ra 3 cách phân loại theo tỷ lệ giữa các ion chứa trong nước ngầm.

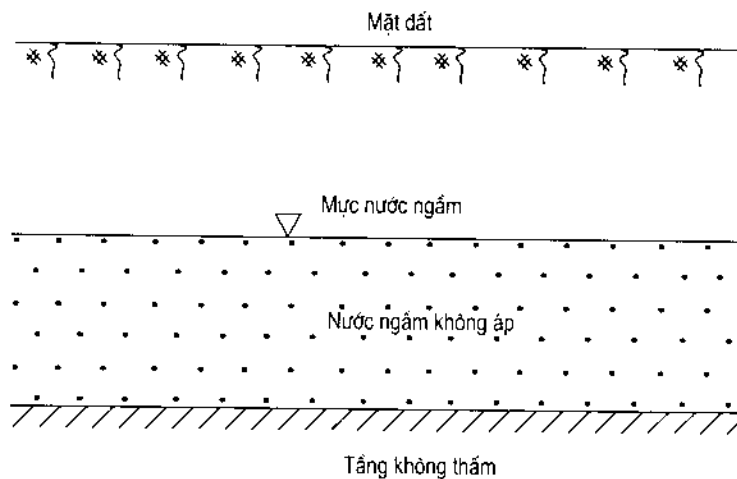
Ngoài ra, cũng trên quan điểm hoá học người ta còn dựa vào hàm lượng các chất khoáng trong nước ngầm để phân loại:

- Nước nhẹ;
- Nước trung bình;
- Nước nặng.

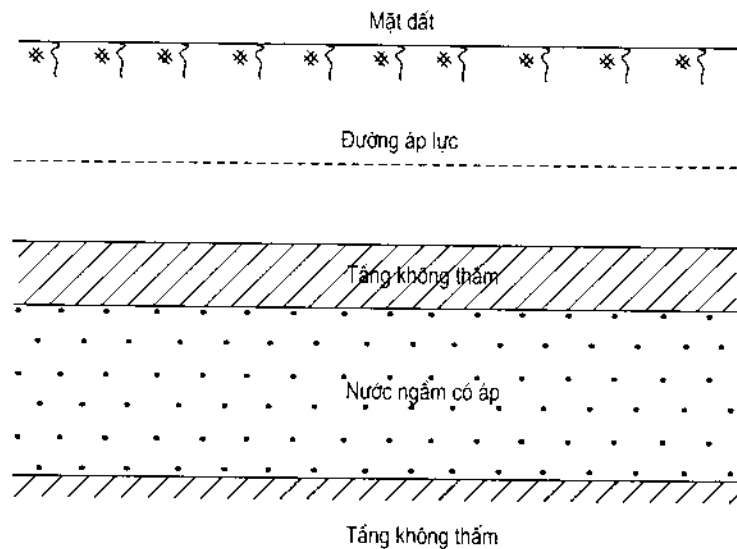
2.1.2. Phân loại nước ngầm theo tính chất lý học

Cách phân loại này chủ yếu dựa vào chỉ tiêu nhiệt độ của nước ngầm để phân loại và chia thành 3 loại nước ngầm chủ yếu sau:

- Nước ngầm lạnh có nhiệt độ: $t < 20^{\circ}\text{C}$
- Nước ngầm ấm có nhiệt độ: $t = 20 \div 37^{\circ}\text{C}$
- Nước ngầm nóng có nhiệt độ: $t > 37^{\circ}\text{C}$



Hình 2.1. Nước ngầm không áp



Hình 2.2. Nước ngầm có áp

Ngoài ra còn dựa vào điều kiện áp lực của nước ngầm để phân loại:

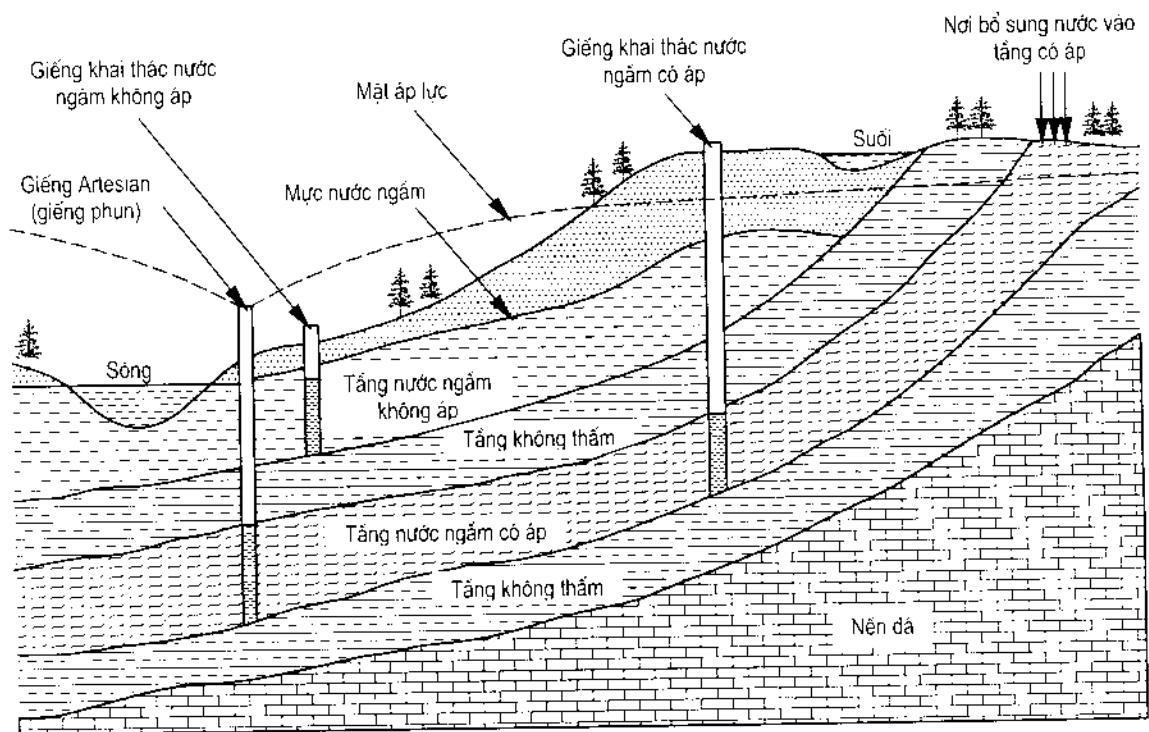
- Nước ngầm không áp là loại nước ngầm có áp suất tại các điểm trên mặt nước ngầm bằng áp suất khí trời;

- Nước ngầm có áp là loại nước ngầm có áp suất tại tất cả các điểm trong tầng trữ nước đều cao hơn áp suất khí trời. Có thể nói cách khác là đường áp lực của nước ngầm nằm cao hơn tầng không thấm nằm phía trên của tầng trữ nước;

- Nếu nước ngầm có áp lực cao có khả năng phun nước lên cao khỏi mặt đất được gọi là nước ngầm Artesian.

2.1.3. Phân loại theo sự phân bố của nước ngầm trong các tầng địa chất

Trên quan điểm này, các nhà nghiên cứu đã đề xuất nhiều cách phân loại khác nhau, nhưng đều có một điểm chung là lấy cấu tạo và điều kiện sắp xếp địa tầng làm cơ sở chính, sau đó kết hợp với một số yếu tố khác như đặc tính thủy lực... để nhận biết các loại nước ngầm. Tuy nhiên đây là vấn đề vô cùng phức tạp, cho đến nay, chưa có phương pháp phân loại nào theo quan điểm này được thừa nhận là ưu việt. Mặc dù vậy, với các cách chia này nước ngầm cũng được nhận biết với những đặc tính riêng của từng loại.



Hình 2.3. Sơ đồ sắp xếp tầng trữ nước và các loại giếng khai thác nước ngầm

Ví dụ:

- Nước ngầm trong các lỗ hổng của đất đá;
- Nước ngầm trong các khe nứt của đất đá;
- Nước ngầm trong các hang động;
- Nước ngầm tầng nông;
- Nước ngầm tầng sâu.

Để có thể hình dung sự phân loại nước ngầm theo sự phân bố của nước ngầm trong các tầng địa chất và điều kiện sắp xếp địa tầng, ta tạm phân làm 4 loại chính:

1. Nước ngầm tầng nông;
2. Nước ngầm tầng sâu;
3. Nước ngầm khe nứt;
4. Nước ngầm hang động.

1. Nước ngầm tầng nông

Nước ngầm tầng nông nằm ở trên tầng không thấm thứ nhất (không có tầng không thấm phủ kín bên trên). Đây là loại nước ngầm không áp. Mặt nước ngầm là mặt nước tự do, áp lực tại mực nước ngầm chính bằng áp lực khí trời ($P = P_a$). Nước ngầm tầng nông phân bố rộng hầu hết khắp mọi nơi, trừ một số vùng cá biệt. Nước ngầm tầng nông thường thay đổi về trữ lượng cũng như mực nước theo từng thời kỳ trong năm, vì nó chịu ảnh hưởng trực tiếp của điều kiện khí hậu, thủy văn như lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ bốc hơi mặt đất..., mực nước của các sông, ngòi, hồ, ao, đầm trong khu vực. Nguồn cung cấp chủ yếu là do nước mưa ngấm vào đất. Mặt khác nước mưa cũng tập trung vào sông, ngòi, hồ, ao và lượng nước mặt từ sông, ngòi, ao, hồ lại theo dòng thấm bổ sung trực tiếp cho nước ngầm tầng nông.

Mùa mưa, mực nước ngầm tầng nông được dâng cao do được bổ sung nước từ nguồn nước mưa và nguồn nước mặt ở các ao hồ sông suối. Đặc biệt đối với sông vùng đồng bằng do phù sa bồi đắp, lòng sông ngày một cao, mực nước sông thường xuyên cao hơn mực nước ngầm hai bên bờ. Vì vậy, sông thường xuyên cung cấp nước cho nước ngầm tầng nông. Ở các vùng trồng lúa nước, mực nước ngầm tầng nông cũng được dâng cao do nước ngầm được bổ sung nước từ các ruộng trồng lúa.

Ngược lại, về mùa khô do bị bốc hơi mặt đất, mặt khác mực nước hồ, ao hoặc các sông suối hạ thấp, một số trường hợp hạ thấp hơn cả mực nước ngầm tầng nông, nước ngấm lại theo dòng thấm bổ sung cho dòng chảy cơ bản của các sông suối. Vì vậy, mực nước ngầm và trữ lượng nước ngầm tầng nông đều giảm.

Trữ lượng nước ngầm tầng nông phụ thuộc vào bề dày của tầng trữ nước, thành phần cấp phối hạt của tầng trữ nước.

2. Nước ngầm tầng sâu

Nước ngầm tầng sâu nằm ở phía dưới tầng không thấm thứ nhất, tầng trữ nước thường nằm kẹp giữa hai tầng không thấm. Nước ngầm tầng sâu có thể nằm dưới mặt đất từ vài chục mét tới hàng trăm, hàng nghìn mét.

Do nằm phía dưới tầng không thấm nên nước ngầm tầng sâu bị ngăn cách không được cung cấp trực tiếp bởi nước mưa hoặc nước mặt trong vùng. Tuy nhiên, nước mưa và nước từ dòng chảy mặt vẫn gián tiếp liên quan tới tầng nước này thông qua các dòng chảy ngầm từ nơi khác tới.

Nước ngầm tầng sâu có thể có áp hoặc không có áp:

- Nếu nguồn nước cung cấp cho nước ngầm tầng sâu ở khu vực được xuất phát từ nơi có cao trình cao và có áp lực cột nước lớn thì nước ngầm tầng sâu thường là có áp.
- Ngược lại, nếu nước không chứa đầy tầng trữ nước và mực nước ngầm trong tầng trữ nước thấp hơn tầng không thấm phía trên thì ta có nước ngầm tầng sâu không áp.

3. Nước ngầm trong khe nứt

Nước ngầm khe nứt là nước chứa trong các khe nứt của nham thạch, những khe nứt này được tạo ra do quá trình kiến tạo địa chất hoặc do động đất, núi lửa... làm cho các tầng nham thạch bị đứt gãy hoặc nứt nẻ. Nước ngầm trong khe nứt có thể được hình thành cùng với sự hình thành của các khe nứt hoặc được cung cấp từ nguồn nước mưa, nguồn nước ở các ao, hồ, sông, suối thông qua dòng thấm vào các khe nứt.

4. Nước ngầm trong hang động

Các hang động xuất hiện do sự xâm thực của nước vào nham thạch. Nước từ các nguồn nước mặt, nước mạch hoặc nước ngầm từ các nơi khác tập trung về các hang động thành các dòng chảy ngầm hoặc tạo thành các hồ chứa nước ngầm nằm sâu trong lòng đất. Nước trong hang động thường xuất hiện ở vùng núi đá vôi, bạch vân, thạch cao, muối mỏ... Trữ lượng nước ngầm trong hang động tùy thuộc vào khả năng tập trung nước, kích thước của các hang động và phụ thuộc vào các nguồn nước cung cấp vào các hang động, sự lưu thông giữa nguồn nước đó với các hang động khác. Nước ngầm hang động có thể là dạng có áp hoặc không áp, thông thường nước ngầm hang động có độ khoáng khá cao.

2.2. SỰ THAY ĐỔI NƯỚC NGẦM VÀ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

2.2.1. Sự thay đổi nước ngầm

- Nếu xét trong thời gian dài, quá trình thay đổi nước ngầm cũng tương tự như nước mặt. Trong mùa khô lượng mưa ít, mực nước các ao hồ thấp, dòng chảy các sông suối nhỏ, lượng bốc hơi lớn vì thế mực nước ngầm thường hạ xuống thấp, ngược lại trong mùa mưa nước mặt nhiều, mực nước ngầm sẽ dâng cao, trữ lượng nước ngầm sẽ phong

phủ. Tuy nhiên, sự thay đổi của nước ngầm còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác như tính thấm của đất, khả năng trữ nước của tầng trữ nước.

- Trong chu kỳ một năm, mùa khô mực nước của nước mặt hạ thấp, nhiều trường hợp thấp hơn mực nước ngầm, nước ngầm thông qua các mạch nước cung cấp nước cho nước mặt. Mùa mưa, mực nước ngầm thường thấp hơn mực nước mặt, nước mặt và nước mưa lại ngấm xuống đất để bổ sung cho nước ngầm. Tương quan giữa nước mặt và nước ngầm thay đổi theo mùa, có thời kỳ nước mặt cung cấp cho nước ngầm và ngược lại có thời kỳ nước ngầm cung cấp cho nước mặt.

2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến nước ngầm

Tuy nằm sâu dưới đất nhưng trữ lượng cũng như chất lượng nước ngầm chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố bao gồm: Yếu tố khí hậu thủy văn trên mặt đất, các yếu tố về địa hình, địa mạo, thổ nhưỡng, địa chất, các hoạt động phát triển của con người.

1. Yếu tố khí hậu

Lượng mưa là nguồn cung cấp chủ yếu cho nước ngầm vì thế lượng mưa hàng năm, phân phối lượng mưa trong năm sẽ có ảnh hưởng gần như trực tiếp đến trữ lượng nước ngầm đặc biệt là nước ngầm tầng nông. Bên cạnh đó cường độ mưa có ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số dòng chảy có nghĩa là ảnh hưởng tới lượng nước thấm xuống đất cung cấp cho nước ngầm.

Đối với nước ngầm tầng nông không áp, nếu có lượng nước mưa bổ sung vào nước ngầm sẽ làm mực nước ngầm tăng lên một lớp Δh :

$$\Delta h = \frac{P}{\mu_h} \quad (2.1)$$

trong đó:

Δh - độ gia tăng mực nước ngầm;

P - tổng lượng mưa hữu hiệu (ngấm vào đất);

μ_h - độ rỗng hiệu quả của đất đá.

Lượng bốc thoát hơi nước từ mặt đất là một thành phần trong lượng nước mất đi của nước ngầm, làm giảm lượng nước ngầm. Các yếu tố khí hậu như nhiệt độ, độ ẩm, gió có ảnh hưởng trực tiếp đến lượng nước bốc hơi mặt đất. Vì thế, các yếu tố khí hậu này có ảnh hưởng trực tiếp đến sự thay đổi của nước ngầm.

2. Yếu tố thủy văn

Dòng chảy mặt trên các sông suối, lượng nước và mực nước trong các ao hồ, tương quan giữa mực nước ao hồ và mực nước ngầm có ảnh hưởng trực tiếp đến nước ngầm; chất lượng của nước mặt cũng ảnh hưởng đến chất lượng nước ngầm. Ngoài ra, chế độ thủy triều, tình hình hạn hán, lũ lụt cũng có ảnh hưởng tới nước ngầm.

3. Điều kiện địa hình, địa mạo, thảm phủ trên mặt đất

Độ dốc địa hình, độ gồ ghề của mặt đất, mật độ sông suối ao hồ trên mặt đất có ảnh hưởng đến hệ số dòng chảy có nghĩa là ảnh hưởng trực tiếp đến lượng nước thấm vào đất để bổ sung cho nước ngầm.

4. Yếu tố về địa chất, thổ nhưỡng

Cách sắp xếp địa tầng, cấu tạo của các tầng địa chất, độ rỗng của các lớp đất đá, hệ số thấm... sẽ ảnh hưởng tới tốc độ và lượng nước thấm vào trong đất.

5. Các hoạt động phát triển của con người

Đó là sự khai thác nước ngầm để phục vụ các mục đích phát triển khác nhau, những tác động của con người vào chất lượng và khối lượng nước mặt là nguồn nước bổ sung chính cho nước ngầm. Mặt khác, các công trình giữ nước như hồ chứa nước, hệ thống cấp thoát nước đều có ảnh hưởng đến sự thay đổi của nước ngầm.

Quá trình đô thị hóa thường gây ra những sự thay đổi mực nước ngầm do kết quả của việc làm giảm lượng bổ sung nước ngầm và tăng cường việc khai thác nước ngầm. Ở những vùng nông thôn, nước dùng thường được lấy từ những giếng nông, trong khi đó hầu hết các nước thải của đô thị lại trở lại đất thông qua các hồ chứa nước bẩn. Do vậy, sự nhiễm bẩn của nước giếng tăng lên. Nhiều giếng ở các hộ dùng riêng phải bỏ đi. Sau này, người ta đã phải đặt các hệ thống xử lý nước cống, nước thải, nước mưa trong khu vực.

Ba nguyên nhân làm cho nước ngầm giảm là:

- Do lát bề mặt tăng làm giảm lượng bổ sung nước ngầm;
- Bơm hút tăng;
- Do hệ thống cống ngầm thu nhận nước ngầm từ trên xuống làm giảm lượng bổ sung nước ngầm.

Ngoài ra còn có những ảnh hưởng khác của động đất, ảnh hưởng của tải trọng bên ngoài...

6. Áp suất khí quyển

Sự thay đổi áp suất khí quyển gây ra do sự dao động mực nước thủy áp trong tầng chứa nước có áp. Mỗi quan hệ đó là quan hệ nghịch biến, có nghĩa là tăng áp suất khí quyển sẽ làm giảm mực thủy áp và ngược lại. Khi sự thay đổi áp suất khí quyển được biểu thị bằng cột nước, tỷ lệ thay đổi mực thủy áp với sự thay đổi của áp suất được gọi là hiệu ứng áp suất của tầng chứa nước:

$$B = \frac{\gamma \Delta h}{\Delta P_a} \quad (2.2)$$

trong đó:

B - hiệu ứng áp suất (Barometric efficiency);

Nếu $B \leq 1$ thì có nước ngầm không áp;

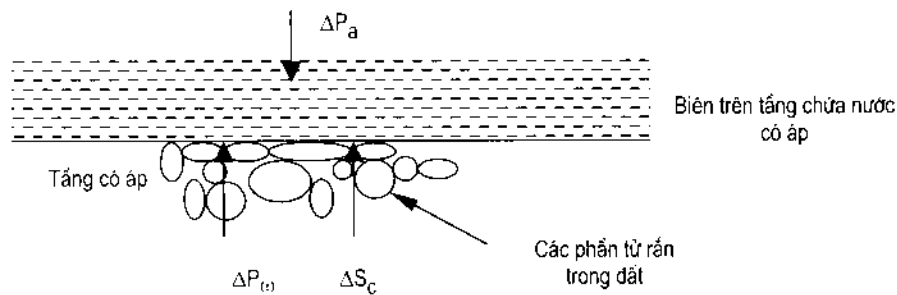
Nếu $B > 1$ thì có nước ngầm có áp;

γ - trọng lượng riêng của nước;

Δh - sự thay đổi mực thuỷ áp;

ΔP_a - sự thay đổi áp suất khí quyển.

Hầu hết các giá trị quan trắc cho giá trị của B nằm trong khoảng từ 20 ÷ 70%



Hình 2.4. Phân bố lý tưởng của các lực ở biên trên của tầng chứa nước có áp chịu ảnh hưởng của sự thay đổi khí áp

Để giải thích các hiện tượng trên có thể coi tầng chứa nước như là một vật thể đàn hồi. Nếu ΔP_a là sự thay đổi áp suất khí quyển và ΔP_w là kết quả của sự thay đổi áp suất thuỷ tĩnh ở đỉnh của tầng chứa nước có áp thì:

$$\Delta P_a = \Delta P_w + \Delta S_c \text{ nên } \Delta P_a > \Delta P_w \quad (2.3)$$

trong đó: ΔS_c - ứng suất nén được tăng lên trên tầng chứa nước.

Tại giếng hút nước từ tầng chứa nước có áp:

$$P_w = P_a + \gamma h \quad (2.4)$$

Cho áp suất khí quyển tăng thêm ΔP_a thì:

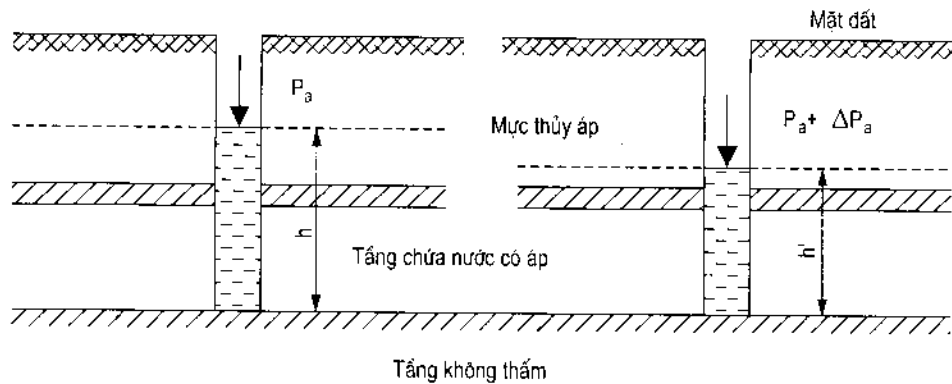
$$P_w + \Delta P_w = P_a + \Delta P_a + \gamma h' \quad (2.5)$$

Thay P_w từ phương trình (2.4) ta có:

$$\Delta P_w = \Delta P_a + \gamma(h' - h) \quad (2.6)$$

Từ phương trình (2.3) rõ ràng rằng $\Delta P_w < \Delta P_a$ do đó $h' < h$ (h và h' như hình vẽ).

Nói chung, mực nước trong giếng hạ thấp xuống khi áp suất khí quyển tăng lên.



Hình 2.5. Ảnh hưởng của khí áp đến mực thủy áp

7. Ảnh hưởng của thủy triều

Trong những tầng đất chứa nước tiếp giáp với biển, sự dao động của thủy triều dẫn đến sự biến động của nước ngầm.

Xét trường hợp đơn giản, đối với dòng chảy một chiều trong tầng chứa nước có áp. Phương trình mô tả chuyển động nước ngầm có dạng:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

Giả thiết điều kiện biên: tại $x = 0$, $h = h_0 \sin \omega t$ và $h = 0$ tại $x = \infty$ (lấy mặt chuẩn là mực nước biển trung bình).

trong đó:

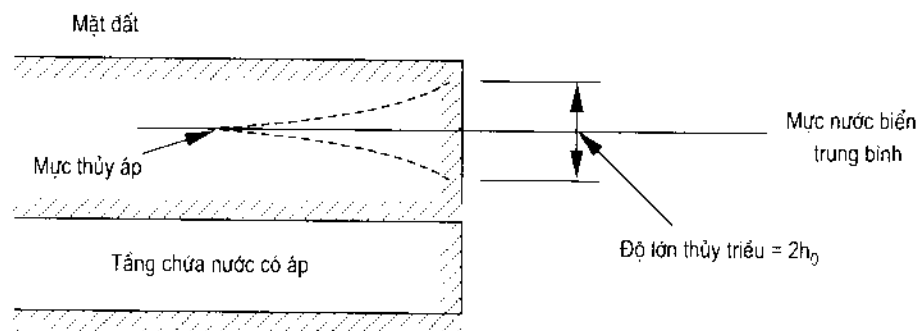
S - hệ số trữ nước (không thứ nguyên);

T - hệ số dẫn nước ($m^2/ngày$);

t - thời gian (ngày)

ω - vận tốc góc, $\omega = \frac{2\pi}{t_0}$;

t_0 - chu kỳ thủy triều



Hình 2.6. Dao động mực nước thủy áp do ảnh hưởng của thủy triều

Nghiệm của bài toán là: $h = h_0 e^{-x \sqrt{\frac{\pi S}{T t_0}}} \sin \left(\frac{2\pi t}{t_0} - x \sqrt{\frac{\pi S}{T t_0}} \right)$.

Như thế biên độ dao động tại mặt cắt x kể từ bờ biển là: $h = h_0 e^{-x \sqrt{\frac{\pi S}{T t_0}}}$.

Thời gian truyền sóng: $t_L = x \sqrt{\frac{t_0 S}{4\pi T}}$.

Tốc độ truyền sóng: $v = \frac{x}{t_L} = \sqrt{\frac{4\pi T}{t_0 S}}$.

Chiều dài sóng: $L_w = v t_0 = \sqrt{\frac{4\pi t_0 T}{S}}$.

Lượng dòng chảy vào trong tầng chứa nước trong nửa chu kỳ: $W = h_0 \sqrt{\frac{2t_0 S T}{\pi}}$.

Lời giải giải tích ở trên cũng có thể áp dụng gần đúng với tầng chứa nước không áp khi sự dao động mực nước nhỏ không đáng kể so với độ dày tầng bão hòa.

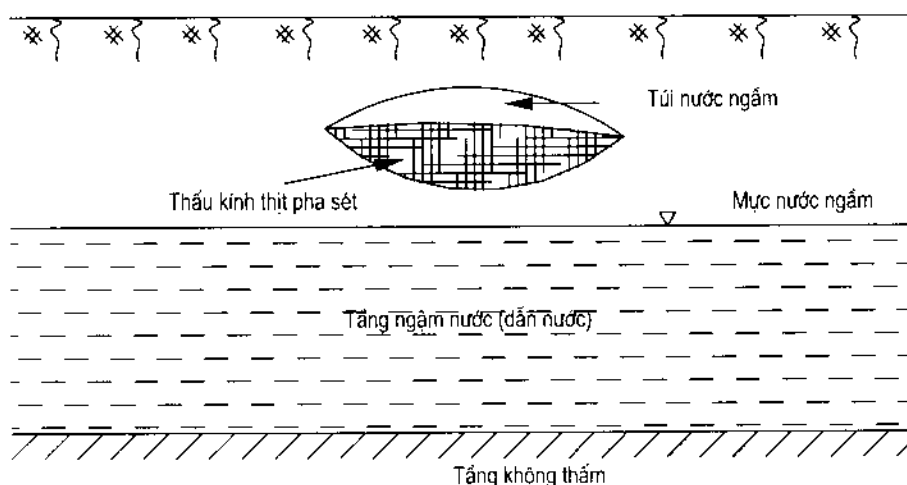
Ở trên đã nói sự thay đổi áp suất không khí dẫn đến sự biến đổi mực thủy áp. Sự dao động thủy triều cũng dẫn đến sự thay đổi mực thủy áp trong tầng chứa nước có áp.

Mức độ ảnh hưởng của thủy triều được biểu thị qua hệ số thủy triều C :

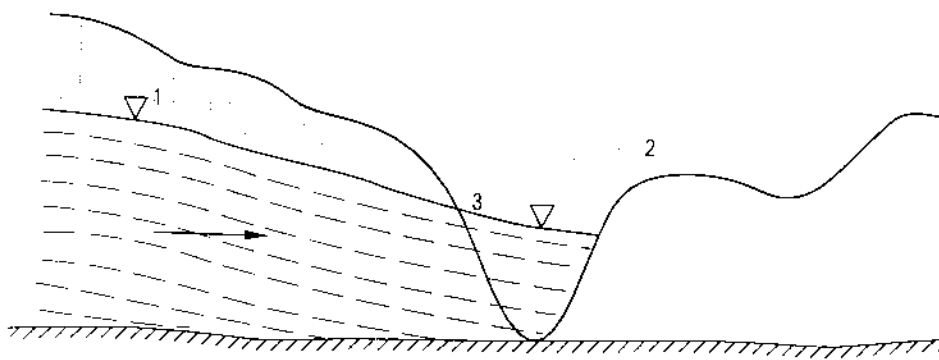
$$C = 1 - B$$

2.3. CÁC HÌNH THỨC TỒN TẠI CỦA NƯỚC NGẦM

2.3.1. Các sơ đồ đặc trưng



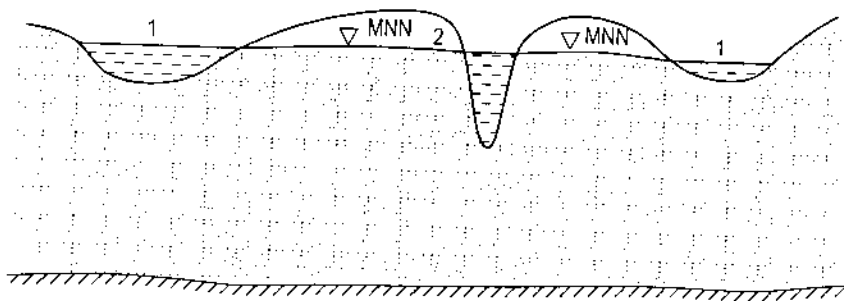
Hình 2.7. Nước ngầm tầng nông và túi nước ngầm



Hình 2.8. Tầng đất bão hòa nước ngầm tiếp giáp với lòng sông
1- Nước ngầm dâng sát mặt đất; 2- Nước ngầm lộ ra trên mặt đất; 3- Lòng sông.

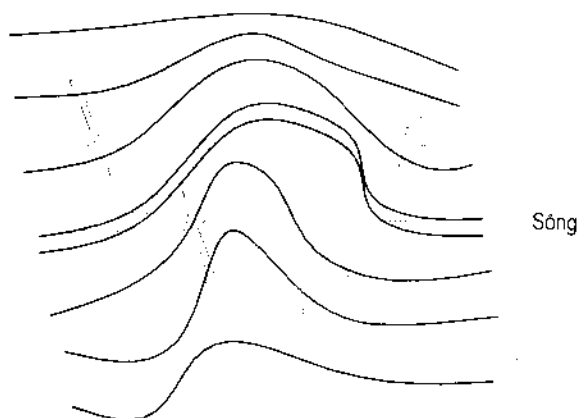
3.2. Hình thái nước ngầm

- Nước ngầm tồn tại trong đất dưới hình thức chứa đầy trong các lỗ rỗng của đất đá hoặc nham thạch với trạng thái tĩnh, mực nước ngầm thường nằm ngang.
- Nước ngầm tồn tại trong đất dưới hình thức như dòng chảy ngầm trong đất với trạng thái động, mặt nước ngầm thường có độ dốc.



Hình 2.9. Tương quan giữa dòng chảy với mực nước ngầm
1- Sông ; 2- Khe dốc

Để làm rõ đặc tính mực nước ngầm cần phải lập bản đồ đẳng áp nước ngầm và đó là mực nước ngầm nằm ngang. Bản đồ đẳng áp có ý nghĩa thực tế to lớn. Từ bản đồ đường đẳng áp nước ngầm có thể xác định hướng và độ dốc của dòng ngầm và cả độ sâu mực nước ngầm tại điểm bất kỳ. Nếu có gần với đường đồng mức cao độ mặt đất tự nhiên thì chúng ta có thể đánh giá được sơ bộ trữ lượng nước ngầm và điều kiện khai thác.



Hình 2.10. Khu bãi sông với đường đẳng áp nước ngầm

2.3.3. Các nhân tố ảnh hưởng tới khả năng cấp nước ngầm và chế độ nước ngầm

Các nhân tố ảnh hưởng tới khả năng cấp nước ngầm: Mức nước ngầm, trữ lượng nước ngầm, thành phần hoá học và các đặc tính vật lý của nước ngầm có thể thay đổi theo thời gian. Sự biến đổi các đặc trưng này của nước ngầm được gọi là sự thay đổi của chế độ nước ngầm. Tập hợp các biến đổi trên cho ta hình ảnh chế độ nước ngầm.

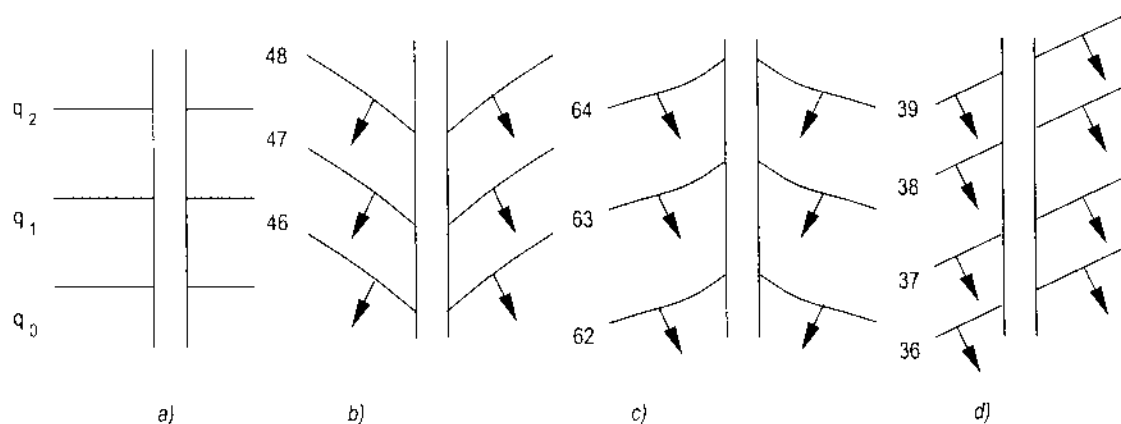
Trong thực tiễn thường phát sinh nhu cầu thay đổi chế độ nước ngầm, đối với vùng nước ngầm quá phong phú, mức nước ngầm nằm quá cao đòi hỏi phải hạ thấp mức nước ngầm, và ở vùng thiếu nước đòi hỏi phải duy trì và nâng cao mức nước ngầm.

Chế độ nước ngầm phần lớn phụ thuộc vào điều kiện nguồn nước cung cấp cho nước ngầm, tác động tương hỗ giữa nước mặt và nước ngầm, các yếu tố khí hậu, thủy lực, thủy văn của sông ngòi, ao hồ và hoạt động của con người.

Điều kiện cung cấp nước ngầm có ảnh hưởng đến chế độ nước ngầm, gây ra biến đổi động thái nước ngầm và biến đổi mức nước ngầm, làm thay đổi thành phần hoá học của nước ngầm. Nguồn nước cung cấp cho nước ngầm có thể là nước mưa, nước mặt, nước chứa ở các địa tầng và nước ngưng tụ từ hơi nước trong đất:

- Nguồn cung cấp cho nước ngầm là nước mưa: Trước hết phụ thuộc vào thời gian mưa, lượng mưa và cường độ mưa, sau là điều kiện địa hình, địa mạo, độ thấm nước của đất đá, độ che phủ mặt đất như việc trồng cây gây rừng làm tăng cường độ thấm và thời gian thấm nước vào trong đất.

- Nguồn cung cấp nước ngầm là nước mặt: Về mùa mưa lũ, mực nước sông, hồ, ao lên cao sẽ cung cấp nước cho nước ngầm dọc theo ven bờ các sông, hồ. Ngược lại về mùa kiệt mực nước sông, hồ ao thấp hơn mực nước ngầm, nước ngầm lại cung cấp dòng chảy mặt cho các ao, hồ, sông, suối.



Hình 2.11. Tương quan giữa nước mặt và nước ngầm

Mối quan hệ giữa nước mặt và nước ngầm dễ thấy qua bản đồ đẳng áp nước ngầm, nếu quan hệ trên không có thì đường đẳng áp nước ngầm vuông góc với dòng chảy mặt (hình 2.11a). Nếu nước ngầm được cung cấp từ dòng chảy mặt thì các đường đẳng áp nghiêng theo chiều dòng chảy (hình 2.11b). Nếu nước ngầm cung cấp cho nước mặt thì đường đẳng áp nghiêng ngược chiều dòng chảy mặt (hình 2.11c). Có thể gặp trên thực tế trường hợp hỗn hợp cả hai loại nước mặt và nước ngầm cấp nước cho nhau (hình 2.11d).

- Ở vùng mưa lớn hơn nhiều so với bốc hơi là vùng thừa ẩm, phần lớn nước ngầm cung cấp cho sông, hồ.

- Ở vùng khô cần mưa ít hơn bốc hơi nước sông, hồ sẽ cấp nước cho nước ngầm.

2.3.4. Động thái nước ngầm và trữ lượng nước ngầm

1. Động thái nước ngầm

Khi quan sát nước ngầm cho thấy mực nước ngầm biến đổi lên xuống theo thời gian trong năm tùy thuộc vào tình hình thủy văn nước mặt và điều kiện khí hậu. Nhìn chung mực nước ngầm và trữ lượng nước ngầm trong mùa mưa thường cao, về mùa khô thường thấp. Khi có sự biến đổi về khối lượng thì chất lượng nước ngầm cũng sẽ biến đổi theo. Ngoài ra, những tác động do quá trình hoạt động phát triển của con người cũng sẽ làm thay đổi về khối lượng và chất lượng của nước ngầm.

Ở những nước nhiệt đới gió mùa như nước ta, trong mùa mưa, lượng mưa lớn, dòng chảy trên các sông suối lớn, nguồn nước bổ sung cho nước ngầm rất phong phú vì thế mực nước ngầm dâng cao. Về mùa khô lượng mưa không đáng kể, khí hậu khô hanh lượng bốc hơi rất lớn, lưu lượng cũng như mực nước trên các sông suối rất nhỏ, mặt khác nước ngầm cũng được khai thác nhiều hơn vì thế mực nước ngầm hạ thấp và trữ lượng nước ngầm cũng bị suy giảm. Vì thế biên độ dao động của mực nước ngầm ở nước ta tương đối lớn. Ngoài ra những hoạt động phát triển của con người cũng có ảnh hưởng lớn đến tài nguyên nước nói chung và nguồn nước ngầm nói riêng như việc xây dựng các hệ thống thủy lợi như hồ chứa nước, các đập ngăn sông, các công trình phòng lũ, các hệ thống tưới tiêu nhằm điều hoà nguồn nước mặt, những công trình khai thác nước ngầm để phục vụ cho các mục đích khác nhau... Tất cả những hoạt động đó đều có ảnh hưởng lớn tới trữ lượng và động thái của nước ngầm.

Về chất lượng của nước ngầm tùy thuộc vào tính chất của tầng trữ nước và tính chất của các tầng địa chất mà nước ngầm đã đi qua. Chất lượng của nước ngầm được thể hiện qua tính chất lý học và tính chất hoá học của nước ngầm như độ khoáng hoá, thành phần hoá học của các chất chứa trong nước ngầm, nhiệt độ của nước ngầm. Ngoài ra các yếu tố khác như điều kiện khí hậu, chất lượng của nước mặt, đặc biệt là các hoạt động của con người... cũng có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng nước ngầm. Thí dụ ở những vùng nắng nóng khô hạn, lượng bốc hơi lớn thì nồng độ khoáng chất trong nước ngầm sẽ lớn, độ khoáng hoá sẽ tăng theo tốc độ bốc thoát hơi nước từ nước ngầm.

2. Trữ lượng nước ngầm

Trữ lượng nước ngầm thường được thể hiện theo ba đặc trưng sau:

a) Trữ lượng tĩnh

Trữ lượng tĩnh là khối lượng nước nằm sâu trong địa tầng có thể thoát ra khỏi tầng trữ nước, nó phụ thuộc vào thể tích tầng trữ nước đã được bão hoà và khả năng cấp nước của tầng trữ nước. Khả năng cấp nước của tầng trữ nước được đặc trưng bởi hệ số thoát nước. Hệ số cấp nước phụ thuộc vào tính chất của tầng trữ nước như cấp phối hạt, khả năng giữ nước tối đa của đất đá, độ rỗng của tầng đất đá...

Bảng 2.1. Hệ số cấp nước của một số loại đất đá

Loại đất đá	Hệ số cấp nước δ
Cát mịn	$0,10 \div 0,15$
Sét và hạt cát nhỏ	$0,15 \div 0,20$
Cát thô trung bình	$0,20 \div 0,25$
Cát thô và sỏi sạn	$0,25 \div 0,30$

Ví dụ, để tìm trữ lượng tĩnh của tầng trữ nước ngầm với thể tích tầng được bão hoà nước là $V = 200\text{m}^3$ ta chỉ việc lấy dung tích bão hoà đó nhân với hệ số cấp nước:

$$W = \delta V$$

trong đó:

W - trữ lượng tĩnh, m^3 ;

δ - hệ số cấp nước;

V - thể tích tầng trữ nước.

b) Trữ lượng động nước ngầm

Trữ lượng động của nước ngầm phụ thuộc vào lưu lượng của dòng chảy ngầm bổ sung cho nước ngầm. Trữ lượng động là lưu lượng dòng ngầm chảy qua tầng trữ nước:

$$Q_d = VF = KJF$$

trong đó:

Q_d - lưu lượng dòng ngầm ứng với trữ lượng động;

V - vận tốc dòng chảy ngầm;

F - tiết diện dòng chảy ngầm;

J - độ dốc dòng chảy ngầm;

K - hệ số thấm.

Trữ lượng động nước ngầm được xác định bằng nhiều phương pháp: theo đại lượng cung cấp nước mưa hay modun dòng chảy ngầm, theo kích thước tiết diện và theo vận tốc dòng chảy ngầm.

c) Trữ lượng khai thác nước ngầm

Trữ lượng khai thác nước ngầm là lưu lượng nước ngầm có thể khai thác được từ tầng trữ nước ngầm trên cơ sở khai thác một cách hợp lý không gây ra ảnh hưởng xấu đến chất lượng nước và môi trường sinh thái nói chung của khu vực.

2.4. NƯỚC NGẦM Ở VIỆT NAM VÀ KHẢ NĂNG KHAI THÁC, SỬ DỤNG

Các kết quả điều tra địa chất thủy văn khu vực và tìm kiếm thăm dò nêu trên đã cho phép phân chia trên toàn lãnh thổ các phân vị địa chất thủy văn như sau:

- Các tầng chứa nước lỗ hổng trong các thành tạo Đệ tứ;
- Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo Bazan Pliocen - Đệ tứ;
- Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo lục nguyên;
- Các tầng chứa nước khe nứt - karst trong các thành tạo cacbonat;
- Các thành tạo địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước.

2.4.1. Các tầng chứa nước lỗ hổng

Phân bố rộng rãi ở đồng bằng Bắc bộ, đồng bằng Nam bộ và các đồng bằng ven biển miền Trung.

1. Ở đồng bằng Bắc bộ

Có 2 tầng chứa nước chủ yếu là tầng chứa nước Holocen (qh) và tầng chứa nước Pleistocen (qp). Tổng trữ lượng (khai thác tiềm năng của nước dưới đất (nước ngầm) khoảng 7,5 triệu m³/ng, theo đề tài 44.04.01.01).

Tầng qh: Phân bố trên hầu hết đồng bằng, thường gặp ở chiều sâu 20 ÷ 40m. Đất đá chứa nước chủ yếu là cát, sạn. Độ giàu nước biến đổi mạnh, lưu lượng lỗ khoan 0,5 ÷ 10 l/s. Vùng ven biển nước bị nhiễm mặn. Nước trong tầng có quan hệ trực tiếp với nước mặt. Tầng chứa nước này có thể đáp ứng yêu cầu cung cấp nước ở quy mô trung bình. Phần lớn các lỗ khoan của chương trình nước nông thôn và của nhân dân khai thác nước trong tầng này.

Tầng qp: Nằm dưới tầng qh và ngăn cách với tầng này bởi một lớp sét màu loang lổ dày 5 ÷ 20m, thường gặp ở độ sâu 50 ÷ 60m. Đất đá chứa nước là cát cuội sỏi hạt thô. Đây là tầng chứa nước có áp, giàu nước và có thể đáp ứng yêu cầu khai thác lớn. Lưu lượng lỗ khoan thường lớn hơn 10 l/s. Hầu hết các nhà máy nước ở đồng bằng Bắc bộ đang khai thác nước từ tầng này. Nước có quan hệ với tầng qh và nước mặt qua các cửa sổ địa chất thủy văn. Vùng ven biển và hai rìa đồng bằng bị nhiễm mặn.

2. Ở đồng bằng Nam bộ

Có 5 tầng chứa nước lỗ hổng kể từ trên xuống là các tầng Holocen (qh), Pleistocen trung - thượng (qp₂₋₃); Pleistocen hạ (qp₁); Pliocen (m₄); Miocen (m₃). Trữ lượng khai thác tiềm năng đạt khoảng 27,5 triệu m³/ngày (theo Trần Văn Lã, 1996).

Tầng qh: Có diện tích phân bố khoảng 43.000km², bề dày 20 ÷ 70m. Đất đá chứa nước là cát hạt nhỏ, cát bột. Nhìn chung, tầng này nghèo nước, chất lượng nước xấu, thường bị nhiễm mặn, nhiễm phèn.

Tầng qp₂₋₃: Phân bố trên hầu hết đồng bằng, diện tích khoảng 50.000km². Tầng này nằm sâu 40 ÷ 80m, bề dày 25 ÷ 135m, trung bình 50 ÷ 70m đất đá chứa nước là cát sỏi. Đây là tầng chứa nước phong phú, ở miền Đông Nam bộ chất lượng nước tốt, ở vùng Tây Nam bộ nhiều vùng bị nhiễm mặn.

Tầng qp₁: Được phân cách với tầng qp₂₋₃ bởi một lớp sét dày 20 ÷ 25m, đôi chỗ tới 50m. Diện tích phân bố khoảng 49.000km². Chiều sâu thế nằm 150 ÷ 200m. Bề dày tầng 50 ÷ 60m, đôi khi tới 130m. Đất đá chứa nước là cát, đôi khi lẫn sạn sỏi. Đây là một tầng chứa nước phong phú. Chất lượng nước biến đổi nhiều theo diện. Ở miền Đông Nam bộ chúng có quan hệ với nước mặt và có chất lượng tốt. Ở miền Tây Nam bộ có nhiều vùng bị nhiễm mặn.

Tầng m₄: Có diện tích phân bố khoảng 49.000km², chiều sâu thế nằm 150 ÷ 350m, bề dày 50 ÷ 140m, thường gặp 90 ÷ 100m. Đất đá chứa nước là cát nhiều cỡ hạt lẫn sạn sỏi. Đây là một tầng chứa nước rất phong phú, chất lượng nước trong tầng biến đổi theo diện. Vùng trung tâm và ven biển bị nhiễm mặn.

Tầng m₃: Ngăn cách với tầng m₄ bởi một lớp sét dày 20 ÷ 50m. Diện tích phân bố khoảng 37.000km², chiều sâu mái 200 ÷ 450m, thường gặp 350 ÷ 400m, bề dày 40 ÷ 100m. Đất đá chứa nước phong phú, nước có chất lượng tốt. Vùng trung tâm và ven biển bị nhiễm mặn.

3. Các đồng bằng ven biển miền Trung

Các tầng chứa nước có diện tích phân bố hẹp, kéo dài và không liên tục, thường gặp cả hai tầng chứa nước qh và qp nhưng chiều dày nhỏ. Tầng chứa nước qh gồm chủ yếu là cát, tầng qp chủ yếu là cát - cuội sỏi. Hiện tượng nhiễm mặn gặp phổ biến, nhất là trong tầng qp.

2.4.2. Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo Bazan Pliocen - Đệ tứ

Phân bố rộng ở vùng Tây Nguyên và Đông Nam bộ. Ngoài ra còn gặp ở một số vùng với diện tích không lớn ở Quy Hợp, Điện Biên,... Đất đá chủ yếu là đá Bazan, Olivin,

Bazan kiềm. Độ phong phú nước thay đổi lớn theo diện và phụ thuộc vào độ nứt nẻ, bề dày và diện phân bố của khối Bazan. Chiều sâu lỗ khoan khai thác nước thường không quá 100m. Có nơi khối Bazan dày tới 200 ÷ 300m như vùng Pleiku. Nước trong thành tạo Bazan có chất lượng tốt phổ biến là ở dạng nước Bicacbonat - Clorua có độ tổng khoáng hoá 0,2 ÷ 0,3 g/l. Nguồn cung cấp chủ yếu là nước mưa. Động thái biến đổi mạnh theo mùa. Về mùa khô, mực nước hạ thấp làm nhiều giếng bị cạn kiệt. Nước trong các thành tạo Bazan có thể đáp ứng yêu cầu khai thác để cung cấp nước với quy mô vừa đến lớn.

2.4.3. Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo lục nguyên Mesozoi (ms)

Phân bố rộng rãi ở các vùng Đông Bắc Bắc bộ, Bắc Trung bộ. Ngoài ra còn gặp ở vùng Tây Nguyên và Nam Trung bộ. Chúng gồm các trầm tích lục nguyên hệ Trias, Jura, Creta, Neogen. Đất đá chứa nước chủ yếu là cát kết, cuội kết, sạn kết, bột kết, sét kết nứt nẻ.

Nhìn chung, các tầng chứa nước này nghèo nước. Tuy nhiên, ở một số nơi có thể gặp một số tầng cát kết, cuội kết nứt nẻ khá giàu nước, lưu lượng lỗ khoan có thể đạt từ 5 ÷ 10/s. Trong tầng này lưu lượng các lỗ khoan thường chỉ đạt 0,5 ÷ 2/s hoặc nhỏ hơn; nên chỉ thích hợp với yêu cầu cung cấp nước nhỏ và cục bộ. Chất lượng nước tốt, độ tổng khoáng hoá thường 0,01 ÷ 0,2g/l.

2.4.4. Các tầng chứa nước khe nứt - Karst trong các thành tạo Cacbonat

Các thành tạo Cacbonat ở Việt Nam có tuổi từ Ordovic - Silur đến Trias

- Các tầng chứa nước hệ Trias phân bố thành một dải lớn kéo dài theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, ở vùng Tây Bắc Bắc bộ, chiếm diện tích khoảng 1.200km², thuộc các tỉnh Lai Châu, Sơn La, Thanh Hoá, Ninh Bình. Các tầng chứa nước khe nứt - Karst paleozoi phân bố khá rộng ở nhiều vùng thuộc Bắc bộ như Quảng Ninh, Cao Bằng, Lạng Sơn, Bắc Cạn, Thái Nguyên, Tuyên Quang, Sơn La, Lai Châu, Thanh Hoá. Đất đá chứa nước là đá vôi phân lớp dày, nứt nẻ, hay hang hốc karst phát triển. Nhìn chung, đây là những tầng chứa nước phong phú. Lỗ khoan khai thác nước ở tầng này thường sâu 80 ÷ 150m có thể đạt lưu lượng 5 ÷ 15/s hoặc lớn hơn. Chất lượng nước tốt, nước thường có dạng bicacbonat - clorua hoặc bicacbonat - sulfat, độ tổng khoáng hoá 0,3 ÷ 0,7 g/l. Các tầng chứa nước này có thể đáp ứng yêu cầu khai thác để cung cấp nước với quy mô vừa đến lớn.

- Các thành tạo cacbonat hệ Ordovic - Silur có diện phân bố hẹp, có thể gặp ở một số vùng thuộc Tây Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Điện Biên, Lai Châu... Thành phần chủ yếu là các lớp đá hoa mỏng, mức độ nứt nẻ và karst hoá yếu nên độ chứa nước nghèo.

2.4.5. Các thành tạo địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước

Bao gồm các thành tạo lục nguyên, lục nguyên - phun trào hệ Palcogen - Neogen (P - N), hệ Jura - Creta ($J_3 - K_1$) và hệ Trias. Thành phần thạch học chủ yếu là sét kết, bột kết, phiến sét, phun trào Ryolit, Spilit, Dacit. Các thành tạo biến chất Cambri - Ordovic ($\epsilon - O$), Proterozoi (PR) và Arkeozoi (AR). Đất đá chủ yếu là đá phiến thạch anh - mica, đá phiến Amphibolit, Quarzit, Gneis...

Các thành tạo này phân bố rộng ở vùng Bắc bộ, Tây Bắc bộ, Bắc Trung bộ và Tây Nguyên.

Nhìn chung, các thành tạo địa chất này rất nghèo nước. Các lỗ khoan thường không có nước hoặc nếu có lưu lượng cũng ít khi vượt quá 1 l/s. Tuy nhiên, các đứt gãy kiến tạo hình thành các đới phá huỷ khá phong phú nước, chúng có thể là đối tượng tìm kiếm nước có triển vọng trong các thành tạo nghèo nước này. Nước trong các thành tạo này có chất lượng tốt, độ tổng khoáng hoá thường nhỏ hơn 0,3 g/l, nước thường có dạng bicacbonat - clorua.

Các thành tạo magma xâm nhập có cấu tạo khối đặc sít, rất ít nứt nẻ nên không chứa nước, nước chỉ tồn tại trong đới phong hóa phát triển không dày trên bề mặt các khối xâm nhập. Về mùa khô, nước trong đới phong hoá này thường bị cạn kiệt.

Chương 3

CHẤT LƯỢNG NƯỚC NGẦM

3.1. TÍNH CHẤT CỦA NƯỚC NGẦM

3.1.1. Tính chất chung

Nước ngầm được tạo nên do nước mưa và hơi nước thấm vào trong lòng đất và được giữ lại trong các tầng trữ nước nằm xen kẽ với các tầng không thấm nước. Do nước thấm qua các tầng đất đá cát sỏi giống như quá trình lọc qua các vật liệu lọc nước nên nước ngầm có hàm lượng chất lơ lửng nhỏ. Tồn tại trong các tầng trữ nước là các khoáng chất, vì vậy nước ngầm thường có hàm lượng các nguyên tố kim loại đặc biệt là sắt và mangan. Hàm lượng các nguyên tố kim loại trong nước ngầm phụ thuộc vào tính chất địa chất của từng khu vực. Có những nơi nước ngầm rất sạch, bảo đảm các yêu cầu của nước sinh hoạt và ăn uống, chỉ phải xử lý đơn giản như khử trùng rồi đưa vào mạng lưới tiêu dùng. Ngược lại, có những nơi hàm lượng sắt và mangan rất cao, thậm chí nước ngầm còn có hàm lượng các kim loại nặng khác như đồng, thủy ngân, chì, crôm, và các hợp chất nitơ amôn cần phải qua xử lý rất phức tạp mới có thể sử dụng được. Trong một khu vực chất lượng nước ngầm cũng khác nhau, ví dụ khu vực phía bắc Thành phố Hà Nội chất lượng nước ngầm tốt hơn nhiều so với phía nam Hà Nội. Thậm chí trong một nhà máy nước chất lượng nước của các giếng khai thác cũng khác nhau. Tuy nhiên, nhìn chung chất lượng nước ngầm thường tốt hơn so với chất lượng nước mặt. Vì thế, nước ngầm thường được sử dụng làm nguồn nước cho sinh hoạt và công nghiệp vừa bảo đảm vệ sinh vừa giảm được giá thành xử lý. Để có thể đánh giá được chất lượng cụ thể của nước ngầm chúng ta đi sâu tìm hiểu về một số tính chất cơ bản của nước ngầm.

3.1.2. Tính chất lý học

- Độ đục của nước ngầm nhìn chung nhỏ, nếu công trình khai thác nước ngầm hoàn thiện thì các chất cặn thô cũng không có trong nước ngầm.

- Nhiệt độ nước ngầm thường tương đối thấp, đặc biệt nước ngầm tầng sâu nhiệt độ của nước ngầm xuống tới $7 \div 12^{\circ}\text{C}$. Bên cạnh đó có trường hợp nước ngầm có nhiệt độ quá cao tới $70 \div 80^{\circ}\text{C}$ (nước khoáng) chỉ thích hợp sử dụng cho những mục đích đặc biệt. Nhìn chung nhiệt độ của nước ngầm không thích hợp với mục đích cấp nước sinh

hoạt và cung cấp cho cây trồng. Nếu nhiệt độ nước ngầm thấp hơn 30°C hoặc cao hơn 35°C khi sử dụng cần phải qua xử lý. Để xử lý tăng nhiệt độ, nước ngầm từ giếng bơm lên được trữ lại trong bể để hâm nóng dưới ánh mặt trời.

3.1.3. Tính chất hoá học

Tính chất hoá học của nước ngầm thường được thể hiện ở độ khoáng hoá của nước ngầm. Nước ngầm nhìn chung có độ khoáng hoá cao so với yêu cầu cho phép sử dụng để sinh hoạt, ăn uống và các mục đích khác. Trong nông nghiệp nếu nồng độ tổng số các chất khoáng chứa trong nước $\mu < 1,7 \text{ g/l}$ có thể dùng để tưới cho các loại cây trồng. Nếu $\mu = 1,7 \div 3 \text{ g/l}$ khi sử dụng phải qua xử lý bằng cách pha loãng. Tuy nhiên, độ khoáng hoá cho phép còn phụ thuộc vào tính chất của từng loại muối chứa trong nước. Trong số các loại muối khoáng chứa trong nước ngầm thì các muối có chứa Na^+ , Cl^- , CO_3^{2-} là những muối độc hại, sau mới đến các loại muối có chứa các gốc sunfat. Mức độ độc hại của một số loại muối được thể hiện qua nồng độ cho phép trong nước ngầm để tưới ở vùng đất dễ thấm nước như sau:

NaHCO_3 : $\mu < 1000 \text{ mg/l}$

NaCl : $\mu < 2000 \text{ mg/l}$

Na_2SO_4 : $\mu < 5000 \text{ mg/l}$

Nếu hàm lượng các loại muối trong nước ngầm nằm trong phạm vi cho phép thì càng có nhiều loại muối chứa trong nước, độ độc hại sẽ giảm vì chúng sẽ tự trung hoà lẫn nhau. Ví dụ thạch cao CaSO_4 sẽ có tác dụng tốt đối với các loại muối Na^+ , K^+ , Mg^{2+} và muối MgSO_4 làm giảm độ độc hại của muối Na_2SO_4 và bản thân Na_2SO_4 lại làm dịu tính độc hại của MgCl_2 và NaCl .

Để nâng cao chất lượng nước ngầm có hàm lượng Na^+ cao, người ta pha nước ngầm đó với bột thạch cao có tác dụng biến muối NaHCO_3 thành Na_2SO_4 và CaCO_3 lắng đọng và dễ dàng tách khỏi nước ngầm.

Thực tế cho thấy trong nước ngầm hầu như xuất hiện tất cả các loại muối tự nhiên như: Na_2CO_3 , MgCO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaHCO_3 ... NaCl , NaBr .

Ở các vùng sa mạc, nước ngầm chứa các muối NaNO_3 , KNO_3 . Đối với nước ngầm có hàm lượng đậm và lớn cao nếu sử dụng làm nước tưới sẽ có ích với cây trồng vì đây là nguồn phân thiên nhiên quý giá.

Độ độc hại của các loại muối đối với cây trồng có thể sắp xếp như sau: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 .

**Bảng 3.1- Một số kết quả phân tích nước ngầm
ở miền Duyên hải phía Bắc Việt Nam**

Địa điểm	Thời gian	pH	Cl ⁻ , g/l	SO ₄ ²⁻ , g/l	Ca ²⁺ , mg/l	Mg ²⁺ , mg/l	Al ³⁺ , mg/l	Fe ³⁺ , mg/l	H ⁺ , mg/l	Σ g/l
Quỳnh Côi (Thái Bình)	1980	4,8	0,35	1,2			158	543	13,8	2,5
An Thụy (Hải Phòng)	1986	6,8	2,6	0,9					39,0	2,6
N/T Rạng Đông (Ninh Bình)	1984	7,2	0,85	0,34						3,1
Nam Sơn (Hải Hưng)	1987	3,2		0,58	49	63,67	199,07	72,64	10,95	

- Ngoài các hợp chất muối chứa trong nước ngầm người ta còn dựa vào một số chỉ tiêu khác để đánh giá chất lượng nước ngầm.

- Hàm lượng các nguyên tố kim loại chứa trong nước ngầm đặc biệt là các kim loại nặng sắt, chì, mangan, đồng, thủy ngân, asen, crôm... Do điều kiện địa chất của tầng trữ nước, do quá trình hình thành nước ngầm, nhìn chung hàm lượng các nguyên tố kim loại trong nước ngầm tương đối cao cần được quan tâm một cách thích đáng.

- Hàm lượng các hợp chất hữu cơ như: cyanur, phenol, sunfua... chứa trong nước ngầm đặc biệt ở các vùng tập trung dân cư và nhà máy, xí nghiệp công nghiệp cũng tương đối cao. Ngoài ra về mặt an toàn vệ sinh hàm lượng các chất độc hại như thuốc trừ sâu, vi khuẩn gây bệnh như coliform cũng dễ xuất hiện trong nước ngầm.

3.2. CÁC KHẢ NĂNG VÀ NGUYÊN NHÂN Ô NHIỄM NƯỚC NGẦM

3.2.1. Các khả năng ô nhiễm nước ngầm

1. Ô nhiễm hoá học

Bao gồm những thay đổi theo chiều hướng xấu về hoá tính của nước ngầm, một số muối có độc tính cao, các nguyên tố kim loại nặng xuất hiện trong nước ngầm như: chì, đồng, thủy ngân, asen, crôm... những chất này có nguồn gốc từ chất thải, nước thải công nghiệp, sinh hoạt và việc dùng phân hoá học, thuốc trừ sâu quá nhiều trong nông nghiệp.

2. Ô nhiễm hoá sinh

Loại ô nhiễm này khó thấy nhưng vô cùng tai hại, xảy ra trong quá trình hoá - sinh tổng hợp. Đó là quá trình xảy ra trong cơ thể sinh vật, các chất ít độc hoặc không độc kết hợp với nhau trong quá trình biến đổi hoá - sinh tạo ra các chất có độc tố cao. Ví dụ

theo J.Wood, Scott - Kennedy (1985) các melty camanlamin là chất không độc dùng để chăn nuôi nhưng trong cơ thể sinh vật các gốc melty kết hợp với các gốc kim loại nặng (Pb, Hg) có nguồn gốc từ nước thải công nghiệp tạo ra các chất rất độc tích tụ trong các mô sinh vật, các chất này từ xác động thực vật phân huỷ lại ngấm xuống đất ô nhiễm vào nguồn nước ngầm.

3. Ô nhiễm sinh thái học

Ô nhiễm sinh thái học là mối hiểm họa lớn nhất đang ngày càng gia tăng, đặc biệt là ở những nước đang phát triển. Do các hoạt động phát triển quá mức của con người trong quá trình phát triển kinh tế xã hội, làm đảo lộn môi trường sinh thái tự nhiên theo chiều hướng xấu. Ví dụ như nạn phá rừng bừa bãi, huỷ hoại thảm phủ thực vật làm xói mòn đất, dẫn đến tăng hệ số dòng chảy mặt, giảm lượng nước thấm xuống đất bổ sung vào nước ngầm. Mặt khác ở một số nơi lượng nước ngầm cũng bị khai thác quá mức làm trữ lượng nước ngầm suy giảm, mực nước ngầm hạ thấp, các nguồn nước khác có chất lượng kém (ví dụ như nước biển) tràn vào làm ô nhiễm nguồn nước ngầm. Như vậy sẽ tạo ra một bối cảnh môi trường mới xấu hơn và kém bền vững. Tại các khu tập trung dân cư, trung tâm công nghiệp, nước mặt thường bị ô nhiễm nặng nề do chất thải và nước thải, nguồn nước mặt này lại là nguồn nước bổ sung chính cho nước ngầm vì vậy nước ngầm cũng bị ô nhiễm.

4. Nhiễm bẩn nước ngầm

Đây là một khả năng ô nhiễm rất lớn và thường xuyên, chất thải và nước thải từ các bệnh viện, khu dân cư, chăn nuôi, phân động vật sẽ theo nước ngầm ngấm xuống làm nhiễm bẩn nước ngầm.

5. Nhiễm mặn nước ngầm

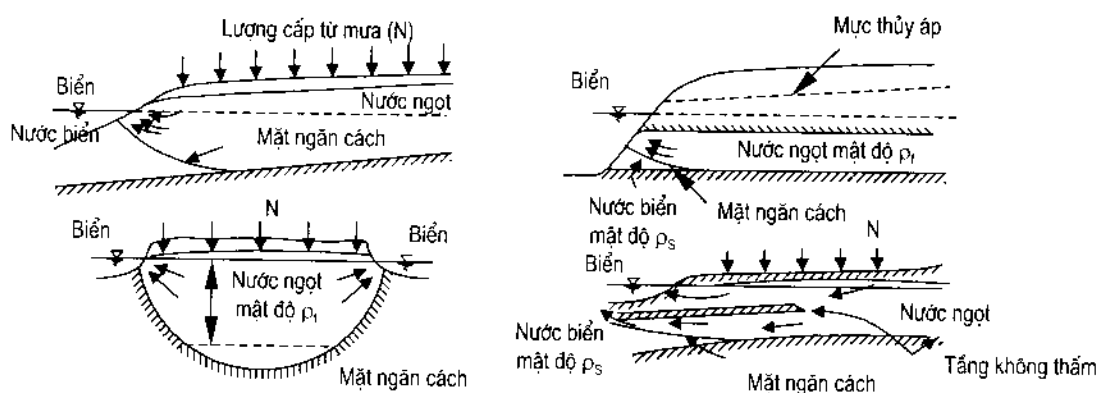
Quá trình nhiễm mặn

Ở vùng ven biển, độ dốc đường mặt nước thường có hướng dốc ra biển nhưng thường rất nhỏ và ở sát bờ biển thì hướng của đường mặt nước thay đổi do sự lên xuống của thủy triều. Trong điều kiện tự nhiên, nước biển có mật độ lớn hơn nên thường nằm dưới lớp nước ngọt có mật độ nhỏ hơn. Mặt cắt điển hình của các mặt tiếp giáp giữa hai khối nước có mật độ khác nhau được biểu diễn trong hình 3.1. Khi khai thác nước ngầm cho các mục đích kinh tế và sinh hoạt, mặt tiếp giáp đó sẽ bị biến dạng.

Trong thực tế, nước ngọt và nước biển trộn lẫn vào nhau hình thành một vùng tiếp giáp chứ không phải một mặt. Vùng này có mật độ rộng đáng kể gọi là vùng nước hỗn hợp. Xét trên mặt cắt thẳng đứng của vùng nước hỗn hợp thấy rằng mật độ tăng dần từ vùng nước ngọt sang vùng nước mặn. Tuy nhiên, trong các điều kiện cụ thể và nhất là trong các bài toán kỹ thuật, độ rộng của vùng nước hỗn hợp thường được xem là khá nhỏ so với các khối lượng nước ngọt và nước biển. Vì vậy, trong tính toán nó được xem như

một mặt ngăn cách giữa nước mặn và nước ngọt. Những kết quả nghiên cứu của Jacob và Schmorak (1960), Schmorak (1967) dọc theo vùng ven bờ của các quần đảo đã khẳng định một cách chắc chắn rằng việc mô phỏng vùng tiếp giáp giữa nước biển mặn và nước ngọt như một mặt ngăn cách giữa chúng là có thể chấp nhận được.

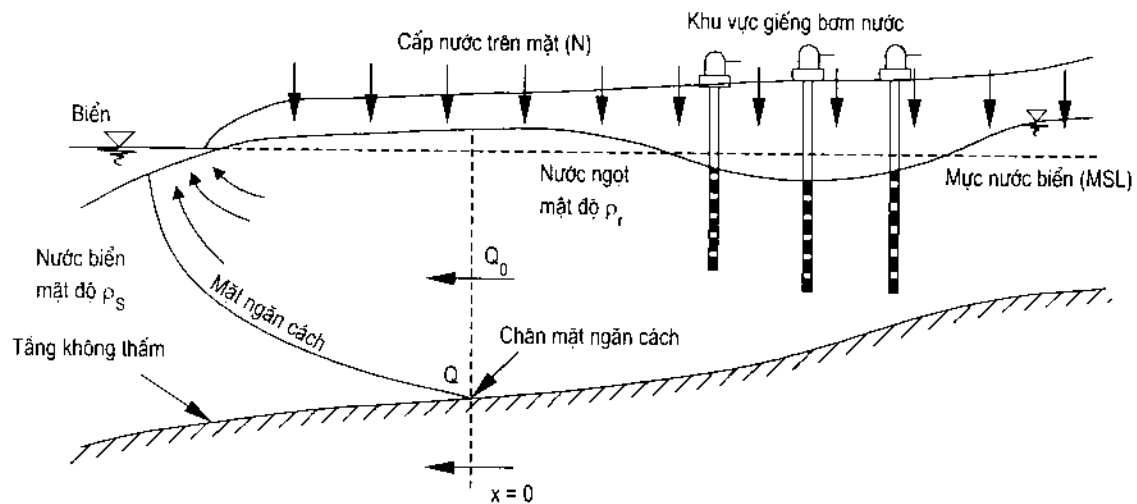
Mặt khác, với cơ sở của thuyết thủy động lực học, việc nghiên cứu vùng chuyển tiếp trong điều kiện thực tế như là một vùng nước chuyển tiếp cũng được thực hiện nhờ việc mô phỏng sự chuyển động của nước ngọt ra biển và xâm nhập của nước biển vào các tầng chứa nước ngọt và công cụ hữu hiệu nhất để giải các bài toán là máy tính điện tử. Trong điều kiện tự nhiên, ở các vùng chứa nước ven biển, trạng thái cân bằng được thiết lập với mặt ngăn cách tĩnh và nước ngọt chảy ra biển ở phía trên mặt đó. Mỗi điểm trên mặt ngăn cách, độ cao và độ dốc được xác định bởi chiều cao cột nước ngọt h_f và độ dốc của đường mật nước (hay tốc độ chảy). Sự thay đổi liên tục của độ dốc mật nước là nguyên nhân sự xâm nhập của nước mặn vào các tầng chứa nước. Lưu lượng đơn vị của nước ngọt tiếp tuyến với mặt ngăn cách tăng dần.



Hình 3.1- Mặt cắt điển hình của các mặt tiếp giáp giữa nước mặn và nước ngọt trong điều kiện tự nhiên

Do việc bơm nước từ các bể chứa ngầm vùng ven biển lớn hơn lượng cung cấp trở lại cho các bể nước ngầm làm mật nước ngầm bị hạ thấp. Sự hạ thấp đó phát triển dần từ giếng bơm ra biển và đến một lúc nào đó xuất hiện độ dốc ngược và kết quả là mặt ngăn cách cũng tịnh tiến dần vào sâu trong các tầng đất, nên mặn sẽ chỉ dừng lại khi một cân bằng mới được thiết lập. Hiện tượng này gọi là quá trình xâm nhập mặn. Khi mặt ngăn cách tiến vào thì vùng chuyển tiếp cũng mở rộng. Trong nhiều bài toán, chúng ta giả thiết rằng mặt tiếp xúc là mặt cứng và di chuyển tịnh tiến vuông góc với bờ vào phía trong hay ra ngoài tùy thuộc vào độ cao cột nước ngọt phía trên mực nước biển trung bình và hướng độ dốc mật nước (đường thủy áp). Khi mặt ngăn cách tiến vào giếng bơm

nước thì quá trình bị mặn trong giếng sẽ xảy ra. Khi mặt ngăn cách nằm dưới đáy giếng thì chúng ta lấy được nước ngọt, nhưng việc bơm nước vẫn tiếp tục thì do ảnh hưởng của trường tốc độ theo chiều thẳng đứng và nằm ngang cũng như quá trình khuếch tán do các vùng nước khác mật độ dẫn tới hiện tượng nâng dần lên của mặt ngăn cách. Mặt này có hình dạng nón mà đỉnh nón nằm ở các giếng bơm nước. Hiện tượng này trong chuyên môn gọi là hiện tượng "Upconing" hay còn gọi là nón nước mặn.



Hình 3.2 - Mặt cắt điển hình của tầng chứa nước ven biển khi bơm nước

Biểu diễn toán học bài toán xâm nhập mặn

Việc mô phỏng sự xâm nhập mặn vào các tầng đất cũng như vào các bể chứa nước ngầm đã được nghiên cứu khá tỉ mỉ. Bản chất của hiện tượng là sự chuyển động các chất lỏng với nồng độ muối xác định dưới tác dụng của trường tốc độ mà trường này thiết lập trong điều kiện tự nhiên (thủy triều biển - biên vùng ven bờ) và mực nước dưới sông (biên phía sâu trong đất liền) hoặc trong điều kiện nhân tạo (có lấy nước hoặc nước hồi quy). Về thực chất là việc giải đồng thời phương trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \left[\frac{\partial}{\partial x} (V_x C) + \frac{\partial}{\partial y} (V_y C) + \frac{\partial}{\partial z} (V_z C) \right] \frac{\partial q}{\partial t} \quad (3.1)$$

trong đó:

D_x, D_y, D_z - hệ số khuếch tán viết cho ba phương chủ yếu trên toạ độ Đề các;

C - nồng độ chất hoà tan (mg/l), (ppm);

V_x, V_y, V_z - tốc độ thấm thực, bằng vận tốc Darcy chia cho độ rỗng tổng cộng của môi trường.

Và phương trình vi phân biểu diễn dòng chảy ngầm:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(T_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} + W(x, y, z, t) \quad (3.2)$$

trong đó:

T_x, T_y, T_z - hệ số dẫn nước của môi trường;

h - mực nước ngầm (Unconfined Aquifer) đối với tầng chứa nước không áp và cột nước áp lực hay mực thủy áp với tầng chứa nước có áp;

$W(x, y, z, t)$ - lượng nước lấy lên hoặc bổ sung vào tầng chứa nước;

S - hệ số trữ nước.

Việc giải hệ phương trình (3.1), (3.2) trong các bài toán cụ thể cho chúng ta vị trí và hình dạng của mặt ngăn cách. Song cũng cần phải nói rằng: Hệ (3.1), (3.2) là các hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng phi tuyến dạng Parabolic (hoặc hyperbolic).

Cho nên, cố gắng để tìm được một lời giải thích chính xác cho vấn đề xâm nhập mặn là điều kiện không thể thực hiện được. Chính vì vậy, trong điều kiện thực tế, các tác giả đã đưa ra các điều kiện giới hạn để giải bài toán trên. Dưới đây chúng tôi xin nêu ra một số điều kiện giới hạn đó:

- Xem bài toán là thủy tĩnh nghĩa là không tồn tại chuyển động, trong trường hợp này nước ngọt nằm trên nước biển và mặt ngăn cách là mặt nằm ngang.

- Khi xem bài toán là thủy động thì có thể giới hạn:

1. Môi trường đồng nhất đẳng hướng;
2. Dòng chảy một chiều;
3. Dòng chảy chỉ xảy ra trên mặt nằm ngang;
4. Dòng chảy có dạng tròn khi chảy vào giếng...

Với các điều kiện giới hạn ở trên, bài toán sẽ được đưa về dạng đơn giản hơn để giải, tìm phân bố của mặt tiếp xúc, cũng như phân bố của mặt nước biển mặn trong môi trường các vùng ven biển.

3.2.2. Nguyên nhân ô nhiễm nước ngầm

1. Sự bùng nổ dân số, tốc độ phát triển kinh tế và đô thị hoá cao

Khi tốc độ phát triển kinh tế và đô thị hoá cao cộng với sự gia tăng về dân số yêu cầu sử dụng nước sạch rất lớn. Các khu chế xuất lần lượt mọc lên, các nhà máy, xí nghiệp lần lượt ra đời, các ngành công nghiệp khai khoáng, luyện kim, chế tạo máy, hoá chất... các nhà máy chế biến hàng tiêu dùng như nhà máy giấy, dệt may... đều yêu cầu tiêu thụ một khối lượng nước sạch rất lớn mỗi ngày để duy trì hoạt động. Sự bùng nổ về dân số, tốc độ tăng dân số nhanh, đặc biệt tập trung dân ở các thành phố lớn với sức tiêu thụ nước sạch từ 100 ÷ 200 l/ngày đêm mỗi đầu người làm lượng nước yêu cầu cho sinh hoạt tăng rất lớn.

Ví dụ như ở Việt Nam theo số lượng thống kê, trong thời gian từ năm 1930 đến năm 1992 dân số nước ta tăng khoảng 4 lần trong khi đó mức sử dụng nước tăng khoảng 28 lần. Trong đó nhu cầu nước dùng cho nông nghiệp chiếm $60 \div 62\%$, cho công nghiệp chiếm $25 \div 29\%$, sinh hoạt $10 \div 12\%$. Tổng nước tiêu thụ năm 1990 ước tính 12km^3 tương đương với lưu lượng $381\text{ m}^3/\text{s}$.

Nếu chỉ tính riêng cấp nước cho sinh hoạt, giả thiết tốc độ tăng dân số tự nhiên ở Việt Nam là từ $2 \div 2,2\%$ thì dân số nước ta sẽ là 100 triệu người vào năm 2015 trong đó dân số đô thị có thể chiếm $35 \div 40\%$ và dự báo yêu cầu cấp nước cho riêng vùng đô thị là $2 \div 2,5\text{ km}^3/\text{năm}$ tương đương $5,5 \div 6$ triệu $\text{m}^3/\text{ngày}$ đêm với tiêu chuẩn $150\text{ l}/\text{người-ngày}$.

Nước cấp cho sinh hoạt và công nghiệp chủ yếu là được khai thác từ nguồn nước ngầm, sự khai thác quá mức sẽ làm cạn kiệt nguồn nước ngầm, mực nước ngầm hạ thấp và dễ dàng bị nhiễm mặn, nhiễm bẩn từ nguồn nước khác như nước biển.

Bên cạnh việc sử dụng một khối lượng lớn nước sạch, việc bùng nổ dân số và tốc độ đô thị hoá, phát triển kinh tế cao còn phát sinh một khối lượng chất thải, nước thải rất lớn chứa đựng nhiều chất độc, chất bẩn làm ô nhiễm môi trường đất và môi trường nước mặt chính là con đường trực tiếp dẫn đến ô nhiễm nước ngầm.

2. Việc khai thác nước ngầm không được quy hoạch quản lý một cách hợp lý

Việc khai thác nước ngầm một cách bừa bãi không theo một quy hoạch cẩn thận trên cơ sở có xét một cách toàn diện các ảnh hưởng và tác động qua lại giữa việc khai thác nước ngầm với môi trường xung quanh như khai thác nước ngầm quá tập trung, khai thác quá mức làm suy giảm nguồn nước ngầm và suy thoái chất lượng nước như ở các khu tập trung dân cư, ở các thành phố, thị trấn hoặc các vùng khan hiếm nước. Mặt khác do khai thác nước ngầm một cách tự phát nên việc khoan thăm dò, quản lý các lỗ khoan không theo đúng quy trình, quy phạm nghiêm ngặt như lắp lỗ khoan theo đúng quy định hoặc xử lý các giếng khai thác nước ngầm đã hết tác dụng, vì thế tạo ra những "cửa sổ thủy văn" là con đường thuận lợi cho các nguồn chất độc và chất bẩn từ mặt đất xâm nhập vào các tầng trữ nước làm ô nhiễm nước ngầm.

3. Các loại chất thải, nước thải không được xử lý thích đáng

Hiện nay kinh tế các nước trên thế giới đang thi nhau phát triển với tốc độ chóng mặt, các chất thải độc hại, nước thải ngày càng nhiều đặc biệt ở các khu chế xuất, các đô thị. Nếu các chất thải, nước thải không được xử lý, đặc biệt ở các nước đang phát triển như Việt Nam, sẽ làm ô nhiễm nguồn nước mặt, ô nhiễm tầng đất nằm trên nước ngầm và là nguyên nhân trực tiếp gây ô nhiễm nước ngầm.

4. Trình độ thâm canh nông nghiệp

Dân số thế giới không ngừng tăng cao, cho tới nay đã vượt qua 6 tỷ người, vấn đề an toàn lương thực được đặt ra và mang tính cấp thiết hơn bao giờ hết. Nền nông nghiệp của

các nước bắt buộc phải phát triển, không những phải mở rộng diện tích trồng trọt lên các vùng cao hiểm nước mà còn phải tăng cường mức độ thâm canh. Vì thế, lượng nước yêu cầu để phát triển nông nghiệp rất lớn đặc biệt yêu cầu khai thác nước ngầm sẽ phải lớn hơn. Mặt khác, các công nghệ tiên tiến sẽ được áp dụng nhiều để phát triển nông nghiệp như công nghệ hoá học, công nghệ vi sinh, tăng cường trình độ thâm canh nhằm tăng sản lượng và năng suất cây trồng. Trong quá trình sản xuất, dư lượng của các chất độc hại từ việc sử dụng phân hoá học, thuốc trừ sâu, các chất kích thích sinh trưởng... còn lại trong đất và nước tưới sẽ ngấm xuống tầng sâu làm ô nhiễm nước ngầm. Thực tế cho thấy nước ngầm, nhất là nước ngầm tầng nông ở những vùng trồng trọt có mức độ thâm canh cao, những vùng trồng rau xanh hàm lượng các chất bảo vệ thực vật như Lindan, DDT, hàm lượng tổng thuốc trừ sâu chứa trong nước ngầm thường vượt quá tiêu chuẩn cho phép.

5. Nạn khai thác rừng bừa bãi, thảm phủ bị tàn phá nặng nề

Đây là nguyên nhân gây nên ô nhiễm mang tính sinh thái học, khi thảm phủ bị tàn phá, mặt đất không được bảo vệ gặp mưa lớn gây nên xói mòn, lở đất, các nguyên tố kim loại bị rửa trôi khỏi đất làm ô nhiễm nước mặt sau đó theo dòng thấm xâm nhập vào nước ngầm làm giảm chất lượng nước ngầm. Mặt khác do thảm phủ bị tàn phá, khả năng giữ đất, giữ nước của lưu vực bị suy giảm, lượng nước mưa ngấm vào lòng đất để bổ sung cho nước ngầm giảm mạnh, trữ lượng nước ngầm ngày càng cạn kiệt. Bên cạnh nạn phá rừng, việc khai thác các hầm mỏ ở vùng rừng núi, đào bới làm xáo trộn mặt đất, các chất hoá học dễ dàng hoà vào nước theo dòng thấm xâm nhập làm ô nhiễm nước ngầm.

3.2.3. Hiện trạng ô nhiễm nước dưới đất ở một số khu dân cư kinh tế quan trọng ở Việt Nam

Trong vòng khoảng 15 ÷ 20 năm trở lại đây nền kinh tế của ta phát triển với tốc độ cao, tốc độ đô thị hoá ngày một nhanh. Cùng với sự phát triển xã hội và bùng nổ về dân số, các tác động đến môi trường trong đó có nước ngầm đang ngày càng gia tăng. Khi kinh tế tăng trưởng, nhu cầu sử dụng nước ngầm của các ngành kinh tế tăng lên, đồng thời các chất thải, nước thải cũng tăng lên dẫn đến nguy cơ suy thoái cả về lượng và chất của nước ngầm. Thực tế cho thấy lượng nước ngầm đang được khai thác rất lớn chỉ nói riêng ở đồng bằng Bắc bộ ngoài các công trình khai thác nước ngầm tập trung với quy mô lớn ở các thành phố lớn như Hà Nội, Hải Phòng, Nam Định, Hà Đông, Sơn Tây... còn có hàng trăm lỗ khoan công nghiệp, mỗi lỗ khoan từ 100 đến 200m³/ ngày, ngoài ra còn có hơn 25.000 lỗ khoan đường kính nhỏ kiểu UNICEF do chương trình nước sạch nông thôn các tỉnh và nhân dân thực hiện. Ngoài công trình khai thác nước ngầm còn có hàng nghìn lỗ khoan xuyên vào tầng trữ nước với các mục đích khác nhau: thăm dò địa chất, khảo sát phục vụ xây dựng dân dụng, giao thông, thủy lợi... Nhìn chung các công trình này ít được kiểm tra quản lý một cách nghiêm ngặt về mặt phòng hộ vệ sinh và bảo

vệ môi trường. Mặt khác sự có mặt và đang hoạt động của hàng nghìn xí nghiệp, nhà máy, hàng trăm các bệnh viện và các điểm dân cư mỗi ngày thải ra hàng vạn mét khối chất thải, nước thải, đổ trên mặt đất hoặc vào các sông, ngòi, hồ, ao. Ở những vùng canh tác nông nghiệp, mỗi ngày có hàng trăm tấn phân bón và thuốc trừ sâu rải trên cánh đồng. Chính tất cả những hoạt động phát triển mạnh mẽ đó đã, đang và sẽ làm thay đổi sự trong sạch vốn có của nước ngầm theo chiều hướng xấu. Tuy nhiên, mức độ ô nhiễm và mối đe dọa của nó tới môi trường có khác nhau ở mỗi khu vực, chúng phụ thuộc vào hai yếu tố trọng yếu, đó là điều kiện tự nhiên và tác động của con người.

Có thể lấy khu vực Hà Nội làm ví dụ:

Hà Nội là khu tập trung dân cư và trung tâm kinh tế lớn: mật độ dân trung bình 3000 người/km², hiện có gần 300 nhà máy, xí nghiệp công nghiệp và hàng trăm các cơ sở sản xuất tiểu thủ công nghiệp. Loại hình sản xuất rất đa dạng từ cơ khí mạ điện, hoá chất, sơn, phân bón, năng lượng, thủy tinh, vật liệu xây dựng đến các ngành dệt nhuộm, thuốc da, chế biến thực phẩm... đang là nguồn tạo ra các chất thải làm ô nhiễm môi trường. Đặc biệt vùng ngoại ô còn có vành đai nông nghiệp chủ yếu là trồng rau xanh, lúa nước và chăn nuôi gia súc. Việc sử dụng phân bón và các hoá chất bảo vệ thực vật vẫn đang diễn ra thiếu sự kiểm tra quản lý chặt chẽ đã tạo ra các dư lượng hoá chất trong môi trường đất và nước. Quá trình đô thị hoá và công nghiệp hoá đang diễn ra ở khu vực với tốc độ cao kéo theo các hoạt động khoan, đào phục vụ xây dựng cơ sở hạ tầng tạo ra con đường xâm nhập vào nước ngầm của các chất bẩn phát sinh từ chất thải, nước thải công nghiệp, sinh hoạt và phân bón. Trong bối cảnh trên lại thêm tình hình xử lý chất thải, nước thải rất kém có tới 96% số xí nghiệp công nghiệp không có trạm xử lý nước thải. Số bệnh viện ở Hà Nội có trạm xử lý chỉ có từ 3 ÷ 4 trong tổng số trên 20 cơ sở chữa bệnh. Đây là khu vực có nhiều nguồn phát sinh chất bẩn gây ô nhiễm môi trường.

Về điều kiện tự nhiên, khu vực Hà Nội có địa hình khá bằng phẳng, xen kẽ có những khu trũng, hiện trạng ao, hồ, sông không thuận lợi cho việc tiêu thoát nước nhanh, trong mùa mưa thường có những vùng úng cục bộ. Ở nhiều khu vực dân cư và điểm công nghiệp do hệ thống tiêu thoát chưa hoàn chỉnh, khi có mưa lớn nước bị dâng lên cùng với phân rác từ các cống rãnh, hồ, ao lan rộng ra bề mặt, làm tăng khả năng tiếp cận và hoà tan các chất bẩn có sẵn trên mặt đất gây ô nhiễm môi trường nói chung và môi trường nước nói riêng, tạo điều kiện thuận lợi cho sự xâm nhập của chất bẩn vào nước ngầm. Hiện tại độ sâu đang khai thác nước ngầm ở Hà Nội khoảng 60 ÷ 80m bao hàm cả hai tầng trữ nước Holocen và Pleistocen. Tầng Holocen có quan hệ thủy lực trực tiếp với các nguồn nước mặt, tầng Pleistocen trữ lượng phong phú và có áp lực yếu.

Sự ô nhiễm nước ngầm được xem xét chủ yếu ở hai tầng chứa nước này và cũng được đánh giá theo bốn nhóm chỉ tiêu cơ bản:

- Hợp chất nitơ;
- Nguyên tố kim loại;
- Hợp chất hữu cơ;
- Vi sinh.

Với tầng trữ nước Holocen (q_h)

Ô nhiễm các hợp chất nitơ: Trong khu vực này phổ biến nhất là NH_4 với diện phân bố khá tập trung ở địa phận huyện Thanh Trì (Pháp Vân, Văn Điển, Yên Sở, Cầu Bươu) và khu Thượng Đình ven sông Tô Lịch, sông Lừ. Khu vực Mễ Trì, Gia Lâm, Sài Đồng mức độ ô nhiễm từ nhẹ đến trung bình.

Đối với NO_2 chỉ thấy biểu hiện ở Pháp Vân, Đức Giang, Triều Khúc với tính cục bộ (có 15 ÷ 18% số mẫu có hàm lượng vượt quá giới hạn cho phép).

Ô nhiễm do các nguyên tố kim loại: Trong nhóm này chủ yếu là ô nhiễm thủy ngân (Hg) phổ biến thành diện và có hàm lượng cao ở khu vực huyện Thanh Trì và đông nam quận Hai Bà Trưng. Chì (Pb) và crôm (Cr) thấy xuất hiện ở một số mẫu rải rác trong vùng. Sắt (Fe) và mangan (Mn) ở một số nơi số mẫu đã vượt quá giới hạn cho phép chiếm tỷ lệ khá cao (48% ÷ 73% tổng số mẫu phân tích). Hàm lượng alumin (Al) vượt quá giới hạn cho phép tới 46% tổng số mẫu. Nói tóm lại nước ngầm ở khu vực Hà Nội bị ô nhiễm thủy ngân (Hg) phổ biến theo diện và mức độ tương đối nặng.

Các hợp chất hữu cơ độc hại: Chỉ tiêu đáng chú ý nhất là cyanur (CN) và phenol. Diện phân bố ô nhiễm các chất này biểu hiện ở nhiều cụm điểm: Pháp Vân, Yên Sở, Vĩnh Tuy, phía đông quận Hai Bà Trưng, khu công nghiệp Đức Giang - Gia Lâm, và rải rác ở các điểm Tam Hiệp, Thượng Đình, Nghĩa Đô... Đặc biệt trong nhóm này còn thấy xuất hiện ô nhiễm thuốc trừ sâu và tổng thuốc trừ sâu. Qua điều tra ở 12 điểm có canh tác hoa màu và lúa nước đã thấy 11 điểm có hàm lượng vượt quá giới hạn cho phép. Những nơi có hàm lượng cao điển hình là Mai Dịch, Pháp Vân, Vĩnh Quỳnh, Yên Sở, Trần Phú, có tới 70% số mẫu có chứa DDT với hàm lượng lớn hơn 6 $\mu g/l$ trong khi giới hạn cho phép chỉ là 1 $\mu g/l$. Nếu xét về giá trị tổng thuốc trừ sâu thì có 100% số mẫu có hàm lượng vượt quá giới hạn cho phép. Đánh giá chung mức độ ô nhiễm các hợp chất thuộc nhóm này khá nặng, phổ biến thành diện.

Ô nhiễm vi sinh: Tổng số mẫu lấy đại diện tại 50 điểm đã có tới 60% vượt quá tiêu chuẩn hàm lượng vi khuẩn cho phép (coliform và fecalcoliforms). Diện phân bố thấy tập trung ở phía nam sông Hồng và thị trấn Đức Giang - Gia Lâm.

Nguyên nhân của sự ô nhiễm nước ngầm ở Hà Nội là:

1 - Toàn bộ nước thải sinh hoạt và sản xuất công nghiệp của thành phố đã không được xử lý và thải trực tiếp ra hệ thống kênh mương, đường ống thoát nước và hồ ao mỗi

ngày khoảng 320.000 m³/ngày, trong đó có khoảng 90.000 m³ nước thải công nghiệp của hơn 20 xí nghiệp, nhà máy là nguồn gây ô nhiễm chủ yếu cho nước ngầm.

Kết quả nghiên cứu về thành phần và tính chất nước thải tại các cửa cống của hệ thống thoát nước cho thấy nước thải rất bẩn và chứa nhiều chất độc hầu như chưa được xử lý.

2 - Hệ thống kênh mương và sông hồ của thành phố là nơi tiếp nhận toàn bộ lượng nước thải đổ ra, từ đó ngấm xuống qua tầng đất không dày hoặc chảy trực tiếp xuống nước ngầm qua các "cửa sổ thủy văn".

Hệ thống kênh mương, sông hồ ở Hà Nội hình thành hệ thống thoát nước thải công nghiệp và sinh hoạt với 143km cống ngầm, 33km kênh mương, 33 tuyến kênh mương thoát nước ra ngoại thành, chứa khoảng 420.000 m³ nước thải. Các sông tiêu chính có tổng chiều dài là 40 km với 4 con sông là Kim Ngưu, Sét, Lừ, Tô Lịch làm nhiệm vụ tiêu thoát nước chính của thành phố và mỗi ngày tiêu thoát 320.000 m³ nước thải, có đến 100 ao, hồ lớn nhỏ khắp nội ngoại thành với 20 hồ lớn có diện tích gần 600 ha chứa nước thải.

Kết quả nghiên cứu nước mặt ở toàn bộ hệ thống kênh mương và sông hồ Hà Nội đã bị ô nhiễm, chỉ riêng chỉ tiêu BOD₅ đã vượt quá mức quy định từ 5 ÷ 20 lần.

Bảng 3.2- Mức độ ô nhiễm nước dưới đất khu vực Hà Nội

Tầng chứa nước	Nhóm	Loại chỉ tiêu	Số lượng mẫu	Giá trị mg/l			Số mẫu có hàm lượng vượt giới hạn cho phép	Tỷ lệ % mẫu vượt giới hạn
				Trung bình	Min	Max		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Holocen	Hợp chất Nitơ	NH ₄	40	4,0	0,001	23,2	18	45
		NO ₂	33	0,09	0,007	0,98	5	15,1
		NO ₃	34	2,22	0,009	40	0	0
	Nguyên tố kim loại	Fe	45	13,65	0,1	43,4	33	73,3
		Al	45	1,28	0,056	7,78	21	46,6
		Mn	45	0,58	0,046	1,72	22	48,9
		Cu	12	0,032	0,001	0,106	0	0
		Pb	40	0,016	0,001	0,067	3	7,5
		Zn	15	0,088	0,001	0,392	0	0
		Hg	44	0,0029	0,0003	0,008	43	97,7
		As	43	0,0339	0,0002	0,132	12	27,9
		Cr	36	0,0203	0,0008	0,46	3	8,3
	Hữu cơ	CN ⁻	24	0,0589	0,026	0,091	17	71
		Phenol	23	0,0081	0,006	0,014	23	100
	Vì sinh		36				28	77

Bảng 3.2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pleistocen	Hợp chất Nito	NH ₄	38	0,44	0,0001	7	1	2,63
		NO ₂	36	0,135	0,004	2,08	2	5,5
		NO ₃	36	0,019	0,009	0,078	0	0
	Nguyên tố kim loại	Fe	75	8,674	0,035	40,59	52	69
		Al	78	0,921	0,052	11,12	41	52
		Mn	83	0,527	0,001	2,79	28	34
		Cu	44	0,058	0,0082	0,54	0	0
		Pb	62	0,0123	0,0001	0,1	4	6
		Zn	54	0,0622	0,0043	0,3046	0	0
		Hg	84	0,0037	0,0003	0,0096	70	23
		As	77	0,0144	0,0003	0,0937	5	6
		Cr	55	0,01398	0,0006	0,600	11	20
	Hữu cơ	CN ⁻	22	0,0286	0,0002	0,078	8	36,4
		H ₂ S	11	0,0156	0,0025	0,057	1	9
	Vì sinh		31				15	48
Cả hai tầng	Hoá chất bảo vệ thực vật	Lindan	15	µg/l	µg/l	µg/l		
		DDT	15	0,409	0,04	0,82	0	0
		Tổng thuốc trừ sâu	15	6,135	2,31	11	15	100
					0,80	13,5	14	93

3 - Toàn bộ lượng chất thải của thành phố khoảng 2.000 m³/ngày đêm, trên 50% là chất hữu cơ không được tập trung xử lý theo công nghệ sạch và hàng ngày công ty môi trường chỉ thu gom được 850 m³/ngày đem đi xử lý bằng cách chôn ủ không đảm bảo kỹ thuật vệ sinh thành các bãi rác tập trung ở những nơi có địa hình thấp trũng khắp nội, ngoại thành như Vạn Phúc, Thủ Lệ, Ngọc Khánh, Thành Công, Thái Hà, Mỹ Trì, Tam Hiệp, Văn Điển, Bồ Đề... Số rác còn lại hàng ngày không được thu gom, được đổ bừa bãi trên vệ đường hoặc các nơi đất trống, thùng đấu, hồ ao. Toàn bộ lượng rác này khi bị phân huỷ thành các hợp chất hữu cơ, vô cơ, các chất độc hại theo các dòng ngầm xuống tầng trữ nước.

4 - Hệ thống dày đặc các hố khoan địa chất công trình, nền móng, địa chất thủy văn khắp nội ngoại thành sau khi thi công xong không được lấp bịt đúng quy trình kỹ thuật quy định, hệ thống giếng khoan nước ngầm cũ cũng không được lấp trám kỹ càng... đã tạo thành các "cửa sổ thủy văn" cho nước mặt bị nhiễm bẩn chảy thông xuống nước ngầm.

5 - Hệ thống giếng khoan dày đặc kiểu UNICEF khoan bừa bãi rộng khắp nội, ngoại thành một cách tùy tiện và trái phép với tốc độ ngày càng nhiều, không có kết cấu hợp lý và không trám thành giếng đúng quy cách làm cho nước thải thấm theo thành giếng vào nước ngầm gây ra ô nhiễm toàn bộ hệ thống nước ngầm thành phố.

6 - Lượng khai thác nước ngầm của thành phố 20 năm trở lại đây đã tăng lên với khối lượng lớn, khiến mực nước ngầm của thành phố bị hạ thấp, nước ngầm ở Hà Nội bị cạn kiệt và suy giảm về chất lượng

7 - Việc bố trí không hợp lý cụm nhà máy nước phía Nam thành phố trên đường thoát nước thải chính của thành phố là vùng có địa hình thấp trũng chứa lượng nước thải lớn nhưng chưa được xử lý trước khi tiêu ra sông Nhuệ, sông Hồng đã làm tăng khả năng ô nhiễm nước ngầm.

Ở các vùng khác, kết quả điều tra về tình trạng ô nhiễm nước ngầm cũng cho những kết quả tương tự. Như vậy, tình trạng ô nhiễm nước ngầm ở nước ta đặc biệt ở các vùng tập trung dân cư, trung tâm kinh tế, các đô thị là tương đối trầm trọng, dưới đây là kết quả điều tra chất lượng nước ngầm ở một số thành phố lớn phía Bắc.

Bảng 3.3- Mức độ ô nhiễm nước ngầm tại khu vực Hải Phòng

Nhóm	Loại chỉ tiêu	Số lượng mẫu	Giá trị mg/l			Số mẫu có hàm lượng vượt giới hạn cho phép	Tỷ lệ % mẫu vượt giới hạn
			Trung bình	Min	Max		
Hợp chất Nitơ	NH ₄	17	0,1297	0,002	2,0	0	0
	NO ₂	31	0,4933	0,012	2,0	15	48,4
	NO ₃	25	1,036	0,003	4,8	0	0
Nguyên tố kim loại	Fe	35	4,575	0,04	17,56	28	80
	Al	32	0,883	0,196	0,8	25	78,1
	Mn	42	0,6	0,1	3,58	14	33,3
	Cu	30	0,0688	0,009	0,8	0	0
	Pb	21	0,011	0,001	0,028	0	0
	Zn	20	0,035	0,0112	0,086	0	0
	Hg	36	0,0049	0,001	0,009	36	100
	As	36	0,013	0,0017	0,096	1	2,8
	Cr	19	0,0133	0,001	0,101	1	5,3
Hữu cơ	CN ⁻	17	0,0173	0,002	0,065	4	23,5
	Phenol	11	0,0005	0,001	0,0025	1	9
	H ₂ S	11	0,0031	0,001	0,0051	0	0
Vì sinh		18				5	28

Bảng 3.4- Mức độ ô nhiễm nước ngầm tại khu vực Nam Định

Nhóm	Loại chỉ tiêu	Số lượng mẫu	Giá trị mg/l			Số mẫu có hàm lượng vượt giới hạn cho phép	Tỷ lệ % mẫu vượt giới hạn
			Trung bình	Min	Max		
Hợp chất Nitơ	NH ₄	23	10.854	0,004	40	11	47,8
	NO ₂	20	1,054	0,01	16,5	6	30
	NO ₃	20	0,334	0,01	1,5	0	0
Nguyên tố kim loại	Fe	23	10,325	0,28	28,9	19	82,6
	Al	23	2,07	0,113	2,95	16	69,6
	Mn	32	0,573	0,001	3,75	13	40,6
	Cu	23	0,0572	0,0036	0,23	0	0
	Pb	24	0,0051	0,0001	0,016	0	0
	Zn	16	0,0726	0,019	0,031	0	0
	Hg	31	0,0036	0,0002	0,0101	27	87,1
	As	32	0,0038	0,0001	0,0161	0	0
	Cr	12	0,3256	0,0019	1,762	7	58,3
Vì sinh		13				12	92

Bảng 3.5- Mức độ ô nhiễm nước ngầm tại khu vực Việt Trì

Nhóm	Loại chỉ tiêu	Số lượng mẫu	Giá trị mg/l			Số mẫu có hàm lượng vượt giới hạn cho phép	Tỷ lệ % mẫu vượt giới hạn
			Trung bình	Min	Max		
Hợp chất Nitơ	NH ₄	11	0,2944	0,003	1,87	0	0
	NO ₂	30	0,0415	0,003	0,5	2	6,7
	NO ₃	34	2,078	0,006	15	0	0
Nguyên tố kim loại	Fe	28	0,547	0,24	3,34	2	7,1
	Al	33	0,3515	0,034	1,45	4	12,1
	Mn	27	0,3601	0,001	1,5	11	40,7
	Cu	16	0,044	0,0023	0,114	0	0
	Pb	18	0,0079	0,0007	0,0249	0	0
	Zn	33	0,548	0,001	0,1596	0	0
	Hg	36	0,0043	0,0011	0,0091	36	100
	As	24	0,0254	0,001	0,32	7	11,9
	Cr	25	0,0082	0,0009	0,044	0	0
	Cd	18	0,0032	0,0001	0,0123	3	16,7
Hữu cơ	CN ⁻	11	0,038	0,024	0,054	2	18
	Phenol	11	0,0668	0,065	0,08	11	100
Vì sinh		9				9	100

3.3. YÊU CẦU CHẤT LƯỢNG NƯỚC DÙNG CHO SINH HOẠT VÀ SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

3.3.1. Yêu cầu chất lượng nước sinh hoạt

Có rất nhiều chỉ tiêu đánh giá chất lượng nước, ở đây ta chỉ dừng lại ở một số chỉ tiêu quan trọng:

- Yêu cầu chất lượng nước ngầm thông qua nồng độ các hợp chất độc hại trong nước và theo yêu cầu dùng nước của các ngành khác nhau của nền kinh tế quốc dân. Yêu cầu dùng nước sinh hoạt là nghiêm ngặt nhất, tối thiểu là không được gây nguy hại cho sức khoẻ con người và điều kiện vệ sinh môi trường.

Theo chuyên gia Liên hợp quốc, những thập kỷ gần đây vấn đề nước sạch để sinh hoạt và ăn uống và điều kiện tối thiểu vệ sinh môi trường nổi cộm lên ở các nước Á, Phi, Mỹ La Tinh. Hàng năm có đến hàng trăm triệu người mắc bệnh đau dạ dày, đường ruột, con số người chết lên đến 25 triệu người trên quy mô toàn cầu do các bệnh từ nguyên nhân không được dùng nước sạch. Vì vậy, tại phiên họp Đại hội Hội đồng Liên hợp quốc khoá 35 đã lấy thập kỷ 80 thế kỷ 20 là thập kỷ cho nước sinh hoạt và vệ sinh môi trường.

- Nước dùng để uống không được dùng loại nước cứng và hàm lượng muối trong nước cao. Theo độ cứng nước ngầm được phân loại như sau:

Trạng thái	Độ cứng (°)	Trạng thái	Độ cứng (°)
Rất mềm	$0 \div 4$	Tương đối cứng	$12 \div 18$
Mềm	$7 \div 8$	Cứng	$18 \div 30$
Trung bình	$8 \div 12$	Quá cứng	$> 30 \div 35$

Bảng 3.6- Giá trị giới hạn cho phép các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước mặt theo TCVN 5942 - 1995

TT (1)	Thông số (2)	Đơn vị (3)	Giới hạn A (4)	Giới hạn B (5)
1	pH		$6 \div 8,5$	$5,5 \div 9$
2	BOD ₅ (20°C)	mg/l	< 4	< 25
3	COD	mg/l	< 10	< 35
4	Oxy hoà tan	mg/l	≥ 6	≥ 2
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	20	80
6	Asen	mg/l	0,05	0,1
7	Bari	mg/l	1	4
8	Cadimi	mg/l	0,01	0,02
9	Chì	mg/l	0,05	0,1
10	Crom(VI)	mg/l	0,05	0,05
11	Crom (III)	mg/l	0,1	1
12	Đồng	mg/l	0,1	1
13	Kẽm	mg/l	1	2
14	Mangan	mg/l	0,1	0,8

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
15	Niken	mg/l	0,1	1
16	Sắt	mg/l	1	2
17	Thủy ngân	mg/l	0,001	0,002
18	Thiếc	mg/l	1	2
19	Amoniac (tính theo N)	mg/l	0,05	1
20	Florua	mg/l	1	1,5
21	Nitrat (tính theo N)	mg/l	10	15
22	Nitrit (tính theo N)	mg/l	0,01	0,05
23	Xianua	mg/l	0,01	0,05
24	Phenola (tổng số)	mg/l	0,001	0,02
25	Dầu, mỡ	mg/l	Không	0,3
26	Chất tẩy rửa	mg/l	0,5	0,5
27	Coliform	MPN/100ml	5000	10 000
28	Tổng hoá chất bảo vệ thực vật (trừ DDT)	mg/l	0,15	0,15
29	DDT	mg/l	0,01	0,01
30	Tổng hoạt độ phóng xạ α	mg/l	0,1	0,1
31	Tổng hoạt độ phóng xạ β	mg/l	1,0	1,0

Chú thích:

Cột 4: Áp dụng đối với nước mặt có thể dùng làm nguồn cấp nước sinh hoạt (nhưng phải qua quá trình xử lý theo quy định).

Cột 5: Áp dụng đối với nước mặt dùng cho các mục đích khác.

Nước dùng cho nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản có quy định riêng.

Bảng 3.7- Giá trị giới hạn cho phép các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước ngầm theo TCVN 5944 - 1995

TT	Thông số	Đơn vị	Giới hạn
(1)	(2)	(3)	(4)
1	pH		6,5 ÷ 8,5
2	Màu	Pt - Co	5 ÷ 50
3	Độ cứng (tính theo CaCO ₃)	mg/l	300 ÷ 500
4	Chất rắn tổng số	mg/l	750 ÷ 1500
5	Asen	mg/l	0,05
6	Cadimi	mg/l	0,01
7	Clorua	mg/l	200 ÷ 600
8	Chì	mg/l	0,05
9	Crom (VI)	mg/l	0,05
10	Xianua	mg/l	0,01
11	Đồng	mg/l	1,0
12	Florua	mg/l	1,0
13	Kẽm	mg/l	5,0
14	Mangan	mg/l	0,1 ÷ 0,5

(1)	(2)	(3)	(4)
15	Nitrat	mg/l	45
16	Phenola	mg/l	0,001
17	Sắt	mg/l	1 ÷ 5
18	Sunfat	mg/l	200 ÷ 400
19	Thủy ngân	mg/l	0,001
20	Selen	mg/l	0,01
21	Fecal Coli	MPN/100ml	Không
22	Coliform	MPN/100ml	3

Để tránh các hậu quả tai hại do nước sinh hoạt bị ô nhiễm gây nên, Bộ Y tế và Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường đã đưa ra Tiêu chuẩn nước sinh hoạt trên cơ sở nghiên cứu yêu cầu và chế độ sinh hoạt của người Việt Nam như bảng 3.8 và bảng 3.9.

Bảng 3.8- Tiêu chuẩn vệ sinh nước ăn uống

(Ban hành kèm theo Quyết định số 1329/2002/BYT-QĐ, ngày 18/4/2002)

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giới hạn tối đa	Phương pháp thử	Mức độ giám sát
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I Chỉ tiêu cảm quan và thành phần vô cơ					
1	Màu sắc	TCU	15	TCVN 6185 - 1996 (ISO 7887 - 1985)	A
2	Mùi vị		Không có mùi, vị lạ	Cảm quan	A
3	Độ đục	NTU	2	(ISO 7027 - 1990) TCVN 6184 - 1996	A
4	pH		6,5 ÷ 8,5	AOAC hoặc SMEWW	A
5	Độ cứng	mg/l	300	TCVN 6224 - 1996	A
6	Tổng chất rắn hoà tan (TDS)	mg/l	1000	TCVN 6053 - 1995 (ISO 99696 - 1992)	B
7	Hàm lượng nhôm	mg/l	0,2	ISO 12020 - 1997	B
8	Hàm lượng amôni, tính theo NH ₄ ⁺	mg/l	1,5	TCVN 5988 - 1995 (ISO 5664 - 1984)	B
9	Hàm lượng antimon	mg/l	0,005	AOAC hoặc SMEWW	C
10	Hàm lượng asen	mg/l	0,01	TCVN 6182-1996 (ISO 6595 - 1982)	B
11	Hàm lượng bari	mg/l	0,7	AOAC hoặc SMEWW	C
12	Hàm lượng Bo tính chung cho cả borat và axit boric	mg/l	0,3	ISO 9390 - 1990	C

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
13	Hàm lượng cadimi	mg/l	0,003	TCVN 6197 - 1996 (ISO 5961 - 1994)	C
14	Hàm lượng clorua	mg/l	250	TCVN 6194 - 1996 (ISO 9297 - 1989)	A
15	Hàm lượng crôm	mg/l	0,05	TCVN 6222 - 1996 (ISO 9174 - 1990)	C
16	Hàm lượng đồng (Cu)	mg/l	2	(ISO 8288 - 1986) TCVN 6193 - 1996	C
17	Hàm lượng xianua	mg/l	0,07	TCVN 6181 - 1996 (ISO 6703/1 - 1984)	C
18	Hàm lượng florua	mg/l	0,7÷1,5	TCVN 6195 - 1996 (ISO 10359/1 - 1992)	B
19	Hàm lượng hydro sunfua	mg/l	0,05	ISO 10530 - 1992	B
20	Hàm lượng sắt	mg/l	0,5	TCVN 6177 - 1996 (ISO 6332 - 1988)	A
21	Hàm lượng chì	mg/l	0,01	(ISO 8286 - 1986) TCVN 6193 - 1996	B
22	Hàm lượng mangan	mg/l	0,5	TCVN 6002 - 1995 (ISO 6333 - 1986)	A
23	Hàm lượng thuỷ ngân	mg/l	0,001	TCVN 5991 - 1995 (ISO 5666/1 - 1983 ISO 5666/3 - 1983)	B
24	Hàm lượng molyden	mg/l	0,07	AOAC hoặc SMEWW	C
25	Hàm lượng niken	mg/l	0,02	TCVN 6180 - 1996 (ISO 8288 - 1986)	C
26	Hàm lượng nitrat	mg/l	50	TCVN 6180 - 1996 (ISO 7890 - 1988)	A
27	Hàm lượng nitrit	mg/l	3	TCVN 6178 - 1996 (ISO 6777 - 1984)	A
28	Hàm lượng selen	mg/l	0,01	TCVN 6183 - 1996 (ISO 9964 - 1 - 1993)	C
29	Hàm lượng natri	mg/l	200	TCVN 6196 - 1996 (ISO 9964 - 1 - 1993)	B
30	Hàm lượng sunphat	mg/l	250	TCVN 6200 - 1996 (ISO 9280 - 1990)	A
31	Hàm lượng kẽm	mg/l	3	TCVN 6193 - 1996 (ISO 8288 - 1989)	C
32	Độ oxy hoá	mg/l	2	Chuẩn độ bằng KMnO_4	A

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
II	Hàm lượng các chất hữu cơ				
<i>a</i>	<i>Nhóm Alkan clo hoá</i>				
33	Cacbontetraclorea	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	C
34	Diclorometan	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
35	1,2 Dicloroetan	µg/l	30	AOAC hoặc SMEWW	C
36	1,1,1 - Tricloroetan	µg/l	2000	AOAC hoặc SMEWW	C
37	Vinyl clorua	µg/l	5	AOAC hoặc SMEWW	C
38	1,2 Dicloroeten	µg/l	50	AOAC hoặc SMEWW	C
39	Tricloroeten	µg/l	70	AOAC hoặc SMEWW	C
40	Tetracloreoeten	µg/l	40	AOAC hoặc SMEWW	C
<i>b</i>	<i>Hydrocacbon Thom</i>				
41	Benzen	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	B
42	Toluen	µg/l	700	AOAC hoặc SMEWW	B
43	Xylen	µg/l	500	AOAC hoặc SMEWW	B
44	Etylbenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	C
45	Styren	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
46	Benzo(a)pyren	µg/l	0,7	AOAC hoặc SMEWW	B
<i>c</i>	<i>Nhóm Benzen clo hoá</i>				
47	Monoclorobenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	B
48	1,2 - diclorobenzen	µg/l	1000	AOAC hoặc SMEWW	C
49	1,4 - diclorobenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	C
50	Triclorobenzen	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
<i>d</i>	<i>Nhóm các chất hữu cơ phức tạp</i>				
51	Di (2-etylhexyl) adipate	µg/l	80	AOAC hoặc SMEWW	C
52	Di (2-etylhexyl) phtalat	µg/l	8	AOAC hoặc SMEWW	C
53	Acrylamide	µg/l	0,5	AOAC hoặc SMEWW	C
54	Epiclohydrin	µg/l	0,4	AOAC hoặc SMEWW	C
55	Hexaclo ro butadien	µg/l	0,6	AOAC hoặc SMEWW	C
56	Axit adetic (EDTA)	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C
57	Axit nitrilotriaxetic	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C
58	Tributyl oxit	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	C
III	Hoá chất bảo vệ thực vật				
59	Alachlor	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
60	Aldicard	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	C
61	Aldrin/Dieldrin	µg/l	0,03	AOAC hoặc SMEWW	B

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
62	Atrazine	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	C
63	Bentazone	µg/l	30	AOAC hoặc SMEWW	C
64	Carbofuran	µg/l	5	AOAC hoặc SMEWW	B
65	Clodane	µg/l	0,2	AOAC hoặc SMEWW	C
66	Clorotoluron	µg/l	30	AOAC hoặc SMEWW	C
67	DDT	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	B
68	1,2 - Dibromo- 3 Cloropropan	µg/l	1	AOAC hoặc SMEWW	C
69	2,4 - D	µg/l	30	AOAC hoặc SMEWW	C
70	1,3 - Dicloropropen	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
71	1,2 - Dicloropropan	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
72	Heptaclo và heptaclo epoxit	µg/l	0,03	AOAC hoặc SMEWW	B
73	Hexaclorobenzen	µg/l	1	AOAC hoặc SMEWW	B
74	Isoproturon	µg/l	9	AOAC hoặc SMEWW	C
75	Lindane	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	B
76	MCPA	µg/l	2	AOAC hoặc SMEWW	C
77	Methoxychlor	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
78	Methachlor	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	C
79	Molinate	µg/l	6	AOAC hoặc SMEWW	C
80	Pendimetalin	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
81	Pentaclorophenol	µg/l	9	AOAC hoặc SMEWW	C
82	Permethrin	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
83	Propanil	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
84	Pyridate	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
85	Simazine	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
86	Trifuralin	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
87	2,4 DB,	µg/l	90	AOAC hoặc SMEWW	C
88	Dichloprop	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
89	Fenoprop	µg/l	9	AOAC hoặc SMEWW	C
90	Mecoprop	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	C
91	2,4,5 - T	µg/l	9	AOAC hoặc SMEWW	B
IV	Hóa chất khử trùng và sản phẩm phụ				
92	Monocloramin	µg/l	3	AOAC hoặc SMEWW	B
93	Clo	µg/l	0,3 + 0,5	AOAC hoặc SMEWW	A
94	Bromat	µg/l	25		C
95	Clorit	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
96	2.4.6 Triclorophenol	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	B
97	Formaldehyt	µg/l	900	AOAC hoặc SMEWW	B
98	Bromofoc	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
99	Dibromclorometan	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
100	Bromodiclorometan	µg/l	60	AOAC hoặc SMEWW	C
101	Clorofoc	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C
102	Axit tricloroaxetic	µg/l	50	AOAC hoặc SMEWW	B
103	Axit dicloroaxetic	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
104	Cloral hydrat (Tricloroaxetaldehyt)	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	C
105	Dicloroaxetonitril	µg/l	90	AOAC hoặc SMEWW	C
106	Dibromoaxetonitril	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
107	Tricloroaxetonitril	µg/l	1	AOAC hoặc SMEWW	C
108	Xyano clorit (tính theo CN)	µg/l	70	AOAC hoặc SMEWW	C
V Mức nhiễm xạ					
109	Tổng hoạt độ α	Bq/l	0,1	TCVN 6053 - 1995 (ISO 9696 - 1992)	B
110	Tổng hoạt độ β	Bq/l	1	TCVN 6053 - 1995 (ISO 9697 - 1992)	B
VI Vi sinh vật					
111	Coliform tổng số	Khuẩn lạc/100ml	0	TCVN 6187 - 1 - 1996 (ISO 9308 - 1 - 1990)	A
112	E.coli hoặc Coliform chịu nhiệt	Khuẩn lạc/100ml	0	TCVN 6187 - 1 - 1996 (ISO 9308 - 1 - 1990)	A

Ghi chú:

1. A: Bao gồm những chỉ tiêu sẽ được kiểm tra thường xuyên, tần suất kiểm tra 1 tuần (đối với nhà máy nước) hoặc một tháng (đối với cơ quan y tế cấp tỉnh, huyện). Những chỉ tiêu này chịu sự biến động của thời tiết.

2. B: Bao gồm các chỉ tiêu cần có trang bị khá đắt tiền và ít biến động theo thời tiết hơn. Các chỉ tiêu này cần được kiểm tra trước khi đưa nguồn nước vào sử dụng và thường kỳ mỗi năm một lần (hoặc khi có yêu cầu đặc biệt) đồng thời với 1 đợt kiểm tra các chỉ tiêu theo chế độ A.

3. C: Đây là những chỉ tiêu cần trang thiết bị hiện đại đắt tiền, chỉ có thể xét nghiệm được bởi các Viện Trung ương, Viện Khu vực hoặc một số Trung tâm Y tế địa phương tỉnh, thành phố. Các chỉ tiêu này nên kiểm tra hai năm một lần hoặc khi có yêu cầu đặc biệt bởi các cơ quan y tế.

4. AOAC : Viết tắt của Association of Official Analytical Chemists (Hiệp hội các nhà phân tích hoá chính thống).

SMEWW: Viết tắt của Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (Các phương pháp chuẩn xét nghiệm nước và nước thải) của Cơ quan Y tế Cộng đồng Hoa Kỳ xuất bản.

(a) Chỉ tiêu cảm quan

(b) Khi có mặt cả hai chất nitrit và nitrat trong nước ăn uống thì tổng tỷ lệ nồng độ của mỗi chất so với giới hạn tối đa của chúng không lớn hơn 1, xem công thức sau:

$$C_{\text{nitrat}}/\text{GHTD nitrat} + C_{\text{nitrit}}/\text{GHTD nitrit} \leq 1$$

C: Nồng độ đo được.

GHTD: Giới hạn tối đa theo quy định trong tiêu chuẩn này.

3.3.2. Yêu cầu chất lượng nước ngầm dùng cho sản xuất nông nghiệp

1. Yêu cầu về nhiệt độ nước

Nước được tưới từ nguồn nước ngầm phải có nhiệt độ thích hợp. Nhiệt độ nước tưới thích hợp với cây trồng là từ $25 \div 30^\circ\text{C}$.

2. Yêu cầu về hàm lượng muối trong nước ngầm

Hàm lượng muối cho phép trong nước ngầm để tưới phải căn cứ vào loại cây trồng, đặc tính lý hoá của đất trồng, kỹ thuật nông nghiệp, kỹ thuật tưới, điều kiện khí hậu, các điều kiện khác để quyết định cho phù hợp. Kết quả nghiên cứu sử dụng nước tưới cho lúa, lúa mì và một số loại cây trồng khác độ khoáng hoá cho phép là nhỏ hơn 5g/l. Tài liệu của nhiều tác giả đã cho rằng trên đất cát, pha cát cho phép dùng nước ngầm tưới có độ khoáng hoá 5g/l hoặc lớn hơn chút ít không ảnh hưởng đến năng suất cây trồng. trên đất thịt, thịt pha sét chỉ cho phép tưới nước ngầm có nồng độ khoáng hoá $2 \div 2,5\text{g/l}$.

Trong nông nghiệp nước chủ yếu dùng để tưới, chất lượng nước tưới cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Tổng số các chất hòa tan trong nước (TDS);
- Tỷ số tương đối giữa Na^+ với các ion dương khác;
- Nồng độ các nguyên tố đặc biệt;
- Các ion dư thừa.

a) Tổng các chất hòa tan trong nước

Nếu nồng độ muối tăng lên, thì sẽ gây khó khăn cho cây trồng hút thức ăn từ đất và nước. Các thực nghiệm đã chỉ ra rằng dưới điều kiện áp suất thẩm lọc từ $1,5 \div 2,0\text{ atm}$ thì cây không còn khả năng phát triển nữa. Quan hệ giữa áp suất lọc và nồng độ muối như sau:

$$P = iRTC$$

trong đó:

i - hệ số Vonthoff;

P - áp suất thẩm lọc (atm);

R - hằng số;

T - nhiệt độ (tính theo nhiệt độ tuyệt đối);

C - nồng độ muối (mol/l).

Dưới đây là một số ví dụ tính áp suất thẩm lọc P của một số loại muối:

NaCl (1%) giá trị $i = 2$, $C = 1 \text{ g/l}$ hay $1/58,5 \text{ (mol/l)}$, tích số $RT = 22,4 \text{ l}$ thì:

$$P = \frac{2 \times 22,4}{58,5} = 0,766 \text{ (atm)}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 (1\%), i = 3, P = \frac{3 \times 22,4}{142} = 0,47 \text{ (atm)}$$

$$\text{CaCl}_2 (1\%), i = 3, P = \frac{3 \times 22,4}{111} = 0,605 \text{ (atm)}$$

$$\text{CaSO}_4 (1\%), i = 2, P = \frac{2 \times 22,4}{134} = 0,334 \text{ (atm)}$$

Mức độc hại của một muối sẽ tăng lên cùng với sự tăng của nhiệt độ.

Một số liên hệ quan trọng:

1) $\text{TDS (ppm)} = 0,64 \times \text{EC } (\mu\text{mhos/cm})$

2) $\text{Áp suất thẩm lọc P (atm)} = 0,00036 \times \text{EC } (\mu\text{mhos/cm})$

3) $1 \text{ (mhos/cm)} = 100 \text{ (milimhos/cm)} = 10^6 \text{ (}\mu\text{mhos/cm)}$

4) Nồng độ ion được biểu diễn như sau:

$$\text{Milli đương lượng (me/l)} = \frac{\text{Nồng độ muối (mg/l)}}{\text{Đương lượng}}$$

$$\text{Đương lượng phần triệu (epm)} = \frac{\text{Nồng độ muối (ppm)}}{\text{Đương lượng}}$$

Vì $\text{mg/l} \approx \text{ppm}$ nên $\text{me/l} = \text{cpm}$

$$\text{Đương lượng} = \frac{\text{Trọng lượng nguyên tử}}{\text{Hoá trị nguyên tố}}$$

5) Logarit của số âm của nồng độ hydro được gọi là độ pH

$$\text{pH} = -\log H^+$$

Dung dịch với $\text{pH} < 7$ là axit, $\text{pH} > 7$ là kiềm và $\text{pH} = 7$ là dung dịch trung tính. Nước tự nhiên có nồng độ pH từ 6 ÷ 8.

6) Phần lớn nước cứng là do tồn tại ion Ca^{++} và Mg^{++} . Tổng độ cứng (TH) được biểu diễn bằng ppm của CaCO_3 :

$$\text{TH} = \text{Ca} \times \frac{\text{CaCO}_3}{\text{Ca}} + \text{Mg} \times \frac{\text{CaCO}_3}{\text{Mg}} = \text{ppm của trọng lượng tương đương}$$

$$\text{TH} = 2,497\text{Ca} + 4,115\text{Mg}$$

Tất cả các thành phần được biểu diễn bằng đơn vị (ppm).

Tổng độ cứng (ppm) bằng tổng của epm của ion Ca^{++} và $\text{Mg}^{++} \times 50$ (tổng có ý nghĩa của Ca^{++} và Mg, nếu tồn tại, cũng được kể đến), $\text{TH} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}) \times 50$.

7) Nước cứng không có cacbon (None Carbonate) (NCH) tính bằng ppm:

$$\text{NCH (ppm)} = (\text{Ca} + \text{Mg}) - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) \times 50$$

Khi $\text{NCH} < 0$ thì trong tính toán $\text{NCH} = 0$.

8) $\text{TDS(ppm)} = \text{tổng của các ion (ppm)} + \text{nồng độ ion } (\text{HCO}_3) \times 0,49$.

9) $\text{EC } (\mu\text{mhos/cm}) = (\sum \text{ion dương hoặc } \sum \text{ion âm}) \times 100$

$$\text{EC } (\mu\text{mhos/cm}) = 100 \times \sum \text{ion dương} = 100 \times \sum \text{điện tử}$$

10) Phần trăm giá trị hoạt động (PAV) của bất kỳ nguyên tố nào là nồng độ của nguyên tố đó (epm) được biểu diễn bằng phần trăm của tổng ion dương hoặc ion âm tính bằng (epm).

11) Chỉ số muối

12) Giá trị của một số ion chủ yếu:

Nguyên tố	Trọng lượng nguyên tử	Hoá trị	Trọng lượng tương đương
Ion dương		+	
Ca	40,08	2	20,04
Mg	24,32	2	12,16
Na	23,00	1	23,00
K	39,00	1	39,00
Ion âm		-	
CO_3	60,01	2	30,00
HCO_3	61,02	1	61,02
SO_4	96,06	2	48,03
Cl	35,46	1	35,46
NO_3	62,01	1	62,01
F	19,00	1	19,00

13) Khi $\text{TH} \leq \text{độ kiềm}$ thì độ cứng của nước có thể xem là cứng do CO_3 tạo ra.

$\text{TH} \geq \text{độ kiềm}$ thì độ cứng của các bon (Carbonate hardness) = độ kiềm

$$\text{NCH} = \text{TH} - \text{Độ kiềm}$$

Chỉ số độ cứng quy định bởi Cục Địa chất Hoa Kỳ như sau:

Loại	Độ cứng (mg/l)	Ghi chú
Nước mềm	0 ÷ 55	Không cần phải làm mềm
Nước hơi cứng	56 ÷ 100	
Nước cứng trung bình	101 ÷ 200	Đòi hỏi phải làm mềm
Nước nửa cứng	201 ÷ 500	

b) Tỷ số tương đối giữa Na^+ với các ion dương khác

Nếu nồng độ muối ở trong nước cao dẫn đến sự hình thành đất mặn, ngược lại nếu nồng độ Na^+ cao dẫn đến đất kiềm. Cục phát triển đất của Mỹ (USDA) định nghĩa đất kiềm là đất có $pH \geq 8,5$ với mức độ bão hoà $Na^+ \geq 15\%$. Đất kiềm có kết cấu yếu, dễ hoá bùn và không thoáng. Mức độ bão hoà Na cao là nguyên nhân của hiện tượng thiếu Ca. Nước tưới với tỷ lệ hấp thụ Na thấp (SAR) phù hợp với nông nghiệp.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \text{ (me/l)}$$

$$Na\% = \frac{Na + K}{Ca + Mg + Na + K} \cdot 100$$

Nồng độ của các nguyên tố được tính bằng (me/l). USDA xây dựng biểu đồ đọc trực tiếp ESP.

c) Nồng độ các nguyên tố đặc biệt

Các nguyên tố đặc biệt như: Se (selenium), Molipden (Molybdenum) và Flouride thì thực vật có thể chịu đựng được, nhưng rất độc hại đối với động vật. Các nguyên tố như Baron (Br), Lithium (Li) thì có tác dụng ngược lại đối với thực vật. Trong nước ngầm lượng Baron (Br) giàu hơn nước mặt với hàm lượng $> 0,5$ ppm.

Baron có hại với cam, quýt, cây có dầu và các cây ăn quả quý, nhưng ngũ cốc, bông thì có thể chịu đựng được một cách bình thường với Baron, trong khi cỏ dinh lăng, củ cải đường, măng tây và chà là thì phát triển bình thường với $Br = 1 \div 2$ (ppm). Baron có trong nhiều loại xà phòng và nó trở thành nhân tố độc hại khi sử dụng nước thải để tưới.

d) Lượng cacbon thừa (RC)

Khi tổng lượng các bon nít lớn hơn tổng lượng can xi và ma giê thì sẽ có hiện tượng kết tủa ở giai đoạn sau trong đất:

$$RC = (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad \text{(me/l)}$$

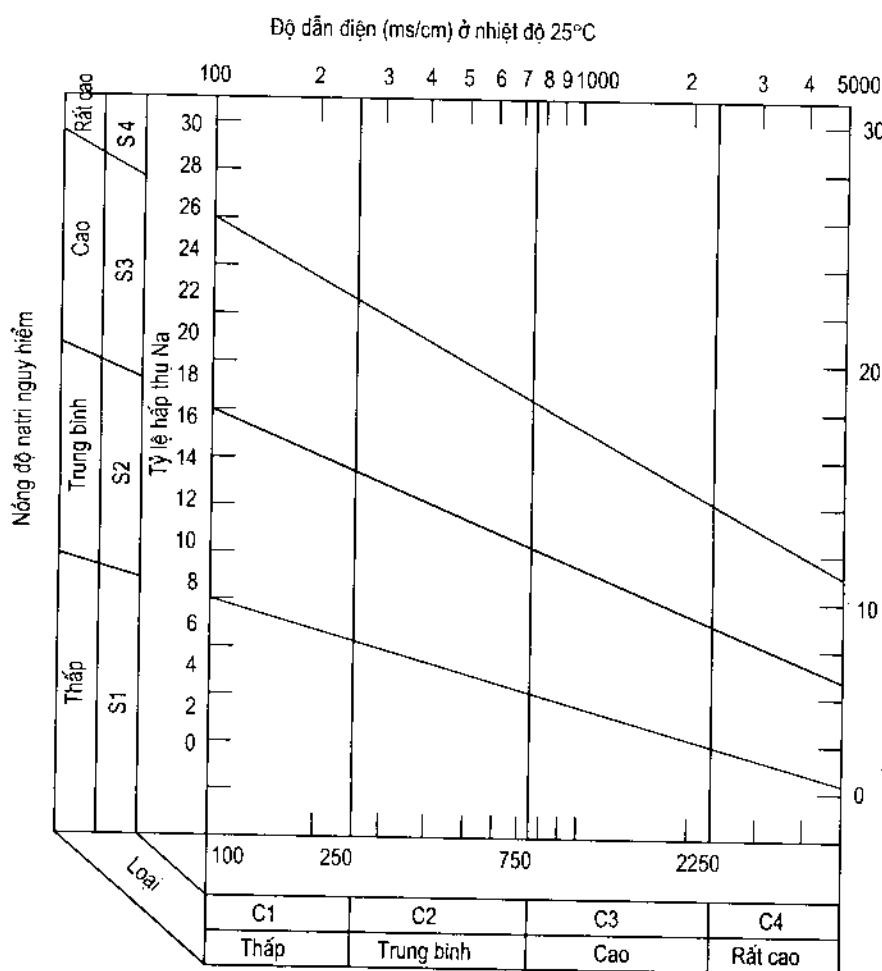
Phân loại nước tưới:

Phòng thí nghiệm mặn của Mỹ đã xây dựng biểu đồ để phân loại nước tưới. Theo cách phân loại này có 16 loại nước khác nhau với việc sử dụng kết hợp SAR như một chỉ số.

Để biểu thị nồng độ Na bất lợi và EC như một chỉ số mức độ muối trong nước tưới thể hiện ở hình 3.3 và phân loại chất lượng nước tưới cho ở bảng dưới đây:

Bảng 3.9- Phân loại chất lượng nước tưới

Loại nước	Mức độ muối EC ($\mu\text{mhos/cm}$) ở $t = 25^\circ\text{C}$	Nồng độ (me/l)	Độ kiểm SAR	RC (me/l)
Tinh khiết	< 250	< 0,25	$10 \div 18$	< 1,25
Tốt	$250 \div 750$	$0,25 \div 7,05$	$18 \div 25$	$1,25 \div 2,50$
Trung bình	$250 \div 2250$	$7,05 \div 22,50$	$18 \div 26$	> 2,50
Xấu	$2250 \div 4000$	$22,50 \div 40,0$	> 26	
Rất xấu	> 4000	> 40		



Hình 3.3- Biểu đồ phân loại nước tưới

Biểu đồ phân loại nước tưới hình 3.4 do Doneen xây dựng dựa trên chỉ số dẫn nước (PI):

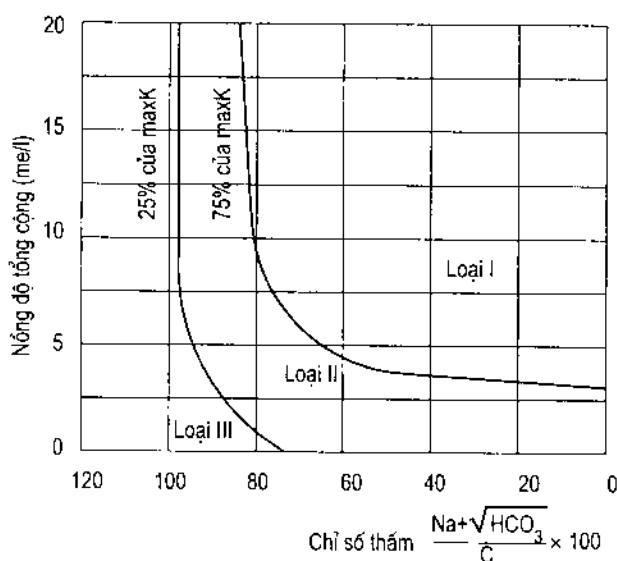
$$PI = \frac{Na + \sqrt{HCO_3}}{Ca + Mg + Na} \cdot 100$$

Tất cả các ion được tính bằng (me/l).

Một cách tổng quát, nước thuộc loại tốt nếu:

- Khi biểu diễn, nó thuộc vùng nước tốt hoặc bình thường.
- Nước thuộc loại 1 hoặc 2 trong biểu đồ của Doneen.
- TDS > 1000 ppm, giới hạn này có thể đến 1700ppm, nếu $\frac{Ca}{Na + Ca} \cdot 100 \leq 25\%$
- Chỉ số nước đạt giá trị âm.

Ngoài những chỉ tiêu đã trình bày ở trên thì nước rơi vào các vùng khác sẽ có chất lượng không đảm bảo để tưới cho cây trồng.



Hình 3.4- Phân loại nước tưới đối với nước có khả năng dẫn nước trung bình của Doneen

3. Yêu cầu về yếu tố vi lượng trong nước ngầm

Một số tác giả cho rằng lượng nước ngầm có chứa một số nguyên tố vi lượng thích nghi với cây trồng và cho năng suất cao hơn, chất lượng sản phẩm sẽ tốt hơn nếu ta tưới nước ngầm với mức tưới vừa phải hoặc tương đối nhỏ.

Ngoài ra tưới nước ngầm còn có tác dụng rửa mặn, rửa chua vì các thành phần khoáng hoá trong nước ngầm có tác dụng trung hoà và kìm hãm quá trình mặn hoá và chua hoá ở mức độ nhất định, thực tế sử dụng nước ngầm có tác dụng rửa mặn tốt với các loại muối, đặc biệt là loại muối chứa nhiều ion Na^+ .

Tiêu chuẩn chất lượng nước ngầm dùng để tưới (bảng 3.10):

- Nước không mặn $C < 1$ g/l;
- Nước mặn ít $C = 1 \div 3$ g/l khi tưới nên xử lý;

- Nước mặn trung bình $C = 3 \div 10$ g/l phải xử lý trước khi dùng;
- Nước mặn $C = 10 \div 30$ g/l không nên dùng để tưới;
- Nước mặn nặng $C > 10$ g/l.

Độ pH của nước tưới cho phép: $\text{pH} = 6,5 \div 8,5$.

Yêu cầu chất lượng nước ngầm còn phụ thuộc vào tính chất của đất trồng. Khi có tầng không thấm nước nằm dưới tầng đất trồng (thịt pha sét hoặc sét) yêu cầu nước tưới có hàm lượng khoáng nhỏ. Đất cát thô thì ngược lại có thể tưới với nồng độ muối cao hơn đến $4 \div 6$ g/l. Khi trong nước ngầm hàm lượng các muối NaHCO_3 cao cần phải dùng thạch cao để khử độc mới có thể dùng để tưới cho các loại cây trồng. Nước thiếu Ca và thừa Na không nên dùng để tưới ruộng. Trong trường hợp phải sử dụng nước ngầm có độ khoáng cao, cần phải hạn chế tối đa mức tưới và nên sử dụng hệ thống luân canh và trồng các loại cây trồng có khả năng chịu mặn cao.

- Độ khoáng hoá nước ngầm không phải là chỉ tiêu duy nhất đánh giá chất lượng nước mà còn phải căn cứ vào độ dẫn điện và hàm lượng các yếu tố độc hại như Na, Bo.

- Na không những độc hại với cây trồng mà còn làm xấu đi tính chất vật lý của đất làm cho đất bí chặt, giảm độ phì của đất.

- Bo 100 lần độc hại hơn clo mà clo độc hại hơn sunphát.

Những năm gần đây khi phân tích nước chú ý nhiều hơn đến Bo, đặc biệt ở bang Califoonia: cam, chanh, đào, nho, lê, táo... nhạy bén với Bo nhất sau đến cà chua, ngô, cây lúa mì, bông, khoai tây, hướng dương, dưa bở, ớt... nhạy bén với Bo mức trung bình, còn lại bắp cải, hành, cà rốt, rau xà lách, cò, dưa... nhạy bén với Bo thấp nhất.

Bảng 3.10- Hàm lượng giới hạn cho phép với Bo chứa trong nước ngầm chia thành 5 nhóm tại Mỹ

Chất lượng nước	Nồng độ (10^{-6})		
	Cây độ nhạy cao	Cây độ nhạy trung bình	Cây độ nhạy thấp
Tốt	$< 0,30$	$< 0,67$	$< 1,00$
Tương đối tốt	$0,33 \div 0,67$	$0,67 \div 1,33$	$1,00 \div 2,00$
Trung bình	$0,67 \div 1,00$	$1,33 \div 2,00$	$2,00 \div 3,00$
Xấu	$1,00 \div 1,25$	$2,00 \div 2,50$	$3,00 \div 3,75$
Cấm dùng	$> 1,25$	$> 2,50$	$> 3,75$

Do hoạt động phát triển của con người mà nhìn chung nước ngầm ngày càng bị suy thoái về chất lượng và cạn kiệt về khối lượng. Đây là một vấn đề cần hết sức quan tâm nhằm phát triển một cách bền vững tài nguyên nước nói chung và nước ngầm nói riêng.

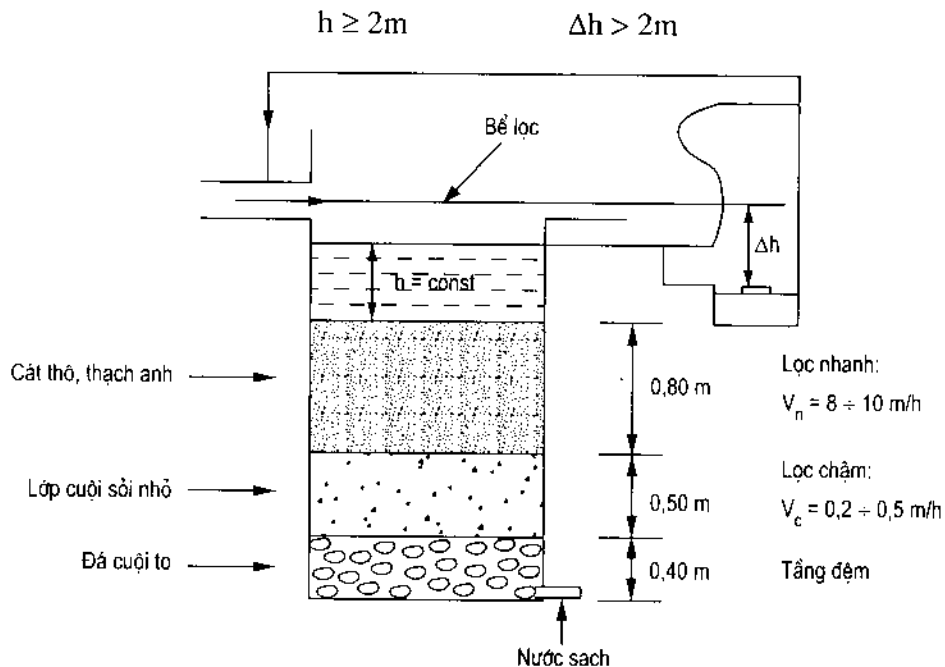
3.4. CÁC BIỆN PHÁP XỬ LÝ ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG NƯỚC NGẦM

Trường hợp nước ngầm có nhiệt độ thấp, hoặc thành phần hoá học không phù hợp với tiêu chuẩn đề ra, cần phải được xử lý trước khi đem ra sử dụng cho phù hợp với yêu cầu của các hộ dùng nước.

3.4.1. Phương pháp dùng bể lọc

Khi độ khoáng hoá nước ngầm cao quá giới hạn cho phép thì người ta dùng bể lọc. Phương pháp này áp dụng phổ biến trong thực tế và cho hiệu quả xử lý tương đối tốt. Trên thực tế các nhà máy nước, các hộ dùng nước đều dùng phương pháp này để lọc nước trước khi đưa vào các quy trình xử lý tiếp theo.

Do nước ngầm thường chứa nhiều ôxit sắt II vì vậy trước khi cho vào bể lọc người ta cho nước ngầm tiếp xúc với không khí để các phản ứng ôxy hoá xảy ra biến ôxit sắt II thành ôxit sắt III và kết tủa, sau đó được lọc qua bể lọc:



Hình 3.5- Sơ đồ bể lọc nước

3.4.2. Phương pháp pha loãng

Chủ yếu sử dụng khi dùng nước ngầm để tưới. Nếu nhiệt độ nước ngầm quá thấp hoặc có nồng độ khoáng hoá cao, có nhiều độc tố cần phải pha loãng nước ngọt và nước mặn có nhiệt độ cao hơn để thực hiện cân bằng nhiệt tạo ra nước đạt tiêu chuẩn mới.

3.4.3. Phương pháp hoá học

Sau khi dùng phương pháp lọc và pha loãng mà vẫn chưa loại trừ được các độc tố thì áp dụng phương pháp hoá học để tạo ra các phản ứng hoá học biến những chất độc thành những chất không độc hoặc tạo ra các hợp chất có chứa các ion kim loại kết tủa để dễ dàng tách ra khỏi nước ngầm. Ngoài ra còn đưa các chất hoá học để khử trùng gây hại cho người và gia súc. Phương pháp này thường dùng để xử lý nước sinh hoạt và công nghiệp.

3.4.4. Phương pháp hoá sinh

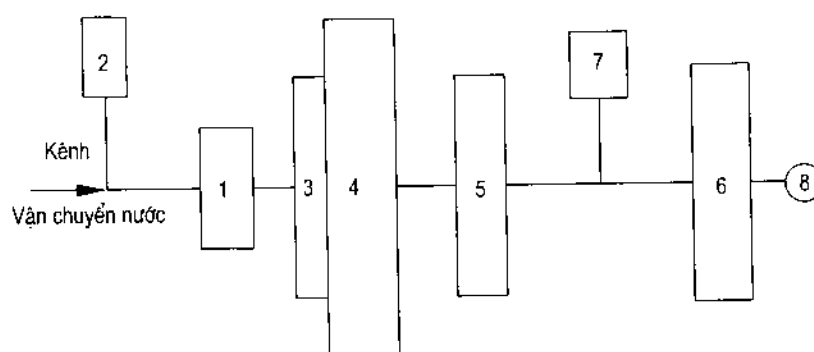
Dùng các keo hoá sinh để kích thích quá trình lắng đọng các chất cặn lơ lửng sau đó có thể dùng kết hợp với phương pháp hoá học hay dùng bể lọc để tiếp tục làm sạch nước.

3.5. CÔNG TRÌNH LÀM SẠCH NƯỚC

Hệ thống công trình làm sạch nước có chức năng sau:

- Khử các chất lơ lửng;
- Khử mùi;
- Khử màu;
- Làm mềm nước;
- Xử lý một số độc tố bằng phương pháp hoá học;
- Khử muối trong nước như Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe.

3.5.1. Hệ thống làm giảm nồng độ khoáng trong nước ngầm



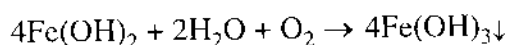
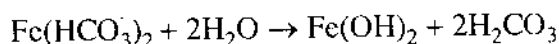
Hình 3.6 - Sơ đồ hệ thống xử lý nước

- | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|
| 1. Bể trộn | 4. Bể lắng | 7. Bình chứa hoá chất để khử trùng |
| 2. Bình chứa và cấp các chất trộn xúc tác | 5. Bể lọc | 8. Trạm bơm cấp nước tuần hoàn |
| 3. Bể kết tủa (phản ứng) | 6. Bể chứa nước sạch | |

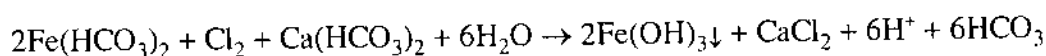
3.5.2. Chức năng bể kết tủa

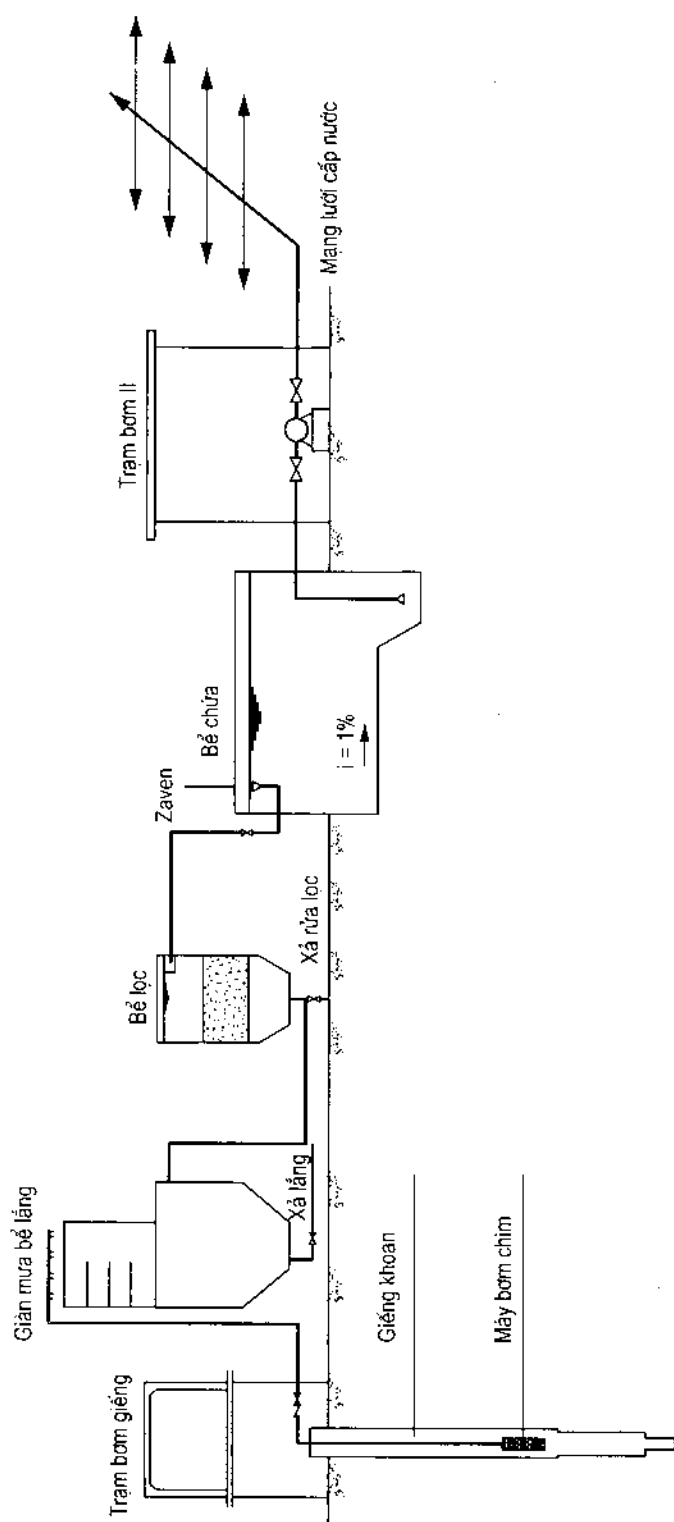
Làm kết tủa chất bẩn thông thường hiện nay dùng chất xúc tác, chất làm kết tủa và lắng đọng các chất cặn lơ lửng dưới dạng bông cặn và qua quá trình lắng lọc tách bông cặn ra khỏi nước.

Trong trường hợp hàm lượng sắt trong nước ngầm quá cao có thể dùng biện pháp hoà không khí vào nước để làm tăng lượng oxy trong nước, nguyên lý là biến oxit sắt II thành oxit sắt III kết tủa thành bông cặn để dễ dàng tách ra khỏi nước.



Ngoài ra có thể khử sắt bằng vôi hoặc bằng Clo cho vào nước để tạo ra những phản ứng hoá học biến sắt II thành sắt III kết tủa.





Hình 3.7– Sơ đồ hệ thống cấp nước tập trung từ nguồn nước ngầm (lọc 1 lần)

Chương 4

ĐIỀU TRA ĐÁNH GIÁ NƯỚC NGẦM

Mục đích của việc điều tra đánh giá nước ngầm là xác định cấu trúc địa chất, địa tầng, độ dày của các tầng chứa nước, xác định trữ lượng, sự phân bố, độ dày, trạng thái chảy của nước ngầm, quan hệ giữa nước mặt và nước ngầm, xác định điều kiện khai thác nước ngầm, tính chất vật lý, hoá học của nước ngầm, ảnh hưởng quá trình biến động về địa tầng, địa chất của nước ngầm.

4.1. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC NGẦM

4.1.1. Các phương pháp đơn giản đánh giá chất lượng nước

Trường hợp không có đủ điều kiện phân tích bằng các thiết bị hiện đại thì có thể dùng các phương pháp giản đơn sau:

1. Phương pháp đun cạn

Để xác định tổng lượng muối tan trong nước người ta lấy mẫu nước, sau đó đem chưng cất cho đến khi cạn, rồi xác định lượng cặn đọng lại và xác định tỷ lệ của chúng trên một đơn vị thể tích nước.

2. Phương pháp nếm

Trong trường hợp nước ngầm trong, sạch, người ta có thể nếm nếu thấy có vị ngọt là chất lượng nước tốt. Ngược lại có vị mặn đắng là nước có muối hoặc kiềm, có vị chua và tanh là phèn sắt...; phương pháp này sơ bộ nhận định về độ khoáng hoá của nước ngầm.

3. Phương pháp cân so sánh

Đem cân cùng thể tích nước ngầm và nước đối chứng với mẫu tiêu chuẩn. Nếu bên nước ngầm càng nhẹ thì chất lượng nước ngầm càng tốt, trường hợp ngược lại cho ta biết chất lượng nước ngầm xấu.

4. Phương pháp tìm vết trên giấy lọc

Đem nước ngầm để nhúng giấy lọc hoặc lụa vào đó để thấm nước, sau khi hong khô nếu không để lại dấu vết gì thì chất lượng nước tốt. Nếu trên giấy lọc có vết bẩn vàng nâu chứng tỏ hàm lượng sắt và mangan trong nước tương đối lớn, nếu xuất hiện những đốm trắng óng ánh là những nước ngầm chứa nhiều hợp chất muối.

4.1.2. Các phương pháp hiện đại

Lấy mẫu nước rồi dùng các thiết bị máy móc hiện đại để xác định liều lượng các chất đó có trong nước ngầm, sau đó so sánh với chỉ tiêu cho phép. Với các mục đích sử dụng khác nhau thì chúng ta có thể kết luận một cách chính xác về chất lượng nước tốt, xấu.

- Dùng máy đo trực tiếp tại hiện trường xác định các chỉ tiêu độ pH, độ dẫn điện, độ mặn, độ đục, nhiệt độ;

- Màu nước thì dùng phương pháp so màu;

- Hàm lượng Fe, Mn, CO thì đo trực tiếp.

Ví dụ: Các chỉ tiêu để đánh giá chất lượng nước được phân tích theo các phương pháp sau:

- Chỉ tiêu pH và nhiệt độ đo bằng máy HI 8314 do hãng Hanna (Mỹ) chế tạo;

- Chỉ tiêu độ dẫn điện (EC): Tổng lượng chất rắn hoà tan (TDS), độ mặn S ‰ đo bằng máy CO 150 do hãng Hach (Mỹ) chế tạo;

- Chỉ tiêu chất rắn lơ lửng (SS) đo bằng máy DR 2000 (quang phổ hấp phụ) của hãng Hach (Mỹ) chế tạo;

- Chỉ tiêu DO đo bằng máy HI 19143 do hãng Hanna (Mỹ) chế tạo;

- Chỉ tiêu BOD₅ đo bằng phương pháp pha loãng;

- Chỉ tiêu vi sinh (total coliform) đo bằng phương pháp MEL - MF với thiết bị do hãng Hach (Mỹ) chế tạo. Dùng loại màng lọc đặc dụng lọc coliform của nước. Giữ khuẩn coliform trên màng lọc và nuôi cấy trong môi trường endo ở 35°C rồi đếm số coliform trên màng lọc trong một đơn vị thể tích nước dùng để phân tích.

Các chỉ tiêu khác đo bằng máy Palin - test 7000 và các phương pháp phổ biến hiện nay.

4.2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU TRA VÀ PHÁT HIỆN NƯỚC NGẦM

4.2.1. Phương pháp quan sát thực địa

1. Quan sát độ ẩm

- Ở những nơi dốc núi, chân núi thường xuyên bị ẩm ướt, đến mùa khô vẫn còn ẩm chứng tỏ nơi đó có chứa nước ngầm tầng nông.

- Những vùng vào buổi sáng và buổi tối thường xuất hiện những dải mây mỏng ở sát mặt đất thường có nước ngầm tầng nông.

2. Quan sát nhiệt độ

- Vùng nào mùa đông ấm áp, mùa hè mát mẻ hơn các vùng xung quanh chứng tỏ có nước ngầm tầng trên.

- Quan sát sự biến đổi nhiệt độ từ ban ngày sang ban đêm hoặc ngược lại: Nếu nhiệt độ mặt đất ban ngày tăng lên từ từ, chậm hơn những nơi khác, về ban đêm nhiệt độ hạ xuống chậm, đồng thời xuất hiện những hạt sương trắng ở trên cây cỏ chứng tỏ có nước ngầm tàng trên.

3. Quan sát địa hình, địa mạo

- Những vùng nhiều ao, hồ, đầm lầy, sông, suối bao giờ cũng có nước ngầm gần mặt đất.
- Ở những thung lũng núi, có diện tích lưu vực lớn xung quanh có núi bao bọc thì thường có nước ngầm nằm nông và phong phú.
- Ở những khe núi, những thềm suối cạn thường có nước ngầm.
- Những đoạn sông có lưu lượng giảm dần hoặc giảm một cách đột ngột thì phía hạ lưu sẽ có nước ngầm hoặc xuất hiện những dòng sông ngầm.
- Những đoạn sông lưu lượng tăng dần đặc biệt về mùa cạn chắc chắn phía thượng lưu nước ngầm phong phú thậm chí nước ngầm còn lộ ra ngoài mặt đất ở tại các bờ sông.
- Những khu vực có hồ ao tự nhiên có nước quanh năm chắc chắn nước ngầm tàng nông rất phong phú.
- Những khe núi đá có vết đứt gãy sâu thường có nước mạch.

4. Quan sát thực vật, động vật trong vùng

Quan sát thực vật

- Những khu vực có cây lá to thường có nước ngầm.
- Những vùng mùa khô cây cối vẫn xanh tươi trong khi cây cùng loại vùng lân cận bị rụng lá chứng tỏ nơi đó có nước ngầm.

Quan sát động vật

- Có nhiều hang mối, tổ kiến nối liền nhau chứng tỏ có nước ngầm.
- Gần tổ muỗi tụ tập thành bầy sát mặt đất chứng tỏ nước ngầm nằm khá nông.
- Trên tuyến bay của các loài chim ăn xa như quạ, chim ưng thường có nước mạch lộ ra ngoài mặt đất hoặc hồ ao có nước quanh năm, thông thường nước ngầm phong phú và nằm nông.

4.2.2. Phương pháp dân gian thăm dò mạch nước ngầm

1. Phương pháp đào hố

Tại vùng thăm dò đào các hố và quan sát độ ẩm trong hố nếu có hơi nước bốc lên hoặc thành hố ẩm ướt chứng tỏ có nước ngầm.

2. Phương pháp úp chậu vào hố thăm dò

Đào hố dùng chậu sành rửa sạch bằng dầu thực vật úp vào đáy hố phủ rom kín. Sau một đêm mở chậu ra nếu thấy có nước đọng trên chậu chứng tỏ có nước ngầm, những giọt nước đọng thành chậu càng nhiều thì trữ lượng nước ngầm càng lớn.

3. Phương pháp đốt lửa

Chọn thời điểm trời không có gió, dùng rơm rạ đốt trong hố nếu thấy sinh nhiều khói bốc lên có hình xoáy cuộn tròn ốc, chứng tỏ có nhiều hơi nước và tại khu vực đó có nước ngầm nằm gần mặt đất. Nếu khói lên thẳng là khu vực ít nước ngầm hoặc nước ngầm nằm rất sâu.

4.3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH VẾT KHE NÚT

Một kỹ thuật đã được các nhà địa chất thuỷ văn chấp nhận là phân tích vết khe nứt. Như đã đề cập, nước dưới đất thường tập trung trong các đới nứt nẻ của nhiều loại đá khác nhau. Vị trí các vết khe nứt được xác định bằng việc nghiên cứu các đặc điểm có dạng tuyến trên ảnh hàng không hoặc ảnh vệ tinh. Trên ảnh hàng không, các đặc trưng dạng tuyến tự nhiên gồm có sự thay đổi sắc độ màu của đất đá, sự sắp xếp thẳng hàng của các kiểu thực vật, các đoạn sông hoặc thung lũng thẳng, chỗ sụt lún mặt đất thẳng theo tuyến, chỗ gián đoạn của các dãy núi hoặc các đặc điểm khác thể hiện sự định hướng dạng tuyến (Lattman 1958). Một số đặc trưng dạng tuyến có thể thấy được trên mặt đất, ví dụ sự lún võng mặt đất hoặc các đoạn sông chảy thẳng. Số khác, như sự thay đổi sắc độ màu đất đá, hoặc sự sắp xếp thẳng hàng, hoặc chiều cao của một loại thực vật nào đó thì có thể không nhận thấy được trên ảnh hàng không (Lattman 1958). Nhiều đặc trưng dạng tuyến tự nhiên có các phân đoạn ngắt quãng và có thể gồm các loại khác nhau. Ví dụ, một đoạn sông thẳng trên vùng đồng bằng có thể sắp thẳng hàng với các hàng cây của các khu rừng lân cận. Những đặc trưng dạng tuyến tự nhiên có chiều dài 1000 ft (300m) đến khoảng 4300ft (1300m) thường gọi là vết khe nứt. Nếu dài hơn 4300ft thì gọi là tuyến khe nứt (Lattman 1958). Một số tuyến dài đến 90 dặm (150km) (Parizek 1976).

Vết khe nứt là sự biểu hiện trên bề mặt của các khe nứt, các đới khe nứt tập trung hoặc các đứt gãy (Lattman & Matzke 1961). Nói chung, người ta cho rằng hệ thống khe nứt có khuynh hướng gần như thẳng đứng (Parizek 1976).

Những đới nứt nẻ này có sức kháng xói kém hơn với đá ít nứt nẻ. Vì vậy, thung lũng và các đoạn sông suối có xu hướng chảy dọc theo chúng. Chúng có thể là những đới tiêu thoát nước dưới đất, vì thế đất nằm trên chúng có mực nước ngầm nằm sâu hơn hoặc có độ ẩm thấp hơn so với các vùng xung quanh. Màu của đất hoặc thực vật có thể khác với vùng xung quanh. Nếu chúng là đới tập trung tiêu thoát nước dưới đất, thì có thể có một dải mạch nước hoặc dải thấm rỉ ra. Các vết khe nứt trong đá cacbonat thường là những vùng bị hoà tan mạnh, các hố sụt hoặc các chỗ trũng mặt đất thẳng hàng là biểu hiện bề mặt điển hình.

Các vết khe nứt có thể có quan hệ với hoạt động kiến tạo khu vực. Chúng thường hợp thành một góc cố định đối với phương cấu trúc khu vực. Tuy nhiên, sự định hướng đó hình như độc lập với các nếp uốn cục bộ (Lattman & Matzke 1961). Các tuyến khe nứt đã phát hiện thường cắt qua nhiều đá tuổi khác nhau, cắt qua các nếp uốn và đứt gãy

(Parizek 1976). Chúng song song với hệ thống khe nứt chính trong các địa tầng nằm ngang hoặc hơi nghiêng, nhưng không phải như vậy đối với các địa tầng dốc đứng. Nếu các vùng mặt đất được phân cách bởi các đứt gãy chính thì từng khối đứt gãy riêng biệt có thể có các vết khe nứt có hướng khác nhau (Parizek 1976). Phần lớn các vết khe nứt xuất hiện trong một vùng có thể tập hợp gần song song thành hai hệ thống, hai hệ thống này gần vuông góc với nhau. Những sông suối phát triển trong các đá rõ ràng là theo các vết nứt thì thường có dạng bậc (Setzer 1966).

Nghiên cứu thống kê của các giếng trong bối cảnh đá cacbonat cho thấy rằng những giếng bố trí trong các vết khe nứt, có chủ ý hoặc ngẫu nhiên, đều có lưu lượng lớn hơn những giếng đặt ngoài vết khe nứt (Sidiqi & Parizek 1971). Hình 4.1 chứng tỏ rằng năng suất của các giếng nằm trong vết khe nứt lớn hơn rõ rệt so với các giếng không nằm trong vết khe nứt, năng suất có khả năng lớn nhất thu được sẽ từ các giếng đặt ở chỗ giao nhau của hai vết khe nứt.

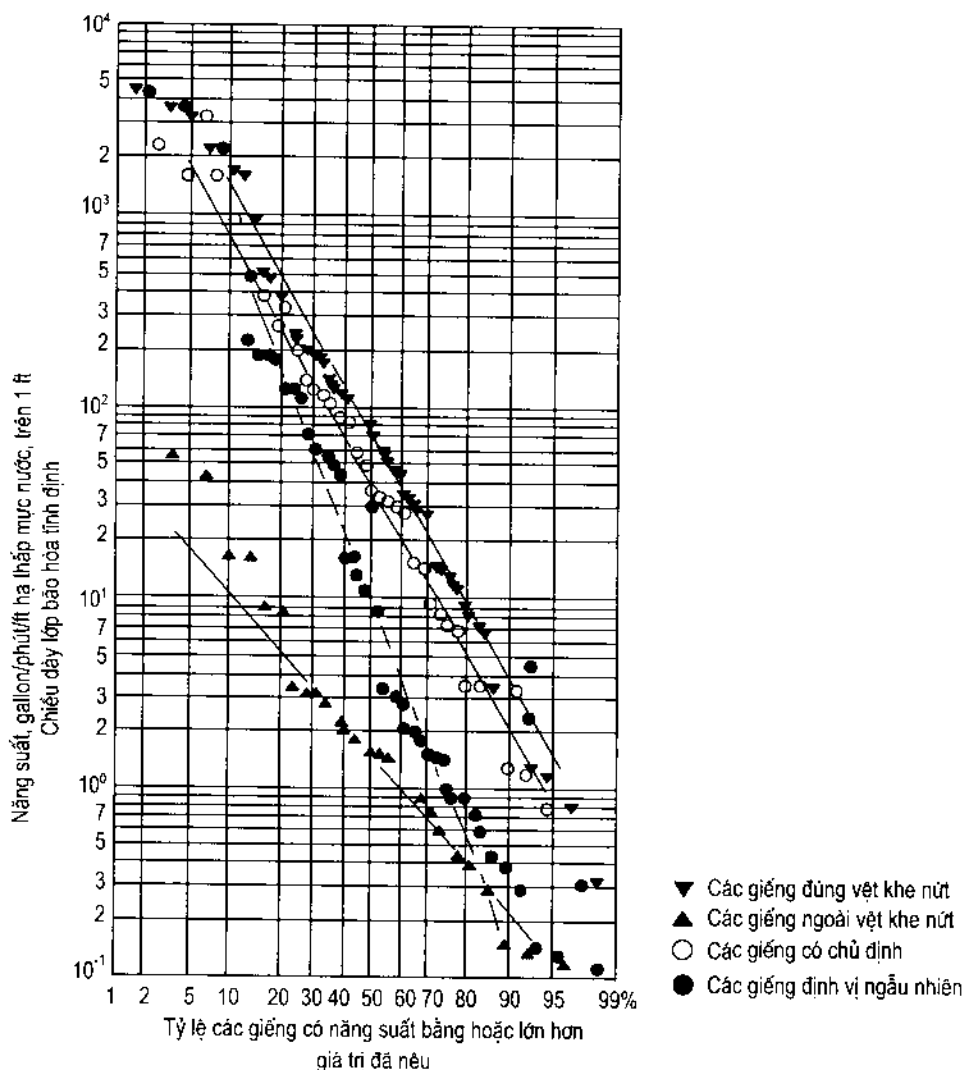
Nhiều nhà địa chất thủy văn đã sử dụng thành công kết quả phân tích vết khe nứt để bố trí các giếng lưu lượng lớn. Kỹ thuật này đã được áp dụng cho đá cacbonat (Lattman & Parizek 1964) nhưng cũng có thể áp dụng cho hầu hết các loại đá khác (Parizek 1976). Nó cũng có thể gián tiếp sử dụng ngay cả khi đá gốc bị che phủ bởi trầm tích băng nước dày đến 170ft (50m) (Wobber 1967).

Phân tích vết khe nứt đồng thời cũng được sử dụng rộng rãi trong việc chọn vị trí chôn lấp rác thải. Đương nhiên, vị trí chôn lấp rác thải thích hợp nhất là ở những vùng giữa các khe nứt. Những ứng dụng khác gồm có phân tích nền móng và vị trí xây dựng đập, đánh giá áp lực nước trong mỏ và đường hầm và kiểm soát sự tiêu thoát nước ở mỏ (Parizek 1976).

Phân tích vết khe nứt cũng rất hữu ích trong việc xác định vị trí giếng quan trắc nước dưới đất. Bởi vì dòng thấm của nước dưới đất thường hay theo đường dễ thấm nhất, nên các giếng quan trắc phải được bố trí tại các vết khe nứt. Ví dụ, nếu một chỗ chôn chất phế thải nguy hiểm được bố trí trong một vùng đá gốc nứt nẻ, thì theo luật Bảo vệ và khôi phục tài nguyên, đòi hỏi ít nhất phải có một giếng quan trắc bố trí trong vết khe nứt ở phía hạ lưu (theo chiều gradien áp lực).

Để nhận biết vết khe nứt trên ảnh hàng không, thường sử dụng một kính lập thể có độ phóng đại không lớn (Lattman 1958). Các vết khe nứt có thể có được vẽ trực tiếp lên ảnh. Một khó khăn trong việc nhận biết là sự lẫn lộn của các đặc trưng dạng tuyến có nguồn gốc nhân tạo (hàng rào, lối trâu bò đi, đường đi, các đường dây điện, luống đất cày và các hình dạng luống gặt lúa...) với các đặc trưng dạng tuyến tự nhiên. Cũng có xu hướng vẽ bản đồ vết khe nứt xoay một góc so với hệ các đường lưới thông thường trên ảnh. Vì những tuyến cắt hầu như xuất hiện thường xuyên trên ảnh hàng không theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và Đông Bắc - Tây Nam, đặc biệt trong những vùng có

trồng trọt, nên có xu hướng thiên về vẽ bản đồ vết khe nứt theo các hướng này. Tiếp sau việc vẽ bản đồ bằng kính lập thể, các ảnh cần được kiểm tra không dùng kính lập thể xem còn có các đặc trưng nào khác không. Tỷ lệ ảnh hàng không điển hình để phân tích vết khe nứt là 1 : 20.000. Nếu các đặc trưng dạng tuyến gặp không chỉ một lần và chúng lại cắt qua các con đường hoặc cánh đồng thì rất có thể là biểu hiện của các vết khe nứt.



Hình 4.1- Biểu đồ tần số năng suất của các nhóm giếng trên vết khe nứt hoặc nằm ngoài vết khe nứt

Ngoài việc vẽ bản đồ các đặc trưng dạng tuyến trên ảnh hàng không, còn cần phải tiến hành kiểm tra thực địa. Một số đặc trưng nhân tạo đã vẽ lên bản đồ sẽ phải tẩy đi. Nhà địa chất càng ít kinh nghiệm, điều đó càng dễ xảy ra. Nếu một vết khe nứt còn nghi ngờ mà có biểu hiện trên mặt đất, thì nó sẽ dễ dàng được xác định trên thực địa. Những vết khe nứt không có những biểu hiện rõ ràng trên mặt đất thì cần phải định vị theo quan hệ không gian của chúng với hàng cây riêng biệt hoặc công trình nào có thể thấy được

trên ảnh và có thể nhận diện được trên mặt đất. Trong những vùng đô thị, có thể phải sử dụng những ảnh cũ chụp trước khi phát triển đô thị để lập bản đồ vết khe nứt. Điều đó làm cho việc xác định vị trí các vết khe nứt trên thực địa càng khó khăn hơn.

Yin và Brook (1992) đã chỉ ra rằng trong những vùng đá kết tinh, những giếng cho lưu lượng cao nói chung đều liên quan với các vết khe nứt, nhưng vết khe nứt có thể không nhất thiết trùng với những chỗ thấp của địa hình. Họ khuyến cáo rằng các giếng cần bố trí trên cơ sở phương pháp phân tích vết khe nứt chứ không đơn giản là khoan vào vùng địa hình thấp.

4.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐỊA VẬT LÝ TRÊN MẶT

Thăm dò địa vật lý trên mặt được sử dụng trong công nghiệp mỏ và dầu khí hàng chục năm nay. Các nhà địa chất thủy văn đã sớm khám phá sự tiện dụng của phương pháp này trong việc thăm dò vùng đất nông dưới mặt đất (trong phạm vi vài trăm mét), nơi thường tìm kiếm nước dưới đất cho cung cấp nước (McDonald & Wantland 1961, Heigold và các cộng sự 1979, Bays 1950). Một số các kỹ thuật khác nhau đã được sử dụng, trong đó thông dụng nhất là phương pháp đo trở kháng dòng điện một chiều, phương pháp sóng khúc xạ địa chấn, phương pháp trọng lực và phương pháp từ. Phương pháp sóng phản xạ địa chấn ít được sử dụng rộng rãi, tuy rằng đó là phương pháp ưa dùng trong thăm dò dầu khí.

Các phương pháp địa vật lý có thể được sử dụng để gián tiếp xác định diện phân bố và bản chất của các vật liệu địa chất dưới mặt đất. Chiều dày của lớp vật liệu hạt rời trên bề mặt, độ sâu mực nước ngầm, vị trí của các đứt gãy dưới mặt đất và độ sâu đến lớp đất nền, tất cả đều có thể xác định được. Trong một số trường hợp cá biệt, vị trí, chiều dày và diện phân bố của các thể địa chất dưới mặt đất như các trầm tích cuội sỏi hoặc các lớp sét cũng có thể được đánh giá. Sự tương hợp giữa tài liệu địa vật lý với các lát cắt ở giếng khoan hoặc tài liệu khoan kiểm tra nói chung đáng tin cậy hơn khi sử dụng độc lập các tài liệu này. Đối với việc thăm dò địa chất thủy văn, phải định rõ vấn đề và xác định loại thông tin tốt nhất để giải quyết vấn đề đó trước khi tiến hành thăm dò địa vật lý, sau đó cần lập kế hoạch thăm dò địa vật lý để thu được lượng thông tin hữu ích lớn nhất với kinh phí đã cho.

4.4.1. Phương pháp đo điện trở suất dòng điện một chiều

Trong số các phương pháp thăm dò địa vật lý điện, phương pháp đo điện trở suất dòng điện một chiều có ứng dụng rộng rãi nhất trong địa chất thủy văn (Zohdy, Eaton & Mabey 1974). Dòng điện một chiều hay dòng điện xoay chiều tần số rất thấp (ít hơn một chu kỳ trong một giây) hoặc dòng điện ắc quy được phát trực tiếp vào trong đất. Nó được đưa vào đất bằng hai điện cực kim loại. Nếu đất khô, cần phải tưới nước xung quanh các điện cực để tạo sự tiếp xúc tốt. Điện thế trong đất được đo giữa hai điện cực kim loại khác cũng đóng vào trong đất. Do đã biết dòng điện chạy qua đất và hiệu điện

thế giữa hai điện cực, có thể tính được điện trở suất của vật liệu đất giữa hai điện cực. Điện trở suất của vật liệu đất biến đổi rất rộng, từ $10^{-6} \Omega m$ đối với than chì, đến $10^{12} \Omega m$ đối với quaczit. Vật liệu khô có điện trở suất lớn hơn vật liệu ẩm cùng loại, do độ ẩm làm tăng khả năng truyền điện. Cuội sỏi có điện trở suất cao hơn so với đất bụi hoặc đất sét với cùng điều kiện độ ẩm như nhau, do bề mặt tích điện của các hạt mịn dẫn điện tốt hơn.

Điện trở suất được biểu diễn bằng:

$$R = \frac{A}{L} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (4.1)$$

trong đó:

A - diện tích tiết diện ngang của dòng điện;

L - chiều dài của đường tuyến;

ΔV - hiệu điện thế;

I - cường độ dòng điện.

Điện trở suất được đo bằng đơn vị Ωm hoặc Ωft . Bốn điện cực được sử dụng có thể được thiết kế như sau (hình 4.2):

A là điện cực dương;

B là điện cực âm;

$\left. \begin{matrix} M \\ N \end{matrix} \right\}$ là các điện cực đo hiệu điện thế.

Nếu $\overline{XY}$ chỉ khoảng cách giữa các điện cực X và Y, thì phương trình (4.1) có thể được biểu diễn như sau (Zohdy, Eaton & Mabey 1974):

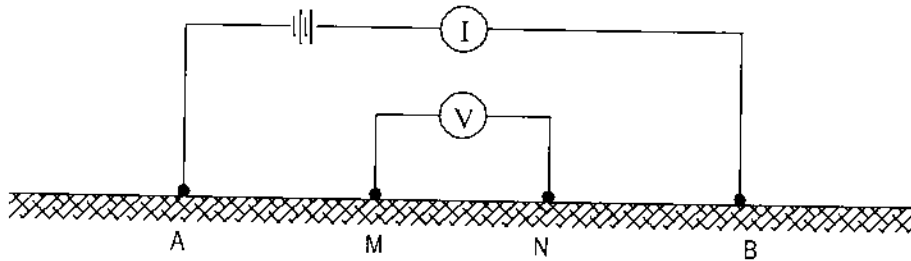
$$R = \left(\frac{2\pi}{\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{1}{\overline{BM}} - \frac{1}{\overline{AN}} - \frac{1}{\overline{BN}}} \right) \frac{\Delta V}{I} \quad (4.2)$$

Bởi vì vật liệu không bao giờ đồng nhất và truyền điện đẳng hướng nên điện trở suất tìm được bằng phương trình (4.2) chỉ là điện trở suất biểu kiến $\overline{R}$.

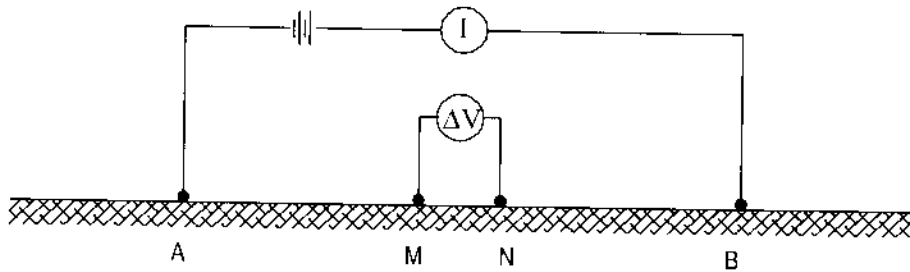
Thông thường trong sử dụng có một vài kiểu bố trí các điện cực. Kiểu dây cách đều Wenner, gồm có bốn điện cực đặt cách đều nhau về một phía thành một tuyến đường thẳng $\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB} = a$, các điện cực truyền điện nằm ở hai đầu (hình 4.2a). Khi sử dụng kiểu bố trí cách đều Wenner, điện trở suất biểu kiến $\overline{R}$ có thể tìm được theo biểu thức:

$$\bar{R} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (4.3)$$

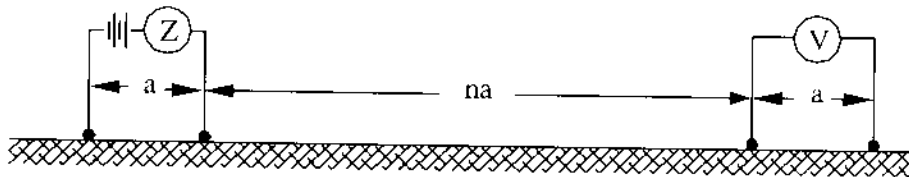
Biểu thức này được giải từ phương trình (4.2).



(a)



(b)



(c)

Hình 4.2

(a) Kiểu bố trí cách đều Wenner; (b) Kiểu bố trí Schlumberger; (c) Kiểu bố trí theo cặp

Kiểu bố trí thứ hai là kiểu Schlumberger. Đây cũng là kiểu bố trí theo tuyến nhưng các điện cực để đo hiệu điện thế nằm gần nhau hơn (hình 4.2b). Thông thường, $\overline{AB}$ được bố trí bằng hoặc lớn hơn năm lần giá trị $\overline{MN}$. Điện trở suất biểu kiến được cho bởi:

$$\bar{R} = \pi \frac{\left(\frac{\overline{AB}}{2}\right)^2 - \left(\frac{\overline{MN}}{2}\right)^2}{\overline{MN}} \frac{\Delta V}{I} \quad (4.4)$$

Kiểu bố trí theo cặp đặc biệt tiện lợi để tiến hành đo sâu điện, do sự thay đổi các đặc tính truyền điện theo độ sâu. Kiểu sắp xếp theo cặp có cặp điện cực truyền điện nằm cách xa cặp điện cực đo hiệu điện thế. Khoảng cách giữa hai điện cực truyền điện và giữa hai điện cực đo hiệu điện thế đều là a còn khoảng cách giữa hai cặp điện cực này là na , lớn gấp nhiều lần khoảng cách giữa các điện cực (hình 4.2c). Điện trở suất biểu kiến đối với kiểu sắp xếp theo cặp được cho bởi:

$$\bar{R} = n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I} \quad (4.5)$$

Các thiết bị địa vật lý có thể đo được giá trị ΔV đối với I đã biết, rồi sử dụng các công thức thích hợp với kiểu sắp xếp điện cực để tính điện trở suất biểu kiến.

Thăm dò bằng đo điện trở suất được tiến hành theo hai phương pháp. Phương pháp đo sâu điện (electrical sounding) phát hiện sự thay đổi điện trở suất biểu kiến theo độ sâu. Phương pháp đo điện mặt cắt (horizontal profiling) được sử dụng để xác định sự thay đổi điện trở suất theo phương ngang. Trong phương pháp đo sâu điện, khi khoảng cách giữa các điện cực giãn xa ra thì khoảng cách giữa các điện cực truyền điện và giữa các điện cực đo hiệu điện thế đều cùng tăng. Điều đó có nghĩa rằng dòng điện truyền xuống sâu hơn và sẽ đo được điện trở suất biểu kiến ở độ sâu lớn hơn. Có thể sử dụng cách sắp xếp đều Wenner hoặc cách sắp xếp Schlumberger để đo độ sâu điện, tuy nhiên cách sắp xếp sau tiện lợi hơn. Đó là vì cứ mỗi lần tăng độ sâu đo chỉ cần di chuyển 2 điện cực truyền điện nằm ngoài, hai điện cực trong thỉnh thoảng mới phải giãn ra. Trong cách sắp xếp đều Wenner, mỗi lần tăng độ sâu đo, cả bốn điện cực đều phải di chuyển. Đo sâu điện được bắt đầu với các điện cực đặt gần nhau; sau mỗi lần đọc, các điện cực được giãn xa ra một khoảng cách bằng a , hoặc $\frac{AB}{2}$, rồi lại đọc số đo.

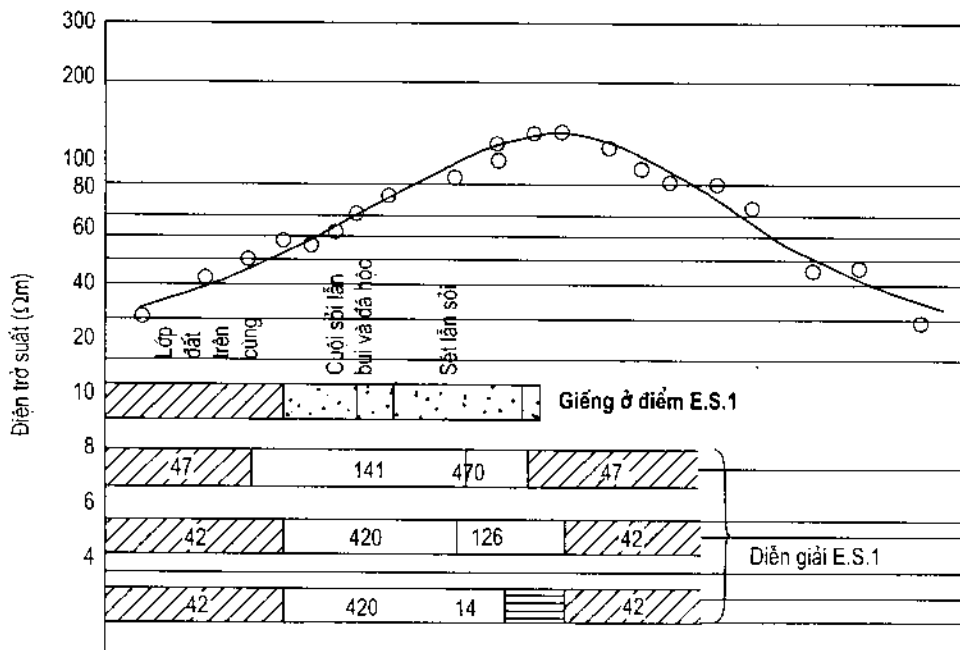
Điện trở suất biểu kiến được vẽ trên giấy bán logarit là hàm của đo sâu điện theo cách sắp xếp Schlumberger ưu việt hơn cách sắp xếp cách đều Wenner. Tuy nhiên, hiện có một hệ các đường cong lý thuyết của điện trở suất biểu kiến theo Wenner cho mô hình hai, ba và bốn lớp đất (Mooney & Wetzel 1956). Điều này có thể giúp cho việc giải thích kết quả đo sâu điện theo cách sắp xếp Wenner.

Radstake và các cộng sự (1991) đã phát triển một số mô hình đơn giản có thể dự báo sự phản ứng dự kiến khi đo sâu điện trở suất theo Wenner hoặc theo Schlumberger đối với một mặt cắt đất đã biết. Nếu có một số kiến thức địa chất tổng quát của vùng cần vẽ mặt cắt, thì phương pháp này có thể được sử dụng để chọn khoảng cách tối ưu giữa các điện cực.

Goyal, Niwas và Gupta (1991) đã biến tấu cách sắp xếp của Wenner. Phiên bản sửa đổi bắt đầu bằng những điện cực đo hiệu điện thế bên trong rất gần nhau giống như

trong cách sắp xếp Schlumberger. Các điện cực truyền điện nằm ngoài giữ nguyên vị trí và các điện cực nằm trong giãn rộng dần. Chúng sẽ đi qua sắp xếp chuẩn Wenner khi khoảng cách giữa tất cả bốn điện cực bằng nhau và cuối cùng sẽ đi đến một cấu hình mà trong đó các điện cực đo hiệu điện thế gần với các điện cực truyền điện. Goyal và các cộng sự nhận thấy rằng cách sắp xếp này cho kết quả tốt đối với phương pháp đo điện trở suất nông, đặc biệt trong đới thông khí.

Đối với đất đồng nhất, có một quan hệ xác định khoảng cách giữa các điện cực và cường độ dòng điện xâm nhập đến một độ sâu đã cho (Zohdy 1965). Đối với đất không đồng nhất và đất phân lớp, không dễ xác định chính xác quan hệ đó. Chỉ biết chắc chắn là khoảng cách giữa các điện cực càng tăng, địa tầng ảnh hưởng đến đường cong điện trở suất biểu kiến càng sâu. Có một số mô hình đất khá dễ để dựng đường cong đã cho. Trên hình 4.3 có ba cách diễn giải lý thuyết khá dễ theo điện trở suất và một lát cắt hố khoan kiểm tra. Sự tăng điện trở suất biểu kiến chỉ ra một đới nông điện trở suất cao. Hố khoan kiểm tra cho thấy rằng đó là lớp cuội sỏi và đá học lẫn bụi từ 5 ÷ 23ft. Cần nhận xét rằng đường cong điện trở suất biểu kiến đạt điểm cao nhất ở độ sâu 30ft. Như vậy cách diễn giải cho rằng lớp có điện trở suất cực đại nằm ở 30ft là sai.



Hình 4.3 - Đường cong điện trở suất biểu kiến của phương pháp đo sâu điện Wenner (E_s) là hàm số của khoảng cách giữa các điện cực, ba cách diễn giải và một hố khoan kiểm tra

Trong phương pháp điện mặt cắt theo phương ngang, khoảng cách giữa các điện cực được giữ không đổi. Các điện cực được di chuyển theo mạng lưới ô vuông mặt đất. Điện trở suất biểu kiến của mỗi điểm trong mạng lưới được đánh dấu trên bản đồ và vẽ các đường đẳng trị điện trở suất.

Các phương pháp thăm dò điện được sử dụng hữu hiệu trong nghiên cứu nước dưới đất với những mục đích như xác định các lòng sông bị chôn vùi và những vùng nước dưới đất mặn tiếp giáp với nước ngọt. Nước mặn có điện trở suất thấp hơn nhiều vì nó có độ dẫn điện tốt hơn. Việc giải thích đối với những trường hợp như vậy tương đối đơn giản và có thể bảo đảm tin cậy. Những lớp có điện trở suất rất thấp, như sét chẳng hạn, cũng có thể phân biệt được trên đường cong đo sâu điện. Thông thường không thể phân biệt mực nước ngầm trên một điểm đo sâu điện (Zohdy, Eaton & Mabey 1974), mặc dầu người ta thường xuyên cố thử làm.

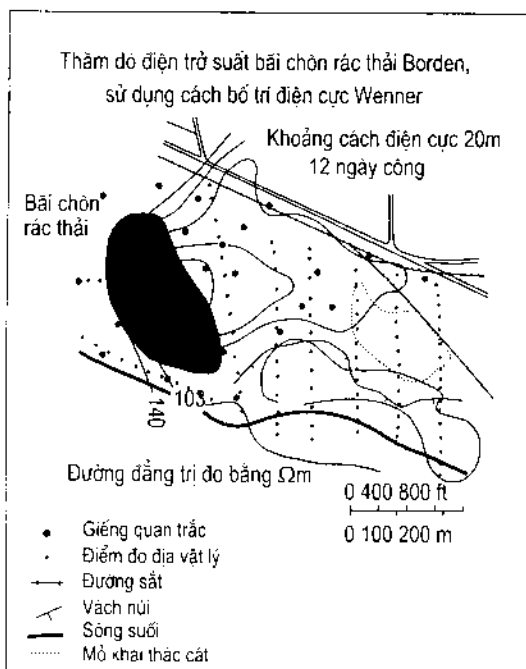
Phương pháp đo điện trở suất đã được áp dụng cho nhiều tình huống nước ngầm, nơi có điện trở suất của chất lỏng trong đất thay đổi. Ví dụ, như ở vùng có nhiễm nước muối dưới đất. Một vùng như vậy có thể là kết quả của sự xâm nhập mặn, do nước mặn thấm rỉ từ hồ nước muối hoặc thấm rỉ từ đất đắp. Chất rắn hoà tan trong nước ngầm có thể dẫn điện dễ dàng hơn và vì vậy sẽ có điện trở suất biểu kiến thấp hơn. Một bản đồ điện trở suất được lập từ kết quả đo điện mặt cắt thường có thể cho thấy diện tích nhiễm mặn của nước dưới đất (Gilkeson & Cartwright 1983, Yaicigil 1981).

4.4.2. Phương pháp đo độ truyền dẫn điện từ trường

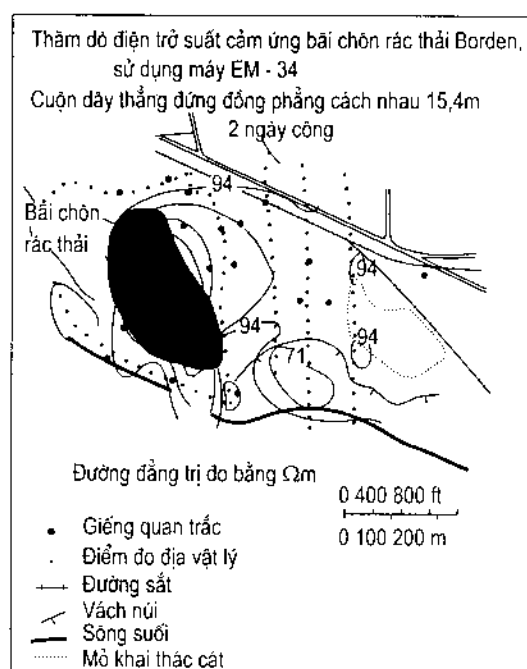
Dòng điện được dẫn truyền qua các lớp trầm tích nhờ các dung dịch lỗ rỗng và nhờ mặt tiếp xúc dung dịch hạt đất dễ dàng hơn là đi qua chính bản thân hạt. Kết quả là, độ truyền dẫn của điện tích bề mặt lỗ rỗng và nước lỗ rỗng là những nhân tố quan trọng trong việc xác định độ truyền dẫn toàn khối của các lớp đất (Stewart 1982). Độ dẫn điện từ trường là nghịch đảo của điện trở suất. Nghiên cứu hiện trường đã cho kết quả như nhau khi hai phương pháp cùng được sử dụng trên một khu vực (Sweeney 1984).

Phương pháp điện từ trường sử dụng một đường điện từ một cuộn dây dẫn khi có dòng điện xoay chiều đi qua. Nó sinh ra một trường điện từ xung quanh cuộn dây. Khi cuộn dây được đặt gần mặt đất, trường điện từ gây ra một điện trường ở trong đất. Điện trường sẽ truyền trong đất với những cường độ khác nhau phụ thuộc vào độ truyền dẫn của đất. Cường độ điện trường được đo trong một cuộn cảm thụ động. Sự thay đổi về biên độ, pha và chiều của trường sơ cấp có thể được xác định theo thời gian hoặc khoảng cách bằng cách sử dụng máy thu. Sự thay đổi này liên quan với tính chất truyền điện của đất.

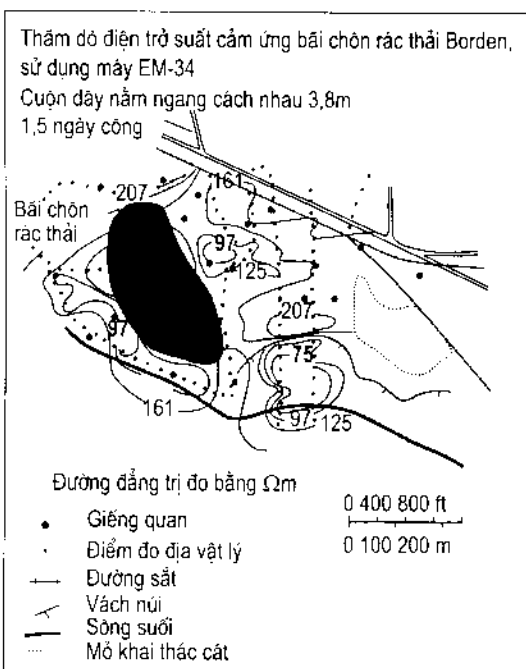
Có thể sử dụng một vài phương pháp điện từ trường khác nhau. Các phương pháp đều có ưu điểm là nhanh chóng, do chúng không đòi hỏi phải cắm các điện cực vào đo điện trở suất trực tiếp, nhưng có hiệu quả kinh tế hơn vì công việc khảo sát thực địa có thể được hoàn thành nhanh hơn. Chúng có thể được áp dụng để phát hiện sự thay đổi độ truyền dẫn trong đất có liên quan với các vùng nhiễm mặn, các vật thải kim loại bị chôn vùi như các thùng sắt, hoặc các mặt phân cách nước mặn (Stewart 1982, Sweeney 1984, Stewart & Greenhouse & Slaine 1983).



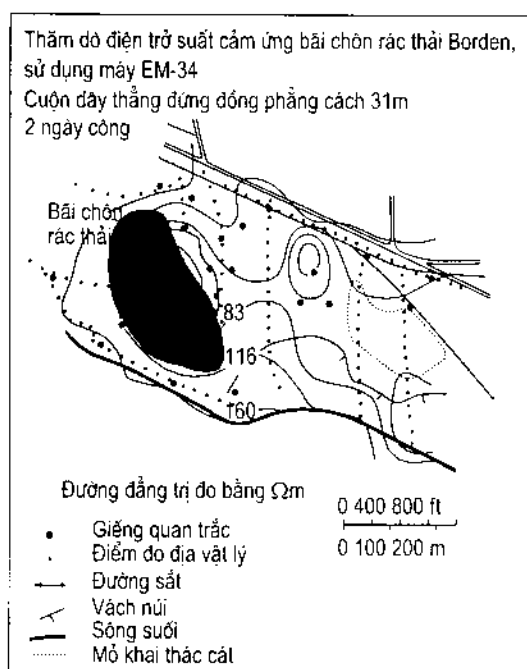
a)



c)



b)



d)

Hình 4.4- So sánh các kết quả đo bằng phương pháp điện trở suất và các phương pháp đo độ truyền dẫn điện ở vùng chôn rác thải Camp Borden, Ontario. Vùng điện trở thấp tiêu biểu cho khu vực ô nhiễm nước ngầm, do tổng các chất rắn hoà tan cao. Vùng ô nhiễm càng rõ khi càng xâm nhập xuống sâu.

Thiết bị điện từ Geonics EM-31 có cuộn phát và cuộn thu đều nằm trong cùng một máy. Các cuộn dây được lắp đặt trên cọc dài sao cho chúng cách nhau một khoảng cố định 12ft (3,66m). Máy này một người có thể sử dụng được, người đó đi dọc theo tuyến và ghi số đọc của đồng hồ đo tại mỗi trạm cách nhau chừng 10ft (3,05m). Đầu ra của thiết bị là điện trở suất biểu kiến đo bằng miliôm trên mét. Nó cũng có thể được đọc liên tục, cho phép xác định tính không đồng nhất của đất với độ chính xác cao hơn so với đo bằng phương pháp điện trở suất, khi mà các điện cực phải di chuyển đối với mỗi lần đọc khác nhau. Do khoảng cách giữa cuộn phát và cuộn thu không thể thay đổi nên độ sâu xâm nhập của điện trường là không đổi và tương đối nông, khoảng 20ft (6,1m).

Máy Geonics EM-34-3 có hai khối riêng biệt cho cuộn thu và cuộn phát. Cần hai người thao tác, mỗi người một cuộn dây. Các cuộn dây có thể được giữ nằm ngang hoặc thẳng đứng. Chúng cách xa nhau một khoảng L. Đối với trường hợp khi cuộn dây giữ nằm ngang, độ sâu xâm nhập hiệu quả vào khoảng 0,75L.

Nếu cuộn dây được giữ thẳng đứng, độ sâu xâm nhập hiệu quả vào khoảng 1,5L và số đọc ít bị ảnh hưởng bởi các lớp gần bề mặt hơn. Máy EM-34-3 có thể đo với ba khoảng cách giữa các cuộn dây khác nhau: 32,8; 65,6 và 131,1 ft (10, 20 và 40m). Máy này có thể sử dụng để nghiên cứu độ truyền dẫn của đất đến những độ sâu lớn hơn nhiều so với máy EM-31 và EM-34-3 để vẽ bản đồ độ truyền dẫn của đất ở một vùng chôn rác thải. Thuật ngữ điện trở suất cảm ứng tức là độ truyền dẫn đã được biến đổi thành điện trở suất theo cách này. Nhận thấy rằng phương pháp thăm dò bằng phép đo độ truyền dẫn chỉ mất một phần sáu số ngày công so với thăm dò điện trở suất.

Thăm dò bằng đo độ truyền dẫn của đất có thể bị sai lệch do các chất dẫn điện như các đường ống và các thùng kim loại chôn dưới đất. Chúng đồng thời cũng có thể bị ảnh hưởng xấu bởi các dòng điện cao thế và sấm sét.

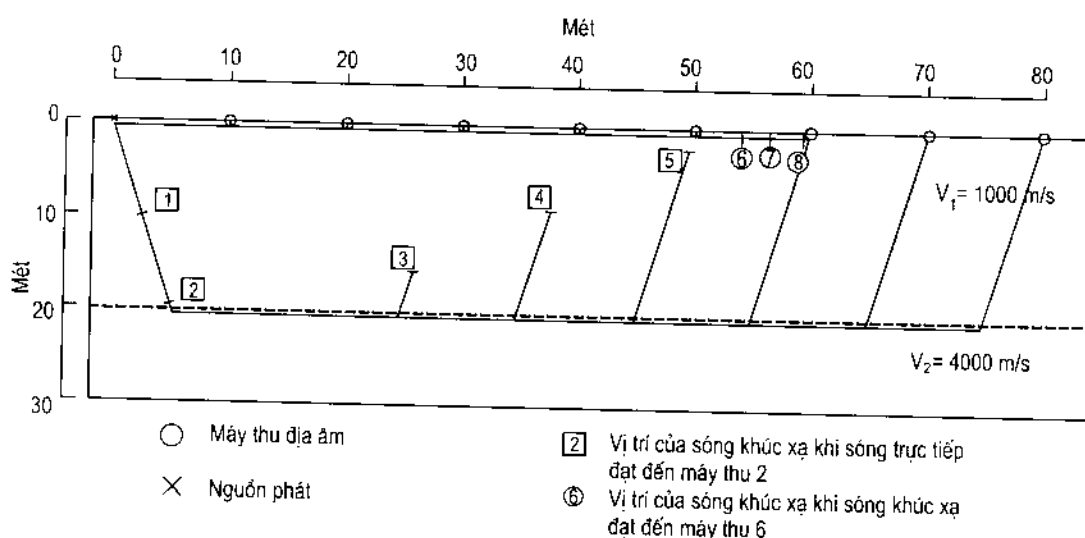
4.4.3. Các phương pháp địa chấn

Các phương pháp thăm dò dùng sóng địa chấn nhân tạo truyền trong đất được sử dụng rất rộng rãi trong địa chất thủy văn. Những phương pháp này rất hữu hiệu trong việc xác định độ sâu và độ nghiêng của đá gốc, độ sâu mực nước ngầm và trong một số trường hợp, xác định sơ bộ thành phần thạch học. Ứng dụng địa chấn đã được phát triển cao trong công nghiệp dầu khí, nơi mà phương pháp sóng phản xạ được sử dụng hầu như độc tôn. Cấu trúc và ranh giới các thành hệ có thể được xác định đến độ sâu lớn.

Khi nghiên cứu địa chất thủy văn thường phải xác định chiều dày của lớp vật liệu hạt rời phủ trên đá gốc. Với mục đích này, phương pháp khúc xạ địa chất có ưu thế. Vật liệu xấp xỉ rời truyền sóng địa chấn chậm hơn đá gốc cứng chắc. Bằng cách nghiên cứu thời gian của các sóng địa chấn tại những khoảng cách khác nhau kể từ nguồn phát, có thể xác định được độ sâu của đá gốc.

Nguồn phát sóng địa chấn có thể là một khối thuốc nổ nhỏ nhồi vào trong một hố khoan nông. Một hoặc hai thỏi thuốc nổ dynamit là đủ cho độ sâu đến đá gốc 100 ÷ 200ft (30,5 ÷ 61m). Dĩ nhiên, chỉ những người đã qua đào tạo và được cấp phép mới được tiến hành nổ. Việc quyết định lượng thuốc nổ cần sử dụng phải được xem xét trong từng trường hợp cụ thể. Đối với trường hợp thăm dò nông, 15 ÷ 50ft (4,5 ÷ 15m), một cú đập búa tạ lên một tấm thép nằm trên mặt đất cũng có thể đủ phát sóng địa chấn. Sóng địa chấn được thu nhận bởi các máy thu đặt trong đất thành tuyến kéo dài kể từ nguồn phát. Một địa chấn ký ghi lại thời gian truyền của sóng từ nguồn phát đến máy thu. Những địa chấn ký tinh vi phức tạp là những máy nhiều kênh nối với một số máy thu địa âm.

Hình 4.5 minh họa đường truyền của các sóng địa chấn nên đi qua hai lớp đất. Vận tốc sóng địa chấn trong lớp đất dưới lớn hơn vận tốc trong lớp nằm trên.



Hình 4.5 - Đường truyền của sóng khúc xạ địa chấn và sóng trực tiếp. Sóng trực tiếp sẽ đạt đến 5 máy thu đầu tiên trước, nhưng đối với các máy thu xa hơn thì sóng khúc xạ đạt đến trước (Các chữ số nằm trong ký hiệu chỉ khoảng cách truyền theo các đường sóng đi để đến máy thu chỉ định)

Vì năng lượng truyền trong lớp đất dưới nhanh hơn, sóng đi qua nó vượt qua lớp đất trên. Tại ranh giới giữa hai lớp đất, một phần năng lượng khúc xạ ngược trở lại từ ranh giới, hướng lên mặt đất.

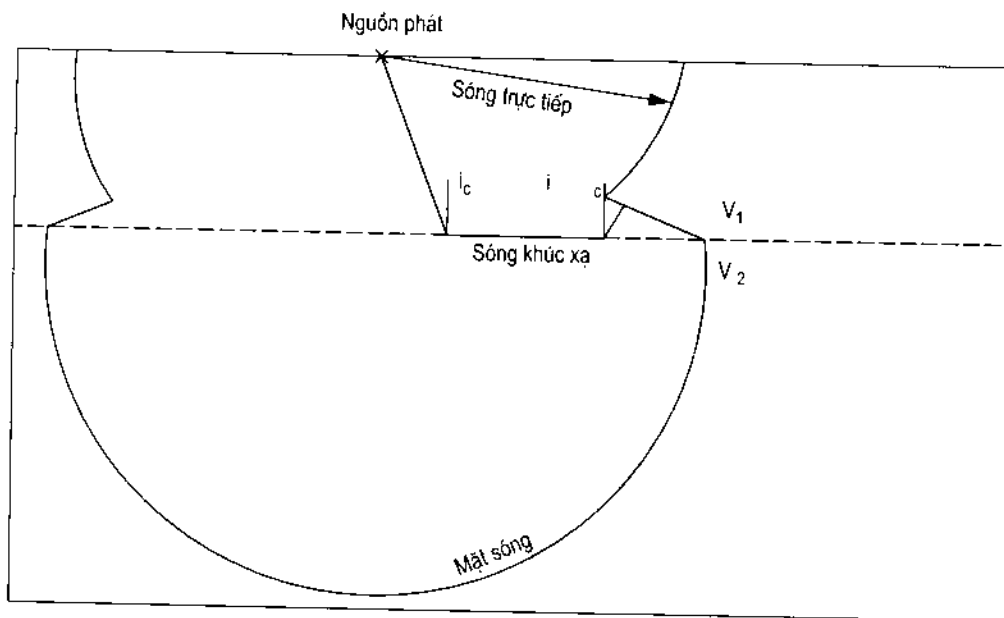
Góc khúc xạ của mỗi mặt sóng được gọi là góc cực hạn i_c , và bằng arcsin của tỷ số vận tốc giữa hai lớp:

$$i_c = \sin^{-1} \frac{V_1}{V_2} \quad (4.6)$$

Ví dụ: Xác định góc cực hạn i_c khi $V_1 = 1000\text{m/s}$ và $V_2 = 4000\text{m/s}$.

$$i_c = \sin^{-1} \frac{V_1}{V_2} = \arcsin 0,25 = 14,5^\circ$$

Hình 4.6 minh họa một sóng và đường truyền của năng lượng khúc xạ truyền dọc theo ranh giới với lớp dưới và thể hiện cả sóng trực tiếp trong lớp đất trên.

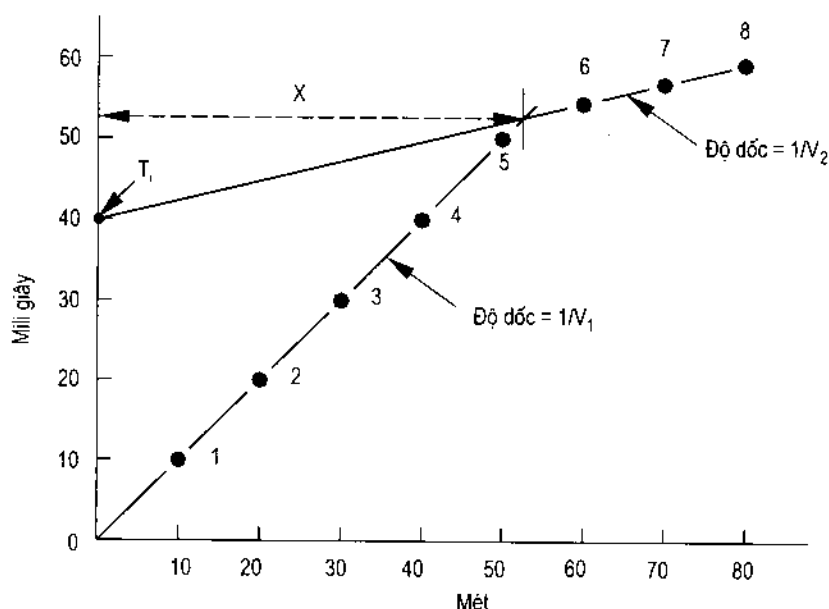


Hình 4.6- Mặt sóng địa chấn tại một thời điểm nhất định sau khi nổ

Nếu V_2 nhỏ hơn V_1 , sóng sẽ khúc xạ hướng xuống và sẽ không có năng lượng hướng lên. Và như vậy, phương pháp khúc xạ chỉ cho biết những lớp có tốc độ truyền sóng cao mà không chỉ ra được những lớp có tốc độ truyền sóng thấp bị phủ bởi lớp có tốc độ truyền sóng cao.

Năng lượng có thể truyền trực tiếp trong lớp trên từ nguồn phát đến máy thu. Đó là khoảng cách ngắn nhất, nhưng các sóng không truyền nhanh bằng những sóng truyền dọc theo nóc của lớp dưới. Sóng truyền theo nóc lớp dưới phải đi xa hơn nhưng chúng lan truyền với vận tốc nhanh hơn. Trong hình 4.6, vị trí của các sóng truyền đến mỗi máy thu đã được chỉ rõ. Các máy thu từ 1 ÷ 5 nhận được trước các sóng chỉ truyền qua lớp trên. Từ máy thu thứ sáu trở lại đo được thời gian đến của các sóng khúc xạ đã đi qua lớp có vận tốc truyền sóng cao. Vị trí lan truyền của mặt sóng theo sau tại một thời điểm mà sóng dẫn đầu đạt đến mỗi máy thu được chỉ rõ ở trên hình.

Lập đồ thị quan hệ giữa thời gian để sóng đầu tiên đạt đến máy thu với khoảng cách từ nguồn phát đến máy thu. Biểu đồ đó được gọi là thời gian - lan truyền hoặc đường cong thời gian - khoảng cách. Hình 4.7 thể hiện đường cong thời gian - khoảng cách cho phát nổ thể hiện trong hình 4.5. Nghiệch đảo độ dốc của mỗi đoạn thẳng chính là vận tốc biểu kiến trong lớp đất mà sóng đến đầu tiên đã đi qua. Độ dốc của đoạn đầu tiên là 10 miligiây trên 10 mét, và như vậy nghịch đảo của nó là 10 mét trên 10 miligiây, hay 1000 m/s.



Hình 4.7 - Đồ thị khoảng cách - thời gian đến của sóng địa chấn đối với môi trường hai lớp
(Các chữ số ký hiệu các máy thu trên hình 4.7)

Kéo dài đoạn thẳng thứ hai ngược về trục thời gian ($X = 0$) cho ta một giá trị gọi là thời gian chặn, ký hiệu là T_1 . Giá trị này có thể được xác định bằng đồ giải, như đã thể hiện trên hình 4.7, T_1 bằng 39 mili giây và X bằng 52m. Độ sâu Z đến lớp đất dưới được xác định theo phương trình (Dobrin 1976):

$$Z = \frac{T_1}{2} \frac{V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (4.7)$$

Độ sâu đến lớp đất dưới cũng có thể tìm được từ phương trình (Dobrin 1976):

$$Z = \frac{X}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_1 + V_2}} \quad (4.8)$$

Trong đó: X là khoảng cách từ nguồn phát đến điểm mà ở đó có sóng trực tiếp và sóng khúc xạ đến cùng một lúc. Nó được thể hiện trên hình 4.7 như là hoành độ X của điểm giao nhau của hai đoạn thẳng.

Ví dụ: Hãy tìm giá trị Z từ hình 4.7.

Từ độ dốc của mỗi đoạn thẳng ta có $V_1 = 1000\text{m/s}$ và $V_2 = 4000\text{ m/s}$; $T_1 = 39\text{ms}$ và $X = 52\text{m}$.

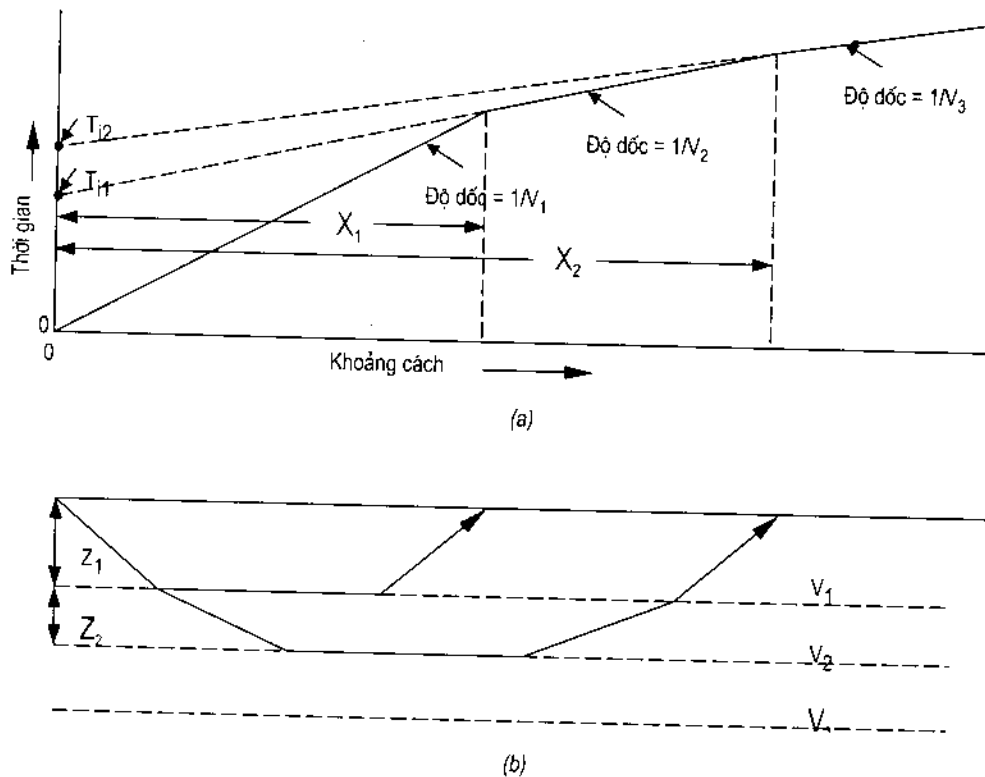
$$Z = \frac{T}{2} \frac{V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

$$Z = \frac{0,039}{2} \cdot \frac{1000 \times 4000}{\sqrt{(4000)^2 - (1000)^2}} = 20\text{m}$$

Cũng có thể xác định như sau:

$$Z = \frac{X}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2}}$$

$$Z = \frac{52}{2} \sqrt{\frac{4000 - 1000}{4000 + 1000}} = 20\text{m}$$



Hình 4.8

(a) Đồ thị thời gian đến - khoảng cách đối với bài toán 3 lớp địa chấn
(b) Đường truyền của sóng đối với bài toán 3 lớp địa chấn

Trường hợp điển hình hơn trong địa chất thủy văn là môi trường đất ba lớp, lớp trên cùng là vật liệu hạt rời không bão hoà. Lớp tiếp theo nằm dưới mực nước ngầm, là trầm tích hạt rời bão hoà nước, có tốc độ truyền sóng địa chấn cao hơn. Lớp thứ ba là đá gốc. Dưới những điều kiện như vậy, phương pháp địa chấn có thể được sử dụng để tìm mặt nước ngầm. Tuy nhiên, vận tốc lan truyền trong cát bão hoà hoặc trong đất băng tích không bão hoà có thể bằng nhau. Các dạng khúc xạ địa chấn thu được từ mặt nước ngầm

trong trầm tích cát đồng nhất và từ ranh giới giữa lớp cát không bão hoà nằm trên và lớp băng tích không bão hoà nằm dưới có thể là như nhau. Điều đó chứng minh rằng kết quả thăm dò vật lý sẽ được chỉnh lý tốt khi kết hợp với các dữ liệu khác.

Trường hợp khúc xạ sóng địa chấn trong môi trường ba lớp với $V_1 < V_2 < V_3$ được thể hiện trên hình 4.8. Những sóng đến đầu tiên thể hiện ba đoạn đường thẳng. Nghịch đảo độ dốc của mỗi đoạn là vận tốc truyền sóng địa chấn của riêng từng lớp. Thời gian chặn đối với mỗi lớp nằm dưới là tung độ của đoạn thẳng kéo dài cắt trục thời gian. Trên hình X_1 là khoảng cách từ điểm phát nổ tới điểm có các sóng từ lớp 1 và 2 đến đồng thời, còn X_2 là khoảng cách tới điểm có các sóng từ lớp 2 và 3 đến đồng thời. Chiều dày Z_1 của lớp 1 được xác định từ các giá trị của V_1 và V_2 và một trong hai giá trị T_{12} hoặc X_1 dùng phương trình (4.7) hoặc (4.8). Chiều dày của lớp thứ hai Z_2 được tìm thấy bằng phương trình (Dobrin 1976):

$$Z_2 = \frac{1}{2} \left(T_{12} - 2Z_1 \frac{\sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{V_3 V_1} \right) \left(\frac{V_2 V_3}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right) \quad (4.9)$$

Giá trị Z_1 phải được tính trước khi tính giá trị Z_2 .

Vận tốc tính được từ giá trị nghịch đảo của độ dốc được gọi là vận tốc biểu kiến. Nếu lớp dưới nằm ngang, thì đó là vận tốc thực. Tuy nhiên, nếu lớp dưới nằm nghiêng, thời gian đến đối với phát nổ được đo xuôi dốc sẽ khác với thời gian được đo ngược dốc. Các tia chấn thường chạy cùng với phát nổ tại mỗi đầu vì vậy có thể xác định được các lớp đá gốc nằm nghiêng. Đường cong thời gian - khoảng cách đối với địa tầng nằm nghiêng được thể hiện trên hình 4.9, với thời gian truyền được đo từ các phát nổ ở cả hai đầu của đường. Lớp nằm trên không bị ảnh hưởng bởi tầng đá gốc nằm dưới, vì vậy nghịch đảo của độ dốc đoạn thẳng đầu là V_1 . Để tìm giá trị V_2 và độ sâu đến lớp đá gốc tại đầu ngược dốc của đường, Z_d , cũng như tại đầu xuôi dốc, Z_u , phải tiến hành một loạt tính toán phức tạp (Dobrin 1976).

Độ dốc của đoạn thẳng thứ hai của đường xuôi dốc là m_d và độ dốc của đoạn đường thứ hai của đường ngược dốc là m_u . Giá trị góc khúc xạ i_c tìm được từ phương trình:

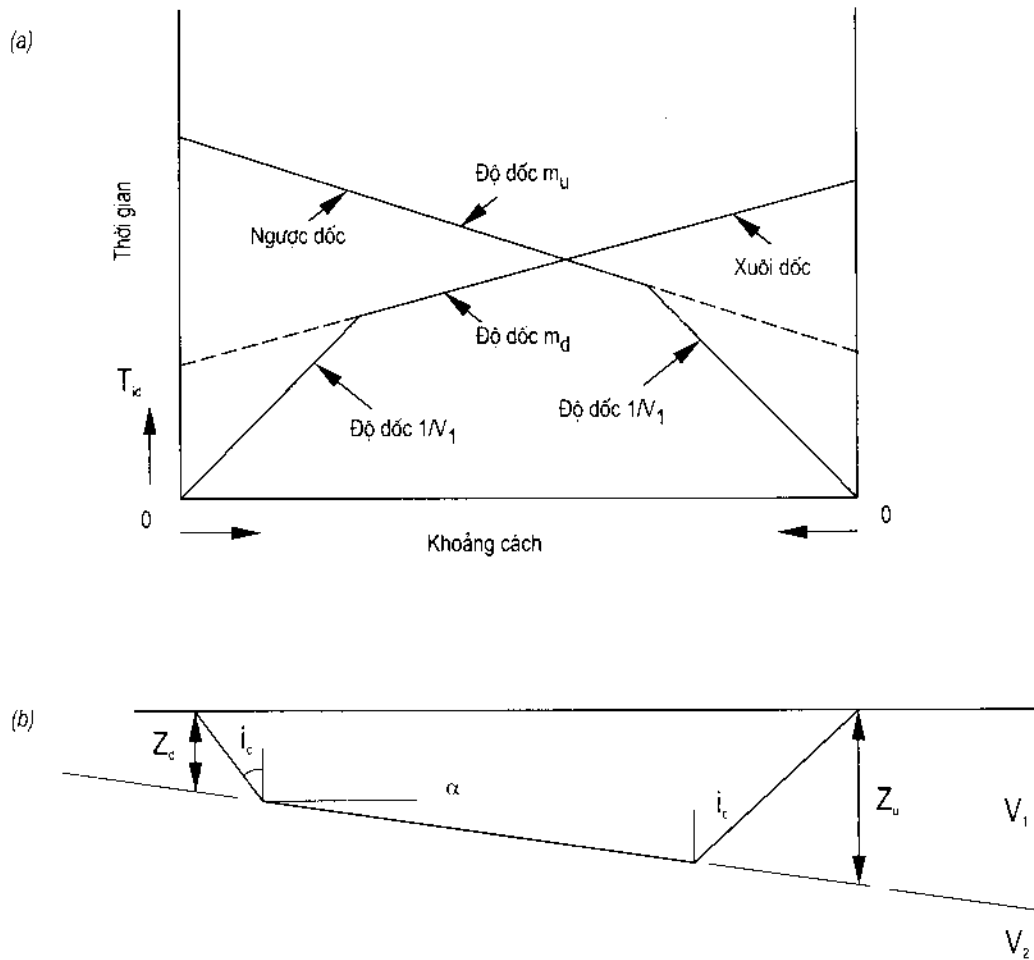
$$i_c = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} V_1 m_d + \sin^{-1} V_1 m_u \right) \quad (4.10)$$

Giá trị V_2 được cho bởi:

$$V_2 = \frac{V_1}{\sin i_c} \quad (4.11)$$

Góc dốc của lớp nằm nghiêng α tìm được từ phương trình:

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} V_1 m_d - \sin^{-1} V_1 m_u \right) \quad (4.12)$$



Hình 4.9

- a) Đồ thị thời gian đến - khoảng cách đối với bài toán hai lớp địa chấn khi lớp dưới nằm nghiêng
b) Đường truyền của sóng đối với bài toán nói trên

Cuối cùng, độ sâu đến lớp dưới tại mỗi đầu tìm được từ các biểu thức:

$$Z_u = \frac{V_1 T_{iu}}{(\cos \alpha)(2 \cos i_c)} \quad (4.13)$$

$$Z_d = \frac{V_1 T_{id}}{(\cos \alpha)(2 \cos i_c)} \quad (4.14)$$

Nếu có hơn hai lớp nằm nghiêng, thì phải sử dụng các biểu thức phức tạp hơn (Mota 1954).

Ví dụ: Thăm dò địa chấn đối với trường hợp hai lớp nằm nghiêng cho những giá trị như sau:

$$V_1 = 1570 \text{ m/s}$$

$$m_u = 1,67 \times 10^{-4} \text{ s/m}$$

$$m_d = 1,54 \times 10^{-4} \text{ s/m}$$

$$T_{id} = 0,046 \text{ s}$$

$$T_{iu} = 0,050 \text{ s}$$

Tính V_2 , Z_u và Z_d :

$$i_c = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} V_1 m_d + \sin^{-1} V_1 m_u \right)$$

$$i_c = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} 1570 \times 1,54 \times 10^{-4} + \sin^{-1} 1570 \times 1,67 \times 10^{-4} \right)$$

$$i_c = \frac{1}{2} (13,99 + 15,20) = 14,6^\circ$$

$$V_2 = V_1 \sin i_c$$

$$V_2 = \frac{1570}{\sin 14,6} = 6230 \text{ m/s}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} V_1 m_d - \sin^{-1} V_1 m_u \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} 1570 \times 1,54 \times 10^{-4} - \sin^{-1} 1570 \times 1,67 \times 10^{-4} \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} (13,99 - 15,20) = -0,6^\circ$$

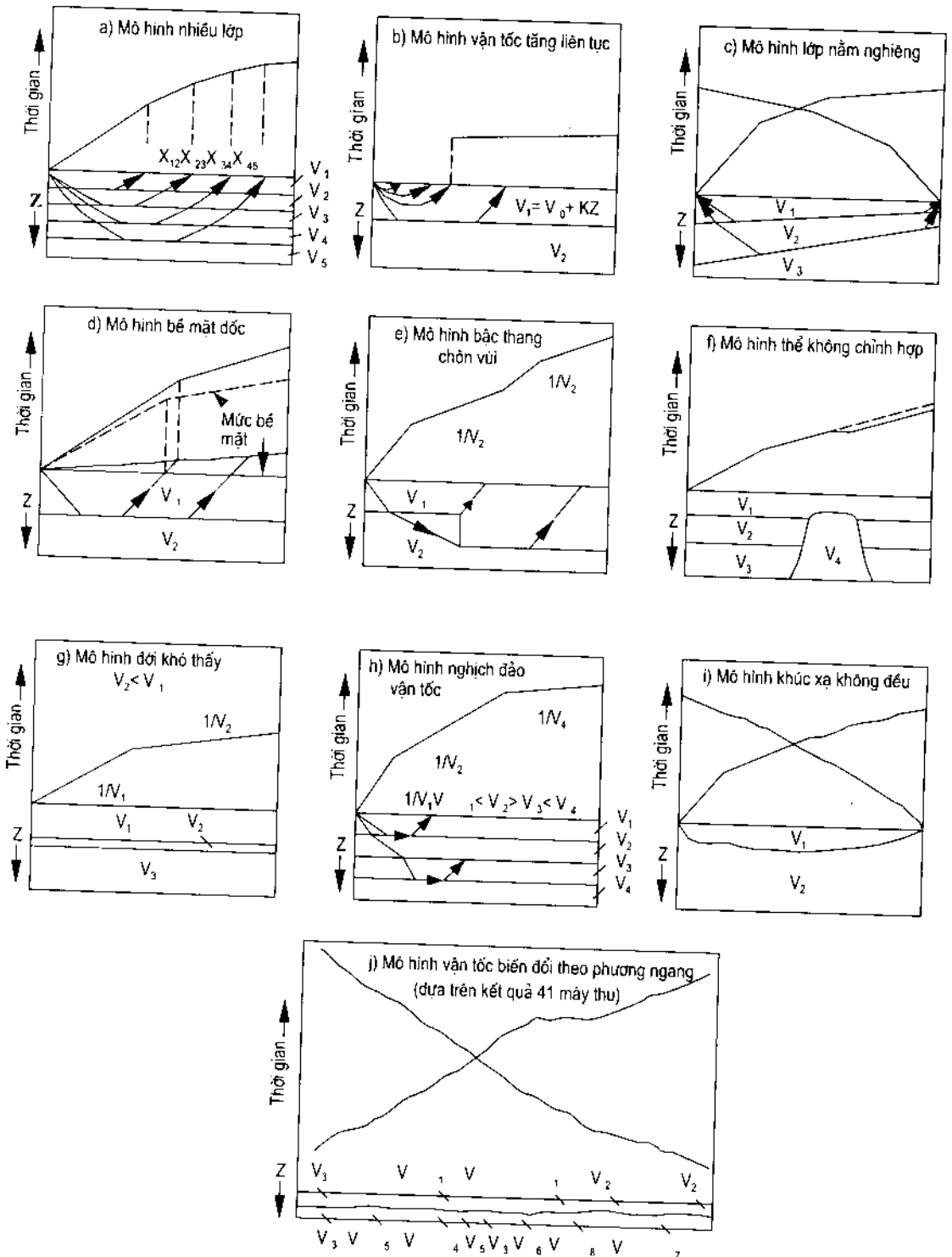
$$Z_u = \frac{V_1 T_u}{(\cos \alpha)(2 \cos i_c)}$$

$$Z_u = \frac{1570 \times 0,050}{\cos(-0,6) \times 2 \times \cos 14,6} = 40,6 \text{ m}$$

$$Z_d = \frac{V_1 T_d}{(\cos \alpha)(2 \cos i_c)}$$

$$Z_d = \frac{1570 \times 0,046}{\cos(-0,6) \times 2 \times \cos 14,6} = 37,3 \text{ m}$$

Những trường hợp đã cho trong mục này chỉ là hạn hữu trong số rất nhiều trường hợp có thể xảy ra. Hình 4.10 trình bày sơ đồ các đường cong thời gian - lan truyền đối với một số mô hình đất không đồng nhất. Các nhà địa chất thuỷ văn phải nghĩ đến tình huống có thể phức tạp hơn mô hình đơn giản hai hoặc ba lớp với nền đồng nhất, một nhà địa lý có kinh nghiệm phải giải thích được các dữ liệu thực địa.



Hình 4.10 - Sơ đồ đường cong thời gian - lan truyền đối với các mô hình địa chất không đồng nhất điển hình

Ứng dụng chủ yếu của địa chấn khúc xạ trong địa chất thủy văn là để nhận biết vật khúc xạ bị chôn vùi như mặt nước ngầm, tức là phần đất đã bão hoà, có vận tốc truyền

sóng địa chấn lớn hơn so với lớp đất tương tự không bão hoà và bề mặt đá gốc (Sverdrup 1986). Nó rất hữu ích trong việc phác hoạ các thung lũng đá gốc bị chôn vùi trong trầm tích sông băng (Denne và các cộng sự 1984).

4.4.4. Phương pháp rada xuyên đất và thăm dò từ

Chỉ riêng ở nước Mỹ đã có hàng nghìn nơi xử lý phế thải đã ngừng hoạt động. Đối với nhiều nơi, hồ sơ vị trí các hào rãnh và vùng chôn rác rất sơ sài hoặc không có. Nếu kế hoạch sửa chữa được triển khai đối với những vùng như vậy thì cần phải biết diện phân bố của rác thải. Xuất phát từ quan điểm an toàn, người ta cần biết vị trí chôn của các thùng này. Có một vài phương pháp được sử dụng để xác định vị trí phân bố của rác thải. Hai trong số các phương pháp thông dụng nhất là thăm dò từ và rada xuyên đất (Koerer và các cộng sự 1982; Evans, Benson & Rizzo 1982; Hitchcock & Harmon 1983; Horton và các cộng sự 1981; Koerer, Lord & Bowder 1981; Gilkeson, Heigold & Laymon 1986).

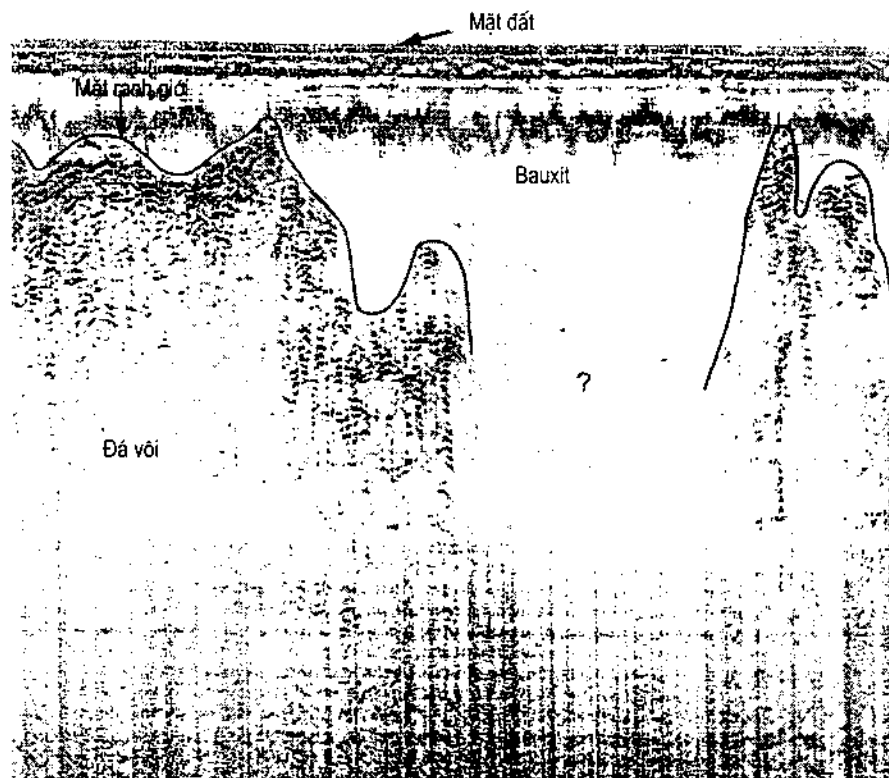
Phương pháp thăm dò từ đo cường độ từ trường của đất. Thông thường sử dụng từ kế cộng hưởng từ tính hạt nhân proton. Đó là một thiết bị cầm tay và một người có thể thực hiện xong việc thăm dò một vùng diện tích vài mẫu Anh một cách nhanh chóng. Một hệ thống mạng lưới kẻ ô được thiết lập và việc đo đạc từ trường được thực hiện tại mỗi điểm giao nhau của mạng lưới. Những vùng có số lượng lớn kim loại bị chôn vùi như các thùng sắt thép chẳng hạn, sẽ có sự dị thường từ trường liên quan với chúng. Cường độ của từ trường dị thường thay đổi theo số lượng và độ sâu chôn vùi của kim loại.

Rada xuyên đất (Ground Penetrating Radar - GPR) dựa trên sự biến đổi các xung động lập của sóng điện từ trường tần số $10 \div 1000$ MHz ở trong đất. Các xung động phản xạ ngược trở lại bề mặt khi năng lượng bức xạ gặp phải mặt phân cách giữa hai loại vật liệu có tính chất điện môi khác nhau. Các bề mặt phân cách gây ra sự phản xạ có thể là do sự thay đổi địa tầng hoặc gặp các vật bị chôn vùi. Hệ rada xuyên đất có cả anten phát tín hiệu và anten thu các xung động phản xạ. Xung động phản xạ có thể được ghi trên máy ghi băng từ và đồng thời được biến đổi thành điện áp như là một hàm của thời gian, hiển thị trên máy ghi biểu đồ. Biểu đồ kết quả của hệ GPR trông giống như tín hiệu siêu âm. Hình 4.11 trình bày biểu đồ kết quả của một tuyến thăm dò rada xuyên đất. Máy thu điển hình sẽ hiển thị kết quả dưới dạng một số bóng tối xám hoặc có màu, thay đổi tỷ lệ thuận với mức điện áp của sóng nhận được.

Máy GPR được kéo trên mặt đất tạo ra tuyến mặt cắt liên tục. Để bao phủ vùng nghiên cứu người ta thăm dò theo các tuyến song song. Độ sâu xâm nhập của GPR là hàm số của vật liệu địa chất và tần số rada sử dụng. Các dải tần số thấp xâm nhập đến độ sâu trung bình hoặc lớn nhất, các dải tần số cao hơn sẽ không xâm nhập được xuống sâu như vậy nhưng cho độ phân giải lớn hơn. Độ phân giải lớn hơn làm tăng khả năng của máy phân biệt mặt phân cách của các vật đặt gần nhau. Đối với việc nghiên cứu những

nơi chôn rác phế thải, độ sâu nghiên cứu điển hình là $5 \div 20\text{ft}$ ($1,5 \div 6,1\text{m}$). GPR có khả năng phát hiện vị trí của một thùng kim loại đơn lẻ dung tích 55 gallon chôn ở độ sâu $6 \div 9\text{ft}$ ($1,8 \div 2,7\text{m}$) (Horton và các cộng sự 1981). Nó sử dụng rất hiệu quả để phát hiện ranh giới các khối kết tinh nằm vùi dưới mặt lát bê tông. Ưu điểm lớn của GPR là nó có khả năng cho mặt cắt liên tục của phần đất dưới bề mặt, một khả năng mà các phương pháp khác không thể thực hiện được.

Beres và Haeni (1991) nhận thấy rằng kết quả đo radar xuyên đất dưới bề mặt trong vùng băng tích ở Connecticut có thể giải thích định tính cùng với sự giúp đỡ của lát cắt thạch học ở hố khoan. Chúng phân biệt được trầm tích hạt mịn với trầm tích hạt thô, đá gốc và các tầng lẫn. Mực nước ngầm trong trầm tích hạt thô được nhận biết rất dễ dàng.



Hình 4.11- Ảnh radar xuyên đất mô tả trầm tích quặng nhôm (Bauxit) trên đá vôi
(Không rõ tỷ lệ đứng và tỷ lệ ngang)

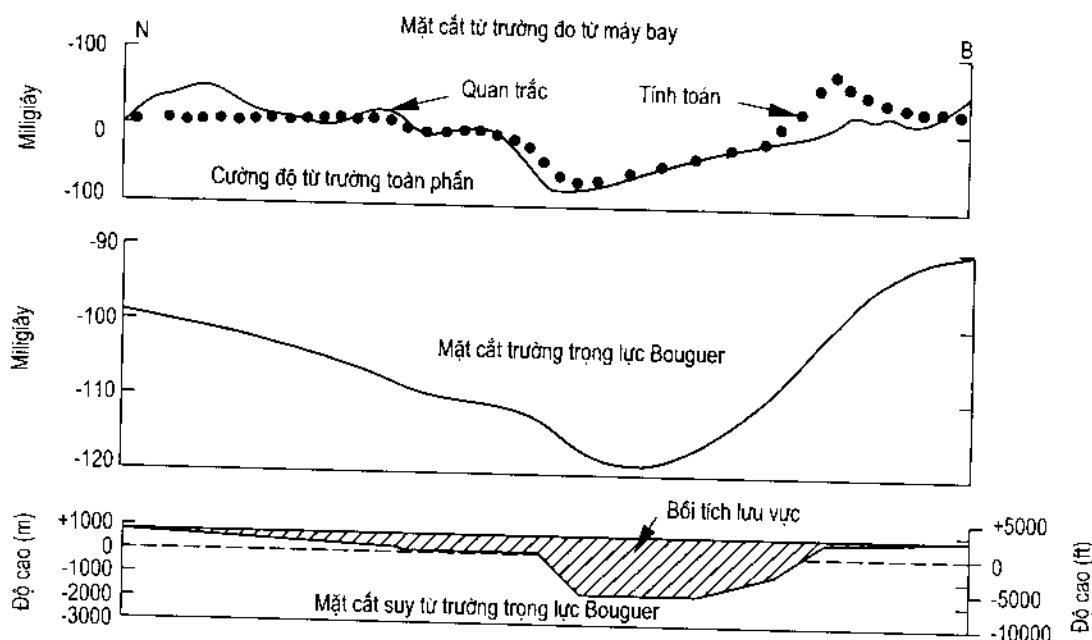
Mực nước ngầm rất nông và mực nước ngầm trong trầm tích hạt mịn, nơi có sự mao dẫn đáng kể, thì không dễ phân biệt. Độ sâu xâm nhập của tín hiệu GPR thay đổi từ 20ft (6m) trong trầm tích hồ hạt mịn đến 70ft (21m) trong cát hạt rất thô và cuội sỏi.

4.4.5. Các phương pháp trọng lực và đo từ trường từ máy bay

Việc đo các trường trọng lực và trường từ của quả đất là những phương pháp địa vật lý chuẩn được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc và thành phần của đất. Ở một mức độ nào đó cơ sở địa chất có ảnh hưởng đến địa chất thủy văn, những phương pháp này rất hữu

ích trong việc nghiên cứu nước dưới đất. Việc thu thập các dữ liệu có thể tương đối đơn giản nếu sử dụng các trạm đo mặt đất. Tuy nhiên, sự biến đổi và chỉnh lý các dữ liệu khá phức tạp (Zohdy, Eaton & Mabey 1974, Dobrin 1976, Wilson, Peterson & Ostrye 1983). Thăm dò địa từ bằng thiết bị đặt trên máy bay rõ ràng đòi hỏi phải có thiết bị và trình độ chuyên môn cao.

Cả hai phương pháp thăm dò từ và trọng lực đều có thể sử dụng được để phác họa vùng phân bố của vật liệu hạt rời bồi lấp lưu vực hoặc các tầng chứa nước là thung lũng sông bị chôn vùi.



Hình 4.12 - Mặt cắt trọng trường và từ trường đo bằng thiết bị đặt trên máy bay cắt qua một tầng chứa nước là bồi tích (máy bay bay ở độ cao 150 m)

Trong hình 4.12, mặt cắt miêu tả lưu vực Đại Tân Sinh ở thung lũng Antelope thuộc bang California. Hiện trạng của lưu vực và diện phân bố phần sâu nhất đã được thể hiện cả trên mặt cắt từ trường đo bằng thiết bị đặt trên máy bay và cả trên mặt cắt trọng lực.

Dị thường từ tính được gây ra bởi sự đột biến từ trường quả đất do có các loại vật liệu mang từ tính trong vỏ quả đất. Dị thường chỉ cho biết về loại đá một cách rất tổng quát. Trong nghiên cứu địa chất thủy văn, dị thường từ có thể rất hữu ích trong việc chỉ rõ độ sâu đến nền đá có từ tính. Các đá trầm tích thông thường không có từ tính, vì vậy chúng không tác động đến từ trường. Một số loại đá có từ tính, như các dòng bazan chẳng hạn, có thể là những tầng chứa nước quan trọng. Thăm dò từ rất hữu ích trong việc vạch ra các dòng bazan trong vùng đá không có từ tính.

Khối đá nằm dưới mặt đất sẽ có ảnh hưởng đến giá trị gia tốc trọng trường cục bộ tại điểm đó. Để dùng được, những giá trị đo phải được quy chiếu về một mốc chung - thông thường là mực nước biển trung bình. Một hiệu chỉnh cho lớp không khí được tiến hành để bù trừ sự khác nhau về độ cao. Để hiệu chỉnh lực hút trọng trường của đá nằm ở

khoảng giữa trạm đo trọng lực và mực nước biển, thì tiến hành hiệu chỉnh Bouguer. Đồng thời cũng phải hiệu chỉnh cho ảnh hưởng của thủy triều, vĩ độ và địa thế. Sau khi các dữ liệu đo lực trọng trường đã được hiệu chỉnh thì kết quả đó là giá trị dị thường Bouguer, từ đó có thể lập bản đồ bằng việc vẽ các đường đồng mức trọng lực. Bản đồ này có thể giúp cho việc xác định diện phân bố của thung lũng đá gốc bị chôn vùi khi có sự khác biệt về dung trọng giữa các loại trầm tích và đá gốc.

Cần phải nhấn mạnh rằng có thể có nhiều mô hình đất mà kết quả dị thường trọng trường hoặc từ trường là như nhau. Không có lời giải duy nhất cho một tập hợp dữ liệu địa vật lý nào cả, người chính lý số liệu cần nhớ điều đó.

4.5. THĂM DÒ ĐỊA VẬT LÝ TRONG HỐ KHOAN

Tiếp cận trực tiếp với đất đá dưới mặt đất có thể thực hiện được ở những nơi có giếng hoặc hố khoan khảo sát. Khi khoan giếng, có thể ghi lại mô tả các thành tạo địa chất bất gặp. Độ tin cậy của mặt cắt mô tả thạch học của giếng phụ thuộc vào phương pháp khoan và việc lấy mẫu, cũng như trình độ hiểu biết và nghệ thuật của người mô tả. Cũng có nhiều giếng đã khoan mà không có ghi chép mô tả tình hình địa chất dưới đất.

Địa vật lý trong hố khoan có rất nhiều ứng dụng thực tiễn trong địa chất thủy văn. Các phương pháp địa vật lý hố khoan được phát triển trong công nghiệp dầu khí, và thực tế tất cả các giếng khoan dầu khí thông thường đều được đo địa vật lý khi khoan. Trong công nghiệp khoan nước, việc đo địa vật lý nói chung chỉ tiến hành với các đề án nghiên cứu hoặc các giếng cấp nước đô thị lưu lượng lớn và giếng công nghiệp. Đối với các giếng gia đình lưu lượng nhỏ, chi phí của việc đo địa vật lý giếng không tương xứng với lợi ích thu được.

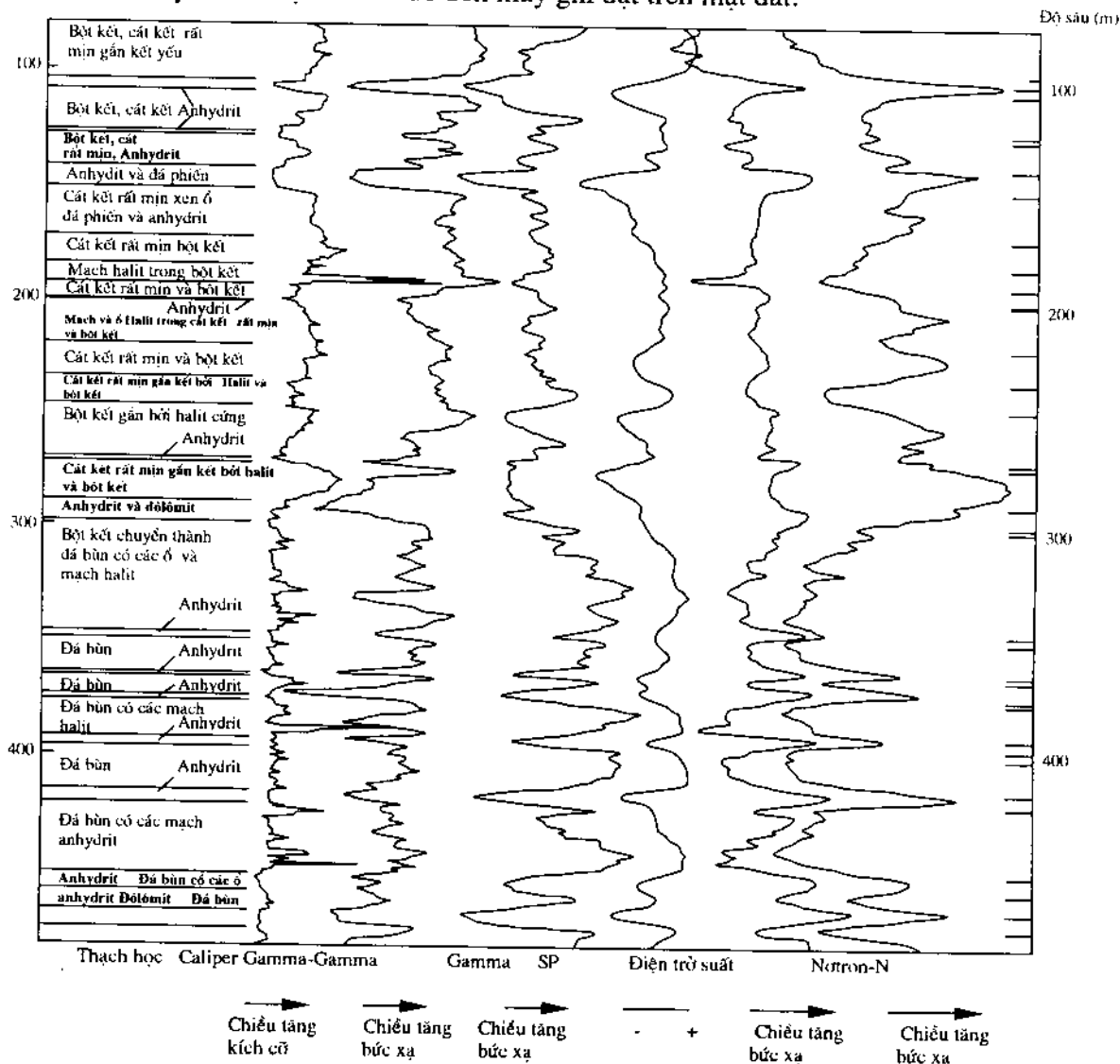
Các tài liệu vật lý hố khoan có một loạt ứng dụng. Mặt cắt mô tả địa vật lý giếng có thể chỉ ra vùng có độ rỗng và tính thấm cao có thể có trữ lượng nước rất lớn. Có thể nhận ra các đới của một tầng chứa nước có nồng độ muối cao. Nếu trên một vùng có nhiều giếng được đo địa vật lý, kết quả đo có thể được sử dụng để lập địa tầng khu vực. Thành phần thạch học của các loại đá mà giếng khoan đi qua có thể xác định được, đặc biệt nếu có sẵn một số mẫu khoan để so sánh. Dạng dòng chảy khu vực của nước dưới đất có thể nhận được từ các tính chất như nhiệt độ của nước. Kỹ thuật hạt nhân dùng cho giếng có thể được sử dụng trong các giếng có ống chống bảo vệ. Trong điều kiện này chỉ có cách đó mới thu được các dữ liệu đất đá dưới mặt đất. Đo địa vật lý cho ta biết tình hình lâu dài, dựa trên các số liệu đo lặp. Vì vậy, các số liệu thu được cho một mục đích có thể dùng cho những mục đích khác, những sử dụng chưa dự kiến trước được trong tương lai.

Một số lớn các kỹ thuật khoan có thể ứng dụng được cho các giếng nước (Keys & Mac Cary 1971, Keys 1967, Baldwin & Miller 1979, Brown 1971, Crosby & Anderson 1971, Norris 1972, Key & Brown 1978, Mac Cary 1983, Keys 1986, Kwader 1986), ở đây chỉ nói đến những phương pháp thông dụng, nhấn mạnh đến sự giải thích định tính hơn là định lượng các mặt cắt đo địa vật lý. Nói chung, người ta thường đo địa vật lý với cả một tập hợp phương pháp hơn là chỉ dùng một phương pháp đơn lẻ. Các phương pháp

có xu thế bổ sung cho nhau, phương pháp này có thể xác nhận kết quả của phương pháp kia. Cũng như vậy, một sự giải thích chắc chắn có thể được thể hiện trên cơ sở hai hoặc nhiều mặt cắt đo. Hình 4.13 gồm sáu nhật ký đo địa vật lý khác nhau được thực hiện trong cùng một hố khoan, cùng với nhật ký mô tả thạch học. Có thể dễ dàng thấy rằng những số liệu đo này tăng giảm theo sự thay đổi thành phần thạch học.

Nhật ký hố khoan liên tục có thể được thực hiện bằng đầu ghi hoặc bằng số và tài liệu này có thể hiển thị trên màn hình và lưu trữ lại được trên đĩa từ, như đĩa mềm chẳng hạn. Đồng thời, cũng có những thiết bị đơn giản, chỉ cho số đọc.

Từng điểm, tại những độ sâu cách nhau một khoảng nào đó, máy đo được hạ xuống trong hố khoan bằng cáp. Cáp điện nối từ mặt đất đến đầu đo, đỡ lấy trọng lượng của đầu đo và truyền tín hiệu từ đầu đo đến máy ghi đặt trên mặt đất.



Hình 4.13- Quan hệ của 6 biểu đồ đo địa vật lý khác nhau với thành phần thạch học của đất đá bị giếng cắt qua, ở thượng nguồn lưu vực sông Brazos, bang Texas

Tóm tắt các ứng dụng của phương pháp đo địa vật lý:

Thông tin yêu cầu về các tính chất của đá, dung dịch, giếng hoặc hệ nước dưới đất	Kỹ thuật đo địa vật lý phổ biến và sẵn có có thể áp dụng.
Tổng độ rỗng hoặc dung trọng tự nhiên (nguyên khối) của đất đá.	Địa vật lý âm thanh trong hố khoan hở, đo bức xạ neutron hoặc gamma - gamma trong hố khoan hở hoặc hố khoan có ống chống.
Độ rỗng hữu hiệu hoặc điện trở suất thực tế.	Đo địa vật lý điện trở suất chuẩn lâu dài.
Lượng chứa sét hoặc sét kết.	Đo bức xạ gamma.
Tính thấm nước.	Không có những đo đạc trực tiếp bằng địa vật lý. Có thể xét bằng liên hệ với độ rỗng, độ thâm nhập, cường độ âm thanh.
Tính thấm thứ sinh - các kẽ nứt, khe rỗng do hoà tan.	Caliper, địa vật lý âm thanh, soi nhìn hoặc truyền hình hố khoan.
Năng suất riêng của các tầng chứa nước không áp.	Đo bức xạ neutron.
Thành phần hạt.	Có thể liên hệ với yếu tố thành tạo nhận được từ đo địa vật lý điện.
Vị trí mực nước hay đối bão hoà.	Đo truyền dẫn điện, nhiệt, hoặc dung dịch trong hố khoan hở hoặc phía trong ống chống, đo bức xạ neutron hoặc gamma - gamma trong hố khoan hở hoặc phía ngoài ống chống.
Lượng chứa ẩm.	Đo bức xạ neutron.
Độ ngấm nước.	Đo bức xạ neutron cách quãng thời gian dưới những điều kiện đặc biệt hoặc chất đánh dấu phóng xạ.
Hướng, lưu tốc và đường thấm của dòng nước dưới đất.	Các kỹ thuật phát hiện bằng giếng đơn - làm loãng điểm và xung giếng đơn, các kỹ thuật phát hiện bằng nhóm giếng.
Sự phân tán, sự pha loãng và vận động của chất thải.	Đo truyền dẫn của chất lỏng và địa vật lý nhiệt, đo địa vật lý bằng bức xạ gamma đối với một số chất thải phóng xạ, lấy mẫu nước.
Nguồn nước và chuyển động của nước vào trong giếng.	Mật cắt tiêm nhập, máy đo dòng chảy hoặc ghi đánh dấu trong khi bơm hút hoặc bơm ép, địa vật lý nhiệt.
Các tính chất vật lý, hoá học của nước, kể cả độ mặn, nhiệt độ, tỷ trọng và độ nhớt.	Đo truyền dẫn của chất lỏng và nhiệt độ trong hố khoan, đo ghi Clorua phía ngoài ống chống, đo địa vật lý điện trở suất nhiều cực.
Xác định cấu tạo của giếng đang tồn tại, đường kính và vị trí của ống chống, lỗ ống lọc.	Đo bức xạ gamma - gamma, Caliper vành miệng giếng, máy định vị tổ và truyền hình hố khoan.

Hướng dẫn để lắp đặt lọc.	Tất cả các dạng đo cung cấp số liệu về thạch học, các đặc trưng của tầng chứa nước, tương quan và chiều dày của các tầng chứa nước.
Sự gắn kết.	Caliper, đo nhiệt, đo bức xạ gamma - gamma, đo âm đối với chất gắn kết.
Sự ăn mòn ống chống.	Dưới một số điều kiện, Caliper hoặc máy đo vòng đai.
Lỗ thủng rò của ống chống và/hoặc ống lọc bị tắc.	Máy phát hiện và máy đo dòng thấm.

Đầu đo chứa các linh kiện điện tử cần thiết, năng lượng hoặc nguồn hạt nhân và máy dò. Các thông tin đó có được khi đầu đo hạ xuống hoặc nâng lên.

4.6. PHƯƠNG PHÁP HẠT NHÂN

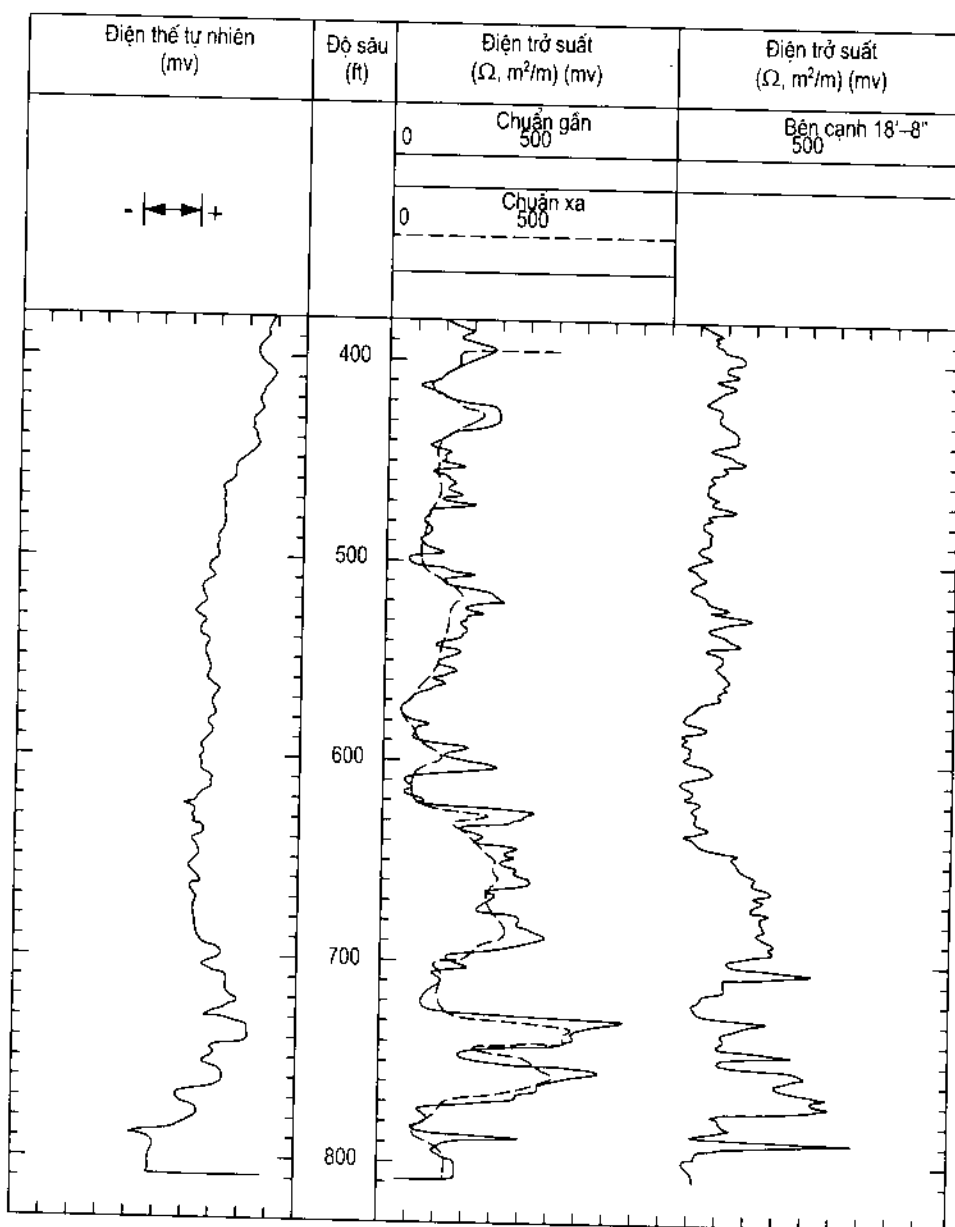
Một số phương pháp đo hữu ích nhất đó là đo tính phóng xạ tự nhiên của đá và các chất lỏng hoặc đo sự suy giảm bức xạ phát ra. Phương pháp hạt nhân có thể được thực hiện trong hố khoan có chống ống hoặc không chống ống và kết quả đo không bị ảnh hưởng bởi dạng mòn khoan. Việc sử dụng các đồng vị phóng xạ cần phải theo các chỉ dẫn an toàn đặc biệt.

Sự phân rã phóng xạ là một quá trình có thành phần ngẫu nhiên, vì thế tốc độ phân rã tức thời sẽ dao động. Trong khoảng thời gian dài, thì tốc độ phân rã theo khoảng thời gian là không đổi. Tuy nhiên, khi khoảng thời gian giảm, sự thay đổi lượng phân rã theo khoảng thời gian sẽ tăng. Phương pháp hạt nhân đo lượng phân huỷ theo một khoảng thời gian cố định, gọi là hằng số thời gian. Hằng số thời gian càng dài, thì càng ít có khả năng biến đổi cường độ phát xạ là do sự phân rã ngẫu nhiên gây ra và vì vậy càng có nhiều khả năng là sự biến đổi đó do thành phần thạch học khác nhau gây ra.

Cũng cần phải xem xét tốc độ hạ xuống nâng lên của đầu đo trong hố khoan. Nếu tốc độ quá lớn, đầu đo có thể đi qua một lớp mỏng trước khi hết hằng số thời gian. Do đó, việc chọn trước hằng số thời gian và tốc độ đo là rất quan trọng, nó phụ thuộc vào thiết bị, kỹ thuật đo và thành phần thạch học của đất đá (Keys & Mac Cary 1971).

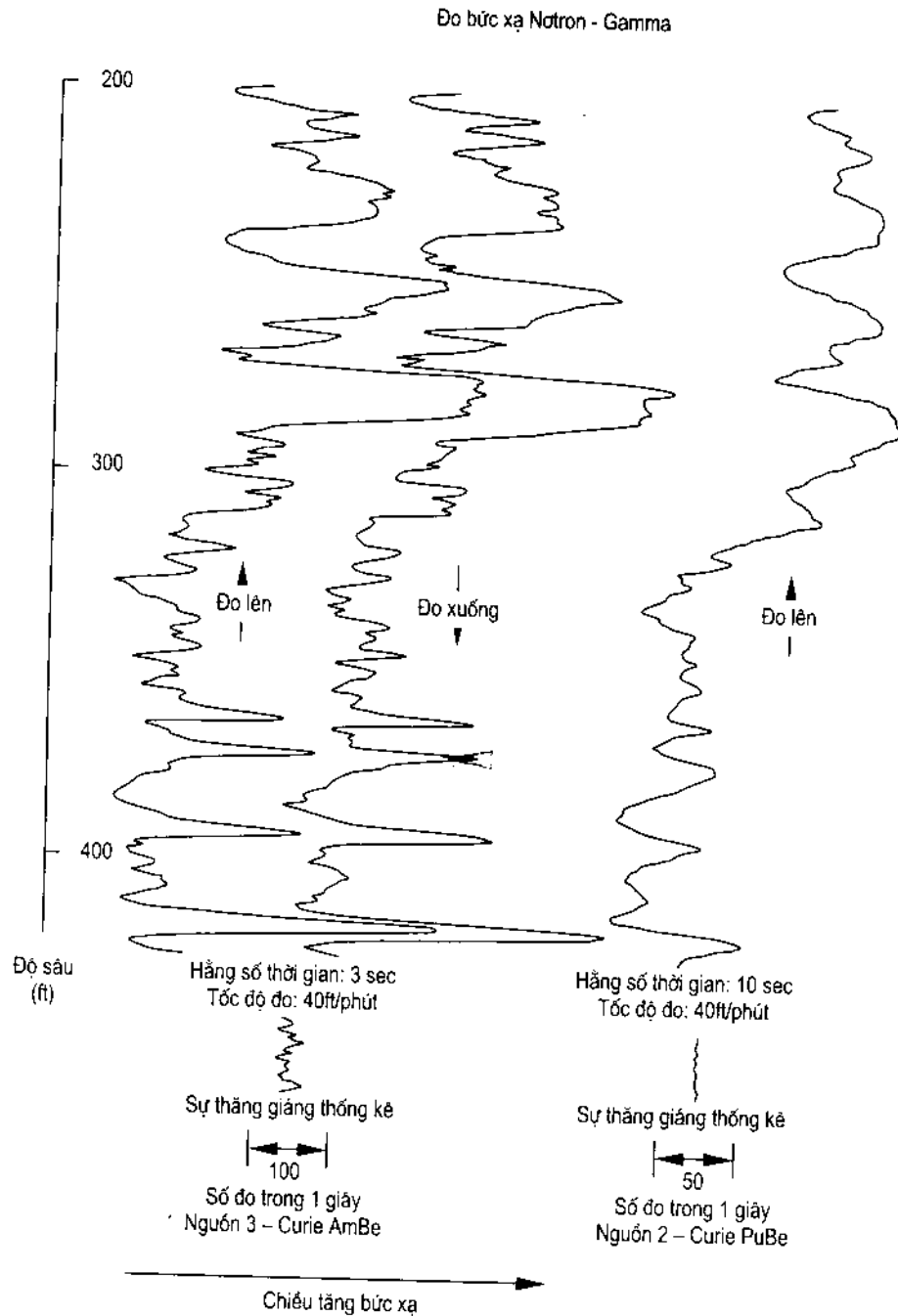
Phương pháp đo năng lượng hạt nhân không cho mức tái hiện hoàn toàn như nhau, do bản chất thống kê của quá trình phân rã. Việc tiến hành đo lặp là cần thiết để quyết định xem sự thay đổi đã quan sát được là do sự thay đổi thành phần thạch học hay do sự thăng giáng thống kê trong tốc độ phân rã. Trong hình 4.14, hai biểu đồ đo gamma - neutron đều được thực hiện đầu tiên đi lên và sau đó đi xuống trong hố khoan. Sự hiện diện các đỉnh là như nhau nhưng lượng bức xạ chính xác có khác nhau. Biểu đồ thứ ba bên phải cũng của cùng hố khoan nhưng được thực hiện với một nguồn phát xạ khác có hằng số thời gian dài hơn - 10s so với 3s. Biểu đồ bên phải có tỉ số giữa hằng số thời

gian và tốc độ đo xấu. Nó không phân biên được các lớp mỏng và vị trí các ranh giới tiếp xúc thạch học không đúng.



Hình 4.14- Các biểu đồ đo điện của 1 giếng trong đá vôi
(Kết quả đo chuẩn-xa được thể hiện bằng đường nét đứt)

Chiều dày của một lớp riêng biệt có thể xác định được bằng phương pháp đo hạt nhân nếu lớp đó có sự thay đổi thành phần thạch học hoặc độ rỗng so với lớp lân cận. Người ta cho rằng chiều dày lớp bằng chiều dày của dị thường tại một nửa biên độ cực đại. Phương pháp này sẽ đánh giá thiên lớn chiều dày của các lớp mỏng. Theo quy ước trong đo hạt nhân, bức xạ về bên phải. Khi đo ngược lại, nó tăng về bên trái.



Hình 4.15- Biến đổi thống kê của các biểu đồ Nơtron - gamma ghi được ở cùng 1 hố khoan
(Biểu đồ bên phải có tỉ số bằng số thời gian và tốc độ đo sâu)

Có ba phương pháp hạt nhân có thể sử dụng để phối hợp khảo sát (Keys & Mac Cary 1971). Tổng lượng bức xạ nơtron nhân tạo đo được tăng lên theo sự giảm độ rỗng, trong khi tổng lượng bức xạ gamma - gamma nhân tạo đo được lại giảm đi. Bức xạ gamma tự nhiên tăng lên cùng với sự tăng của hàm lượng sét hoặc sét kết cũng như sự tăng

photphat và fenspat kali, nhưng không có quan hệ trực tiếp với độ rỗng. Địa tầng có bức xạ gamma tự nhiên thấp và bức xạ neutron nhân tạo đo được cũng thấp (hoặc bức xạ gamma - gamma nhân tạo đo được cao) thì có thể là cát kết xốp rỗng. Khi bức xạ gamma tự nhiên thấp và bức xạ neutron nhân tạo đo được cao, thì nó có thể là cát kết thạch anh chặt hoặc quáczit (hình 4.15).

Bức xạ gamma tự nhiên

Đây là phương pháp đo hạt nhân được sử dụng phổ biến nhất trong địa chất thủy văn. Nó đo bức xạ tự nhiên gamma của Kali 40, của dãy đồng vị Uran 238, dãy đồng vị Thori 232 ở các đá. Những nguyên tố này có trong thành phần của một số sét kết và sét với độ phóng xạ gamma cao. Một số fenspat và mica chứa K^{40} cao. Kết quả đo gamma tự nhiên thấy có sự tăng bức xạ ở gần các lớp trầm tích chứa sét kết giàu kali, hoặc sét, hoặc đá photphat. Vì vậy, cát chứa sét có thể phân biệt với cát kết thuần thạch anh. Đo bức xạ gamma tự nhiên có thể được sử dụng để xác định thành phần thạch học, đặc biệt là các trầm tích hạt vụn, trên cơ sở khác về cường độ phát xạ. Không cần sự hiệu chỉnh nào về đơn vị trong phương pháp đo hạt nhân này. Một ưu điểm khác nữa là không cần sử dụng nguồn phóng xạ.

Đo bức xạ gamma tự nhiên có ưu điểm đặc biệt là có thể thực hiện được cả trong giếng có ống chống. Một phần bức xạ xuyên qua ống chống giếng và lượng hấp thụ bức xạ của ống chống là không đổi. Bởi vậy, sự thay đổi bức xạ do thành phần thạch học thể hiện được ở kết quả đo. Phương pháp này làm việc tốt như nhau trong cả hai trường hợp ống chống bằng chất dẻo và bằng thép. Nó không sử dụng được bên trong cần khoan rỗng, nếu chiều dày thành thép của cần khoan thay đổi tại các chỗ nối. Trong trường hợp này lượng bức xạ bị hấp thụ bởi cần khoan sẽ không còn là hằng số trên suốt chiều dài của cần nữa, do đó kết quả đo bị sai lệch.

Bức xạ neutron

Phương pháp đo neutron gồm một đầu phát chứa nguyên tố phóng xạ, như Pb, Be chẳng hạn, là nguồn phát ra neutron, và một đầu dò. Các neutron phát ra được làm chậm và tán xạ bởi sự va chạm với các hạt nhân nguyên tử hydro. Đầu dò có thể đo bức xạ gamma tạo bởi sự va chạm neutron - nguyên tử hydro, hoặc số các neutron có mặt ở các mức năng lượng khác nhau. Như vậy đo neutron sẽ được chia ra đo neutron - neutron nhiệt, đo neutron - neutron nhiệt ngoài (epithermal) hoặc đo bức xạ neutron - gamma dựa trên cơ sở phương pháp dò tìm.

Nguyên tố hydro có mặt ở trong đất chủ yếu dưới dạng nước hoặc hydrôcacbon. Trong hầu hết các loại đá mà nhà địa chất thủy văn quan tâm không thấy có hydrôcacbon tự nhiên. Như vậy, ngoài các khoáng chất chứa nước liên kết, nước còn hiện diện như là độ ẩm trong các khoảng rỗng của đá. Sự tăng lượng nước sẽ dẫn đến tăng lượng neutron bị bắt giữ hoặc bị làm chậm. Kết quả là, ở các đá bão hoà có độ rỗng

cao, máy sẽ đếm được lượng neutron thấp hơn các đá có độ rỗng thấp. Trên mực nước ngầm, thiết bị đo neutron có thể được sử dụng để xác định năng suất riêng của các tầng chứa nước không áp (Meyer 1967). Nó cũng có thể phân biệt thạch cao, chứa lượng nước liên kết cao, với anhydrit (thạch cao khan). Cả hai loại đều có bức xạ gamma tự nhiên rất thấp, tuy nhiên ở anhydrit máy đếm được lượng neutron cao, còn ở thạch cao lượng này thấp.

Bức xạ gamma - gamma

Trong kiểu đo này, một nguồn phát xạ gamma, như Coban 60, được đưa vào trong hố khoan. Các photon gamma bị hấp thụ hoặc tán xạ bởi tất cả các vật liệu mà Coban 60 tiếp xúc. Đó là dung dịch, ống chống, đất đá. Sự hấp thụ tỷ lệ thuận với khối lượng thể tích nguyên khối của vật liệu đất. Khối lượng thể tích nguyên khối được định nghĩa là khối lượng của đá chia cho tổng thể tích đá, bao gồm cả lỗ rỗng. Vì vậy, bức xạ gamma - gamma tăng lên cùng với sự giảm của khối lượng thể tích nguyên khối (sự tăng độ rỗng). Khối lượng thể tích nguyên khối có thể được xác định từ kết quả đo gamma - gamma đã được hiệu chỉnh. Độ rỗng đất đá có thể được xác định từ phương trình:

$$\text{Độ rỗng} = \frac{\text{Khối lượng thể tích hạt} - \text{Khối lượng thể tích nguyên khối}}{\text{Khối lượng thể tích hạt} - \text{Khối lượng thể tích dung dịch}} \quad (4.15)$$

Khối lượng thể tích hạt (khối lượng riêng hạt) có thể được xác định từ mẫu phoi khoan hoặc có thể lấy bằng $2,65\text{g/cm}^3$ đối với cát kết thạch anh. Khối lượng thể tích (khối lượng riêng) dung dịch bằng 1g/cm^3 đối với nước sạch không có mùn khoan. Dung dịch khoan có thể chứa thêm các chất làm tăng khối lượng thể tích dung dịch.

4.7. PHƯƠNG PHÁP KHOAN THÂM DÒ NƯỚC NGẦM

Dùng những hố khoan thăm dò, sau đó phân tích các mẫu để đánh giá tính chất của các tầng địa chất về độ sâu, độ ngầm nước, các tính chất vật lý của tầng trữ nước từ đó đánh giá trữ lượng nước ngầm.

Một số trường hợp người ta còn sử dụng các hố khoan như giếng thử để đo độ sụt của nước ngầm từ đó đánh giá được bề dày tầng trữ nước, hệ số ngấm của tầng trữ nước... từ đó suy ra trữ lượng nước ngầm.

Chương 5

TÍNH TOÁN CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

Nước ngầm có dạng chung nhất là nằm ở dưới đất. Để có thể sử dụng nước ngầm cho các mục đích như tưới, cấp nước cho sinh hoạt, cho công nghiệp, cho chăn nuôi... cần phải có các công trình khai thác nước ngầm.

Dựa vào tình hình cụ thể của mỗi khu vực như điều kiện khí hậu, địa hình, điều kiện địa chất và địa chất thủy văn... để tính toán thiết kế công trình khai thác nước ngầm thích hợp nhằm triệt để tận dụng nguồn nước ngầm để thỏa mãn tối đa các yêu cầu về nước, đồng thời vẫn phải đảm bảo các yêu cầu về môi trường, về cân bằng tự nhiên trong khu vực đó. Vì vậy, việc thiết kế công trình khai thác nước ngầm có một ý nghĩa kinh tế kỹ thuật rất lớn, nó còn chứa đựng ý nghĩa xã hội đặc biệt trong những vùng mà nguồn nước mặt khan hiếm.

5.1. CÁC CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

Tùy vào từng loại nước ngầm khác nhau như nước ngầm tầng nông, nước ngầm tầng sâu, nước ngầm hang động, nước ngầm không áp, nước ngầm có áp và các điều kiện về địa chất, địa chất thủy văn như cấu tạo địa tầng, động thái, trữ lượng nước ngầm mà có các loại công trình khai thác nước ngầm khác nhau:

- Công trình khai thác nước ngầm theo chiều đứng.
- Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang.

5.1.1. Công trình khai thác nước ngầm theo chiều đứng

Công trình khai thác nước ngầm theo chiều đứng thường gặp ba loại sau:

- Giếng thùng (giếng hở);
- Giếng ống;
- Giếng hỗn hợp.

Những giếng này có tác dụng tập trung nước ngầm rồi kết hợp với máy bơm cao áp bơm nước lên để sử dụng.

1. Giếng thùng

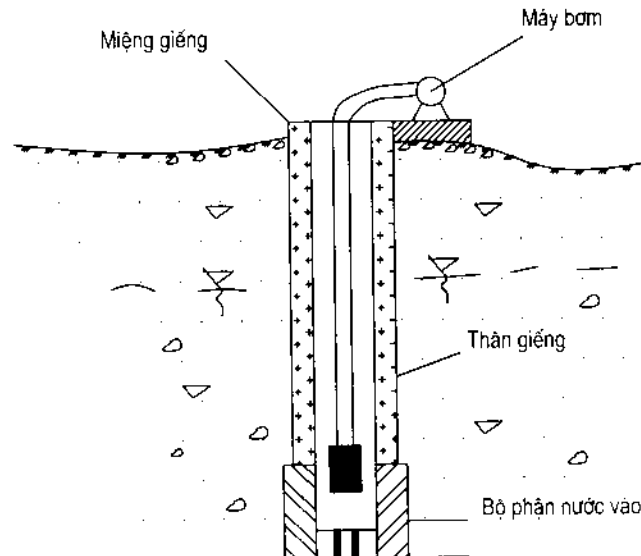
Giếng thùng thường được xây dựng với nước ngầm tầng nông và tầng trữ nước mỏng. Như chúng ta đã biết, loại nước ngầm này chịu ảnh hưởng nhiều về điều kiện khí tượng như mưa, nhiệt độ, bốc hơi... và chế độ nước mặt.

Cấu tạo giếng thùng bao gồm:

- Miệng giếng

- Thân giếng
- Bộ phận nước vào

Miệng giếng: Thường được kết hợp để bố trí máy bơm và bảo vệ các vật khỏi rơi vào trong giếng.



Hình 5.1- Giếng thùng (Open well)

Thân giếng: Thường được cấu tạo bằng gạch xây, đá xây, gỗ, bê tông nhằm chống sụt lở thành giếng đặc biệt đối với vùng địa chất trầm tích, tầng trữ nước mềm yếu không đồng chất.

Bộ phận nước vào: Thường được đục lỗ nhỏ hoặc những vật liệu rỗng để có thể lọc nước từ tầng trữ nước chảy vào giếng.

2. Giếng ống

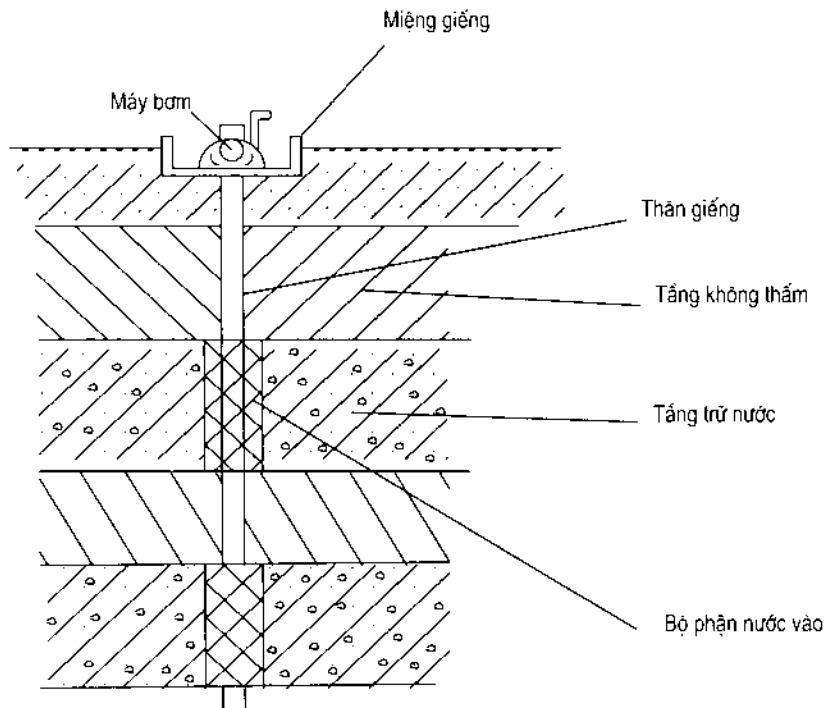
Giếng ống thường là giếng khoan, có đường kính nhỏ hơn giếng thùng nhưng chiều sâu rất lớn từ 10 mét đến hàng trăm mét. Giếng ống được sử dụng để khai thác nước ngầm tầng sâu bao gồm nhiều tầng trữ nước xen kẽ với tầng không trữ nước, hoặc chiều sâu tầng trữ nước rất lớn.

Giếng ống gồm 3 bộ phận chính:

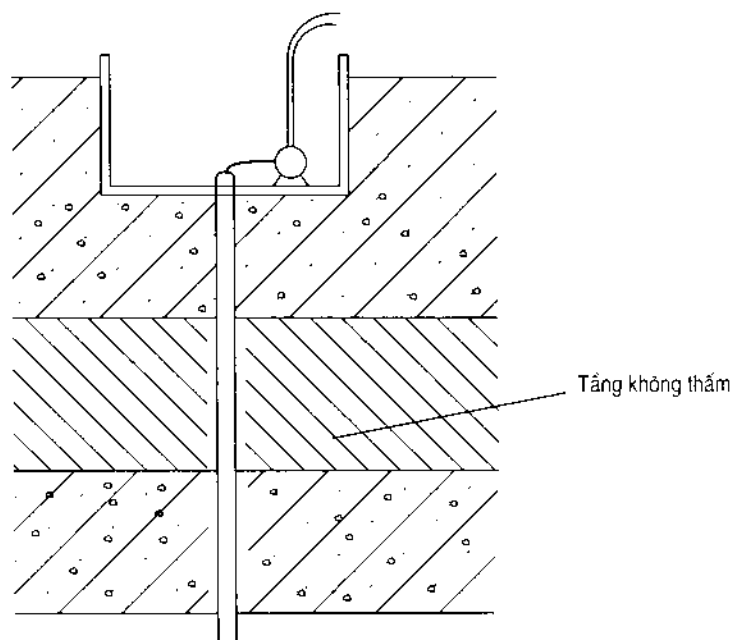
- Miệng giếng
- Thân giếng
- Bộ phận nước vào
 - Miệng giếng thường kết hợp bố trí vị trí đặt máy bơm cao áp
 - Thân giếng được cấu tạo bằng ống thép hoặc ống bê tông
 - Bộ phận nước vào thường được bố trí trên thân giếng tại những vị trí có tầng trữ nước, được cấu tạo có khả năng lọc nước từ tầng trữ nước vào giếng.

3. Giếng hỗn hợp

Giếng hỗn hợp là loại giếng kết hợp giữa giếng thùng và giếng ống có tác dụng khai thác nước ngầm tầng nông và cả nước ngầm tầng sâu. Ngoài ra, còn có tác dụng giảm cột nước hút của máy bơm khi cần thiết và giảm khối lượng xây dựng.



Hình 5.2. Giếng ống



Hình 5.3. Giếng hỗn hợp

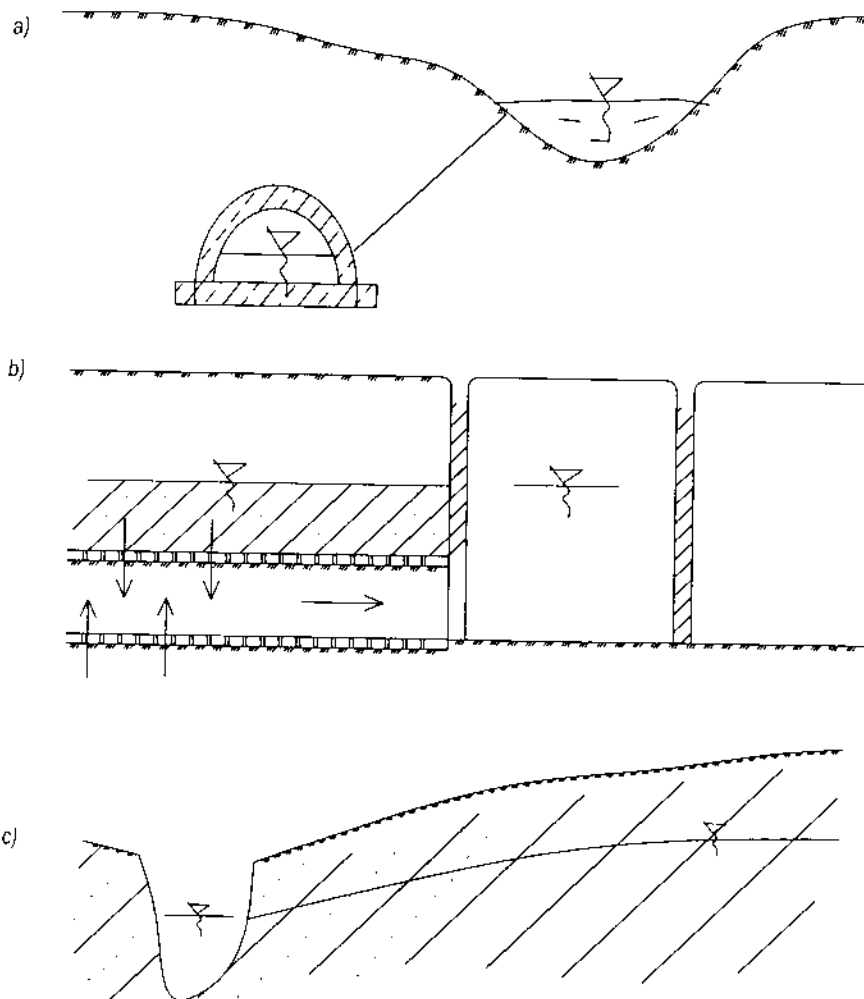
5.1.2. Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang

Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang thường gặp các loại:

- Đường hầm tập trung nước;
- Rãnh tập trung nước;
- Ống ngầm kết hợp với bể tập trung nước.

Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang thường được áp dụng để khai thác nước ngầm tầng nông, tầng trữ nước mỏng.

Loại công trình này đặc biệt có hiệu quả đối với những vùng nước ngầm nằm nông và đường mực nước ngầm có độ dốc (dòng ngầm) ở những vùng như sườn dốc chân đồi...



Hình 5.4- Các dạng công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang

a) Đường hầm tập trung nước; b) Ống ngầm kết hợp bể tập trung;

c) Hào tập trung nước

5.2. TÍNH TOÁN THỦY LỰC ĐỐI VỚI GIẾNG KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

Nhìn chung khi xây dựng các giếng khai thác nước ngầm, nước từ tầng trữ nước sẽ chảy vào giếng, mực nước trong giếng khi chưa bơm bằng mực nước tĩnh ở tầng trữ nước bão hoà nước (mực nước ngầm). Khi bắt đầu bơm nước, mực nước trong giếng sẽ hạ xuống tạo ra một sự chênh lệch về mực nước giữa mực nước ngầm và mực nước trong giếng, nước từ tầng trữ nước xung quanh bắt đầu chảy vào trong giếng. Tất cả quá trình đó đều tuân theo những nguyên lý thủy lực nhất định.

Để tính toán lưu lượng có khả năng cung cấp của giếng, sự thay đổi của mực nước ngầm nhằm thiết kế công trình khai thác nước ngầm trong những điều kiện địa chất thủy văn nhất định, chúng ta phải nghiên cứu quy luật thủy lực của dòng chảy nước ngầm vào giếng.

5.2.1. Một số khái niệm cơ bản

1. Mực nước tĩnh

Mực nước trong giếng trước khi bơm được gọi là mực nước tĩnh. Nhìn chung, mực nước tĩnh bằng mực nước ngầm (Water table), trừ trường hợp giếng phun (Artesian) mực nước trong giếng có thể cao hơn mực nước ngầm. Áp suất của mực nước tĩnh bằng áp suất khí trời. Thường dùng chiều sâu từ mặt đất đến mực nước trong giếng để thể hiện mực nước tĩnh.

2. Mật áp lực

Mật áp lực là mật có chiều cao bằng với mực nước trong ống đo áp. Chiều cao h là chiều cao dâng nước so với một mặt chuẩn nào đó bằng áp suất tại điểm nằm trên mặt chuẩn P chia cho trọng lượng riêng của nước W :

$$h = \frac{P}{W}$$

3. Mực nước bơm

Mực nước bơm là mực nước trong giếng khi bơm với một lưu lượng bất kỳ nào đấy. Mực nước bơm là một đại lượng luôn luôn biến đổi tùy theo khối lượng nước bơm khỏi giếng.

4. Độ hạ thấp (Draw down)

Độ hạ thấp tại một thời điểm nào đó là khoảng cách từ mực nước tĩnh tới mực nước bơm. Độ hạ thấp có ảnh hưởng tới năng suất của giếng. Độ hạ thấp thực tế lớn nhất được giới hạn khi mực nước bơm chạm tới đỉnh bộ phận nước vào.

5. Vùng ảnh hưởng

Khi nước được bơm khỏi giếng sẽ có một lượng nước bổ sung vào giếng từ tầng trữ nước xung quanh giếng. Hãy tưởng tượng vùng ảnh hưởng là một hình nón ngược có đáy là mực nước tĩnh và đỉnh là mực nước bơm. Diện tích bị ảnh hưởng do bơm nước ra khỏi

giếng gọi là diện tích ảnh hưởng hoặc vùng ảnh hưởng. Đường biên của diện tích ảnh hưởng gọi là đường tròn ảnh hưởng. Bán kính của đường tròn ảnh hưởng này gọi là bán kính ảnh hưởng.

Khi càng bơm nước nhiều ra khỏi giếng, thì lượng nước bổ sung từ tầng trữ nước càng nhiều, dẫn đến bán kính ảnh hưởng càng lớn, vùng ảnh hưởng càng mở rộng. Sự mở rộng này sẽ dừng lại khi lượng nước bơm ra khỏi giếng cân bằng với lượng nước bổ sung vào giếng từ tầng trữ nước bị ảnh hưởng. Sự cân bằng này sẽ thay đổi khi mà lưu lượng bơm tăng lên hoặc hạ xuống.

6. Công suất của giếng

Công suất của giếng là khối lượng nước được lấy ra khỏi giếng trong một đơn vị thời gian, cũng có thể gọi là lưu lượng của giếng, có đơn vị là (l/s) hoặc (l/phút).

7. Lưu lượng đặc trưng

Lưu lượng đặc trưng là lưu lượng của giếng trên một đơn vị chiều sâu hạ thấp (l/s.m).

8. Giếng hở

Giếng hở là giếng đào đến tầng địa chất trữ nước, giếng tập trung nước từ tầng trữ nước sát mặt đất, do kích thước lớn nên giếng hở vừa có tác dụng tập trung nước vừa có tác dụng chứa một lượng nước khá lớn.

9. Giếng ống (Tube well)

Giếng ống được cấu tạo bởi các đường ống cắm vào lòng đất xuyên qua các tầng địa chất trữ nước và tầng địa chất không trữ nước. Các ống kín xung quanh, được đặt trong tầng không trữ nước. Tại các tầng trữ nước bố trí bộ phận nước vào là những lỗ, khe hở ở thành ống. Tuy nhiên, có những giếng mà bộ phận nước vào chỉ đặt ở đáy giếng (cavity well), nước từ tầng trữ nước vào giếng chỉ đi qua đáy giếng.

10. Các điểm lọc nước

Tại các vùng đồng bằng, tầng trữ nước thường là cát sỏi sạn nằm ở gần mặt đất, người ta bố trí những ống ngắn. Trên thân ống bố trí chủ yếu là bộ phận nước vào, phần thân giếng (ống kín xung quanh) không đáng kể. Những giếng kiểu này người ta gọi là những "điểm lọc nước".

5.2.2. Tính toán lưu lượng của giếng có khả năng khai thác

Lý thuyết của Darcy đã thiết lập nguyên lý cơ bản của chuyển động nước ngầm. Dựa trên nguyên lý này Dupuit - nhà thủy lực học người Pháp đã nghiên cứu các quy luật tổn thất đầu nước và thành lập công thức tính toán lưu lượng nước chảy vào giếng từ tầng trữ nước. Trong quá trình nghiên cứu, phân tích ông đã dựa trên một số giả thiết sau đây:

- Độ dốc thủy lực của đường áp lực là không đổi tại tất cả các điểm nằm trong vùng ảnh hưởng.
- Độ dốc thủy lực tại một điểm nào đó của đường mực nước ngầm (hoặc đường áp lực đối với giếng có áp) chính bằng độ dốc mặt nước tại điểm đó.

Dựa trên các cơ sở và giả thiết đó Dupuit đã phân ra một số trường hợp tính toán:

- Tính toán với dòng chảy của nước ngầm vào giếng là dòng chảy ổn định.
- Tính toán với dòng chảy của nước ngầm vào giếng là dòng chảy không ổn định.

1. Dòng ổn định chảy vào giếng trường hợp tầng trữ nước là không giới hạn

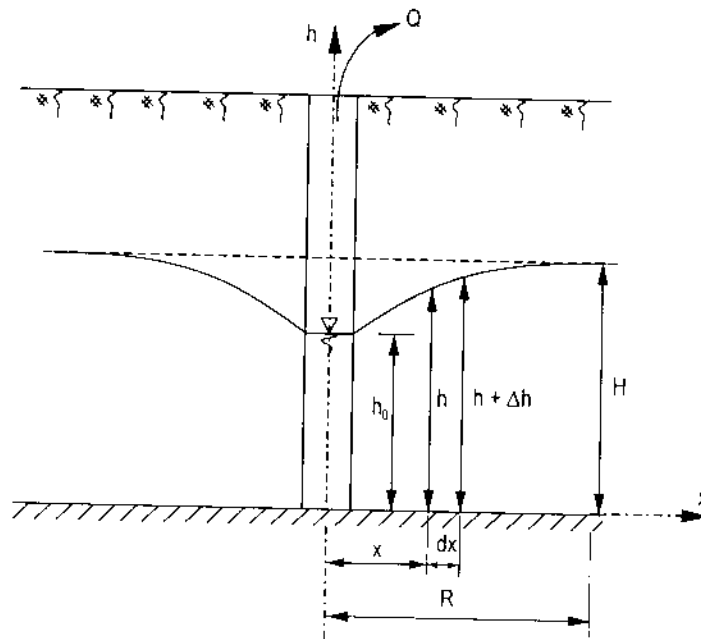
Dòng chảy được gọi là dòng ổn định khi các yếu tố thủy lực tại một điểm nào đó không đổi theo thời gian.

$$\frac{dV}{dt} = 0$$

Dòng ổn định xuất hiện khi có sự cân bằng giữa lưu lượng bơm khỏi giếng và lưu lượng bổ sung vào giếng từ tầng trữ nước và nguồn nước ngoại lai nào đó. Những nguồn nước bên ngoài này thí dụ như tầng trữ nước nằm ở phía trên có mực nước ngầm luôn cố định. Thực tế những điều kiện này rất ít xảy ra trong dòng chảy nước ngầm vào giếng. Tuy nhiên, trong những trường hợp khi quan sát thấy sự thay đổi của độ hạ thấp theo thời gian là không đáng kể hoặc độ dốc thủy lực là hằng số thì có thể coi là dòng ổn định để tính toán.

Năm 1863 - Dupuit còn tiếp tục phân tầng trữ nước ra hai loại:

- Tầng trữ nước không giới hạn (unconfined aquifer).
- Tầng trữ nước giới hạn (confined aquifer).



Hình 5.5- Sơ đồ tính toán thủy lực dòng ổn định trong tầng trữ nước không bị giới hạn

Tầng trữ nước không giới hạn là tầng trữ nước mà phía trên nó không xuất hiện tầng địa chất không thấm nước làm giới hạn. Trường hợp này người ta gọi là giếng trọng lực.

Trong trường hợp này Dupuit cho rằng tầng trữ nước cung cấp vào giếng là một hình trụ bão hoà nước nằm xung quanh giếng có mực nước ngầm nằm ngang, không đổi.

Áp dụng công thức:

$$Q = a_x V = a_x KJ \quad (5.1)$$

trong đó:

Q - lưu lượng chảy vào giếng;

V - tốc độ thấm, $V = KJ$;

K - hệ số thấm;

J - độ dốc thủy lực;

a_x - diện tích thấm - là diện tích xung quanh của hình trụ cấp nước.

Lưu lượng chảy vào giếng tại mặt cắt có khoảng cách x nào đó tới tâm giếng được tính bằng công thức:

$$Q = a_x KJ = 2\pi x h K \frac{dh}{dx}$$

$$\frac{Q dx}{2\pi x K} = h dh \quad (5.1)'$$

Đối với dòng chảy đồng tâm, ổn định vào giếng thì lưu lượng chảy vào giếng của toàn bộ vùng ảnh hưởng của tầng trữ nước sẽ là tích phân hàm số trên với cận:

Khi $x = r$ thì $h = h_0$

Khi $x = R$ thì $h = H$

Ta có:

$$\int_{h_0}^H h dh = \frac{Q}{2\pi K} \int_r^R \frac{dx}{x} \Leftrightarrow \frac{H^2 - h_0^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \ln \frac{R}{r}$$

$$Q = \frac{K\pi(H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R}{r}}$$

$$Q = \frac{K\pi(H - h_0)(H + h_0)}{\ln \frac{R}{r}} \quad (5.2)$$

trong đó:

Q - lưu lượng chảy vào giếng (m^3/s);

H - mực nước tĩnh kể từ tầng không thấm (m);

h_0 - chiều cao mực nước bơm kể từ tầng không thấm (m);

R - bán kính ảnh hưởng (m);

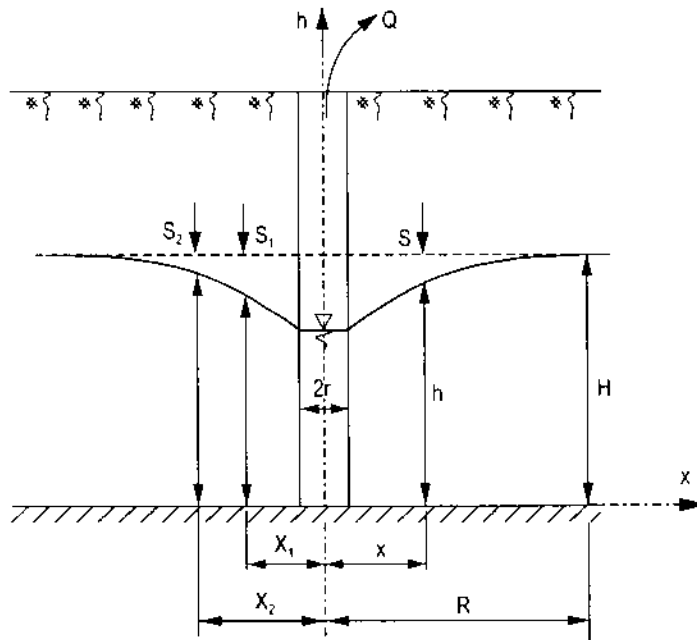
r - bán kính của giếng (m);

K - hệ số thấm của tầng trữ nước (m/s).

Trong thực tế, để áp dụng công thức (5.2) của Dupuit, năm 1870 Adolph - Thiem đã phát triển thêm. Thiem cho rằng khi khoảng cách từ tâm giếng vượt quá một trị số nào đó thì độ hạ thấp của mực nước ngầm trở nên không đáng kể. Ông quan sát thấy rằng sự bổ sung thêm vào nước ngầm từ nước mưa hoặc nước tưới trên mặt đất có xu hướng cân bằng với lượng nước được bơm khỏi giếng. Vì thế nó sẽ giữ cho bán kính ảnh hưởng R gần như một hằng số.

Lý thuyết của Dupuit - Thiem đưa ra hết sức quan trọng trong tính toán thủy lực giếng.

Để tính toán các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước, công thức (5.2) được biến đổi và được sử dụng trong điều kiện dòng chảy là ổn định.



Hình 5.6- Sơ đồ tính toán theo độ hạ thấp mực nước

Nếu lấy công thức (5.1):

$$\frac{Qdx}{2\pi xK} = h dh$$

Tích phân trong khoảng cách từ x_1 đến x_2 và từ h_1 đến h_2 , ta có:

$$Q = \frac{K\pi(h_2^2 - h_1^2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}}$$

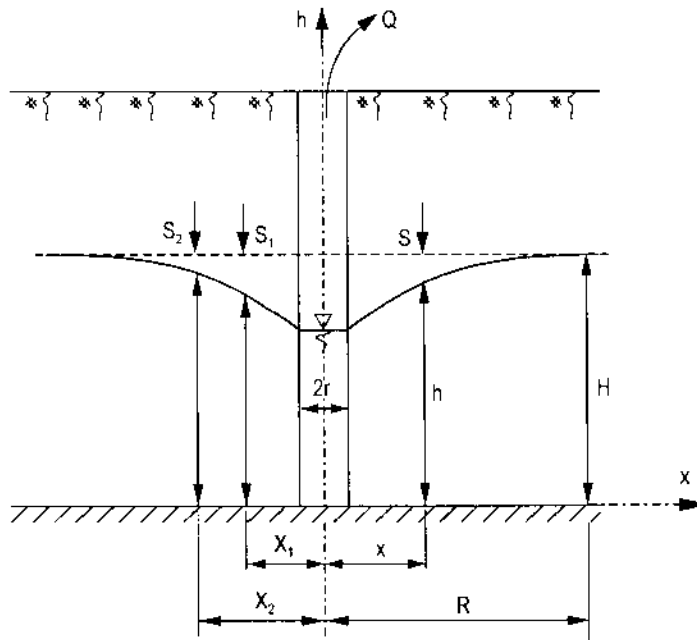
Chúng ta có $h = H - S$:

$$Q = \frac{K\pi[(H - S_2)^2 - (H - S_1)^2]}{\ln \frac{x_2}{x_1}}$$

Trong thực tế, để áp dụng công thức (5.2) của Dupuit, năm 1870 Adolph - Thieme đã phát triển thêm. Thieme cho rằng khi khoảng cách từ tâm giếng vượt quá một trị số nào đó thì độ hạ thấp của mực nước ngầm trở nên không đáng kể. Ông quan sát thấy rằng sự bổ sung thêm vào nước ngầm từ nước mưa hoặc nước tưới trên mặt đất có xu hướng cân bằng với lượng nước được bơm khỏi giếng. Vì thế nó sẽ giữ cho bán kính ảnh hưởng R gần như một hằng số.

Lý thuyết của Dupuit - Thieme đưa ra hết sức quan trọng trong tính toán thủy lực giếng.

Để tính toán các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước, công thức (5.2) được biến đổi và được sử dụng trong điều kiện dòng chảy là ổn định.



Hình 5.6- Sơ đồ tính toán theo độ hạ thấp mực nước

Nếu lấy công thức (5.1):

$$\frac{Qdx}{2\pi xK} = h dh$$

Tích phân trong khoảng cách từ x_1 đến x_2 và từ h_1 đến h_2 , ta có:

$$Q = \frac{K\pi(h_2^2 - h_1^2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}}$$

Chúng ta có $h = H - S$:

$$Q = \frac{K\pi[(H - S_2)^2 - (H - S_1)^2]}{\ln \frac{x_2}{x_1}}$$

$$Q = \frac{2K\pi H}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \left[\left(S_1 - \frac{S_1^2}{2H} \right) - \left(S_2 - \frac{S_2^2}{2H} \right) \right]$$

$$\text{Đặt } S' = S - \frac{S^2}{2H} \Rightarrow S'_1 = S_1 - \frac{S_1^2}{2H}$$

$$S'_2 = S_2 - \frac{S_2^2}{2H}$$

S'_1, S'_2 - độ hạ thấp đã được hiệu chỉnh (trong trường hợp dòng chảy ổn định).

$$\text{Ta có: } Q = \frac{2\pi KH(S'_1 - S'_2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \quad (5.3)$$

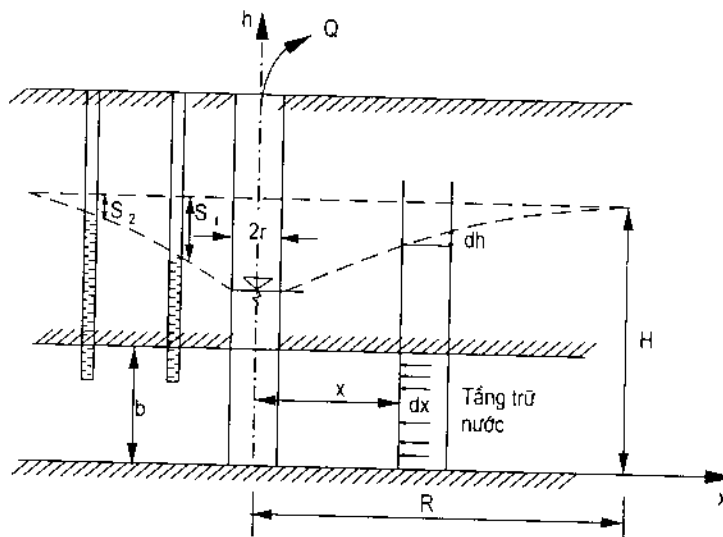
$$\begin{aligned} \text{Đặt: } KH &= T \\ Q &= \frac{2\pi T(S'_1 - S'_2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \end{aligned} \quad (5.4)$$

$T = KH$ được coi như khả năng chuyển nước của tầng trữ nước (m^2/s):

$$T = \frac{Q \ln \frac{x_2}{x_1}}{2\pi(S'_1 - S'_2)} \quad (5.5)$$

Công thức (5.5) có thể sử dụng để ước tính giá trị khả năng chuyển nước và hệ số thấm của tầng trữ nước, trong trường hợp độ hạ thấp là nhỏ so với chiều dày tầng bảo hoà nước của tầng trữ nước.

2. Tính lưu lượng giếng với dòng chảy ổn định trường hợp tầng trữ nước bị giới hạn



Hình 5.7- Sơ đồ tính toán thủy lực dòng ổn định trong tầng trữ nước

Tầng trữ nước bị giới hạn theo Dupuit định nghĩa là tầng trữ nước nằm kẹp giữa hai tầng địa chất không thấm nước (tầng địa chất không thấm nằm cả phía dưới và phía trên tầng trữ nước).

Với dòng chảy ổn định hướng tâm, Dupuit vẫn dùng công thức (5.1) để tính lưu lượng áp dụng cho mặt áp lực tương đương với đường mực nước ngầm trong trường hợp tầng trữ nước không bị giới hạn.

Lưu lượng tại mặt cắt cách tâm một khoảng cách x nào đấy được tính toán như sau:

$$Q = axKJ = 2\pi bxK \frac{dh}{dx}$$

$$dh = \frac{Q}{2\pi Kb} \frac{dx}{x} \quad (5.6)$$

Tích phân phương trình (5.6) với các điều kiện biên của giếng:

$$\int_{h_0}^H dh = \frac{Q}{2\pi Kb} \int_r^R \frac{dx}{x}$$

$$H - h_0 = \frac{Q}{2\pi Kb} \ln \frac{R}{r}$$

$$Q = \frac{2\pi Kb(H - h_0)}{\ln \frac{R}{r}} \quad (5.7)$$

trong đó:

b - chiều dày của tầng trữ nước nằm ngang bị giới hạn bởi các tầng không thấm nước.

Các đại lượng như đã định nghĩa ở công thức (5.2).

Công thức (5.7) cũng được sử dụng để tính toán các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước trên cơ sở đo đạc các đại lượng trong công thức khi bơm thử.

Năm 1870 - Thieme đã nghiên cứu một cách độc lập cũng đã tìm ra công thức tính toán trên với một số giả thiết để tăng độ chính xác của công thức. Những giả thiết đó là :

- Tầng trữ nước được mở rộng đến vô cùng (infinite areal extent).
- Tầng trữ nước là đồng nhất và đẳng hướng (isotropic) và có chiều dày không đổi trong toàn bộ vùng ảnh hưởng trong khi bơm.
- Giếng chạy xuyên qua toàn bộ tầng trữ nước và nhận nước từ toàn bộ chiều dày của tầng trữ nước bởi dòng chảy ngang hướng tâm.
- Dòng chảy vào giếng là dòng chảy ổn định.

Để xác định các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước có thể dùng một trong hai cách sau đây:

Cách thứ nhất:

Quan sát độ hạ thấp trên các ống đo áp hoặc giếng quan sát vẽ biểu đồ trên giấy logarit giữa thời gian và độ hạ thấp với:

- Trục hoành biểu thị thời gian với số đo theo cách chia logarit.
- Trục tung biểu thị độ hạ thấp với số đo theo cách chia đường thẳng bình thường.

Đường cong quan hệ giữa thời gian và độ hạ thấp được quan sát và vẽ ở những thời gian sau cùng. Đường cong với những ống đo áp khác nhau sẽ chạy song song và khoảng cách giữa chúng là không đổi. Như vậy có nghĩa là độ dốc thủy lực không thay đổi và có thể coi dòng chảy trong tầng trữ nước chảy với chế độ dòng ổn định. Các giá trị độ hạ thấp S_1, S_2 được quan sát tại các ống đo áp có khoảng cách tới tâm giếng x_1, x_2 tương ứng.

Chúng ta có:

$$\int_{h_1}^{h_2} dh = \frac{Q}{2\pi Kb} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x} \Leftrightarrow h_2 - h_1 = \frac{Q}{2\pi Kb} \ln \frac{x_2}{x_1}$$
$$Q = \frac{2\pi Kb(h_2 - h_1)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \quad (5.8)$$

$$S_1 = H - h_1 \rightarrow h_1 = H - S_1$$

$$S_2 = H - h_2 \rightarrow h_2 = H - S_2$$

Thay vào công thức (5.8) ta có:

$$Q = \frac{2\pi Kb(H - S_2 - H + S_1)}{\ln \frac{x_2}{x_1}}$$
$$Q = \frac{2\pi Kb(S_1 - S_2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \quad (5.9)$$
$$Q = \frac{2\pi T(S_1 - S_2)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \text{ với } T = Kb$$

$T = Kb$ được gọi là khả năng chuyển nước của tầng trữ nước bị giới hạn.

Thay các giá trị quan sát được vào công thức (5.9) chúng ta sẽ xác định được giá trị T, K và b . Quan sát với nhiều cặp ống đo áp khác nhau chúng ta sẽ có nhiều giá trị T . Trị số bình quân của các kết quả sẽ là giá trị gần với thực tế. Khi biết được khả năng chuyển nước T , ta có thể tính toán được hệ số thấm K hoặc chiều dày tầng trữ nước b nếu khảo sát được một trong hai trị số đó.

Cách thứ hai:

Trên giấy bán logarit, vẽ đường quan hệ giữa độ hạ thấp tại các ống đo áp và khoảng cách tương ứng của chúng tới tâm giếng.

- Trục tung biểu thị độ hạ thấp với tỷ lệ đường thẳng.
- Trục hoành biểu thị khoảng cách tại các điểm đo áp tới tâm giếng chia theo tỷ lệ logarit.

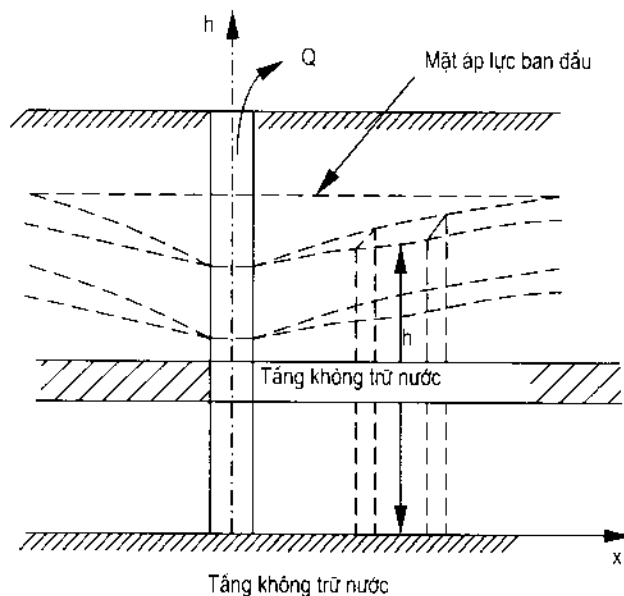
Nếu chọn các ống đo áp có khoảng cách gấp nhau 10 lần ta sẽ có công thức:

$$Q = \frac{2\pi T(\Delta S)}{2,3} \quad (5.10)$$

trong đó: ΔS - sự chênh lệch về độ hạ thấp giữa hai ống đo áp có khoảng cách gấp 10 lần từ đó có thể tính được khả năng chuyển nước T và K, b thông qua các lần bơm thử.

3. Tính thủy lực giếng với dòng chảy không ổn định trường hợp tầng trữ nước bị giới hạn

Trong thực tế khi bắt đầu bơm nước từ giếng với một lưu lượng nào đó, mực nước trong giếng hạ xuống tạo ra chênh lệch mực nước nên nước từ tầng trữ nước sẽ chảy vào giếng tạo ra một vùng ảnh hưởng theo dạng hình nón ngược. Nếu cứ tiếp tục bơm thì vùng ảnh hưởng sẽ lan rộng dần và bán kính ảnh hưởng càng lớn, độ dốc thủy lực của mặt áp lực cũng sẽ luôn thay đổi. Nếu giả thiết không có nguồn nước bổ sung vào tầng trữ nước như nước mưa, nước mặt... và tầng trữ nước là rộng vô hạn; nếu cứ tiếp tục bơm, nước từ tầng trữ nước tiếp tục chảy vào giếng và hình nón ngược của độ hạ thấp mực nước ngầm sẽ phát triển theo thời gian. Như vậy, trong một khoảng thời gian nào đó lượng nước thoát ra từ tầng trữ nước sẽ bằng trị số tích phân của hệ số trữ nước và độ hạ thấp trong khoảng diện tích ảnh hưởng phát triển trong thời gian đó.



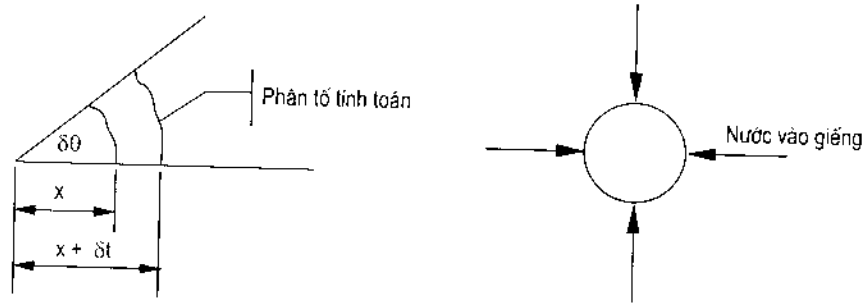
Hình 5.8- Sơ đồ tính toán thủy lực dòng không ổn định với tầng trữ nước bị giới hạn

Độ hạ thấp của mực nước trong giếng, bán kính ảnh hưởng, độ dốc thủy lực của đường áp lực luôn luôn thay đổi theo thời gian bơm, vì vậy không thể có trạng thái chảy ổn định trong tầng trữ nước suốt trong quá trình công trình khai thác nước ngầm hoạt động.

Theis đã phân tích sự tương tự của dòng chảy nước ngầm và sự truyền dẫn nhiệt trên cơ sở có một số giả thiết thêm vào với giả thiết Dupuit - Thieme sau đây:

- Tầng trữ nước bị giới hạn.
- Dòng chảy trong tầng trữ nước chảy vào giếng với trạng thái không ổn định.
- Sự thay đổi của độ hạ thấp không đáng kể theo thời gian đồng thời gradient thủy lực cũng không đổi theo thời gian.
- Sự chuyển động của nước thoát ra từ tầng trữ nước là tức thời với độ hạ thấp của đầu nước.
- Đường kính của giếng là rất nhỏ nên lượng trữ nước trong giếng coi như bỏ qua.

Năm 1940, Jacob đưa ra phương trình vi phân của dòng chảy không ổn định trong tầng trữ nước chảy hướng tâm và coi như không có sự rò rỉ theo chiều đứng như sau:



Hình 5.9- Dòng chảy qua thể tích không chế trong tọa độ cực

- Lượng nước đi vào trong thể tích không chế là:

$$-\frac{\partial h}{\partial x} T_r r \delta \theta \quad (5.11)$$

- Lượng nước đi ra khỏi thể tích không chế là:

$$\frac{-\frac{\partial h}{\partial r} T_r + \frac{\partial h}{\partial r} \left(-\frac{\partial h}{\partial r} T_r \right) \delta r}{(r \delta \theta + \delta \theta \times \delta r)} \quad (5.12)$$

- Lượng nước còn lại trong thể tích không chế là:

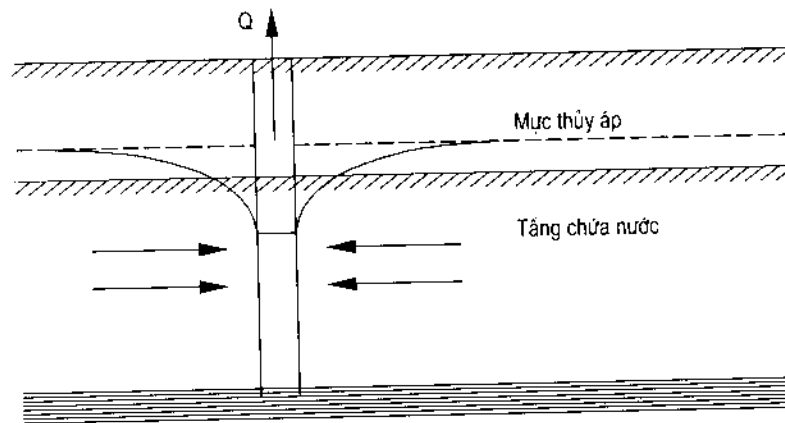
$$\begin{aligned} & -\frac{\partial h}{\partial r} T_r r \delta \theta - \frac{\partial h}{\partial r} \left(-\frac{\partial h}{\partial r} T_r \right) r \delta r \delta \theta - T_r \frac{\partial h}{\partial r} - \frac{\partial}{\partial r} \left(-\frac{\partial h}{\partial r} T_r \right) \delta r^2 \delta \theta + \left(-\frac{\partial h}{\partial r} T_r r \delta \theta \right) = \\ & = \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial h}{\partial r} T_r \right) r \delta r \delta \theta + T_r \frac{\partial h}{\partial r} \delta r \delta \theta \end{aligned} \quad (5.13)$$

Lượng nước này theo phương trình cân bằng nước phải bằng $\mu \frac{\partial h}{\partial t}$, do đó:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(T_r \frac{\partial h}{\partial r} \right) + \frac{T_r}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \mu \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5.14)$$

Trường hợp môi trường là đồng nhất, ta có:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\mu}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5.15)$$



Hình 5.10- Sơ đồ dòng chảy vào giếng có áp

trong đó:

T - khả năng chuyển nước của tầng trữ nước (hệ số dẫn nước), (m^2/s);

h- cột nước áp lực (m);

μ - hệ số trữ nước (không có thứ nguyên);

x - khoảng cách từ tâm giếng đến điểm khảo sát;

t - thời gian kể từ khi bắt đầu bơm nước.

Theis (1935) cũng đã tìm ra công thức trên và coi sự chuyển động của nước trong đất tương tự như sự truyền nhiệt với điều kiện biên $h = h_0$ trước khi bắt đầu bơm. Vì vậy, khi $x \rightarrow \infty$ thì $h \rightarrow h_0$, khi bắt đầu bơm $t \geq 0$.

Và
$$\lim_{x \rightarrow 0} \left(x \frac{\partial h}{\partial x} \right) = \frac{Q}{2\pi T}$$

Điều kiện ban đầu:

$$h_{(x,0)} = h_0 \quad \text{với } t \leq 0$$

Và lời giải của phương trình vi phân trên có dạng:

$$h = h_0 - \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad (5.16)$$

với:
$$\int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du = -E(-u)$$

trong đó: $u = \frac{x^2 S}{4Tt}$ và được biểu thị: $-E_i(-u)$.

Công thức (5.16) được áp dụng để tính toán thủy lực của giếng đứng khai thác nước ngầm và được coi là công thức của Theis.

Tích phân trên có thể được khai triển thành chuỗi hội tụ:

$$S = h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} [-E_i(-u)]$$

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \left[-0,5772 - \ln u - u - \frac{u^2}{2,21} - \frac{u^3}{3,31} - \frac{u^4}{4,41} \right] \quad (5.17)$$

Tích phân mũ này được biểu thị bằng hàm số $W(u)$ do Wenzel đưa ra:

$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (5.18)$$

trong đó:

S - độ hạ thấp mực nước ngầm;

$W(u)$ - hàm số giếng với tầng trữ nước bị giới hạn, đẳng hướng, không bị rò rỉ thất thoát theo chiều đứng và giếng được đào xuyên qua toàn bộ tầng trữ nước với các điều kiện của dòng chảy là hằng số.

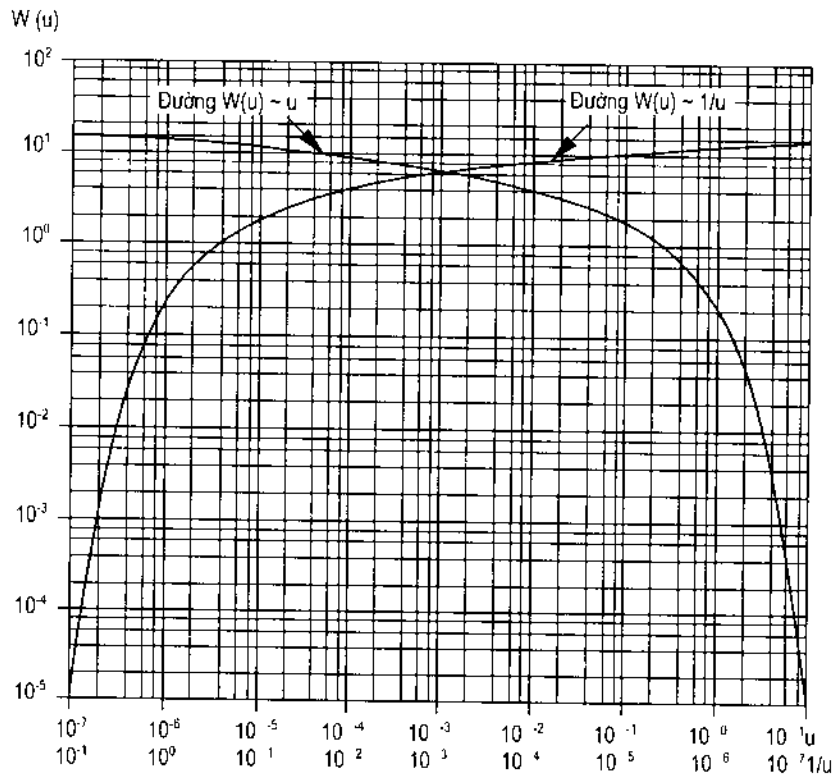
Trong công thức của Theis hệ số trữ nước S và khả năng chuyển nước T không thể xác định một cách trực tiếp được vì nó cũng xuất hiện trong "argument" của phương trình như một ước số của một tích phân mũ. Có rất nhiều phương pháp giải tích phân mũ này để xác định các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước..., một số phương pháp giải tương đối phổ biến sau đây:

- Phương pháp đường cong mẫu
- Phương pháp của Jacob
- Phương pháp phục hồi Theis
- Phương pháp Kriz

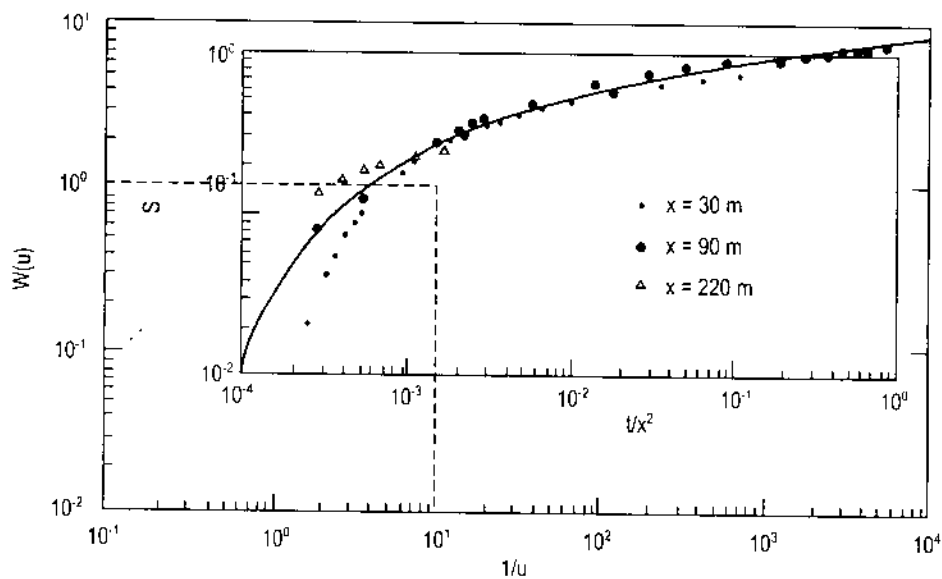
Theis đưa ra cách giải phương trình tích phân trên bằng phương pháp đường cong mẫu nhằm xác định các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước có giới hạn theo các bước như sau:

1. Chuẩn bị đường cong mẫu (hình 5.11) của hàm số giếng Theis trên giấy logarit hai chiều, (quan hệ $W(u) \sim u$ hoặc $W(u) \sim 1/u$).

2. Vẽ quan hệ giữa $S \sim t/x^2$ trên giấy logarit hai chiều có cùng tỉ lệ với đường cong mẫu $W(u) \sim u$. Sau đó đặt chấp quan hệ $S \sim t/x^2$ lên đường cong mẫu sao cho hai quan hệ trùng với nhau và các trục tọa độ song song từng đôi một (hình 5.12)



Hình 5.11 - Đường cong Theis $W(u) \sim u$ và $W(u) \sim 1/u$



Hình 5.12- Phương pháp chấp đường cong $S \sim t/x^2$ và đường cong $W(u) \sim 1/u$

3. Chọn một điểm A nào đó trên đường quan hệ $S \sim t/x^2$ (tốt nhất chọn điểm A đó có các tọa độ $W(u) = 1$ và $1/u = 10$ để tính toán cho đơn giản). Từ điểm A đóng vào các trục tọa độ tương ứng ta tìm được các giá trị $W(u)$, $1/u$, S và t/x^2 .

4. Thay các giá trị $W(u)$, S và Q (lưu lượng bơm khỏi giếng) ta tìm được khả năng chuyển nước của tầng trữ nước $T = \frac{Q}{4\pi S} W(u)$.

5. Khi tính được giá trị $T = Kb$ và có các giá trị t/x^2 và u chúng ta tìm được hệ số trữ nước $S = 4T \frac{1}{x^2} u$.

4. Tính toán thủy lực giếng với dòng chảy không ổn định trường hợp tầng trữ nước không bị giới hạn

Phương trình (5.16) và các phương pháp giải trên đây được áp dụng giải quyết các bài toán thủy lực cho dòng chảy vào giếng của nước ngầm trong trường hợp tầng trữ nước bị giới hạn được coi rằng nước thoát khỏi tầng trữ nước là tức thời do khả năng tự nhiên của tầng trữ nước và hệ số trữ nước S là hằng số.

Đối với tầng trữ nước không giới hạn, lượng nước thoát ra từ tầng trữ nước bao gồm lượng nước được bổ sung bằng trọng lực từ tầng trên vào khoảng trống không bão hòa nước do nước đã bổ sung vào giếng. Sự chuyển động bằng rơi tự do của nước trong những khe rỗng của đất nói chung là chậm và hệ số trữ nước của đất cũng tăng với tốc độ giảm dần theo thời gian bơm. Vì thế, chiều dày của tầng bão hòa thay đổi đáng kể. Coi rằng sự thay đổi của sự hạ thấp không đáng kể trong khu vực được bổ sung nước bằng rơi trọng lực. Chính vì sự phân tích trên, công thức thủy lực với dòng chảy không ổn định trong tầng trữ nước có giới hạn không thể hiện ảnh hưởng của sự rơi trọng lực của nước và giảm chiều dày tầng bão hòa đặc biệt với thời gian bơm ngắn.

Sự ảnh hưởng của việc rơi tự do của nước từ các khe rỗng của đất làm giảm chiều dày của tầng bão hòa nước trong tầng trữ nước và vì thế cũng sẽ giảm khả năng chuyển nước của tầng trữ nước. Vì vậy, trong bài toán ở tầng trữ nước không giới hạn giá trị hạ thấp được quan sát phải được hiệu chỉnh nhằm bù vào sự giảm nhỏ của tầng bão hòa để sử dụng trong quá trình nghiên cứu. Độ hạ thấp quan sát được thay bằng trị số đã hiệu chỉnh:

$$S' = S - \frac{S^2}{2h_0} \quad (5.19)$$

trong đó:

S' - độ hạ thấp sẽ phải xuất hiện trong bài toán coi là tầng trữ nước bị giới hạn tương đương;

h_0 - đầu nước trước khi bơm.

Thực tế cho thấy nếu $\frac{S}{h_0} \leq 0,25$ thì hệ số trữ nước gần như là hằng số. Với sự hiệu chỉnh này phương pháp tính toán đặc trưng thủy lực cho tầng trữ nước có giới hạn sẽ được dùng để giải quyết bài toán trong trường hợp tầng trữ nước không bị giới hạn.

Kriz đã đưa ra cách giải bằng đồ thị bài toán đối với tầng trữ nước không bị giới hạn bằng cách giải phương trình dòng không ổn định sau:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - \frac{1}{x} \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{S'}{K} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (5.20)$$

trong đó:

S' - giá trị đặc trưng;

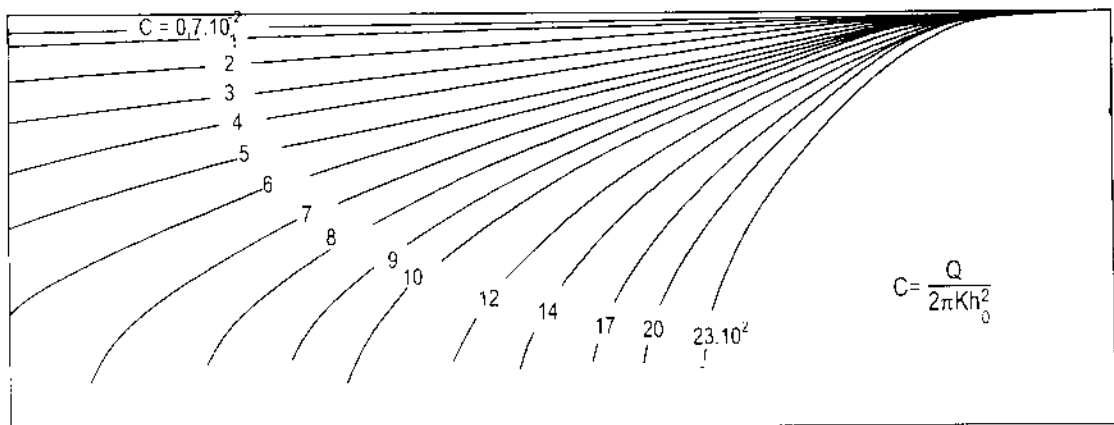
K - hệ số thấm của tầng trữ nước;

Lời giải được đưa ra dưới dạng biểu đồ quan hệ giữa trị số:

$$\lambda = \frac{h}{h_0} \text{ và } \xi = \frac{x^2}{4\gamma t} \quad (5.21)$$

với:

$$\gamma = K \frac{h_0}{S'} \text{ và } \xi = \frac{x^2 S'}{4Kh_0 t}$$



Hình 5.13- Đường cong mẫu trong bài toán thủy lực tầng trữ nước không giới hạn

Các đường quan hệ được vẽ cho các giá trị khác nhau của trị số C :

$$C = \frac{Q}{2\pi Kh_0^2} \quad (5.22)$$

Khi chúng ta có một tập hợp các số liệu để vẽ đường quan hệ giữa $\lambda = \frac{h}{h_0}$ và

logarit của giá trị $\frac{x^2}{t}$, chồng các hình vẽ này lên đường cong mẫu không thứ nguyên

của tầng trữ nước không giới hạn có trục tung có các giá trị trùng với giá trị $\frac{h}{h_0}$ và trục logarit sẽ song song, sẽ tìm được một đường cong vẽ từ tài liệu đo đạc phù hợp với đường cong của họ đường cong mẫu (hình 5.13).

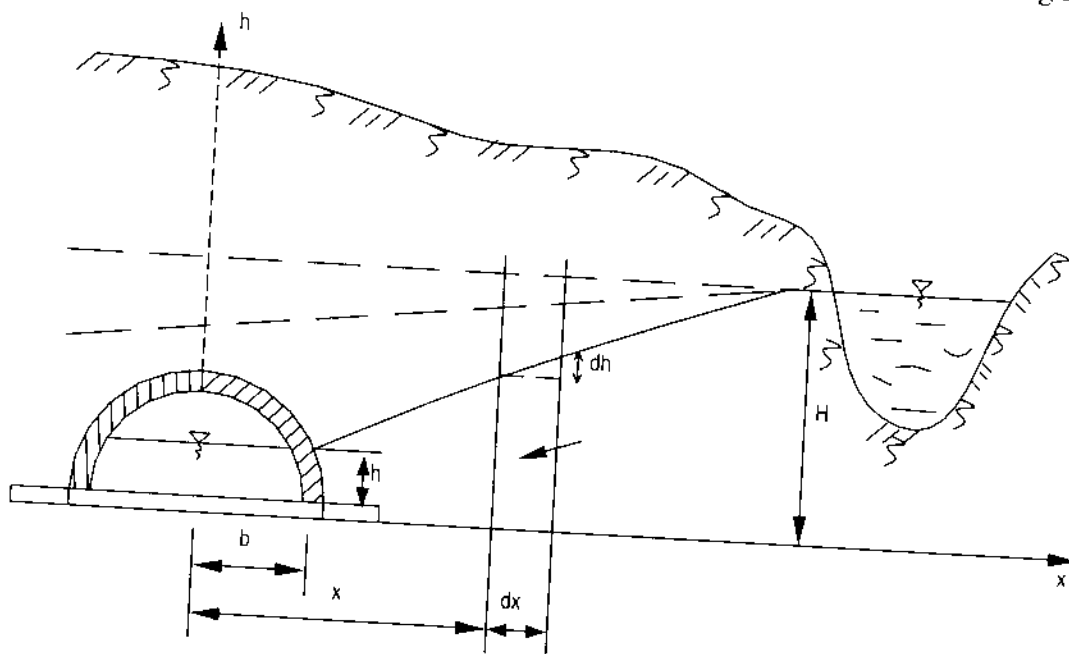
Biết được giá trị của C thay vào phương trình (5.22) để tìm trị số K cũng từ đường cong phù hợp để xác định giá trị của ξ và $\frac{x^2}{t}$, từ đó thay vào công thức (5.21) để tìm giá trị của S'.

Cần chú ý rằng hiện tượng rơi tự do của nước trong tầng trữ nước sẽ chưa đạt tới ổn định nếu trong khoảng thời gian từ 8 ÷ 24 giờ. Vì vậy, cần phải tiếp tục bơm trong khoảng thời gian 2 ÷ 3 ngày để thu thập số liệu.

Thực nghiệm cho thấy: Giá trị S' sẽ nhỏ hơn giá trị S' thực tế nếu thời gian bơm để thu thập số liệu quá ngắn.

5.3. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ĐỐI VỚI CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM THEO CHIỀU NGANG

Nhìn chung các công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang là những đường hầm tập trung nước, những hào tập trung nước được xây dựng để khai thác nước ngầm tầng nông, chiều dày tầng trữ nước mỏng hoặc ở những khu vực có dòng chảy ngầm (mực nước ngầm có độ dốc thủy lực), nguồn nước ngầm luôn luôn được bổ sung khi bắt đầu khai thác.



Hình 5.14- Sơ đồ tính toán thủy lực với công trình đường hầm tập trung nước

$$Q = a_x v_x = LhK \frac{dh}{dx} \Rightarrow Qdx = LhKdh$$

$$\int_b^R Qdx = KL \int_{h_0}^H h dh \Rightarrow Q(R-b) = \frac{KL(H^2 - h_0^2)}{2}$$

$$Q = \frac{KL(H^2 - h_0^2)}{2(R-b)}$$

trong đó:

L - chiều dài của đường hầm tập trung nước;

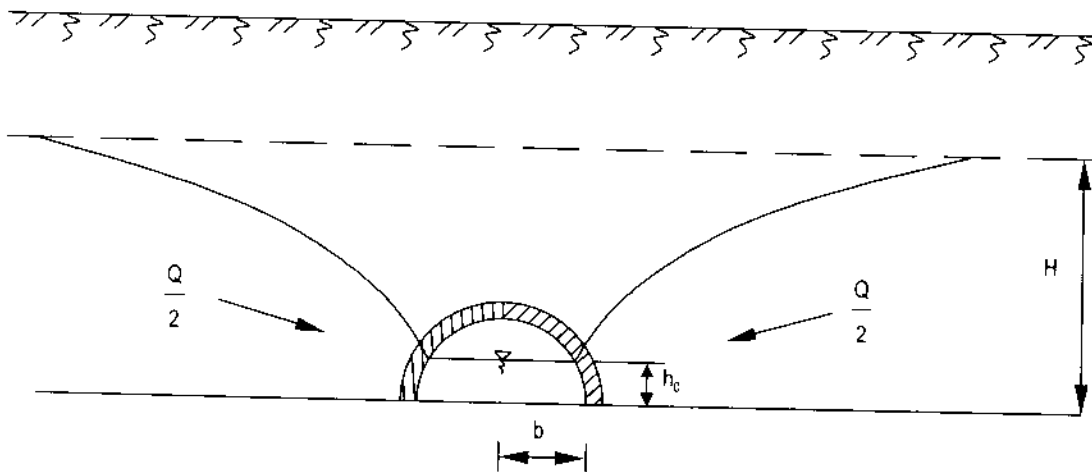
K - hệ số thấm của tầng trữ nước;

H - mực nước ngầm kể từ đáy đường hầm;

h_0 - mực nước trong đường hầm.

Trường hợp mực nước ngầm là mực nước tĩnh có thể lấy từ hai phía vào đường hầm,

lưu lượng vào đường hầm có thể tính theo công thức: $Q = \frac{KL(H^2 - h_0^2)}{R-b}$



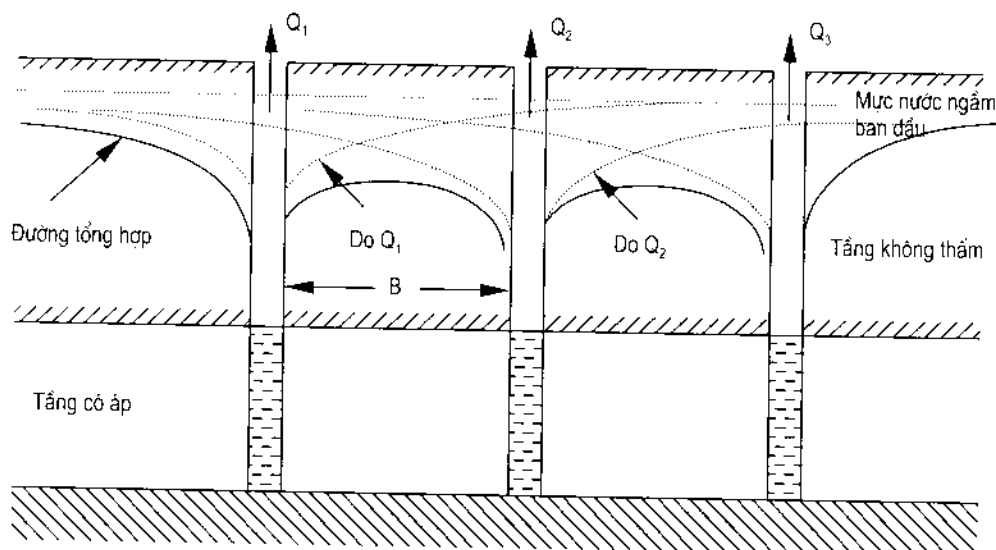
Hình 5.15- Sơ đồ tính toán thủy lực đường hầm tập trung nước từ hai bên

5.4. TÍNH THỦY LỰC HỆ THỐNG GIẾNG

5.4.1. Hệ thống giếng hoàn chỉnh

Khi các phễu hạ thấp của hai giếng bơm gần nhau trùng vào nhau, giếng này sẽ được coi là gây ảnh hưởng làm tăng độ hạ thấp mực nước ngầm của giếng kia. Đối với một nhóm các giếng bơm hình thành nên một bãi giếng, độ hạ thấp mực nước ngầm có thể được xác định tại bất kỳ một điểm nào nếu như biết lưu lượng bơm của các giếng. Dựa trên nguyên lý chồng tung độ, độ hạ thấp mực nước ngầm ở bất kỳ điểm nào trong khu

vực ảnh hưởng do việc bơm của một số giếng gây ra sẽ bằng tổng của các mức hạ thấp mực nước ngầm do từng giếng gây ra:



Hình 5.16- Đường hạ thấp mực nước ngầm do hệ thống giếng tạo ra

$$S_T = S_a + S_b + S_c + \dots + S_n$$

Với S_T là độ hạ thấp mực nước ngầm tổng ở tại điểm đã biết và $S_a, S_b, S_c, \dots, S_n$ là độ hạ thấp mực nước ngầm tại điểm đó, do các giếng hút nước a, b, c, ..., n gây ra. Có thể nhận thấy rằng số lượng giếng và đặc trưng hình học của bãi giếng là rất quan trọng khi xác định độ hạ thấp mực nước ngầm do bơm. Có thể dựa trên phương trình dòng ổn định hay không ổn định để xác định độ hạ thấp mực nước ngầm trong một bãi giếng. Nói chung, các giếng trong một bãi giếng được thiết kế cho cấp nước cần được bố trí khoảng cách giữa các giếng càng xa càng tốt để giảm thiểu mức độ ảnh hưởng giữa chúng.

5.4.2. Hệ thống giếng không hoàn chỉnh

Giếng khoan có đáy nằm cao hơn đỉnh trên tầng không thấm nước dưới được gọi là giếng khoan không hoàn chỉnh (hình 5.16). Dòng chảy vào các giếng này khác với dòng chảy hướng dòng nằm ngang vào trục giếng như các giếng hoàn chỉnh.

Chiều dài trung bình của một đường dòng vào giếng không hoàn chỉnh lớn hơn chiều dài trung bình đường dòng vào giếng hoàn chỉnh, do vậy cần phải tính đến sức cản lớn hơn đối với dòng chảy. Trong thực tế, đối với một giếng chưa hoàn thiện và một giếng hoàn thiện trong cùng một tầng chứa nước, nếu $Q_p = Q$ thì $S_p > S$, nếu $S_p = S$ thì $Q_p < Q$ trong đó Q là lưu lượng bơm của giếng, S là độ hạ thấp mực nước trong giếng, còn chỉ số p để chỉ giếng không hoàn chỉnh. Ảnh hưởng của việc khoan giếng không hoàn chỉnh có thể được bỏ qua đối với dòng chảy và độ hạ thấp mực nước ở ngoài bán kính $0,5 \div 2,0$ lần độ dày tầng bão hoà b (tùy thuộc vào mức độ khoan).

Độ hạ thấp mực nước S_p tại giếng không hoàn chỉnh trong tầng chứa nước có áp có thể biểu thị trong hình 5.17.

$$S_p = S + \Delta S$$

trong đó: ΔS là độ hạ thấp phụ thêm do ảnh hưởng của việc khoan không hoàn chỉnh. Trong trường hợp dòng chảy ổn định có thể tính ΔS theo công thức:

$$\Delta S = \frac{Q_p}{2\pi T} \frac{1-p}{p} \ln \frac{(1-p)h_s}{r_w}$$

trong đó:

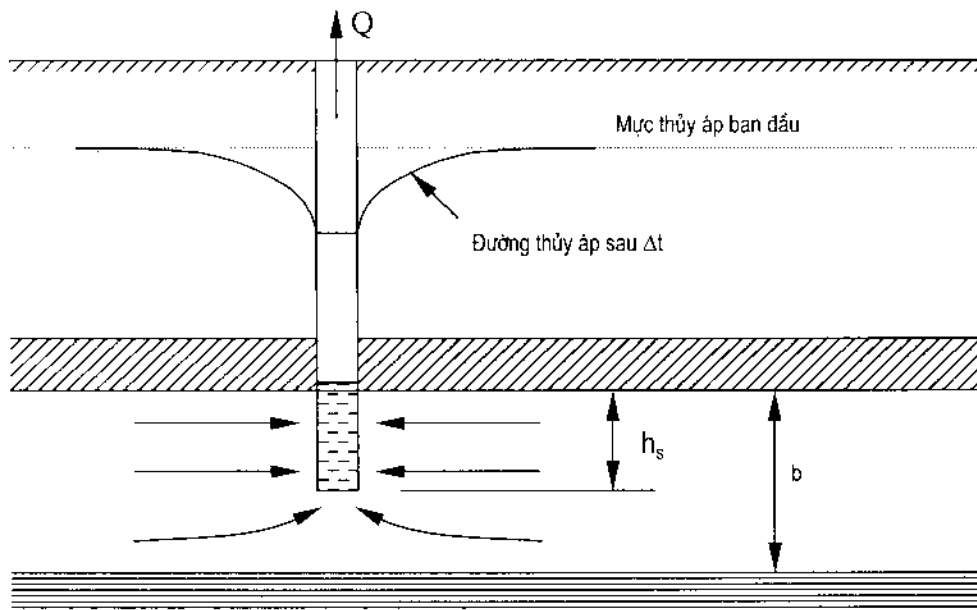
T - hệ số dẫn nước;

p - hệ số khoan ($p = \frac{h_s}{b}$);

h_s - độ dài giếng cắm vào tầng chứa nước có bề dày b ;

r_w - bán kính giếng.

Phương trình trên được áp dụng khi $p > 0,20$



Hình 5.17- Đường hạ thấp mực nước giếng hút nước không hoàn chỉnh

Trong trường hợp ống lọc của giếng được đặt giữa tầng chứa nước thì giá trị của ΔS được xác định theo công thức:

$$\Delta S = \frac{Q_p}{2\pi T} \frac{1-p}{p} \ln \frac{(1-p)h_s}{2r_w}$$

Phương trình có thể được biến đổi đối với tầng chứa không áp:

$$2h_w \Delta S = \frac{Q_p}{\pi K} \frac{1-p}{p} \ln \frac{(1-p)h_s}{2r_w}$$

trong đó:

$p = \frac{h_s}{H}$ - hệ số hố khoan;

h_s - độ dài giếng cắm vào tầng chứa nước có bề dày là H ;

r_w - bán kính giếng;

K - hệ số thấm của tầng chứa nước;

S - độ hạ thấp của giếng hoàn chỉnh tương ứng;

ΔS - độ hạ thấp phụ thêm do ảnh hưởng của việc khoan giếng không hoàn chỉnh;

$h_w = H - S$;

S_p - độ hạ thấp của giếng không hoàn chỉnh.

Như vậy: $S_p^2 = S^2 + 2h_w \Delta S$

5.5. THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

5.5.1. Mục đích và ý nghĩa

Giếng được thiết kế để khai thác triệt để lượng nước ngầm nhằm thoả mãn cao nhất các yêu cầu về nước đối với nước ngầm như nước cho sinh hoạt, cho nông nghiệp và các ngành kinh tế khác nhưng phải bảo đảm yêu cầu tối thiểu về môi trường.

Thiết kế giếng bao gồm việc lựa chọn các thông số, những kích thước của các bộ phận của giếng để tính toán kết cấu và chọn vật liệu xây dựng. Việc thiết kế giếng tùy thuộc vào điều kiện tự nhiên như khí hậu, địa hình, địa chất, địa chất thủy văn... của từng khu vực và mục đích khai thác nước ngầm khác nhau.

Thiết kế giếng tốt sẽ bảo đảm điều kiện tối ưu trong thi công, xây dựng, vận hành, quản lý và thời gian phục vụ của giếng đồng thời giá thành xây dựng cũng sẽ hợp lý.

Như chúng ta biết, các điều kiện về tự nhiên như địa hình, địa chất, địa chất thủy văn, các đặc trưng thủy lực của tầng trữ nước thay đổi rất lớn theo từng vùng. Thiết kế giếng cần tận dụng tối đa các điều kiện tự nhiên tại nơi xây dựng. Khi đã tận dụng được những điều kiện này, nếu vật liệu xây dựng được lựa chọn một cách hợp lý thì sẽ đạt được cả điều kiện kỹ thuật và kinh tế trong thiết kế giếng. Vì vậy, hai yếu tố ảnh hưởng lớn tới việc thiết kế giếng là:

- Yêu cầu về khai thác nước ngầm.
- Điều kiện tự nhiên của khu vực xây dựng công trình.

1. Yêu cầu về khai thác nước ngầm

Yêu cầu về khai thác nước ngầm để đáp ứng các đối tượng sử dụng khác nhau. Những đối tượng này có những tính chất và yêu cầu khác nhau về thời gian, về khối lượng và

chất lượng nước. Trong trường hợp nguồn nước ngầm phong phú và lại được bổ sung khi khai thác thì việc khai thác dựa vào yêu cầu của các hộ dùng nước.

Tuy nhiên, cũng phải xem xét kỹ về thời gian phục vụ của công trình, sự ảnh hưởng tới môi trường của khu vực, yêu cầu nước lớn nhất (trong những năm hạn hán). Trường hợp yêu cầu nước lớn nhưng trữ lượng nước ngầm hạn chế cần khai thác nước ngầm theo khả năng thực tế để đáp ứng yêu cầu nước.

2. Điều kiện tự nhiên của khu vực xây dựng công trình

Các điều kiện về địa hình, địa mạo khu tưới, cấu tạo của hệ thống dẫn nước, phương pháp tưới, điều kiện thi công lắp đặt, điều kiện làm việc an toàn của máy bơm là những yếu tố quyết định đến việc chọn vị trí xây dựng công trình và ảnh hưởng lớn đến quá trình thiết kế giếng.

Trong thực tế việc thiết kế giếng thường được chia ra các trường hợp sau:

- 1) Thiết kế giếng hở ở vùng địa chất rắn chắc và vùng địa chất mềm yếu không đồng nhất.
- 2) Thiết kế giếng ống ở vùng địa chất không đồng nhất.

5.5.2. Thiết kế giếng hở

Hầu hết các giếng hở được thiết kế để khai thác nước ngầm tầng nông và tầng trữ nước là vô hạn. Hai loại giếng hở thường gặp là giếng hở đặt ở tầng địa chất rắn chắc, tương đối đồng chất và giếng đặt ở vùng có địa chất mềm yếu không đồng chất.

1. Giếng hở vùng địa chất rắn chắc

Đây là vùng nước ngầm tầng nông được chứa trong các khe nứt hoặc những tầng đá bị phong hoá. Cũng có những trường hợp nước được chứa trong những hang động mang tính chất như hồ chứa nước ngầm. Nói chung, trữ lượng rất hạn chế và khả năng cấp nước cho giếng từ tầng trữ cũng hạn chế. Lượng nước này phụ thuộc rất nhiều vào lượng nước mặt và lượng mưa trên mặt đất, vì vậy mực nước ngầm dao động đáng kể theo thời gian. Những bể nước chứa trong đất được hình thành do nước mưa và nước mặt đi vào các tầng địa chất bị đứt gãy, bị phong hoá và được giữ lại bằng nền đá gốc rắn chắc nằm ở phía dưới, hệ số thấm nhỏ nên giếng khoan sâu (giếng ống thường không thích hợp).

Vì vậy, giếng hở được sử dụng nhằm tập trung và trữ vào giếng lượng nước chứa trong tầng địa chất này.

Nguyên tắc chung để thiết kế loại giếng này là:

- Đường kính lớn và chiều sâu hạn chế.
- Tầng lọc nước cũng như bộ phận nước vào của giếng có thể lợi dụng điều kiện tự nhiên, trừ những trường hợp đặc biệt.
- Chiều sâu của giếng nên tận dụng hết các tầng trữ nước.

Sau đây xin đưa ra một số gợi ý trong việc thiết kế giếng hở của Trung tâm nghiên cứu nước ngầm ở Hyderabad và của ICAR ở Ấn Độ:

a) Trong trường hợp địa chất cứng, chỉ có nước ngầm tầng trên thì giếng hở, giếng đào sẽ thích hợp hơn là giếng khoan, giếng ống. Kinh phí đầu tư ít mà hiệu quả lớn hơn.

b) Mặt cắt của giếng hở ở vùng này nên là hình chữ nhật hoặc hình vuông sẽ tốt hơn nhiều so với giếng tròn truyền thống vì diện tích tập trung nước sẽ lớn hơn nhiều giếng tròn.

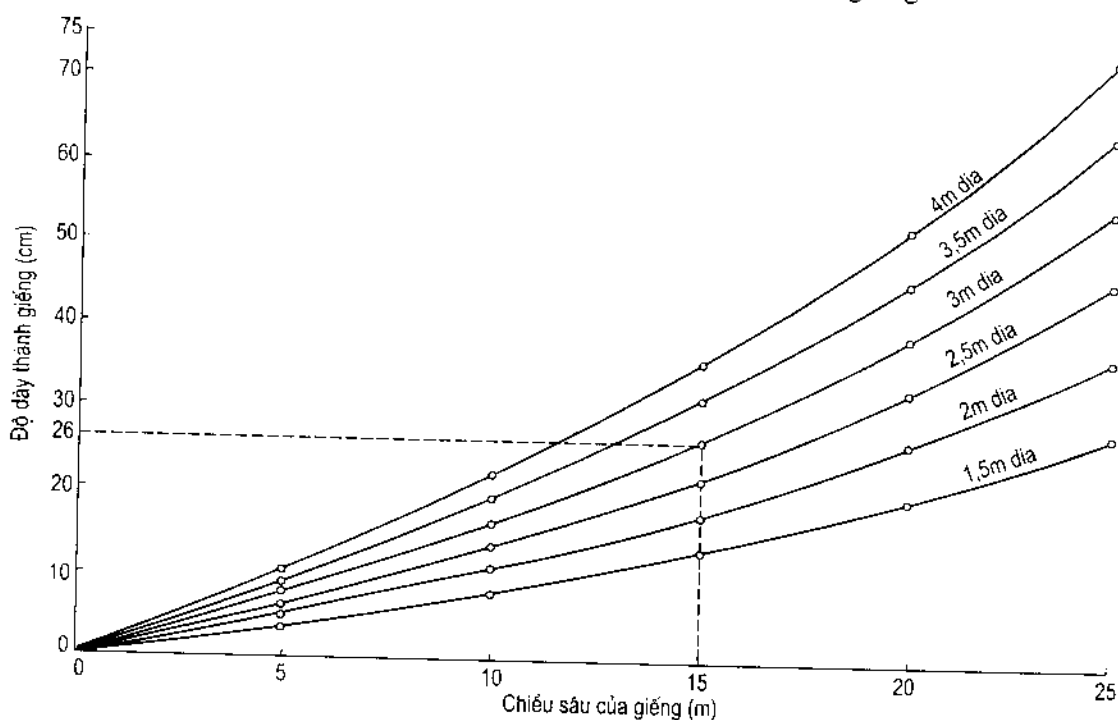
c) Tùy vào thể nằm và các vết đứt gãy địa chất của khu vực đặt giếng. Nếu sử dụng mặt cắt chữ nhật nên hướng mặt bên của chữ nhật hướng về phía khe nứt và cắt ngang khe nứt để tập trung nhiều và nhanh lượng nước ngầm.

d) Giếng đào ở vùng đá phong hoá có đá gốc là đá granit thì lượng nước ngầm sẽ phong phú hơn các loại đá khác như đá Trapdecan nếu như các loại đá cùng xuất hiện trong vùng. Trong trường hợp vùng có cấu tạo địa chất đá gốc là granit thì đá granit màu tím trữ lượng nước ngầm sẽ lớn hơn đá granit màu xám.

e) Trong trường hợp ở vùng trũng tích giếng hở nên đào hết tầng trữ nước.

f) Trong một số trường hợp do cấu tạo địa chất tạo thành những đê ngầm tự nhiên ngăn nước, giếng nên đặt ở phía thượng lưu, trừ khi đê bị đứt gãy hoặc bị phong hoá. Không nên đặt giếng ở hạ lưu hoặc ngay trên vị trí đê.

g) Trong trường hợp áp lực nước ngầm quá nhỏ, hệ số thấm quá nhỏ có thể sử dụng thêm một số giếng khoan ở những vùng lân cận để bơm nước vào giếng hở.

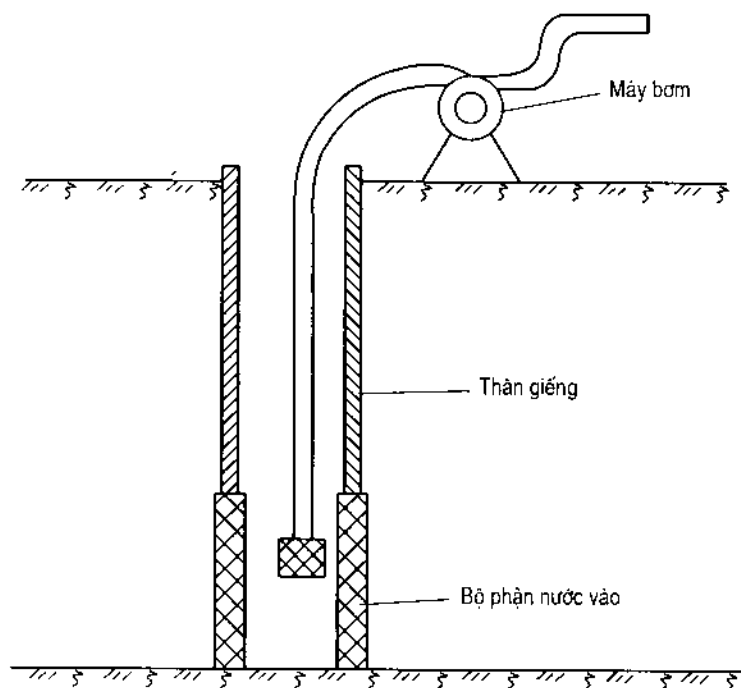


Hình 5.18- Đường quan hệ giữa chiều sâu giếng, đường kính giếng và chiều dày thành giếng bằng khối xây

2. Giếng hở ở vùng địa chất không rắn chắc - tầng trữ nước dày vô hạn

Giếng hở ở vùng này được đào sâu tùy thuộc vào sự dao động của nước ngầm, nói chung phải đào sâu hơn mực nước ngầm về mùa khô. Chiều sâu thường từ $7 \div 10$ m.

Những giếng hở ở vùng này nên có mặt cắt hình tròn có đường kính từ $1,5 \div 4,5$ m. Tuy nhiên, đường kính càng lớn thì khả năng tập trung và trữ nước ngầm trong giếng càng lớn.



Hình 5.19 - Giếng hở

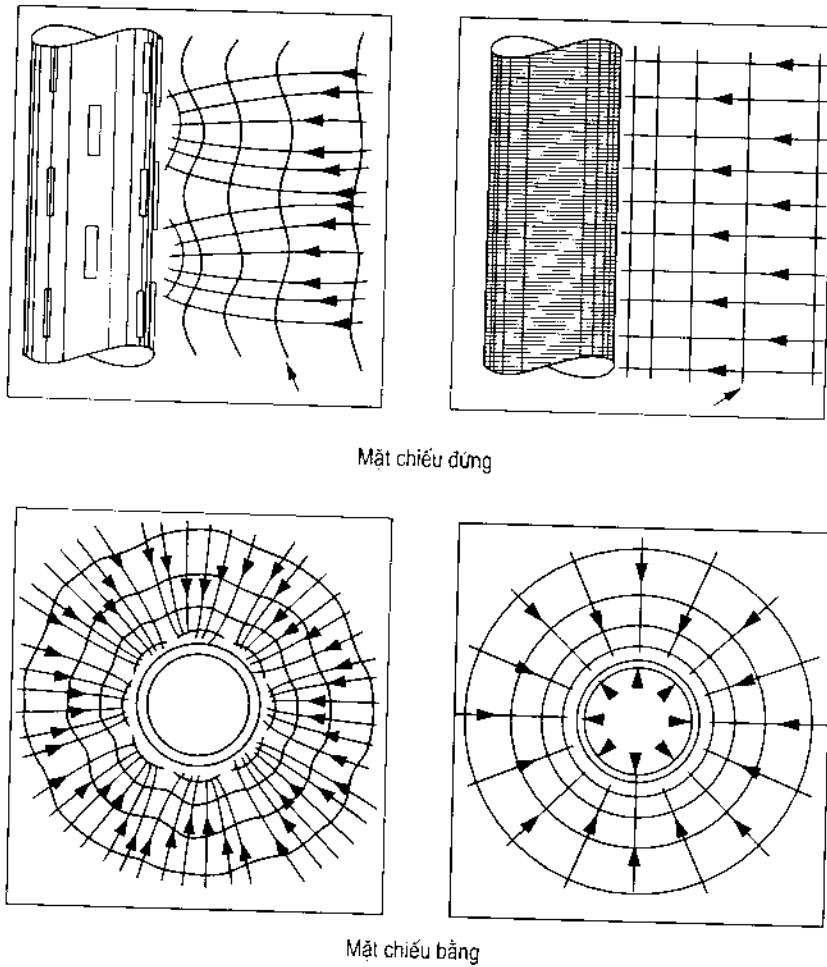
Do địa chất mềm yếu nên phải tạo thân giếng để chống đất thành giếng bị sụt lở. Thân giếng có thể được làm bằng gỗ, gạch xây, đá xây, ống bê tông hoặc bê tông cốt thép. Chiều dày của thân giếng được tính toán thiết kế coi như áp lực của đất từ phía bên ngoài. Trường hợp giếng cạn nước, có nghĩa là áp lực bên trong bằng "0".

Tuy nhiên, cũng có thể tham khảo biểu đồ quan hệ giữa chiều dày tầng giếng và độ sâu của giếng đào với các đường kính khác nhau ở hình 5.18.

Đường quan hệ cho ở hình 5.18 chỉ áp dụng cho giếng xây. Đối với giếng xây bằng gạch, chiều dày nhỏ nhất của thành giếng ở đoạn đầu tiên là 23 cm. Với khoảng cách chiều sâu thân cống từ $2 \div 3$ m có thể thay đổi chiều dày thân cống một lần.

Phần nước vào của thân giếng và đáy giếng phải làm thiết bị lọc nước:

- Đáy giếng dưới cùng có thể đổ lớp cát rồi đến lớp sỏi nhỏ và trên cùng là lớp đá dăm cấp hạt lớn dần từ dưới lên trên, mỗi lớp có thể dày từ $15 \div 20$ cm.



Hình 5.20- Dòng chảy nước ngầm vào giếng

- Bộ phận nước vào là những ống bê tông hoặc gạch, đá xây cuộn được bố trí lỗ hoặc khe hở đều khắp xung quanh thành để nước có thể chảy vào trong giếng (hình 5.20). Bên ngoài bộ phận nước vào bố trí tầng đệm lọc nước: Sắt thành giếng bố trí cấp hạt lớn và nhỏ dần vào phía tầng trữ nước. Cấu tạo tầng đệm lọc nước có thể là lớp sỏi lớn hoặc đá dăm, sau đến lớp sỏi nhỏ và cuối cùng là lớp cát, mỗi lớp từ 10 ÷ 15 cm. Trong nhiều trường hợp người ta dùng lưới thép với đường kính mắt lưới khác nhau để làm lớp đệm lọc nước.

Nói tóm lại, thiết kế giếng hở tương đối đơn giản. Tuy nhiên cần chú ý một số điểm sau đây:

- Cần nghiên cứu kỹ điều kiện địa chất của khu vực xây dựng công trình như tầng đá gốc, nguồn gốc của tầng phong hoá, nguyên nhân và quá trình hình thành tầng phong hoá, cấu tạo địa tầng như thế nằm, nếp gấp, sự đứt gãy...

- Phân tích mối quan hệ giữa nước ngầm với nước mặt, các điều kiện về khí tượng thuỷ văn trên mặt đất của vùng xây dựng công trình. Mặt khác, thu thập những tài liệu

tham khảo, những tài liệu của các công trình đã xây dựng ở những vùng lân cận, từ đó quyết định vị trí, kích thước, chiều sâu, bán kính giếng và kích thước, cấu tạo các bộ phận khác cho thích hợp.

5.5.3. Thiết kế giếng ống

Giếng ống được thiết kế để khai thác nước ngầm tầng sâu. Đây là loại giếng có khả năng khai thác nước ngầm với lưu lượng tương đối lớn, vì giếng được khoan xuyên qua nhiều tầng địa chất khác nhau và tập trung nước từ nhiều tầng trữ nước khác nhau.

Giếng ống được cấu tạo với những bộ phận sau đây:

- Bộ phận đặt máy bơm;
- Bộ phận thân giếng;
- Thiết bị nước vào;
- Tầng đệm lọc nước.

Nhiệm vụ của thiết kế giếng ống là trên cơ sở điều kiện về tự nhiên như địa hình, địa chất, địa chất thủy văn, trữ lượng nước ngầm... Chúng ta phải xác định, tính toán kích thước của giếng như: chiều sâu của giếng, đường kính giếng, chiều dày thành giếng, đồng thời tính toán kích thước và cấu tạo của các bộ phận khác của giếng như bộ phận nước vào, tầng đệm lọc nước... Ngoài ra, còn phải xác định khoảng cách thích hợp giữa các giếng.

1. Đường kính của giếng ống

Đường kính của giếng ống có ý nghĩa kinh tế kỹ thuật rất lớn. Vì giếng ống thường có chiều sâu lớn nên nếu đường kính ống quá lớn giá thành xây dựng và đầu tư thiết bị sẽ rất lớn. Nhưng ngược lại, đường kính giếng ống quá nhỏ thì không bảo đảm khai thác nước ngầm theo yêu cầu, gây khó khăn trong việc bố trí, cấu tạo các bộ phận khác của giếng, ngoài ra còn gây khó khăn trong quá trình thi công lắp đặt.

Đường kính giếng ống có thể không thay đổi theo suốt chiều dày của giếng đối với giếng nông. Đối với những giếng sâu đường kính ống nên thay đổi để đảm bảo điều kiện kinh tế.

Thông thường đường kính của giếng khác nhau ở hai bộ phận chính:

- Bộ phận thân giếng thứ nhất được coi như buồng chứa thiết bị máy bơm và động cơ, bộ phận này cũng còn là ống dẫn nước theo chiều thẳng đứng để nước từ tầng trữ nước dẫn ngược lên vào máy bơm. Nhìn chung bộ phận này được bố trí đường ống, tuy nhiên, đối với giếng xây trên nền đá rắn chắc cũng có thể từng đoạn không cần bố trí đường ống bảo vệ.

- Bộ phận thân giếng thứ hai là phần để nước vào giếng từ tầng trữ nước. Khi thiết kế bộ phận này cần phải hết sức chú ý nghiên cứu tính toán các yếu tố thủy lực của giếng vì nó ảnh hưởng lớn tới sự hoạt động của giếng. Bộ phận này nếu được thiết kế hợp lý sẽ bảo đảm nước vào giếng một cách dễ dàng với tốc độ thấp và ngăn cản bùn cát theo

nước vào giếng, đồng thời cũng là bộ phận chống đỡ thành giếng trong trường hợp gặp tầng địa chất mềm yếu.

Đối với giếng mà tầng trữ nước là tầng đá rắn chắc, bộ phận này chỉ là những hố khoan, khoan sâu vào tầng đá, lưu lượng và khả năng cấp nước của giếng tùy thuộc vào số khe hở, độ rộng của khe và tính liên tục của khe hở trong đá.

Đường kính của giếng được xác định nhằm thỏa mãn hai yêu cầu sau đây:

- Ống chứa máy bơm phải đủ rộng để chứa máy và phải có độ trống để lắp đặt máy bơm và máy bơm vận hành có hiệu quả.

- Đường kính của bộ phận nước vào phải bảo đảm tạo ra chế độ thủy lực của nước từ tầng trữ nước chảy vào giếng là tốt nhất.

Bảng 5.1 đưa ra đường kính ống chứa máy bơm và đường kính của máy bơm (máy bơm tuabin trục đứng và máy bơm chìm).

**Bảng 5.1- Đường kính ống chứa máy bơm & đường kính của máy bơm
(máy bơm tuabin trục đứng và máy bơm chìm)**

Lưu lượng dự kiến của giếng (l/s)	Kích thước của máy bơm chọn (cm)	Kích thước tốt nhất của ống chứa máy bơm (cm)	Kích thước nhỏ nhất của ống chứa máy bơm (cm)
6	10,0	15	12,5
5 ÷ 11	12,5	20	15,0
10 ÷ 25	15,0	25	20,0
22 ÷ 40	20,0	30	25,0
37 ÷ 56	25,0	35	30,0
53 ÷ 82	30,0	40	35,0
75 ÷ 112	35,0	50	40,0
100 ÷ 190	40,0	60	50,0

Khi chọn đường kính phần ống đặt máy bơm, yếu tố không chế là kích thước của loại máy bơm sao cho đảm bảo bơm lưu lượng nhằm khai thác triệt để nguồn nước ngầm theo yêu cầu. Đường kính của đoạn ống này phải lớn hơn đường kính của máy bơm được chọn ít nhất là 5 cm.

Lưu lượng của giếng có quan hệ hàm số với đường kính của bộ phận nước vào, tuy nhiên, không phải quan hệ tỷ lệ thuận. Thực tế thiết kế và vận hành các giếng cho thấy: khi đường kính của bộ phận nước vào tăng lên thì lưu lượng của giếng cũng sẽ tăng nhưng phần trăm tăng lưu lượng rất nhỏ khi tăng đường kính một giá trị đáng kể.

Bảng 5.2 đưa ra số liệu của giếng ở vùng tầng trữ nước được cấu tạo bởi sỏi và cát. Chỉ tăng đường kính bộ phận nước vào, các đặc trưng thủy lực không đổi.

Bảng 5.2- Quan hệ giữa đường kính giếng và số % tăng lưu lượng

Đường kính giếng (cm)	10	15	20	30	45	60	90
Số phần trăm tăng lưu lượng (%)	0	5	10	15	23	28	38
		0	5	10	18	23	33
			0	5	13	18	28
				0	8	13	23
					0	5	15
						0	10

Đối với giếng khai thác nước ngầm không áp khi đường kính của bộ phận nước vào tăng lên gấp đôi thì lưu lượng của giếng chỉ tăng 11%.

Một số tác giả như Slichter (1899), Linsely (1964) thì lại công bố rằng: nếu tăng đường kính gấp đôi, lưu lượng có khả năng cung cấp của giếng chỉ tăng 7%.

Đối với những giếng khai thác nước ngầm ở tầng trữ nước có giới hạn thì tỷ lệ tăng lưu lượng còn nhỏ hơn nữa.

Đối với các giếng xây dựng ở vùng có tầng trữ nước có cấu tạo địa chất là cát sỏi thô, nếu tăng đường kính giếng thì phần trăm tăng lưu lượng rất nhỏ vì nước chảy vào giếng trong tầng trữ nước này hầu như chảy tự do.

2. Chiều dày của ống giếng

Chiều dày của ống giếng sử dụng trong giếng ống phụ thuộc chủ yếu vào độ sâu của giếng. Chiều dày thành ống lớn thì có khả năng chịu lực lớn, làm việc được lâu dài nhưng giá thành lại cao. Chiều dày thành ống quá mỏng thì giếng không chịu nổi áp lực của đất, của nước, đồng thời chóng bị ăn mòn, oxy hoá làm mục ruỗng, hư hỏng.

Chiều dày của thành ống phải đủ để chịu được áp lực nén, lực kéo và lực cắt trong các trường hợp sau:

- Khi lắp đặt ống vào lỗ khoan.
- Khi kéo ống ra khỏi lỗ khoan để sửa chữa.
- Trong thời gian vận hành.

Thông thường ống phải đủ cường độ chịu kéo để chịu được trọng lực bản thân ống và lực ma sát sinh ra bởi áp lực đất tác dụng vào thành ống.

Thường những ống thép có thành dày tỏ ra có nhiều ưu điểm khi sử dụng làm giếng và thời gian làm việc cũng lâu dài. Những ống này thường được làm bằng thép dẻo ít các bon.

Ở những vùng dễ bị ăn mòn, có thể sử dụng những ống thép có khả năng chống ăn mòn, hoặc có thể dùng nhựa đường hoặc sơn chống gỉ để quét vào đường ống trước khi lắp đặt.

Năm 1972, Sharma Viện nghiên cứu tưới Roorkee - Ấn Độ đã thí nghiệm, nghiên cứu thực tế và đưa ra kết quả:

Trong điều kiện bình thường với giếng ống có chiều sâu 100m và đường kính của giếng là $10 \div 12$ cm, sử dụng ống thép dẻo có chiều dày 1,0mm là an toàn trong các trường hợp làm việc như lắp đặt, kéo lên sửa chữa cũng như vận hành. Tuy nhiên, các đoạn ống thường được nối với nhau bằng đường gien, vì vậy đoạn ống có gien chiều dày phải tăng 2,1mm và tổng chiều dày là 3,1mm.

Đối với ống đúc sẵn thường có chiều dày không đổi dọc theo đường ống. Khi đường kính ống càng lớn thì độ dày của thành ống sẽ càng lớn.

3. Chiều sâu của giếng

Chiều sâu của giếng được xác định thông qua các tài liệu của các lỗ khoan thăm dò hoặc thông qua các tài liệu của các giếng lân cận. Nhìn chung, giếng được khoan tới đáy tầng trữ nước có dự kiến khai thác, vì vậy chiều sâu của giếng tùy thuộc vào chiều dày của tầng trữ nước và số tầng trữ nước bị giới hạn có dự kiến khai thác.

4. Chiều sâu của bộ phận nước vào ở thân giếng

Chiều sâu tối ưu của bộ phận nước vào ở thân giếng được xác định có liên quan đến bề dày của tầng trữ nước, độ hạ thấp của nước ngầm khi khai thác và sự phân tầng, phân lớp địa chất của tầng trữ nước.

E. Johnson (1966) đã đưa ra chiều sâu của bộ phận nước vào ở thân giếng ứng với các điều kiện địa chất khác nhau:

- Trong tầng trữ nước có áp và đồng nhất, hàm lượng cát chiếm tới $70 \div 80\%$, với yêu cầu mực nước giếng trong khi bơm không được hạ thấp hơn đỉnh của tầng trữ nước (tốt nhất là cao hơn đỉnh tầng trữ nước một khoảng cách nào đó). Đoạn ống làm bộ phận nước vào thường được chia thành những đoạn bằng nhau rồi đục lỗ ở từng đoạn cho nước vào xen kẽ với những đoạn ống kín không đục lỗ. Hình thức này có thể đưa năng lực khai thác của giếng đạt tới 90% (hoặc hơn) lưu lượng tối đa có thể khai thác, nếu đoạn ống làm bộ phận nước vào xuyên hết tầng trữ nước.

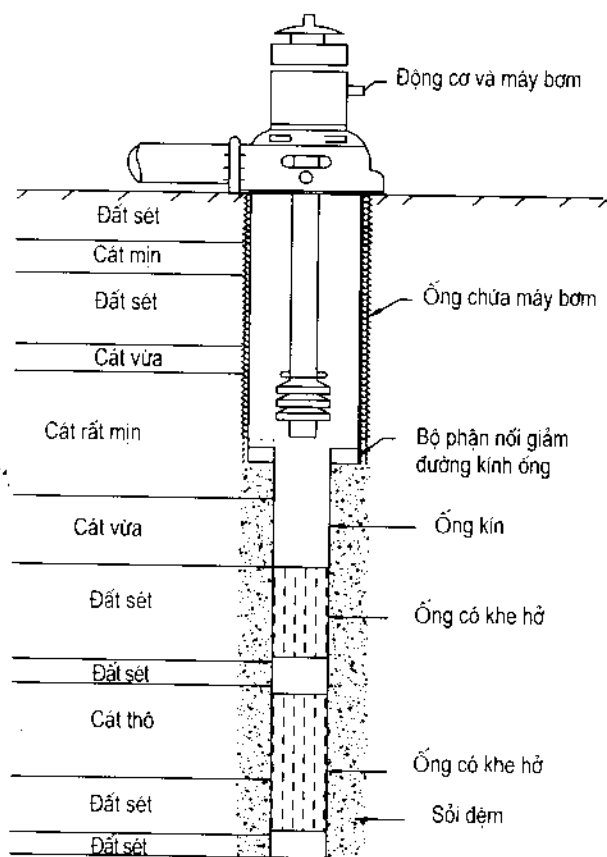
- Trong tầng trữ nước có áp nhưng không đồng nhất thì bộ phận nước vào nên có chiều sâu bằng bề dày tầng trữ nước.

- Trong tầng trữ nước không áp (có mực nước ngầm) chiều sâu bộ phận lấy nước chỉ bằng $1/3$ chiều dày tầng trữ nước, (một số trường hợp thuận lợi có thể chọn chiều sâu bộ phận nước vào bằng $1/2$ chiều dày tầng trữ nước). Năng lực của giếng sẽ được nâng lên.

Đối với trường hợp này, việc lựa chọn chiều sâu của bộ phận nước vào phải có sự so sánh tác động của hai yếu tố: Một là, chọn chiều sâu lớn nhất có thể lấy được lưu lượng lớn hơn nó sẽ giảm được sự tập trung của dòng chảy vào giếng, nhưng lại hạ thấp mực nước ngầm đáng kể. Mặt khác, nếu chọn chiều sâu bộ phận nước vào đủ dài, đỡ tốn kém nhưng vẫn lấy được lưu lượng yêu cầu.

Độ hạ thấp mực nước trong giếng thường là từ mực nước ngầm tĩnh đến đỉnh bộ phận nước vào. Tuy nhiên, đối với vùng nước ngầm không áp (có mực nước ngầm) phải dùng

Bộ phận nước vào thường được đặt thấp hơn tầng trữ nước và thường đặt ở lớp cuối của tầng trữ nước.



Hình 5.19b - Giếng khoan không có ống bọc bảo vệ trong nền rắn chắc

- Trong tầng trữ nước không áp và không đồng nhất: Nguyên tắc bố trí bộ phận nước vào của trường hợp này cũng giống như trường hợp tầng trữ nước có áp và không đồng nhất. Nhưng cũng cần chú ý là trong tầng trữ nước không áp và không đồng nhất, bộ phận nước vào được đặt tại vị trí thấp của tầng trữ nước thấp nhất nhằm nâng cao độ hạ thấp, tăng năng lực của giếng.

- Giếng sâu với nhiều tầng trữ nước;

Nhìn chung, đối với giếng ống sâu thường xuyên quá hai hoặc nhiều hơn nữa tầng trữ nước khác nhau, những tầng trữ nước có thể cùng một tính chất hoặc cũng có thể khác nhau như đã nêu ở trên. Vì thế, khả năng khai thác ở những tầng trữ nước nói chung sẽ khác nhau và phụ thuộc vào các đặc trưng địa chất thủy văn của từng khu vực như:

- Số lượng các tầng trữ nước được giới hạn bởi các tầng không thấm và chiều dày của mỗi tầng trữ nước.

- Số lượng các tầng trữ nước chịu ảnh hưởng của nước mưa và nước trên mặt đất.

Sự liên hệ giữa các tầng trữ nước bị giới hạn và bán giới hạn:

- Tầng trữ nước không giới hạn nằm dưới tầng trữ nước giới hạn.

- Tầng trữ nước không giới hạn nằm dưới tầng trữ nước bán giới hạn.

- Tầng trữ nước không giới hạn nằm dưới liên hợp các tầng trữ nước giới hạn và bán giới hạn.

Trong trường hợp này, việc thiết kế giếng, đặc biệt bộ phận nước vào phải hoàn toàn dựa trên cơ sở các đặc trưng thủy lực của mỗi tầng trữ nước và coi như nó không có liên quan gì với nhau.

Khi các tầng trữ nước có liên quan thủy lực với nhau, độ hạ thấp cho phép lớn nhất là tổng các độ hạ thấp cho phép lớn nhất của tất cả các tầng trữ nước. Trường hợp này các thành phần của giếng nên được thiết kế theo kết quả tổng hợp của độ hạ thấp cho phép lớn nhất.

5. Cấu tạo của bộ phận nước vào

Bộ phận nước vào thực chất là một thiết bị lọc nước. Nó có tác dụng tách nước từ tầng trữ nước đưa vào giếng. Nói chung hầu hết các giếng khoan vào tầng trữ nước đều phải bố trí bộ phận nước vào. Năng lực của giếng phụ thuộc đầu tiên vào sự phù hợp giữa các đặc tính cấu tạo của các thành phần của bộ phận nước vào.

Thành phần cấu tạo của bộ phận nước vào bao gồm:

- Chiều dài của bộ phận nước vào.

- Tổng diện tích và kích thước của các lỗ nước vào.

- Cách bố trí và hình dạng của các lỗ nước vào.

Đối với bộ phận nước vào cần phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Phải chống được sự ăn mòn, han gỉ, hư hỏng.

- Phải đủ độ bền về mặt kết cấu để chống sự sụp đổ, biến dạng.

- Bộ phận nước vào phải có kích thước thích hợp để ngăn chặn sự vận chuyển quá nhiều lượng bùn cát vào trong giếng.

- Phải bảo đảm lấy được lưu lượng vào giếng theo thiết kế.

Việc thiết kế bộ phận nước vào cần có những xử lý kỹ thuật cần thiết. Theo kinh nghiệm, giới hạn an toàn của vận tốc chảy vào giếng qua bộ phận nước vào biến thiên trong một khoảng khá rộng.

Bernison (1947) đưa ra tiêu chuẩn vận tốc tại cửa vào qua bộ phận nước vào là $3 \div 7,5$ cm/s thì đầu nước tổn thất cũng như lượng bùn cát vào giếng là nhỏ nhất. Sinsley và Frazani (1984) đề nghị vận tốc tại cửa vào phải nhỏ hơn 15cm/s thì lượng bùn cát và tổn thất đầu nước là ít nhất. Có sự khác nhau này có thể do cỡ hạt của tầng đệm lọc nước khác nhau.

Để đảm bảo nước vào giếng không bị tắc nghẽn, chiều sâu bộ phận nước vào cho một giếng trong trường hợp không có đá sỏi đệm xung quanh có thể tính theo công thức của Walton (1962):

$$h = \frac{Q_0}{A_0 V_0}$$

trong đó:

h - chiều sâu bộ phận nước vào (m);

Q_0 - lưu lượng lớn nhất của giếng ($m^3/phút$);

A_0 - diện tích lỗ cho 1m chiều dài thiết bị nước vào (m^2);

V_0 - vận tốc tại cửa vào qua các lỗ của bộ phận nước vào (m/phút).

Phương trình trên cũng dùng để xác định chiều sâu của thiết bị nước vào có lớp đệm cuối sỏi.

Trong trường hợp này giá trị trung bình của tốc độ thấm trong tầng trữ nước và lớp đệm cuối sỏi được dùng để xác định vận tốc cửa vào của bộ phận nước vào.

a) Quy trình thiết kế chiều sâu của bộ phận nước vào

- Xác định vận tốc tại cửa vào thích hợp.

- Tính khả năng lớn nhất của giếng Q_0 .

- Xác định diện tích khe hở trên một mét chiều dài của bộ phận nước vào.

- Tính toán chiều dài của bộ phận nước vào theo công thức trên có thể lấy hệ số an toàn từ 2 ÷ 5.

b) Độ mở của khe hở trong bộ phận nước vào

Việc chọn độ rộng của khe hở trên bộ phận nước vào là một trong những bước quan trọng trong việc thiết kế giếng. Nếu khe hở quá rộng sẽ kéo theo nhiều hạt cát, đất vào trong giếng làm giảm khả năng cấp nước của giếng, ngoài ra chất lượng nước cũng xấu, dễ làm hư hỏng máy bơm nước. Ngược lại, khe nước vào có độ rộng nhỏ sẽ dễ bị các hạt đất cát, sỏi sạn lấp kín làm tắc nghẽn. Vì vậy, độ rộng khe hở phải phù hợp với cấp hạt trong tầng trữ nước cũng như ở tầng đệm. Độ rộng của khe hở thường từ 1,5 ÷ 5 mm, loại khe nhỏ có thể từ 0,2 ÷ 0,5 mm. Kinh nghiệm cũng cho thấy khe hở nằm ngang hoạt động tốt hơn những khe hở có chiều đứng.

Khe hở được bố trí theo nhiều cách khác nhau: khe hở nằm ngang hoặc khe hở nằm theo chiều đứng, khe hở có thể là đường liên tục hoặc là các đường gián đoạn. Lỗ nước vào cũng có thể được cấu tạo theo lỗ tròn hoặc lỗ vuông. Tuy nhiên, theo kiểu này bộ phận nước vào hay bị các hạt có kích thước tương ứng làm tắc nghẽn.

Tỷ lệ của diện tích khe hở:

Khi diện tích khe hở lớn, tốc độ nước chảy vào trong giếng tại các khe hở sẽ nhỏ, tổn thất đầu nước sẽ nhỏ. Corey (1949) có nhận xét rằng khi diện tích khe hở lớn hơn 15%

tổng diện tích bề mặt của bộ phận nước vào thì khả năng làm việc của giếng không tăng hoặc rất nhỏ nếu như chúng ta tiếp tục tăng diện tích khe hở. Mặt khác, khi diện tích khe hở lớn hơn 15% diện tích bộ phận nước vào thì sẽ ảnh hưởng đến kết cấu, sức chống đỡ và độ bền của bộ phận này. Tuy nhiên, nếu thiết bị nước vào đặt trong tầng trữ nước là trầm tích thì các hạt đất, cát sẽ chuyển tới lấp dần khe hở của bộ phận nước vào. Walton (1962) nhận xét rằng: sau một thời gian giếng hoạt động khoảng 50% diện tích khe hở bị lấp kín mất tác dụng lọc nước. Vì vậy, khe hở có hiệu quả chỉ đạt 50% tổng diện tích khe hở bố trí trên bộ phận nước vào. Khi thiết kế bộ phận nước vào cần chú ý đến thực tế này.

c) Đường kính của bộ phận nước vào

Đường kính của bộ phận nước vào phải bảo đảm sao cho có tổng diện tích của khe hở đủ lớn để tốc độ nước vào giếng không vượt quá tiêu chuẩn thiết kế.

Như ta đã biết, chiều sâu bộ phận nước vào phụ thuộc vào độ dày của tầng trữ nước và các điều kiện địa chất thủy văn của tầng trữ nước. Kích cỡ của khe hở phụ thuộc vào kích thước hạt trong tầng trữ nước. Vì vậy, những yếu tố này cũng sẽ quyết định đến đường kính của bộ phận nước vào, cho nên đường kính của bộ phận nước vào được tính toán sau khi chọn chiều sâu của thiết bị nước vào và kích thước của các khe hở.

Các kiểm nghiệm ở phòng thí nghiệm cũng như trên thực tế cho thấy nếu tốc độ nước vào giếng $v < 3 \text{ cm/s}$ thì tổn thất đầu nước không đáng kể và sự ăn mòn thiết bị nước vào cũng rất nhỏ. Vận tốc cửa vào được tính bằng:

$$v = \frac{Q_0}{w}$$

trong đó:

Q_0 - lưu lượng lớn nhất của giếng;

w - tổng diện tích các khe hở.

Nếu $v > 3 \text{ cm/s}$ thì đường kính bộ phận nước vào phải tăng lên làm tăng diện tích bề mặt của thiết bị nước vào và vì thế diện tích các khe hở cũng được phép tăng lên. Ngược lại, nếu v quá nhỏ thì có thể giảm đường kính của bộ phận nước vào để bảo đảm điều kiện kinh tế. Hầu hết các nhà chế tạo bộ phận nước vào đều có bảng tra diện tích lỗ cho một mét dài mỗi loại và cho kích thước bề rộng của khe hở.

Tổn thất đầu nước qua bộ phận nước vào bao gồm:

- Tổn thất đầu nước tại cửa vào phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của khe hở.
- Tổn thất đầu nước do dòng chảy rối từ dưới đáy nên chảy vào tầng trữ nước tại bộ phận nước vào.
- Tổn thất đầu nước do những vật cản không thấm nước trong tầng trữ nước (thảm thực vật).

Rất nhiều tác giả như Peterson (1955), Saran (1961), Huisman (1972) đã đưa ra công thức tính toán lượng tổn thất đầu nước này.

d) Vật liệu làm bộ phận nước vào

Bộ phận nước vào phải được xây dựng có đủ cường độ và độ bền để chống được áp lực của đất, chống được lực kéo, lực nén khi lắp đặt cũng như sửa chữa, chống được han gỉ, ăn mòn, hư hỏng trong quá trình sử dụng. Những yêu cầu này có được thoả mãn hay không phụ thuộc rất nhiều vào vật liệu làm bộ phận nước vào.

Thông thường đối với những giếng ống, bộ phận nước vào được làm bằng thép, có độ dày thành ống tương đối lớn. Để bảo vệ han gỉ và ăn mòn, ống thép thường được quét một lớp cao su chống ăn mòn hoặc quét nhựa đường. Trong một vài trường hợp thiết bị nước vào cũng có thể làm bằng ống cao su hoặc nhựa cứng. Với những công trình quan trọng cần có tuổi thọ lâu dài, bộ phận nước vào có thể làm bằng ống đồng, ống kẽm hoặc ống thép không gỉ.

Đối với những giếng ống nông có thể dùng ống sành, ống bê tông giá thành sẽ rẻ hơn. Trong những giếng có yêu cầu vệ sinh cao bộ phận nước vào có thể được làm bằng sợi thủy tinh, vật liệu xốp hoặc ống sứ.

e) Các loại bộ phận nước vào

Hiện nay đã có một số chủng loại bộ phận nước vào được sản xuất theo những kích cỡ tiêu chuẩn nhất định được bán trên thị trường.

Edward E. Johnson (1966) đã đưa ra một số yêu cầu cho việc thiết kế bộ phận nước vào của giếng ống như sau:

1. Các khe hở phải liên tục không được ngắt quãng, được bố trí xung quanh thành ống bộ phận nước vào.
2. Khoảng cách giữa các khe hở bảo đảm sao cho có tỷ lệ phần trăm diện tích khe hở so với diện tích khe hở là lớn.
3. Khe hở có hình chữ "V" có độ mở rộng về phía trong.
4. Việc lắp đặt các phần của bộ phận nước vào nên dùng một loại kim loại để tránh sự ăn mòn hoá học.
5. Diện tích khe hở lớn nhất không được vượt quá một tỷ lệ phần trăm so với tổng diện tích bộ phận nước vào nào đó để có đủ cường độ để chịu được áp lực của đất, lực kéo, lực nén khi lắp đặt và dỡ ra để sửa chữa.
6. Tuỳ vào điều kiện cụ thể để sử dụng những vật liệu làm bộ phận nước vào cho thích hợp.
7. Các bộ phận khác và các phụ tùng phải được lắp đặt đầy đủ và hoạt động tốt như các khớp nối, lớp đệm, tầng lọc quanh thiết bị...
8. Các loại hình bộ phận nước vào chủ yếu phụ thuộc vào cấu tạo và hình thức các khe, lỗ hở cho nước vào.

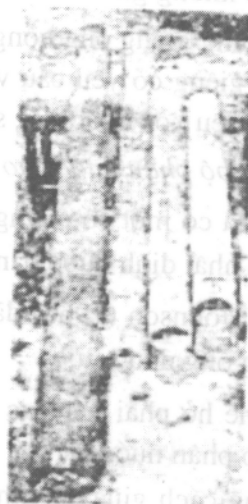
- Loại thiết bị lọc có khe hở liên tục (hình 5.22a) được làm bằng dây kim loại kéo dài và quấn tròn hình ống theo kiểu lò xo. Dây kim loại có mặt cắt ngang hình chữ nhật. Dây kim loại này có thể quấn tròn theo một khung bao gồm những thành thép theo chiều

đứng. Để tăng cường độ chịu kéo và thêm chắc chắn ổn định cần có những mối hàn giữa thành đứng và các vòng dây kim loại.

- Loại thiết bị lọc có những khe hở không liên tục bố trí thành từng nhóm từ 2 ÷ 4 khe xung quanh thành ống của bộ phận nước vào (hình 5.23). Các khe hở có thể bố trí vuông góc hoặc song song với trục của đường ống.



Hình 5.22a - Bộ phận nước vào khe hở liên tục



Hình 5.22b- Các dạng khác nhau của bộ phận nước vào

- Loại đường ống có khe hở là những lỗ vuông tròn đục trên thành ống để nước vào. Dù khe hở được cấu tạo theo hình dạng hoặc kích thước như thế nào vẫn phải bảo đảm nước vào giếng thuận tiện, ít tổn thất đầu nước và không cho quá nhiều các hạt bùn cát đi vào trong giếng làm tăng trữ nước dễ bị sụt lở.

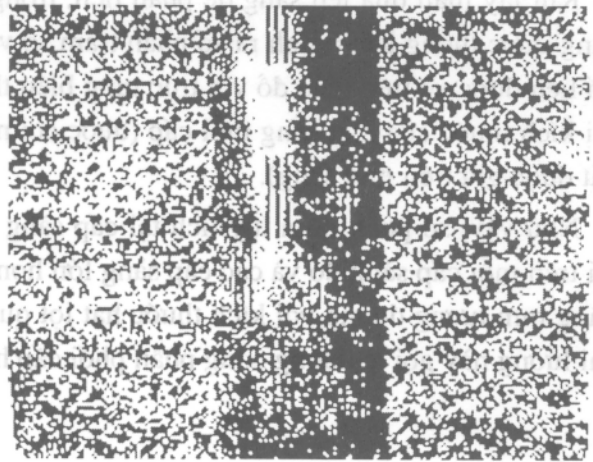
6. Lớp đệm lọc nước

Lớp đệm lọc nước thường là một lớp mỏng được cấu tạo bằng các vật liệu thô như sỏi, cát thô hoặc đá dăm.

Lớp đệm lọc nước này ở mỗi giếng có thể là lớp sỏi tự nhiên hoặc lớp đệm sỏi cát đá được tạo ra (hình 5.23 và 5.24a).

Lớp đệm tự nhiên có thể được tạo ra xung quanh bộ phận nước vào. Sau quá trình giếng hoạt động, các hạt mịn như bùn đất, cát mịn được di chuyển vào trong giếng rồi được bơm ra ngoài, còn lại một lớp sỏi sạn xung quanh ống tạo thành lớp đệm lọc nước rất tốt.

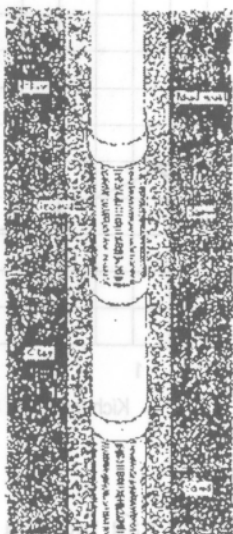
Trong trường hợp tầng trữ nước có cấu tạo không thuận lợi cho sự di chuyển của nước vào trong giếng, chúng ta phải tạo nên lớp đệm lọc nước nhân tạo. Để tạo lớp đệm này, trong quá trình khoan giếng người ta phải khoan lỗ khoan có đường kính lớn hơn đường kính bộ phận nước vào một trị số yêu cầu nào đó. Sau khi đặt ống giếng (bộ phận nước vào) vào trung tâm lỗ khoan, người ta lấp đầy khoảng vành khuyên xung quanh ống bằng các lớp cuội, cát đá với cấp hạt thích hợp và đạt yêu cầu lọc nước tùy theo cấu tạo cấp hạt trong tầng trữ nước.



Hình 5.23 - Lớp đệm hình thành tự nhiên sau một thời gian làm việc của giếng. Bộ phận nước vào với khe hở không liên tục song song với trục

a) Phân tích cấp hạt tầng trữ nước và lớp đệm lọc nước

Để xác định được đặc tính cấu tạo của tầng trữ nước phải tiến hành phân tích thành phần hạt ở các mẫu được lấy lên trong khi khoan thăm dò hoặc là trong quá trình khoan giếng. Dựa vào các kết quả phân tích thành phần hạt của tầng trữ nước để quyết định những đặc điểm kỹ thuật của bộ phận nước vào và thiết kế tầng đệm lọc nước. Thông thường để phân tích mẫu hạt người ta dùng phương pháp sàng khô và thực hiện theo một quy trình chuẩn nhất định. Một loạt các cấp mẫu sàng khác nhau được sử dụng. Các mẫu sàng này có kích thước mắt lọc khác nhau (hình 5.24b).



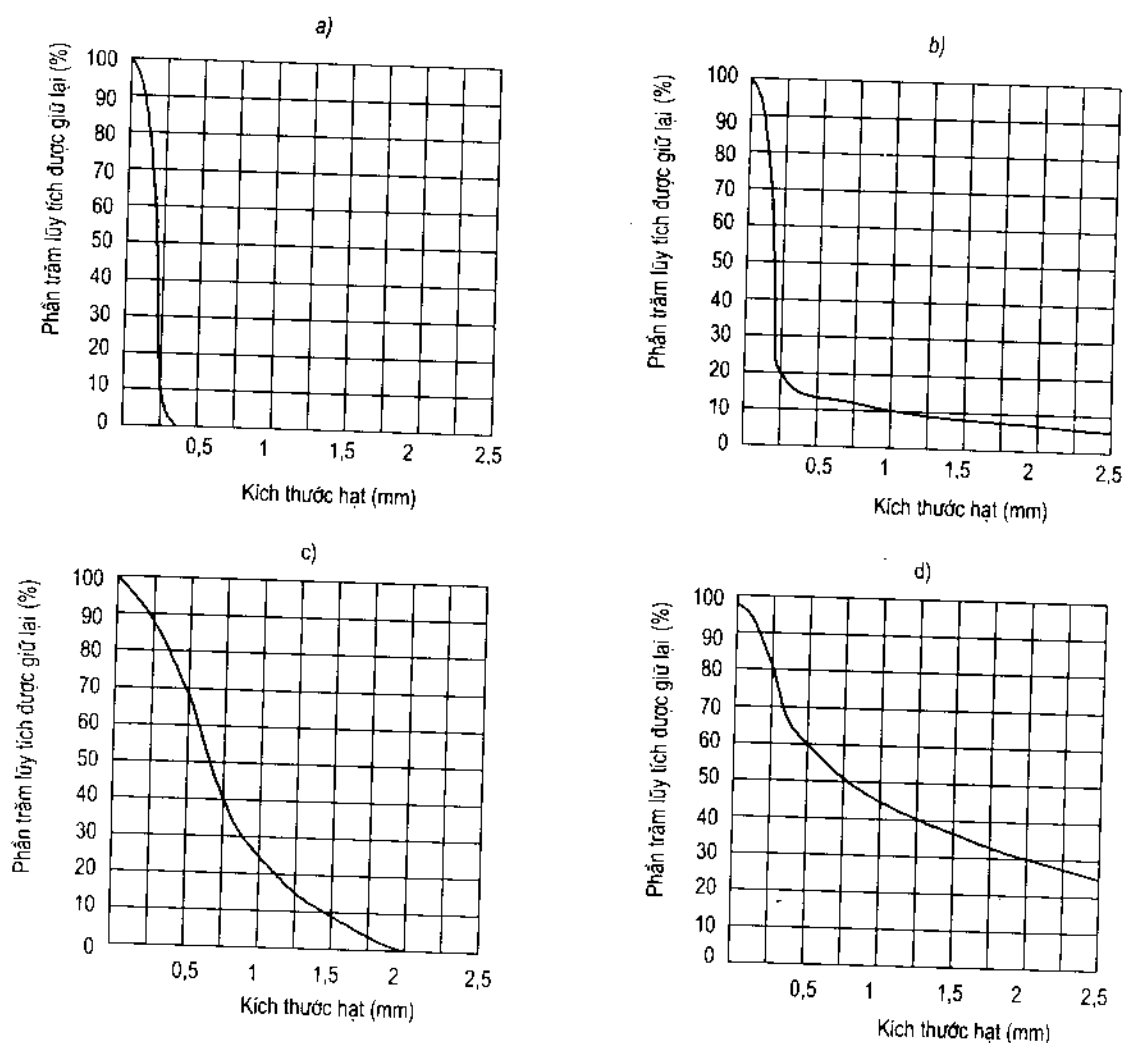
Hình 5.24a - Lớp đệm lọc nước nhân tạo với bộ phận nước vào khe hở không liên tục vuông góc với trục ống



Hình 5.24b - Mẫu sàng phân tích cấp hạt của tầng trữ nước

Khi lấy mẫu đưa lên sàng để phân tích, trọng lượng vật liệu còn giữ lại trên mỗi cấp sàng được thống kê và tính ra số phần trăm so với trọng lượng của toàn mẫu thí nghiệm. Số liệu được vẽ trên biểu đồ với trục tung biểu thị số phần trăm lũy tích, trục hoành biểu thị kích thước của mắt sàng mỗi cấp (được coi như đường kính nhỏ nhất của các hạt đất, cát được giữ trên mỗi sàng).

Như vậy, số phần trăm lũy tích tại cấp sàng nào đó sẽ là phần trăm trọng lượng còn lại trên mỗi cấp sàng đó và các cấp sàng lớn hơn. Kích thước của mỗi cấp sàng được tính bằng mm tương đương với kích thước hạt lọt qua. Đường cong biểu thị quan hệ giữa hai đại lượng này gọi là đường cong phân phối cấp hạt (hình 5.25).



Hình 5.25- Đường cong phân phối cấp hạt

Qua sự phân tích này xác định được cấp phối hạt của vật liệu cấu tạo của tầng trữ nước. Nó phản ánh đặc tính trữ nước của tầng địa chất đó và cũng có thể quyết định việc có cần thiết làm tầng đệm lọc nước nhân tạo hay không.

- Đường kính hạt hiệu quả (D_{90})

Đường kính hạt hiệu quả là đường kính có 10% trọng lượng của mẫu có hạt nhỏ hơn đường kính hạt hiệu quả và 90% trọng lượng của mẫu có hạt lớn hơn đường kính hạt hiệu quả. Thí dụ: hình (5.25c) cho thấy rằng đường kính hạt lớn hơn hoặc bằng 0,25 mm là 90% và đường kính hạt nhỏ hơn 0,25 mm 10%. Như vậy, đường kính hạt hiệu quả của tầng địa chất này là 0,25 mm.

- Hệ số đồng đều (C_u)

Hệ số đồng đều C_u là chỉ số thể hiện sự biến động của các cỡ hạt trong tầng địa chất nghiên cứu. Chỉ số C_u được tính bằng tỷ số đường kính mắt sàng để lọt 60% trọng lượng đất và đường kính mắt sàng để lọt 10% trọng lượng đất.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Cụ thể ở tầng địa chất C có đường cong lũy tích thể hiện ở hình 5.25c thì hệ số đồng đều:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,75}{0,25} = 3$$

• Hệ số này được đưa ra bởi Hazew để định lượng độ phân hạng cấp phối hạt của tầng địa chất trữ nước, cũng thể hiện phần nào độ xốp của tầng địa chất.

• Hệ số đồng đều của tầng địa chất có cỡ hạt đồng nhất (kích thước hạt như nhau $C_u = 1$).

• Hệ số đồng đều của cát hạt tương đối đồng đều $C_u = 2 \div 3$.

Đối với vật liệu hỗn hợp cát sỏi đá thì hệ số này còn lớn hơn nhiều.

b) Lớp đệm lọc nước nhân tạo

Không phải toàn bộ các tầng trữ nước đều phải cấu tạo tầng đệm lọc nước nhân tạo. Nói chung, theo kinh nghiệm thiết kế công trình khai thác nước ngầm, những tầng trữ nước có: đường kính hạt hiệu quả $\geq 0,25$ mm, hệ số đồng đều $C_u \geq 2$ thì sau thời gian làm việc của giếng, xung quanh bộ phận nước vào sẽ tự hình thành lớp đệm lọc nước mà không cần bố trí lớp đệm lọc nước nhân tạo.

Đối với tầng trữ nước là tầng cát có cỡ hạt tương đối đồng đều hoặc ở những nơi tầng địa chất có những lớp mỏng cát mịn, hạt vừa, hạt thô xen kẽ nối tiếp với nhau thì thường khó xác định được vị trí các lớp hạt một cách chính xác. Những trường hợp này thường hay gặp ở hầu hết các tầng trữ nước nằm sâu. Đối với các tầng địa chất như vậy phải lắp đặt tầng đệm lọc nước nhân tạo. Cũng có thể tầng đệm lọc nước nhân tạo được sử dụng đối với tầng trữ nước chứa nhiều hạt mịn nhưng sử dụng bộ phận nước vào với những khe nước vào tương đối rộng, những trường hợp này thường xuất hiện khi:

$$C_u = 2 \div 3$$

$$D_{40} \leq 0,42$$

Sử dụng tầng đệm lọc nước nhân tạo có những ưu việt sau:

- Lớp đệm sỏi lọc nước sẽ làm tăng bán kính ảnh hưởng của giếng cũng có nghĩa là làm tăng khả năng cấp nước của giếng.

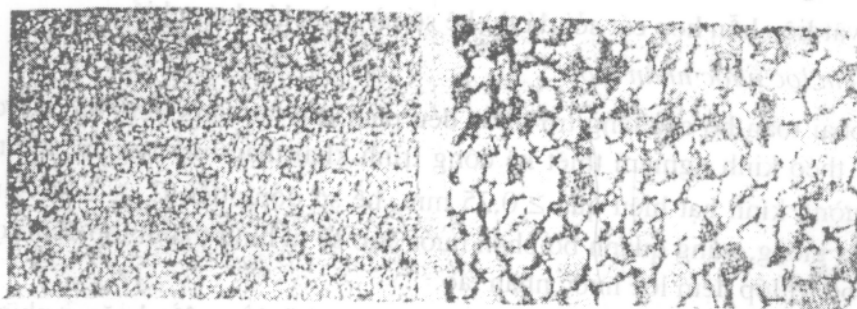
- Giảm được tổn thất đầu nước tại khu vực nước chảy vào giếng vì thế cũng tăng lưu lượng nước chảy vào giếng.
- Giảm độ dày thành giếng vì diện tích của các khe hở ở bộ phận nước vào sẽ được giảm nhỏ nhưng dòng chảy vào giếng vẫn bảo đảm thuận tiện.
- Khi lớp đệm lọc nước được thiết kế hoàn chỉnh và hoạt động tốt thì nước vào giếng sẽ mang theo ít nhất các hạt thô, vì thế sự hoạt động của giếng và máy bơm sẽ tốt nhất.
- Làm tăng khả năng chịu lực của bộ phận nước vào.
- Ngăn chặn các hiện tượng tạo lỗ hổng, hang động trong tầng trữ nước, chống sụt lún tầng địa chất nơi xây dựng giếng.
- Trong trường hợp cần thiết sẽ tạo điều kiện thuận tiện cho việc di chuyển, thay đổi các ống giếng đặc biệt đối với giếng nông.

c) Thiết kế lớp đệm lọc nước

- Lớp đệm thường được cấu tạo bằng các vật liệu như sỏi đá với cấp phối hạt thích hợp, yêu cầu vật liệu phải sạch không lẫn bùn cát, hạt phải nhẵn và tương đối đồng đều, vật liệu phải tương đối cứng, không hoà tan được. Nếu là khoáng silic không được lẫn trên 5% đá vôi; không được lẫn các tạp chất như phiến sét, thạch cao. Hạt có kích thước tương đối đồng đều, hệ số đồng đều C_u bằng 2 hoặc nhỏ hơn.

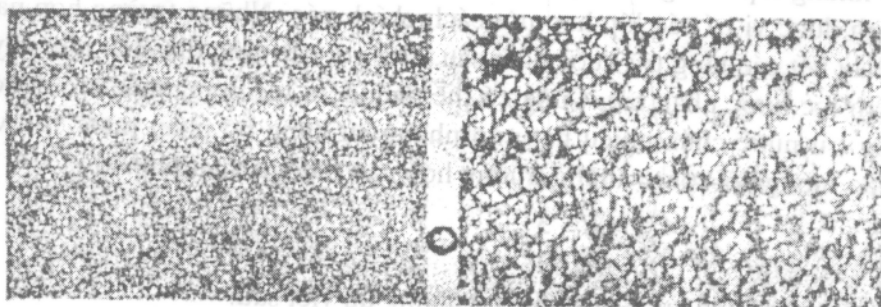
Hai loại lớp đệm lọc nước thường được sử dụng:

- Lớp đệm có thành phần hạt có kích thước tương đối đồng đều.
- Lớp đệm có thành phần hạt cấp phối nhất định.



Tầng trữ nước cát thô

Lớp đệm đá dăm hạt nhỏ



Tầng trữ nước cát vừa

Lớp đệm cát thô

Hình 5.26- Quan hệ giữa phân phối cỡ hạt của tầng trữ nước và lớp đệm lọc nước

Trong việc thiết kế kích thước các khe hở của bộ phận nước vào thường phải dựa vào loại lớp đệm được áp dụng. Trường hợp lớp đệm lọc nước có thành phần hạt cấp phối thì tại mặt tiếp xúc giữa lớp đệm lọc nước và tầng trữ nước có khả năng các lỗ rỗng sẽ bị lấp đầy bằng các hạt mịn hơn, kết quả sẽ làm giảm tính chất thấm của tầng trữ nước.

Trường hợp lớp đệm lọc nước có thành phần là các hạt tương đối đồng đều, những hạt mịn ở tầng trữ nước có thể bị di chuyển vào trong giếng nhất là khi thông giếng sẽ làm tăng tính chất thấm của tầng trữ nước trong khi vẫn duy trì được khả năng thấm cao của tầng đệm lọc nước. Tuy nhiên, trong thực tế nhiều khi không chọn được tầng đệm có cấp hạt đồng đều phù hợp. Đặc tính vật lý quan trọng nhất của tầng đệm có cỡ hạt đồng đều là kích thước hạt được đặc trưng bằng đường kính trung bình của các hạt vật chất, ứng với 50% (trên đường cong phân phối cấp hạt). Lớp đệm không cần thiết kích thước hạt quá lớn. Một số tổ chức như Hội Kỹ thuật Nông nghiệp Mỹ đề nghị cỡ hạt lớn nhất của lớp đệm lọc nước là 6,4 mm.

- Tính toán cấu tạo lớp đệm

Để lớp đệm lọc nước vừa có khả năng thấm mạnh tạo điều kiện tốt cho nước chảy vào giếng vừa có khả năng ngăn chặn được việc các hạt bùn cát từ tầng trữ nước chảy vào giếng quá nhiều, đường kính bình quân của thành phần hạt trong tầng đệm phải phù hợp với kích thước và cấp phối của hạt cấu tạo nên tầng trữ nước. Để đặc trưng cho quan hệ này người ta dùng tỷ số giữa đường kính hạt trung bình có số phần trăm là 50% của lớp đệm và đường kính hạt trung bình của tầng trữ nước, gọi là tỷ số lớp đệm và tầng trữ nước, ký hiệu là: P - A.

$$P - A = \frac{50\% (\text{kích thước hạt lớp đệm})}{50\% (\text{kích thước hạt tầng trữ nước})}$$

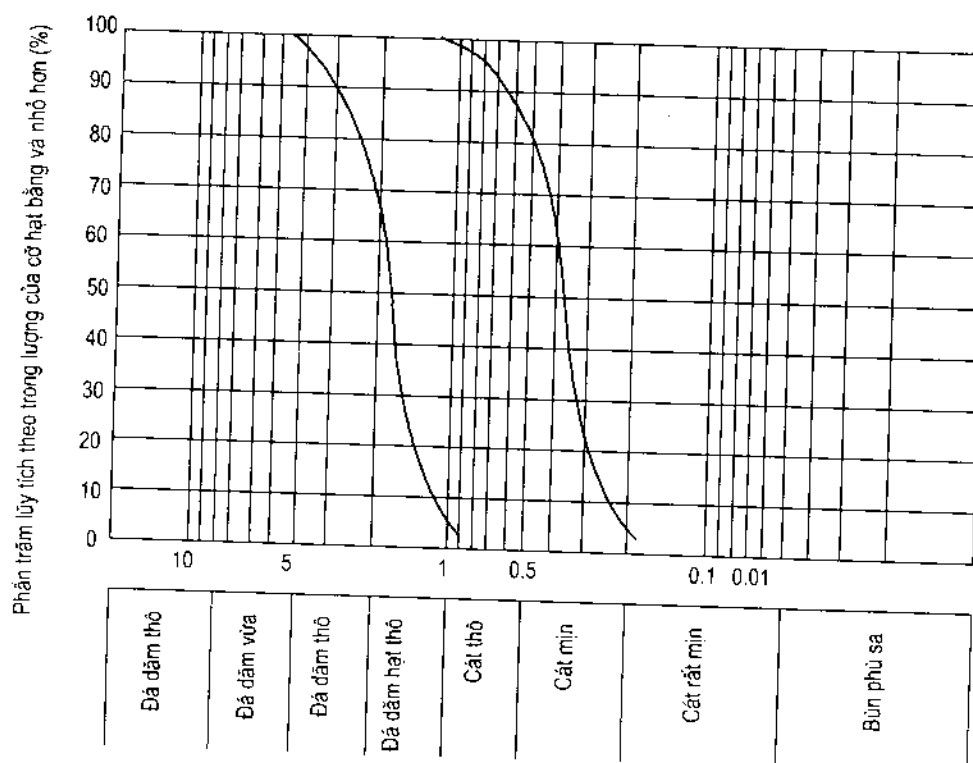
Một số cơ quan khoa học còn dùng tỷ số lớp đệm là tỷ số của cỡ hạt lớp đệm và tầng trữ nước với 70%. Tuy nhiên, hầu hết các công trình khai thác nước ngầm vẫn lấy tỷ số của 50% làm tiêu chuẩn thiết kế.

Hình 5.27 thể hiện đường cong cấp phối hạt của lớp đệm và tầng trữ nước với hai loại vật liệu này có tỷ số:

$$P - A = \frac{1,80}{0,38}$$

Năm 1970, tác giả Ellithorpe đã nghiên cứu, thí nghiệm và công bố: để tổn thất đầu nước qua lớp đệm là nhỏ nhất thì tỷ số $P-A = 4$, nếu tỷ số $P-A = 9$ thì có thể vận chuyển các hạt cát vào giếng và giá trị này có thể coi là giới hạn lớn nhất của tỷ số $P-A$ dùng cho thiết kế.

Các tác giả khác như Smith cũng đưa ra tỷ số $P-A = 4 \div 5$ là thích hợp, nếu tỷ số $P-A = 7 \div 10$ thì phải có biện pháp bơm cát ra khỏi giếng. Nếu tỷ số $P-A = 10 \div 20$ sẽ có rất nhiều bùn cát vào giếng.



Hình 5.27- Đường cong cấp phối hạt của lớp đệm và tầng trữ nước

Trên cơ sở thí nghiệm và nghiên cứu, một số tác giả ở Ludhiana Ấn Độ đã đưa ra giới hạn lớn nhất của tỷ số P - A cho mỗi loại lớp đệm như sau:

Lớp đệm sỏi	Tầng trữ nước	Giới hạn lớn nhất của tỷ số P-A
Cỡ hạt đồng đều	Cỡ hạt đồng đều	6
Cỡ hạt không đồng đều	Cỡ hạt không đồng đều	9
Lớp đệm cát	Tầng trữ nước	Giới hạn lớn nhất của tỷ số P-A
Cỡ hạt đồng đều	Cỡ hạt đồng đều	8
Cỡ hạt không đồng đều	Cỡ hạt không đồng đều	12

Từ những nghiên cứu trên đây, trình tự thiết kế lớp đệm và kích thước khe hở ở bộ phận nước vào như sau:

Phân tích mẫu và vẽ các đường cong thành phần kích thước hạt của các tầng địa chất mà giếng sẽ được khoan qua.

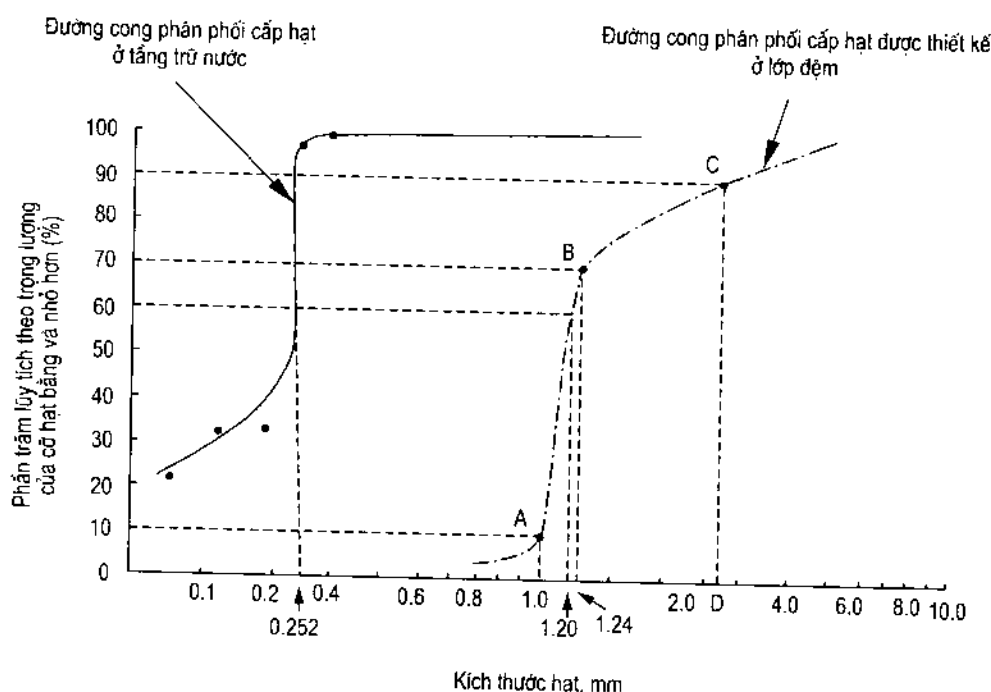
- 1) Xác định chiều dày các tầng địa chất trữ nước tại đây sẽ đặt các bộ phận nước vào.
- 2) Trong các tầng được lựa chọn, xác định đường kính hạt ứng với 70%, sau đó nhân trị số này với một hệ số từ 4 ÷ 6. Kết quả sẽ là cỡ hạt của tầng đệm. Nhân với hệ số 4 khi tầng trữ nước có thành phần hạt mịn và tương đối đồng đều, nhân hệ số 6 khi tầng trữ nước có thành phần hạt thô và không đồng đều. Nếu thành phần hạt ở tầng trữ nước có cấu tạo ở dạng trung gian hai loại trên thì ta sẽ lấy giá trị trung bình của hai trị số.

Trường hợp tầng trữ nước có thành phần là hạt mịn (cát, phù sa) mà không đồng đều thì giá trị đường kính hạt 70% sẽ nhân với hệ số từ 6 ÷ 9 để tìm ra cỡ hạt trung bình của lớp đệm lọc nước tùy thuộc vào mức độ không đồng đều của kích thước hạt.

Sau khi tính toán như trên, chúng ta vẽ đường cong phân bố cấp hạt của lớp đệm đi qua điểm đã được tính toán (hình 5.28) và hiệu chỉnh sao cho đường cong phân phối cỡ hạt có hệ số đồng đều C_u như sau:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2,5 \text{ hoặc nhỏ hơn}$$

Vì nếu $C_u > 2,5$ thì trong quá trình hoạt động của giếng những cỡ hạt sẽ bị phân tách riêng, kết quả giếng hoạt động sẽ giảm hiệu quả.



Hình 5.28 - Đường cong phân phối cấp hạt dùng để thiết kế kích thước hạt của lớp đệm lọc nước và kích thước khe hở ở bộ phận nước vào

Như vậy, với những khống chế trên đường cong phân bố cỡ hạt của lớp đệm lọc nước hoàn toàn được xác định (hình 5.28).

- Lựa chọn kích thước khe hở của bộ phận nước vào

Trên cơ sở đường cong phân bố cỡ hạt của lớp đệm lọc nước đã được xác định. Từ số phần trăm 90% trên trục tung xác định được điểm C trên đường cong của lớp đệm lọc nước dóng xuống trục hoành sẽ được giá trị D là kích thước của khe nước vào. Trị số này có thể lấy sai số $\pm 8\%$ phụ thuộc vào dụng cụ để tạo thành khe hở.

d) Chiều dày lớp đệm lọc nước

Từ lý thuyết thiết kế lớp đệm lọc nước trên cơ sở nhằm duy trì kết cấu của tầng địa chất trữ nước, chiều dày của lớp đệm lọc nước chỉ cần bằng $2 \div 3$ lần đường kính hạt cấu tạo lớp này. Đây chính là yêu cầu để giữ lại các hạt cát trong tầng trữ nước.

Như vậy, chiều dày lớp đệm này chỉ chưa đầy 1cm thì thực nghiệm cũng chứng tỏ chưa có khả năng khống chế và giữ lại các hạt cát trong tầng trữ nước, chỉ có một phần không đáng kể các hạt mịn qua tầng đệm vào giếng. Tuy nhiên, trong thực tế việc bố trí một lớp đệm mỏng như vậy rất khó khăn đồng thời khó có thể bao quanh bộ phận nước vào một cách hoàn chỉnh. Vì thế để bao quanh toàn bộ bộ phận nước vào, chiều dày nhỏ nhất của lớp đệm trong thực tế phải là 7,5cm.

Trong thực tế thiết kế thường lấy chiều dày lớp đệm khoảng 20cm.

Chiều dày lớp đệm dày hơn nữa cũng không có tác dụng làm tăng lưu lượng nước tập trung vào giếng. Hơn nữa, độ dày lớp đệm không ảnh hưởng tới khống chế lượng bùn cát đi vào giếng. Yếu tố khống chế lượng bùn cát vào giếng chính là tỷ số $P - A$ giữa kích thước của lớp đệm lọc nước và tầng trữ nước. Nếu lớp đệm quá dày sẽ gây nhiều khó khăn cho hoạt động của giếng sau này.

5.5.4. Giếng làm việc trên bãi giếng - khoảng cách của giếng

Đối với một dự án tưới muốn dùng nước ngầm ta phải bố trí hàng loạt giếng lấy nước ngầm nhằm khai thác triệt để trữ lượng nước ngầm để thoả mãn yêu cầu tưới. Vì vậy, vấn đề bố trí các giếng và khoảng cách giữa chúng là một vấn đề cần được xem xét nghiên cứu một cách kỹ lưỡng. Như ta đã biết, tại vị trí giếng bất kỳ nào khi bơm nước lên thì mực nước ngầm sẽ bị hạ thấp trong khu vực giếng và các khu vực lân cận tạo thành một "phễu" ảnh hưởng với một phạm vi nhất định, đường mực nước ngầm sẽ có độ dốc từ mực nước ngầm lân cận vào giếng. Nếu bơm liên tục độ dốc mực nước ngầm cũng như vùng ảnh hưởng sẽ tiến tới ổn định. Lượng nước từ tầng trữ nước đi vào giếng sẽ cân bằng với lượng nước đã bơm khỏi giếng.

Độ hạ thấp lớn nhất là mực nước trong giếng và độ hạ thấp nước ngầm sẽ giảm dần khi khoảng cách càng xa giếng và tới một khoảng cách nào đó độ hạ thấp sẽ bằng không. Mực nước ngầm không còn chịu ảnh hưởng của độ hạ thấp. Chính vì vậy, nếu khoảng cách giữa các giếng quá ngắn, sự bơm nước khai thác nước ngầm ở giếng này sẽ ảnh hưởng tới khả năng cấp nước của giếng kia. Nói cách khác, lưu lượng của mỗi giếng sẽ bị giảm nếu như các hình phễu hạ thấp mực nước ngầm của mỗi giếng gối lên nhau. Tuỳ vào đặc điểm của nước ngầm và mức độ khác nhau bán kính ảnh hưởng độ hạ thấp mực nước ngầm có thể vài chục mét tới hàng kilômét.

Việc tính toán ảnh hưởng của giếng trong bãi giếng xuất phát từ phương trình cân bằng và không cân bằng của dòng chảy ngầm. Các tác giả như Dupuit, Forgymer, Barker, Autopxki... đưa ra các phương pháp tính khác nhau nhưng đều cho rằng: Độ hạ

d) Chiều dày lớp đệm lọc nước

Từ lý thuyết thiết kế lớp đệm lọc nước trên cơ sở nhằm duy trì kết cấu của tầng địa chất trữ nước, chiều dày của lớp đệm lọc nước chỉ cần bằng $2 \div 3$ lần đường kính hạt cấu tạo lớp này. Đây chính là yêu cầu để giữ lại các hạt cát trong tầng trữ nước.

Như vậy, chiều dày lớp đệm này chỉ chưa đầy 1cm thì thực nghiệm cũng chứng tỏ chưa có khả năng khống chế và giữ lại các hạt cát trong tầng trữ nước, chỉ có một phần không đáng kể các hạt mịn qua tầng đệm vào giếng. Tuy nhiên, trong thực tế việc bố trí một lớp đệm mỏng như vậy rất khó khăn đồng thời khó có thể bao quanh bộ phận nước vào một cách hoàn chỉnh. Vì thế để bao quanh toàn bộ bộ phận nước vào, chiều dày nhỏ nhất của lớp đệm trong thực tế phải là 7,5cm.

Trong thực tế thiết kế thường lấy chiều dày lớp đệm khoảng 20cm.

Chiều dày lớp đệm dày hơn nữa cũng không có tác dụng làm tăng lưu lượng nước tập trung vào giếng. Hơn nữa, độ dày lớp đệm không ảnh hưởng tới khống chế lượng bùn cát đi vào giếng. Yếu tố khống chế lượng bùn cát vào giếng chính là tỷ số $P - A$ giữa kích thước của lớp đệm lọc nước và tầng trữ nước. Nếu lớp đệm quá dày sẽ gây nhiều khó khăn cho hoạt động của giếng sau này.

5.5.4. Giếng làm việc trên bãi giếng - khoảng cách của giếng

Đối với một dự án tưới muốn dùng nước ngầm ta phải bố trí hàng loạt giếng lấy nước ngầm nhằm khai thác triệt để trữ lượng nước ngầm để thoả mãn yêu cầu tưới. Vì vậy, vấn đề bố trí các giếng và khoảng cách giữa chúng là một vấn đề cần được xem xét nghiên cứu một cách kỹ lưỡng. Như ta đã biết, tại vị trí giếng bất kỳ nào khi bơm nước lên thì mực nước ngầm sẽ bị hạ thấp trong khu vực giếng và các khu vực lân cận tạo thành một "phễu" ảnh hưởng với một phạm vi nhất định, đường mực nước ngầm sẽ có độ dốc từ mực nước ngầm tĩnh hướng vào giếng. Nếu bơm liên tục độ dốc mực nước ngầm cũng như vùng ảnh hưởng sẽ tiến tới ổn định. Lượng nước từ tầng trữ nước đi vào giếng sẽ cân bằng với lượng nước đã bơm khỏi giếng.

Độ hạ thấp lớn nhất là mực nước trong giếng và độ hạ thấp nước ngầm sẽ giảm dần khi khoảng cách càng xa giếng và tới một khoảng cách nào đó độ hạ thấp sẽ bằng không. Mực nước ngầm không còn chịu ảnh hưởng của độ hạ thấp. Chính vì vậy, nếu khoảng cách giữa các giếng quá ngắn, sự bơm nước khai thác nước ngầm ở giếng này sẽ ảnh hưởng tới khả năng cấp nước của giếng kia. Nói cách khác, lưu lượng của mỗi giếng sẽ bị giảm nếu như các hình phễu hạ thấp mực nước ngầm của mỗi giếng gối lên nhau. Tuy vào đặc điểm của nước ngầm và mức độ khác nhau bán kính ảnh hưởng độ hạ thấp mực nước ngầm có thể vài chục mét tới hàng kilômét.

Việc tính toán ảnh hưởng của giếng trong bãi giếng xuất phát từ phương trình cân bằng và không cân bằng của dòng chảy ngầm. Các tác giả như Dupuit, Forgymer, Barker, Autopxki... đưa ra các phương pháp tính khác nhau nhưng đều cho rằng: Độ hạ

thấp mực nước trong một bãi giếng tại một thời điểm bất kỳ bằng tổng độ hạ thấp mực nước do từng giếng gây ra:

$$S_{\text{tổng}} = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$$

Dưới đây là phương pháp tính các thông số trong một số trường hợp cụ thể:

- Trường hợp bãi giếng khai thác nước tầng không áp với lưu lượng bằng nhau:

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = \frac{Q_0}{n}$$

với n là số lượng giếng và Q_0 là tổng lưu lượng khai thác của bãi giếng.

Gọi khoảng cách từ điểm tính toán tới giếng lần lượt là $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Nếu biên không còn bị ảnh hưởng bơm với mực nước H của cả nhóm giếng là R thì phương trình mặt nước tại điểm tính toán sẽ là:

$$y^2 = H^2 - \frac{Q_0}{\pi K b} \left(\ln R^n - \sum_{i=1}^n \ln x_i \right)$$

Tương tự với bãi giếng hoàn chỉnh, khai thác nước trong tầng có áp sẽ là:

$$Q_0 = \frac{2\pi K b S}{\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 \dots x_{n-1}}$$

trong đó:

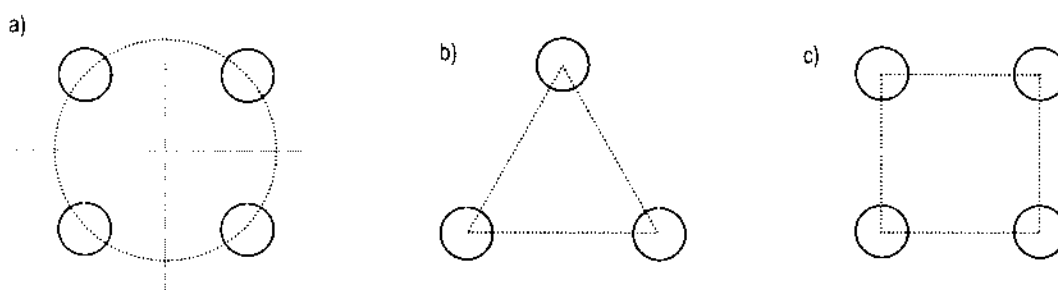
K - hệ số thấm (m/ngđ);

b - chiều dày tầng chứa nước;

S - độ hạ thấp mực nước.

- Trường hợp nhóm giếng bố trí trên chu vi đường tròn:

Hình 5.29a dưới đây mô tả bãi giếng hoạt động khai thác nước ngầm bố trí trên chu vi đường tròn:



Hình 5.29- Sơ đồ bãi giếng

a) Bố trí trên đường tròn ; b) Bố trí trên đỉnh tam giác; c) Bố trí trên đỉnh hình vuông

Gọi khoảng cách từ các giếng tới tâm đường tròn là r (m), bán kính ảnh hưởng lớn nhất của bãi giếng là R (m) thì đường mặt nước tại tâm đường tròn biểu diễn bởi phương trình sau:

$$H^2 - y^2 = \frac{Q_0}{\pi K n} \ln \frac{R}{r}$$

Nếu gọi S là độ hạ thấp mực nước tại tâm giếng thì:

$$Q_0 = \frac{1,36KS(2H - S)}{\lg \frac{R}{r}}$$

Chú ý rằng công thức trên chỉ đúng trong trường hợp:

- Đáy tầng không thấm được xem là nằm ngang;
- Tại biên vùng ảnh hưởng độ hạ thấp mực nước ngầm bằng không;
- Mặt giới hạn của vùng thấm là mặt trụ thẳng đứng.

Nhóm giếng bố trí tại đỉnh của tam giác đều như hình 5.29b:

+ Với giếng hoàn chỉnh không áp:

$$Q_0 = \frac{1,36KS(2H - S)}{\lg \frac{R^3}{4a^2r}}$$

+ Với giếng hoàn chỉnh có áp:

$$Q_0 = \frac{2,73KbS}{\lg \frac{R^3}{4a^2r}}$$

Nhóm giếng bố trí tại đỉnh của hình vuông như hình 5.29c:

+ Với giếng hoàn chỉnh không áp:

$$Q_0 = \frac{1,36KS(2h - S)}{\lg \frac{R^4}{11,3a^3r}}$$

+ Với giếng hoàn chỉnh có áp:

$$Q_0 = \frac{2,73KbS}{\lg \frac{R^4}{11,3a^3r}}$$

trong đó:

- r - bán kính của đường tròn chứa hệ giếng;
- R - bán kính vùng ảnh hưởng hay giới hạn tại đó S = 0;
- a - nửa khoảng cách giữa hai đỉnh tam giác hoặc hình vuông.

Khoảng cách giữa các giếng khoan trong bãi giếng

Trong một bãi giếng khai thác nước từ một tầng chứa, việc bố trí khoảng cách giữa các giếng cũng là một vấn đề cần chú ý. Nguyên tắc chung là giếng bố trí càng xa nhau

thì càng ít ảnh hưởng lẫn nhau về lưu lượng khai thác cũng như độ hạ thấp mực nước. Tuy nhiên, nếu khoảng cách giữa các giếng quá xa sẽ gây lãng phí lớn về mặt kinh tế cũng như công tác quản lý và vận hành giếng. Khoảng cách giữa các giếng trong một bãi khai thác hợp lý nhất là phải đạt cả điều kiện kinh tế lẫn kỹ thuật sao cho giá thành thấp nhất và nước khai thác đạt lưu lượng lớn nhất phù hợp với khả năng cung cấp nước của tầng chứa.

Năm 1975, Theis đã đề xuất một công thức tính kinh tế nhằm chọn khoảng cách giữa hai giếng khoan cùng lấy nước ở một tầng chứa nước ngậm với lưu lượng khai thác bằng nhau:

$$L_{opt} = \frac{2,4 \cdot 10^8 C_v Q^2}{kT}$$

trong đó:

L_{opt} - khoảng cách tốt nhất;

k - hệ số thực nghiệm tùy thuộc vào điều kiện xây dựng và khả năng khai thác nước trong giếng;

C_v - giá thành để đưa $1m^3$ nước lên cao một mét (bao gồm cả chi phí năng lượng và thiết bị);

T - hệ số dẫn nước.

Năm 1941, Theis đưa ra một công thức xác định khoảng cách cho phép giữa hai giếng trong cùng một tầng chứa đồng nhất đẳng hướng:

$$l_{cp} = \frac{2Q}{IT}$$

trong đó:

l_{cp} - khoảng cách cho phép giữa hai giếng không gây ảnh hưởng lẫn nhau;

Q - lưu lượng khai thác của một giếng ($m^3/ngđ$);

T - hệ số dẫn nước của tầng chứa ($m^2/ngđ$);

I - gradient mặt nước ngầm hoặc mực thủy áp (không thứ nguyên).

Qua thực nghiệm và thực tế sản xuất đã chỉ ra rằng trong hầu hết các trường hợp khoảng cách giữa nhóm các giếng không nên nhỏ hơn 70m. Tuy nhiên, đối với giếng nông khoảng cách có thể nhỏ hơn.

Koul (1970) đã quan sát và công bố tài liệu: Đối với những giếng nông chiều sâu nhỏ hơn 20m, độ dốc thủy lực rất lớn trong vòng 8m kể từ tâm các giếng riêng lẻ. Khoảng cách trên 8m sẽ thoái dần và tới 20m thì độ hạ thấp còn rất nhỏ. Điều này càng khẳng định ý kiến của Rohwer (1940) đã thông báo rằng đối với những giếng nông, không có điều kiện địa chất thủy văn thuận lợi cá biệt nào, khoảng cách giữa các giếng đó nên lớn hơn $16 \div 24$ m.

Chương 6

QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ

HỆ THỐNG KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

6.1. QUY HOẠCH HỆ THỐNG CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

6.1.1. Những tài liệu cần thiết

1. Các tài liệu về tình hình nguồn nước

- Cấu tạo về địa tầng, tình hình địa chất và địa chất thủy văn khu vực khai thác nước ngầm, tính chất lý hoá của tầng địa chất.
- Tình hình địa hình của khu vực bao gồm cả khu vực cần cung cấp nước ngầm và khu vực khai thác nước ngầm.
- Tình hình về khí tượng thủy văn để đánh giá được các nguồn nước khác như nguồn nước mưa, nước mặt.
- Điều tra, khảo sát về nước ngầm bao gồm:
 - + Vị trí khu vực có thể khai thác nước ngầm, trữ lượng nước ngầm như chiều sâu các tầng trữ nước, chiều rộng tầng trữ nước.
 - + Chất lượng nước ngầm, khả năng xử lý và các biện pháp xử lý có thể áp dụng.

2. Các tài liệu về yêu cầu dùng nước

- Lượng nước yêu cầu của các ngành kinh tế: nước cho sinh hoạt, nước cho nông nghiệp như tưới, chăn nuôi.
- Xác định yêu cầu nước đối với nguồn nước ngầm.
- Thời gian yêu cầu nước.
- Lưu lượng nước yêu cầu.
- Tổng lượng nước yêu cầu.

3. Tài liệu về hệ thống yêu cầu tưới nước ngầm

- Diện tích, vị trí khu vực yêu cầu sử dụng nước ngầm.
- Hệ thống đường kênh dẫn nước mặt để tưới (nếu có).

6.1.2. Các nguyên tắc chung trong quy hoạch, khai thác sử dụng nước ngầm

- Do việc khai thác nước ngầm để tưới và cho các mục đích khác khá tốn kém và lưu lượng thường không lớn, vì vậy cần triệt để khai thác nước mặt, nước mưa, nếu thiếu mới sử dụng nước ngầm.

- Phải thông qua tính toán cân đối giữa yêu cầu nước và nguồn nước mặt có thể sử dụng được để tìm ra các phương án sử dụng nước ngầm theo thời gian sử dụng và lượng nước cần sử dụng, phân tích kinh tế kỹ thuật để lựa chọn ra phương án hợp lý nhất.

- Nên sử dụng nước ngầm tại chỗ để giảm bớt tổn thất nước và kinh phí đầu tư vào xây dựng công trình dẫn nước.

- Khi quy hoạch khai thác và sử dụng nước ngầm cần phải xem xét ảnh hưởng của việc khai thác đến các vấn đề có liên quan như: sự hạ thấp mực nước ngầm, sự ảnh hưởng tới các yêu cầu dùng nước khác có từ trước ở trong vùng, vấn đề xây dựng, vấn đề môi trường ở các khu tập trung dân cư cần dùng nước ngầm, vấn đề ô nhiễm nước ngầm từ các nguồn nước khác.

- Cần phối hợp chặt chẽ giữa thượng, hạ lưu của các lưu vực: sử dụng khai thác nước ngầm ở thượng lưu, vùng ven chân núi, ưu tiên nước mặt cho vùng hạ lưu.

- Khi bố trí công trình khai thác nước ngầm cần phối hợp chặt chẽ với hệ thống cung cấp nước mặt để khối lượng công trình dẫn nước nhỏ và giảm tổn thất nước, phát huy cao nhất hiệu quả của hệ thống cung cấp nước.

- Sử dụng tổng hợp việc khai thác và sử dụng nước ngầm cho tưới, cho sinh hoạt, cho cải tạo môi trường...

- Nếu việc khai thác nước ngầm thuận lợi có thể tận dụng khai thác để tăng sản suất bảo đảm của hệ thống, khai thác triệt để hơn nguồn nước mặt.

6.1.3. Bố trí công trình khai thác và cung cấp nước ngầm

1. Bố trí công trình khai thác nước ngầm

Các công trình khai thác nước ngầm bao gồm các công trình khai thác theo chiều ngang và công trình khai thác theo chiều đứng (giếng).

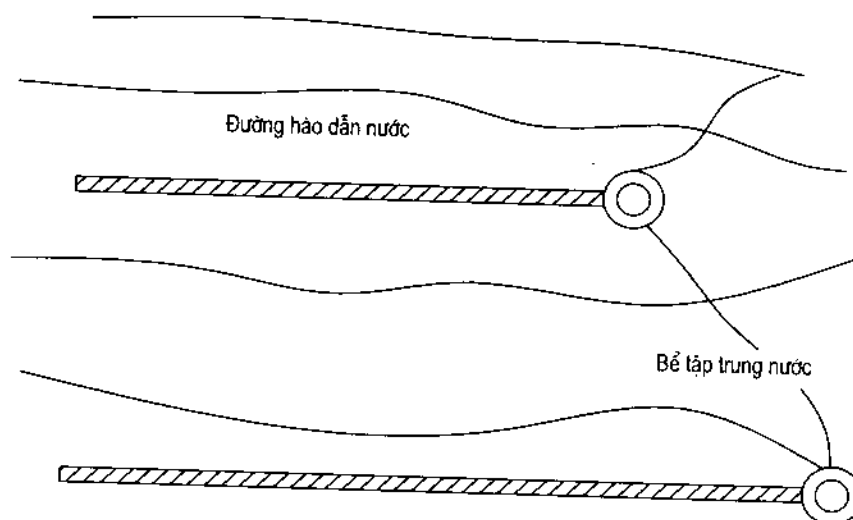
a) Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang

Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang thường được áp dụng những nơi tầng trữ nước mỏng, nằm nông và mực nước ngầm có độ dốc thủy lực.

Có thể áp dụng 2 hình thức là đường hầm có chứa vật liệu thấm hoặc không chứa vật liệu thấm:

- Những đường hầm này được bố trí vuông góc với hướng nước chảy của nước ngầm.
- Bố trí đường hầm ở sườn dốc hoặc dưới chân đồi.
- Bố trí cắt vuông góc với các dòng suối cạn.

Giếng tập trung nước được bố trí ở nơi có địa hình tương đối cao, hoặc ở gần hệ thống kênh chính dẫn nước mặt. Tùy vào tình hình địa hình của khu vực, nguồn nước bổ sung cho nước ngầm và trữ lượng nước ngầm mà xác định cao độ và khoảng cách giữa các đường hầm tập trung nước.



Hình 6. - Đường hào tập trung nước ở chân đồi

Thường những đường hầm tập trung nước và giếng tập trung nước nằm ngoài khu tưới và đặt ở những khu cao để sau khi bơm, nước có thể tự chảy. Ngoài ra, nên chọn vị trí mà nước ngầm có nhiều khả năng được bổ sung từ lưu vực khác tới.

b) Công trình khai thác nước ngầm theo chiều đứng

• Trường hợp nước ngầm là nguồn nước chủ yếu của khu tưới

Khi bố trí giếng phải xem xét đến các vấn đề sau:

- Bố trí ở những nơi có trữ lượng nước ngầm lớn, dễ khai thác.
- Bố trí ở những nơi có địa hình tương đối cao so với khu tưới và việc dẫn nước tưới tương đối thuận tiện.

Thực tế thường xảy ra mâu thuẫn là: Những khu thấp thì trữ lượng nước ngầm phong phú vì có nguồn bổ sung, giá thành công trình khai thác nước ngầm có thể nhỏ vì giếng nông, tuy nhiên, lại gặp khó khăn trong vấn đề dẫn nước sau khi bơm. Vì vậy, phải giải quyết dung hoà mâu thuẫn trên và cần chú ý xem xét thêm các điều kiện địa chất, cấu tạo địa tầng, nếp gãy để quyết định vị trí giếng cho hợp lý.

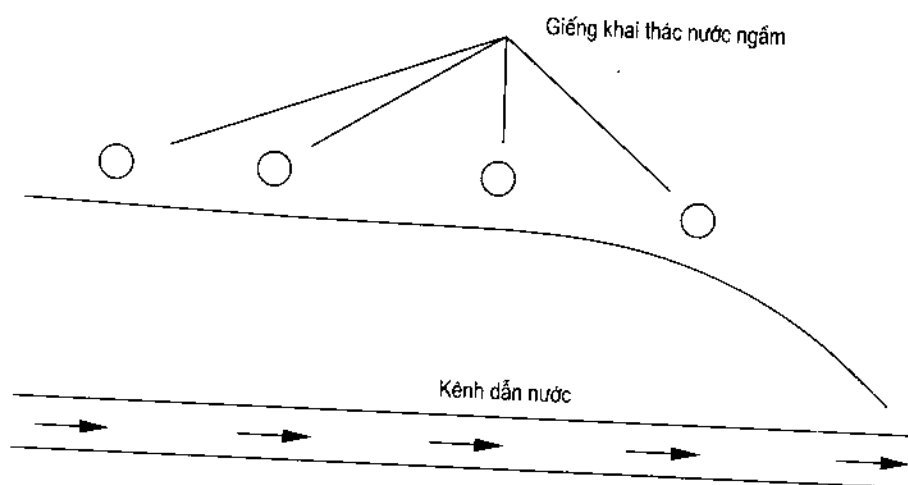
Khi bố trí giếng đứng có thể bố trí giếng độc lập hay từng nhóm giếng.

Trường hợp bố trí giếng độc lập:

Khi vị trí khu tưới rải rác, giếng có thể phụ trách tưới độc lập các diện tích ngay gần giếng, hoặc bổ sung vào những đường kênh dẫn nước mặt của hệ thống tưới.

- Có thể bố trí thẳng hàng vuông góc với hướng dòng chảy ngầm nếu mực nước ngầm có độ dốc thủy lực.
- Có thể bố trí kiểu hình vuông hoặc hoa thị...

Đối với những nơi mực nước ngầm nằm ngang (tĩnh) hoặc độ dốc rất nhỏ thì khoảng cách giữa các giếng $L \geq 2R$, R là bán kính ảnh hưởng.



Hình 6.2 - Sơ đồ bố trí giếng thẳng hàng bên kênh tưới nước mặt

Trường hợp bố trí nhóm giếng:

Khi yêu cầu đối với nước ngầm rất lớn và nước ngầm tương đối phong phú có thể bố trí nhóm giếng để tập trung khai thác, hoặc trong trường hợp nước ngầm chất lượng không đảm bảo để tưới, cần được tập trung nước về khu chứa để tiến hành các biện pháp xử lý trước khi mang đi sử dụng.

Khoảng cách giữa các nhóm giếng $L \geq 5R$, R là bán kính ảnh hưởng.

• *Trường hợp nước ngầm chỉ đóng vai trò hỗ trợ*

Trường hợp này bố trí các giếng cũng phải thỏa mãn các yêu cầu đã nêu trên. Tuy nhiên, cần dựa vào địa hình và phân bố khu tưới có thể bố trí giếng gần các tuyến kênh để tiếp nước cho hệ thống tưới nước mặt trong một thời gian nào đó hoặc nước ngầm chịu trách nhiệm tưới cho những khu vực xa độc lập với nguồn nước mặt.

2. Bố trí kênh dẫn nước và các công trình trên hệ thống

Ngoài công trình giếng và trạm bơm hút nước ngầm, hệ thống tưới nước ngầm đầy đủ bao gồm:

- Công trình xử lý nước ngầm.
- Bể điều tiết nước ngầm.
- Hệ thống kênh mương hoặc đường ống dẫn nước.

Trong trường hợp đặc biệt về chất lượng nước ngầm, người ta mới bố trí công trình xử lý riêng. Hầu hết bố trí bể điều tiết kết hợp với công trình xử lý nước ngầm như làm tăng nhiệt độ, tăng hàm lượng oxy, giảm độ cứng của nước và lắng đọng bùn cát thô.

Bể điều tiết có thể xây bê tông, gạch đá xây, hoặc tạo ra những ao, hồ lớn có xử lý xây bờ hoặc xử lý chống thấm... Tác dụng của bể điều tiết là trữ lại lượng nước trong thời gian không yêu cầu nước, tận dụng công suất máy bơm và khả năng khai thác nước ngầm liên tục để tăng thêm khả năng cấp nước của hệ thống. Đồng thời bể chứa cũng

là nơi xử lý chất lượng nước ngầm như làm tăng, giảm nhiệt độ, phơi nắng để diệt một số vi khuẩn độc hại, lắng đọng chất thô, hoặc là nơi xử lý hoá học để giảm độ cứng của nước.

Bể điều tiết được bố trí ở vị trí tương đối cao, có nền địa chất rắn chắc, ít thấm và ngay gần giếng khai thác nước ngầm.

Có ba loại bể điều tiết:

a) Bể điều tiết ngày

Đây là loại bể nhỏ nhằm điều tiết lượng nước trong một ngày. Dung tích trữ được tính:

$$W_0 = Q_0(24 - t_1)3,6 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó:

Q_0 - lưu lượng bơm của giếng (l/s);

t_1 - số giờ tưới trong ngày.

b) Công trình bể điều tiết theo lần tưới

Trong những thời gian không tưới giữa các lần tưới trữ lại lượng nước thiếu trong thời gian tưới. Dung tích trữ được tính:

$$W = t(Q - Q_0)(1 + \eta)3,6 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó:

t - thời gian tưới liên tục (giờ);

Q - lưu lượng cần tưới (l/s);

Q_0 - lưu lượng bơm (l/s);

η - hệ số tổn thất nước của bể điều tiết, $\eta = 0,1 \div 0,4$.

Thời gian bơm vào bể chứa khi không tưới:

$$t = \frac{W10^3}{3600Q_0} = \frac{W}{3,6Q_0} \text{ (h)}$$

c) Công trình điều tiết tháng hoặc vụ

Cũng tính toán theo nguyên lý như điều tiết lần và như tính toán điều tiết cho hồ chứa nước mặt.

6.1.4. Tính toán cân bằng khu vực sử dụng nước ngầm

Mục đích: Xác định lưu lượng và trữ lượng nước ngầm có thể khai thác được trong các thời kỳ phối hợp với các yêu cầu nước đối với nước ngầm từ đó tìm ra diện tích có thể phụ trách được do nước ngầm.

Có một số trường hợp tính toán sau:

1. Trường hợp nước ngầm chảy trong tầng trầm tích đá sỏi hai bên là núi hoặc tầng địa chất không thấm

Có thể dùng đường hầm, rãnh hoặc xây dựng đập ngầm chắn ngang dòng ngầm để lấy nước.

Nguyên lý tính toán giống như trường hợp đập ngăn sông. Xác định lưu lượng và tổng lượng nước thông qua khảo sát trong từng vụ, thời kỳ, tháng hoặc vụ, từ đó định ra công trình ngăn hoặc tập trung nước để sử dụng một phần hoặc toàn bộ lưu lượng nước ngầm. Từ đó tính ra diện tích có khả năng bảo đảm tưới theo nguyên lý chung.

2. Trường hợp dòng ngầm phân bố rộng, tầng trữ nước rất dày, lưu lượng dòng thấm lớn

Trường hợp này khi bắt đầu khai thác có thể làm cho mực nước hoặc áp lực của nước ngầm hạ xuống. Nhưng do lưu lượng dòng ngầm lớn mà lưu lượng khai thác chỉ một phần của dòng ngầm vì thế mực nước sẽ ổn định (hình 6.5);

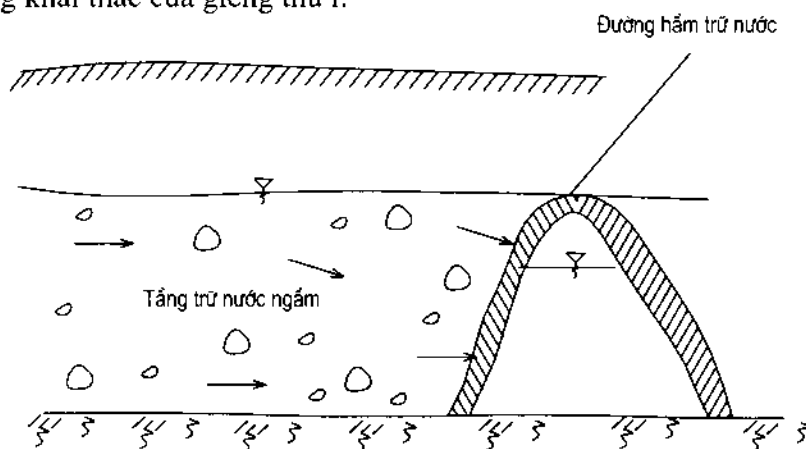
$$Q_0 = Q - \sum Q_i$$

Trong đó:

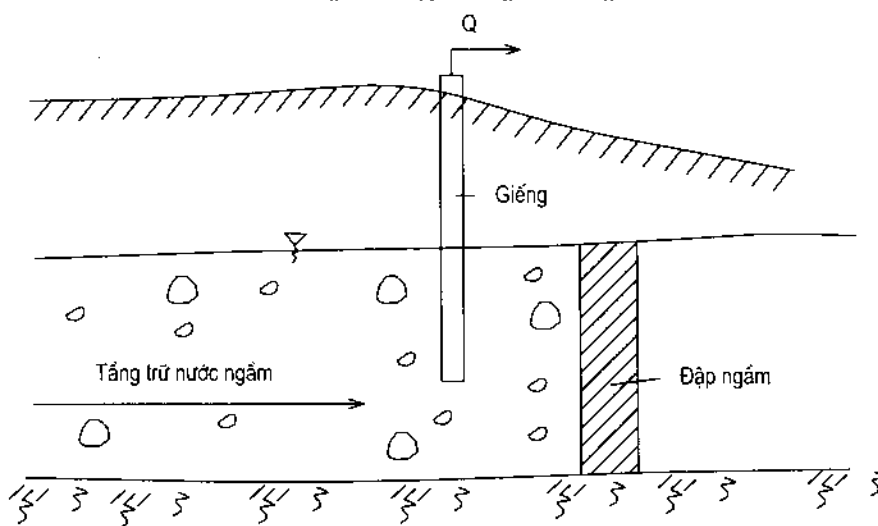
Q_0 - lưu lượng ở hạ lưu công trình khai thác nước ngầm;

Q - lưu lượng ở thượng lưu công trình;

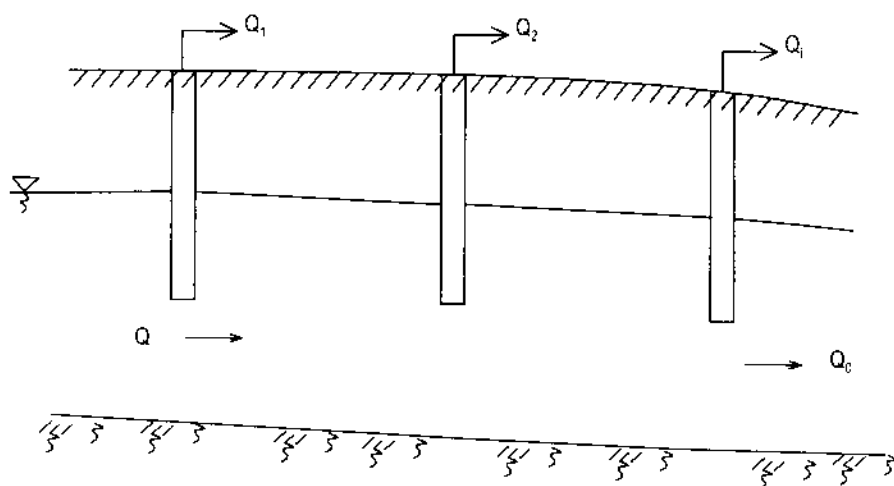
Q_i - lưu lượng khai thác của giếng thứ i .



Hình 6.3- Đường hầm tập trung nước ngầm



Hình 6.4- Đập ngăn tập trung nước ngầm



Hình 6.5- Giếng đặt liên tiếp nhau khai thác dòng ngầm

Tính toán cân bằng trong trường hợp này như tính toán cống lấy nước tự chảy không cần đập dâng trong trường hợp lấy nước mặt từ nguồn nước sông. Căn cứ vào lưu lượng có thể khai thác và yêu cầu nước của năm thiết kế đối với nước ngầm để tìm ra diện tích có thể phụ trách tưới.

3. Trường hợp nước ngầm nằm ngang

Trường hợp này coi như có một hồ chứa nước ngầm dưới đất. Mức nước ngầm ở cuối mùa khô và cuối mùa mưa sẽ khác nhau do nước ngầm được cung cấp từ nước mưa, nước mặt hoặc từ một nguồn nước ngầm khác.

- Coi rằng các nguồn nước đó là nguồn nước đến hàng năm.
- Mức nước chết là mức nước ngầm thấp nhất trong năm.
- Mức nước dâng bình thường là mức nước ngầm cao nhất trong năm (mức nước này cũng có thể được khống chế do cần phải hạ mức nước ngầm lớn nhất theo yêu cầu nào đó).

Từ lượng nước đến và lượng nước yêu cầu, tìm ra mức nước ngầm sẽ biến đổi qua các thời kỳ trong năm. Mức nước chết và mức nước dâng bình thường là đường khống chế. Từ đó tìm ra lượng nước yêu cầu khai thác và diện tích có thể khống chế tưới một cách thích hợp.

6.2. BẢO DƯỠNG VÀ NÂNG CAO KHẢ NĂNG CỦA CÁC CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

6.2.1. Mục đích và yêu cầu

Trong quá trình vận hành, lưu lượng của các công trình khai thác nước ngầm thường bị giảm so với thiết kế, thậm chí chỉ sau một thời gian hoạt động công trình bị hư hỏng mất hoàn toàn khả năng khai thác nước. Vì vậy, công tác bảo dưỡng công trình khai thác nước ngầm nhằm mục đích bảo đảm cho công trình có khả năng khai thác lưu lượng

nước lớn nhất, công trình không bị hư hỏng và kéo dài tuổi thọ. Có rất nhiều yếu tố tác động và làm giảm khả năng làm việc của tầng đệm lọc và bộ phận nước vào làm giảm công suất và tuổi thọ của giếng.

Trước hết do quá trình khoan và thi công các bộ phận của giếng bùn cát sẽ bịt kín các khe nước vào và các khe rỗng của tầng lọc làm cho khả năng tập trung nước của giếng không như tính toán ban đầu. Mặt khác, trong quá trình làm việc, nước chảy vào giếng mang theo cát bùn mịn và các hạt sỏi sạn vào lấp kín bộ phận lọc nước và các khe nước vào làm giảm dần khả năng cấp nước của giếng. Theo phát biểu của nhiều nhà nghiên cứu (Walton-1962) sau thời gian làm việc, $\frac{1}{2}$ khe nước vào sẽ bị bịt kín và mất hoàn toàn tác dụng.

Vì vậy, sau khi thi công phải có những biện pháp làm thông thoáng bộ phận nước vào và làm sạch bùn cát mịn trong tầng lọc cũng như tầng trữ nước xung quanh giếng để duy trì khả năng cấp nước của giếng, đồng thời có thể nâng cao khả năng tập trung nước của giếng. Mặt khác, trong quá trình vận hành giếng, cần thường xuyên di chuyển bùn cát mịn ra khỏi tầng lọc, bộ phận nước vào và thậm chí cả tầng địa chất xung quanh giếng. Như vậy, máy bơm sẽ làm việc thường xuyên với nước sạch, giảm thời gian làm việc với nước có hàm lượng bùn cát cao để làm máy bơm hư hỏng.

Yêu cầu:

- Lưu lượng giếng tăng, bán kính ảnh hưởng không tăng;
- Làm tăng hệ số thấm của tầng địa chất xung quanh giếng;
- Làm giảm tổn thất đầu nước qua tầng lọc và bộ phận nước vào;
- Hạn chế đến mức tối thiểu bùn cát thô thường xuyên chảy vào giếng.

6.2.2. Các phương pháp bảo dưỡng và nâng cao hiệu suất của giếng

Để thông thoáng bộ phận nước vào và rửa sạch bùn cát mịn ở tầng lọc cũng như tầng địa chất xung quanh giếng, chúng ta có một số phương pháp sau đây:

- Phương pháp bơm quá;
- Phương pháp rửa sâu;
- Phương pháp làm dâng mực nước trong giếng;
- Phương pháp dùng tia phụt với tốc độ cao;
- Phương pháp dùng khí ép.

1. Phương pháp bơm quá

Nội dung của phương pháp này là dùng máy bơm hút nước giếng với lưu lượng lớn hơn lưu lượng thiết kế làm cho mực nước trong giếng hạ rất thấp, tăng chênh lệch giữa mực nước ngầm tĩnh và mực nước trong giếng, tăng độ dốc thủy lực để tăng tốc độ và lưu lượng vào trong giếng. Với tốc độ dòng chảy lớn chảy vào giếng sẽ mang theo bùn cát mịn vào giếng rồi được bơm ra ngoài. Với phương pháp này có khả năng rửa được

bùn cát mịn ở vùng lân cận xung quanh giếng. Tuy nhiên, do dòng chảy hướng tâm chảy vào giếng liên tục mang theo những hạt cát nhiều khi sẽ lấp kín các khe nước vào, vì thế đôi khi làm giảm năng suất của giếng. Với giếng lớn, lưu lượng tăng ít nên mực nước giảm không đáng kể, hiệu quả kém; vì thế chỉ thích hợp với giếng nhỏ. Mặt khác, máy bơm làm việc quá tải và nước có độ đục lớn làm sút mẻ hư hỏng cánh quạt và máy bơm. Vì vậy không nên dùng máy bơm bơm quá để sử dụng bơm nước ngầm trong quá trình hoạt động của giếng.

Đây là phương pháp đơn giản, dễ thực hiện đặc biệt trong giai đoạn đầu làm việc của giếng, tuy nhiên phương pháp này có một số nhược điểm sau:

- Bơm quá là phương pháp có hiệu quả không cao trong việc nâng cao năng suất của giếng.
- Do yêu cầu bơm với lưu lượng lớn hơn lưu lượng thiết kế nên máy bơm dễ bị hư hỏng.
- Các hạt mịn và cát sẽ vào giếng chỉ theo một hướng nên dễ tạo thành một lớp chắn ngay tại bộ phận nước vào hoặc trong lớp đệm lọc nước, vì thế nhiều trường hợp phản tác dụng, có nghĩa là làm năng suất của giếng giảm đi.

2. Phương pháp rửa sâu

Phương pháp rửa sâu bao gồm nhiều biện pháp khác nhau nhằm mục đích tác động theo hình thức kích động, xáo trộn vào tầng địa chất xung quanh giếng để di chuyển, làm sạch các hạt bùn cát mịn trong tầng địa chất xung quanh giếng làm tăng hệ số thấm của tầng này, tăng công suất của giếng. Do có lực rung kích động kết hợp với dòng chảy làm tăng hiệu quả di chuyển các hạt đất, cát ở tầng địa chất xung quanh giếng với phạm vi rộng nên phương pháp này có tác dụng tương đối tốt.

Với mục tiêu này chúng ta có thể kể đến các phương pháp cụ thể sau:

a) Phương pháp kích động rung bằng đóng mở máy bơm nước đột ngột

Nội dung chủ yếu của phương pháp này là khi bắt đầu bơm cũng như dừng bơm phải đóng mở máy một cách đột ngột, tức thời, nhằm tạo ra sự thay đổi đột ngột nhanh chóng đầu nước trong giếng. Có thể dùng 3 kỹ thuật sau đây:

- Giếng được bơm tới độ hạ sâu thấp nhất (tuỳ vào khả năng của máy bơm) rồi bỗng nhiên dừng bơm đột ngột, cột nước trong máy bơm nén xuống gây dòng chảy ngược trở lại tạo ra lực kích động trong tầng địa chất xung quanh bộ phận nước vào. Mực nước giếng lại được dần dần trở lại lúc ban đầu trong thời gian không bơm để chuẩn bị bơm lần thứ hai. Quá trình đó được lặp đi lặp lại nhiều lần cho tới khi lưu lượng của giếng tăng đến mức độ ổn định (thông qua đo đạc) giếng đã được thông rửa tối đa.

- Giếng đã được bơm tới độ hạ thấp tối đa rồi ngừng bơm một cách đột ngột, sau một khoảng thời gian ngắn lại bơm trở lại (không cần mực nước trong giếng trở lại bình

thường). Quá trình này gây dòng chảy ngược lại một cách nhanh chóng dưới áp lực lớn, gây nên lực kích động tăng xung quanh giếng. Sự gây nên dòng chảy với hướng lưu tốc ngược nhau lúc đi vào trong giếng, lúc đi ra khỏi giếng một cách liên tục gây nên sự rung động mạnh trong tầng trữ nước lân cận giếng, nên có tác dụng thông giếng và tầng trữ nước, tăng được lưu lượng giếng hiệu quả hơn phương pháp trước.

- Một kỹ thuật khác là máy bơm được khởi động bơm hút nước tới mặt đất, thì dừng máy một cách đột ngột (không cần đợi đến độ hạ thấp tối đa). Cột nước ép xuống gây dòng chảy ngược trở lại làm rung động tầng địa chất xung quanh giếng. Phương pháp này hiệu quả khi mực nước ngầm nằm rất sâu, máy bơm hút nước tới mặt sẽ có đủ cột nước để tạo dòng chảy ngược trở lại.

Đối với một giếng, chúng ta có thể dùng nhiều kỹ thuật khác nhau của phương pháp này để chọn kỹ thuật nào có hiệu quả nhất để áp dụng...

Ưu điểm của phương pháp này là rất đơn giản, tận dụng được thiết bị máy bơm để thông rửa giếng, không tốn kém mà nhanh chóng. Tuy nhiên, có khuyết điểm là dùng dòng chảy tác động liên tục gây lực kích động sẽ làm xô sụt tầng đất nằm trong tầng trữ nước. Đồng thời việc khởi động rồi dừng máy liên tục và phải bơm cát liên tục sẽ làm hư hỏng máy bơm và các thiết bị khác.

Cần chú ý rằng muốn sử dụng phương pháp này đầu ống hút không nên lắp van một chiều vì để lợi dụng cột nước ở ống hút.

b) Phương pháp rửa giếng bằng thay nước

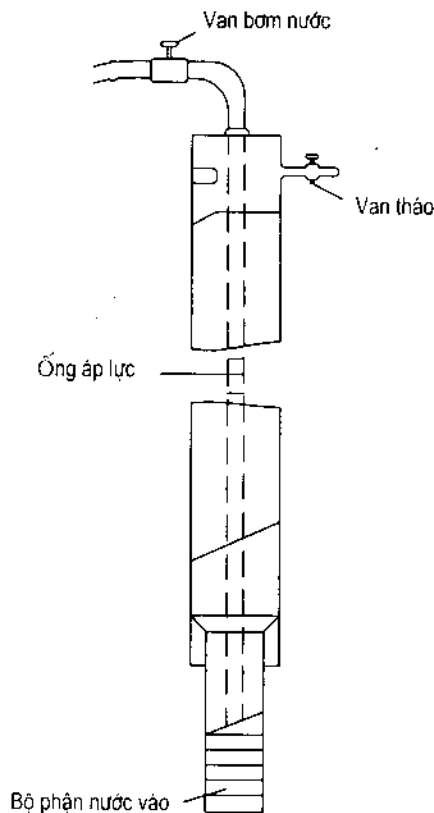
Với phương pháp này nước được đưa vào đáy giếng càng nhanh càng tốt. Sau đó dùng một máy bơm hút bùn, đất, nước trong giếng ra. Khi cho nước vào giếng, áp lực ngược về phía tầng trữ nước sẽ làm rung động các hạt mịn trong tầng trữ nước. Khi bơm rút nước các hạt cát mịn sẽ được dòng chảy xuôi đưa ra giếng và được hút ra khỏi giếng.

c) Phương pháp rửa giếng trong tình trạng tạo áp lực

Phương pháp này cung cấp nước vào giếng bằng máy bơm tạo áp lực, nước được bơm vào toàn bộ thân giếng để tạo dòng chảy ngược vào tầng trữ nước làm di chuyển cát, hạt mịn ra xa hoặc đưa vào trong giếng, sau đó nước lại được bơm đi bằng máy bơm hoặc máy hút bùn khác.

Cũng có thể làm đường ống bơm áp lực thông qua đường ống cung cấp thẳng vào bộ phận nước vào của giếng với áp lực cao, dồn nén nước ngược vào tầng trữ nước, sau đó nước này sẽ được chuyển ra theo một van tháo gắn bên miệng giếng bằng các biện pháp thủy lực. Sau khi tạo áp lực để đưa nước vào giếng tới một áp lực nào đó, lúc đó mới mở van tháo cho nước và bùn cát theo ra.

Đây là phương pháp rửa tầng trữ nước bằng áp lực lớn, cần chú ý bảo vệ giếng khỏi bị hư hỏng như nứt nẻ thành giếng hoặc sụt lở.



Hình 6.6- Rửa giếng để nâng cao lưu lượng bằng phương pháp rửa sâu áp lực cao

3. Phương pháp làm dâng mực nước giếng

Đây là phương pháp thông rửa giếng khá hiệu quả. Sự chuyển động lên xuống của pit tông được đặt trong ống giếng tại vị trí phía trên bộ phận nước vào làm cho mực nước giếng dâng lên, hạ xuống gây nên sự chuyển động ra vào của dòng nước ngược về phía tầng trữ nước, di chuyển các hạt thô đang bịt kín khe nước vào và kéo bùn cát, hạt nhỏ vào trong giếng, tăng độ rỗng và tính thấm của tầng trữ nước xung quanh bộ phận nước vào của giếng.

Việc tách những hạt nhỏ khỏi những hạt lớn trong tầng trữ nước bằng phương pháp này không làm thay đổi và ảnh hưởng lớn tới tầng trữ nước.

Pit tông chuyển động trong giếng thường được cấu tạo hai loại:

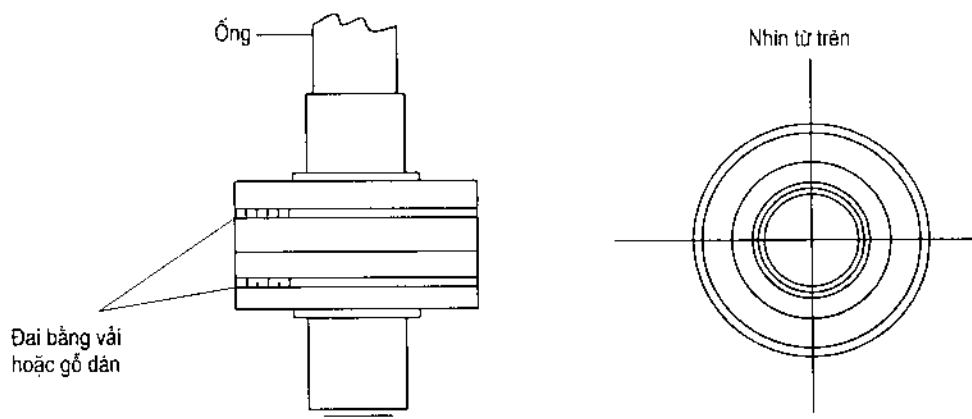
- Loại pit tông cứng;
- Loại pit tông kiểu van.

a) Pit tông cứng

- Tạo pit tông cứng đơn giản bằng cách quấn bao tải hoặc dây đay quanh trục khoan hoặc gầu tát nước (nếu có), bùn cát bám vào vải làm tăng thêm trọng lượng và độ kín của pit tông.

Phương pháp này đơn giản nhưng chỉ sử dụng ở những giếng dễ thông rửa.

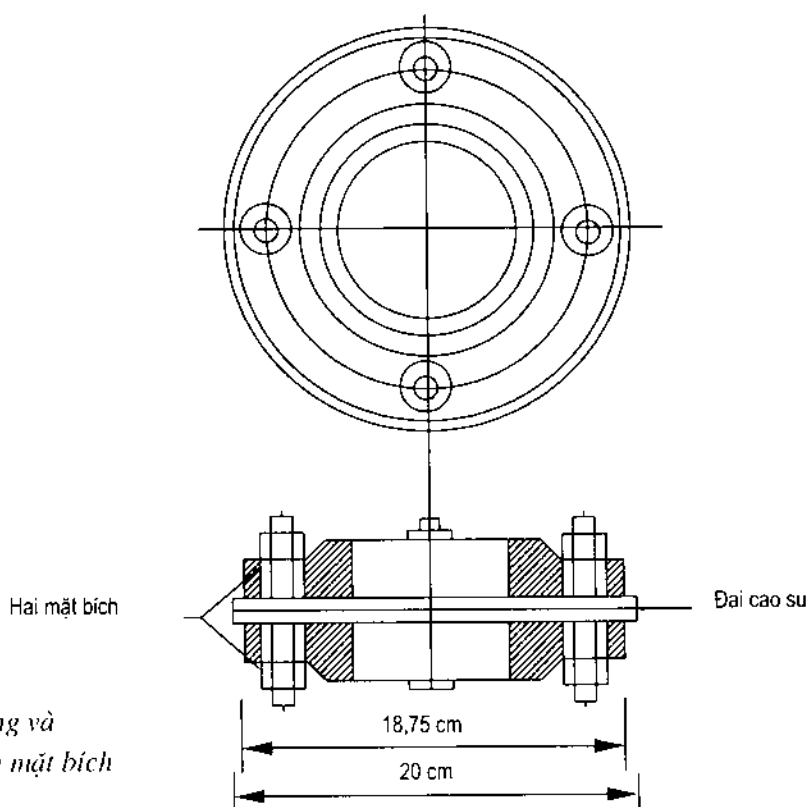
- Loại thứ hai có dùng một lõi sắt có vành đai bằng vải hoặc bằng gỗ được gắn chặt vào lõi sắt. Trong trường hợp pit tông quá nhẹ có thể tăng trọng lượng bằng cách tăng chiều dày của lõi sắt.



Hình 6.7- Pit tông cứng

Cũng có thể dùng hai đến ba đĩa bằng cao su hoặc gỗ dán được ép bằng hai mặt bích (hình 6.8) để tạo ra pit tông.

Khoảng cách từ rìa của đĩa cao su tới thành giếng từ 5 ÷ 12cm.



Hình 6.8- Pit tông cứng và đai cao su xoay quanh mặt bích

b) Loại pit tông kiểu van

Pit tông kiểu van có thể được cấu tạo trên một đĩa gỗ có các đai cao su. Các đĩa này được khoan lỗ thủng phía trên mặt đĩa có một đĩa cao su hoặc da mềm trùm lên các mặt lỗ.

Yêu cầu các đai cao su vừa khít với ống giếng nhưng vẫn có khả năng di chuyển lên xuống tự do dọc theo ống giếng. Khi pit tông đi lên, nước ở tầng trữ nước theo vào giếng, do áp suất ở mặt tiếp xúc giữa mặt dưới của pit tông và mực nước giếng bị giảm thấp, tạo nên chênh lệch đầu nước giữa mực nước ngầm và mực nước trong giếng tương đối lớn tạo dòng chảy hướng từ tầng trữ nước vào giếng thông qua bộ phận nước vào kéo theo bùn cát đi vào giếng.

Khi pit tông đi xuống, nước từ giếng dồn vào tầng trữ nước, đồng thời theo lỗ đi lên trên, áp lực dòng chảy hướng tâm đi vào tầng trữ nước từ từ một cách hợp lý. Vì thế, pit tông kiểu van làm việc hiệu quả hơn ở những tầng địa chất mà khả năng nước đi ngược lại tầng trữ nước là khó khăn.

Thông thường, pit tông làm việc ở phía trên bộ phận nước vào. Trong trường hợp tầng trữ nước của giếng tương đối dài thì pit tông nên làm việc ở nhiều đoạn khác nhau và không nên ngừng làm việc tại vị trí bộ phận nước vào vì như thế dễ bị kẹt do bùn cát.

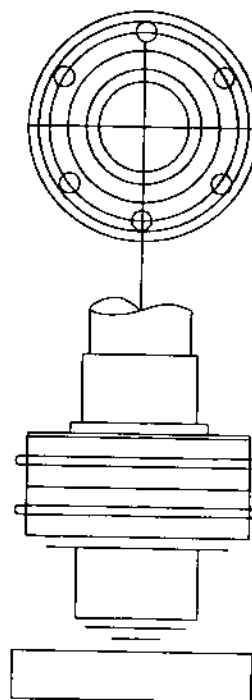
4. Phương pháp dùng khí nén

Phương pháp dùng khí nén để rửa giếng có thể sử dụng cho phương pháp rửa sâu hoặc phương pháp làm dâng mực nước giếng. Theo phương pháp này, nước trong giếng đi ngược vào tầng trữ nước nhờ áp suất của khí nén trong giếng.

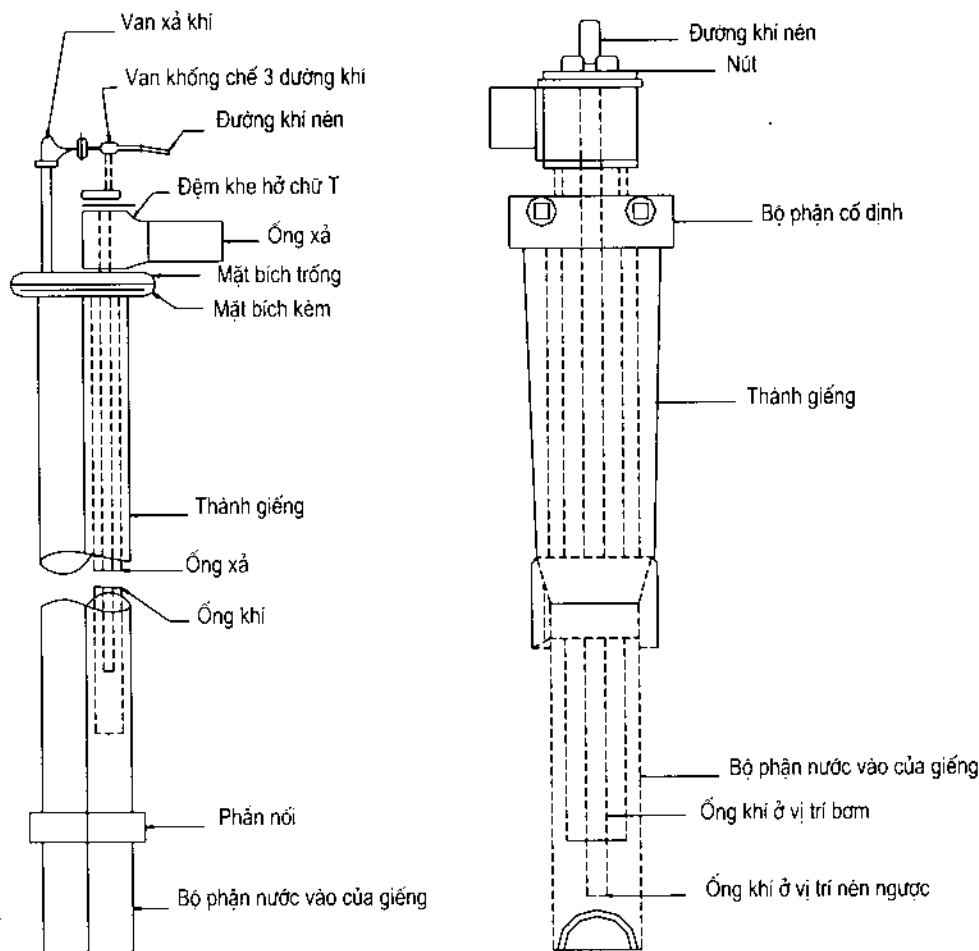
Nắp giếng được bịt chặt và được khoan lỗ để đưa hai ống dẫn khí và ống xả đi vào trong giếng. Phải ấn định giới hạn ở ống bao ngoài cao hơn bao nhiêu so với đỉnh bộ phận nước vào để tránh không khí qua khe hở vào tầng trữ nước sẽ cản trở việc đi vào bình thường của nước trong giếng. Khí ép được vào giếng qua đường ống dẫn khí làm cho nước theo ống xả ngoài đi ra ngoài. Khi mực nước hạ xuống quá đáy ống xả không khí sẽ theo ống xả ra ngoài, lập tức ngừng cung cấp khí ép. Lúc này ống dẫn khí ra ngoài mở ra để cho mực nước giếng tăng lên trở về mực nước ban đầu.

Quá trình đó được lập đi lập lại nhiều lần đến khi nước trong giếng tương đối sạch, lúc đó tháo dỡ bộ phận rửa giếng và lắp máy bơm bình thường.

Tuy nhiên cần chú ý sự phá hỏng giếng do áp lực của khí nén quá lớn.



Hình 6.9- Pit tông kiểu van



Hình 6.10 - Rửa giếng để nâng cao lưu lượng giếng bằng khí nén

5. Dùng tia có tốc độ cao

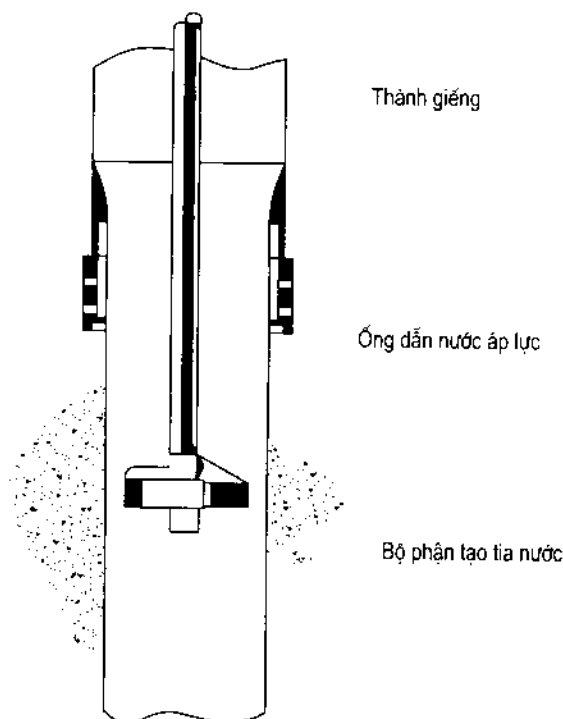
Phương pháp dùng tia có tốc độ cao là phương pháp khá hiệu quả. Trong phương pháp này tia có tốc độ bắn qua các khe mở của bộ phận nước vào làm rời bùn cát và các phân tử nhỏ ở tầng trữ nước trong vùng phụ cận. Những thành phần này được rời ra và chảy vào giếng rồi được bơm ra ngoài. Lực của tia phun này có tác dụng rung động và sắp xếp lại thành phần các cỡ hạt ở vùng lân cận đồng thời làm tăng hệ số thấm của tầng trữ nước.

Phương pháp này có một số ưu điểm:

- Năng lượng được tập trung vào những diện tích nhỏ làm tăng hiệu quả làm việc.
- Toàn bộ các phân của bộ phận nước vào đều được thông rửa một cách triệt để.
- Đây là phương pháp đơn giản không gây những rắc rối khi hoạt động quá mức bình thường.
- Cũng có thể thực hiện quá mức bình thường để đưa ra một quyết định áp dụng cho một giếng nào đó.

Các bộ phận chủ yếu dùng cho phương pháp này bao gồm: dụng cụ phun tia từ 2 ÷ 4 lỗ, bơm cao áp, đường ống áp lực và các bộ phận nối tiếp. Một bể chứa nước sạch cho máy bơm cao áp hoạt động.

Miệng ống phun tia có đường kính là 6, 10 và 13mm phụ thuộc vào công suất máy bơm cao áp. Miệng của các ống phun tia giữ một khoảng cách từ 1,0 ÷ 2,5cm từ vách của bộ phận nước vào.



Hình 6.11- Nâng cao lưu lượng giếng bằng tia thủy lực

Thông thường tốc độ nước phun ở đầu ống phun tia từ 30 ÷ 40m/s.

Thực tế cho thấy loại ống tia có tốc độ 45 ÷ 90m/s cho hiệu quả thông rửa giếng tốt hơn. Tuy nhiên, nếu tốc độ ở miệng ống tia lớn hơn 90 m/s thì hiệu quả thông rửa giếng cũng không tăng lên bao nhiêu mà còn xói mòn các khe ở bộ phận nước vào của giếng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Kim Ngọc và các tác giả. *Đánh giá tài nguyên nước ngầm các tỉnh miền núi phía Bắc và các tỉnh phía Nam*.
2. Nguyễn Văn Tiến và một số tác giả. *Cấp nước*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
3. Trần Hiếu Nhuệ và một số tác giả. *Cấp nước và vệ sinh nông thôn*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
4. *Tuyển tập Báo cáo nghiên cứu về tài nguyên nước dưới đất ở Việt Nam*, 1997.
5. *Tiêu chuẩn vệ sinh nước uống*. Bộ Y tế, 2002.
6. ANON. *Ground Water and Wells*. UOP Johnson Division, 315 North Pierce St. St. Paul, Minn, 1966.
7. A.M. Michael. *Irrigation - Theory and Practice*. Vani Education books, 1978.
8. Fletcher G. Driscoll. Ph.D, Principal Author and Editor. *Ground water and well*. Johnson Division. St. Paul, Minesota 55112, 1986.
9. Walton W.C. *Ground Water Resources Evaluation*. Mc. Graw- Hill Book Co, New York, 1970.
10. C.W . Fetter. *Applied hydrogeology*. Prentice hall, 1993.
11. T S. Bùi Công Quang, PGS. TS. Vũ Minh Cát. *Thủy văn nước dưới đất*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2002

MỤC LỤC

Chương 1. Khái quát về nước ngầm

1.1	Vai trò của nước ngầm trong đời sống và phát triển kinh tế	3
1.2	Sự hình thành nước ngầm	6
1.3	Chế độ nước ngầm và phân loại các tầng địa chất chứa nước	8
1.3.1	Chế độ nước ngầm	8
1.3.2	Phân loại các tầng địa chất chứa nước	8

Chương 2. Phân loại và sự biến động của nước ngầm

2.1	Phân loại nước ngầm	12
2.1.1	Phân loại nước ngầm theo thành phần hoá học	12
2.1.2	Phân loại nước ngầm theo tính chất lý học	13
2.1.3	Phân loại theo sự phân bố của nước ngầm trong các tầng địa chất	14
2.2	Sự thay đổi nước ngầm và các yếu tố ảnh hưởng	16
2.2.1	Sự thay đổi nước ngầm	16
2.2.2	Các yếu tố ảnh hưởng đến nước ngầm	17
2.3	Các hình thức tồn tại của nước ngầm	21
2.3.1	Các sơ đồ đặc trưng	21
2.3.2	Hình thái nước ngầm	22
2.3.3	Các nhân tố ảnh hưởng tới khả năng cấp nước ngầm và chế độ nước ngầm	23
2.3.4	Động thái nước ngầm và trữ lượng nước ngầm	24
2.4	Nước ngầm ở Việt Nam và khả năng khai thác, sử dụng	26
2.4.1	Các tầng chứa nước lỗ hổng	26
2.4.2	Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo Bazan Pliocen - Đệ tứ	27
2.4.3	Các tầng chứa nước khe nứt trong các thành tạo lục nguyên Mesozoi (ms)	28
2.4.4	Các tầng chứa nước khe nứt - Karst trong các thành tạo Cacbonat	28
2.4.5	Các thành tạo địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước	29

Chương 3. Chất lượng nước ngầm

3.1	Tính chất của nước ngầm	30
3.1.1	Tính chất chung	30
3.1.2	Tính chất lý học	30
3.1.3	Tính chất hoá học	31
3.2	Các khả năng và nguyên nhân ô nhiễm nước ngầm	32
3.2.1	Các khả năng ô nhiễm nước ngầm	32
3.2.2	Nguyên nhân ô nhiễm nước ngầm	36
3.2.3	Hiện trạng ô nhiễm nước dưới đất ở một số khu dân cư kinh tế quan trọng ở Việt Nam	38
3.3	Yêu cầu chất lượng nước dùng cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp	45
3.3.1	Yêu cầu chất lượng nước sinh hoạt	45
3.3.2	Yêu cầu chất lượng nước ngầm dùng cho sản xuất nông nghiệp	52
3.4	Các biện pháp xử lý để nâng cao chất lượng nước ngầm	58
3.4.1	Phương pháp dùng bể lọc	59
3.4.2	Phương pháp pha loãng	59
3.4.3	Phương pháp hoá học	59
3.4.4	Phương pháp hoá sinh	59
3.5	Công trình làm sạch nước	60
3.5.1	Hệ thống làm giảm nồng độ khoáng trong nước ngầm	60

3.5.2	Chức năng bể kết tủa	60
Chương 4. Điều tra đánh giá nước ngầm		
4.1	Phương pháp đánh giá chất lượng nước ngầm	62
4.1.1	Các phương pháp đơn giản đánh giá chất lượng nước	62
4.1.2	Các phương pháp hiện đại	63
4.2	Phương pháp điều tra và phát hiện nước ngầm	63
4.2.1	Phương pháp quan sát thực địa	63
4.2.2	Phương pháp dân gian thăm dò mạch nước ngầm	64
4.3	Phương pháp phân tích vết khe nứt	65
4.4	Các phương pháp thăm dò địa vật lý trên mặt	68
4.4.1	Phương pháp đo điện trở suất dòng điện một chiều	68
4.4.2	Phương pháp đo độ truyền dẫn điện từ trường	73
4.4.3	Các phương pháp địa chấn	75
4.4.4	Phương pháp rada xuyên đất và thăm dò từ	84
4.4.5	Các phương pháp trọng lực và đo từ trường từ máy bay	85
4.5	Thăm dò địa vật lý trong hố khoan	87
4.6	Phương pháp hạt nhân	90
4.7	Phương pháp khoan thăm dò nước ngầm	94
Chương 5. Tính toán công trình khai thác nước ngầm		
5.1	Các công trình khai thác nước ngầm	95
5.1.1	Công trình khai thác nước ngầm theo chiều đứng	95
5.1.2	Công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang	98
5.2	Tính toán thủy lực đối với giếng khai thác nước ngầm	99
5.2.1	Một số khái niệm cơ bản	99
5.2.2	Tính toán lưu lượng của giếng có khả năng khai thác	100
5.3	Tính toán thủy lực đối với công trình khai thác nước ngầm theo chiều ngang	114
5.4	Tính thủy lực hệ thống giếng	115
5.4.1	Hệ thống giếng hoàn chỉnh	115
5.4.2	Hệ thống giếng không hoàn chỉnh	116
5.5	Thiết kế công trình khai thác nước ngầm	118
5.5.1	Mục đích và ý nghĩa	118
5.5.2	Thiết kế giếng hồ	119
5.5.3	Thiết kế giếng ống	123
5.5.4	Giếng làm việc trên bãi giếng - khoảng cách của giếng	140
Chương 6. Quy hoạch và quản lý hệ thống khai thác nước ngầm		
6.1	Quy hoạch hệ thống công trình khai thác nước ngầm	144
6.1.1	Những tài liệu cần thiết	144
6.1.2	Các nguyên tắc chung trong quy hoạch, khai thác sử dụng nước ngầm	144
6.1.3	Bố trí công trình khai thác và cung cấp nước ngầm	145
6.1.4	Tính toán cân bằng khu vực sử dụng nước ngầm	148
6.2	Bảo dưỡng và nâng cao khả năng của các công trình khai thác nước ngầm	150
6.2.1	Mục đích và yêu cầu	150
6.2.2	Các phương pháp bảo dưỡng và nâng cao hiệu suất của giếng	151
Tài liệu tham khảo		159

KỸ THUẬT KHAI THÁC NƯỚC NGẦM

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

NGUYỄN MINH HẰNG

TRỊNH KIM NGÂN

Chế bản điện tử:

VŨ HỒNG THANH

Sửa bản in:

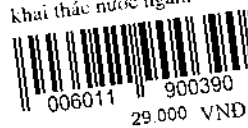
NGUYỄN MINH HẰNG

Trình bày bìa:

VŨ BÌNH MINH

In 500 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 1844/XB-QLXB-06 ngày 20/12/2004. In xong nộp lưu chiểu tháng 12/2005.

khái thác nước ngầm



29.000 VND

552.7	1844 - 2005
XD- 2005	

Giá : 29.000^d