

TCVN 13589-11:2023

Xuất bản lần 1

**ĐIỀU TRA, ĐÁNH GIÁ VÀ THĂM DÒ KHOÁNG SẢN -
ĐỊA VẬT LÝ LỖ KHOAN -
PHẦN 11: PHƯƠNG PHÁP SÓNG ÂM**

*Investigation, evaluation and exploration of minerals - Borehole geophysical survey -
Part 11: Sound sonic method*

HÀ NỘI – 2023

Lời nói đầu

TCVN 13589-11:2023 do Cục Địa chất Việt Nam biên soạn, Bộ Tài nguyên và Môi trường đề nghị, Tổng Cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 13589 *Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản – Địa vật lý lỗ khoan* còn các tiêu chuẩn sau:

TCVN 13589-1:2022 Phần 1: Quy định chung

TCVN 13589-2:2022 Phần 2: Phương pháp gamma tự nhiên

TCVN 13589-3:2022 Phần 3: Phương pháp gamma nhân tạo

TCVN 13589-4:2022 Phần 4: Phương pháp phổ gamma

TCVN 13589-5:2022 Phần 5: Phương pháp nơtron

TCVN 13589-6:2022 Phần 6: Phương pháp đo nhiệt độ

TCVN 13589-7:2023, Phần 7: Phương pháp vi hệ điện cực

TCVN 13589-8:2023, Phần 8: Phương pháp đo cảm ứng điện từ

TCVN 13589-9:2023, Phần 9: Phương pháp thể điện phân cực

TCVN 13589-10:2023, Phần 10: Phương pháp đồng vị phóng xạ gamma

TCVN 13589-12:2023, Phần 12: Phương pháp đo góc cắm của đá

TCVN 13589-13:2023, Phần 13: Phương pháp hình ảnh trong lỗ khoan

Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản - Địa vật lý lỗ khoan - Phần 11: Phương pháp sóng âm

*Investigation, evaluation and exploration of minerals - Borehole geophysical survey –
Part 11: Sound sonic method*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định nội dung kỹ thuật phương pháp sóng âm trong lỗ khoan phục vụ công tác điều tra, đánh giá địa chất về khoáng sản và thăm dò khoáng sản; khảo sát địa chất thủy văn, địa chất công trình; điều tra tại biến địa chất và môi trường.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho điều tra, đánh giá và thăm dò dầu khí.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất bao gồm cả các bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 13589-1:2022 Điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản - Địa vật lý lỗ khoan - Phần 1: Quy định chung.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 13589-1:2022 và thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Phương pháp đo sóng âm (sound sonic method)

Phương pháp đo tốc độ lan truyền hoặc suy giảm năng lượng (biên độ) của sóng âm xung quanh thành lỗ khoan để xác định cấu trúc của đất đá dọc thành lỗ khoan

4 Nguyên lý phương pháp đo sóng âm

Khi lan truyền trong các lớp đá khác nhau, sóng âm truyền với tốc độ khác nhau và suy giảm năng lượng (biên độ) trong từng lớp đất đá đó cũng khác nhau. Từ đặc điểm này hình thành các phép đo sóng âm khác nhau: đo tốc độ; đo gia số suy giảm thời gian Δt , đo biên độ sóng âm, đo biến đổi mật độ. Dưới đây đưa ra nguyên lý đo tốc độ sóng âm như sau:

Dùng một máy phát từ giảo, điều khiển từ mặt đất phát ra các xung phát sóng siêu âm, có tần số từ 20 – 40 KHz qua chấn tử phát E. Các xung có trường độ ngắn (khoảng 200 μ s) và lặp lại từ 10 đến 60 lần trong một giây (tùy loại máy). Sóng lan truyền từ chấn tử E theo mọi hướng dưới dạng các mặt sóng cầu. Mặt sóng truyền qua dung dịch và chạm vào thành giếng ở thời điểm và góc tới i khác nhau, tùy thuộc vào khoảng cách từ đến thành giếng và loại sóng dọc hay sóng ngang (thường quan tâm đến sóng dọc P trong kiểu đo này).

Khi phát xung từ E ta có trường hợp sau:

- Nếu góc tới i nhỏ hơn góc tới hạn thì ở điểm tới mỗi sóng dọc chia làm hai phần: khúc xạ và phản xạ, còn sóng ngang chỉ có thành phần khúc xạ (vì nó không phản xạ được vào môi trường dung dịch).
- Nếu góc tới i lớn hơn góc tới hạn thì sóng dọc sẽ chỉ tạo ra sóng phản xạ và bắt đầu từ đó mỗi điểm ở thành giếng khoan sẽ trở thành nguồn sóng.

Sóng dọc phản xạ đi qua dung dịch chậm hơn so với sóng dọc hay sóng nén đi trong thành hệ vì tốc độ truyền sóng trong đất đá lớn hơn trong dung dịch.

Theo các tia sóng dọc khúc xạ từ thành giếng vào dung dịch với góc tới hạn r (hình 1.b) bởi chúng lan truyền trên thành giếng với tốc độ V_{P2} và đi tới các chấn tử thu R_1 và R_2 qua dung dịch với tốc độ V_{P1} .

Nếu các chấn tử R_1 và R_2 đặt trên trục của Zond đo và của giếng khoan ở những khoảng cách xác định thì thời gian sóng đến đối với chúng được tính:

$$T_{R_1} = \frac{EA}{V_{R_1}} + \frac{AB}{V_{P_2}} + \frac{BR_1}{V_{R_1}} \quad (1)$$

$$T_{R_2} = \frac{EA}{V_{R_1}} + \frac{AB}{V_{P_2}} + \frac{BC}{V_{P_2}} + \frac{CR_2}{V_{R_1}} \quad (2)$$

Nhưng vì khoảng đường BR_1 bằng CR_2 nên ta có:

$$\Delta t = T_{R_2} - T_{R_1} = \frac{BC}{V_{P_2}} \text{ và } \frac{V_{R_1}}{V_{P_1}} = \frac{C_{R_2}}{V_{R_1}}; \quad \overline{BC} = \overline{R_1 R_2}$$

Các phép đo tốc độ, đo gia số thời gian Δt trong giếng khoan có thể đo liên tục (nguồn phát và máy thu tín hiệu sóng âm đặt cách nhau một khoảng L và tịnh tiến khi đo) có thể đo từng điểm (nguồn trên mặt đất, máy thu tín hiệu áp sát thành lỗ khoan ở các chiều sâu khác nhau).

5 Máy móc, thiết bị, hiệu chuẩn máy

5.1 Máy móc, thiết bị đo trong lỗ khoan

- Đầu đo các phương pháp sóng âm được chế tạo theo nguyên lý đã nêu ở mục 4 và được nối trực tiếp với bộ phận điều khiển trên mặt đất (trạm đo) thông qua bộ phận tời cáp. Tín hiệu thu được trong lỗ khoan được xử lý trên phần mềm chuyên dụng, đưa ra hình ảnh về cấu trúc của các đối tượng địa chất dọc thành lỗ khoan.

- Khối điều khiển đo ghi số liệu và khối tời cáp được thiết kế để dùng chung cho nhiều phương pháp đo địa vật lý khác nhau trong lỗ khoan.

5.2 Công tác kiểm tra, đảm bảo chất lượng đo đạc

5.2.1 Trong quá trình thi công, hàng ngày phải kiểm tra đầu đo ở chế độ "kiểm tra tĩnh" để xác định độ nhạy, độ ổn định của thiết bị đo.

Chỉ các thiết bị đo đã được hiệu chuẩn định kỳ và kiểm tra chất lượng hàng ngày theo quy định của nhà sản xuất mới được phép sử dụng.

5.2.2 Nội dung và trình tự kiểm tra được tiến hành theo đúng hướng dẫn trong lý lịch từng loại máy.

5.2.3 Kết thúc đo trong lỗ khoan, phải tháo rời các khối ráp nối trạm đo và đưa vào hộp bảo quản riêng theo quy định.

5.2.4 Trạm đo địa vật lý lỗ khoan luôn phải được bảo quản ở nơi khô ráo, thoáng mát, đúng theo hướng dẫn bảo quản và an toàn thiết bị của nhà sản xuất.

5.3 Qui định về công tác hiệu chuẩn

5.3.1 Đầu đo sóng âm trong lỗ khoan phải được hiệu chuẩn định kỳ một năm một lần và sau mỗi lần sửa chữa, thay thế linh kiện trong máy giếng. Việc hiệu chuẩn được thực hiện theo quy định hiện hành.

5.3.2 Tất cả các thiết bị đo sóng âm trong lỗ khoan, trước khi hiệu chuẩn phải được kiểm tra, xác định độ nhạy, độ ổn định, độ tuyến tính đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật của nhà sản xuất.

5.3.3 Nội dung và trình tự hiệu chuẩn phải được tiến hành theo quy trình thống nhất và đúng theo hướng dẫn trong lý lịch từng loại máy.

6 Công tác thực địa

Trong quá trình thi công thực địa phải tuân thủ đầy đủ các yêu cầu chung, yêu cầu kỹ thuật thi công thực địa nêu tại TCVN 13589-1: 2022 và các nội dung sau:

6.1 Chuẩn bị lỗ khoan

6.1.1 Cán bộ kỹ thuật địa chất theo dõi khoan hoặc tổ trưởng tổ khoan có trách nhiệm cung cấp cho người phụ trách đo địa vật lý cột địa tầng lỗ khoan tỷ lệ 1:200 có ghi tỷ lệ lấy mẫu hoặc cột địa tầng tỷ lệ 1:50 và trạng thái thực tế của lỗ khoan trước khi tiến hành đo.

TCVN 13589-11:2023

6.1.2 Lỗ khoan phải đảm bảo để thả các thiết bị đo địa vật lý thông suốt từ miệng đến đáy. Lỗ khoan không có chỗ tắc nghẽn hoặc đường kính bé hơn đường kính danh định của thiết bị thả trong lỗ khoan.

6.1.3 Trong lúc đang tiến hành đo địa vật lý lỗ khoan không được tiến hành các việc sau:

- Sửa chữa thiết bị khoan;
- Nổ mìn khoan;
- Hàn điện trong phạm vi bán kính nhỏ hơn 100m.

6.1.4 Không được tiến hành đo địa vật lý lỗ khoan trong những trường hợp sau:

- Dung dịch trong lỗ khoan có độ nhớt tương đối $> 90s$;
- Dung dịch khoan chứa quá 5% cát và dăm vụn của đất đá cứng;
- Lỗ khoan phun nước, sủi khí, bọt, lỗ khoan hút nước, hạ mức nước với tốc độ lớn hơn 15 m/h.

6.1.5 Việc chuẩn bị lỗ khoan theo yêu cầu kỹ thuật đã nêu phải được tổ trưởng khoan và cán bộ địa chất theo dõi khoan đảm bảo và xác nhận bằng văn bản cho người phụ trách đo địa vật lý lỗ khoan trước khi đo.

6.1.6 Khi đo địa vật lý lỗ khoan phải có mặt cán bộ địa chất theo dõi khoan và tổ trưởng (kíp trưởng) tổ khoan.

6.2 Yêu cầu kỹ thuật đo sóng âm trong lỗ khoan

Đo sóng âm thường được thực hiện liên tục trong quá trình kéo thiết bị đo từ đáy lên miệng lỗ khoan. Trong quá trình đo ghi phải luôn giữ cho tốc độ kéo cáp không đổi từ đáy lên miệng lỗ khoan. Quan sát đồ thị đường cong đo trên phần mềm đo, ghi số liệu trong khi thả đầu đo xuống đáy lỗ khoan, xác định các vị trí có ống chống, vị trí có các dị thường để định hướng cho công tác đo và chọn lựa các vị trí đo kiểm tra và đo chi tiết dị thường ở tỷ lệ lớn hơn. Ghi kết quả đo khi bắt đầu kéo cáp từ đáy lên miệng lỗ khoan.

6.3 Tỷ lệ ghi

Tỷ lệ ghi của phương pháp đo sóng âm trong lỗ khoan được quy định bằng số điểm ghi số liệu trên một mét chiều sâu dọc thành lỗ khoan. Thông thường tỷ lệ ghi là 0,1m/điểm ghi số liệu.

6.4 Tốc độ kéo cáp

Thông thường chọn tốc độ kéo cáp từ 400-600 m/h. Chọn tốc độ kéo cáp theo hồ sơ kỹ thuật của máy đo.

Khi ghép nối với phương pháp khác phải đảm bảo nguyên tắc tốc độ kéo cáp không được lớn hơn tốc độ kéo cáp tối đa cho phép của một trong số các phương pháp tham gia.

6.5 Kiểm tra thực địa

6.5.1 Công tác đo kiểm tra được thực hiện trong cùng thời gian đo lỗ khoan (trước khi kết thúc đo địa vật lý trong lỗ khoan).

6.5.2 Khối lượng đo kiểm tra được thực hiện bằng cách đo lặp lại 7-10% chiều sâu đo địa vật lý lỗ khoan, nhưng không ít hơn 10m trong mỗi lỗ khoan. Việc đo kiểm tra phải thực hiện trên đoạn lỗ khoan có sự thay đổi lớn nhất về số liệu đo với cùng tốc độ kéo cáp và bước ghi số liệu.

6.5.3 Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng tài liệu đo sóng âm trong lỗ khoan:

- Sự lặp lại của đường cong đo và đường cong đo kiểm tra phải đồng dạng;
- Sai số tương đối giữa số đo và số đo kiểm tra trên cùng chỉ số chiều sâu lỗ khoan phải nằm trong giới hạn cho phép.

6.6 Yêu cầu tài liệu thực địa

Tài liệu thực địa (tài liệu nguyên thủy) gồm: các phai ghi số liệu đo, phai đo kiểm tra, nhật ký ghi chép tại lỗ khoan, biên bản thi công địa vật lý lỗ khoan và các tài liệu liên quan khác. Toàn bộ tài liệu thực địa phải được lưu giữ một cách hệ thống theo từng vùng đo, tuyến đo trong máy tính điện tử. Nghiêm cấm can thiệp vào các phai số liệu nguyên thủy.

7 Phân tích, giải đoán kết quả

7.1 Công tác văn phòng địa vật lý lỗ khoan

7.1.1 Chuyển đường cong đo sóng âm từ phần mềm đo ghi số liệu sang phần mềm xử lý, biểu diễn số liệu cho phù hợp với yêu cầu của phần mềm xử lý số liệu.

7.1.2 Thực hiện các nội dung công tác văn phòng địa vật lý lỗ khoan theo Mục 4.3 của TCVN 13589 - 1:2022.

7.1.3 Tất cả các phai đo nguyên thủy, phai xử lý trên từng lỗ khoan phải được sắp xếp một cách khoa học, hệ thống, theo quy luật thống nhất trong từng vùng đo và được ghi chép cụ thể về hệ thống đường dẫn trong nhật ký đo địa vật lý lỗ khoan.

7.2 Đánh giá chất lượng tài liệu:

7.2.1 Chất lượng tài liệu đo sóng âm trong lỗ khoan được đánh giá bằng sai số giữa hai lần đo theo hình thức đo lặp. Nội dung và phương pháp đánh giá sai số thực hiện theo Công thức thống nhất tại Mục 4.3.2 của TCVN 13589 -1: 2022.

7.2.2 Sai số đo được quy định như sau: sai số trung bình tương đối trong lỗ khoan: $\sigma_{tb} \leq 10 \%$;

7.2.3 Sai số đo độ sâu lỗ khoan được quy định như sau:

Từ 0 đến 100m, sai số cho phép là $\pm 0,5m$;

Từ 0 đến 200m, sai số cho phép là $\pm 0,7m$;

Từ 0 đến 300m, sai số cho phép là $\pm 1m$;

Từ 0 đến 500m, sai số cho phép là $\pm 1,2m$;

Từ 0 đến 1000m, sai số cho phép là $\pm 1,5\text{m}$;

> 1000m, sai số cho phép là $\pm 2,5\text{m}$.

7.3 Phân chia ranh giới lớp đất đá dọc trục lỗ khoan

7.3.1 Xây dựng đường cong sóng âm trong lỗ khoan:

Trong giếng khoan, đồ thị đo sóng âm là đường cong liên tục biểu diễn tham số đo của sóng âm sau khi đi qua môi trường đất đá dọc thành lỗ khoan. Các lớp đá khác nhau trong lát cắt thể hiện khác nhau về hình dáng, biên độ của dị thường trên đồ thị. Căn cứ vào dáng điệu đồ thị đường cong dọc trục lỗ khoan thành lập đồ thị theo 2 trục là trục đứng tương ứng là chiều sâu lỗ khoan, trục nằm ngang là tỷ lệ tham số vật lý đo được (lựa chọn tỷ lệ hợp lý sao cho đường cong không cắt khung biểu diễn).

7.3.2 Phân tích kết quả đo

Phân tích tương tự như các phương pháp địa vật lý lỗ khoan khác, song cần lưu ý một số yếu tố sau:

Tốc độ truyền sóng đàn hồi trong đất đá phụ thuộc vào nhiều yếu tố như thành phần khoáng vật của đá, độ gắn kết, độ lỗ rỗng và kiểu lỗ rỗng (giữa hạt, nứt nẻ, hang hốc), độ bão hòa chất lưu, tính chất của chất lưu bão hòa, áp suất vỉa, áp suất tĩnh liên quan đến chiều sâu thể nằm của đá.

Chưa cần phân tích tỷ mỉ về ảnh hưởng của từng yếu tố nêu trên ta cũng thấy rằng pha cứng của đá có đóng góp quan trọng lên tốc độ truyền sóng đàn hồi. Đối với các đá có thành phần khoáng vật khác nhau thể hiện sự biến đổi về tốc độ truyền sóng khác nhau trong khoảng khá rộng. Vì vậy, đối với các thành hệ có pha cứng không đơn khoáng như các lát cắt carbonat thì lát cắt lan truyền sóng đàn hồi phụ thuộc vào tỷ lệ của các khoáng vật thành phần trong pha cứng.

Độ gắn kết và thành phần xi măng gắn kết của đá cũng ảnh hưởng mạnh đến tốc độ truyền sóng. Đá càng gắn kết tốt thì tốc độ truyền sóng đàn hồi của nó càng lớn và thời gian truyền sóng càng nhỏ.

Tốc độ truyền sóng đàn hồi có quan hệ tỷ lệ nghịch với độ lỗ rỗng của môi trường.

Chiều sâu nghiên cứu của phép đo tốc độ sóng vào khoảng từ 12 cm đến 100 cm, nghĩa là trong vùng đới ngắm. Muốn tăng chiều sâu nghiên cứu vào vùng đới nguyên phải tăng chiều dài Zond đo, tuy nhiên khi tăng chiều dài quá lớn thì sóng đến sẽ suy yếu, có nguy cơ mất chu kỳ, nhất là khi đo vào tầng đất đá nứt nẻ mạnh.

Đơn vị đo: người ta dùng đơn vị đo là micro giây/bộ ($\mu\text{s}/\text{tt}$) để đo thời gian truyền sóng, đó là khoảng thời gian Δt tính bằng micro giây để sóng đàn hồi đi được quãng đường 1 foot trong môi trường nghiên cứu. Hệ số quy đổi $\mu\text{s}/\text{tt}$ sang $\mu\text{s}/\text{m}$ hoặc từ tốc độ m/s là 3.28084.

7.4 Xây dựng lát cắt địa chất dọc lỗ khoan

Lát cắt được xây dựng trên cơ sở kết quả phân chia các lớp đất đá nêu ở mục 7.3.2 và các tài liệu địa chất, địa vật lý liên quan khác. Lát cắt được thành lập ở tỷ lệ 1:200.

Trên thực tế, việc đo sóng âm thường được thực hiện với tổ hợp các phương pháp, do vậy lát cắt xây dựng trên cơ sở tổng hợp kết quả của từng phương pháp, trong đó có kết quả của phương pháp sóng âm phối kết hợp với tất cả các phương pháp khác trong tổ hợp để thiết lập lát cắt địa chất dọc thành lỗ khoan.

7.5 Biểu diễn thiết đồ địa vật lý lỗ khoan

Kết quả phương pháp đo được biểu diễn trong thiết đồ địa vật lý lỗ khoan gồm:

- Các đường cong đo và đường cong đo kiểm tra;
- Kết quả xây dựng lát cắt địa chất dọc thành lỗ khoan.
- Thiết đồ địa vật lý lỗ khoan phải được thể hiện đầy đủ tổ hợp phương pháp địa vật lý lỗ khoan, cột địa tầng địa vật lý, cột địa tầng địa chất, các giá trị dị thường địa vật lý và thống nhất trong toàn vùng đo.

8 Báo cáo kết quả

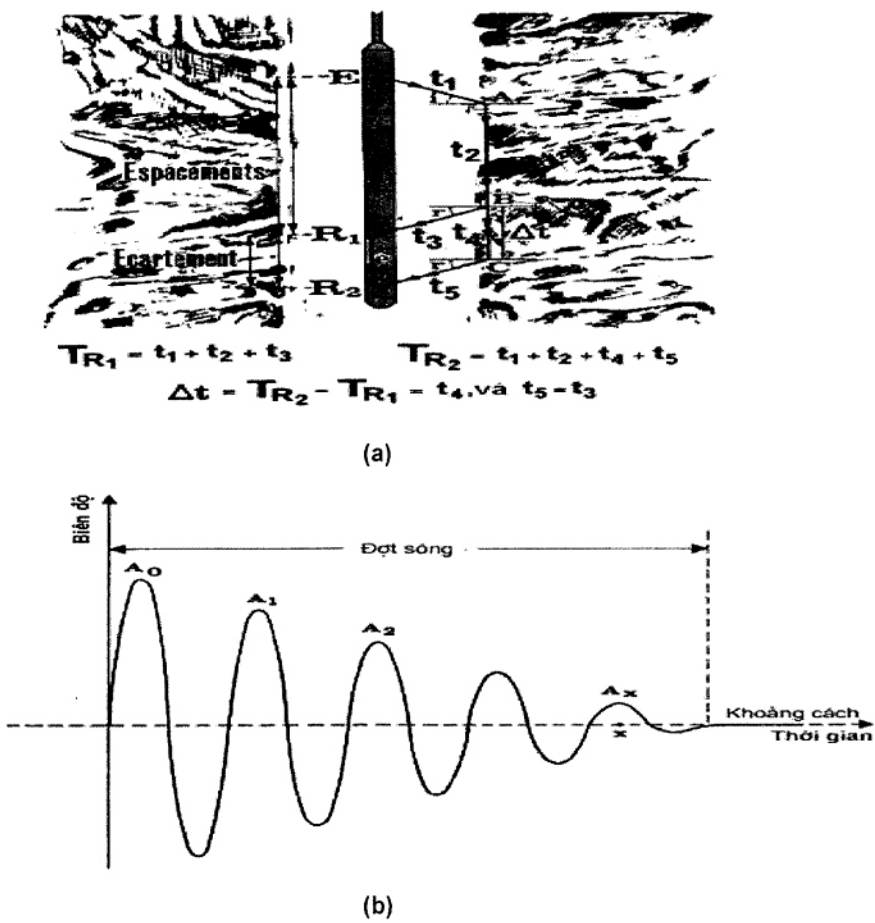
Báo cáo kết quả đo sóng âm trong lỗ khoan được lồng ghép chung trong công tác đo địa vật lý lỗ khoan của toàn vùng đo, thường gồm các dạng tài liệu sau:

- Các phai đo và đo kiểm tra được quản lý và lưu trữ hệ thống trên máy tính.
- Các thiết đồ địa vật lý lỗ khoan hoàn chỉnh.
- Các mặt cắt liên kết địa tầng các lỗ khoan trong vùng theo các phương khác nhau.
- Các mặt cắt địa chất - địa vật lý luận giải từ kết quả đo địa vật lý lỗ khoan.
- Các nhật ký đo và các tài liệu liên quan khác.
- Báo cáo thuyết minh được lập chung với tổ hợp phương pháp địa vật lý lỗ khoan khác, các nội dung chính như sau:
 - + Phương pháp và kỹ thuật đã sử dụng.
 - + Chất lượng tài liệu, khối lượng công việc.
 - + Các phương pháp xử lý, giải đoán tài liệu địa vật lý.
 - + Giải thích địa chất kết quả địa vật lý.
 - + Đánh giá mức độ giải quyết nhiệm vụ./.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Sơ đồ nguyên lý cấu tạo đầu đo sóng âm (hình a) và sự suy giảm sóng âm (hình b)



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo đầu đo sóng âm (hình a) và sự suy giảm sóng âm (hình b)

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, TT 02/2011/TT-BTNMT), *Thông tư Quy định kỹ thuật đo địa vật lý lỗ khoan*.
 - [2] Lê Hải An (2005), *Địa vật lý giếng khoan (giáo trình điện tử)*, Hà Nội.
 - [3] Nguyễn Văn Phơn (1997), "*Địa vật lý giếng khoan - Một số vấn đề lý thuyết và phạm vi ứng dụng*" - Tài liệu bồi dưỡng nghiên cứu sinh và giảng dạy cho các lớp cao học chuyên ngành địa vật lý, Hà Nội.
 - [4] Nguyễn Văn Phơn, Hoàng Văn Quý (2004), *Địa vật lý giếng khoan*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội.
 - [5] A.G. Kalinin, R.A. Gandzumian (2006) *Cẩm nang kỹ sư công nghệ khoan giếng sâu*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
 - [6] International Atomic Energy Agency (IAEA) (1982), *Borehole logging for uranium exploration*, Vienna.
 - [7] Philip Kearey and Michael Brooks (1991), *An introduction to Geophysical exploration*, Blackwell Scientific Publications.
 - [8] Philippop (1973), *Địa vật lý hạt nhân* (bản tiếng Nga), Nhà xuất bản Nauka, Novosibirsk.
 - [9] Robertson geologging, *Borehole logging systems and services*.
-