

# XÁC LẬP PHƯƠNG TRÌNH HỒI QUY THỰC NGHIỆM TÍNH ĐỘ RỖNG CỦA ĐẤT ĐÁ CHỨA NƯỚC Ở ĐỒNG BẰNG CỬU LONG

NGUYỄN HỒNG BÀNG

*Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Miền Nam*

**Tóm tắt:** Độ rỗng là một trong những tham số địa chất thủy văn quan trọng đặc trưng cho khả năng chứa nước của đất đá. Nó có thể xác định bằng các phương pháp thí nghiệm ở hiện trường. Phương trình của định luật Archie được áp dụng để xây dựng quan hệ giữa hệ số thành hệ  $F$  và độ rỗng  $\Phi$ , đồng thời xác lập phương trình hồi quy thực nghiệm cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long để tính độ rỗng  $\Phi$  của đất đá chứa nước. Đây là phương pháp tiếp cận hiệu quả đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới.

## I. GIỚI THIỆU

Độ rỗng ( $\Phi$ ) là tham số địa chất thủy văn (ĐCTV) đặc trưng thường được sử dụng trong tính toán mô hình, đánh giá chất lượng và trữ lượng nước dưới đất (NDD).

Ở đồng bằng Cửu Long (ĐBCL), trong các đề án tìm kiếm đánh giá, giá trị độ rỗng  $\Phi$  thường được tra bảng hoặc rút ra từ kết quả phân tích mẫu đất đá để sử dụng tính trữ lượng. Chỉ một số ít lỗ khoan được xác định độ rỗng hiệu dụng bằng phương pháp thí nghiệm như bơm thả muối, bơm thả chất chỉ thị đồng vị phóng xạ.

Trong phạm vi bài báo này, tác giả giới thiệu phương pháp xác lập phương trình hồi quy thực nghiệm tính độ rỗng  $\Phi$  của đất đá chứa nước ở đồng bằng Cửu Long theo tài liệu địa vật lý lỗ khoan (ĐVLLK).

## II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA ĐỊNH LUẬT ARCHIE

Đối với trầm tích cát bão hòa nước, bằng thực nghiệm Archie đã xác lập quan hệ giữa điện trở suất của đá chứa nước, điện trở của nước vỉa, độ rỗng và trạng thái phân bố hạt cấu tạo đá theo công thức sau đây:

$$R_t = R_w \cdot a \cdot \Phi^{-m} \quad (1)$$

với:  $a$  - hệ số gắn kết, phụ thuộc vào đặc điểm môi trường trầm tích như: độ hạt, độ chọn lọc, độ bào mòn và thay đổi từ 0,6 đến 2,0;  $\Phi$  - độ rỗng (%);  $m$  - hệ số mũ,  $m$  không phụ thuộc vào loại nước chứa trong đá, mà phụ thuộc vào hình dạng của lỗ rỗng và mức độ thông nối nhau giữa chúng;  $m$  thường dao động trong khoảng 1,3 - 2,2;  $R_t$  - điện trở tầng chứa nước (ohm.m);  $R_w$  - điện trở nước vỉa (ohm.m).

Mặc khác, định luật Archie biểu thị quan hệ phụ thuộc giữa độ rỗng  $\Phi$  và yếu tố thành hệ  $F$ , được viết dưới dạng công thức sau đây:

$$F = \frac{R_t}{R_w} = a \times \Phi^{-m} \quad (2)$$

Yếu tố thành hệ F còn gọi là tham số độ rỗng, có liên quan trực tiếp với độ rỗng  $\Phi$ , là đại lượng không đổi đối với mỗi đơn vị trầm tích chứa nước. Quan hệ (2) trên đây cũng cho thấy, tham số F đặc trưng kết cấu của đất đá chứa nước và phụ thuộc vào môi trường trầm tích như: độ hạt, thể tích lỗ rỗng và sự thông nối nhau giữa chúng. Tỷ lệ hàm lượng sét có trong trầm tích cát chứa nước sẽ chiếm một phần không gian lỗ rỗng, làm giảm sự thông nối nhau giữa chúng dẫn đến giảm điện trở, hệ số gắn kết a thay đổi và yếu tố thành hệ F thay đổi theo.

Điểm đáng lưu ý là quan hệ thực nghiệm của Archie chỉ đúng cho trường hợp cát “sạch”, nghĩa là cát không chứa thành phần sét. Khi xác định độ rỗng của cát chứa sét theo công thức (2), cần phải hiệu chỉnh đại lượng yếu tố thành hệ F.

### III. XÁC LẬP PHƯƠNG TRÌNH HỒI QUY TÍNH ĐỘ RỖNG $\Phi$ CỦA ĐẤT ĐÁ CHỨA NƯỚC THEO YẾU TỐ THÀNH HỆ F Ở ĐBCL

#### 1. Xác định tham số F và độ rỗng $\Phi$

Để xác lập phương trình hồi quy thực nghiệm tính độ rỗng  $\Phi$  theo yếu tố thành hệ F, hệ số gắn kết thực nghiệm a và hệ số mũ m cho khu vực ĐBCL, tác giả sử dụng cặp giá trị  $\Phi$  và F của cùng 1 phân vị địa tầng chứa nước để xây dựng quan hệ  $\Phi = f(F)$ , trong đó, yếu tố thành hệ F tính

theo công thức  $F = \frac{R_t}{R_w}$  và số liệu độ rỗng  $\Phi$  được lấy từ kết quả các công trình thực nghiệm bằng phương pháp thí nghiệm thả muối và bằng phương pháp kỹ thuật đồng vị đánh dấu. Ngoài ra, để có đủ tập hợp số liệu thống kê, tác giả còn xác định độ rỗng  $\Phi$  bằng 2 phương pháp sau đây:

a. *Theo phương trình Humble*: Phương trình Humble là hệ quả của định luật Archie (công thức 2) mà hệ số gắn kết a và hệ số mũ m lần lượt là 0,62 và 2,15 dùng cho đá bờ rời phù hợp với đặc điểm thạch học của đất đá chứa nước ở vùng ĐBCL. Trong phương pháp tính này, nước vỉa xung quanh thành lỗ khoan bị thay thế hoàn toàn bằng dung dịch khoan tạo thành đối rữa với giá trị điện trở  $R_{xo}$ . Theo Chapellier [1] ta có:

$$S_{xo}^2 = F \cdot R_{mf} / R_{xo} \quad (3)$$

trong đó:  $S_{xo}$  - độ bão hòa nước của đối rữa;  $R_{mf}$  - điện trở chất thấm dung dịch khoan và  $S_{xo} = 1$  khi lớp chứa bão hòa  $R_{mf}$ . Đây là điều kiện luôn đúng trong ĐCTV và cả ở ĐBCL.

Sử dụng công thức Humble:

$$F = 0,62 \cdot \Phi^{-2,15} \quad (4)$$

Từ công thức (3) và (4):

$$S_{xo}^2 = 1 = (0,62 \cdot R_{mf}) / (R_{xo} \cdot \Phi^{2,15}) \quad (5)$$

$$\text{và } \Phi = (0,62 \cdot R_{mf} / R_{xo})^{1/2,15} \quad (6)$$

Áp dụng công thức (6) có thể tính độ rỗng theo các số liệu điện trở  $R_{mf}$  và  $R_{xo}$  xác định bằng tài liệu địa vật lý đo ở lỗ khoan.

b. Sử dụng biểu đồ của Dakhnov để xác định độ rỗng  $\Phi$  theo giá trị yếu tố thành hệ F tương ứng [3].

#### 2. Hiệu chỉnh yếu tố thành hệ F

Như đã biết, định luật Archie phát triển bằng phương pháp thực nghiệm, dựa trên tính không dẫn điện của vật liệu cấu tạo đá và tính dẫn điện của chất lưu trong lỗ rỗng của đá (cát sạch chứa nước). Trong tầng cát sét khu vực ĐBCL, các lớp cát chứa nước thường chứa một tỷ lệ sét nhất định trong các lỗ rỗng của đá, vì vậy trước khi sử dụng tham số F để xây dựng quan hệ với độ rỗng, cần hiệu chỉnh ảnh hưởng của độ dẫn bề mặt các hạt và độ dẫn của sét. Sử dụng công thức hiệu chỉnh (7) ta có:

$$\frac{1}{F_t} = \frac{1}{F_a} - f(R_w) \quad (7)$$

trong đó:  $F_a$  - yếu tố thành hệ biểu kiến (xác định theo công thức 2);  $F_t$  - yếu tố thành hệ thực;  $f(R_w) = C_s \cdot R_w^\beta$ , với  $C_s$  - diện tích bề mặt;  $\beta$  - hệ số thực nghiệm

Evers và Iyer, 1975 [2] bằng thực nghiệm đã lấy  $C_s = 0,01$  và  $\beta = 0,8$  đối với các thành hệ chứa nước.

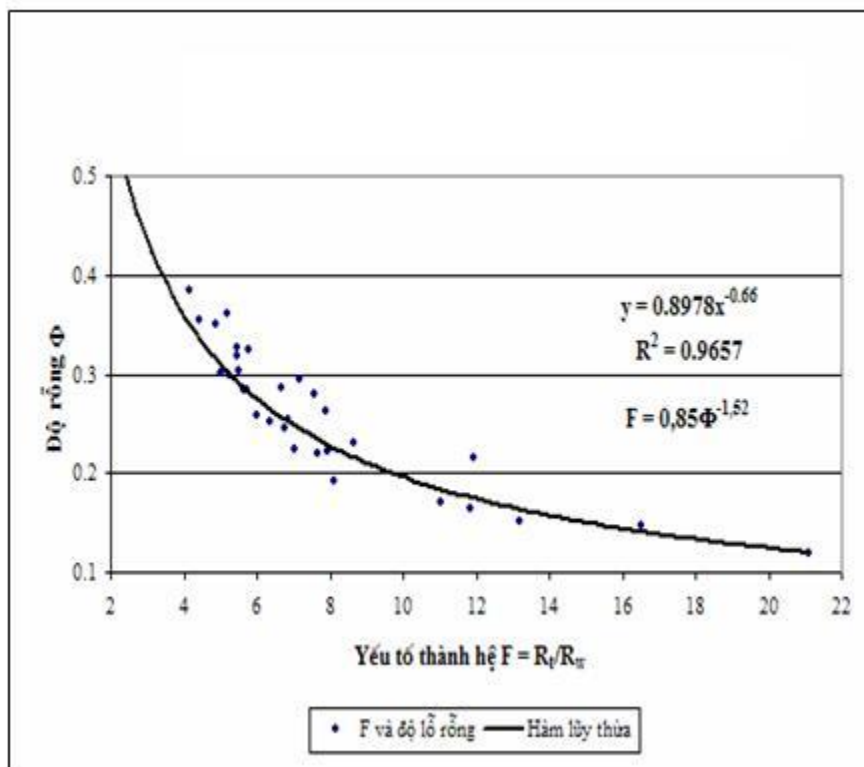
Từ công thức (7), qua các phép biến đổi ta nhận được công thức (8) để tính giá trị yếu tố thành hệ hiệu chỉnh  $F_t$ :

$$F_t = F_a / (1 - F_a \cdot C_s \cdot R_w^\beta) \quad (8)$$

### 3. Xác lập phương trình hồi quy tính độ rỗng $\Phi$

Trên Hình 1 là đồ thị quan hệ giữa độ rỗng  $\Phi$  và yếu tố thành hệ F ở khu vực ĐBCL. Sự tập trung của các điểm tương quan dọc theo đường khuynh hướng trên đồ thị chứng tỏ mức độ chặt chẽ của bản chất quan hệ giữa hai tham số này. Phương trình hồi quy (9) được xác lập dưới đây có dạng hàm lũy thừa với giá trị hệ số liên kết  $R^2 = 0,96$ .

$$\Phi = 0,8978 \cdot F^{-0,66} \quad (9)$$



Hình 1. Đồ thị quan hệ giữa  $F$  và  $\Phi$  khu vực ĐBCL.

Kiểm chứng tính độ rỗng  $\Phi$  ở ĐBCL cho kết quả sai số  $< 15\%$ . Độ rỗng tính theo công thức (9) là độ rỗng toàn phần. Khi có giá trị độ rỗng  $\Phi$ , có thể xác định hệ số thấm  $k$  và kết hợp với hàm lượng sét có thể đánh giá độ rỗng hiệu dụng. Thông qua các tham số này ta có thể đánh giá khả năng chứa nước của đá trầm tích.

Thay đổi đôi số trong công thức (9), ta có công thức (10) dưới dạng phương trình của định luật Archie.

$$F = 0,85 \cdot \Phi^{-1,52} \quad (10)$$

Như vậy, từ công thức (10), ta đã có được các hệ số gắn kết  $a = 0,85$  và hệ số mũ  $m = 1,52$  đặc trưng cho khu vực ĐBCL. Các giá trị này phù hợp với giới hạn thực nghiệm được xác định cho trầm tích bờ rời và gắn kết yếu:

$$0,6 \leq a \leq 2 \quad \text{và} \quad 1,3 \leq m \leq 2,2 \quad [2].$$

Bảng 1. Các số liệu kiểm chứng phương trình hồi quy (9) và sai số

Stt	Lỗ khoan	Độ sâu (m)	Điện trở xác định trên đường cong carota và hiệu chỉnh, tính toán		Các tham số F biểu kiến, hiệu chỉnh và tính toán $\Phi$			Độ rỗng tính bằng thí nghiệm bơm thả muối $\Phi_m$	Sai số % = $(\Phi_m - \Phi) / \Phi_m$
			$R_t$ (ohm.m)	$R_w$ (ohm.m)	$F_a$	$F_t$	$\Phi$		
1	DH3-18 Long An	52-108	82,3	18,7	4,4	8	0,2	0,191	4,7
2	DH3-14 Long An	81-124	109	6	18,2	77	0,1	0,085	17
3	D11 Tp.HCM	18-30	226	119	1,9	15	0,2	0,217	7,8

#### IV. KẾT LUẬN

Phương pháp tính độ rỗng  $\Phi$  của đất đá chứa nước theo phương trình hồi quy được xác lập bằng thực nghiệm là phương pháp tiếp cận hiệu quả đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới.

Khu vực càng chi tiết và số liệu sử dụng thống kê hồi quy đảm bảo chất lượng sẽ cho kết quả tính độ rỗng có độ tin cậy cao. Phương pháp xác lập phương trình hồi quy thực nghiệm có thể làm tài liệu tham khảo trong nghiên cứu chuyên ngành và ứng dụng trong sản xuất.

#### VĂN LIỆU

1. **Chapellier D., 1992.** Công tác địa vật lý giếng khoan trong địa chất thủy văn. *Balkema Publishers, USA.*
2. **Charles O., 1998.** Sự cải tiến trong hệ thiết bị và xử lý tài liệu điện trở đo bằng nhiều hệ cực: Thông số địa chất thủy văn và mô tả thạch học địa tầng. *Mt. Sopris Instrument Co, Inc.*
3. **Dakhnov V. N., 1982.** Phân tích tài liệu địa vật lý giếng khoan. *Nedra, Moskva.*
4. **Nguyễn Hồng Bằng, Bùi Thế Định, 1992.** Đánh giá các tham số địa vật lý phục vụ nghiên cứu địa chất thủy văn ở đồng bằng Nam Bộ. *Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT Miền Nam, Tp Hồ Chí Minh.*
5. **Nguyễn Hồng Bằng, 1996.** Quy trình công nghệ carota cho khoan phá mẫu từng phần phục vụ nghiên cứu nước dưới đất ở đồng bằng Nam Bộ. *Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT Miền Nam, Tp Hồ Chí Minh.*
6. **Repsold H., 1989.** Địa vật lý giếng khoan trong nghiên cứu nước dưới đất. *Vol. 9/1989.*