

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐO SÂU ĐIỆN TRỞ (VES) VÀ ĐIỆN TỪ (EM) TRONG NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT NÔNG PHỤC VỤ CÔNG TÁC KIỂM TRA NỀN MÓNG ĐƯỜNG ỐNG DẪN KHÍ

Doãn Ngọc San, Nguyễn Thị Hải Hà

Đại học Dầu khí Việt Nam

Email: sandn@pvu.edu.vn

Tóm tắt

Các cấu trúc địa chất nông trước đây thường được khảo sát bằng phương pháp khoan với chi phí cao và rất khó tiến hành. Hiện nay, các phương pháp khảo sát địa vật lý mới (như địa chấn, điện một chiều, điện từ (Electromagnetic, EM), từ...) ngày càng được áp dụng rộng rãi trong công tác khảo sát địa chất công trình do có chi phí hợp lý và độ chính xác cao.

Kết quả đo đạc khảo sát địa vật lý phục vụ công tác kiểm tra nền móng và tính ổn định của đường ống dẫn khí cho thấy hệ phương pháp đo sâu điện trở dòng một chiều (VES) - điện từ (EM) giải quyết tốt các nghiên cứu cấu trúc địa chất nông và theo dõi các đường ống dẫn khí.

Từ khóa: Nền móng, điện từ, đo sâu điện trở, độ dẫn, điện trở suất, đường ống dẫn khí.

1. Giới thiệu

Khái niệm “nền móng công trình” được xác định như sau (Hình 1):

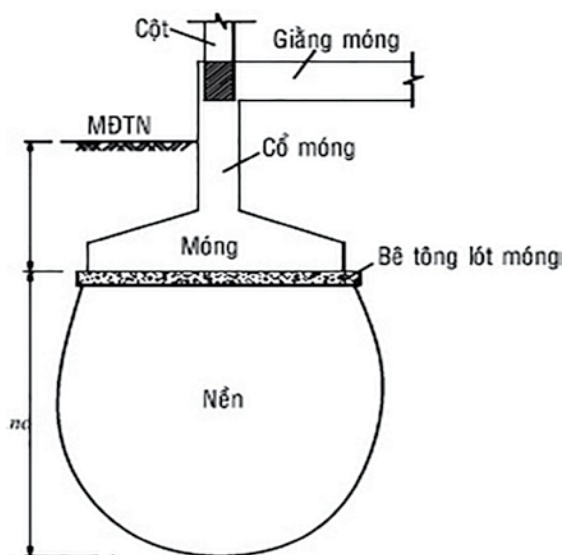
Nền công trình là chiều dày lớp đất, đá nằm dưới đáy móng, có tác dụng tiếp thu tải trọng công trình bên trên do móng truyền xuống hay có thể hiểu nền là nửa không gian phía dưới đáy móng.

Móng công trình là một bộ phận kết cấu ngay dưới của công trình, móng liên kết với kết cấu chịu lực bên trên như cột, tường... Móng có nhiệm vụ tiếp thu tải trọng từ công trình và truyền tải trọng đó phân tán xuống nền.

Để đảm bảo việc đưa ra giải pháp nền móng hợp lý nhất, cần phải có các tài liệu về khảo sát địa chất, thủy văn công trình... Khả năng ổn định và làm việc bình thường của công trình phụ thuộc vào: độ bền kết cấu của công trình, tính chất của đất đá, các hiện tượng địa chất dưới nền móng công trình. Để biết về mối quan hệ giữa đất đá, nước dưới đất và các hiện tượng địa chất với xây dựng công trình, cần nghiên cứu khảo sát nền móng hay nói cách khác là khảo sát các điều kiện về địa chất như:

- Điều kiện địa chất địa mạo;
- Điều kiện cấu trúc địa chất;
- Điều kiện các tác dụng địa chất;
- Điều kiện địa chất thủy văn.

Trong khảo sát nền móng công trình, phương pháp truyền thống là khoan lấy mẫu. Phương pháp khảo sát bằng giếng khoan đòi hỏi phải tiến hành nhiều giếng



Hình 1. Nền móng công trình

Ngày nhận bài: 05/7/2019. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 19 - 30/7/2019.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 12/8/2019.

khoan với giá thành không rẻ và thời gian thi công sẽ kéo dài. Ngay cả khi có mạng lưới khoan dày đặc (50 x 50m) thì việc đánh giá địa chất ở những khoảng giữa các giếng khoan cũng mang nhiều tính rủi ro. Trong khi đó, các phương pháp địa vật lý như địa chấn, điện một chiều, điện từ (Electromagnetic, EM), từ... có chi phí hợp lý hơn với độ chính xác chấp nhận được. Vì vậy, các phương pháp địa vật lý ngày càng được áp dụng rộng rãi trong công tác khảo sát địa chất công trình. Thông qua đo đạc khảo sát lòng đất bằng điện trở suất, độ dẫn dọc, sóng địa chấn... tài liệu tổng hợp các phương pháp địa vật lý sẽ xây dựng được lát cắt địa chất - địa vật lý phản ánh mức độ đồng nhất của môi trường địa chất trong lòng nền móng công trình qua đó đánh giá chất lượng nền móng với tối đa hiệu quả và tối thiểu về thời gian. Tuy nhiên, nhược điểm của các phương pháp địa vật lý là kết quả đo có thể chịu ảnh hưởng kết hợp của nhiều yếu tố, ví dụ điện trở của đất đá phụ thuộc vào: độ rỗng, độ ẩm, tỷ trọng, nhiệt độ... nên rất khó phân biệt yếu tố nào có ảnh hưởng quyết định đến kết quả đo. Vì thế, phương pháp địa vật lý trong khảo sát thường chỉ áp dụng khi đã biết được mối liên hệ giữa yếu tố ảnh hưởng chủ yếu với kết quả đo.

Trên thế giới, các hãng sản xuất máy địa vật lý lớn như Scintrex, Geonics (Canada), Geometrics (Mỹ)... đã rất chú trọng máy địa vật lý phục vụ công tác khảo sát địa chất nền móng công trình. Các hãng phần mềm như MAE (địa chấn phân giải cao), RES2DIN (phân tích đường cong đo sâu điện trở), EM31-MK2 (phân tích số liệu điện từ đo ở nhiều độ cao) cũng phát triển... Vì vậy, việc sử dụng các phương pháp địa vật lý trong khảo sát địa chất công trình trở nên phổ biến trên thế giới [2].

Một số viện nghiên cứu và trường đại học tại Việt Nam có trung tâm chuyên nghiên cứu hay tiến hành đo đạc khảo sát địa chất công trình bằng tổ hợp các phương pháp điện - địa chấn - từ. Trong đó có công trình nghiên cứu ứng dụng tổ hợp phương pháp địa vật lý để đánh giá hiện trạng và xác định các diện tích có nguy cơ sụt đất để đề xuất biện pháp phòng tránh ở Cam Lộ, Quảng Trị. Kết quả công tác địa vật lý đã phát hiện các hang động karst và các

đới phá hủy, đứt gãy ẩn dưới lớp phủ là nguyên nhân gây ra hiện tượng sụt đất [3].

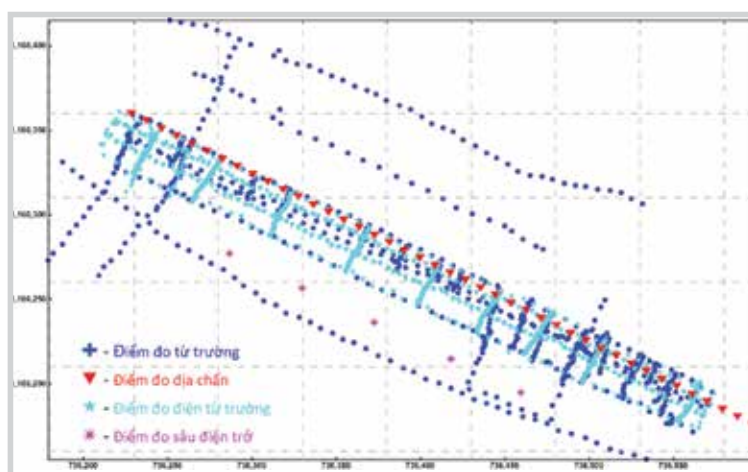
Hiện nay, ở Việt Nam chưa có đơn vị nào thực hiện công tác kiểm tra nền móng công trình của ống dẫn khí và theo dõi đường ống dẫn khí sau khi thi công. Vì vậy, Khoa Dầu khí, Đại học Dầu khí Việt Nam (PVU) đã tiến hành nghiên cứu đánh giá khả năng ứng dụng tổ hợp phương pháp đo sâu điện trở (VES) - điện từ (EM) bằng máy EM31-MK2 vào công tác: Khảo sát nền móng công trình ống dẫn khí; theo dõi đường ống dẫn khí.

2. Phương pháp nghiên cứu

Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, có diện tích tự nhiên là 2.047,66km². Phía Bắc tiếp giáp tỉnh Đồng Nai, phía Tây giáp Tp. Hồ Chí Minh, phía Đông giáp Bình Thuận và phía Nam giáp Biển Đông với chiều dài bờ biển là 305km. Khu vực khảo sát có diện tích 500m² nằm ở phường Long Hương, Tp. Bà Rịa (Hình 2). Khu vực nghiên cứu được khảo sát điều tra địa chất [4] ở các



Hình 2. Vị trí khu vực khảo sát



Hình 3. Sơ đồ tuyến đo địa vật lý

tỷ lệ khác nhau, tuy nhiên chưa được khảo sát bằng các phương pháp địa vật lý.

Để nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ công tác kiểm tra nền móng công trình của đường ống khí trong diện tích nghiên cứu thuộc phường Long Hương, Tp. Bà Rịa, PVU đã tiến hành khảo sát bằng 4 phương pháp địa vật lý gồm: điện trở dòng một chiều, điện từ, từ trường và địa chấn phân giải cao.

2.1. Khảo sát đo sâu điện trở dòng một chiều (VES)

Sử dụng máy thăm dò điện một chiều ABEM TERRAMETER SAS 1000 (Thụy Điển) cho công tác đo sâu điện. Đây là loại máy thăm dò điện thuộc thế hệ mới dùng các board mạch được tích hợp bởi các vi mạch điện tử [5].

Để tài đã tiến hành đo 5 điểm đo sâu điện trở dòng một chiều hệ thiết bị Wenner với $AB/2_{max} = 40m$. Số liệu đo sâu cho kết quả tốt để phục vụ xây dựng lát cắt địa - điện bằng phương pháp điện tử.

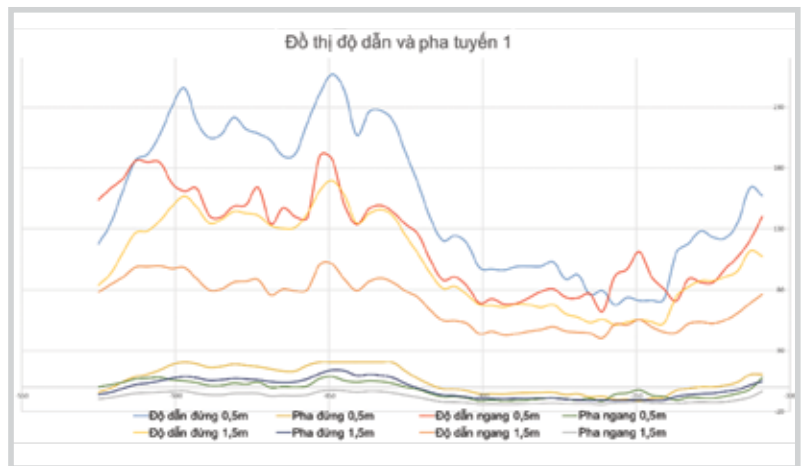
2.2. Khảo sát đo đạc EM

Máy EM31-MK2 [6] có khoảng cách giữa 2 cuộn dây phát và thu là 3,7m, có khả năng thăm dò hiệu quả ở chế độ ngang 6m và 3m ở chế độ đo dọc. Máy EM31 có 2 chế độ đo: đo theo trạm (điểm) và đo liên tục (auto) cung cấp đồng thời 2 tham số là độ dẫn dọc S_k (Conductivity) và độ lệch pha (Inphase). Khảo sát đo đạc bằng máy EM31-MK2 được tiến hành nhằm:

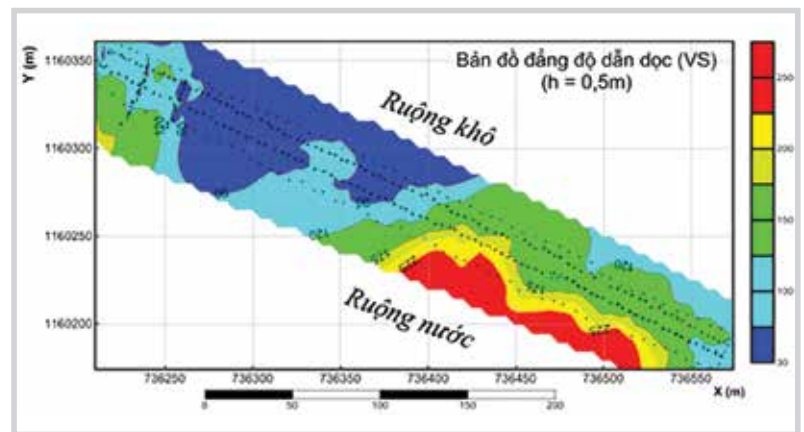
Đánh giá địa chất nền móng công trình trên 4 tuyến dọc theo đường ống (hướng Tây Bắc - Đông Nam) ở 5 mức độ cao đặt máy (0,2m, 0,50m, 0,70m, 1,2m và 1,5m).

Theo dõi tính ổn định đường ống trên 12 tuyến vuông góc với đường ống (hướng Đông Bắc - Tây Nam).

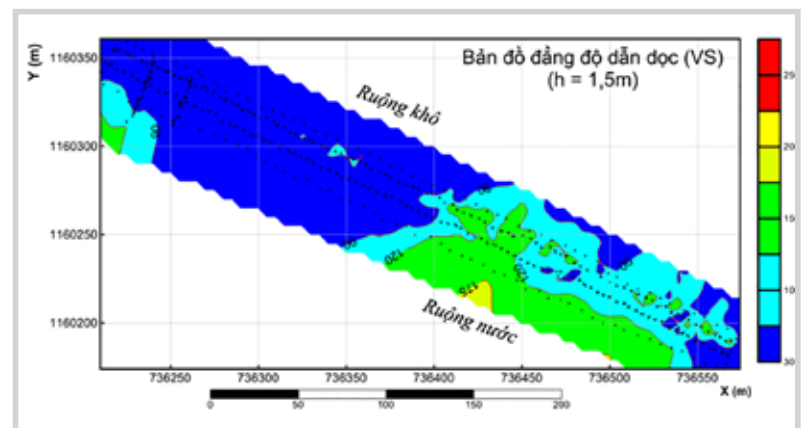
Các bản đồ đẳng trị độ dẫn dọc S_k đo ở các độ cao khác nhau (0,2, 0,5, 0,7, 1,2 và 1,5m) thể hiện khá rõ sự thay đổi độ dẫn (độ ẩm hay thành phần các lớp phân lớp ngang



Hình 4. Số liệu đo EM ở độ cao $h = 0,5m$ và $1,5m$ (chế độ đo điểm)

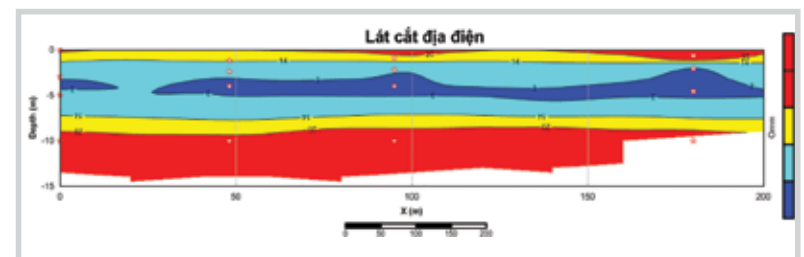


(a)



(b)

Hình 5. Bản đồ đẳng trị độ dẫn dọc (a) độ cao $h = 0,5m$ và (b) độ cao $h = 1,5m$



Hình 6. Mặt cắt điện trở



Hình 7. Giao diện phần mềm EM 1.0

do cấu trúc địa chất) từ trên mặt xuống sâu trong lòng đất (Hình 5). Khi đo ở độ cao $h = 0,5\text{m}$ thì phát hiện dị thường cục bộ (dạng lớn nhỏ) phản ánh các loại đất đá do quá trình vận chuyển xây dựng công trình và nhất là quá trình tưới tiêu nuôi trồng hoa màu. Khi đưa máy lên độ cao $1,5\text{m}$ thì đã loại bỏ được các nhiễu loạn này.

3. Các kết quả phân tích/mô hình/kết quả đo sâu điện trở (VES) và điện từ (EM) trong nghiên cứu cấu trúc địa chất nông

3.1. Phân tích xử lý số liệu VES

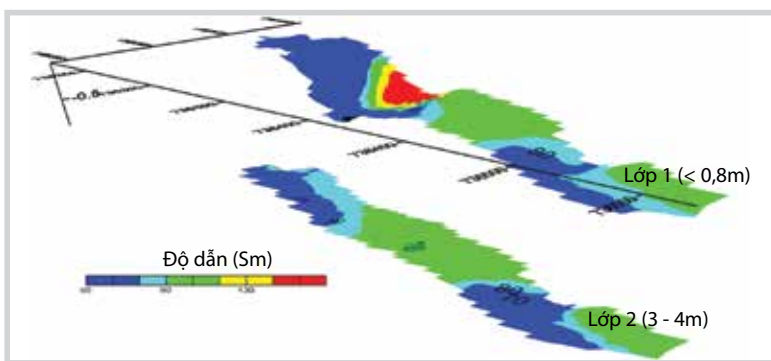
Số liệu được xử lý bằng phần mềm RES2DIN. Kết quả xử lý cho thấy, điện trở biểu kiến R_k trên toàn tuyến tương đối thấp ($1 - 30\Omega\text{m}$). Lớp phủ bề mặt (bề dày dưới 1m) có R_k cao (trên $20\Omega\text{m}$) ở phần cuối tuyến trong khi phần đầu tuyến có R_k thấp hơn ($14\Omega\text{m}$). Kết quả này phù hợp với thực tế là đất ruộng ở cuối tuyến đang được phơi khô còn ở đầu tuyến có trồng hoa màu và được tưới nước thường xuyên. Lớp thứ 2 dày trung bình $6 - 7\text{m}$. Lớp đất đá này có R_k dao động trong khoảng $1 - 14\Omega\text{m}$. Lớp thứ 3 nằm dưới cùng có điện trở suất tăng lên so với lớp trên ($20 - 30\Omega\text{m}$). Lớp đáy có xu thế gần như nằm ngang.

3.2. Phân tích xử lý số liệu EM

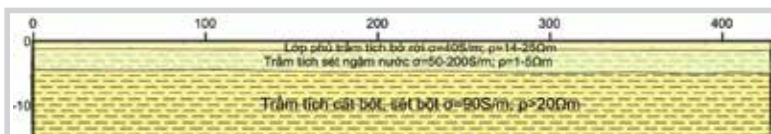
3.2.1. Xây dựng mô hình địa chất theo độ dẫn dọc

Để xử lý số liệu EM giải quyết bài toán đánh giá địa chất nền móng công trình, PVU đã xây dựng phần mềm EM version 1.0, viết bằng ngôn ngữ Delphi (biến thể của Pascal) và có thể chạy độc lập trong hệ điều hành Windows các version. EM 1.0 không đòi hỏi máy có cấu hình cao (cấu hình tối thiểu là RAM trên 2GB , dung lượng đĩa cứng trên 100MB). EM được xây dựng dựa trên thuật toán trình bày trong bản hướng dẫn đi kèm máy EM31 [6].

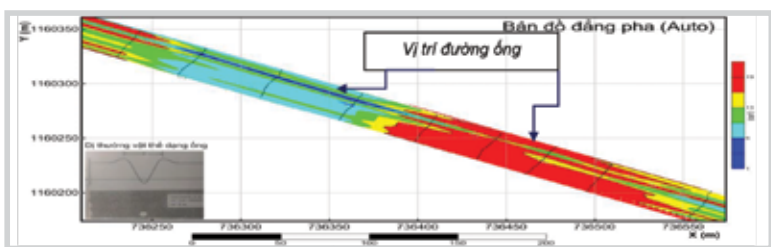
Quá trình xử lý số liệu EM trong phần mềm EM 1.0 được thực hiện theo các bước sau:



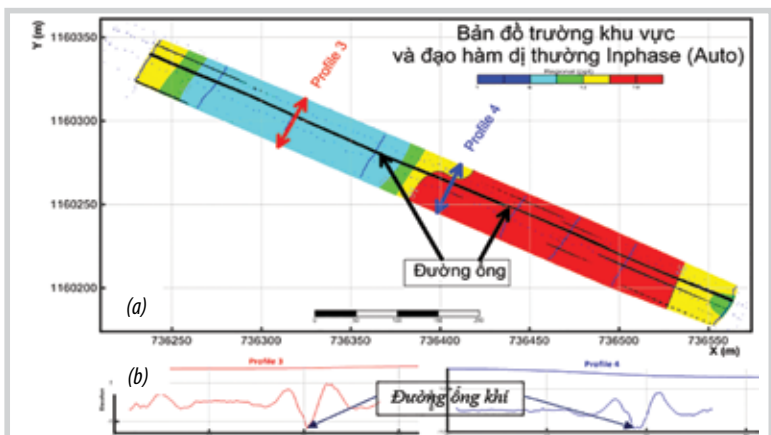
Hình 8. Mô hình 3D độ dẫn dọc (mS/m) xây dựng theo kết quả từ phần mềm EM 1.0



Hình 9. Lát cắt địa điện



Hình 10. Số liệu đo tự động Inphase (ppt)



Hình 11. Kết quả tách trường Inphase ra thành phần khu vực - dị thường ống (a) và đồ thị Inphase tuyến cắt ngang đường ống dẫn khí (b)

- Nhập số liệu thô, lọc nhiễu ngẫu nhiên bằng các thuật toán như: trung bình cửa sổ trượt (Moving Average), Entropy và hồi quy bậc cao (curve fitting).
- Hiệu chỉnh số liệu đo theo độ cao của thiết bị đo, hiệu chỉnh giá trị đo biểu kiến về giá trị thực.
- Dựa vào giá trị đo sâu điện trở (VES) để xác định chiều dày lớp thứ nhất và S lớp thứ 2. Tiếp tục xác định hàm S(h) theo phương pháp RMS.

$$S(h) = \sqrt{\frac{S_1^2 h_1 + S_2^2 h_2 + \dots + S_n^2 h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}}$$

- Ứng dụng các thuật toán thống kê để loại bỏ sai số thô giá trị độ dẫn S và độ sâu h.
- Xuất kết quả ra file tương thích với SURFER để thể hiện bằng bản đồ.

Cùng với phần mềm SURFER, quá trình xử lý bằng EM 1.0 sẽ nhanh và tiện lợi hơn so với phương pháp thủ công [6]. EM 1.0 đảm bảo xây dựng mô hình 3D độ dẫn dọc nhiều lớp mà không phải sử dụng các pallete truyền thống (xử lý bằng tay sẽ mất 2 - 3 phút/điểm còn bằng EM 1.0 thì 300 điểm chỉ mất dưới 1 phút).

Trên cơ sở tổng hợp tài liệu địa chất từ Gia Ray - Bà Rịa [4], cùng với các mẫu khoan ở giếng lân cận (Khu công nghiệp Phú Mỹ) và kết quả xử lý minh giải tài liệu địa vật lý có thể chia nền móng đường ống thành 3 lớp đất đá như sau (Hình 9):

Lớp phủ bề mặt có bề dày khoảng 1m với điện trở suất thay đổi theo loại đất trồng trọt trên mặt ($R_k = 14 - 25\Omega m$) hay độ dẫn dọc $S_k = 40 - 50 mS/m$.

Lớp thứ 2 gồm trầm tích sông biển, cát bột, sét bột hệ tầng Củ Chi, tuổi Pleistocene. Lớp này có điện trở thấp (1 - 5 Ωm) hay độ dẫn cao (gần 200mS/m) và bề dày khoảng 3 - 5m. Điện trở rất thấp có khả năng liên quan đến lớp sét có độ ẩm cao.

Điện trở suất của lớp thứ 3 cao hơn lớp thứ 2 (> 20 Ωm) và độ dẫn dọc thì giảm xuống còn 80 - 100mS/m.

Qua đó có thể kết luận môi trường địa - điện nền móng công trình tương đối ổn định và không có dấu hiệu của các hoạt động kiến tạo.

3.2.2. Phát hiện và theo dõi đường ống dẫn khí

Để theo dõi tính ổn định đường ống trên bề mặt đã đo thành phần Inphase của EM (chế độ đo tự động) trên 12 tuyến vuông góc với đường ống (hướng Đông Bắc - Tây Nam). Ở chế độ này, khoảng cách giữa các điểm đo là 0,1

- 0,2m tùy theo tốc độ di chuyển của máy.

Khác với số liệu đo độ dẫn, số liệu đo độ lệch pha (Inphase, tỷ số giữa trường điện từ cảm ứng thứ cấp và trường điện từ sơ cấp theo thang đo một phần nghìn, ppt) không thể hiện cấu trúc địa tầng khu vực nghiên cứu nhưng rất nhạy cảm đối với vật thể kim loại trong lòng đất. Kết quả đo máy ở độ cao 1,5m thể hiện vị trí đường ống dầu khí (Hình 10), song rất mờ nhạt.

Vị trí ống dẫn khí đã được làm rõ lên sau quá trình xử lý gồm các bước:

- Tách trường Inphase ra 2 thành phần: a) trường khu vực phản ánh môi trường địa chất chung và b) dị thường địa phương liên quan đến các vật thể có kích thước nhỏ (Hình 11a).

- Làm nổi tín hiệu của ống dẫn khí bằng đạo hàm theo phương vuông góc với đường ống (Hình 11b).

Kết quả xử lý số liệu EM cho thấy mô hình $S_k(h)$ chỉ mới là định tính cần phải tiếp tục phát triển để có thuật toán chính xác hơn. Tương tự, độ chính xác vị trí của đường ống trong hệ 2D (x, y) có thể chấp nhận được, tuy nhiên chưa có thuật toán xác định độ sâu của đường ống ở không gian 3D (x, y, z).

4. Kết luận

Kết quả tổng hợp và phân tích các tài liệu khảo sát địa vật lý trong đề tài nghiên cứu (mã số GV1804) được tài trợ bởi Trường Đại học Dầu khí Việt Nam [7] cho phép nhóm tác giả rút ra một số kết luận về hiệu quả của hệ phương pháp như sau:

- Tổ hợp phương pháp điện trở và điện từ giải quyết tốt nhiệm vụ đánh giá nền móng công trình đến độ sâu 20m;
- Đã phát hiện chính xác vị trí ống dẫn khí, tuy nhiên việc xác định độ sâu của ống còn chưa được giải quyết.

Về cấu trúc địa chất, theo kết quả xử lý minh giải số liệu địa vật lý có thể kết luận nền móng địa chất khu vực khảo sát ổn định đến độ sâu 20m; không có dấu hiệu hoạt động kiến tạo.

Tài liệu tham khảo

1. Các vấn đề cơ bản về nền móng. <http://www.pngeo.com>. 2015.
2. M.H.Loke. *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies*. 1999.

3. Nguyễn Duy Tiêu và nnk. *Tổ hợp phương pháp địa vật lý nghiên cứu và dự báo tai biến sụt đất ở Cam Lộ, Quảng Trị*. Tạp chí Địa chất. 2010.
4. Nguyễn Đức Thắng. *Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam tỉ lệ 1:200.000, tờ Gia Ray - Bà Rịa*. 1998.
5. ABEM. *Instruction manual*. 2010.
6. Mississauga. *EM31-MK2 (with Archer) operating manual, Ontario Canada L5T 1C6*. 2010.
7. Doãn Ngọc San và nnk. *Nghiên cứu ứng dụng phương pháp đo sâu điện trở (VES) và điện từ (EM) nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ kiểm tra nền móng đường ống dẫn khí khu vực Long Hương, Tp. Bà Rịa*. Mã số GV1804. Đại học Dầu khí Việt Nam. 2019.

APPLICATION OF VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING (VES) AND ELECTROMAGNETIC (EM) METHODS TO STUDY SHALLOW GEOLOGICAL STRUCTURES FOR INSPECTION OF GAS PIPELINE FOUNDATION

Doan Ngoc San, Nguyen Thi Hai Ha

Petrovietnam University
Email: sandn@pvu.edu.vn

Summary

Previously, the expensive and difficult drilling method was often used to survey the foundation of shallow geological structures. Nowadays, new geophysical methods (such as seismic, vertical electrical sounding (VES), electromagnetic (EM), etc.) are widely applied in engineering geological survey work because of their reasonable cost and high accuracy.

Survey results of foundation and pipeline stability inspection showed that the system of direct current VES and EM methods could handle well the studies of shallow geological structure and the monitoring of gas pipelines.

Key words: Foundation, electromagnetic, vertical electrical sounding, conductivity, resistivity, gas pipelin.