

Bơm hút nước thí nghiệm

Đoàn Văn Cảnh.

Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Các thông số địa chất thủy văn

Đất đá chứa nước có khả năng tàng trữ, dẫn, thoát nước tự do thông qua khe hở, lỗ rỗng, khe nứt. Hệ số thấm k , hệ số dẫn nước T đặc trưng cho tính thấm của tầng chứa nước. Độ lỗ rỗng n_0 , độ lỗ rỗng hữu hiệu n_e , hệ số nhà nước s đặc trưng cho tính chứa nước của tầng chứa nước. Đó là các thông số địa chất thủy văn (ĐCTV) cơ bản (thông số chủ yếu). Các thông số ĐCTV chuyên môn là các thông số đặc trưng cho mối quan hệ thủy lực giữa các tầng chứa nước với nhau (hệ số thấm xuyên B , sức cản thủy lực C của lớp thấm nước yếu ngăn cách giữa các tầng, lớp chứa nước với nhau); các thông số đặc trưng cho mối quan hệ thủy lực giữa nước dưới đất và nước mặt (sức cản trầm tích lòng sông ΔL , v.v...). Độ rỗng là phần thể tích tạo bởi các khe hở và lỗ rỗng. Độ rỗng thường được biểu thị bằng phần trăm theo công thức (1):

$$n = \frac{w_w}{w} 100\% \quad (1)$$

Trong đó: n là độ rỗng; w_w là thể tích các lỗ rỗng; w là tổng thể tích của mẫu đất đá.

Trong vật liệu rời, độ rỗng phụ thuộc vào ba tính chất của đất đá – độ nén chặt, hình dạng hạt và sự phân bố kích thước hạt. Độ rỗng của đất đá khác nhau được trình bày trong Bảng 1.

Hệ số nhà nước trọng lực (S_y)

Hệ số nhà nước trọng lực của đất đá là tỉ số giữa lượng nước (sau khi bão hòa) có thể được thoát ra do trọng lực và thể tích của nó được viết theo công thức (2):

$$S_y = \frac{w_y}{w} \quad (2)$$

Trong đó w_y là thể tích nước thoát ra.

Hệ số giữ nước (S_r)

Hệ số giữ nước của đất đá là tỉ số giữa lượng nước còn giữ lại sau khi thoát nước do trọng lực và thể tích của nó:

$$S_r = \frac{w_r}{w} \quad (3)$$

Trong đó w_r là thể tích nước còn giữ lại.

Giá trị của S_y và S_r có thể biểu thị dưới dạng phần trăm (%). Quan hệ của độ rỗng của đất đá và hệ số giữ nước và nhà nước như sau:

$$n = S_y + S_r \quad (4)$$

Bảng 1. Độ rỗng của các loại đất đá khác nhau (Todd và Mays, 2005).

Vật liệu	Độ rỗng (%)	Vật liệu	Độ rỗng (%)
Sỏi thô	28	Hoàng thổ	49
Sỏi trung bình	32	Than bùn	92
Sỏi mịn	34	Đá phiến	38
Cát thô	39	Bột kết	35
Cát trung bình	39	Sét kết	43
Cát mịn	43	Đá phiến sét	6
Đất phù sa	46	Tầng lẫn lẫn sét, bột	34
Sét	42	Tầng lẫn lẫn cát	31
Cát kết hạt mịn	33	Tro núi lửa	41
Cát kết hạt trung bình	37	Đá basalt	17
Đá vôi	30	Gabro phong hóa	43
Dolomit	26	Granit phong hóa	45
Cát cồn cát ven biển	45		

Hệ số nhà nước đàn hồi (S_s)

Hệ số nhà nước đàn hồi được xác định bằng lượng nước thoát ra từ một tầng chứa nước có áp trên một đơn vị diện tích bề mặt của tầng chứa nước khi cột nước áp lực giảm đi một đơn vị.

Tính chất thấm của tầng chứa nước nhạt được xác định bằng độ thấm qua. Độ thấm qua là tính chất của vật liệu lỗ hổng khi chất lỏng chảy qua dưới tác dụng của gradient áp lực. Năm 1856, nhà thủy lực người Pháp Darcy đưa ra phương trình quan hệ giữa lưu lượng của dòng chảy với diện tích tiết diện của nó và gradient áp lực. Độ thấm qua đối với chất lỏng nhất định đặc trưng bằng hệ số thấm k . Hệ số thấm là lưu lượng chất lỏng chảy qua một đơn vị diện tích tiết diện của dòng chảy khi gradient áp lực bằng một đơn vị và về trị số bằng tốc độ thấm khi gradient bằng đơn vị.

Khi giải các bài toán cấp nước, người ta thường nghiên cứu dòng thấm phẳng nên hệ số thấm được thay bằng hệ số dẫn nước ($T = km$). Hệ số dẫn nước là lưu lượng của chất lỏng chảy qua một đơn vị chiều rộng của dòng chảy nước dưới đất có chiều dày m khi gradient áp lực bằng một đơn vị. Trong ĐCTV hệ số thấm k đo bằng m/ngày (cm/giây), còn hệ số dẫn nước T đo bằng m²/ngày.

Như vậy hệ số nhà nước trọng lực (hoặc đàn hồi) và hệ số thấm (hệ số dẫn nước) là các đặc trưng thô khách quan của môi trường chứa nước, kể cả chất lỏng chứa trong nó, chúng hoàn toàn có ý nghĩa vật lý.

Trong tính toán ĐCTV, ngoài những thông số cơ bản trình bày ở trên, trên các sách báo của Nga và Việt Nam, một thông số tổng hợp ký hiệu là a thường được sử dụng, đặc trưng cho tốc độ phát triển phễu hạ thấp và được gọi là hệ số truyền mực nước ($a = T/s$) trong nước không áp và hệ số truyền áp ($a^* = T/s_v$) trong nước có áp.

Các thông số tính toán ĐCTV cơ bản cũng như chuyên môn có thể được xác định bằng phương pháp thí nghiệm trong phòng và ngoài trời. Nhưng nói chung, chúng là những thông số thô và thường được lấy trung bình trong phạm vi khối lượng nhất định của lớp thí nghiệm. Cho đến nay phương pháp thí nghiệm duy nhất đáng tin cậy để xác định giá trị các thông số là phương pháp thí nghiệm thấm ngoài trời, mà phương pháp cho độ tin cậy cao nhất là bơm hút nước thí nghiệm (Pumping Test).

Bơm hút nước thí nghiệm

Khái niệm và phân loại

Thí nghiệm bơm hút nước là phương pháp tin cậy nhất để xác định các thông số tính toán ĐCTV cơ bản và chuyên môn của tầng chứa nước. Nó được áp dụng rộng rãi trong điều tra ĐCTV phục vụ cung cấp nước và điều tra ĐCTV phục vụ cho các lĩnh vực khác nhau. Thực chất thí nghiệm bơm hút nước là dùng các thiết bị bơm hút nước ra từ các công trình khoan đào. Về mặt vật lý đó là sự kích động vào tầng chứa nước, để gây cho dòng chảy vào lỗ khoan, tạo ra một hình phễu thuận. Dựa vào lưu lượng hút ra, kích thước của hình phễu, kích thước của công trình thu nước, đặc điểm của tầng chứa nước, theo các công thức thủy động lực người ta có thể xác định được các thông số địa chất thủy văn. G. Tim (1906) là người đầu tiên nêu hoàn chỉnh các khái niệm về bố trí công tác thí nghiệm, đã đề nghị xác định hệ số thấm của tầng chứa nước dựa vào tài liệu hút nước chùm với một lỗ khoan quan sát. Sau đó lý thuyết thí nghiệm thấm đã được Theis, Jacob, Hantush phát triển và đề xuất nhiều phương pháp thí nghiệm, tính toán khác nhau. Tùy theo mục đích, nhiệm vụ bơm hút nước, số lượng lỗ khoan tham gia vào sơ đồ thí nghiệm, có thể phân biệt các dạng bơm hút nước như sau.

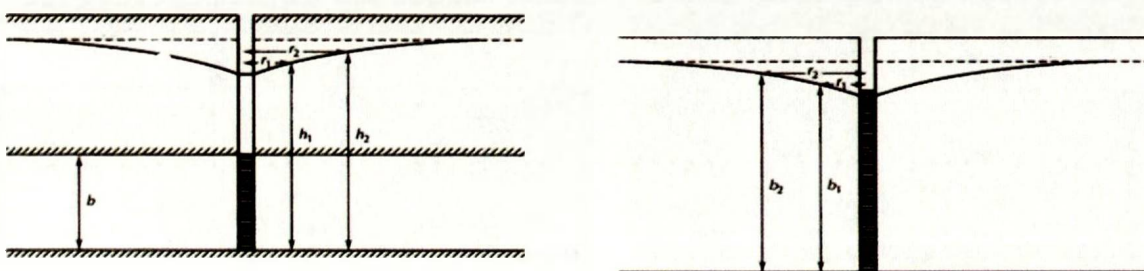
Bơm hút nước thí nghiệm đơn

Bơm hút nước thí nghiệm đơn là dạng thí nghiệm được tiến hành từ một lỗ khoan đơn độc, kéo dài liên tục trong khoảng thời gian nhất định nào đó. Tùy thuộc mục đích yêu cầu chúng ta có thể tiến hành hút nước thí nghiệm đơn với các cách khác nhau. Ví dụ như, để đánh giá độ giàu nghèo của tầng chứa nước, xác định sơ bộ hệ số thấm k , hút nước thí nghiệm đơn được tiến hành với một cấp lưu lượng (một lần hạ thấp) kéo dài trong một khoảng thời gian ngắn xác định [H.1].

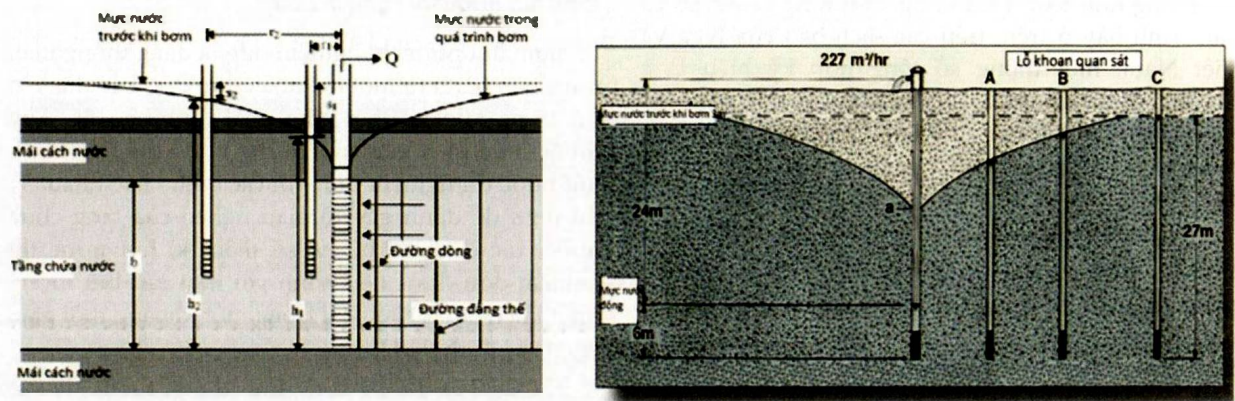
Để xác lập đường cong lưu lượng, tức là để xác lập mối quan hệ giữa lưu lượng và trị số hạ thấp mực nước, hút nước thí nghiệm đơn cần tiến hành với nhiều cấp lưu lượng, tương ứng với nhiều cấp độ hạ thấp mực nước. Mỗi cấp lưu lượng được kéo dài đạt đến trị số hạ thấp và lưu lượng ổn định mới dừng. Đồng thời cũng để xác định sơ bộ hệ số thấm của đất đá chứa nước, lấy mẫu nước nghiên cứu chất lượng nước.

Bơm hút nước thí nghiệm chùm

Bơm hút nước thí nghiệm chùm (pumping test with observational well) là dạng thí nghiệm mà sơ đồ thí nghiệm gồm lỗ khoan hút nước và các lỗ khoan chỉ dùng để đo mực nước trong miền phân bố của hình phễu hạ thấp mực nước. Lỗ khoan hút nước (một hoặc nhiều) được gọi là lỗ khoan trung tâm, những lỗ khoan đo mực nước được gọi là lỗ khoan quan sát (LKQS). Tùy thuộc vào khoảng cách giữa các lỗ khoan, số lượng LKQS, hút nước thí nghiệm chùm có thể giải quyết được hàng loạt các nhiệm vụ ĐCTV. Ví dụ, theo tài liệu LKQS có thể xác định chính xác các thông số ĐCTV cơ bản, xác định được mối quan hệ thủy lực giữa các tầng chứa nước với nhau, giữa nước dưới đất và nước mặt và các thông số chuyên môn đặc trưng cho các mối quan hệ đó. Số lượng LKQS, số lượng tia bố trí LKQS, khoảng cách giữa các lỗ khoan tùy thuộc vào đặc điểm ĐCTV để lựa chọn cho phù hợp. Ví dụ, tầng chứa nước không đồng nhất, tầng chứa nước trong đất đá nứt nẻ, v.v... thì LKQS nhiều hơn trong trường hợp tầng chứa nước đồng nhất.



Hình 1. Sơ đồ bơm hút nước thí nghiệm đơn: trong tầng chứa nước có áp (hình bên trái), trong tầng chứa nước không áp (hình bên phải).



Hình 2. Sơ đồ hút nước thí nghiệm chùm trong tầng chứa nước có áp (hình bên trái), trong tầng chứa nước không áp (hình bên phải).

Bơm hút nước thí nghiệm nhóm

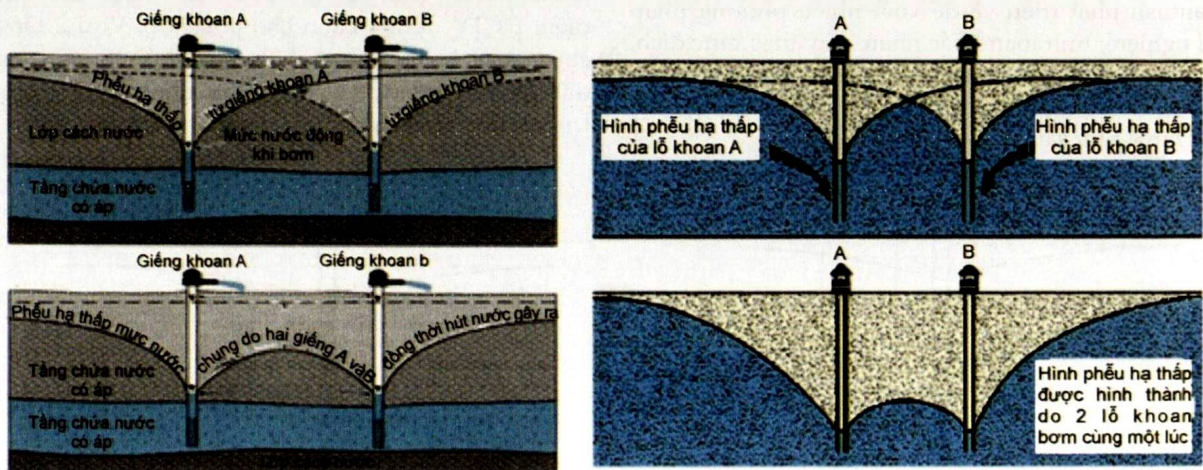
Bơm hút nước thí nghiệm nhóm (nhóm lỗ khoan thí nghiệm) là dạng hút nước đồng thời từ hai hay nhiều lỗ khoan phân bố trong miền ảnh hưởng của nhau. Các lỗ khoan trong nhóm thí nghiệm có thể được bắt đầu hút vào cùng một lúc (gọi là hút nhóm đồng bộ), hoặc có thể bắt đầu vào các thời điểm khác nhau, sau đó được kéo dài cùng với nhau trong suốt quá trình hút nước (gọi là hút nhóm không đồng bộ). Sự khác nhau đó cũng sẽ được thể hiện trong công thức tính toán. Hút nước thí nghiệm nhóm được tiến hành trong các trường hợp khi hút nước từ lỗ khoan đơn không đủ đảm bảo trị số hạ thấp mực nước cần thiết để tính toán, hoặc trong những điều kiện ĐCTV phức tạp khi cần chứng minh khả năng thực tế lấy nước từ nhiều giếng khoan, xác định sự can nhiễu giữa các giếng khoan, quy mô phát triển hình phễu hạ thấp mực nước khi khai thác sau này.

Bơm hút nước khai thác thử

Bơm hút nước khai thác thử hay khai thác thí nghiệm là dạng hút nước được tiến hành từ một hay

nhiều lỗ khoan cùng một lúc với một lần hạ thấp (hoặc một bậc lưu lượng) bằng hoặc gần bằng trị số hạ thấp (lưu lượng) khi khai thác trong thời gian một vài tháng để xác định sự ổn định của lưu lượng hút nước, đánh giá sự biến đổi chất lượng nước, đánh giá sự ảnh hưởng của quá trình bơm hút nước có thể diễn ra theo thời gian đối với môi trường xung quanh, v.v... Hút nước như thế chỉ được tiến hành trong giai đoạn điều tra chi tiết trong điều kiện ĐCTV và thủy địa hóa rất phức tạp mà không thể biểu diễn được ở dạng sơ đồ tính toán. Mục đích của hút nước khai thác thử là xác định quy luật thực nghiệm thay đổi mực nước hoặc chất lượng nước theo thời gian khi chế độ hút nước gần như khai thác.

Tùy theo giai đoạn điều tra ĐCTV, tùy thuộc vào điều kiện ĐCTV phức tạp hay không phức tạp, tùy thuộc phương pháp đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất, mà có thể áp dụng một trong các dạng hút nước đã được trình bày ở trên. Tuy nhiên, trong bất cứ trường hợp nào khi cần thiết xác định các thông số ĐCTV cơ bản cũng như chuyên môn, xác lập đường cong lưu lượng thì độ tin cậy cao nhất là thí nghiệm hút nước.



Hình 3. Sơ đồ hút nước thí nghiệm nhóm trong tầng chứa nước có áp (hình bên trái), trong tầng chứa nước không áp (hình bên phải).

Sơ đồ và phương pháp thí nghiệm hút nước xác định thông số ĐCTV

Số lượng lỗ khoan quan sát

Theo các công thức thủy động lực, bơm hút nước thí nghiệm đơn chỉ có thể xác định được gần đúng hệ số thấm, do trong các công thức tính toán đó còn nhiều đại lượng chưa biết. Để có thể nhận được giá trị tin cậy, chính xác hệ số thấm và các thông số ĐCTV cơ bản, chuyên môn khác, cần dựa vào những tài liệu hút nước thí nghiệm chòm.

Việc lập sơ đồ bố trí chòm thí nghiệm gồm luận chứng về số lượng lỗ khoan hút nước và lỗ khoan quan sát (LKQS), phân bố của chúng trên bình đồ và trong mặt cắt của tầng chứa nước. Sơ đồ mẫu của chòm thí nghiệm để xác định các thông số ĐCTV là sơ đồ gồm số lượng lỗ khoan nhất định với cách bố trí sao cho trong một lần thí nghiệm với trị số hạ thấp mực nước $S_0 = 3 - 4$ m trong lỗ khoan hút nước kéo dài trong khoảng 5 ngày. Sơ đồ này đảm bảo hiệu số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan quan sát lân cận nhau và trị số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan quan sát xa nhất phải lớn hơn độ chính xác đo mực nước rất nhiều (không nhỏ hơn 20-30cm). Hơn nữa, chòm thí nghiệm phải thỏa mãn yêu cầu xử lý các thông tin bằng nhiều phương pháp khác nhau, như bằng các công thức giải tích, bằng các phương pháp đồ giải, bằng các phần mềm khác nhau.

Nếu chỉ xuất phát từ các biện pháp kỹ thuật khi chỉnh lý số liệu thí nghiệm trong trường hợp tầng chứa nước đồng nhất một cách lý tưởng thì có thể chỉ cần một hoặc hai LKQS khi cần kiểm tra để xác định các thông số cơ bản của tầng chứa nước. Để có thể trung bình hóa một cách đơn giản hoặc có thể sử dụng phương pháp theo dõi diện tích xử lý tài liệu hút nước thì số lượng LKQS tối thiểu trong chòm thí nghiệm không ít hơn ba. Để xác định chính xác các thông số ĐCTV chủ yếu của tầng chứa nước đồng nhất (hệ số biến đổi của T không quá 30-10%), chòm thí nghiệm gồm ít nhất là 02 LKQS. Số lượng LKQS lớn hơn số lượng tối thiểu phụ thuộc vào mức độ không đồng nhất về tính thấm của đất đá chứa nước, phụ thuộc vào chiều sâu thế nằm của tầng chứa nước đang nghiên cứu và phụ thuộc vào khả năng kết hợp các lỗ khoan thăm dò với các LKQS.

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam, nhiều tầng chứa nước không đồng nhất về tính thấm trên bình đồ và trong mặt cắt. Số lượng các LKQS sẽ phụ thuộc vào mức độ không đồng nhất, có thể từ 3 - 4 đến 10 LKQS. Hệ số biến đổi được xác định theo tài liệu thí nghiệm đơn làm tiêu chuẩn xác định mức độ không đồng nhất. Mức độ không đồng nhất, mức độ phức tạp của điều kiện địa chất thủy văn còn ảnh hưởng đến phương pháp chỉnh lý số liệu thí nghiệm, từ đó ảnh hưởng đến việc chọn số lượng các LKQS.

Số lượng lỗ khoan quan sát còn phụ thuộc nhiều vào độ sâu của tầng chứa nước. Khi độ sâu của tầng chứa nước lớn (quá 150m) thì số lượng LKQS nên chọn bằng số lượng LKQS tối thiểu; nếu tầng chứa nước nằm nông thì số lỗ khoan quan sát có thể lớn hơn số lượng tối thiểu. Số lượng lỗ khoan quan sát ít, sẽ làm cho chất lượng chỉnh lý kém, sai số xác định các thông số sẽ lớn. Khi bố trí các lỗ khoan của chòm thí nghiệm để xác định các thông số ĐCTV cơ bản cần theo hệ thống tia. Số lượng các tia và hướng của chúng phụ thuộc vào mức độ phức tạp của diện tích thí nghiệm, số lượng lỗ khoan quan sát và sơ đồ bố trí công trình lấy nước.

Chùm một tia được bố trí trong trường hợp tầng chứa nước đồng nhất về tính thấm. Hướng của tia có thể theo hướng bất kỳ, vuông góc hoặc song song với hướng dòng chảy. Nếu chòm thí nghiệm bố trí trên diện tích dự kiến đặt công trình khai thác nước dưới đất - khi đó tia bố trí các lỗ khoan quan sát nên bố trí dọc theo trục phân bố các lỗ khoan khai thác dự kiến.

Chùm hai tia được bố trí khi thí nghiệm các tầng chứa nước dị hướng với phương của các tia theo trục dị hướng giả định. Ví dụ, khi hút nước trong đới phá huỷ kiến tạo chứa nước - một tia bố trí song song theo trục đứt gãy, tia kia bố trí vuông góc với hướng trục đứt gãy.

Chùm ba, bốn tia được bố trí khi thí nghiệm trong tầng chứa nước không đồng nhất theo nhiều hướng khác nhau. Trong thực tế, do chỉ biết được sự không đồng nhất sau khi đã thí nghiệm nên khi bố trí các tia trong chòm thí nghiệm chủ yếu dựa vào tài liệu khảo sát trên mặt và nên chú ý đến phương phát triển các cấu trúc địa chất và dạng địa hình. Trong mọi trường hợp, lỗ khoan hút nước (lỗ khoan trung tâm) cần bố trí ở đỉnh của một hay một số tia.

Khoảng cách từ lỗ khoan hút nước đến các lỗ khoan quan sát

Khoảng cách từ lỗ khoan hút nước đến các LKQS phụ thuộc vào thành phần thạch học, mức độ nứt nẻ, tính chất thủy lực có áp hay không áp của tầng chứa nước. Nói chung, các lỗ khoan quan sát phải được phân bố trong vùng ảnh hưởng của lỗ khoan hút nước. Cụ thể hơn, các lỗ khoan quan sát nên bố trí sao cho chúng nằm trong đới động thái gần ổn định và để trong một đợt hạ thấp mực nước, và trong một khoảng thời gian kéo dài hút nước của mỗi đợt hút nước - hiệu số hạ thấp mực nước trong các lỗ khoan quan sát lân cận và trị số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan quan sát xa nhất phải lớn hơn hẳn độ chính xác của phép đo mực nước (khoảng 20cm). Để trị số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan quan sát thứ nhất đo được không nhỏ hơn 20% S_0 , trong lỗ khoan thứ hai không nhỏ hơn 10% S_0 (S_0 là trị số hạ thấp mực nước đo được trong lỗ khoan trung tâm) thì khoảng

cách từ lỗ khoan trung tâm đến các LKQS có thể lấy theo hướng dẫn trình bày trong [Bảng 2].

Hoặc có thể xác định khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến các lỗ khoan quan sát có theo công thức nửa thực nghiệm (3) không phụ thuộc vào số lượng các tia và hướng của các tia phân bố LKQS.

$$r = r_1 \alpha^{n-1} \tag{5}$$

Trong đó: r_1 – khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến lỗ khoan quan sát gần nhất (để đảm bảo đo được mực nước và độ chính xác các thông số tính toán theo tài liệu LKQS, người ta thường lấy r_1 bằng từ một nửa đến bằng chiều dày tầng chứa nước hoặc chiều dài ống lọc lỗ khoan hút nước); α – hệ số kinh nghiệm, đối với tầng chứa nước không áp bằng 1,5 và đối với tầng chứa nước có áp bằng 2,5; n – số thứ tự của lỗ khoan quan sát. Cách đánh số tiến hành theo thứ tự tăng dần từ lỗ khoan trung tâm: số lẻ trên một tia, số chẵn trên tia khác.

Bảng 2. Khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến lỗ khoan quan sát (N.N. Bindeman).

Đất đá chứa nước	Tính chất thủy lực của tầng chứa nước	Khoảng cách tối đa (m)	
		Đến LKQS1	Đến LKQS2
Cát hạt nhỏ và hạt trung bình	Có áp	80	150
	Không áp	10	15
Cát hạt lớn	Có áp	200	450
	Không áp	15	30
Cuội, sỏi	Có áp	200	450
	Không áp	25	40
Đất đá nứt nẻ	Có áp	80	150
	Không áp	30	50

Chỉnh lý tài liệu hút nước và tính toán các thông số ĐCTV

Có rất nhiều sách của các tác giả Tây Âu viết về các phương pháp xác định những thông số địa chất thủy văn theo tài liệu hút nước. Dưới đây trình bày một hệ thống các phương pháp, đồng thời sẽ cho những chỉ dẫn cần thiết hướng tới việc sử dụng những phương pháp đó được dễ dàng. Xác định hệ số thấm, hệ số dẫn nước có thể theo công thức vận động ổn định cũng như theo công thức vận động không ổn định. Hệ số truyền áp (truyền mực nước) chỉ được tính theo công thức thấm không ổn định của nước dưới đất.

Xác định hệ số thấm (hệ số dẫn nước) theo công thức vận động ổn định

Đối với các lỗ khoan hoàn chỉnh có thể sử dụng công thức Duyppuy.

Nước có áp, lỗ khoan đơn:

$$k = \frac{0,366Q}{ms_o} \lg \frac{Rdd}{r_o}; \tag{6}$$

Lỗ khoan trung tâm và lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,366Q}{m(s_o - s_1)} \lg \frac{r_1}{r_o}; \tag{7}$$

2 lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,366Q}{m(s_1 - s_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}. \tag{8}$$

Nước không có áp, lỗ khoan đơn:

$$k = \frac{0,73Q}{(2H - s_o)s_o} \lg \frac{Rdd}{r_o}; \tag{9}$$

Lỗ khoan trung tâm và lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,73Q}{(2H - s_o - s_1)(s_o - s_1)} \lg \frac{r_1}{r_o}; \tag{10}$$

2 lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,73Q}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}; \tag{11}$$

Ở đây: k – hệ số thấm; s_o, s_1, s_2 – trị số hạ thấp mực nước trong lỗ khoan trung tâm, lỗ khoan quan sát thứ nhất và lỗ khoan quan sát thứ hai; r_o – bán kính lỗ khoan trung tâm; r_1, r_2 – khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến lỗ khoan quan sát 1 và lỗ khoan quan sát 2; m – chiều dày tầng chứa nước có áp; H – chiều dày tầng chứa nước không áp; Q – lưu lượng lỗ khoan; Rdd – bán kính ảnh hưởng dẫn dùng.

Bán kính ảnh hưởng dẫn dùng xác định bằng nhiều cách khác nhau, tùy thuộc vào động thái vận động của nước dưới đất. Nếu động thái thấm không ổn định thì nó được xác định theo công thức:

$$R_{dd} = 1,5\sqrt{at} \tag{12}$$

Nếu động thái thấm ổn định thì nó được xác định theo công thức Duyppuy đối với 2 lỗ khoan quan sát:

$$\lg R_{dd} = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2} \tag{13}$$

Trong đó, a – hệ số truyền áp hay truyền mực nước, $m^2/ngày$; t – thời gian tính toán, ngày.

Ngoài ra có thể xác định tương đối bán kính ảnh hưởng theo các công thức kinh nghiệm.

Đối với các lỗ khoan không hoàn chỉnh nên phân biệt hai trường hợp.

Trường hợp $l/m > 0$ (l – chiều dài ống lọc; m – chiều dày tầng chứa nước), tức là khi lỗ khoan mở hết tầng chứa nước nhưng ống lọc không đặt suốt toàn bộ chiều dày, nhưng cũng không ngắn quá, thì có thể áp dụng những công thức kể trên có kèm theo hệ số hiệu chỉnh Verigin.

Nước có áp, lỗ khoan đơn:

$$k = \frac{0,366Q}{ms_o} \left[\lg \frac{Rdd}{r_o} + 0,217\xi_o \right]; \tag{14}$$

Lỗ khoan trung tâm và một lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,73Q}{m(s_o - s_1)} \left[\lg \frac{r_1}{r_o} + 0,217(\xi_o - \xi_1) \right]; \quad (15)$$

2 lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,366Q}{m(s_1 - s_2)} \left[\lg \frac{r_2}{r_1} + 0,217(\xi_1 - \xi_2) \right]. \quad (16)$$

Nước không áp, lỗ khoan đơn:

$$k = \frac{0,73Q}{(2H - s_o)s_o} \left[\lg \frac{Rdd}{r_o} + 0,217\xi_o \right]; \quad (17)$$

Lỗ khoan trung tâm và một lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,73Q}{(2H - s_o - s_1)(s_o - s_1)} \left[\lg \frac{r_1}{r_o} + 0,217(\xi_o - \xi_1) \right] \quad (18)$$

2 lỗ khoan quan sát:

$$k = \frac{0,73Q}{(2Hs_1 - s_2)(s_1 - s_2)} \left[\lg \frac{r_2}{r_1} + 0,217(\xi_1 - \xi_2) \right] \quad (19)$$

Ở đây: ξ_o , ξ_1 , và ξ_2 - đại lượng cần thẩm do sự không hoàn chỉnh của lỗ khoan theo mức độ mở của lỗ khoan trung tâm QS1 và QS2. Ở lỗ khoan trung tâm có tính đến ảnh hưởng của cấu trúc lỗ khoan. Đại lượng ξ_o bao gồm 2 thành phần ξ'_o và ξ''_o ; ξ'_o - xác định tính không hoàn chỉnh của lỗ khoan theo mức độ mở; ξ''_o - xác định sự ảnh hưởng cấu trúc phần lọc của lỗ khoan và các nguyên nhân khác.

Các giá trị ξ_o , ξ_1 , và ξ_2 có thể tra theo Bảng 3, trong đó: l - độ dài ống lọc của lỗ khoan trung tâm; m - bề dày tầng chứa nước; r - bán kính lỗ khoan trung tâm (khi xác định ξ_o) hoặc là khoảng cách từ lỗ khoan trung tâm đến các lỗ khoan quan sát (khi xác định ξ_1 và ξ_2).

Khi hút nước trong tầng chứa nước không áp, để xác định ξ bề dày của tầng chứa nước H được trừ đi một nửa trị số hạ thấp trong lỗ khoan trung tâm. Khi đó, nếu ống lọc của lỗ khoan trung tâm không ngập trong nước hoàn toàn trong tầng chứa nước không áp, thì độ dài ống lọc l được bớt đi một đại lượng bằng một nửa độ dài phần ống lọc bị tháo khô. Các giá trị của ξ dẫn ra trong Bảng 3 là đối với trường hợp ống lọc được đặt sát mái hoặc sát đáy của tầng chứa nước. Khi ống lọc được bố trí lơ lửng ở giữa tầng chứa nước thì theo đề nghị của Botrever, ξ được bớt đi 1,5 khi $l/m = 0,3$, còn khi $l/m = 10,5$ thì bớt đi 0,7.

Trị số ξ_o cũng có thể xác định chính xác hơn trực tiếp theo tài liệu hút nước.

$$\xi_o = 4,6 \left(\frac{s_o - s_1}{s_1 - s_2} \lg \frac{r_2}{r_1} - \lg \frac{r_1}{r_o} \right), \quad (20)$$

Khi các lỗ khoan quan sát phân bố ở khoảng cách bằng hoặc lớn hơn bề dày tầng chứa nước thì ảnh hưởng của tính không hoàn chỉnh của lỗ khoan quan sát đến quá trình dao động mực nước trong nó không đáng kể và có thể bỏ qua.

Trường hợp $l/m > 0,1$ nên sử dụng các công thức (21), (22) với cả nước có áp và không áp.

$$k = \frac{0,366Q}{ls_o} \lg \frac{1,73l}{r_o}; \quad (21)$$

- Khi ống lọc nằm giữa tầng:

$$k = \frac{0,366Q}{ls_o} \lg \frac{1,73l}{r_o}; \quad (22)$$

Xác định thông số thẩm theo tài liệu hút nước có động thái không ổn định

Phương pháp Theis. Phương pháp này dựa trên việc sử dụng công thức Theis xác định hạ thấp mực nước khi lỗ khoan hút nước có lưu lượng ổn định:

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4at} \right) \right]; \quad (23)$$

Trong đó: t - thời gian tính từ lúc bắt đầu hút nước; a - hệ số truyền áp; r - khoảng cách từ điểm tính toán đến lỗ khoan hút nước; E_i - hàm số tích phân, được xác định theo các bảng có trong các sổ tay hướng dẫn.

Phương pháp đường cong chuẩn

Để diễn đạt gọn hơn, phương trình (21) được viết dưới dạng sau:

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4at} \right) \right] = \frac{Q}{4\pi T} W(-u); \quad (24)$$

$$\text{Trong đó } u = \frac{r^2}{4at} \quad \text{hay } t = \frac{r^2}{4au} \quad (25)$$

Lấy logarit hai vế phương trình (22) và (23) ta được:

$$\lg S = \lg \frac{Q}{4\pi T} + \lg W(-u) \quad (26)$$

$$\lg t = \lg \frac{1}{u} + \lg \frac{r^2}{4a} \quad (27)$$

Bảng 3. Hệ số cần thẩm phụ thuộc vào độ dài, đường kính ống lọc, bề dày tầng chứa nước.

l/m	m/r									
	0,5	1,0	3,0	10	30	100	200	500	1000	2000
0,1	10,00391	0,122	2,04	10,04	24,3	42,8	53,8	69,5	79,6	90,9
0,3	0,00297	0,0907	1,29	4,79	9,2	14,5	17,7	21,5	24,9	28,2
0,5	0,00165	0,0494	0,656	2,26	4,21	6,5	7,86	9,64	11,0	12,4
0,7	0,000546	0,0167	0,273	0,897	1,69	2,07	3,24	4,01	4,58	5,19
0,9	0,000048	0,0015	0,0251	0,129	0,30	0,528	0,664	0,846	0,983	1,12

Nếu lập các đồ thị trong các hệ tọa độ $\lg 1/u \div \lg W$ (-u) và $\lg S \div \lg t$, chúng có hình dạng hoàn toàn giống nhau nhưng bị xô dịch theo trục $\lg S$ và $\lg W$ (-u) một đoạn $\lg \frac{Q}{4\pi T}$, theo các trục $\lg \frac{1}{u}$ và $\lg t$ một đoạn bằng $r^2/4a$.

Từ đó có thể sử dụng bộ đường cong để xác định các thông số thăm chủ yếu. Trình tự xác định các thông số thăm theo phương pháp đường cong chuẩn như sau:

Bước 1: Lập đường cong chuẩn theo hệ tọa độ $\lg \frac{1}{u} \div \lg W$ (-u) (theo tài liệu cho sẵn trong các sách tham khảo trên giấy can theo một tỷ lệ nhất định tự chọn;

Bước 2: Theo tài liệu thí nghiệm lập đường cong thực nghiệm trong hệ tọa độ $\lg S \div \lg t$ trên giấy ô ly cùng tỷ lệ với đường cong chuẩn;

Bước 3: Lấy đường cong chuẩn chập lên đường cong thực nghiệm sao cho chúng có nhiều điểm trùng nhau nhất (hoặc trùng khít lên nhau) trong khi đảm bảo các trục tọa độ song song với nhau;

Khi đó, trục $\lg \frac{1}{u}$ sẽ cắt trục $\lg S$ tại vị trí có giá trị là $\lg s_0$, mà trục $\lg W$ (-u) sẽ cắt trục $\lg t$ tại vị trí có giá trị là $\lg t_0$; $\lg t_0 = \lg \frac{r^2}{4a}$. Từ đó ta có công thức để xác định hệ số dẫn nước, hệ số truyền mực nước và hệ số nhà nước theo các công thức:

$$T = \frac{Q}{4\pi s_0}; \tag{26}$$

$$a = \frac{r^2}{4t_0}; \tag{27}$$

$$s = \frac{T}{a} = \frac{4t_0 T}{r^2}. \tag{28}$$

Phương pháp Jacob

Phương pháp Jacob dựa trên cơ sở mô phỏng logarit phương trình Theis. Số liệu thí nghiệm được biểu diễn ở dạng đồ thị quan hệ giữa trị số hạ thấp mực nước và thời gian và khoảng cách - trị số hạ thấp mực nước với thời gian chia cho bình phương khoảng cách [tương ứng được gọi là phương pháp theo dõi thời gian, theo dõi khoảng cách (diện tích) và phương pháp theo dõi tổng hợp]. Các đồ thị được vẽ trên giấy bán logarit. Phương pháp được áp dụng trong điều kiện động thái gần ổn định sau một khoảng thời gian nhất định kể từ lúc bắt đầu thí nghiệm. Trong điều kiện gần ổn định, các đồ thị nói trên là một đường thẳng và các thông số tính toán cơ bản được xác định theo hệ số góc và tung độ gốc của đường thẳng. Thời gian bắt đầu động thái gần ổn định, ngoài dấu hiệu xuất hiện đoạn thẳng của đồ thị bán logarit, còn được xác định bằng thời gian kiểm tra kể từ lúc bắt đầu hút nước được tính cho từng lỗ khoan quan sát. Tổng hợp các phương pháp Jacob được trình bày tóm tắt trong Bảng 4.

Bảng 4. Tóm tắt các phương pháp chính lý và công thức xác định các thông số theo Jacob.

Phương pháp	Theo dõi thời gian	Theo dõi khoảng cách	Theo dõi tổng hợp
Phương trình	$s = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25a}{r^2} + \frac{0,183Q}{T} \lg t$	$s = \frac{0,183Q}{T} \lg 2,25at - \frac{0,183Q}{T} \lg r$	$s = \frac{0,183Q}{T} \lg 2,25a - \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{t}{r^2}$
Hệ tọa độ	$s = A_r + C_r \lg t$	$s = A_r - C_r \lg r$	$s = A_k + C_k \lg t/r^2$
Dạng đồ thị	Đoạn đường thẳng hoặc gãy khúc tùy thuộc vào đặc tính tầng chứa nước có áp hay không áp; tầng chứa nước lỗ hổng hay khe nứt; đồng nhất hay không đồng nhất; một lớp hay có thấm xuyên; vô hạn hay bán giới hạn, hữu hạn với điều kiện biên khác nhau.	Là đoạn đường thẳng nếu được lập ở các thời điểm khác nhau thì chúng song song với nhau (động thái gần ổn định)	Các điểm sẽ nằm trên một đoạn thẳng hay hội tụ vào một đường thẳng tính toán.
Công thức xác định thông số	$T = \frac{0,183Q}{C_r}$ $\lg a = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_r}{C_r}$ $S(hay \mu) = \frac{T}{a}$	$T = \frac{0,183Q}{C_r}$ $\lg a = 2 \frac{A_r}{C_r} - 0,35 + \lg t$ $S(hay \mu) = \frac{T}{a}$	$T = \frac{0,183Q}{C_k}$ $\lg a = \frac{A_k}{C_k} - 0,35$ $S(hay \mu) = \frac{T}{a}$

Ghi chú: A - tung độ gốc; C = tga (a - góc dốc của đồ thị)

Các công thức trên dùng để xác định các thông số theo tài liệu hút nước từ lỗ khoan có áp, hoàn chỉnh, hút nước với lưu lượng ổn định. Tính không hoàn chỉnh của lỗ khoan chỉ ảnh hưởng đến kết quả xác định $T = km$ và có thể loại trừ bằng cách cộng với hệ số hiệu chỉnh Verigin đã trình bày ở trên. Các công thức trên cũng có thể sử dụng để xử lý tài liệu hút nước từ tầng không áp nếu trị số hạ thấp mực nước cực đại (s_{max}) trong quá trình bơm hút nước không vượt quá 20% bề dày tầng chứa nước. Nếu $s > 20\% H$, thì trên trục tung thay vào vị trí s ta ghi $s(2H - s)$ ứng với mỗi thời điểm lấy giá trị tính toán.

Các công thức và phương pháp trên cũng có thể sử dụng để xử lý tài liệu phục hồi mực nước nếu tổng thời gian phục hồi t^* không vượt qua 10% tổng thời gian kéo dài hút nước t (trường hợp này ta gọi là hồi phục nhanh). Nếu $t^* > 0,1t$, thì trên trục hoành của đồ thị theo dõi thời gian là logarit của $t^*/t + t^*$, trong đó t là tổng thời gian kéo dài hút nước kể từ lúc bắt đầu hút nước cho đến thời điểm dừng hút để đo hồi phục; t^* là thời gian hồi phục kể từ lúc dừng hút đến thời điểm đo mực nước dâng cao khi hồi phục.

Đơn vị tính t phụ thuộc vào đơn vị của Q (tức là nếu Q được đo bằng $m^3/ngày$ thì t sẽ là $m^2/ngày$) không phụ thuộc vào đơn vị đo thời gian trên trục hoành, dù tính bằng phút, giờ hay ngày để đồ thị có hình dáng đẹp; ngược lại đơn vị của hệ số (a, a^*) lại

phụ thuộc vào đơn vị thời gian đặt trên trục hoành và đơn vị của hạ thấp mực nước đặt trên trục tung.

Cũng phải nói thêm rằng, hiện nay tất cả các phương pháp này đều đã được số hóa và có nhiều phần mềm chuyên dụng để xử lý số liệu rất thuận lợi và dễ khai thác sử dụng. Hai phần mềm đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở Việt Nam là phần mềm Aquifer Test và Groundwater for Windows (GWW).

Tài liệu tham khảo

- Đoàn Văn Cảnh, Bùi Học, Hoàng Văn Hưng, Nguyễn Kim Ngọc, 2001. Các phương pháp điều tra ĐCTV. NXB Giao thông Vận tải. 160 tr. Hà Nội.
- Fetter, C.W, 2000. Applied Hydrogeology, 4th Edition, Prentice Hall, ISBN: 0130882399.
- Handbook of Groundwater Development, 1989. Roscoe Moss Company. Los Angeles, California.
- Kruseman G.P., De Ridder N.A., 1994. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. International Institute for Land Reclamation and Improvement. 376 pgs. P.O.Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
- Todd, D.K. and Mays, L.W, 2005. Groundwater Hydrology, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN: 0-471-05937-4 (cloth), 0-471-45254-8 (WIE)
- Боревский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С., 1979. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. Изд. Недра. 240 стр. Москва