



**LIÊN HIỆP KHOA HỌC ĐỊA CHẤT, MÔI TRƯỜNG VÀ ĐỊA VẬT LÝ
THE UNION OF SCIENCE GEOLOGY, ENVIRONMENTAL AND
GEOPHYSICS**

**Địa chỉ: 785/12 Nguyễn Kiệm, Phường 3, Quận Gò Vấp, Thành phố Hồ
Chí Minh, Việt Nam**

Điện thoại: +84926.488.488

Email: th.usgeg@gmail.com - khtraidat@usgeg.vn

**ỨNG DỤNG
PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ
TRONG ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH,
ĐỊA KỸ THUẬT**

HỒ CHÍ MINH 2021

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	4
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VÀI PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ ỨNG DỤNG TRONG KHẢO SÁT ĐỊA KỸ THUẬT, CÔNG TRÌNH	6
1. PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐIỆN.....	6
1.1 Cơ sở lý thuyết của phương pháp.....	6
1.1.1 Tính chất điện của các nham thạch	6
1.1.2 Điện cực, điện trường và điện trở điện cực	8
1.2 Các phương pháp thăm dò điện phổ biến.....	8
1.2.1 Phương pháp đo sâu điện	8
1.2.2 Phương pháp mặt cắt điện	9
1.2.3 Phương pháp ảnh điện	9
2. PHƯƠNG PHÁP TRỌNG LỰC.....	10
2.1 Cơ sở lý thuyết	10
2.1.1 Giới thiệu.....	10
2.1.2 Cơ sở của phương pháp	10
2.2 Phương pháp đo trọng lực	11
2.3 Điều kiện để áp dụng phương pháp thăm dò trọng lực	11
3. PHƯƠNG PHÁP RAĐA XUYỀN ĐẤT (GPR).....	12
3.1. Cơ sở lý thuyết	12
3.1.1 Khái niệm	12
3.1.2 Sóng điện từ.....	12
3.1.3 Sự tổn thất và suy giảm của sóng điện từ	13
3.1.4 Độ phân giải theo phương nằm ngang và thẳng đứng	14
3.1.5 Nguyên lý hoạt động của phương pháp	16
3.2 Phân loại các phương pháp	16
3.2.1 Phương pháp mặt cắt phản xạ	16
3.2.2 Phương pháp phản xạ và khúc xạ rộng	17
3.2.3 Phương pháp chiếu sóng.....	17
4. PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐỊA CHẤN	18
4.1 Cơ sở lý thuyết của phương pháp.....	18
4.1.1 Các loại sóng địa chấn.....	18
4.1.2 Lý thuyết sóng.	20
4.2 Thiết bị địa chấn.....	22
4.2.1 Nguồn	22
4.2.2 Các geophone	23
4.2.3 Máy thăm dò địa chấn.....	23
4.3 Địa chấn khúc xạ.....	24
4.3.1 Lý thuyết.	25

4.3.2 Các phương pháp phân tích dữ liệu địa chấn khúc xạ	29
4.4 Địa chấn lỗ khoan.....	44
4.4.1 Phương pháp Crosshole seismic	44
4.4.2 Lý thuyết và thiết bị.....	46
4.4.3 Phân tích.	51
4.4.4 Mô hình và xử lý dữ liệu.	56
4.4.5 Thuận lợi/bất lợi.....	57
4.4.6 Phương pháp Downhole seismic.....	59
4.4.7 Ý nghĩa và việc sử dụng	59
4.5 Hệ thiết bị đo đặc	59
4.5.1 Nguồn năng lượng.....	60
4.5.2 Thiết bị thu (Receivers).	60
4.5.3 Máy thu, hệ thống thu (Recording system).	61
Hình 1.25 Dạng sóng trong phương pháp downhole seismic	62
4.5.4 Quy trình gia công lỗ khoan	62
4.6. Quy trình thu thập tài liệu.....	63
4.7. Xử lý và phân tích tài liệu	64
CHƯƠNG 2: QUY TRÌNH PHƯƠNG PHÁP ĐỊA CHẤN CÔNG TRÌNH.....	65
1. Quy định chung.....	65
2. Chuẩn bị và lập đề án.....	69
3. Thi công thực địa.....	78
4. Công tác văn phòng.....	90

MỞ ĐẦU

Địa vật lý là một trong những ngành khoa học nghiên cứu vỏ Trái Đất bằng các phương pháp vật lý khác nhau để khảo sát các đối tượng có liên quan đến cấu trúc và tính chất của môi trường Trái Đất.

Thăm dò địa vật lý đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực để nghiên cứu hàng loạt các mục tiêu trong lòng đất, từ việc khám phá các cấu trúc sâu trong lòng đất ở chiều sâu lên đến hàng ngàn mét cho đến các tính chất và cấu trúc gần mặt đất ở các chiều sâu khoảng vài chục mét. Các khảo sát địa vật lý được thực hiện trên mặt đất, trong các lỗ khoan, từ môi trường nước và không khí.

Bên cạnh đó địa vật lý đã ứng dụng thành công hàng loạt các công trình: thăm dò khoáng sản và dầu khí, đo vẽ bản đồ ô nhiễm môi trường, đo vẽ hiện trạng các đặc điểm bên dưới mặt đất cho các dự án kỹ thuật, phát hiện các hang động, đo vẽ địa chất thủy văn, đo vẽ các công trình ngầm gần mặt đất, phát hiện và đo vẽ các khí cụ chiến tranh và các khảo sát khảo cổ...

Một số các công nghệ địa vật lý mới nhất hướng mục tiêu đến việc nghiên cứu vật liệu xây dựng như các nền đường, thành cầu ở độ sâu chỉ khoảng vài cm. Ở nhiều nước trên thế giới, việc áp dụng các phương pháp ảnh địa vật lý và NDT đang gia tăng trong các khảo sát địa kỹ thuật và mô tả hiện trường. Trong các lĩnh vực này, người ta thường sử dụng các phương pháp địa vật lý để hỗ trợ trong việc thiết kế đường cao tốc, đường sắt, đường thủy trong các giai đoạn sửa chữa và bảo trì. Kết quả của các phương pháp địa vật lý có thể cung cấp các thông tin về các yếu tố chưa biết, các thay đổi mạnh đặc tính bên dưới mặt đất. Sự hiểu biết các thông tin này, có thể làm giảm rủi ro dự án, chi phí xây dựng cũng như cải thiện sự an toàn trong xây dựng.

Thông thường, tính chất dưới bề mặt được cung cấp bởi các phương pháp thăm dò địa vật lý là các thông tin có giá trị có giá trị trong việc khảo sát các công trình vì những lý do sau:

1. Chúng cho phép khảo sát không phá hủy các yếu tố bên dưới mặt đất, nền đường, thành cầu hoặc các cấu trúc khác.
2. Chúng cung cấp thông tin ở giữa và bên dưới các lỗ khoan địa kỹ thuật chuẩn phổ biến nhất cho các dự án.
3. Chúng cho phép thu thập dữ liệu trên các diện tích rộng lớn trong một thời gian ngắn hơn rất nhiều so với các phương pháp phá hủy khác.
4. Giá thành cho một điểm dữ liệu rẻ hơn nhiều so với hầu hết với các phương pháp phá hủy.
5. Chúng có thể cung cấp các thông tin chính xác và kịp thời cho việc thiết kế và thi công có chất lượng.

Mặc dù, với những ưu điểm như vậy, tuy nhiên, việc áp dụng các phương pháp địa vật lý vào các lĩnh vực ngoài truyền thống vẫn còn rất nhiều hạn chế, và đôi khi chưa được quan tâm ở các nhà quản lý có liên quan.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VÀI PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ ỨNG DỤNG TRONG KHẢO SÁT ĐỊA KỸ THUẬT, CÔNG TRÌNH

Hầu hết các phương pháp thăm dò địa vật lý đều có thể được sử dụng trong khảo sát Địa kỹ thuật, Có thể trình bày sơ bộ về cơ sở và các ứng dụng của các phương pháp địa vật lý trong lĩnh vực này như sau:

1. PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐIỆN

1.1 Cơ sở lý thuyết của phương pháp

1.1.1 Tính chất điện của các nham thạch

Trường điện từ trong môi trường đất đá được quyết định bởi tính chất của nguồn gây ra trường và các tính chất điện từ của nham thạch.

Đối với một loại nham thạch bất kỳ, các tính chất điện từ là sự phản ánh định lượng khách quan thành phần khoáng vật và thạch học của chúng, cấu trúc và lịch sử thành tạo điều kiện và thế nằm của chúng,...

Điện trở suất của nham thạch: Điện trở suất là tham số điện từ quan trọng nhất được nghiên cứu trong địa điện. Đối với các loại nham thạch khác nhau, giá trị điện trở suất biến đổi trong giới hạn rất rộng: từ hàng nghìn ôm-mét, đối với các quặng kim loại nguyên sinh đến hàng tỷ ôm-mét đối với các chất cách điện như mica, thạch anh, fenpat, ...

Bản chất độ dẫn điện của khoáng vật và nham thạch:

Căn cứ vào tính dẫn điện có thể chia nham thạch thành 2 loại: dẫn điện điện tử (loại 1) và dẫn điện ion (loại 2).

- Dẫn điện điện tử: phần tử tải điện là các electron. Ví dụ: Các kim loại tự nhiên (Pt, Au, Ag, Cu), Các sunfua (bornit, galenit, covellin...), Một vài loại oxyt (magnetit, canxiterit ...), Graphit và các loại than cacbon hoá cao.

- Dẫn điện ion: phần tử tải điện là ion trong các dung dịch chứa đầy lỗ rỗng của nham thạch. Ví dụ: Tất cả các nham thạch, trầm tích, biến chất và phun xuất chưa được kê ở trên; các thứ nước tự nhiên.

Các yếu tố ảnh hưởng lên điện trở suất của nham thạch:

Thành phần khoáng vật, độ rỗng và độ nứt nẻ, độ ẩm, độ khoáng hoá của nước ngầm, kiến trúc bên trong, nhiệt độ và áp suất.

Độ điện thẩm và độ từ thẩm:

Độ điện thẩm: Độ điện thẩm ϵ đặc trưng cho khả năng tập trung hoặc phân tán đường sức điện trường của môi trường do hiện tượng phân cực, tức là hiện tượng định hướng thứ tự các điện tích liên kết. Trong nham thạch, điện tích liên kết có trong phần nước khối, nước mặt bao quanh các hạt rắn và ngay cả trong các hạt rắn.

Độ từ thẩm: Độ từ thẩm đặc trưng cho khả năng làm tập trung đường sức từ trường của môi trường. Đối với hầu hết các nham thạch độ từ thẩm tỷ đối μ_T bằng 1, tức là bằng độ từ thẩm của không khí. Chỉ một số chất sắt từ (magnetit, titanomagnetit, piarotit) có độ từ thẩm cao, cỡ hàng chục đơn vị.

Ảnh hưởng của độ từ thẩm chỉ quan trọng ở tần số cao ($f > 10^4$ Hz) khi nghiên cứu các loại quặng có chứa chất sắt từ.

Các tham số điện từ khác

Ngoài các tham số điện từ đã nêu trên, có một vài tham số khác quyết định điện trường tự nhiên cục bộ trên các đối tượng địa chất cũng như quyết định hiện tượng phân cực của các đối tượng đó khi phóng dòng điện của chúng. Ta sẽ xét hai tham số quan trọng nhất: hoạt tính điện hóa và độ phân cực.

Hoạt tính điện hóa: Cường độ các điện trường tự nhiên cục bộ có thể đặc trưng bằng một tham số điện từ của môi trường là hoạt tính điện hóa. Có các loại hoạt tính sau:

Hoạt tính khuếch tán hấp phụ: Hoạt tính này quyết định tính chất của nham thạch tạo nên hiệu thế tự nhiên vì sự khuếch tán các ion nằm trong các chất điện ly có nồng độ khác nhau, và vì sự hấp phụ chúng trên mặt pha rắn trong nham thạch.

Hoạt tính ngấm lọc: Hoạt tính này đặc trưng cho tính chất của nham thạch tạo nên hiệu điện thế tự nhiên khi nước ngấm được lọc qua các nham thạch.

Hoạt tính oxy hóa khử: Hoạt tính này đặc trưng cho tính chất của nham thạch tạo nên ở mặt tiếp xúc giữa vật dẫn điện tử và vật dẫn ion một bước nhảy thế.

Trên mặt tiếp xúc giữa vật dẫn điện tử và vật dẫn ion các quá trình điện hóa làm xuất hiện một bước nhảy thế, gọi là thế điện cực. Các phản ứng oxy hóa khử đóng vai trò chính trong các quá trình đó.

Quá trình oxy hóa kèm theo việc nhả các electron của các nguyên tử, phân tử hoặc ion, còn quá trình khử kèm theo việc lấy electron.

1.1.2 Điện cực, điện trường và điện trở điện cực

Điện cực: Xét điện cực là một quả cầu dẫn điện bán kính a , đặt trong môi trường dẫn điện vô hạn với điện trở suất ρ . Giả sử có dòng điện liên tục chạy từ tâm hình cầu ra môi trường, phân bố đều về theo mọi phía, cường độ tổng cộng là I . Ta thấy điện trở của điện cực chỉ phụ thuộc vào kích thước của nó và điện trở suất của môi trường bên ngoài chứ không phụ thuộc vào tính chất điện của điện cực.

Hệ điện cực: Để tăng các dòng phát vào môi trường ta cần giảm điện trở của điện cực, muốn vậy người ta thường ghép các điện cực thành hệ điện cực.

Điện trở suất biểu kiến: Điện trở suất biểu kiến là một đại lượng phản ánh tác dụng chung của cả môi trường bất đồng nhất lên điện trường phải đo được xác định bởi cấu trúc, tính chất của môi trường và cách bố trí các điện cực đo trong môi trường đó.

1.2 Các phương pháp thăm dò điện phổ biến

1.2.1 Phương pháp đo sâu điện

Phương pháp đo sâu điện được sử dụng để nghiên cứu lát cắt nhiều lớp với các mặt ranh giới địa điện nằm ngang hoặc gần nằm ngang. Trong phương pháp này, tâm

của hệ thiết bị được giữ cố định tại điểm đo nhưng khoảng cách giữa các điện cực phát tăng dần để ghi nhận nhiều hơn các thông tin về môi trường ở những độ sâu lớn hơn. Để phân tích dữ liệu, người ta giả thiết môi trường bên dưới gồm những lớp nằm ngang, trong trường hợp này, điện trở suất của môi trường bên dưới được giả thiết là chỉ thay đổi theo chiều sâu mà không thay đổi theo phương ngang. Nếu môi trường có dạng phân lớp ngang thì phương pháp đo sâu điện sẽ mang lại hiệu quả cao. Tuy nhiên môi trường dưới mặt là môi trường khá phức tạp, điện trở suất có thể thay đổi nhanh trong một khoảng cách ngắn. Trong khi đó, phương pháp đo sâu điện lại không phát hiện được sự thay đổi theo phương ngang của giá trị điện trở suất dưới mặt đất. Các thay đổi theo phương ngang của giá trị điện trở suất dưới đất sẽ gây ra sự thay đổi điện trở suất biểu kiến trên mặt và thường gây ra sự nhầm lẫn trong quá trình giải đoán, phân tích điện trở suất, bề dày của các lớp. Đây chính là giới hạn lớn nhất của phương pháp đo sâu điện.

1.2.2 Phương pháp mặt cắt điện

Phương pháp mặt cắt điện được sử dụng để ghi nhận sự thay đổi giá trị điện trở suất biểu kiến theo phương ngang ở một độ sâu gần như không đổi. Trong phương pháp mặt cắt điện, toàn bộ hệ thiết bị được di chuyển dọc theo tuyến đo nhưng kích thước hệ thiết bị thì không thay đổi. Phương pháp này thường được sử dụng trong tìm kiếm khoáng sản, xác định vị trí các đứt gãy, các đới dập vỡ hoặc xác định các thể địa phương cục bộ trong môi trường. Ngoài ra, phương pháp này cũng thường được sử dụng để xác định chiều sâu của đá gốc và sự hiện diện của các bậc bất liên tục dọc theo các tuyến quan sát.

1.2.3 Phương pháp ảnh điện

Phương pháp ảnh điện thực chất là sự kết hợp giữa phương pháp đo sâu điện và phương pháp mặt cắt điện. Phương pháp ảnh điện cho phép khảo sát sự thay đổi điện trở suất biểu kiến theo phương thẳng đứng lẫn phương ngang. Đối với phương pháp ảnh điện 2D, giả thiết điện trở suất thay đổi theo độ sâu và phương ngang dọc theo

tuyến khảo sát mà không tính đến sự thay đổi điện trở suất theo phương vuông góc với tuyến khảo sát. Tuy nhiên, khi có sự thay đổi lớn về giá trị điện trở suất theo phương vuông góc với tuyến khảo sát thì sẽ gây ra các biến dạng trong các mặt cắt của mô hình giải bài toán ngược. Ngoài ra, tất cả các cấu trúc trong tự nhiên đều có dạng 3D, do đó phương pháp ảnh điện 3D cho kết quả chính xác hơn. Ở đây, ta xét sự thay đổi giá trị điện trở suất theo 3 chiều: chiều sâu thẳng đứng, phương ngang dọc theo tuyến khảo sát và cả phương vuông góc với tuyến khảo sát. Các khảo sát đo sâu điện 1D thường gồm khoảng 10 đến 20 phép đo. Trong khi đó, khảo sát ảnh điện 2D gồm từ 100 đến 1000 phép đo, còn khảo sát ảnh điện 3D gồm khoảng vài ngàn phép đo. Do đó giá thành và thời gian thực hiện những cuộc khảo sát ảnh điện 3D rất lớn. Hiện nay, có hai xu hướng chính nhằm giảm thời gian tiến hành khảo sát là phát triển hệ máy đo điện trở suất đa kênh và phát triển bộ vi xử lý máy tính kỹ thuật cao.

2. PHƯƠNG PHÁP TRỌNG LỰC

2.1 Cơ sở lý thuyết

2.1.1 Giới thiệu

Phương pháp thăm dò trọng lực là một phương pháp địa vật lý dựa trên việc nghiên cứu trường hấp dẫn do các khối đất, đá gây ra trên bề mặt Trái Đất hoặc gần bề mặt đó. Việc nghiên cứu, phân tích trường trọng lực cho phép xác định sự phân bố các bất đồng nhất về mật độ của các khối đất đá. Dựa vào sự tương phản về mật độ, người ta có thể phát hiện ra các lỗ rỗng, hang hốc bên dưới môi trường.

2.1.2 Cơ sở của phương pháp

Mọi vật thể bất kỳ trên bề mặt Trái Đất đều chịu tác dụng của lực hút Trái Đất. Trọng lực ở một điểm bất kỳ trên bề mặt Trái Đất là sự cân bằng của hai lực: lực hấp dẫn của tất cả khối lượng Trái Đất và lực ly tâm gây nên bởi sự quay của Trái Đất quanh trục của mình. Lực hấp dẫn của Trái Đất đối với một khối lượng bất kỳ tuân theo định luật vạn vật hấp dẫn của Niuton.

Lực hấp dẫn của các vật thể có mật độ khác nhau gây nên giá trị trọng lực khác nhau tại điểm đo. Sự tương phản về mật độ các khối đất đá hoặc giữa các đối tượng nghiên cứu và môi trường xung quanh sẽ tạo nên các dị thường trọng lực. Đây chính là cơ sở áp dụng phương pháp thăm dò trọng lực.

2.2 Phương pháp đo trọng lực

Có hai phương pháp xác định giá trị trọng lực tại một điểm:

- + Phương pháp đo tuyệt đối xác định trực tiếp giá trị trọng lực tại điểm cần đo.
- + Phương pháp tương đối cho phép xác định số gia trọng lực giữa hai điểm và khi biết giá trị tuyệt đối tại một điểm, ta có thể xác định giá trị tuyệt đối tại điểm kia. Phương pháp này được sử dụng chủ yếu trong địa vật lý ứng dụng (phương pháp trọng lực)

2.3 Điều kiện để áp dụng phương pháp thăm dò trọng lực

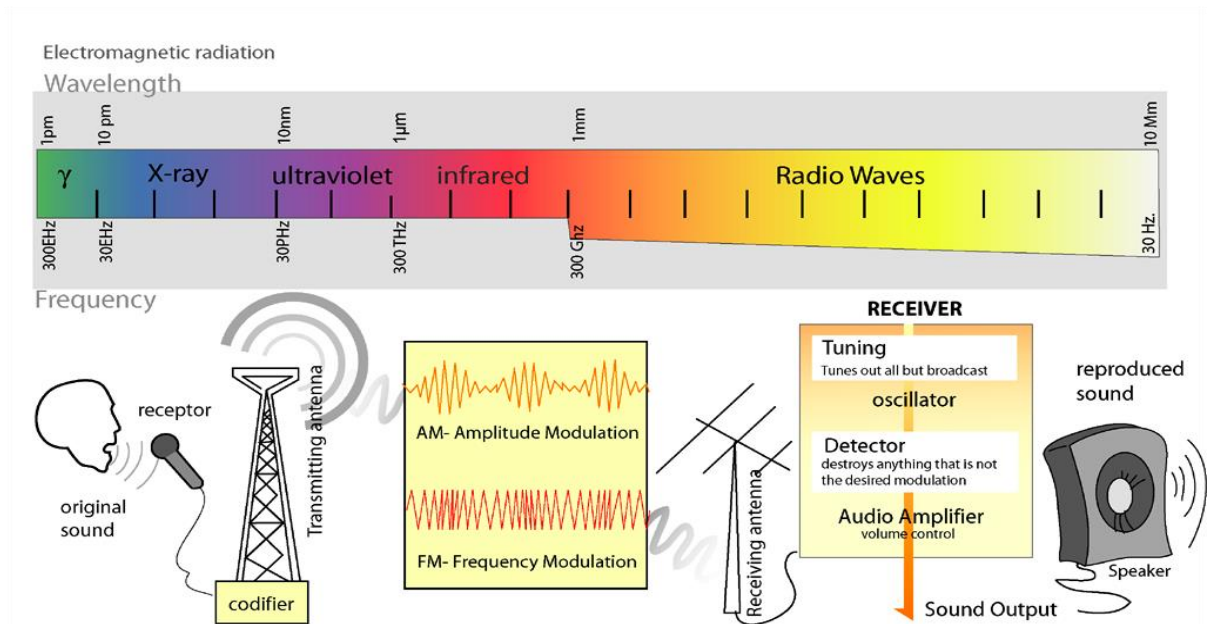
- Có sự khác biệt rõ về mật độ giữa đối tượng nghiên cứu và môi trường đất đá xung quanh. Đối tượng nghiên cứu phải có kích thước đủ lớn, độ sâu thích hợp để dị thường gây ra có độ tin cậy tốt.
- Địa hình vùng đo vẽ trọng lực không quá phân cắt. Các vùng địa hình phân cắt mạnh kiểu địa hình Karst thăm dò trọng lực có hiệu quả thấp.
- Thăm dò trọng lực được tiến hành độc lập hoặc phối hợp với các phương pháp địa vật lý khác, kết hợp với các công tác điều tra về địa chất.
- Yêu cầu cơ bản đối với phương pháp thăm dò trọng lực là phải thể hiện được các dị thường trọng lực nhỏ nhất trong các dị thường do đối tượng nghiên cứu gây ra. Muốn thế khi đo trong diện tích phải chọn tiết diện bản đồ tổng kết đúng đắn và trong trường hợp đo theo tuyến phải chọn độ dày điểm đo và độ chính xác đo đạc phải phù hợp.

3. PHƯƠNG PHÁP RAĐA XUYÊN ĐẤT (GPR)

3.1. Cơ sở lý thuyết

3.1.1 Khái niệm

GPR là thuật ngữ viết tắt của Ground-Penetrating Radar (Radar xuyên đất), hay là ground-probing radar, ground radar, georadar. Phương pháp GPR là phương pháp địa vật lý hiện đại dựa trên cơ sở lý thuyết của trường sóng điện từ ở dải tần số từ 1-3000MHz để nghiên cứu cấu trúc và đặc tính của vật chất tầng nông bên dưới mặt đất, bên trong các công trình xây dựng, công trình giao thông vận tải...



Hình 1.1. Biểu đồ sóng điện từ.

3.1.2 Sóng điện từ

Radar xuyên đất là phương pháp thăm dò điện từ dựa vào phép đo trường thứ cấp gây ra bởi trường sơ cấp do hiện tượng cảm ứng điện từ, khi trường sơ cấp truyền qua một dị vật hay mặt phân cách nằm bên dưới mặt đất. Phương pháp radar xuyên đất sử dụng sóng radar là các sóng điện từ tần số cao (1-3000MHz).

Trong chân không, độ từ cảm μ và hằng số điện môi ϵ không đổi, đó là vì chúng độc lập với tần số và môi trường không tán xạ. Trong môi trường điện môi hoàn hảo không gặp sự tổn thất do lan truyền sóng và do đó không xét tới sự suy giảm, chỉ xảy ra trong môi trường điện môi thực.

3.1.3 Sự tổn thất và suy giảm của sóng điện từ

Khi sóng điện từ lan truyền trong môi trường tự nhiên nó sẽ bị suy giảm và tổn thất bởi các nguyên nhân sau đây:

- Sự thất thoát năng lượng: một phần năng lượng của sóng điện từ sẽ bị biến đổi thành nhiệt năng.

- Tổn thất của ăngten: hiệu suất của ăngten là một giá trị tương đương với tỉ lệ giữa công suất bức xạ của ăngten với công suất toàn phần cung cấp cho ăngten.

- Tổn thất do lan truyền hình học của sóng vô tuyến: sóng rađa được phát ra dưới dạng chùm với góc nón là 90^0 . Khi truyền đi, sóng rađa sẽ trải rộng ra làm cho mật độ năng lượng của nó bị giảm tỉ lệ với $1/r^2$, với r là khoảng cách lan truyền.

- Tổn thất do tán xạ với mục tiêu:

- + Nhiều mục tiêu đang được tìm kiếm bằng phương pháp rađa xuyên đất không phải là kim loại, vì vậy tiết diện tán xạ của chúng phụ thuộc vào tính chất của môi trường điện môi xung quanh. Nơi hằng số điện môi tương đối của mục tiêu thấp hơn so với môi trường xung quanh, thì mặt phân cách không gây ra sự đảo pha của sóng bị tán xạ ngược. Ngược lại, khi tán xạ gây ra bởi các ranh giới kim loại hoặc nơi hằng số điện môi tương đối của mục tiêu lớn hơn môi trường xung quanh, thì sự đảo pha sẽ xảy ra trong sóng bị tán xạ ngược. Hiện tượng này có thể sử dụng để phân biệt các mục tiêu dẫn hoặc không dẫn điện.

- + Hình dạng tự nhiên của vật dẫn sẽ ảnh hưởng tới tần số và độ phân cực của sóng bị tán xạ ngược, và có thể được sử dụng làm phương tiện thăm dò.

- Sự suy giảm năng lượng khi sóng truyền qua môi trường:

Sóng điện từ truyền qua môi trường tự nhiên chịu tổn thất gây ra bởi trường điện (E) hoặc trường từ (H), hoặc cả hai. Điều đó tạo ra sự suy giảm đối với sóng điện từ ban đầu. Với hầu hết các vật chất có khả năng dò tìm bằng radar xuyên đất, từ các vật chất có tính phản hồi yếu và không cần phải xem như một đại lượng phức, không giống như hằng số điện môi và độ dẫn điện. Với các vật chất điện môi có thể gây ra sự tổn thất, sự hấp thụ bức xạ điện từ tạo ra do các hiệu ứng dẫn điện và điện môi. Không thể phân biệt các thành phần gây tổn thất tách biệt nhau đối với các vật liệu như trên.

3.1.4 Độ phân giải theo phương nằm ngang và thẳng đứng

3.1.4.1. Độ phân giải theo phương thẳng đứng

Độ phân giải theo phương thẳng đứng là khả năng phân giải của phép đo giữa hai tín hiệu kế tiếp nhau trong cùng một thời gian. Trong các trường hợp đơn giản, độ phân giải theo phương thẳng đứng là một hàm số theo tần số.

$$\text{Độ phân giải thẳng đứng} = \frac{1}{4}h = \frac{1}{4} \frac{V}{f}$$

trong đó:

f là tần số trung tâm của ăngten (Mhz)

V là vận tốc truyền sóng (m/s)

h là độ dài sóng hay độ dài xung (cm).

Radar xuyên đất có một số ứng dụng khá quan trọng trong lĩnh vực giao thông, như đo độ dày các lớp nền đường, trong đó đặc trưng cần quan tâm là các mặt phân cách đơn. Trong nhiều trường hợp, có thể xác định khá chính xác chiều sâu bằng cách đo khoảng thời gian lan truyền sóng khi vận tốc truyền sóng được biết chính xác.

Tuy nhiên, khi có sự hiện diện của nhiều yếu tố khác nhau như trong dò tìm các đường cáp và ống nước chôn trong lòng đất, cần phải có một tín hiệu có dải tần số đủ rộng để có thể phân biệt các mục tiêu khác nhau và vạch ra được cấu trúc chi tiết của mục tiêu. Trong hoàn cảnh này thì độ rộng của dải tần số của tín hiệu thu quan trọng hơn độ rộng của dải tần số của tín hiệu phát. “Môi trường” đáp ứng như một bộ lọc

thông thấp, làm giảm phổ sóng phát xạ cho phù hợp với tính chất điện của môi trường truyền sóng.

Mặc dù trong môi trường càng ẩm ướt thì độ phân giải theo độ sâu càng lớn đối với một tần số phát trung tâm được cho trước, nhưng các vật liệu trong đất có hàm lượng nước khá lớn có xu hướng làm suy giảm sóng điện từ càng cao. Đặc điểm này làm giảm tác động về độ rộng của dải tần số, hướng tới cân bằng hẳn sự thay đổi, trong một giới hạn nào đó, độ phân giải gần như độc lập với sự tổn thất trong môi trường truyền sóng.

Ở nơi các mặt phân cách cách nhau gần hơn $\frac{1}{2}$ bước sóng, tín hiệu phản hồi từ một mặt phân cách sẽ bị chập lại với tín hiệu phản hồi từ mặt phân cách khác. Trong các trường hợp như thế, đòi hỏi phải có một quá trình xử lý để giảm bớt sự chồng chập của các tín hiệu nhằm nhận ra các tín hiệu đáp ứng từ các mặt phân cách riêng biệt và để dễ dàng mô tả và phát hiện ra các mặt phân cách này.

3.1.4.2. Độ phân giải theo phương ngang

Phân giải theo chiều ngang của hệ thống radar xuyên đất khá quan trọng khi tìm kiếm các mục tiêu đã được khoanh vùng và khi cần thiết phải phân biệt nhiều hơn một mục tiêu ở cùng độ sâu.

Sự phân giải theo chiều ngang được xác định bởi đặc điểm của ăngten và quy trình xử lý tín hiệu được sử dụng. Nói chung, để đạt được độ phân giải theo chiều ngang chấp nhận được, cần có một ăngten có độ khuếch đại cao. Điều này đòi hỏi một ăngten với khẩu độ đáng kể tại tần số thấp nhất. Để đạt có một ăngten có kích thước nhỏ, độ khuếch đại và độ phân giải cao thì đòi hỏi phải có tần số cao, mà như vậy thì khả năng xuyên sâu của ăngten lại thấp. Khi lựa chọn thiết bị cho một ứng dụng cụ thể cần phải cân nhắc sao cho thỏa mãn độ phân giải theo chiều ngang, kích thước ăngten, phạm vi xử lý tín hiệu và khả năng xuyên sâu vào vật chất.

$$\text{Độ phân giải theo phương ngang} = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$$

với α là hệ số suy giảm.

Do đó, độ phân giải theo phương ngang thực tế sẽ tốt hơn trong môi trường có độ suy giảm cao so với môi trường có độ suy giảm trung bình.

3.1.5 Nguyên lý hoạt động của phương pháp

Hệ thống radar xuyên đất được hoạt động theo nguyên tắc như sau: Sóng radar được phát ra dưới dạng các xung sóng điện từ nhờ ăngten phát, lan truyền trong môi trường, sau đó phản xạ trở lại khi gặp các vật thể hay các ranh giới. Vì thời gian sóng lan truyền và phản xạ rất ngắn (vài chục đến vài ngàn nano giây), nên đòi hỏi thiết bị phải rất nhạy để việc ghi nhận và phân tích đạt được độ chính xác cao.

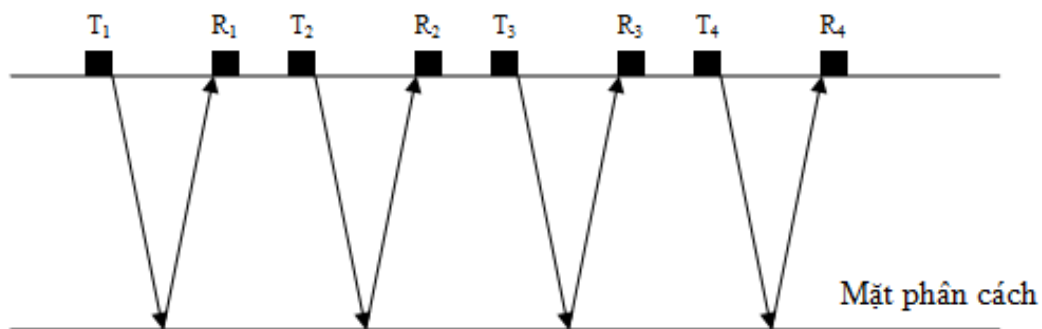
3.2 Phân loại các phương pháp

Việc thu thập dữ liệu bằng GPR được thực hiện theo 3 phương pháp sau:

3.2.1 Phương pháp mặt cắt phản xạ

Được thực hiện tương tự phương pháp phản xạ trong địa chấn. Trong phương pháp này ta có thể sử dụng một hay nhiều cặp ăngten phát thu di chuyển cùng lúc trên mặt đất, thông tin ghi nhận được biểu diễn trên giản đồ sóng, với trục tung là thời gian còn trục hoành biểu diễn khoảng cách.

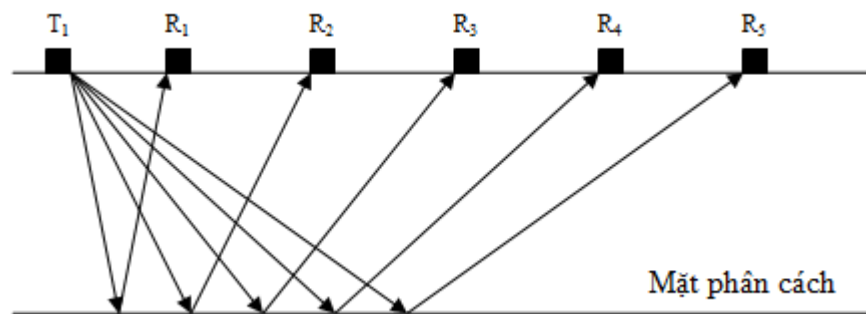
Nếu ta biết được vận tốc truyền sóng thì có thể xác định được chiều sâu của lớp phản xạ.



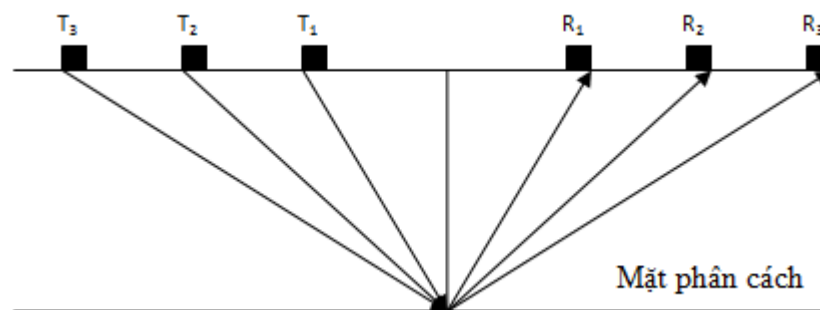
Hình 1.2. Phương pháp mặt cắt phản xạ.

3.2.2 Phương pháp phản xạ và khúc xạ rộng

Trong phương pháp phản xạ và khúc xạ rộng, ăngten phát được giữ tại một vị trí cố định, các ăngten thu được di chuyển cách đều nhau trên cùng một tuyến. Do đó, phương pháp này đòi hỏi phải thực hiện trên vùng có mặt phản xạ ngang, hoặc nghiêng một góc nhỏ và khu vực nghiên cứu phải đồng nhất. Vì vậy, nó không phù hợp với thực tế. Để khắc phục điều này, người ta đã áp dụng một phương pháp thích hợp hơn, đó là phương pháp điểm giữa chung. Trong phương pháp này, ăngten phát và thu di chuyển với khoảng cách đều nhau, sao cho điểm giữa chúng luôn luôn là cố định.



Hình 1.3. Phương pháp phản xạ và khúc xạ rộng.



Hình 1.4. Phương pháp điểm giữa chung.

3.2.3 Phương pháp chiếu sáng

Trong phương pháp này, người ta bố trí các ăngten phát và thu đối diện nhau thông qua môi trường cần nghiên cứu. Vì vậy, phương pháp chiếu sáng thường được

thực hiện trong các hầm lò đang khai thác, hay trong các lỗ khoan. Chúng phù hợp trong việc nghiên cứu các cấu trúc hoặc việc xác định tính chất các trụ bê tông.

4. PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐỊA CHẤN

4.1 Cơ sở lý thuyết của phương pháp

Địa chấn là một trong các kỹ thuật địa vật lý được sử dụng khá phổ biến trong các khảo sát địa kỹ thuật và môi trường. Các phương pháp địa chấn ứng dụng các định luật quang hình học để tính toán sự lan truyền sóng địa chấn. Trong các dạng kỹ thuật địa chấn, địa chấn khúc xạ là một trong các phương pháp được sử dụng để cung cấp các dữ liệu địa chất cơ bản nhất cho các nhà địa kỹ thuật và địa chất thông qua các quy trình và thiết bị đơn giản.

4.1.1 Các loại sóng địa chấn.

Là sự rung cơ học bất kỳ có thể cảm nhận được bởi con người. Sóng địa chấn xuất phát từ một nguồn dao động và lan truyền qua môi trường truyền sóng đến vị trí ghi nhận sự rung. Rung là đáp ứng của môi trường đàn hồi bởi sự thay đổi trạng thái ứng suất do sự biến dạng. Rung lan truyền theo tất cả mọi phương chịu tác động của sự dịch chuyển. Rung dễ dàng lan truyền từ môi trường này đến môi trường khác, từ chất rắn, chất lỏng đến chất khí và ngược lại. Môi trường chân không không chịu sự tác động của sóng rung cơ học trong khi sóng điện từ có thể lan truyền qua môi trường chân không. Phương lan truyền của sóng được gọi là tia sóng, vector tia sóng hoặc còn gọi là đường truyền. Một nguồn sóng trong môi trường đồng nhất và đẳng hướng tạo ra sự dịch chuyển theo mọi phương, quỹ đạo của các dịch chuyển sơ cấp sẽ hình thành một mặt cầu hoặc được gọi là mặt sóng. Có hai loại sóng địa chấn chính, đó là sóng khối lan truyền qua thể tích của môi trường và sóng mặt chỉ tồn tại gần các ranh giới.

- Sóng khối.

Lan truyền nhanh nhất trong các loại sóng địa chấn là sóng nén ép hoặc sóng áp suất còn được gọi là sóng sơ cấp (sóng P). Chuyển động phần tử của sóng P là dãn nở hoặc nén ép dọc theo phương lan truyền. Sóng P lan truyền qua môi trường chịu sự tác

động của sóng địa chấn. Sóng âm và tiếng ồn trong không khí kể cả trong khí quyển là các sóng P. Các sóng nén trong môi trường chất lỏng, ví dụ như nước và không khí thường được gọi chung là sóng âm.

- Sóng S.

Loại sóng thứ hai đến một điểm xuyên qua môi trường truyền sóng là sóng thứ cấp hoặc sóng ngang hoặc còn được gọi là sóng cắt (sóng S). Sóng S lan truyền hơi chậm hơn so với sóng P trong môi trường rắn. Sóng S có các phần tử chuyển động trực giao với phương lan truyền, giống như sự chuyển động của một sợi dây khi sự dịch chuyển lan truyền dọc theo chiều dài của nó. Các sóng ngang này chỉ có thể lan truyền qua môi trường có ứng suất cắt. Sóng S không tồn tại trong chất lỏng và chất khí vì các môi trường này không có ứng suất cắt. Sóng S có thể được tạo ra bởi một nguồn kéo đẩy hoặc bởi sự biến đổi của sóng P tại các ranh giới. Sự dịch chuyển các phần tử của môi trường vượt trội theo phương đứng cho các sóng SV lan truyền trong mặt phẳng nằm ngang và dịch chuyển vượt trội hơn theo phương nằm ngang tương ứng với các sóng SH lan truyền trong mặt phẳng thẳng đứng. Các sóng SH thường được tạo ra trong các khảo sát phục vụ cho việc đánh giá sóng phản xạ S tại các vị trí kỹ thuật.

- Sóng mặt.

Có hai loại biến dạng đã được nhận ra là chỉ tồn tại trên mặt hay tại các ranh giới của môi trường, đó là sóng Love và sóng Rayleigh. Chỉ lan truyền ở vùng ranh giới, các sóng này suy giảm một cách nhanh chóng theo khoảng cách tính từ bề mặt. Các sóng mặt lan truyền chậm hơn sóng thân, trong đó sóng Love lan truyền dọc theo bề mặt của môi trường phân lớp và hầu như thường lan truyền nhanh hơn sóng Rayleigh. Sóng Love có các phần tử dịch chuyển giống như sóng SH. Sóng Rayleigh biểu lộ sự dịch chuyển theo chiều đứng và ngang trong mặt phẳng thẳng đứng chứa tia truyền sóng. Một điểm trong tia truyền của sóng Rayleigh dịch chuyển lui, xuống, tới và lên trong một quỹ đạo hình elip tương ứng, giống như các sóng đại dương.

Các sóng Rayleigh được phát triển bởi các dao động hài khi trạng thái ổn định được thực hiện chung quanh dao động nền. Việc đo pha của sóng Rayleigh cho phép xác định chiều dài sóng tương ứng với các tần số dao động khác nhau.

Các sóng mặt được tạo ra do sự tác động bề mặt bởi các vụ nổ và sự thay đổi dạng sóng tại các ranh giới. Sóng Love và sóng Rayleigh cũng là các thành phần trong chuỗi sóng mặt trong động đất. Các sóng mặt này có thể mang một năng lượng lớn hơn các sóng thân. Các loại sóng này đến sau các sóng thân nhưng có thể tạo ra các dịch chuyển ngang lớn hơn trong các cấu trúc bề mặt, vì vậy các sóng mặt có thể gây ra sự nguy hiểm lớn hơn từ các dao động do động đất.

4.1.2 Lý thuyết sóng.

Sự biến dạng địa chấn lan truyền ra mọi phương từ vị trí nguồn, quỹ tích của các điểm xác định sự biến dạng lan truyền ra được gọi là mặt sóng. Ở một điểm bất kỳ trên mặt sóng, dao động của các phần tử của môi trường tác động như một nguồn mới và gây ra các sự dịch chuyển chung quanh các vị trí đó. Vector trực giao với mặt sóng là tia sóng ngang qua điểm đó và được gọi là phương lan truyền.

Vào lúc đập vào ranh giới giữa hai môi trường truyền sóng khác nhau, năng lượng sóng được phát ra, phản xạ và biến đổi. Các tính chất của hai môi trường và góc của tia tới sẽ xác định số năng lượng phản xạ lại khỏi bề mặt, khúc xạ vào môi trường kế tiếp, mất năng lượng do biến đổi thành nhiệt và thay đổi sang các loại sóng khác.

Một sóng S lan truyền trong môi trường đá đến ranh giới của môi trường đá và hồ nước, sẽ có một sóng P phản xạ, sóng S phản xạ và một sóng giống như sóng P khúc xạ vào trong môi trường nước của hồ (phụ thuộc vào các tính chất và góc của tia tới). Vì ranh giới đá - nước sẽ dịch chuyển, năng lượng sẽ truyền vào hồ nước, tuy nhiên nước không chịu sự lan truyền của sóng S. Sóng phản xạ S xuất phát từ ranh giới ở một góc gần trực giao với ranh giới khi sóng tới S đập vào.

Trong trường hợp một sóng tới P trên ranh giới của hai loại đá (có tính chất đàn hồi khác nhau) có thể chịu sự biến đổi nhỏ sang sóng S. Định luật Snell cho phép tính

toán các góc phản xạ và khúc xạ cho các tia sóng P và sóng S. (Các phương trình của Zoeppritz cung cấp sự biến đổi năng lượng cho các dạng sóng thân). Trong đá trên cạnh nguồn (No-1), các vận tốc là V_{P1} và V_{S1} , trong môi trường đá thứ hai (No-2), các vận tốc là V_{P2} và V_{S2} thì đối với sóng P tới $P1_i$, định luật Snell cung cấp các góc phản xạ trong môi trường No-1 và khúc xạ trong môi trường No-2 như sau:

$$\frac{\sin \alpha_{P1i}}{V_{P1i}} = \frac{\sin \alpha_{P1}}{V_{P1}} = \frac{\sin \alpha_{S1}}{V_{S1}} = \frac{\sin \alpha_{P2}}{V_{P2}} = \frac{\sin \alpha_{S2}}{V_{S2}} \quad (1)$$

Số hạng thứ 2 và thứ 3 trong phương trình (1) là sự phản xạ trong môi trường No-1, số hạng số 4 và số 5 là khúc xạ trong môi trường No-2. Chú ý rằng không có góc vượt quá 90° . Vì vậy không có số hạng nào của sin có thể vượt quá 1, và $\alpha_{P1i} = \alpha_{P1}$.

Một hiện tượng khác xảy ra trong môi trường dưới mặt đất là sự tán xạ phát sinh tại đầu cuối của ranh giới hay còn gọi các mép cụt. Sự tán xạ xảy ra do các bất đồng nhất trong môi trường. Khi các đối tượng có kích thước nhỏ lại, ảnh hưởng của chúng vào sự tán xạ sẽ bị giảm. Các đối tượng có kích thước trung bình nhỏ hơn $\frac{1}{4}$ độ dài sóng, sẽ ít ảnh hưởng vào sóng. Sự mất mát hoặc suy giảm năng lượng tỉ lệ theo khoảng cách sóng lan truyền qua. Thông thường, các sóng có tần số cao mất năng lượng nhanh hơn so với các sóng có tần số thấp.

Sóng lan truyền ra mọi phía từ nguồn theo các phương chịu sự dịch chuyển. Mức độ tiêu tán năng lượng là một hàm số theo khoảng cách lan truyền. Nếu sóng có thể lan truyền từ một điểm A đến một điểm B, thì nguyên lý Fermat chỉ ra rằng tia truyền nhận được tại điểm B là tia sóng có thời gian nhỏ nhất. Nói cách khác, sóng tới đầu tiên tại điểm B diễn ra trên đường truyền giữa hai điểm có thời gian nhỏ nhất. Trong các ranh giới cắt của môi trường với các tính chất khác nhau, đường truyền của sóng không phải là đường có khoảng cách ngắn nhất (một đường thẳng) do sự khúc xạ. Tia truyền thực sự sẽ có thời gian truyền ngắn nhất.

4.2 Thiết bị địa chấn

Các tiến bộ trong lĩnh vực điện tử số ngày nay cho phép tạo ra các thiết bị địa chấn độ nhạy cao, đồng thời có thể lưu trữ một khối lượng dữ liệu rất lớn. Thành phần chính của máy thăm dò địa chấn là các sensor, được gọi là geophone, môi trường chứa và nguồn sóng địa chấn phụ thuộc vào từng nhiệm vụ. Tính phức tạp của công việc khảo sát chi phối việc lựa chọn thiết bị và số nhân lực cần thiết cho việc đo đạc. Giá thành tăng lên theo mức độ phức tạp của thiết bị được sử dụng. Tuy nhiên, tính hiệu quả gia tăng theo sự lựa chọn loại nguồn thích hợp, vị trí đặt geophone trên tuyến đo, số lượng nhân lực thực hiện, số kênh của máy thăm dò địa chấn, và các yêu cầu của thực địa trong các loại địa hình và nhiều nhân sinh.

4.2.1 Nguồn

Nguồn địa chấn có thể được tạo ra bằng nhiều cách khác nhau: nguồn búa đập lặp trên một đe nhôm, đe sắt hay gỗ nặng, nguồn rơi do quả nặng có các kích thước khác nhau, nguồn do súng hơi, dao động hài, chất nổ... Nguồn năng lượng biến dạng sử dụng cho các dạng khảo sát địa chấn thường được gọi là nguồn nổ, vị trí của các nguồn nổ thường được gọi là điểm nổ, đây là một từ cổ điển thường dùng trong thăm dò dầu khí. Điểm nổ không hàm ý là nguồn gây ra bằng cách sử dụng thuốc nổ hoặc súng hơi mà được hiểu là vị trí mà tại đó nguồn dao động được tạo ra. Phụ thuộc vào từng loại hình khảo sát mà các tham số nguồn nổ cần thiết sẽ được lựa chọn, thông thường, trong các khảo sát nông, người ta thường chọn nguồn có năng lượng nhỏ tần số cao, bởi lẽ nguồn tần số cao có bước sóng ngắn, độ phân giải cao và việc chọn thời gian sóng đến cũng chính xác hơn, tuy nhiên cần phải có đủ năng lượng để nhận được tín hiệu sóng quay về ở các geophone cuối tuyến.

Loại nguồn cho một loại hình khảo sát thường được biết trước khi triển khai thực địa. Thông thường, trong các khu vực công nghiệp hoặc dân cư, việc sử dụng thuốc nổ làm nguồn phát bị hạn chế, trong các trường hợp đặc biệt cần phải sử dụng thuốc nổ

hoặc súng hơi, thì có thể sử dụng các lỗ khoan để hạn chế các ảnh hưởng bởi nguồn nổ đối với môi trường.

4.2.2 Các geophone

Cảm biến thu năng lượng sóng địa chấn là geophone (hydrophone trong nước) các cảm biến này có thể là cảm biến gia tốc hoặc cảm biến vận tốc, biến đổi các dao động cơ học thành các tín hiệu điện thế, biên độ và gia tốc của các phần tử trong môi trường chỉ có thể được xác định với các geophone đã được chuẩn định. Hầu hết các geophone sử dụng trong các khảo sát thăm dò địa chấn là geophone thẳng đứng, các cảm biến đơn trục nhận sóng đến hình thành từ bên dưới mặt đất. Một số geophone có trục nằm ngang đáp ứng với các dao động ngang của môi trường được sử dụng cho việc đánh giá sóng S hoặc sóng mặt. Các geophone 3 trục có khả năng đo được các đáp ứng tuyệt đối. Các geophone được lựa chọn cho đáp ứng dải tần số của chúng.

Tuyến, chặng, hoặc chuỗi geophone có thể chứa từ 1 đến vài chục geophone tùy thuộc vào loại hình khảo sát. Trong việc đo ghi thông thường mỗi kênh của máy thăm dò địa chấn được sử dụng cho 01 geophone đơn. Việc tổ hợp nhiều geophone cho một kênh có thể giúp loại trừ các ảnh hưởng của nhiễu ngoại lai do gió, sóng âm hoặc khuếch đại các sóng phản xạ sâu.

Loại, vị trí và số geophone trong một chặng đo luôn luôn do các nhà địa vật lý hiện trường lựa chọn, bổ sung và điều chỉnh. Rất ít khi người đặt hàng tham gia đến việc quyết định các công việc có liên quan đến geophone.

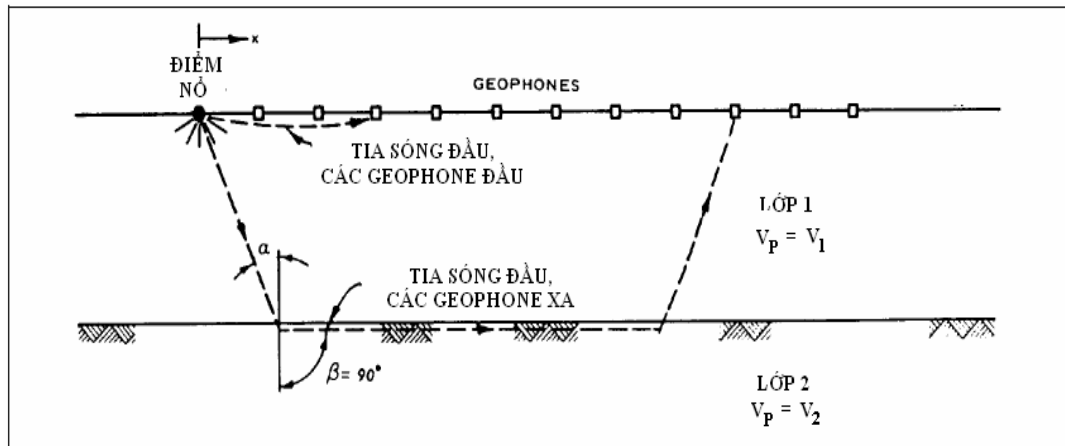
4.2.3 Máy thăm dò địa chấn

Thiết bị ghi tín hiệu điện thế từ các geophone tuân tự theo thời gian là máy thăm dò địa chấn. Nếu như trước đây việc đo ghi địa chấn thường được thực hiện trên các máy ghi tương tự, ghi trực tiếp tín hiệu địa chấn trên giấy hoặc bản phim, thì ngày nay, các máy thăm dò địa chấn ghi nhận và lưu trữ tín hiệu dưới dạng dữ liệu số rời rạc theo các đơn vị thời gian, điều đó cho phép lưu trữ và xử lý một khối lượng dữ liệu lớn dễ dàng và thuận lợi.

Hệ thống máy thăm dò địa chấn có thể là một tổ hợp thiết bị phức tạp bao gồm các chức năng như: đánh dấu thời điểm kích khởi hoặc cảm biến nguồn nổ, biến đổi tín hiệu tương tự ghi nhận được từ geophone thành dữ liệu số rời rạc theo các bước thời gian thích hợp, lưu trữ các dữ liệu đa kênh, hiển thị dữ liệu trên màn hình theo một số dạng thức tùy chọn để điều khiển, lựa chọn và xử lý. Thông tin thực địa tóm tắt thường được thể hiện dưới dạng điện tử cùng với các đồ thị.

Việc xử lý dữ liệu địa chấn có thể được thực hiện bởi các phương trình và bảng tính đơn giản như trong các phương pháp địa chấn khúc xạ hình học, hoặc phức tạp hơn trong việc xử lý tài liệu địa chấn phản xạ 3D. Xử lý dữ liệu địa chấn là bước thực hiện quan trọng nhất mà các nhà địa vật lý phải thực hiện, ngoại trừ việc giải đoán.

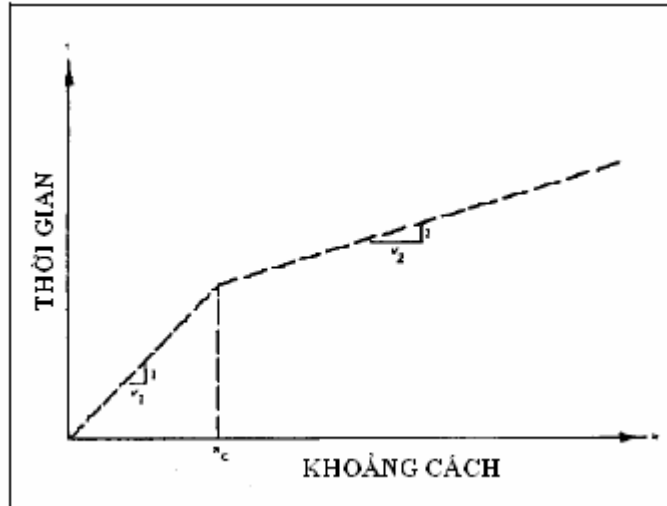
4.3 Địa chấn khúc xạ



Hình 1.5. Biểu đồ địa chấn khúc xạ.

Trong môi trường đồng nhất, một bó năng lượng sóng địa chấn lan truyền theo đường thẳng, sau khi đập vào ranh giới (giữa hai môi trường có tính chất địa chấn khác nhau) ở một góc tới i , phương truyền sóng sẽ bị thay đổi giống như hiện tượng khúc xạ ánh sáng ở mặt hồ. Địa chấn khúc xạ sử dụng sự thay đổi phương này để truy xuất các thông tin dưới mặt đất. Đường truyền của năng lượng sóng được biểu diễn bằng các mũi tên hoặc các tia trong hình 1.5. Phương pháp địa chấn khúc xạ bao gồm việc ghi nhận thời gian đến của các xung sóng đầu tiên từ một điểm nổ bởi một tập hợp các máy

thu được đặt trên mặt đất. Hình 1.5 trình bày một tập hợp các tia sóng cân quan tâm, các tia này lan truyền từ điểm nổ xuống môi trường bên dưới, khúc xạ dọc theo ranh



giới, quay về mặt đất, và chạm vào các máy thu. Các sóng đến đầu tiên gần điểm nổ sẽ có các đường truyền trực tiếp từ điểm nổ đến máy thu. Nếu môi trường phía bên dưới có vận tốc truyền sóng đàn hồi cao hơn vận tốc của môi trường phía trên ($V_2 > V_1$ trong h.1.5) thì các tia sóng lan truyền dọc theo ranh giới sẽ là sóng đầu đến các máy thu ở cách xa điểm nổ. Nếu biểu diễn thời gian đến theo khoảng cách giữa nguồn nổ và máy thu trên một biểu đồ thời khoảng như trong hình 1.6, thì có thể nhận thấy rằng: tốc độ thay đổi của thời gian đến giữa các máy thu tỉ lệ với vận tốc V_2 của môi trường bên dưới vượt qua điểm X_c đã được chỉ ra trong hình 1.6.

Hình 1.6. Biểu đồ thời khoảng tương ứng với khảo sát địa chấn khúc xạ trong hình 1.5.

4.3.1 Lý thuyết.

Khoảng cách giao nhau (crossover distance) X_c được xác định từ đồ thị thời gian sóng đầu (biểu đồ thời khoảng) theo khoảng cách (hình 1.6), đó là điểm mà tại đó đường cong thời gian thay đổi độ dốc. Đối với trường hợp lý tưởng, đồ thị biểu đồ thời khoảng biểu diễn sóng trực tiếp là một đường thẳng có độ dốc tương đương với nghịch đảo vận tốc của lớp mặt V_1 .

Đối với các tia sóng khúc xạ từ lớp thứ hai, (hình 1.7) cho thấy rằng khoảng cách truyền sóng trong lớp thứ nhất giống nhau tương ứng với các geophone đặt tại các vị trí khác nhau. Vì vậy sự khác biệt thời gian truyền sóng khúc xạ giữa hai geophone kế cận nhau chủ yếu là sự khác biệt thời gian do sóng lan truyền trong lớp phía bên dưới dọc theo phương phân lớp, trong đó chiều dài của khoảng cách truyền sóng tương đương với khoảng cách giữa hai geophone. Như vậy, phần đồ thị tương ứng với sóng khúc xạ là đường thẳng với độ dốc tương đương với nghịch đảo vận tốc truyền sóng trong lớp thứ hai. Điểm giao cắt là điểm mà tại đó độ dốc thay đổi và tiêu biểu cho điểm sóng đầu được hình thành bởi năng lượng khúc xạ.

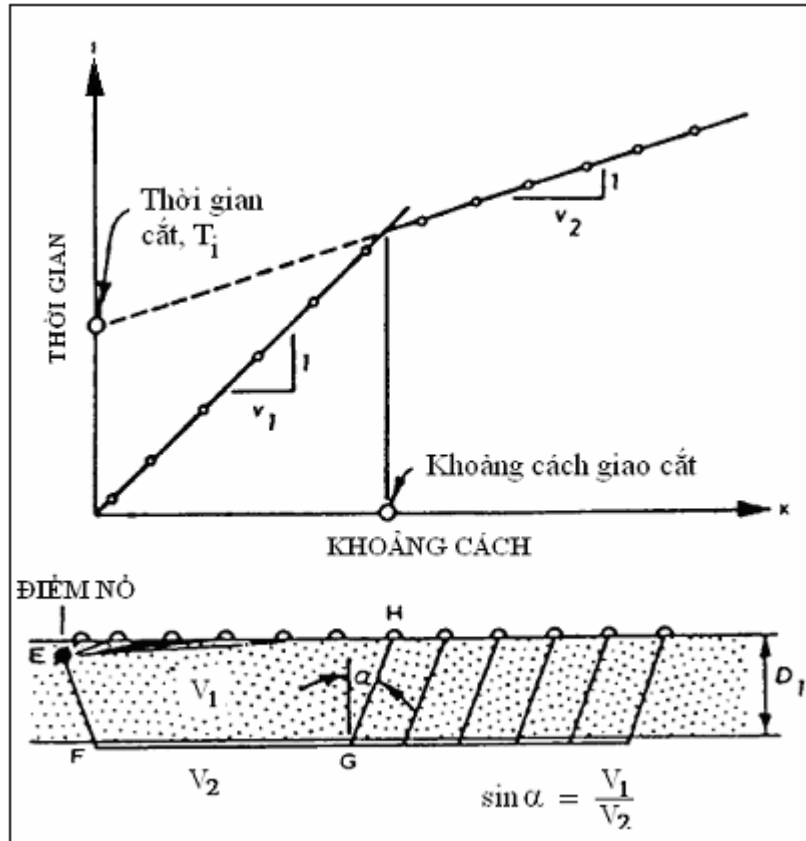
(a) Xem xét hình 1.7, có thể suy ra được hai phương trình quan trọng, một cho thời gian cắt và một cho khoảng cách giao cắt. Biểu thức cho thời gian truyền sóng trong lớp khúc xạ cho trường hợp lớp phẳng song song với bề mặt cho bởi

$$T_{SR} = \frac{1}{V_2} D_{SR} + \frac{2D_1 \sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} \quad (2)$$

Trong đó

T_{SR} là thời gian truyền sóng từ nguồn đến máy thu.

D_{SR} là khoảng cách từ nguồn đến máy thu



Hình 1.7 Ranh giới phân lớp ngang và biểu đồ thời khoảng sóng khúc xạ.

V_1, V_2 là vận tốc của lớp 1 và lớp 2.

D_1 là chiều sâu của ranh giới phân cách phẳng.

Bằng cách ngoại suy một đường thẳng có phương trình là $y = mx + b$, cho thấy thời gian cắt là số hạng thứ hai của phương trình trên

$$T_i = \frac{2D_1\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1V_2} \text{ hoặc } D_1 = \frac{T_i}{2} \frac{V_1V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (3)$$

Trong đó T_i là thời gian cắt.

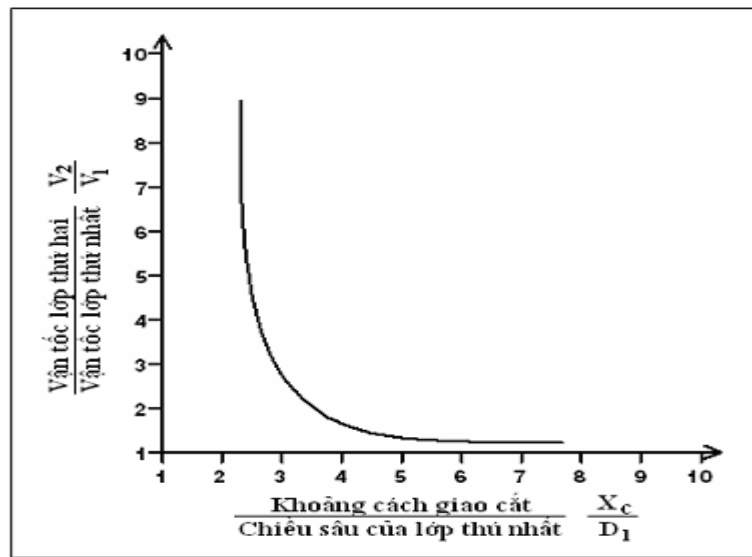
Các phương trình này giả sử giá trị của V_2 dễ dàng dẫn xuất từ đồ thị thời khoảng chỉ cho trường hợp môi trường phân lớp ngang phẳng. V_2 là nghịch đảo độ dốc của đồ

thị thời gian đoạn nằm ngoài khoảng cách giao cắt (xem hình 1.7). Phương trình (3) có thể được sử dụng cho việc phân tích sơ bộ và đánh giá chiều sâu.

(b) Phương trình khác cần được quan tâm là khoảng cách giao cắt

$$D_1 = \frac{X_c}{2} + \sqrt{\frac{(V_1 - V_2)^2}{(V_1 + V_2)^2}} \quad (4)$$

Trong đó



X_c là khoảng cách giao cắt, D_1 là chiều sâu của ranh giới phân cách phẳng.

Hình 1.8 Đồ thị độ tương phản vận tốc theo tỉ số khoảng cách giao cắt với chiều sâu của lớp thứ nhất (Redpath, 1973)

Phương trình (4) là phương trình rất hữu dụng trong thiết kế khảo sát. Chú ý rằng, thông tin về lớp phía dưới được dẫn xuất từ các sóng đến nằm ngoài khoảng cách giao cắt. Như vậy, chiều dài của tuyến khúc xạ phải dài hơn khoảng cách X_c chỉ ra bởi phương trình này.

(c) Hình 1.8 là đồ thị biểu diễn sự thay đổi tỉ số V_1/V_2 theo tỉ số X_c/D_1 . Từ đồ thị này, có thể nhận thấy rằng nếu $V_1 = 1500\text{m/s}$ và $V_2 = 3000\text{m/s}$ thì khoảng cách giao cắt khoảng 3,4 lần chiều sâu. Như vậy, nếu như ranh giới phía bên dưới vùng khảo sát có chiều sâu 10m thì dữ liệu về chiều sâu của lớp thứ hai sẽ được ghi nhận ở khoảng cách lớn hơn 35m (3,4 lần 10m) tính từ điểm nổ. Trong trường hợp này, chiều dài của tuyến khúc xạ phải lớn hơn 35m (nên bố trí khoảng 70 đến 100m) để khảo sát các tính chất của lớp thứ hai.

4.3.2 Các phương pháp phân tích dữ liệu địa chấn khúc xạ.

Các phương pháp phân tích địa chấn khúc xạ có thể được chia thành 3 nhóm một cách tổng quát như sau:

- (a) Các phương pháp thời gian cắt (intercept time)
- (b) Các phương pháp tương hỗ hoặc thời gian trễ.
- (c) Các phương pháp tia sóng (Ray-tracing).

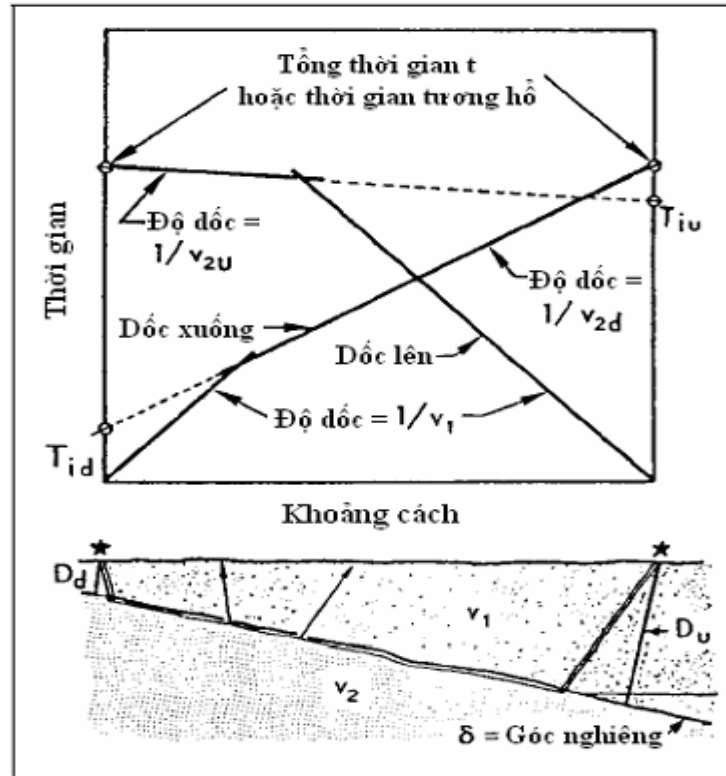
Trong 3 nhóm phương pháp trên đây, mức độ tính toán đòi hỏi cho việc phân tích tăng dần theo thứ tự từ phương pháp này đến phương pháp khác. Nếu như các phương pháp thời gian cắt có thể được thực hiện với bút chì và bảng tính thì các chương trình phân tích bởi phương pháp tương hỗ đòi hỏi chạy trên máy tính PC với mức độ tính toán tăng dần từ phương pháp tương hỗ đơn giản cho đến phương pháp tương hỗ tổng quát, trong khi đó, các phương pháp ray-tracing lại yêu cầu máy tính tốc độ nhanh, thời gian tính toán lớn.

4.3.2a Các phương pháp thời gian cắt

Các phương trình cơ bản cho phương pháp thời gian cắt được trình bày trong phần trên đây. Cần chú ý rằng, phương trình (4) cho khoảng cách giao cắt cũng có thể được sử dụng để tính toán chiều sâu, phương trình này có thể được sử dụng để phân

tích dữ liệu khi vì một lý do nào đó, không ghi nhận được thời điểm kích nổ (không biết thời gian trễ của kíp nổ...).

A. Trường hợp môi trường phân lớp nghiêng. Đối với trường hợp môi trường phân lớp nghiêng, phát sinh các vấn đề sau:



Hình 1.9a Minh họa môi trường có bề mặt ranh giới phân lớp nghiêng và các khái niệm điểm nổ ngược, vận tốc biểu kiến (Radpath, 1973)

- Vận tốc quan sát của các lớp dưới là vận tốc biểu kiến (tương ứng với V_{2U} và V_{2D} trong hình 1.9) và thay đổi một cách đáng kể theo độ dốc của góc nghiêng (cao hơn vận tốc thật cho trường hợp nghiêng lên và thấp hơn vận tốc thật trong trường hợp nghiêng xuống).

- Chiều sâu nếu được xác định theo thời gian cắt được gọi là các chiều sâu sườn (tương ứng với D_U và D_D trong hình 1.9) chứ không phải là chiều sâu thật bên dưới điểm nổ.

- Việc khảo sát đòi hỏi phải có các điểm nổ xuôi và ngược vì mỗi điểm nổ chỉ đo vận tốc biểu kiến của lớp thứ hai theo một phương (V_{2u} hoặc V_{2D}).

Các phương trình tính toán cho các chiều sâu sườn tương ứng là:

$$D_u = \frac{V_1 T_{iu}}{2 \cos \alpha} \quad (5)$$

$$D_d = \frac{V_1 T_{id}}{2 \cos \alpha} \quad (6)$$

Trong đó:

D_u chiều sâu sườn dưới điểm nổ lên

D_d chiều sâu sườn dưới điểm nổ xuống

V_1 Vận tốc lớp mặt

T_{iu} là thời gian cắt dốc lên

T_{id} là thời gian cắt dốc xuống

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2} \quad (7)$$

Một xấp xỉ có thể chấp nhận được cho V_2 (không thể đo được một cách trực tiếp từ đường cong thời khoảng) là

$$V_2 = \frac{2V_{2u}V_{2d}}{(V_{2u} + V_{2d})\cos \delta} \quad (8)$$

Trong đó

V_2 là xấp xỉ với vận tốc của môi trường bên dưới

V_{2u} Vận tốc biểu kiến của môi trường bên dưới cho trường hợp đo lên.

V_{2d} Vận tốc biểu kiến của môi trường bên dưới cho trường hợp đo xuống.

δ Xấp xỉ góc nghiêng của trắc diện

B.Trường hợp môi trường nhiều lớp. Một trường hợp môi trường nhiều lớp ngang phẳng được minh họa trong hình 1.9a. Vì khả năng có sự hiện diện khắp nơi của lớp

nước, nên hầu hết các khảo sát địa kỹ thuật nông đều tương ứng với trường hợp của môi trường ít nhất là 3 lớp. Các nguyên lý của GRM vẫn còn giống nhau với sự chòm gỏi cần thiết cho tất cả các lớp (các sóng đến từ hai phương). Đối với các lớp ngang phẳng, các phương trình thời gian sau đây là hữu ích cho các mục đích xây dựng mô hình. Bề dày D_1 của lớp thứ nhất được tìm thấy bằng cách sử dụng phương trình cho trường hợp môi trường hai lớp bằng thời gian cắt T_{i2} của đoạn thẳng thứ hai hoặc khoảng cách tới hạn X_{c2} từ hai đoạn thẳng đầu tiên. Bề dày này được sử dụng trong việc tính toán chiều sâu của lớp kế tiếp D_2 như sau đây:

$$D_2 = \frac{T_{i3}V_2V_3}{2\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - D_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}} \quad (10)$$

Trong đó:

V_n là vận tốc của lớp thứ n.

T_{in} là thời gian cắt thứ n.

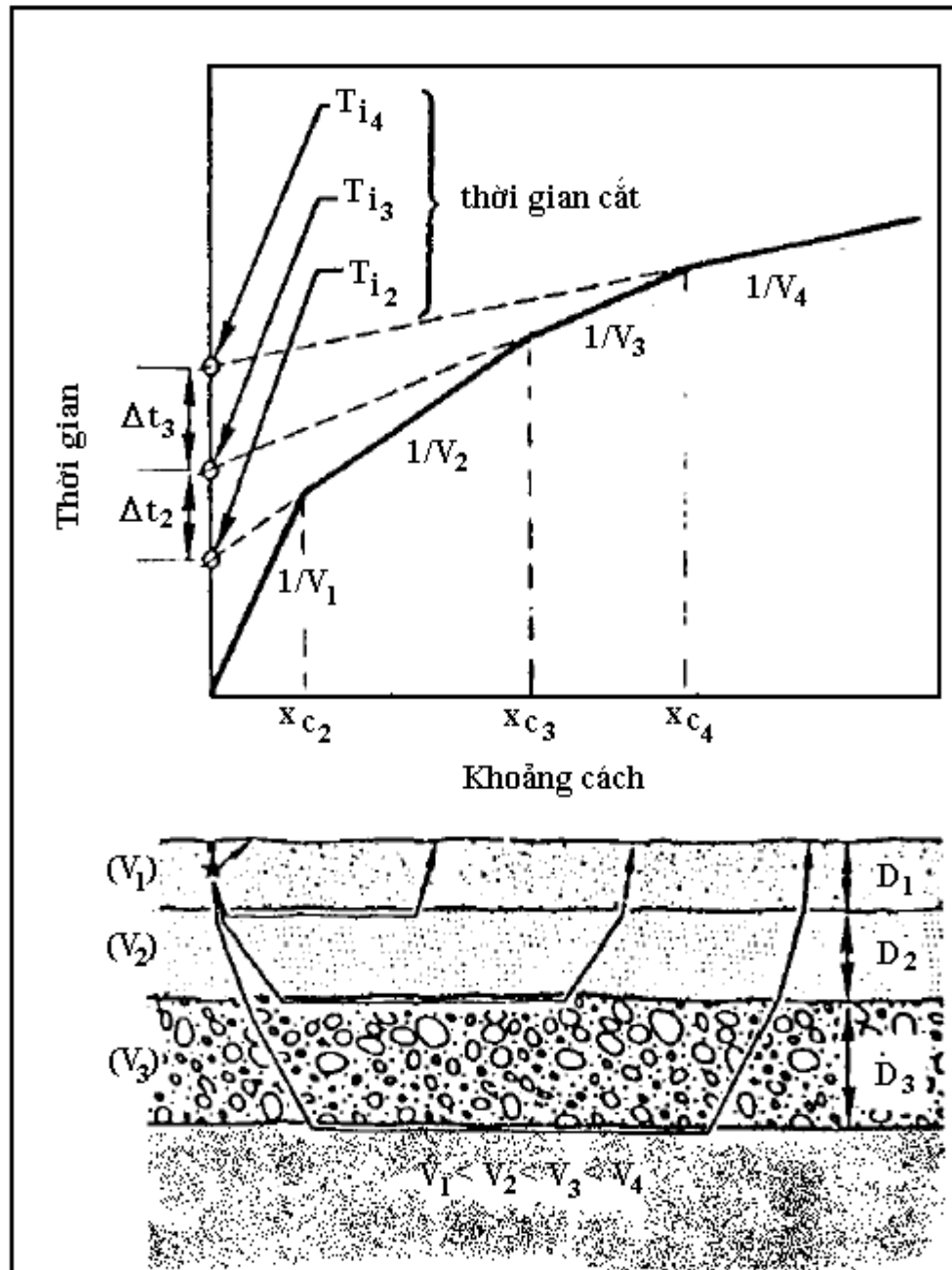
Trương đương của phương trình trên dưới khoảng cách tới hạn là

$$D_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{D_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right) \quad (11)$$

Trong đó:

D_n chiều sâu của lớp khúc xạ thứ n

X_{cn} Khoảng cách giao cắt thứ n



Hình 1.9b Môi trường nhiều lớp và đường cong biểu đồ thời khoảng tương ứng (Redpad 1973)

Việc tính toán có thể được mở rộng cho các lớp sâu hơn bằng cách sử dụng phương trình tổng quát

$$D_n = \frac{T_{in+1} V_n V_{n+1}}{2\sqrt{V_{n+1}^2 - V_n^2}} - \sum_{j=1}^{n-1} D_j \left(\frac{V_n}{V_j} \right) \sqrt{\frac{V_{n+1}^2 - V_j^2}{V_{n+1}^2 - V_n^2}} \quad (12)$$

và

$$D_n = \frac{X_{cn+1}}{2} \sqrt{\frac{V_{n+1}^2 - V_n^2}{V_{n+1}^2 + V_n^2}} + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{D_j}{V_j} \left(\frac{V_{n+1} \sqrt{V_n^2 - V_j^2} - V_n \sqrt{V_{n+1}^2 - V_j^2}}{\sqrt{V_{n+1}^2 - V_n^2}} \right) \quad (13)$$

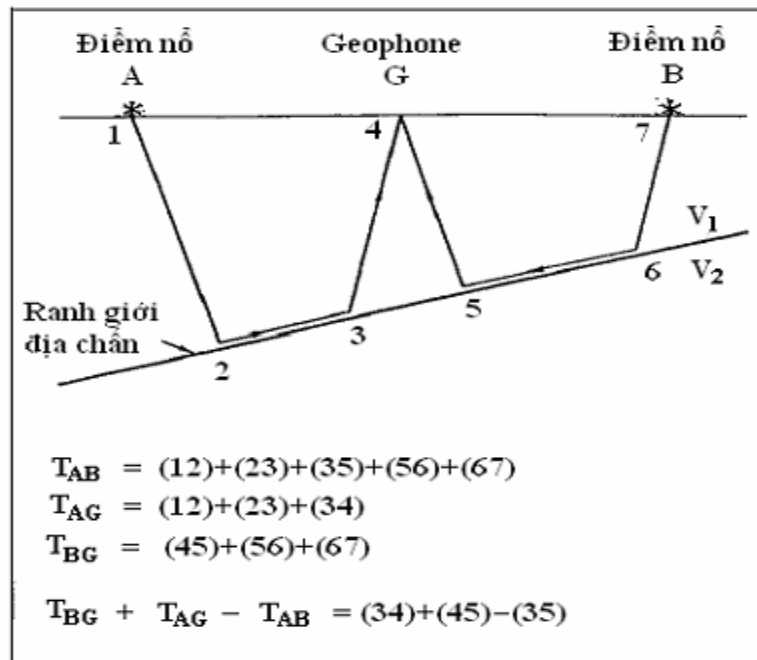
Vì các phương trình trong dạng này đều chứa bề dày của các lớp nông hơn, do vậy, việc tính toán phải được bắt đầu từ lớp thứ nhất và tiếp tục cho các lớp dưới sâu. Chú ý rằng, phương trình này không tính đến trường hợp các lớp nghiêng.

4.3.2b Các phương pháp tương hỗ.

Có hơn 20 phương pháp phân tích tương hỗ, trong đó bao gồm các phương pháp được gộp dưới tiêu đề phương pháp trễ (có thể đòi hỏi hoặc không đòi hỏi việc đo đạc thời gian tương hỗ). Thời gian tương hỗ được định nghĩa là: Thời gian truyền sóng dọc theo ranh giới khúc xạ từ điểm nỏ này sang điểm nỏ khác.

- *Phương pháp tương hỗ đơn giản:* Hình 1.9b minh họa một phiên bản của phương pháp. Từ hình vẽ, có thể nhận thấy rằng $T_{AG} + T_{BG} - T_{AB}$ tương đương với tổng thời gian lệch cộng với một thời gian nhỏ tương ứng với đường chạy giữa hai điểm, nơi các tia thoát ra từ ranh giới khúc xạ. Đối với các mặt khúc xạ gần phẳng, các thời gian này có thể biến đổi thành khoảng cách bởi phương trình:

$$Z_G \approx \frac{2V_1}{\cos \alpha} (T_{AG} + T_{BG} - T_{AB}) \quad (14)$$



Hình 1.10 Khai triển các phương trình trong phương pháp tương hỗ đơn giản

Trong đó:

Z_G Khoảng cách đến ranh giới khúc xạ từ geophone G

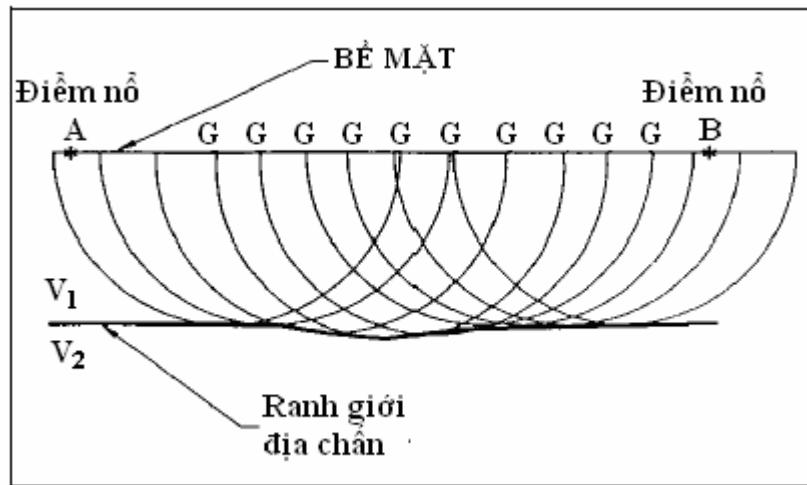
T_{AB} Thời gian truyền sóng từ điểm nổ A đến điểm nổ B

T_{AG} Thời gian truyền sóng từ điểm nổ A đến geophone G

T_{BG} Thời gian truyền sóng từ điểm nổ B đến geophone G

V_1 Vận tốc của lớp trên $\cos\alpha$ được tính bởi $\cos\alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$

Chú ý rằng để tính toán $\cos\alpha$ cần phải biết vận tốc V_2 , giá trị này được xấp xỉ bởi phương trình (8) như đã trình bày trong phần trên, trong đó góc δ là góc nghiêng xấp xỉ cho toàn tuyến.



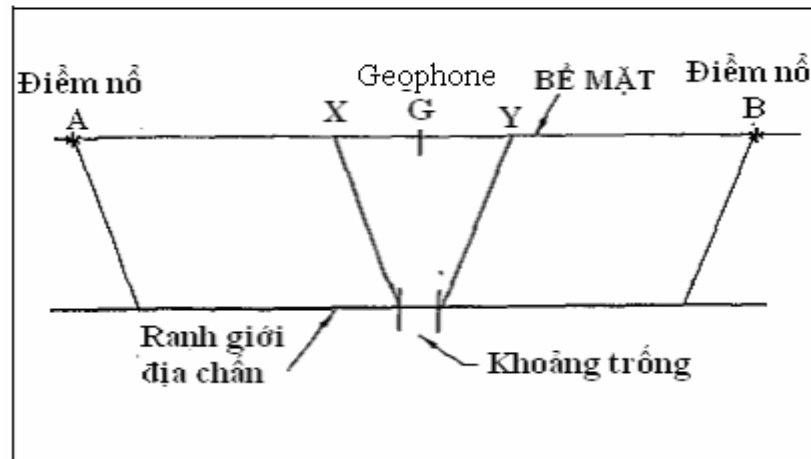
Hình 1.11 Minh họa các vị trí chiều sâu thời gian

Việc tính toán chiều sâu bằng cách sử dụng phương pháp này có thể dễ dàng thực hiện với máy tính tay, bút chì và giấy. Cần lưu ý đến hai vấn đề sau trong phương pháp tương hỗ. Một là sự tính toán phải được thực hiện trên cùng ranh giới khúc xạ từ điểm nổ này sang điểm nổ khác, khi có sự hiện diện của các ranh giới khúc xạ sâu hơn phải cẩn thận xem xét chính xác thời gian tương hỗ. Thứ hai là chú ý rằng việc xấp xỉ chỉ có thể chấp nhận được trên cơ sở môi trường có góc nghiêng nhỏ, thường thì trong khoảng 10 đến 15⁰.

Khoảng cách ghi nhận được đo từ vị trí của geophone trong không gian 3 chiều. Như vậy không cần có dữ liệu khoảng cách (chiều sâu) tính từ cao độ geophone. Chú ý rằng phương hướng không được định rõ, như vậy, một cung của các điểm có thể chấp nhận được trên ranh giới khúc xạ được vạch ra một cách thực tế bởi khoảng cách này. Đây là kiến thức bổ ích cho việc trình bày vị trí có thể chấp nhận được cho một ranh giới khúc xạ không đều tạo bởi các cung tròn của tất cả các geophone dọc theo tuyến khảo sát (hình 1.11) của các lời giải.

- Các phương pháp tương hỗ tổng quát (GRM). Việc xem xét chi tiết phương pháp đơn giản trên đây làm bộc lộ hai vấn đề chính khi áp dụng phương pháp địa chấn

khúc xạ trong vùng có địa hình bề mặt hoặc ranh giới khúc xạ bên dưới biến đổi phức tạp.

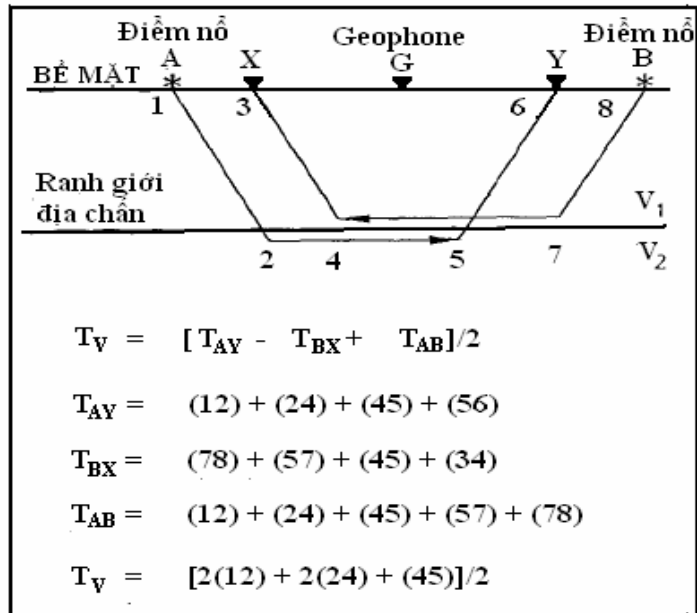


Hình 1.12 Mối liên hệ không gian trong các phương pháp tương hỗ tổng quát

Thứ nhất là việc xác định V_2 , phương pháp trên đây áp dụng V_2 trung bình trên một diện rộng của biểu đồ thời khoảng, thứ hai là đoạn rẽ góc trên ranh giới khúc xạ bị bỏ qua (đoạn 3-5 trong hình 1.10). Để khắc phục các khuyết điểm này và thiếu sót khác trong các phương pháp đơn giản, Palmer (1980) đã được đề xướng phương pháp tương hỗ tổng quát như sau.

Phương pháp của Palmer xuất phát từ hai phương trình: Hàm phân tích vận tốc và hàm phân tích chiều sâu thời gian. Đặc điểm của phương pháp là sử dụng thời gian sóng đến tại các geophone từ hai phía (vị trí X và Y trong hình 1.12).

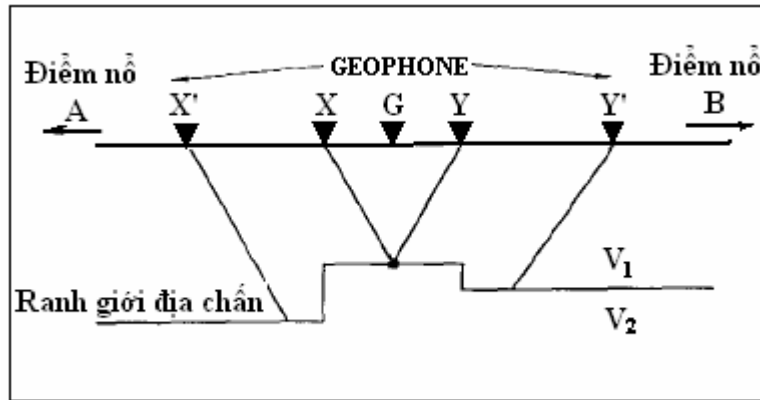
Hàm phân tích vận tốc. Hình 1.13 trình bày nguồn gốc của hàm phân tích vận tốc, hàm này được hình thành cho việc tính toán $T_{AB} - T_{AX} - T_{BY}$. Hình 1.13 cho thấy rằng thời gian này tiêu biểu thời gian truyền sóng từ điểm nổ A đến một điểm bất kỳ trên ranh giới khúc xạ. Nếu thời gian này được biểu diễn theo vị trí của geophone, có thể dẫn xuất được giá trị V_2 chính xác với góc nghiêng hoặc địa hình ranh giới khúc xạ bất kỳ (hình 1.12).



Hình 1.13 Định nghĩa của hàm vận tốc

Một biến số của sự sắp xếp này là XY. hình 1.13 cho thấy ảnh hưởng của thừa số này như thế nào trong việc tính toán V_2 . Nếu XY được chọn để điểm thoát ra trên ranh giới khúc xạ là điểm chung cho thời gian truyền sóng và như vậy việc tính toán V_2 chỉ tự phụ thuộc vào môi trường. Nếu việc chọn giá trị XY không đúng (chẳng hạn như X'Y' được chọn), cấu trúc của hình dạng tùy ý được kết hợp trong thời gian truyền sóng và như vậy việc tính toán vận tốc sẽ gặp phải sai số.

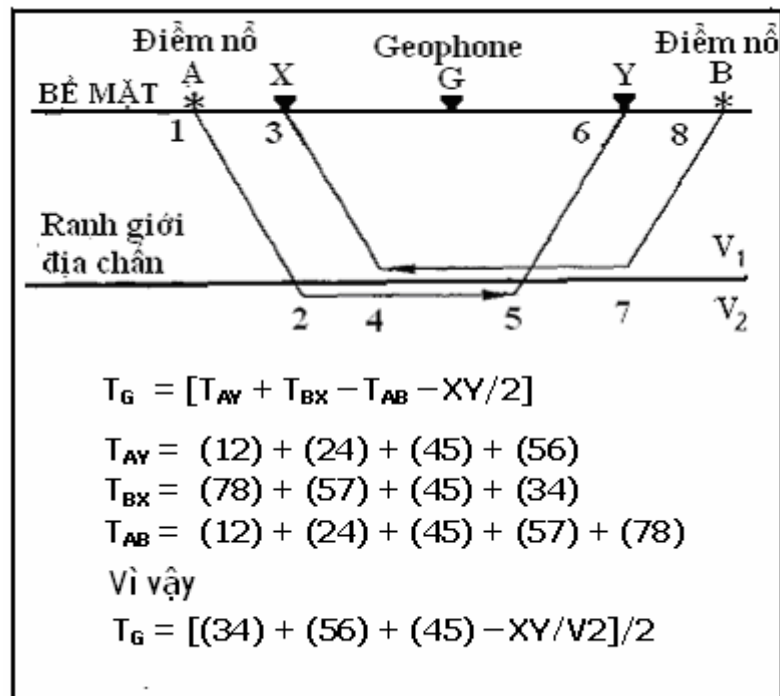
Hầu hết các chương trình tính, đều hình thành sẵn một tập hợp GRM chuẩn bị một sự đánh giá của thời gian truyền đã cho ở trên như một hàm số của XY. Dưới giả thiết là V_2 không đổi hoặc thay đổi chậm, việc xem xét các đường cong này sẽ chỉ ra giá trị XY nào là đúng. XY biểu thị sự mềm mại chứng tỏ rằng nó là phù hợp với giả thuyết địa vật lý phù hợp nhất với địa chất. Phần này của quy trình có hai mục đích, để vẽ V_2 dọc theo chặng đo, và để đánh giá tham số XY, một tham số quan trọng sẽ được sử dụng trong phần sau.



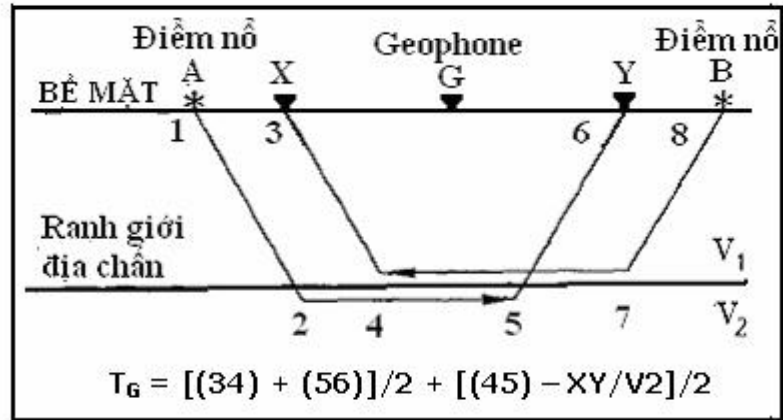
Hình 1.14 Minh họa của sai số trong việc xác định hàm phân tích vận tốc

Hàm phân tích chiều sâu thời gian. Hình 1.15 trình bày định nghĩa về hàm phân tích chiều sâu thời gian.

$$T_G = T_{AY} + T_{BX} - T_{AB} - \frac{XY}{V_2} \quad (15)$$



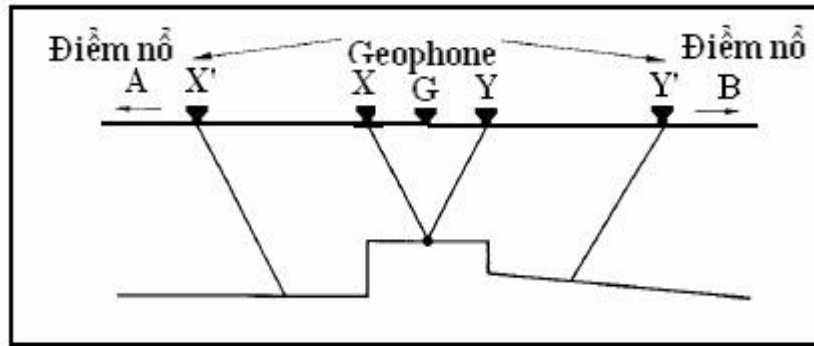
Hình 1.15 Định nghĩa hàm phân tích chiều sâu – thời gian



Hình 1.16 Các quan hệ trong việc xác định chiều sâu

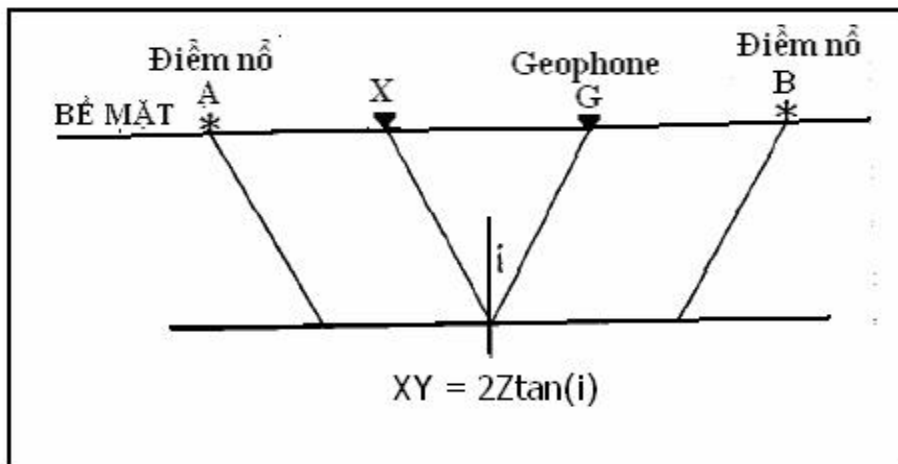
Từ sự phân tích trong hình 1.16, có thể nhận thấy rằng T_G tiêu biểu cho hai thời gian truyền sóng cho các chiều sâu dốc và sự hiệu chỉnh tham số cho khoảng cách di chuyển ở V_2 (45 trong hình 1.16). Thời gian độ sâu này giống như một phương pháp đã phát triển trong phương pháp tương hỗ đơn giản hơn đã cho ở trên, nhưng là một phương pháp có thể biến đổi thành chiều sâu với một xấp xỉ thô hơn. Trước khi đào sâu vấn đề này, chúng ta hãy xem xét các ảnh hưởng của các giá trị XY trong việc tính toán của T_G . Hình 1.17 chỉ ra rằng nếu XY được chọn sao cho các điểm thoát ra (xuất phát) là giống nhau theo hai phương thì các ảnh hưởng bất kỳ của sự lan truyền ở V_2 được cực tiểu hóa và cấu trúc thật được vẽ ra. Nếu X'Y' được chọn thì một sự làm phẳng liên tiếp các chiều sâu thời gian sẽ xảy ra.

Hầu hết các chương trình máy tính, tính toán chiều sâu thời gian cho một số các giá trị XY, với giả thiết rằng cấu trúc không đều. Tập hợp chiều sâu thời gian có độ gồ ghề nhất sẽ được chọn. Như vậy một sự đánh giá khác của giá trị XY được nhận thêm vào với sự đánh giá nhận được từ hàm phân tích vận tốc.



Hình 1.17 Minh họa sai số trong việc xác định hàm phân tích chiều sâu – thời gian

XY tối ưu. Nếu một mô hình được xác định một cách hoàn toàn, chiều sâu và vận tốc đã cho thì giá trị *XY* tốt nhất là giá trị *XY* tương ứng với một điểm xuất phát chung trên ranh giới khúc xạ có thể được tính cho các lớp phẳng. Hình 1.18 chỉ ra một sự dẫn xuất đơn giản của giá trị *XY* cho trường hợp lớp phẳng. Việc phân tích hoàn toàn thích hợp sẽ tạo ra một tập hợp gần tương đương các giá trị *XY*. Các lớp ẩn và nghịch đảo vận tốc (cả hai sẽ được định nghĩa sau) sẽ tự bộc lộ khi sự thay đổi trong tập hợp *XY* thích hợp.



Hình 1.18 Định nghĩa của *XY* tối ưu

Như đã đề cập trong phần trước, việc nghịch đảo chiều sâu thời gian thành chiều sâu thực tế đòi hỏi giá trị vận tốc lan truyền tương ứng với khoảng cách nghiêng trong lớp phía trên. Palmer đã trình bày một xấp xỉ có thể chấp nhận được như sau:

$$Z_G = \frac{T_G V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (16)$$

Với các giá trị xấp xỉ cho các trường hợp góc nghiêng thấp (nhỏ hơn 15°), như đã dẫn xuất, khoảng cách này độc lập với phương và chỉ xác định một vị trí có thể của các vị trí khúc xạ. (xem hình 1.11).

Một phân tích GRM đầy đủ cần phải có các dữ liệu sau:

- Thời gian truyền sóng đến từ cùng một ranh giới khúc xạ ở hai phía tại mỗi geophone.
- Một thời gian tương hỗ cho năng lượng truyền sóng trên ranh giới khúc xạ đó.
- Một tập hợp không gian đầy đủ các geophone để có thể tính toán được các tập hợp giá trị XY.

Các yêu cầu trên đây hàm ý sự gia tăng một cách đáng kể khối lượng đo đạc trong thực tế, khoảng cách các geophone phải được bố trí trong khoảng từ $\frac{1}{4}$ đến 1.8 chiều sâu ranh giới khúc xạ. Số lượng các điểm nổ được xác định theo yêu cầu để có được các thời gian đến từ hai phía trên cùng một ranh giới khúc xạ. Khoảng cách các điểm nổ phải lớn hơn hai lần khoảng cách giao nhau cho ranh giới khúc xạ thứ nhất. Nếu có sự hiện diện của các ranh giới khúc xạ sâu hơn thì khoảng cách điểm nổ phải nhỏ hơn khoảng cách giao nhau của ranh giới khúc xạ sâu hơn. Đối với sự biểu diễn không đầy đủ (Gần như ản) và các lớp mỏng, số lượng điểm nổ đòi hỏi có thể quá cao.

4.3.2.c Các phương pháp Ray-tracing.

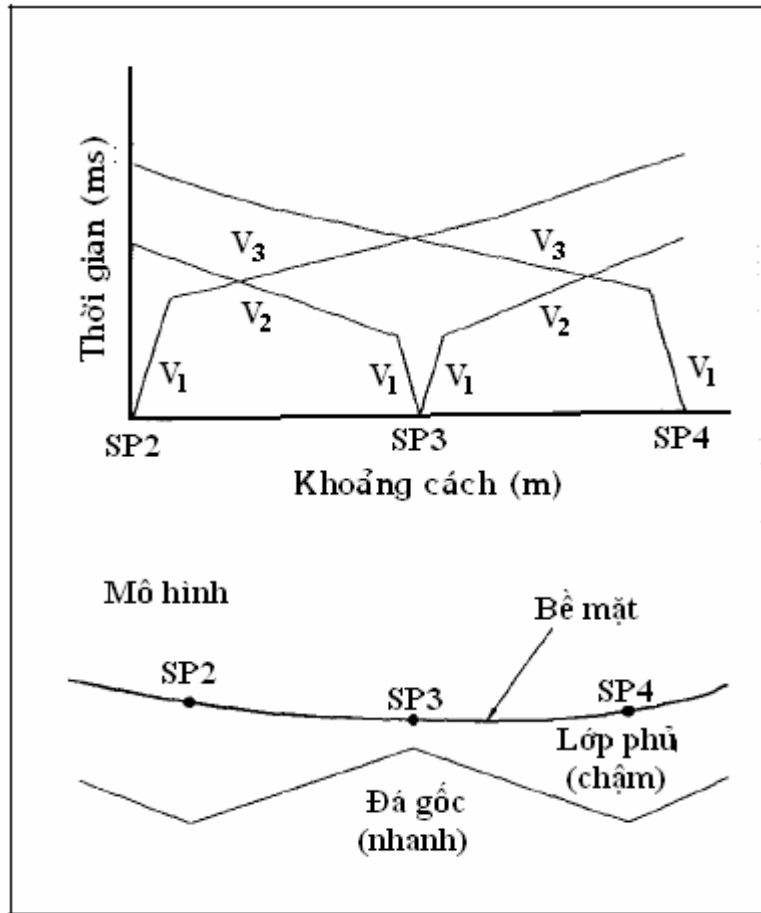
Các chương trình ray-tracing thường dẫn xuất từ một mô hình xấp xỉ đầu tiên của được xây dựng theo các phương pháp đã được mô tả trên đây. Trên cơ sở mô hình đầu tiên, tính toán thời gian đến tại các vị trí geophone, sự tính toán này gia tăng theo mức

độ phức tạp của mô hình. Khi mô hình tính toán có dạng không gần giống với lời giải, các phương pháp giải lặp được sử dụng để tạo ra các tia sóng cho phù hợp với các dữ liệu thực tế và đôi khi sự hội tụ bị cưỡng bức đối với các mô hình phức tạp.

Sau khi đã tính toán được thời gian sóng đến tại các geophone, thực hiện một số dạng điều chỉnh trên mô hình nhận được, để làm cho thời gian tính toán gần gũi hơn với thời gian quan sát thực tế. Sau mỗi lần mô hình đã được điều chỉnh, việc tính toán thời gian sóng đến tại các geophone lại được tiếp tục cho đến khi nào sự sai biệt giữa thời gian tính toán từ mô hình, phù hợp với thời gian quan sát trong thực tế. Quy trình này là một dạng nghịch đảo địa vật lý, có nghĩa là tạo ra một mô hình địa vật lý giải thích cho các quan sát thực tế bằng cách tính toán các đáp ứng của mô hình và điều chỉnh của mô hình đó. Các nghịch đảo địa vật lý thành công có một số tính chất chung như sau:

a) Số các quan sát thông thường lớn hơn vài lần số các tham số cần xác định. (đó là số điểm nổ, các thời gian quan sát, lớn hơn nhiều lần số vận tốc, số lớp và các điểm uốn trên ranh giới khúc xạ).

b) Mô hình địa vật lý phù hợp một cách cơ bản với mô hình địa chất được đo (có nghĩa là xấp xỉ một cách rõ ràng với môi trường phân lớp ngang phẳng, mô hình địa vật lý góc nghiêng nhỏ không bị gán ép cho một mô hình địa chất phân lớp đứng có sự thay đổi vận tốc theo phương nằm ngang một cách đáng kể giữa các geophone).



Hình 1.19 Biểu đồ thời khoảng giao nhau

c) Các chương trình ray-tracing sử dụng các phép xấp xỉ cần thiết, thích hợp cho việc tính toán trên các máy tính cá nhân và là đối thủ gắt gao cho các chương trình trên cơ sở các phương pháp tương hỗ tổng quát (GRM).

4.4 Địa chấn lỗ khoan

4.4.1 Phương pháp Crosshole seismic

Phương pháp Crosshole và Downhole là các phương pháp địa vật lý, được sử dụng trong khảo sát địa chất công trình nhằm mục tiêu xác định vận tốc truyền sóng đàn hồi chi tiết nhất tại hiện trường phục vụ cho việc đánh giá các đặc điểm và tính chất của môi trường tại vị trí khảo sát. Dữ liệu vận tốc crosshole là các tham số có giá trị cho việc đánh giá môi trường, đất trầm tích và các thành tạo đá.

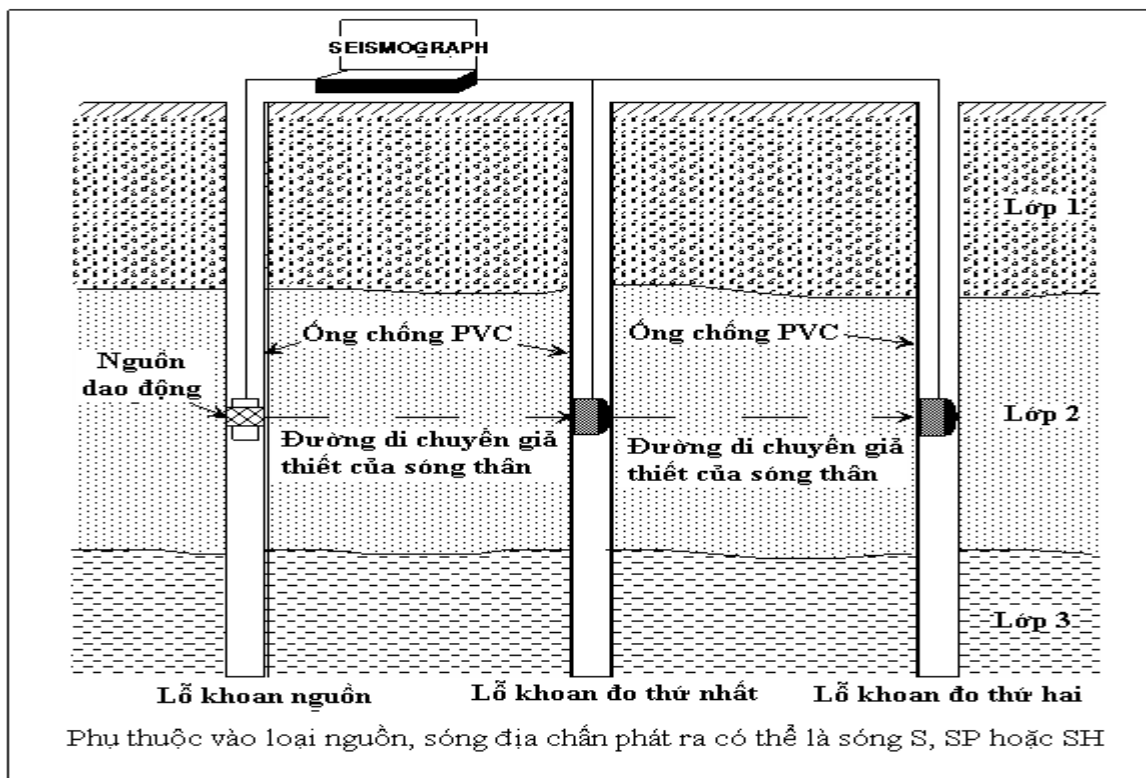
- Kỹ thuật địa chấn xác định vận tốc sóng P hoặc/và vận tốc sóng S của môi trường ở các độ sâu có liên quan đến địa kỹ thuật và môi trường, các dữ liệu ghi nhận được tại đó có thể được sử dụng trong các tính toán liên quan với tính chất cơ học đất, cơ học đá, các nghiên cứu nền móng, và kỹ thuật động đất. Thí nghiệm vật lý crosshole thường được thực hiện ở các độ sâu gần mặt đất, (khoảng 100m trở lại) để phục vụ cho các ứng dụng địa kỹ thuật tại các vị trí cần quan tâm. Tất cả các tham số modun đàn hồi động có thể được xác định trên cơ sở các tham số đo đạc tại hiện trường như: mật độ, vận tốc sóng P và sóng S. Môi trường có ứng suất thấp và các giá trị suy giảm không đàn hồi cũng có thể được ghi nhận từ các khảo sát crosshole. Tuy nhiên, thế mạnh của phương pháp crosshole là khả năng xác định mặt cắt vận tốc sóng S tại hiện trường, phục vụ cho các mục tiêu địa kỹ thuật kết hợp với các tính toán kháng chấn cho các công trình.

- Kết quả của phương pháp crosshole có thể được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, trong đó bao gồm: Đánh giá tính liên tục của môi trường theo phương nằm ngang và thẳng đứng, phân tích khả năng hóa lỏng của môi trường, nghiên cứu biến dạng, hoặc các khảo sát có liên quan đến sự khuếch đại hoặc suy giảm của dịch chuyển đất mạnh. Đặc biệt, phương pháp crosshole là một công cụ địa vật lý thường được sử dụng cho việc khảo sát tỉ mỉ những vấn đề thuộc giai đoạn hai của quá trình khảo sát địa chất. (Giai đoạn 1 bao gồm các khảo sát địa vật lý trên mặt đất, tiếp theo đó là khoan đào và lấy mẫu tại hiện trường). Trong khảo sát thực địa, giai đoạn 2 là giai đoạn thu thập các thông tin có tính quyết định hơn để phân tích các đặc trưng tại hiện trường. Mặc dù cả hai giai đoạn khảo sát đều quan trọng, tuy nhiên, tập hợp dữ liệu của cả hai giai đoạn phải được tích hợp trong phân tích cuối cùng.

- Kỹ thuật crosshole hữu dụng nhất khi các kết quả khảo sát hiện trường trong giai đoạn trước đó cho thấy có sự thay đổi các tính chất của môi trường theo phương nằm ngang và đặc biệt là thẳng đứng. Khi biết được có sự hiện diện của các lớp có mật độ hoặc độ cứng khác nhau trong giai đoạn trước thì phương pháp crosshole là phương

pháp thường được khuyến cáo sử dụng để xác định vận tốc tại hiện trường trong mỗi lớp. Việc thu thập dữ liệu địa chấn crosshole cũng cho phép xác định sự hiện diện các dị thường vận tốc lớp ẩn mà các phương pháp địa vật lý truyền thống trên bề mặt không thể phát hiện được. Kết quả của phương pháp crosshole cũng là tham số và thông tin cần thiết cung cấp cho việc phân tích cuối cùng các dữ liệu địa vật lý bề mặt (điện, địa chấn) cùng với việc hiệu chỉnh thực nghiệm và lý thuyết với các tham số địa kỹ thuật khác.

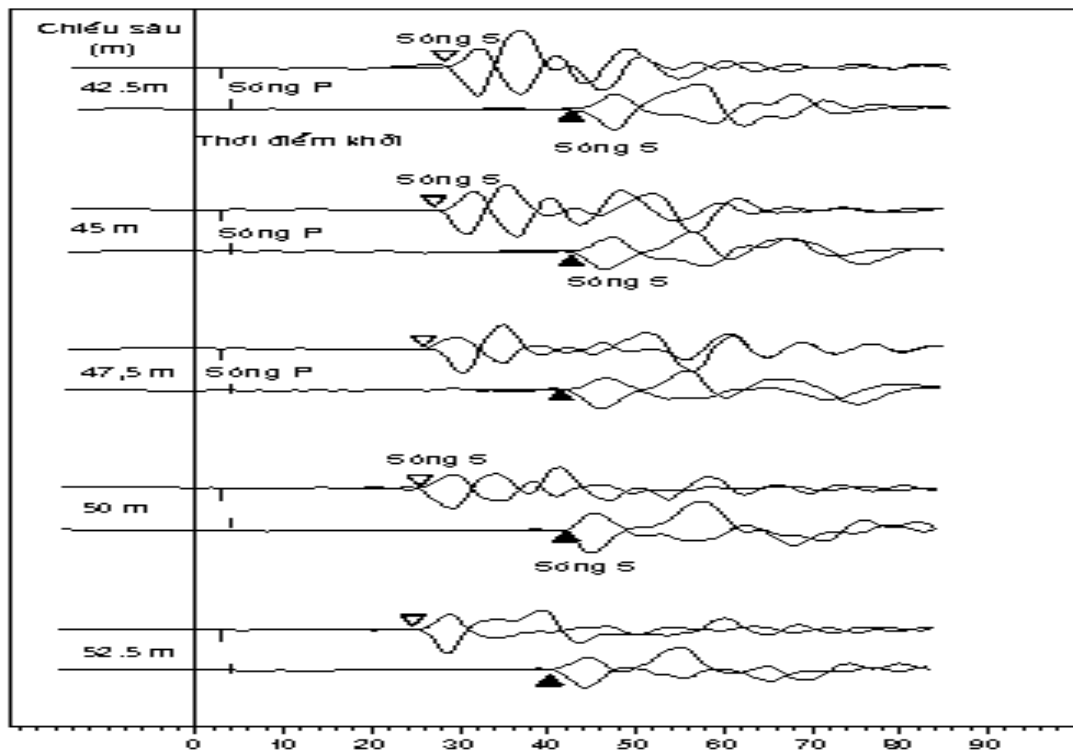
4.4.2 Lý thuyết và thiết bị



Hình 1.20 Sơ đồ bố trí các lỗ khoan và các thiết bị trong phương pháp crosshole

- Phương pháp crosshole được thực hiện bằng cách tạo và ghi nhận sóng khối, trong đó bao gồm sóng P và sóng S tại các chiều sâu và khoảng cách lựa chọn, trong đó, nguồn dao động và máy thu (geophone) được đặt ở cùng một cao độ trong lỗ khoan ở mỗi lần đo. Hình 1.20, minh họa một cách tổng quát cách sắp xếp các thiết bị trong

việc thực hiện phương pháp crosshole. Việc sử dụng hệ thống thu phát theo một phương quy ước nối tiếp nhau (Ví dụ như phương trục tọa độ tia đáp ứng việc phát/thu tín hiệu) tạo hiệu quả tối đa cho việc đo đặc vận tốc sóng P và sóng S tại hiện trường theo phương trục tọa độ. Do sự chuyển động của các phần tử khác nhau dọc theo đường truyền của sóng địa chấn nên chủ yếu sử dụng hệ thống thu phát tối ưu để ghi nhận được sóng P và sóng S tốt nhất. Vì chỉ có duy nhất sóng khối được tạo ra trong quá trình đo đặc crosshole nên sóng mặt không làm ảnh hưởng đến kết quả trong quá trình đo đặc.



Hình 1.21 Sóng SV ghi nhận được tại 5 độ sâu ở hai lỗ khoan đo.

- Stokoe (1980) đã chứng minh rằng các chuyển động phần tử tạo ra với các nguồn địa chấn khác nhau được sử dụng trong phương pháp crosshole là chuyển động 3 chiều. Vì vậy, geophone có 3 thành phần trục giao với nhau có thể thu được kết quả tối ưu trong việc ghi nhận các tín hiệu sóng P hoặc/và sóng S với các geophone 3 thành phần, trong đó gồm có 01 geophone thẳng đứng và hai geophone ngang. Trong phương pháp crosshole seismic, một geophone ngang được duy trì ở phương song song với trục

giữa các lỗ khoan (phương tỏa tia) và 01 geophone ngang còn lại được giữ ở phương trục giao với trục giữa các lỗ khoan (phương ngang). Trong trường hợp này, hai geophone nằm ngang luôn được duy trì theo hai phương tỏa tia và nằm ngang trong quá trình khảo sát. Điều này được hoàn thành do việc thực hiện các lỗ khoan hoặc với các geophone có thể được định hướng điện tử.

- Sóng P được tạo ra bởi một thiết bị nổ điện hoặc chất nổ nhỏ (không làm hỏng ống PVC trong quá trình đo đạc). Để cùng với giả thiết đường truyền tia thẳng xung sóng địa chấn nén ép và làm loãng các vật liệu theo phương tỏa tia đến các lỗ khoan thu. Kinh nghiệm đã chứng minh rằng đối với việc đo đạc tín hiệu sóng P một cách tối ưu chỉ cần một hydrophone có độ nhạy xung áp suất lớn nhất cho năng lượng sóng nén. Hydrophone cũng không cần phải kẹp chặt vào thành lỗ khoan, tuy nhiên, trong các lỗ khoan thu cần phải có nước để sóng P có thể lan truyền từ các thành tạo của môi trường đến thành lỗ khoan và kết nối với hydrophone.

- Việc đo đạc vận tốc sóng P bị ảnh hưởng rất mạnh mẽ bởi hàm lượng độ ẩm hoặc phần trăm bão hòa nước đối với các thí nghiệm địa chấn trên mặt cũng như trong lỗ khoan trong môi trường bờ rời. Trong thí nghiệm lỗ khoan, việc đo đạc địa chấn được tiến hành theo từng độ sâu tuần tự, các máy thu càng lúc càng tiếp xúc gần hơn với mực nước ngầm. Khi ở trong mực nước ngầm, vận tốc sóng P phụ thuộc vào phần trăm độ bão hòa và tỉ số Poisson không còn mô tả hợp lệ của các đặc trưng của thành tạo. (có nghĩa là tỉ số Poisson gia tăng 0,48 -0,49 trong đất bão hòa 100%) vì vậy bên dưới mực nước ngầm sóng P thường được gọi là sóng lỏng, vì vận tốc lan truyền của nó bị chi phối bởi lỗ rỗng chứa chất lỏng chứ không phải là mật độ của thành tạo. Vận tốc sóng lỏng trong nước ngọt thay đổi từ 1400 cho đến 1700 m/s phụ thuộc vào nhiệt độ và hàm lượng muối.

- Sóng S phát ra trong lỗ khoan có thể tách thành hai loại sóng với các chuyển động phần tử khác nhau, sóng SV và SH tương ứng với các chuyển động ngang và đứng. Sóng cắt có tính phân cực đồng nhất điều đó có nghĩa là nó tác động mạnh đến

môi trường thí nghiệm theo hai phương (lên xuống, phải trái) tạo ra các tín hiệu sóng S lệch pha 180^0 . Một nguồn sóng địa chấn có tác động thuận nghịch là yếu tố chính cho việc thu thập và giải đoán dữ liệu sóng S. Hình 1.21 trình bày một chuỗi sóng SV với cực tính đảo chiều (chú ý biên độ thấp của sóng P so với năng lượng sóng S) nhận được ở hai lỗ khoan thu, đó là tia sóng nằm ngang nhưng chuyển động phân tử dọc theo tia sóng nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Các sóng SV này dễ dàng tạo ra bởi các nguồn rung lỗ khoan thương mại thích hợp có tác động thay đổi cực tính (lên xuống) và cũng dễ dàng ghi nhận được vì chỉ có 01 geophone thẳng đứng trong mỗi lỗ khoan. Mặt khác, sóng SH có thể được tạo ra và ghi nhận trong thí nghiệm địa chấn lỗ khoan. Sóng SH cũng lan truyền theo phương nằm ngang nhưng chuyển động phân tử của chúng dao động trong mặt phẳng ngang (có nghĩa là phân cực ngang sự lan truyền sóng S). Vì vậy, để tạo và ghi nhận được các tín hiệu sóng SH cần có các tác động và geophone ngang, phương của nguồn và máy thu cũng vậy, phải song song với nhau trong khi phương của chúng vẫn duy trì ở phương trực giao với phương trực của các lỗ khoan (phương ngang).

- Về mặt lý thuyết, không có sự khác nhau giữa vận tốc sóng SV và sóng SH, điều đó chứng minh cho việc sử dụng nguồn thay đổi cực tính thẳng đứng đơn giản tạo ra sóng SV và các geophone thẳng đứng trong việc ghi nhận các tín hiệu. Tuy nhiên, một số nghiên cứu đã cho thấy sự phụ thuộc đáng kể giữa vận tốc sóng SV và sóng SH do sự bất đồng nhất trường ứng suất theo phương nằm ngang và thẳng đứng (đặc biệt trong môi trường trầm tích hoặc trong các thành tạo đá bị đứt gãy).

- Việc đòi hỏi phải thực hiện nhiều lỗ khoan trong phương pháp crosshole có nghĩa là cần phải quan tâm đến kết cấu các lỗ khoan với việc chống ống và bơm trám. Quy trình đo đạc crosshole đòi hỏi hỗn hợp vữa bơm chung quanh ống chống PVC phải có mật độ phù hợp với mật độ của thành tạo. Về cơ bản, việc chuẩn bị lỗ khoan và thực hiện đầy đủ các quy trình có ý nghĩa quyết định sự thành công hoặc thất bại của thí nghiệm. Việc liên kết giữa ống chống và thành tạo kém sẽ dẫn đến trường hợp tín

hiệu bị suy giảm và thời gian sóng đến bị trễ, đặc biệt đối với sóng P (tần số cao). Việc làm cho phù hợp giữa hỗn hợp vữa bơm trám và thành tạo chung quanh thường không quá khó khăn, nhưng trong các môi trường vật liệu hạt thô, vấn đề nổi lên trong quá trình hoàn tất việc bơm vữa là sự mất vữa vào thành tạo. Ngay cả một lượng nhỏ vữa cũng có thể làm ảnh hưởng đến vận tốc đo được giữa hai lỗ khoan gần nhất. Có một số kỹ thuật thích hợp có thể được sử dụng cho việc bít kín các lỗ xốp chung quanh thành tạo một cách hiệu quả (ví dụ như hạt bông vải, vỏ trái hồ đào đập dẹp, hoặc gia tăng hàm lượng bentonite trong hỗn hợp vữa). Phải thừa nhận rằng việc gia tăng tỉ số bentonite/xi măng trong hỗn hợp sẽ làm ảnh hưởng đến mật độ của các thành tạo, nhưng miễn sao tập hợp hỗn hợp dung dịch có thể đông cứng và tạo thành môi trường liên tục giữa ống chống và các thành tạo chung quanh thì có thể nhận được các dữ liệu có chất lượng trong phép đo crosshole .

- Một yếu tố quan trọng khác trong thí nghiệm crosshole thường hay bị bỏ quên là độ lệch của lỗ khoan khảo sát. Có một số công cụ có thể ghi nhận được độ lệch lỗ khoan tại hiện trường, chẳng hạn như các thiết bị đo độ nghiêng trong hệ thiết bị đo lỗ khoan. Việc đo đạc phương (phương vị) và chiều đứng của lỗ khoan phải được thực hiện tại các độ sâu thu thập dữ liệu địa chấn lỗ khoan. Với các kết quả độ lệch lỗ khoan, việc hiệu chỉnh khoảng cách giữa các lỗ khoan sẽ được tính toán và sau đó sử dụng trong việc phân tích vận tốc truyền sóng. Vì thời gian truyền sóng đo được trong các thí nghiệm crosshole thường rất nhỏ, chỉ vào khoảng vài chục miligiây tương ứng với khoảng cách chỉ khoảng vài mét giữa hai lỗ khoan gần nhất . Giả sử lỗ khoan không thẳng đứng và việc tính toán đầu dây dọi không chính xác sẽ dẫn đến các sai số nhất định trong việc tính toán khoảng cách thu-phát và cuối cùng dữ liệu vận tốc tính toán được sẽ không bảo đảm chính xác.

- Các thiết bị sử dụng trong việc thu nhận các dữ liệu crosshole khác nhau một cách đáng kể, nhưng không có các yêu cầu tiêu chuẩn nào khác, ngoài việc đồng bộ chính xác giữa nguồn xung và thiết bị kích khởi cho mỗi lần ghi. Việc đo đạc crosshole

dựa trên sự chính xác của thời gian kích khởi được đồng bộ giữa tín hiệu thu phát trong phép đo. Tín hiệu kích khởi từ các geophone hoặc máy gia tốc đánh dấu thời điểm 0 được gắn vào búa máy trong lỗ khoan cho phép chính xác hóa thời gian sóng đầu đến ở mỗi lỗ khoan. Đây là điều quan trọng duy nhất khi việc đo đạc chỉ được thực hiện với một tổ hợp hai lỗ khoan (nguồn và thu) vì trong trường hợp này, không thể sử dụng các thời khoảng gia số giữa hai tín hiệu thu tại hai lỗ khoan, việc tính toán vận tốc được xác định một cách đơn giản thông qua việc chia khoảng cách nguồn-thu cho thời gian truyền sóng từ thời điểm đầu đến thời điểm ghi nhận được tín hiệu ở lỗ khoan ghi. Việc sử dụng các thiết bị ghi số đã mang lại cho người thực hiện việc đo đạc một tiện nghi có thể chứa các dữ liệu trên băng từ hoặc bộ nhớ để sử dụng cho việc phân tích sau đó, và đặc biệt quan trọng hơn là các dữ liệu số có thể được lọc, làm trơn và phân tích dịch chuyển thời gian. Việc xử lý số cũng có thể hình thành một cách trực tiếp việc tăng cường độ suy giảm phụ thuộc tần số và phân tích phổ.

- Các nghiên cứu và khảo sát trước đây đã cho thấy rằng việc lựa chọn geophone không làm ảnh hưởng đến các kết quả của việc đo đạc crosshole. Chỉ có hai yêu cầu đòi hỏi đối với các máy thu, đó là các máy thu phải có đáp ứng phẳng hoặc đồng nhất trong dải tần số crosshole (25 đến 300 Hz) và phải có thiết bị áp chặt các máy thu vào thành lỗ khoan để nó không dao động tự do. Các thiết bị ép vào thành lỗ khoan không được làm ảnh hưởng đến đáp ứng cơ học của geophone (cộng hưởng) cũng như dây truyền tín hiệu. Nếu như nguồn sóng SH được lựa chọn cho phép đo thì phải sử dụng các geophone ngang và phải định hướng như đã được mô tả trong phần trước đây để có thể phát hiện được sóng đến SH. Điều tối cần thiết là tính phân cực của mỗi geophone phải được biết trước đối với việc thu thập dữ liệu vì các sóng đến trực tiếp của sóng S với tính phân cực đảo chiều có thể bị phân tích nhầm lẫn một cách dễ dàng.

4.4.3 Phân tích.

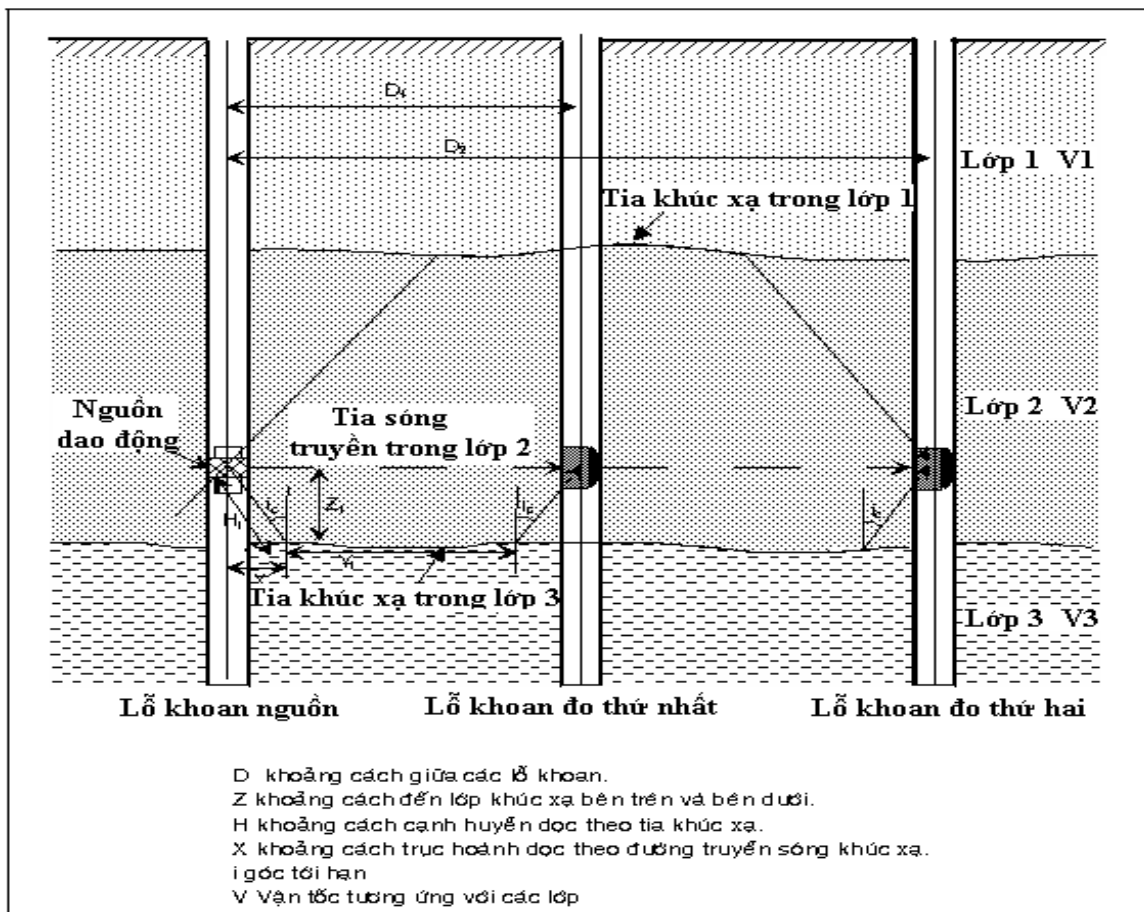
- Để phân tích thời khoảng sóng trực tiếp giữa hai hoặc 3 lỗ khoan, cần thực hiện các bước tuần tự như sau :

- (1) Nhập các thông tin về thành phần thạch học theo kết quả khoan.
- (2) Nhập các tham số về độ lệch cho mỗi lỗ khoan.
- (3) Nhập vào các thời gian truyền sóng P và sóng S ở một hoặc hai lỗ khoan.
- (4) Nhập các thông tin cụ thể về hiện trường (toạ độ vị trí...).
- (5) Vẽ bình đồ lỗ khoan theo các thông tin về độ lệch lỗ khoan.
- (6) Xác định khoảng cách đã được hiệu chỉnh giữa các lỗ khoan (nguồn-lỗ khoan 1, nguồn-lỗ khoan 2, lỗ khoan 1-lỗ khoan 2).
- (7) Tính toán trực tiếp vận tốc sóng P và sóng S.
- (8) Thiết lập các biểu bảng.
 - (a) Dữ liệu phương lỗ khoan và các đồ thị.
 - (b) Các mặt cắt chiều sâu sóng P và sóng S từ mỗi cặp lỗ khoan.
- (9) Đưa vào sự sắp đặt tương tác hoặc các file đồ thị và các tập hợp dữ liệu kết hợp.
- (10) Lập báo cáo dữ liệu địa chấn hoặc các đồ thị cho việc sử dụng.

- Không giống như các kỹ thuật địa chấn trên bề mặt, các thí nghiệm địa chấn crosshole đòi hỏi sự phân tích cẩn thận hơn ở mỗi độ sâu. Ví dụ như trong thí nghiệm crosshole, sóng đầu không phải lúc nào cũng tương ứng với sóng đến trực tiếp như minh họa trong hình 1-20, khi nguồn và máy thu được đặt trong một lớp có vận tốc thấp hơn lớp trên và dưới nó (Đây là dạng lớp ẩn trong địa chấn khúc xạ) trong trường hợp này, sóng khúc xạ tại ranh giới của lớp trên hoặc dưới nó có thể là sóng đến đầu tiên. Cả hai khoảng cách nguồn-thu bên trên và dưới lớp vận tốc cao và tương phản vận tốc (V_1/V_2) ngang qua việc xác định ranh giới địa chấn nếu sóng khúc xạ đến trước sóng trực tiếp. Do ảnh hưởng của các sóng khúc xạ có trên các tập hợp dữ liệu crosshole, quy trình ASTM yêu cầu một chuỗi 3 lỗ khoan vì việc hiệu chỉnh vận tốc có thể thực hiện cho các sóng đến khúc xạ. Cũng vậy, phụ thuộc vào độ tương phản vận tốc ngang qua ranh giới các lớp, các sóng đến trực tiếp ngang qua các lớp có vận tốc thấp thường có biên độ lớn hơn và có thể nhận dạng được. Điều đó cho phép nhậ ra các sóng đến trực tiếp một cách dễ dàng trên biểu đồ dạng sóng. Hình 1.19 trình bày

một ví dụ của sóng (SV-) đến trực tiếp và sóng đến khúc xạ, trong đó thời gian đến của sóng trực tiếp (thấp hơn) có thể được nhặt ra sau đó trong biểu đồ dạng sóng bên cạnh sóng đến khúc xạ biên độ thấp. Trong ví dụ này sự khúc xạ xảy ra trong một tình huống tương tự với trường hợp đã được mô tả trong hình 1.18, đó là sự khúc xạ xảy ra từ môi trường có vận tốc cao bên trên hoặc bên dưới môi trường có vận tốc thấp.

- Khi tiến tới gần ranh giới địa chấn, các sóng đến khúc xạ bắt đầu được điều chỉnh thời gian như sóng đầu và có thể (dễ dàng) bị nhầm lẫn như sóng đến trực tiếp trong phân tích. Vì vậy, việc thực hiện 8 bước tuần tự sau đây (các phương trình) sẽ xác nhận sự phát hiện thời gian sóng đến khúc xạ hoặc thời gian sóng đến trực tiếp ở mỗi băng ghi (ASTM, 1984).



Hình 1.22 Minh họa tia truyền sóng trong thí nghiệm crosshole seismic

1. Tính i_c : $\sin i_c = \frac{V_1}{V_2}$ (17)

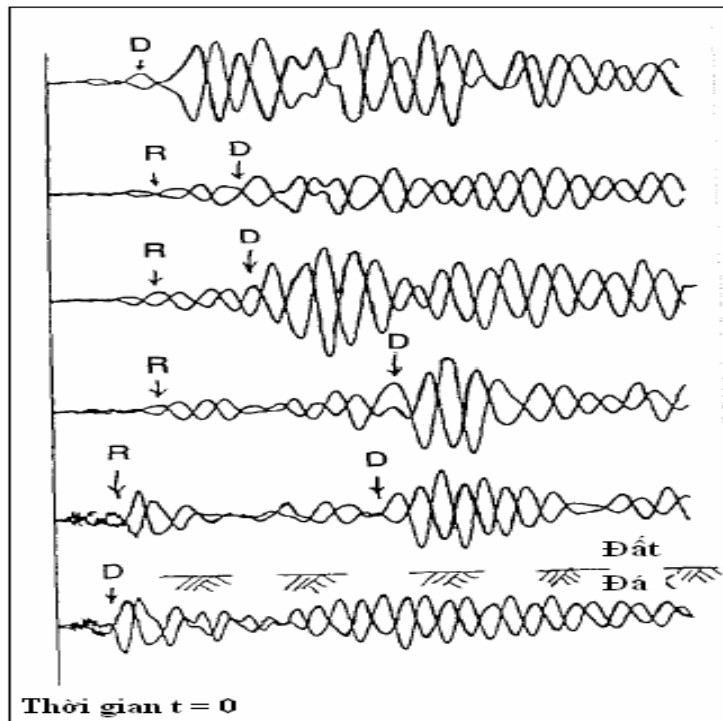
2. Tính toán khoảng cách cạnh huyền H_i , $H_1 = H_2 = H_3 = \frac{Z}{\cos i_c}$ (18)

3. Tính khoảng cách ngang Y_i , $Y_1 = Y_2 = Y_3 = Z \tan i_c$ (19)

4. Tính toán thời gian truyền sóng qua hai môi trường

$$t_{V1} = \frac{2H_1}{V_1} \quad (20); \quad t_{V2} = \frac{(2D_1 - 2Y_1)}{V_2} \quad (21)$$

(V_1 và V_2 là giá trị biết được từ các số liệu đo đạc bên trên và bên dưới ranh giới).



Hình 1.23. Các sóng SV trong thí nghiệm crosshole seismic (D) sóng đến trực tiếp và (R) là các sóng đến khúc xạ.

5. Tính toán tổng thời gian khúc xạ:

$$T_{rfr} = t_{V1} + t_{V2} \quad (22)$$

6. Tính toán tổng thời gian trực tiếp $T_{dir} = \frac{D_1}{V_1}$, điều chỉnh lại thời gian đo :

T_{meas} , So sánh T_{rfr} , T_{dir} , và T_{meas}

7. Nếu $T_{rfr} \leq T_{dir} \approx T_{mea}$ thì V_1 là đúng.

8. Nếu $T_{rfr} \geq T_{mea} < T_{dir}$ thì V_1 là vận tốc biểu kiến (Vận tốc khúc xạ).

- So sánh cả hai tập hợp vận tốc sóng trực tiếp, đó là nguồn- lỗ khoan 1 ($V_{(r1)}$) và nguồn đến lỗ khoan 2 ($V_{(r2)}$) với khoảng vận tốc được tính như sau :

$$\text{Vận tốc khoảng (interval velocity)} = V_1 = \frac{D_2 - D_1}{T_{mea(R2)} - T_{mea(R1)}} \quad (23)$$

Cho phép nhận dạng một cách dễ dàng các ranh giới có vận tốc khác biệt. Khi V_1 lớn hơn nhiều so với hai vận tốc tính toán trực tiếp thì các sóng đến khúc xạ được điều chỉnh thời gian lại như sóng đến đầu tiên ở lỗ khoan thu thứ hai. Vì vậy, so sánh có hệ thống thời khoảng đo được, vận tốc tính toán trực tiếp và vận tốc khoảng ở mỗi chiều sâu ghi cho phép phân tích được vận tốc tại hiện trường ở mỗi chiều sâu đo. Đối với thí nghiệm crosshole, Butler et al, (1978) đã phát triển một chương trình tính thực hiện việc so sánh các vận tốc tính toán tương ứng xác định ở mỗi độ sâu. Trên cơ sở này, để bảo đảm ghi nhận được vận tốc thật, việc đo đạc crosshole phải được hình thành ít nhất 4 khoảng cách đo bên dưới đối cần quan tâm để xác định một cách đầy đủ trắc diện vận tốc.

- Kỹ thuật so sánh được thực hiện nhằm mục tiêu xác định vận tốc khúc xạ dựa trên giả thiết vận tốc không đổi trong mỗi lớp, tuy nhiên đôi khi điều này quá đơn giản. Một số các trầm tích có vận tốc truyền sóng thay đổi một cách tuyến tính chủ yếu có liên quan đến sự thay đổi áp suất theo chiều sâu, trong đó, vận tốc biểu kiến ở mỗi độ sâu có thể được tính toán với $V_{app}(Z) = V_i + K_z$. Trong các trường hợp này V_{app} là

hàm của chiều sâu (z) V_i là vận tốc đầu tiên ở chiều sâu 0 và K là hệ số tăng vận tốc trên một đơn vị chiều sâu. Các vận tốc sóng trực tiếp tính toán cho lỗ khoan ở vị trí xa (lỗ khoan 2) ở mỗi độ sâu luôn luôn hơi cao hơn giá trị tính cho vị trí này tương ứng với lỗ khoan gần (lỗ khoan 1) vì vậy vận tốc khoảng cũng sẽ cao hơn. Việc gia tăng vận tốc theo chiều sâu (cho thấy bao hàm tia sóng có hình vòng cung giữa nguồn và máy thu nhờ đó độ nhạy môi trường sâu hơn khi khoảng cách nguồn- thu gia tăng. Ảnh hưởng của việc gia tăng vận tốc theo chiều sâu lớn nhất bên trong môi trường trầm tích đồng nhất. Trong các điều kiện này việc tính toán vận tốc trung bình từ hai vận tốc trực tiếp (nghĩa là $V_{ave} = (V_{(R1)} + V_{(R2)})/2$) thường là sự đánh giá tốt nhất cho việc trình bày trực diện vận tốc tại hiện trường.

4.4.4 Mô hình và xử lý dữ liệu.

Đặc trưng của bài toán thuận và ngược trong khảo sát địa chấn lỗ khoan gồm có biểu đồ thời khoảng tổng hợp để xem xét mức độ bao phủ tia sóng và độ phân giải của các dị thường vận tốc chưa biết hoặc đã biết tương ứng. Đối với các ứng dụng kỹ thuật việc xác định mức độ bao phủ tia sóng hoặc độ phân giải vận tốc dư không có nhiều thuận lợi, bởi lẽ thí nghiệm crosshole ở cấp độ kỹ thuật sử dụng tia sóng ngang phẳng trong địa chấn hình học để xác định vận tốc trung bình. Các thông tin thạch học như địa tầng, và thành phần thạch học cũng được xác định từ kết quả khoan và chương trình lấy mẫu trước đó để thu thập dữ liệu địa chấn. Điều này cho phép có các thông tin không chế đáng tin cậy hoặc các điều kiện biên được đưa vào dữ liệu thực địa dọc theo các ranh giới của các vật liệu giữa các lỗ khoan.

Đối với các ứng dụng địa kỹ thuật, việc xử lý số trong thí nghiệm crosshole tương tự với việc mô hình các giá trị cực tiểu. Điều này, dĩ nhiên được đặt trên cơ sở các dữ liệu thực địa được thu thập thích hợp và không áp dụng bất kỳ bộ lọc số hoặc tương tự nào trong quá trình thu thập dữ liệu tương ứng với mỗi độ sâu. Có một số kỹ thuật xử lý tín hiệu số hữu ích được sử dụng để xác định các tính chất của môi trường khác hơn

vận tốc sóng P và sóng S cũng như việc cùng cố trắc diện vận tốc crosshole đã tính toán như:

- (1) Phân tích phổ để xác định các hằng số không đàn hồi (sự suy giảm và/hoặc chế ngự vật liệu).
- (2) Phân tích phổ cho việc hiệu chỉnh vận tốc pha và vận tốc nhóm.
- (3) Tương quan chéo giữa các tín hiệu địa chấn ghi nhận được từ một lỗ khoan ghi này (thu) với một lỗ khoan ghi khác hoặc kết nối giữa nguồn và thu cho việc liên hệ tín hiệu.
- (4) Việc xử lý phức tạp chỉ đòi hỏi trong (kỹ thuật) thí nghiệm crosshole và môi liên hệ tin cậy khoảng cách/thời gian cho việc tính toán vận tốc được xem là chức năng và hiệu quả.

4.4.5 Thuận lợi/bất lợi.

Thuận lợi duy nhất của phương pháp crosshole là việc ghi nhận thông tin vận tốc trong một thể tích giới hạn của môi trường ở mỗi độ sâu thí nghiệm. Kết quả cuối cùng của phương pháp là một trắc diện vận tốc sóng P và sóng S chi tiết và chính xác hơn tại hiện trường. Phương pháp crosshole không sử dụng một cấu hình nguồn-thu quy ước duy nhất, tuy nhiên có các cơ hội khác nhau để chỉ phát và thu năng lượng sóng khối cũng như kích thích một cách ưu tiên chuyển động phần tử theo 3 phương đối với thành lỗ khoan thẳng đứng. Bởi vậy, phương pháp crosshole cho phép phân tích dễ dàng hơn các sóng đến trực tiếp trong việc ghi nhận các dạng sóng. Việc đòi hỏi phải thực hiện các lỗ khoan cho phương pháp cho phép nhận được nhiều thông tin địa kỹ thuật tại hiện trường mà khi tích hợp các thông tin này với các dữ liệu địa chấn có thể thu được sự đánh giá tốt nhất cho các ứng dụng địa kỹ thuật (hoá lỏng, biến dạng hoặc đặc trưng chuyển động mạnh).

Một thuận lợi mang tính quyết định trong thí nghiệm crosshole là việc đánh giá cấu trúc vận tốc phân lớp phức tạp của môi trường với các lớp vận tốc thay đổi cao hoặc thấp. Các kỹ thuật bề mặt khác như phân tích phổ sóng mặt, theo lý thuyết có thể

đánh giá cấu trúc vận tốc phân lớp cao/thấp, nhưng do một số giả thiết cố hữu gắn liền với các phương pháp địa vật lý bề mặt nên có thể dẫn xuất ra (mô hình nghịch đảo) một số trắc diện vận tốc không duy nhất nghiệm khi không có thông tin thích hợp về sự phân lớp của môi trường bên dưới mặt đất tại hiện trường. Vì có độ tin cậy đáng kể nên ở mức độ kỹ thuật, có thể dựa vào thí nghiệm crosshole để tính toán các hằng số đàn hồi ứng suất thấp tại hiện trường (modun Young, modun cắt và tỉ số Poisson...) cho phép đánh giá một cách có cơ sở các tham số địa kỹ thuật tại một vị trí riêng. Gần đây, việc ghi nhận vận tốc sóng P và S là các nghiên cứu sự hoá lỏng tại các vị trí có liên quan đặc biệt đến các thành tạo thuộc môi trường bên dưới mặt đất, chứa các vật liệu hạt thô có độ gắn kết kém mà các quy trình thí nghiệm địa kỹ thuật tiêu chuẩn, không thể đánh giá một cách hiệu quả các tính chất tại hiện trường. Để phân tích kỹ thuật trong các môi trường vật liệu hạt thô, thí nghiệm crosshole là một trong các kỹ thuật địa vật lý thích hợp có thể chấp nhận được.

Các bất lợi đầu tiên và trở ngại gặp phải trong quá trình thí nghiệm crosshole là cần phải tìm kiếm và thực hiện nhiều lỗ khoan phục vụ cho việc triển khai phương pháp. Các vị trí khảo sát đòi hỏi phải sử dụng các kỹ thuật không xâm lấn do các điều kiện nguy hiểm dưới mặt đất thì phương pháp crosshole không thể áp dụng được vì quy trình thực hiện phương pháp này ràng buộc đến việc khoan, lấy mẫu và làm sạch lỗ khoan. Tuy nhiên, tại các vị trí đòi hỏi chi tiết về vận tốc sóng P và sóng S thì việc thực hiện lỗ khoan phải theo các quy trình kỹ thuật, và khi môi trường khảo sát tồn tại các điều kiện bất thường (ví dụ các đới sỏi lỗ rỗng) thì cần phải áp dụng các kỹ thuật khoan đặc biệt.

Dữ liệu địa chấn trong crosshole cần phải được phân tích dạng sóng một cách cẩn thận, vì vậy các sóng đến khúc xạ từ lớp trên hoặc lớp dưới một lớp vận tốc thấp phải được nhận ra và hiệu chỉnh vận tốc sóng đầu. Các sóng đến trực tiếp dễ dàng được nhận dạng (ngay cả các sóng khúc xạ vận tốc thấp) khi các thiết bị đã mô tả trước đây được sử dụng cho việc tạo ra sóng P, sóng phân cực SV hoặc các sóng SH. Tiêu chuẩn

thí nghiệm đòi hỏi phải thực hiện việc đo đạc địa chấn lỗ khoan trên một cụm gồm có 3 lỗ khoan, điều này làm cho giá thành của công tác khảo sát trở nên tốn kém trong một dự án, tuy nhiên việc thực hiện như vậy với các cấu hình nguồn/thu và khoảng cách lỗ khoan thích hợp có thể cho phép hiệu chỉnh và đánh giá tối ưu các vận tốc sóng P và sóng S tại hiện trường cho mỗi lớp vật liệu ở các độ sâu khác nhau.

4.4.6 Phương pháp Downhole seismic

Phương pháp Downhole seismic được sử dụng với mục đích tương tự như phương pháp Crosshole seismic, nhằm xác định sự lan truyền của các sóng địa chấn theo phương dọc và phương ngang (sóng P, và sóng S) tại các vị trí có sự hiện diện của những thành tạo chủ yếu ở dạng bờ rời (dạng đất phủ). Thí nghiệm downhole thường được đề nghị sử dụng trong các dự án không đòi việc đo đạc với độ chính xác cao như phương pháp Crosshole.

Năng lượng sóng địa chấn trong downhole seismic được tạo ra trên bề mặt tại một vị trí cách miệng lỗ khoan một khoảng cách cố định. Thời gian lan truyền của sóng đầu được ghi nhận tại các vị trí cách nhau một khoảng cách đều đặn trong lỗ khoan khi sử dụng một dãy các geophone hoặc trong trường hợp khảo sát sóng S, một tổ hợp geophone 3 trục được di chuyển tuần tự theo các khoảng cách đều đặn trong lỗ khoan.

4.4.7 Ý nghĩa và việc sử dụng

Phương pháp downhole seismic cung cấp các giá trị vận tốc sóng địa chấn của các loại đất đá trong địa tầng lỗ khoan nghiên cứu. Những dữ liệu này có thể được sử dụng cho các phân tích động/tĩnh, hoặc để tính toán modun biến dạng, modun đàn hồi, và tỉ số Poisson hoặc đơn giản để xác định những dị thường có thể tồn tại trong lỗ khoan.

Việc thực hiện phương pháp downhole đặt trên cơ sở giả thiết môi trường đất đá nằm ngang.

4.5 Hệ thiết bị đo đạc

Hệ thống thu nhận dữ liệu cơ bản bao gồm (Sơ đồ đo downhole):

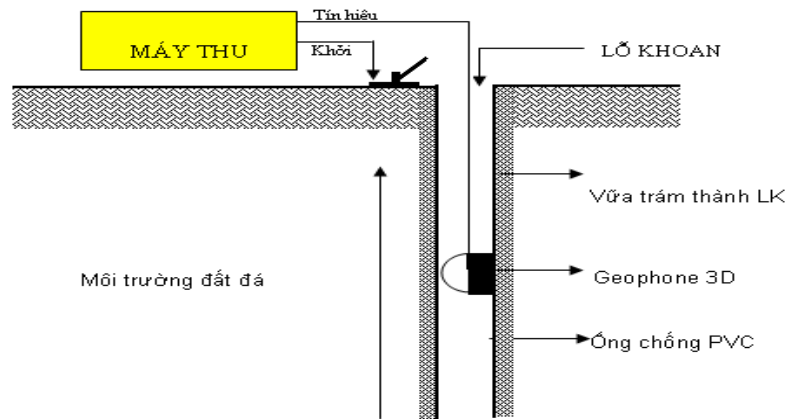
4.5.1 Nguồn năng lượng.

Trong phương pháp downhole, nguồn dao động tạo ra sóng ngang S và sóng dọc P được thực hiện trên mặt đất, trong khi một geophone 3 chiều tuần tự áp chặt vào thành ống chống lỗ khoan tại các vị trí cách nhau một khoảng cách nhất định tùy thuộc vào địa tầng của khu vực khảo sát để cho các máy thu có thể ghi nhận được đồng thời các dao động sóng dọc và sóng ngang của môi trường.

Các nguồn xung dao động như chất gây nổ, búa đập, hay súng hơi đều được xem là những nguồn phát sinh sóng P có thể chấp nhận được. Để làm phát sinh một sóng S xác định, nguồn phải truyền tải năng lượng trong môi trường chủ yếu theo một hướng lệch. Nguồn phát sinh sóng S phải đủ mạnh để tạo ra một chuỗi liên tục sóng S với biên độ tối thiểu gấp 2 lần chuỗi sóng P.

Để tạo ra nguồn sóng P và S thông thường sử dụng các dụng cụ gồm búa sắt và đe gỗ (trường hợp ít là sử dụng đe sắt).

4.5.2 Thiết bị thu (Receivers).



Hình 1.24 Sơ đồ bố trí thiết bị đo downhole seismic

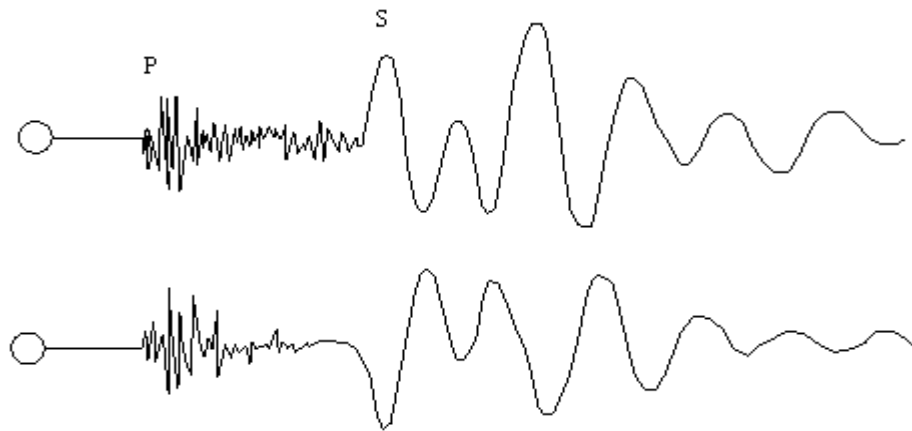
Cảm biến sử dụng trong phương pháp đo downhole là bộ cảm biến có tần số và độ nhạy thích hợp để xác định chuỗi sóng đến. Thiết bị này có thể bao gồm các geophone và máy đo gia tốc. Đáp ứng tần số của bộ chuyển đổi này không được dao động lớn hơn 5% trong dải tần số từ $\frac{1}{2}$ đến 2 lần tần số vượt trội của chuỗi sóng S tại vị trí đặc trưng. Mỗi nhóm thu nhận sóng địa chấn sẽ bao gồm tối thiểu 3 cảm biến đơn

trục được nối trực giao với nhau để tạo thành một tổ hợp cảm biến 3 trục, trong đó có một cảm biến trục đứng và 2 bộ cảm biến trục ngang. Trong tổ hợp 3 trục này, chỉ duy nhất một thiết bị thẳng đứng là thu nhận được sóng S đến. Trong trường hợp không cần quan tâm đến sóng P đến, thì chỉ cần duy nhất một cảm biến trục đứng. Thời điểm sóng P đến sẽ được xác định bởi các cảm biến nằm ngang được đặt gần như hướng về phía bán kính nguồn phát. Các cảm biến phải được gắn vào một hộp đơn (tốt nhất là có dạng hình trụ) và chiều dài không vượt quá 450mm. Hộp chứa các cảm biến phải được ép một cách chắc chắn với thành lỗ khoan. Ví dụ trong trường hợp này gồm có: túi khí, nệm, thiết bị giãn nở cơ học...

4.5.3 Máy thu, hệ thống thu (Recording system).

Hệ thống thu bao gồm những bộ khuếch đại tách rời nhau có đặc tính pha đồng nhất có thể kiểm soát và điều chỉnh được (một bộ cho mỗi thiết bị chuyển đổi). Hệ thống thu chỉ có thể chấp nhận các bộ lọc số, trong khi, các bộ lọc tương tự (tích cực hay thụ động) thường không được chấp nhận vì tính chất chậm pha vốn có của nó. Tín hiệu ghi nhận sẽ được hiển thị dưới dạng thời gian đến chính xác của sóng P và S ngay sau khi kích khởi nguồn phát (được xác định trong khoảng thời gian 0,1ms tại thời điểm các vật liệu đất đá được đo). Thời điểm chính xác sẽ được biểu thị ngay lập tức trước hoặc sau khi tiến hành đo downhole. Độ chính xác được suy ra, ghi nhận hoặc thu được từ những kênh của thiết bị thu bằng một tín hiệu dao động chuẩn tần số 1000Hz được phát ra từ máy tạo dao động điều khiển bằng bản thạch anh hay các kiểm tra từ phòng thí nghiệm chuẩn trong khoảng thời gian cho trước bởi nhà sản xuất thiết bị. Thời điểm 0 sẽ được xác định bằng: (1) hiển thị đồng thời của cơ chế kích khởi bởi một máy thu, (2) Chuẩn trong phòng thí nghiệm (độ chính xác 0,1ms) cơ chế kích khởi để xác định thời gian từ khi đóng mạch khởi cho đến khi xuất hiện tín hiệu điện thế.

Hiện nay hệ thống thu thường được sử dụng cho việc ghi các tín hiệu sóng đàn hồi là máy thăm dò địa chấn Ras-24 seismograph (Hoa Kỳ), Mark-6 (Thụy Điển), Geode-12, Geode-24.. . Đây là các thiết bị chuyên dùng cho việc ghi nhận sóng khúc xạ, phản xạ, downhole hoặc VSP và ngay cả các dạng tomography. Các đặc trưng cơ bản của các loại máy này như sau: Có thể điều chỉnh được độ khuếch đại ở các mức khác nhau, đồng thời có thể cộng dồn các tín hiệu được tạo ra bởi nguồn dao động tại một vị trí cố định để gia tăng tỉ số tín hiệu/nhiều (S/N). Việc đánh dấu thời điểm nổ có thể được lựa chọn theo các phương thức khác nhau như : kích khởi biên độ, hở mạch hoặc ngắt mạch khởi.



Hình 1.25 Dạng sóng trong phương pháp downhole seismic

4.5.4 Quy trình gia công lỗ khoan

4.5.4a Khoan: Cần phải thực hiện một lỗ khoan để phục vụ cho việc thí nghiệm downhole seismic. Công tác khoan được tiến hành bằng kỹ thuật khoan xoay cùng với các biện pháp giảm thiểu sự biến dạng tính chất cơ lý của môi trường trong quá trình khoan và kết cấu giếng khoan. Trong quá trình khoan, việc kiểm tra chiều thẳng đứng của lỗ khoan thường xuyên thực hiện bằng thước thẳng bằng trong từng hiệp khoan 3m.

4.5.4b Lắp đặt ống chống: ống chống được sử dụng trong thành lỗ khoan là ống chống bằng Plastic; phần của lỗ khoan xuyên qua đá gốc sẽ được trám lại bằng xi măng

để làm cứng chắc đến cường độ khoảng $2,2\text{Mg/m}^3$, phần lỗ khoan tiếp xúc với đất, cát, sạn sỏi chung quanh sẽ được trám lại bằng hỗn hợp để tăng cường độ lên $1,90\text{Mg/m}^3$.

4.6. Quy trình thu thập tài liệu

- Nguồn dao động được tạo ra bằng cách đập búa trên một tấm đe gỗ được đặt trên mặt đất để tạo ra sóng ngang và sóng dọc lan truyền trong môi trường.

- Các geophone, được đặt trong lỗ khoan ở chiều sâu đầu tiên là 0m hoặc 1m tính từ mặt đất, dùng túi hơi để ép chặt các máy thu vào thành ống chống lỗ khoan, sau đó thiết lập hệ thống đo đạc, cài đặt các tham số cần thiết, và tiến hành phép đo.

- Đầu vào của máy thu và đầu vào của xung khởi động do đập búa sẽ được ghi nhận đồng thời bởi máy thăm dò địa chấn.

- Tuân tự thực hiện phép đo theo các khoảng cách thích hợp từ trên mặt cho đến đáy lỗ khoan tùy theo mức độ chi tiết yêu cầu, sau đó tiến hành thực hiện ngược lại từ đáy lỗ khoan cho đến mặt đất với khoảng cách thấp hơn một bậc.

- Việc thí nghiệm được tiến hành theo các bước như sau:

Bước 1: Chuẩn bị nguồn dao động (gồm búa và đe) đặt cách miệng lỗ khoan ở một khoảng cách thích hợp.

Bước 2: Thả geophone 3 chiều vào lỗ khoan ở độ sâu định trước (trong trường hợp này là 0m) và ép chặt vào thành khoan bằng cách bơm hơi vào túi hơi.

Bước 3 : Đập búa vào bảng đe theo phương ngang có chiều thẳng góc với đường nối từ điểm đặt đe đến miệng lỗ khoan để tạo sóng.

Bước 4 : Kiểm tra tín hiệu xem đã rõ sóng chưa, nếu chưa thì tiếp tục cộng dồn để làm rõ tín hiệu.

Bước 5: Đập búa vào vào đe theo chiều hướng ngược lại.

Bước 6: Kiểm tra tín hiệu xem đã rõ sóng chưa, nếu chưa thì tiếp tục cộng dồn để làm rõ tín hiệu.

Bước 7: Di chuyển geophone sang vị trí khác và lặp lại từ bước 3 cho đến bước 6 rồi tiếp tục sang điểm đo khác.

Sau khi đã thực hiện phép đo đến hết chiều sâu của lỗ khoan việc đo kiểm tra cũng đã được thực hiện theo các bước tương tự như trên, với bước dịch chuyển lớn hơn từ đáy cho đến miệng lỗ khoan.

4.7. Xử lý và phân tích tài liệu

- Thời gian truyền sóng từ nguồn tạo sóng đến geophone 3C trong lỗ khoan của sóng dọc P và sóng ngang S quan sát tại thực địa được lựa chọn trên băng sóng và thể hiện trong các biểu bảng (bảng 1, 2, 3, 4, 5, 6).

- Vận tốc truyền sóng P và sóng S của các lớp được tính theo công thức:

$$V_i = \Delta L / \Delta t \quad (24)$$

Trong đó:

ΔL : giá số khoảng cách từ nguồn đến máy thu ở độ sâu d_{i+1} và d_i

Δt : Sai biệt thời gian truyền sóng từ nguồn đến máy thu tại hai vị trí d_{i+1} và d_i

V_i : Vận tốc truyền sóng của lớp đất ở giữa hai vị trí d_{i+1} và d_i trong lỗ khoan.

- Các kết quả tính toán được trình bày trong bảng sau.

- Tỉ số Poisson cũng như các tham số đàn hồi động được tính toán theo các công thức sau:

$$G = D \times V_s^2$$

$$M = D \times V_p^2$$

$$\sigma = [0,5 - (V_s/V_p)^2] / [1 - (V_s/V_p)^2]$$

$$E = 2G \times (1 + \mu)$$

$$K = E / 3(1 - 2\mu)$$

G là modun trượt

D là mật độ khối

V_s là vận tốc truyền sóng ngang

V_p là vận tốc truyền sóng dọc

M là môđun liên kết

μ là tỉ số Poisson

E là modun Young

K là modun đàn hồi khối

CHƯƠNG 2: QUY TRÌNH PHƯƠNG PHÁP ĐỊA CHẤN CÔNG TRÌNH

Như đã được đề cập trong phần mở đầu, hầu hết các phương pháp địa vật lý thăm dò đều có thể được ứng dụng một cách hiệu quả trong việc khảo sát các công trình giao thông. Tuy nhiên, phạm vi luận văn này chỉ tập trung vào các ứng dụng cụ thể của phương pháp địa chấn. Do vậy từ phần này trở đi sẽ trình bày chủ yếu về quy trình và ứng dụng thực tế của một vài phương pháp địa chấn, nhằm minh họa cho tính hiệu quả của nó trong lĩnh vực địa kỹ thuật mà cụ thể hơn là trong lĩnh vực giao thông.

Quy trình phương pháp địa chấn công trình

1. Quy định chung

1.1 Bản chất phương pháp.

Đo địa chấn phục vụ điều tra địa chất công trình, gọi tắt là đo địa chấn công trình, là phương pháp dựa trên việc thu nhận sóng đàn hồi truyền lan trong môi trường (đất, đá và nước) do nguồn phát sóng gây ra (gọi là điểm nguồn) để giải đoán trạng thái và tính chất của môi trường, phục vụ đánh giá điều kiện địa chất công trình của vùng khảo sát.

1.2. Cơ sở của phương pháp.

Khi phát sóng tại một điểm trong môi trường, tùy thuộc tính chất của môi trường, sẽ hình thành các sóng đàn hồi khác nhau truyền lan trong môi trường như: sóng truyền trực tiếp, sóng trao đổi, sóng phản xạ, sóng khúc xạ v.v... Tùy theo phương pháp ghi các loại sóng và cách bố trí hệ quan sát ta có các phương pháp đo khác nhau như: phương pháp đo sóng phản xạ (SPX), phương pháp đo sóng khúc xạ (SKX), phương pháp địa chấn hầm lò (ĐCHL), phương pháp mặt cắt thẳng đứng (MCĐ), phương pháp chiếu sóng (CSĐC), phương pháp địa chấn lỗ khoan (ĐCLK), v.v...

1.3. Lĩnh vực áp dụng.

Phương pháp địa chấn công trình được áp dụng trong công tác đo vẽ bản đồ địa chất công trình và trong khảo sát nền móng các công trình giao thông, xây dựng, để giải quyết các nhiệm vụ:

- Xác định ranh giới giữa các lớp đất đá có tính chất và thành phần thạch học khác nhau.

- Xác định các đới phá huỷ, đứt gãy, các hang động karst.
- Xác định chiều sâu mực nước ngầm.
- Xác định các tham số đàn hồi của đất đá trong thể nằm tự nhiên.
- Xác định tương quan thực nghiệm giữa tham số tốc độ truyền sóng đàn hồi với modul đàn hồi Ed, hệ số Poisson ν , với các tham số vật lý khác (điện trở suất,...) và với các chỉ tiêu địa chất công trình như: modul biến dạng, khối lượng thể tích tự nhiên, độ rỗng, độ ẩm,..v.v ...

1.4. Điều kiện áp dụng.

Phương pháp địa chấn công trình có thể tiến hành trên mặt đất, trên mặt nước sông, hồ, ven biển, trong lỗ khoan, trong hầm lò và các công trình khai đào khác.

Địa chấn công trình được tiến hành tổ hợp với các khảo sát địa chất, địa chất thủy văn (ĐCTV), địa chất công trình (ĐCCT) và các phương pháp địa vật lý (ĐVL) khác. Địa chấn công trình được bắt đầu đồng thời với các dạng khảo sát nói trên, hoặc chậm hơn, sau khi đã có các tài liệu địa chất, địa vật lý sơ bộ.

Khi phục vụ đo vẽ lập bản đồ ĐCCT tỷ lệ 1:50.000 (1:25.000), hệ quan sát phải đảm bảo tỷ lệ khảo sát từ 1:10.000 đến 1:2.000 trên đoạn tuyến đo. Các chỉ tiêu kỹ thuật nêu trong bảng 1.

1.5. Các chỉ tiêu kỹ thuật đo địa chấn công trình

Để giải quyết các nhiệm vụ đã nêu ở mục 3, địa chấn công trình phải đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu như sau:

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của địa chấn công trình

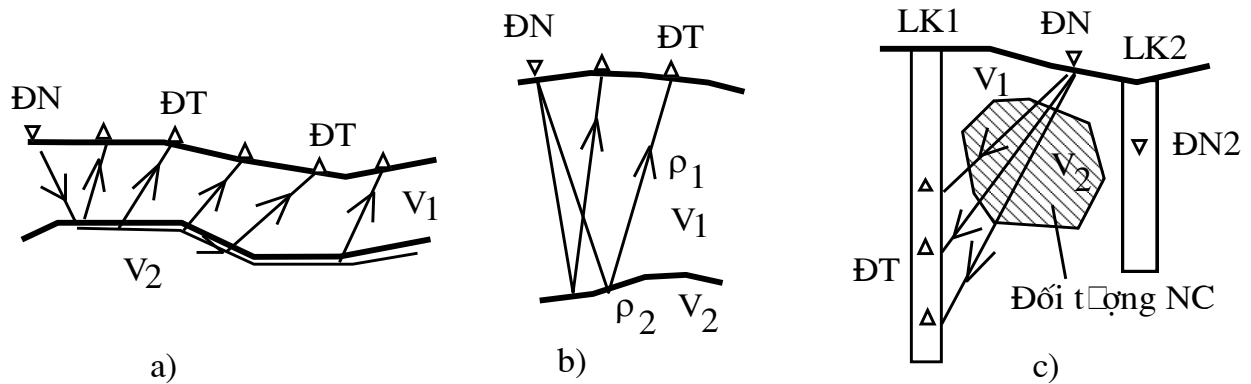
Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Tỷ lệ từ < 1:2.000 đến 1:10.000		Tỷ lệ 1:2.000 đến lớn hơn	
		Nhỏ nhất	Lớn nhất	Nhỏ nhất	Lớn nhất
<i>1. Phương pháp sóng khúc xạ</i>					
<i>1.a. Các chỉ tiêu thi công thực địa</i>					
Khoảng cách điểm thu sóng (ĐT)	m	5	10	0,5	5

Khoảng cách điểm nguồn (ĐN)	m	50	200	10	60
Số ĐN trên 1 đoạn thu	điểm	4	9	4	7
Số ĐN gần	điểm	2	5	2	3
Độ lệch cho phép đặt ĐN gần	m	0,5	1	0,1	0,5
Số ĐN xa	điểm	2	4	2	6
Độ lệch cho phép đặt ĐN xa	%	-5	+20	-5	+20
<i>1.b. Các chỉ tiêu kết quả khảo sát</i>					
Sai số xác định thời gian sóng đến	ms	0,5	1,0	0,25	0,5
Sai số xác định thời gian tương hỗ	%	5	10	5	10
Sai số xác định thời gian tiếng vang (t_0)	%	5		5	
Sai số xác định các tốc độ truyền sóng	%	5	10	5	10
Sai số xác định ranh giới trong lớp phủ, sóng theo dõi không liên tục	%	10	20	10	20
Sai số xác định ranh giới mặt nền, sóng theo dõi liên tục	%	7	15	7	15
Sai số xác định modul đàn hồi (Ed), hệ số Poisson (ν)	%	7	15	7	15
<i>2. Phương pháp SPX điểm sâu chung</i>				Không áp dụng	
Khoảng cách điểm thu sóng (ĐT)	m	1	5		
Khoảng cách điểm nguồn (ĐN)	m	1	5		
Số ĐN trên 1 đoạn thu	điểm	6	24		
Độ lệch cho phép đặt ĐN	m	0,2	1		
Sai số xác định các tốc độ truyền sóng	%	7	10		
Sai số xác định ranh giới địa tầng	%	7	15		
<i>3. Đo hàm lò, chiều sóng, trong lỗ khoan, MCD</i>				Không áp dụng	
Khoảng cách điểm thu sóng	m			0,5	2
Số ĐN trên 1 đoạn thu	điểm			2	12
Độ lệch cho phép đặt ĐN	%			10	20
Sai số xác định thời gian sóng đến	ms			0,1	0,25
Sai số xác định các tốc độ truyền sóng	%			5	10
Sai số định vị đối tượng khi chiếu sóng	%			10	25
Sai số xác định modul đàn hồi (Ed), hệ số Poisson (ν)	%			5	10
<i>4. Trắc địa xác định tuyến</i>					
Sai số xác định độ cao	m	0,1		0,1	
Sai số định vị trên bộ	m	0,5	1	0,1	0,5
Sai số định vị trên vùng nước	m	1	1,5	1	1

6. Quy trình này áp dụng cho các phương pháp địa chấn đo ghi bằng thiết bị ghi số.

7. Các thuật ngữ dùng trong quy trình:

1) Điểm nguồn (ĐN, *Source Location*), tên lịch sử là *điểm nổ*, là vị trí phát sóng đàn hồi vào môi trường.



Hình 2. 1. Các phương pháp công tác địa chấn.

a) Quan sát sóng đầu trong phương pháp khúc xạ; b) Quan sát sóng phản xạ; c) Đo lỗ khoan, chiếu sóng; ĐN: Điểm nổ; ĐT: Điểm thu; V1, V2: Tốc độ truyền sóng trong lớp ρ_1, ρ_2 : Mật độ đất đá; LK: Lỗ khoan

2) Điểm thu sóng (ĐT, *Receiver Location*), là điểm qui ước vị trí thu nhận tín hiệu sóng ở môi trường.

3) Dây ĐT (*Geophone Array*) là chuỗi các ĐT bố trí theo trật tự nhất định để thu nhận tín hiệu sóng trong môi trường, đảm bảo xác định được bản chất và nguồn gốc của các sóng.

4) Hệ quan sát địa chấn là hệ thống bố trí các ĐN và dây ĐT để thu được tài liệu đảm bảo xác định các đối tượng địa chấn - địa chất ở phạm vi khảo sát.

5) Phương pháp sóng khúc xạ (SKX, *Seismic Refraction Prospecting*) thu nhận sóng đầu hình thành từ các lớp đất đá dưới sâu, dùng để xác định ranh giới giữa các lớp đất đá và tính chất đàn hồi của lớp (Hình 1a).

6) Phương pháp sóng phản xạ (SPX, *Seismic Reflection Prospecting*) thu nhận sóng phản xạ từ ranh giới các lớp để nghiên cứu phân lớp trong lớp phủ (Hình 1b).

7) Phương pháp chiếu sóng địa chấn (CSĐC, *Seismic Tomography*): Dùng lỗ khoan, hầm lò hay sườn núi đối diện để thu nhận sóng trực tiếp truyền từ ĐN đến ĐT.

8) Phương pháp mặt cắt thẳng đứng (MCĐ, *Seismic Vertical Profiling*), thu nhận sóng trong lỗ khoan, giải đoán nhiều kiểu sóng (trực tiếp, phản - khúc xạ, các sóng trao đổi P và S), để nghiên cứu không gian quanh lỗ khoan.

9) Đo địa chấn lỗ khoan (ĐCLK) là dạng đo chiếu sóng lỗ khoan từ mặt đất.

10) Đo địa chấn hầm lò (ĐCHL) là dạng đo SKX thực hiện trong hầm lò.

11) Phương pháp đo ghi địa chấn rung (*Vibroseis*) là cách đo ghi dùng nguồn là máy rung, phát và ghi rung động dạng hình sin dài 1÷ 5 s. Để thu được băng ghi sóng thông thường và phải tính hàm số tương quan giữa tín hiệu phát với tín hiệu ở các điểm thu.

2. Chuẩn bị và lập đề án

2.1. Căn cứ vào nhiệm vụ được giao của công tác địa chấn trong đề án khảo sát ĐCCT, công tác chuẩn bị và lập đề án thực hiện tùy theo trường hợp:

- Khi công tác địa chấn là một thành phần trong đề án khảo sát ĐCCT và thực hiện tổ hợp với các phương pháp khảo sát khác, thì công tác chuẩn bị và lập đề án tuân theo các qui phạm chung về công tác đo vẽ ĐCCT hiện hành.

- Khi công tác địa chấn thực hiện chưa có đề án khảo sát ĐCCT, thì lập đề án đo địa chấn độc lập. Trong đề án này có thể bố trí các đo vẽ ĐCCT và ĐVL khác để có tài liệu phục vụ giải đoán tài liệu địa chấn.

2.2. Thu thập tài liệu liên quan đến nhiệm vụ và vùng công tác:

- Bản đồ địa hình có tỷ lệ tương ứng tỷ lệ đo vẽ ĐCCT hoặc lớn hơn.
- Các tài liệu địa chất, ĐCTV, ĐCCT và ĐVL đã có.
- Sơ đồ bố trí các công trình khảo sát địa chất và ĐVL liên quan.
- Tình trạng lớp mặt, để đánh giá điều kiện phát và thu sóng, phục vụ chọn kiểu nguồn phát sóng và cách xử lý điểm thu sóng thích hợp.

2.3. Xác định nhiệm vụ của phương pháp địa chấn

Căn cứ vào nhiệm vụ khảo sát ĐCCT, vào khả năng của các phương pháp địa chấn và điều kiện thi công, vào các tài liệu đã thu thập để xác định nhiệm vụ địa chất cụ thể và chọn các phương pháp quan sát thích hợp.

2.4. Dựa trên nhiệm vụ địa chất, dạng đo địa chấn và mặt cắt ĐCCT cần thành lập, xác định mạng lưới tuyến và khoảng cách điểm thu sóng.

1) Mạng lưới tuyến:

a) Đối với phương pháp SKX và SPX đo trên bề mặt, chọn cách bố trí tuyến theo các dạng sau:

- Khi công tác địa chấn có nhiệm vụ cung cấp tài liệu theo mặt cắt của đề án ĐCCT, thì bố trí tuyến liên tục, trùng với tuyến lập mặt cắt ĐCCT, và ít nhất dài hơn mặt cắt ĐCCT cần thành lập mỗi phía nửa chặng thu.

- Khi công tác địa chấn có nhiệm vụ cung cấp tài liệu tựa cho các phương pháp khác, đo đạc thực hiện trên các đoạn tuyến, bố trí phối hợp với các dạng công tác khác như khoan đào, thí nghiệm cơ lý, và phương pháp ĐVL khác.

- Khi khảo sát theo diện tích hoặc cần tài liệu tập trung theo tuyến công trình xây dựng để có mặt cắt ĐCCT tổng hợp, như trong khảo sát đập thủy điện, đường hầm giao thông, nền móng công trình xây dựng,... thì bố trí theo mạng lưới, gồm các tuyến dọc mặt cắt, và các tuyến ngang để liên kết theo diện.

b) Đối với phương pháp địa chấn hầm lò, chiếu sóng, mặt cắt đứng, đo lỗ khoan, bố trí theo điều kiện cụ thể của công trình khoan đào.

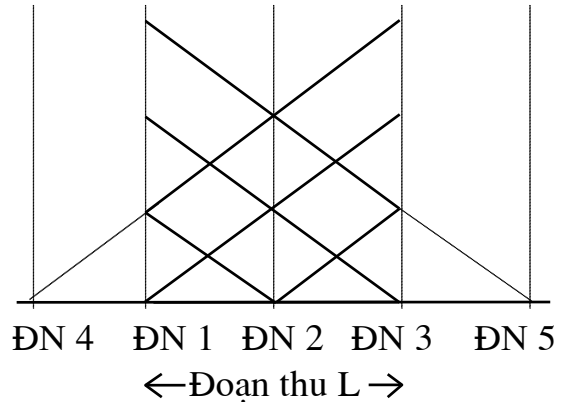
2) Chọn khoảng cách điểm thu sóng:

a) Chọn theo bảng 1 sao cho trên bản vẽ mặt cắt ở tỷ lệ khảo sát thì các điểm thu cách nhau không quá 10 mm.

b) Chọn khoảng cách điểm thu dày thực hiện khi:

- Đo SKX ở đoạn tuyến có độ sâu nền đá gốc nhỏ hơn khoảng cách điểm thu sóng hiện dùng.

- Có yêu cầu xác định tốc độ truyền sóng trong các lớp phủ phục vụ tính tham số cơ lý cho công trình xây dựng, vì khi khoảng cách điểm thu bình thường thì đoạn biểu đồ thời khoảng tương ứng với lớp đó không đủ ít nhất 3 điểm thu để tính tốc độ truyền sóng.



Hình 2.2 Sơ đồ hệ quan sát 5 điểm nổ, gồm 3 điểm nổ gần, 2 điểm nổ xa.

2.5. Phương pháp sóng khúc xạ (SKX)

Chọn hệ quan sát SKX gồm chọn số điểm nguồn và độ dài đoạn thu L.

1) Chọn số điểm nguồn (ĐN):

a) Số ĐN cần bố trí từ 4 đến 9 điểm, gồm:

- Có ít nhất hai điểm ở phạm vi đoạn thu (ĐN gần), trong đó hai điểm ở hai đầu đoạn (ĐN1 và ĐN 3, hình 2).

- Có ít nhất hai điểm ngoài đoạn thu (ĐN xa).

b) Hệ quan sát thường dùng là hệ 5 ĐN gồm 3 ĐN gần, 2 ĐN xa. Các ĐN tạo ra các cặp biểu đồ sóng giao và đuổi nhau.

ĐN xa đặt cách đoạn thu một khoảng lớn hơn khoảng cách điểm lộ sóng nền (xem 10.2) để trên đoạn thu, sóng từ mặt nền hoàn toàn lộ ra ở sóng tới đầu tiên.

Khi tuyến dài có nhiều đoạn thu, các ĐN bố trí ở vị trí xác định, để một số ĐN gần của đoạn này là ĐN xa của đoạn kế tiếp.

c) Chọn hệ quan sát có số ĐN nhiều hơn 5 ở các trường hợp sau:

- Khi có yêu cầu khảo sát chi tiết mặt cắt lớp phủ, thì bố trí tăng số ĐN gần lên 4 ÷ 5 điểm để thu được nhiều đoạn biểu đồ sóng đầu tiên ứng với các ranh giới trong lớp phủ.

- Khi cần làm sáng tỏ các dị thường ở lớp nền đá gốc, hang, karst,.. hay có sự biến đổi tốc độ truyền sóng theo độ sâu trong nền đá gốc, thì bố trí tầng số ĐN xa lên 3 ÷ 5 điểm, để thu được nhiều biểu đồ sóng đuỗi nhau, và xem xét tính song song của chúng.

Việc bố trí các ĐN bổ sung được thiết kế trong khi lập đề án và thực hiện trong quá trình thi công khi có yêu cầu tài liệu chi tiết của đoạn tuyến và có thêm thông tin về môi trường địa chất.

2) Độ dài đoạn thu L lựa chọn theo hai trường hợp:

a) Khi vùng khảo sát có nền đá cứng ở độ sâu nhỏ hơn 1,3 lần độ sâu yêu cầu khảo sát, thì chọn độ dài đoạn thu L lớn hơn 1,3 lần khoảng cách từ ĐN tới điểm sóng từ mặt nền lộ ra ở sóng tới đầu tiên X_N , làm tròn lên theo bội số độ dài búi dây thu (Hình 3).

Khoảng cách X_N được chọn theo kinh nghiệm cho mẫu môi trường phổ biến trong ĐCCT, có tốc độ truyền sóng trong lớp nền $V_G \approx 2 V_{TB}$ trong lớp phủ, là:

$$X_N \approx 2,5 h$$

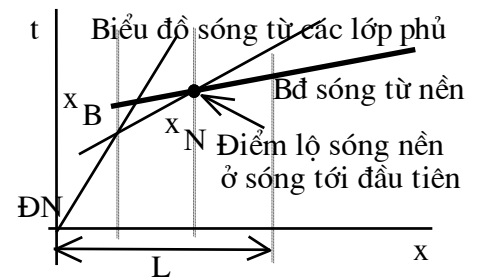
trong đó h là độ sâu lớp nền.

b) Khi vùng khảo sát có nền đá cứng ở độ sâu lớn hơn 40m (như vùng đồng bằng, thung lũng), cần đo thử nghiệm để chọn độ dài đoạn thu L thích hợp bằng cách:

- Dựa theo ước lượng ở mục a), thực hiện quan sát với độ dài đoạn thu L từ 2 đến 3 chặng đo kề nhau.

- Phân tích tài liệu, xác định mô hình môi trường và độ sâu nghiên cứu đã đạt được. Để chắc chắn thường chọn độ dài đoạn thu L đảm bảo nghiên cứu đến 1,3 lần độ sâu khảo sát. Khi độ dài búi dây thu nhỏ hơn độ dài đoạn thu cần thiết, thì thi công nhiều chặng đo cho một đoạn thu.

3) Khi đoạn tuyến đo là sông suối có dòng chảy mạnh, có sóng hay xoáy nước, việc đo ghi trên sông bị nhiễu lớn, thì chọn dạng đo địa chấn phát nguồn ngược. Trong cách



Hình 2.3. Xác định độ dài đoạn thu tối thiểu L cho ĐN gần

đo này, cần chằng cáp thép làm đường tuyến đo, phát sóng tại các ĐT tương ứng trên tuyến, còn máy thu sóng đặt tại các điểm cố định trên bờ, tương ứng với các ĐN. Đoạn tuyến ngang sông được coi là một đoạn thu, bố trí hai ĐT ở hai bên bờ sông, tương ứng với 2 ĐN gần, và 2 đến 4 ĐT xa bờ, tương ứng với các ĐN xa.

Khi lập đề án, phải thu thập tài liệu về dòng chảy, địa vật, ... để chọn biện pháp thi công phù hợp. Đồng thời xem xét khả năng chằng dây nối máy thu qua sông để đo đồng thời hai bên bờ, nhằm giảm sai số xác định thời gian sóng đến. Nếu cần, phải khảo sát thực địa trước. Từ đó, vẽ sơ đồ bố trí đo, cách đặt cáp thép, điểm đặt máy thu sóng, và các chỉ dẫn kỹ thuật cho thi công.

2.6. Phương pháp sóng phản xạ (SPX)

Trong địa chấn công trình chỉ sử dụng phương pháp SPX điểm sâu chung (ĐSC) và đo ghi ở băng tần cao, dải 150 ÷ 2000 Hz.

1). Chọn hệ quan sát ĐSC

- Khoảng cách điểm thu sóng chọn từ 1 đến 4 m. Không dùng khoảng cách thu lớn hơn 1/20 độ sâu lớn nhất cần khảo sát để đảm bảo chất lượng cộng ĐSC.

- Bậc cộng sóng chọn từ 6 đến 24.

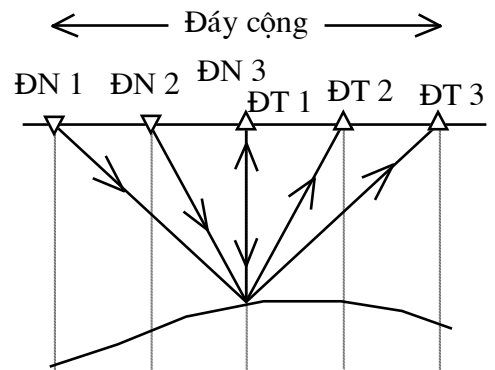
- Dùng nguồn phát sóng là đập, súng hơi, nổ kíp hoặc nổ mìn liều nổ nhỏ.

2). Đo đặc thử nghiệm để xác định các tham số quan sát thực hiện theo trình tự:

a) Đo với khoảng cách điểm thu dày cỡ 1 m, và bậc cộng lớn từ 12 trở lên.

b) Xử lý kết quả thử nghiệm với bậc cộng và khoảng cách thu khác nhau.

c) So sánh kết quả, chọn ra tham số ứng với bậc cộng tối thiểu mà kết quả xử lý ĐSC thể hiện rõ các ranh giới phản xạ ở độ sâu khảo sát yêu cầu lớn nhất.



Hình 2.4. Sơ đồ đo và cộng sóng ĐSC với bậc cộng bằng 3.

Việc chọn tham số cần chú ý các yếu tố sau:

- Khoảng cách điểm thu sóng chọn không nhỏ hơn bán kính tương quan của nhiễu ngẫu nhiên chủ yếu trên băng chưa cộng, nhưng không làm đáy cộng quá lớn, đến mức tia sóng phản xạ bên ngoài cùng có góc phản xạ lớn hơn góc tới hạn (Hình 2.4).

- Tăng bậc cộng sẽ tăng tỷ số tín hiệu / nhiễu cho đường ghi tổng, làm nổi các sóng phản xạ từ các mặt phản xạ sâu, nhưng sẽ làm tăng giá thành khảo sát.

2.7. Phương pháp MCD và ĐCLK :

a) Thiết bị quan sát:

- Phát sóng bằng nguồn xung (đập, búa máy, nổ kíp hoặc mìn).

- Thu sóng trong lỗ khoan bằng đầu thu chuyên dụng hoặc tự chế. Nếu tự chế, thì tháo vỏ máy thu, lắp lên cáp theo khoảng cách điểm thu thiết kế, và dùng cao su non, băng dính cố kết máy thu vào cáp.

Đo ĐCLK có thể dùng đầu thu đơn kênh. Đo MCD phải dùng đầu thu đa kênh.

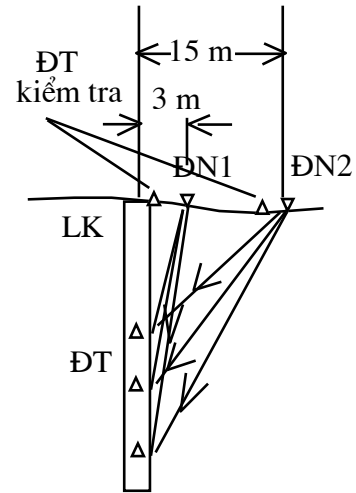
b) Hệ quan sát:

- Cần ít nhất hai điểm nguồn: Một ĐN gần, đặt sát miệng lỗ khoan theo khả năng không gây phá hủy lỗ khoan, thường từ 2 đến 4 m, và ĐN xa, cách miệng lỗ khoan cỡ 1/5 độ sâu lỗ khoan, nhưng không nhỏ hơn 7 m.

- Bố trí điểm thu kiểm tra, có ít nhất hai điểm: Tại miệng lỗ khoan và tại ĐN xa (Hình 5).

Khi đo địa chấn lỗ khoan, có thể chọn dạng đo ngược bằng cách đảo các vị trí thu và phát trên sơ đồ đo đã thiết kế.

2.8. Phương pháp chiếu sóng địa chấn:



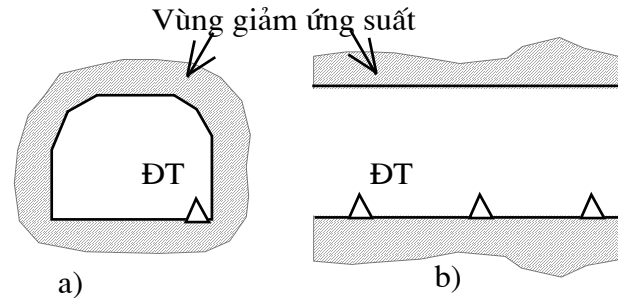
Hình 2.5. Bố trí đo địa chấn lỗ khoan

Bố trí hệ quan sát chiếu sóng dựa trên các tư liệu địa chất - địa vật lý ban đầu về đối tượng cần nghiên cứu, và tình trạng hiện tại của công trình khoan đào. Có thể bố trí theo các cách sau: chiếu sóng giữa các lỗ khoan, giữa các công trình khai đào, giữa lỗ khoan, công trình khai đào và mặt đất, hoặc bố trí hai bên sườn núi v.v...

Khoảng cách điểm thu sóng chọn theo bảng 1. Số lượng và cách bố trí ĐN xác định theo yêu cầu khảo sát và dựa trên quan hệ hình học của đối tượng với đoạn thu sóng, sao cho các tia sóng bao trùm lên khối cần nghiên cứu.

2.9. Đo địa chấn hầm lò:

Nhiệm vụ chính của đo địa chấn trong hầm lò là thu nhận và liên kết sóng ngang trao đổi PSP từ mặt đá nguyên dạng để cùng với sóng dọc tương ứng, tính modul đàn hồi E_d và hệ số Poisson ν của khối đá, xác định vùng giảm ứng suất do việc đào lò gây ra (hình 2.6).



Hình 2.6. Bố trí quan sát SKX trong hầm lò.

Quan sát thực hiện theo phương pháp SKX ở tỷ lệ 1: 200 đến 1: 1000, khoảng cách điểm thu 1 ÷ 2 m. Hệ quan sát là 4 ÷ 5 ĐN, trong đó có 2 ĐN xa. Phát sóng bằng đập búa hoặc nổ kíp.

2.10. Lựa chọn nguồn phát sóng đàn hồi: Dựa trên nhiệm vụ, phương pháp công tác, điều kiện thi công và nguồn phát sóng hiện có, lựa chọn nguồn phát sóng với các chỉ tiêu:

- Cường độ nguồn phát sóng, để đạt độ sâu cần khảo sát (Bảng 2).
- Tần số sóng phát và thu đạt độ phân giải (độ chi tiết) và độ chính xác của các ranh giới. Tần số phụ thuộc vào kiểu nguồn sử dụng, và đặc điểm môi trường ở điểm phát và thu sóng

Bảng 2. Các kiểu nguồn chính

Kiểu nguồn	Đặc trưng chính	Độ sâu nghiên cứu SKX	Độ sâu nghiên cứu SPX và chiều sóng
Liều nổ TNT, amonit	Phổ rộng, xung đẳng hướng	Theo liều nổ	Theo liều nổ
Kíp điện		0 ÷ 15 m	20 ÷ 300 m
Búa đập 5 Kg, cộng nhiều lần đập	Xung có hướng	0 ÷ 35 m	20 ÷ 500 m
Búa máy 1 ÷ 4 KW	Xung có hướng	0 ÷ 40 m	20 ÷ 500 m
Máy rung <i>Vibroseis</i> 10 ÷ 300 HP	Băng tần hẹp, rung động có hướng	0 ÷ 50 m	Theo công suất 20 ÷ vài nghìn m
Nguồn xung điện (<i>boomer</i>) 2 KW	Đẳng hướng, dùng ở môi trường nước	0 ÷ 35 m	20 ÷ 100 m
Súng hơi, 2 ÷ 100 HP	Đẳng hướng, dùng ở môi trường nước	0 ÷ 50 m	Theo công suất 20 ÷ vài nghìn m

2.11. Nội dung của đề án địa chấn:

a) Mục tiêu nhiệm vụ: Căn cứ vào các yêu cầu của đề án khảo sát ĐCCT, đề án địa chấn xác định các nhiệm vụ cụ thể và kỹ thuật công tác, thời gian tiến hành công việc.

b) Vị trí vùng công tác, đặc điểm địa lý, kinh tế, nhân văn,..., và đánh giá ảnh hưởng tới quá trình thi công.

c) Lịch sử nghiên cứu địa chất, ĐCCT, ĐVL đã tiến hành trên vùng công tác. Đánh giá mức độ sử dụng những tài liệu đã có vào phân tích giải đoán tài liệu địa chấn.

d) Phương pháp và khối lượng công tác, nêu tóm tắt các vấn đề:

- Cơ sở địa chất - địa vật lý để lựa chọn các dạng công tác địa chấn, nhiệm vụ kỹ thuật và khối lượng của công tác đó;

- Phương pháp quan sát, mạng lưới, và các biện pháp kỹ thuật cần áp dụng;

- Yêu cầu về trắc địa đối với các dạng công việc;

- Sai số cho phép của các phương pháp công tác.

e) Tổ chức thi công: Tổng quát về kế hoạch thi công, gồm tổ chức, nhân lực, các bước thực hiện. Nếu đề án kéo dài, cần có biểu đồ lịch thi công.

g) Công tác văn phòng: Nêu các phương pháp xử lý tính toán. Các phương pháp cổ điển chỉ cần nêu ngắn gọn.

h) Sản phẩm của đề án: Báo cáo, mặt cắt địa chấn - địa chất, bảng giá trị tham số cơ lý của các địa tầng, các sơ đồ,... trên cơ sở nhiệm vụ nêu ở điểm a).

i) Dự toán: Được tính toán trên cơ sở định mức, đơn giá, và chi phí phụ trợ theo qui định hiện hành.

k) Danh mục tài liệu tham khảo

l) Các phụ lục (bản vẽ) kèm theo đề án:

- Sơ đồ khái quát vùng công tác;

- Sơ đồ địa chất, ĐCCT ở tỷ lệ khảo sát (1:50 000, 1:25 000 hay lớn hơn);

- Sơ đồ bố trí tuyến địa chấn và các công trình khảo sát địa chất, ĐVL có liên quan;

- Khi đo chiều sóng, lỗ khoan, hay MCD có nhiều hướng phát sóng, cần vẽ lược đồ quan sát dự kiến.

2.12. Thành phần một tổ đo địa chấn có:

1) Bộ phận đo máy, gồm:

- | | |
|---------------------------------------|---------------|
| - Kỹ sư, kỹ thuật viên đo máy, ghi số | 2 đến 3 người |
| - Kỹ sư, kỹ thuật viên đường dây | 2 đến 4 người |
| - Công nhân đường dây | 3 đến 6 người |

2) Bộ phận phát sóng (bắn mìn, đập búa), có 2 nhóm, gồm:

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| - Chỉ huy phát sóng | 1 người |
| - Công nhân nổ mìn hoặc đập búa: | 4 đến 8 người / 2 nhóm |

Khi dùng nguồn bùng nổ, súng hơi, nguồn xung điện (*boomer*), máy rung, ... số kỹ thuật viên và công nhân vận hành tùy thuộc loại thiết bị.

3) Bộ phận trắc địa:

- | | |
|---------------------------------------|---------|
| - Kỹ sư, kỹ thuật viên đo máy, ghi số | 2 người |
| - Công nhân | 2 người |

4) Bộ phận văn phòng thực địa:

- Kỹ sư địa vật lý phân tích tài liệu : 2 đến 6 người

2.13. Công tác chuẩn bị:

Sắp xếp bố trí nhân lực, kiểm tra máy móc thiết bị, mua sắm phương tiện, nguyên vật liệu, và trang bị bảo hộ lao động.

Tổ chức học tập an toàn lao động (ATLĐ) theo qui định hiện hành cho các thành viên tham gia sản xuất thực địa.

Khi dùng nguồn phát sóng là chất nổ, phải thực hiện các qui định hiện hành về tàng trữ, vận chuyển và sử dụng vật liệu nổ, trong đó chú ý:

- Xin Giấy phép sử dụng vật liệu nổ tại vùng công tác;
- Người thực hiện nổ mìn phải có giấy chứng nhận được phép nổ mìn do cơ quan có thẩm quyền cấp;
- Người tham gia sản xuất phải được huấn luyện ATLĐ về làm việc ở vùng có vật liệu nổ, và các biện pháp sơ cứu khi có tai nạn;
- Lập Nội quy ATLĐ, trong đó chú ý biện pháp phối hợp giữa bộ phận nổ mìn và tổ công tác.

3. Thi công thực địa

3.1 Trước khi thi công thực địa phải thực hiện kiểm định máy tại cơ sở kiểm định có thẩm quyền.

Khi chưa có Qui trình kiểm định máy địa chấn, thực hiện các biện pháp kiểm chuẩn nêu ở Phụ lục II, mục 1 ÷ 5. Kiểm tra máy thu sóng theo Phụ lục II.6.

3.2 Chọn tham số ghi song:

1) Chọn bước số hoá tín hiệu Δt theo hai yếu tố:

a) Độ phân giải đo thời gian cần có để xác định các ranh giới địa chấn:

$$\Delta t \approx \delta h/V$$

trong đó:

Δt là bước số hoá, tính bằng s;

δh là sai số xác định ranh giới cần đạt được, chọn là $1 \div 2\%$ độ sâu h dự tính, tính bằng mét;

V là tốc độ truyền sóng trung bình trong lớp phủ, tính bằng m/s.

Trường hợp chưa có số liệu tốc độ truyền sóng, có thể dùng giá trị $V \approx 500 \div 800$ m/s cho lớp phủ khô, $1200 \div 1500$ m/s cho lớp phủ bão hoà nước.

b) Để tránh nhiễu gương của quá trình số hoá, tần số số hoá phải lớn hơn 4 lần tần số cao nhất f_{\max} tính bằng Hz trong băng tần của tín hiệu sẽ thu. Khi đó bước số hoá phải thoả mãn biểu thức:

$$\Delta t < 1 / (4f_{\max}).$$

Bảng 3. Đặc trưng băng tần của sóng và chọn bước số hoá

Phương pháp	Băng tần chính	Bước số hoá
SKX trên mặt đất, nước	25 ÷ 500 Hz	100 ÷ 500 μ s
SKX trong hầm lò	30 ÷ 1000 Hz	20 ÷ 250 μ s
Đo lỗ khoan, chiếu sóng, MCD	30 ÷ 1000 Hz	20 ÷ 250 μ s
SPX ĐSC	150 ÷ 2000 Hz	20 ÷ 50 μ s

Khi chưa có cơ sở để chọn bước số hoá, phải đo thử nghiệm với bước số hoá nhỏ (bảng 3). Xem các băng ghi với các tỷ lệ hiện theo thời gian từ 1:2 đến 1:10, chọn ra tỷ lệ nào còn hiện rõ các xung sóng, từ đó tính ra bước số hoá nên dùng.

2) Chọn độ dài ghi tín hiệu theo thời gian cần có để ghi hết tín hiệu có ích đến muộn nhất.

- Khi đo SKX và MCD, thường chọn theo sóng trao đổi ngang PSP hình thành từ mặt nền, tính cho khoảng cách ĐN - ĐT xa nhất (xem Phụ lục III.2).

- Khi đo địa chấn lỗ khoan, chiếu sóng địa chấn, chọn cỡ 2 lần thời gian truyền theo tia của sóng dọc P.

- Khi đo SPX, chọn theo sóng dọc P phản xạ từ ranh giới ở độ sâu lớn nhất cần khảo sát.

Nếu máy qui định chọn độ dài ghi là *số điểm số hoá* của kênh tín hiệu (*Samples*), thì tính độ dài này bằng thời gian cần ghi chia cho bước số hoá.

3) Chọn thời điểm bắt đầu ghi sóng khi dùng nguồn xung lực (đập búa, nổ, bắn súng hơi): Cần thực hiện ghi sóng từ trước thời điểm phát nguồn (đầu *moment*) từ 1 đến 5 ms, bằng cách đặt độ trễ ghi (*số Delay/Pre-Trig*) là âm (ví dụ -1 cho 1 ms trước thời điểm phát sóng). Không nên dùng độ trễ dương để đo ghi.

4) Chọn bộ lọc tương tự:

a) Chọn bộ lọc tương tự (*Analog Filter*) của máy bằng thực đơn đặt tham số ghi (*Setting*). Bộ lọc này cắt phần phổ tín hiệu lọc trước khi ghi, nên sẽ mất hẳn trong số liệu.

Khi đo các phương pháp khác (SKX, chiếu sóng,...), nên đo ghi tín hiệu ở dải rộng.

Khi đo SPX ĐSC, chọn bộ lọc thông cao với giới hạn dưới từ 150 ÷ 200 Hz.

b) Khi dùng bộ lọc và cần chọn tham số lọc, thì thực hiện:

- Đo thử nghiệm trên một vài chặng máy, với dải rộng, hoặc lọc với giới hạn dưới của băng tần theo số liệu ở bảng 3.

- Dùng chức năng lọc số (*Digital Filter*) của máy, với các bộ lọc khác nhau để chọn ra băng thể hiện tín hiệu rõ nhất, từ đó chọn tham số lọc tương tự thích hợp.

3.3. Phát sóng: Dựa vào đề án và môi trường của vị trí đặt ĐN, thực hiện theo một trong các dạng sau:

1) Nguồn nổ mìn, nổ kíp:

a) Bố trí lấy dấu khởi động theo kiểu vòng dây, hoặc kiểu xung điện phát nổ. Nếu dùng kiểu xung điện phát nổ, cần kiểm tra độ trễ phát nổ của loạt kíp, theo Phụ lục II, mục 5.c.

b) Tại ĐN gần, dùng kíp hoặc liều nổ nhỏ.

- Khi nổ trên bộ, cần đặt liều nổ trong hố và chèn lấp đất, nhưng độ sâu không quá 1/15 khoảng cách điểm thu sóng. Chỉ khi đất đá quá rắn thì đặt trên mặt đá.

- Khi đo trên vùng nước cần dùng phao giữ cho liều nổ ở độ sâu đã được xác định, và dùng dây chằng từ thuyền tới búi dây để giữ liều nổ đúng vị trí.

c) Tại ĐN xa, cần chôn sâu liều nổ để đảm bảo hiệu suất phát sóng tốt. Tìm cách tận dụng các hố, vũng có nước hay sông ngòi trong phạm vi độ lệch nêu ở bảng 1.

- Khi nổ trên bộ, phải đào hố đặt liều nổ và dùng đất ướt chèn lấp hố.

- Khi nổ trên vùng nước, có thể thả liều nổ xuống đáy nước, hoặc dùng phao và quả nặng để treo liều nổ ở lưng chừng. Dùng dây buộc liều nổ chắc chắn để tránh trôi mất chất nổ.

d) Khi dùng *buồng nổ*, cần đào hố đặt buồng chấn có độ sâu an toàn cần thiết tương ứng với liều nổ sử dụng. Liều nổ lớn nhất không được vượt quá trị số an toàn của buồng theo lý lịch thiết bị. Không dùng buồng đã bị hư hại.

đ) Chú ý đảm bảo khoảng an toàn từ liều nổ đến người và thiết bị, theo Qui định về sử dụng vật liệu nổ.

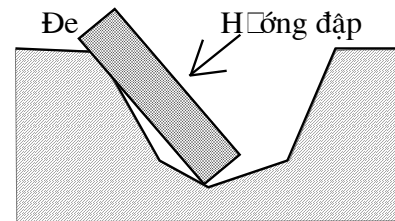
2) Nguồn đập tạ, búa, búa máy

a) Bố trí lấy dấu khởi động bằng công tắc búa, hoặc máy thu sóng đặt tại điểm phát.

Khi dùng máy thu sóng, cần chú ý giữ máy thu không bị bật khỏi điểm đặt máy sau mỗi lần đập, đảm bảo mức tín hiệu khởi động ổn định.

b) Trên nền đất mềm, dùng đe sắt, thớt nhựa hoặc gỗ cứng, đặt nằm ngang hoặc ở góc nghiêng đã thiết kế của phương pháp đo để làm điểm đập búa hoặc tạ.

c) Khi đo SKX trên bộ, cần đập búa nghiêng với góc nghiêng của đe là $20^\circ \div 45^\circ$ và hướng về phía đoạn thu, để xung lực đập trùng phương với tia sóng tới hạn, làm tăng cường độ sóng trượt trên ranh giới và tăng khả năng hình thành sóng trao đổi ngang PSP (Hình 7).



Hình 2.7. Bố trí đập nghiêng

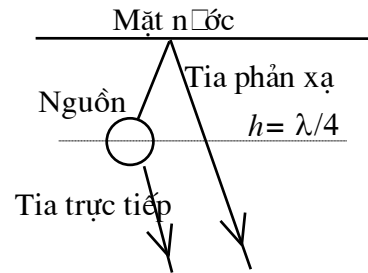
3) Nguồn rung: Dùng máy thu sóng đặt tại điểm phát để thu tín hiệu chuẩn và để khởi động đo ghi. Hướng phát rung thực hiện theo khả năng thiết bị và thiết kế đo đạc của đề án.

4) Nguồn xung điện (*boomer*), súng hơi: Dùng máy thu sóng hay cảm biến chuyên dụng đặt tại điểm phát để lấy dấu khởi động.

Nguồn được treo bằng phao, hoặc vào mạn thuyền ở độ sâu cần thiết:

- Tại ĐN gần, độ sâu không $> 1/15$ khoảng cách điểm thu sóng.

- Tại ĐN xa, đặt ở độ sâu tối ưu $h = \lambda/4$, trong đó λ là bước sóng chính của tín hiệu địa chấn phát ra trong môi trường nước (Hình 8).



Hình 2.8. Độ sâu tối ưu h khi đặt nguồn dưới nước

3.4 Thi công đo phương pháp SKX trên mặt đất và trong hầm lò:

1) Định vị điểm đặt máy thu trên tuyến bằng thước dây, hoặc bằng các gút đầu nối máy thu trên cáp đo.

2) Rải cáp và máy thu lên tuyến đo.

a) Chặng máy đầu tiên trên tuyến cần rải máy thu sao cho một điểm thu trùng vào một điểm mốc nào đó của tuyến. Các chặng máy kế tiếp được rải gói ít nhất một điểm thu lên chặng máy trước đó.

b) Để đặt máy thu, dùng chèo đục lỗ rộng gần bằng đuôi máy thu theo hướng vuông góc với mặt đất đá. Cắm máy thu chặt vào đất đá. Nếu đất đá quá cứng chắc, dùng đất sét đắp lên để đặt máy thu.

3) Xác định vị trí các ĐN trong phạm vi búi dây (ĐN gần) dựa theo vị trí các điểm thu.

a) Để tránh gây hư hỏng máy thu, các ĐN có thể dịch ngang tuyến, nhưng không quá 20% khoảng cách điểm thu.

b) Khi sử dụng nguồn nổ ở ĐN gần tại đầu búi dây thu mà cường độ sóng không đủ mạnh để thu ở điểm xa nhất, thì chọn cách xử lý sau:

- Nổ nhiều lần với liều nhỏ và thực hiện cộng sóng.
- Tăng liều nổ, gỡ bỏ các máy thu sát ĐN, ghi băng thể hiện được sóng ở đoạn xa ĐN đó.

4) Xác định vị trí các ĐN ngoài búi dây (ĐN xa) bằng thước dây, hoặc theo vị trí của ĐN đã thi công ở chặng máy trước.

5) Ghi vào sổ đo các đặc điểm của đoạn tuyến: mốc trắc địa, địa hình địa vật, vị trí có thay đổi của hướng tuyến đo, vết lộ địa chất, các thay đổi trạng thái bề mặt,... so với vị trí các máy thu, để định vị đoạn thu và giải thích tài liệu sau này.

3.5 Thi công đo phương pháp SKX trên mặt nước (sông, hồ, ...)

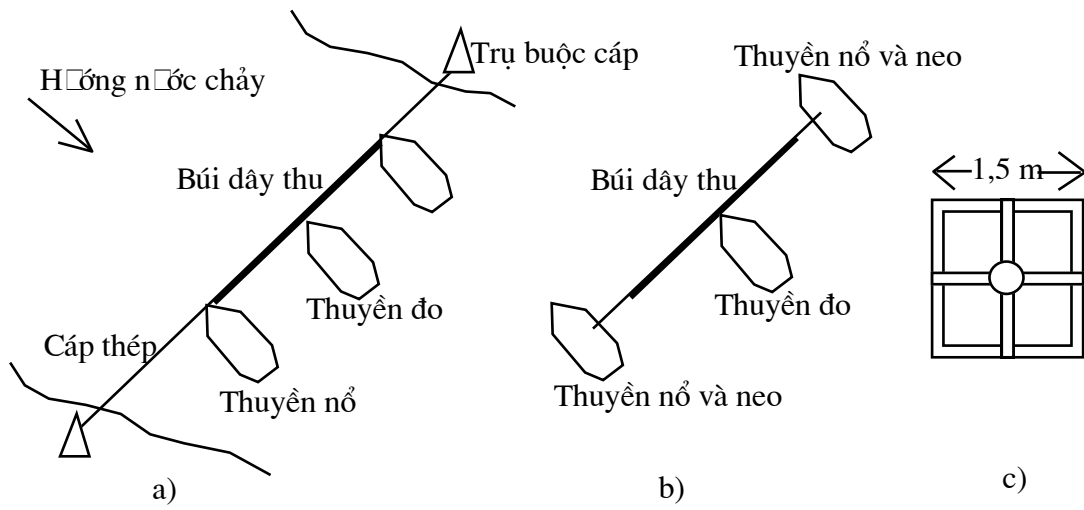
1) Trước khi thi công trên mặt nước phải làm công tác chuẩn bị, gồm có:

a) Xác định cách cố định búi dây thu trên mặt nước:

- Khi vùng mặt nước không rộng và có thể tạo các điểm buộc cáp trên bờ, thì dùng tời và cáp thép $\varnothing 3 \div 7$ mm, dài $300 \div 500$ m, căng dọc theo tuyến đo.

- Khi vùng nước rộng, không thể dùng cáp thép, thì dùng các thuyền có neo chằng dây trên đoạn tuyến cần đo.

b) Chế tạo bè thu trên nước: Khi dùng máy thu thông thường (máy thu cơ điện) để thu trên mặt nước, cần chuẩn bị trước các bè hình chữ điền (⊕) hay dạng thoi (◆, dùng trên vùng nước chảy mạnh) bằng ống bương hay ống nhựa dán kín, kích thước $0,8 \div 1,5$ m, cố kết máy thu vào giữa, nối vào cáp thu, và dùng bao cao su non bọc cách nước cho máy thu và đầu nối dây, sau đó dùng dây chằng nối các bè theo khoảng cách điểm thu thiết kế.



Hình 2. 9. Đo SKX trên sông nước.

a) Khi có điểm buộc cáp; b) Khi không có điểm buộc cáp;

c) Bè chữ điền bằng ống bương hay ống nhựa để đặt máy thu sóng.

c) Xác định tọa độ thực tế của đoạn thu: bằng GPS hoặc bằng kinh vĩ .

2) Khi thi công, máy ghi đặt trên một thuyền (thuyền đo, Hình 9), và bố trí các thuyền khác phục vụ phát sóng và rải đường dây thu. Số thuyền huy động từ 2 đến 5 chiếc, tùy theo khả năng và cân đối giữa nhu cầu đi lại trên nước với tốc độ thi công.

Treo búi dây thu lên dây chằng. Buộc các phao để giữ cho cáp thu ở độ sâu xác định 0,2 đến 1 m, nhưng phải ở độ sâu đồng đều nhau.

Thông báo cho trắc địa xác định vị trí búi dây thu.

3) Phát sóng:

Khi ghi băng sóng của ĐN gần, cần bố trí nguồn phát sóng đúng vị trí, với sai lệch không quá 10% khoảng cách điểm thu.

Bố trí các ĐN xa bằng ước lượng, trong phạm vi -5% đến +20 % về phương dọc, 15% về độ lệch ngang.

4) Thi công đo địa chấn phát nguồn ngược:

- Chăng cáp thép qua sông dọc theo tuyến đo. Xác định vị trí các ĐN bằng đánh dấu trước lên cáp, hoặc chằng kèm một thước dây.

- Bố trí các ĐT trên bờ theo thiết kế, nối về máy đo ghi bằng các đôi dây riêng rẽ. Nếu điều kiện cho phép thì chằng dây qua sông để đo ghi đồng thời các ĐT hai bên bờ sông.

- Cố kết nguồn phát vào vị trí, thực hiện phát sóng.

Đo địa chấn ngược đòi hỏi việc đánh dấu thời điểm phát sóng phải rất đồng nhất, do đó chỉ dùng cách lấy dấu khởi động kiểu vòng dây, và phải dùng dây dẫn chất lượng tốt để truyền tín hiệu khởi động.

5) Ghi vào sổ thực địa các mốc địa hình địa vật, sơ đồ vị trí búi dây, độ sâu thực tế của búi dây so với mặt nước.

Khi dùng máy kinh vĩ giao hội, thì nhật ký của trắc địa phải ghi rõ giờ phút đo, để dễ đối chiếu với tài liệu địa chấn.

3.6. Thi công phương pháp đo SPX điểm sâu chung theo hai dạng:

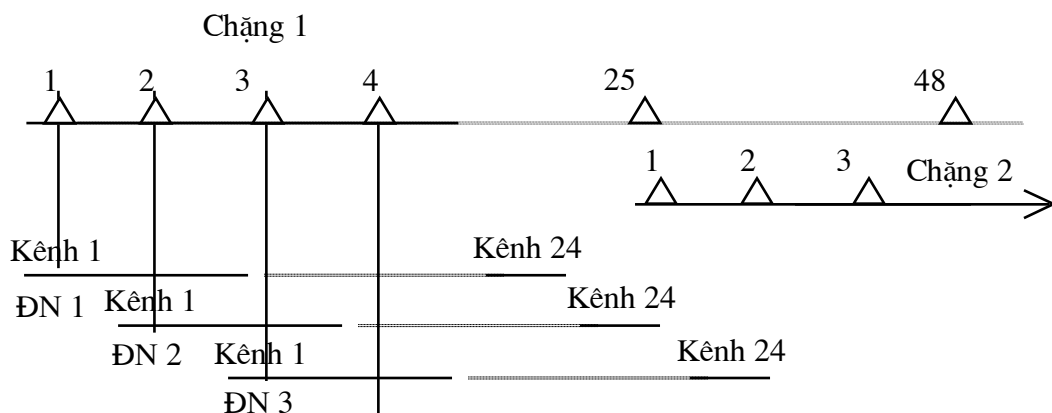
1) Phương pháp thi công thông thường: Đo ghi theo số kênh của máy.

Thực hiện rải búi dây theo bố trí điểm thu đã thiết kế.

Đo ghi với phát sóng lần lượt tại các điểm thu. Khi sang các chằng kế tiếp thì rải gói 1 ÷ 2 điểm thu.

2) Phương pháp thi công cuốn chiếu:

a) Công tác chuẩn bị: Trước khi thi công, cần chế tạo trước búi dây thu bội, có số



Hình 2.10. Thi công đo ĐSC cuốn chiếu, khi ghi 24 kênh, dùng búi dây 48 điểm thu, phát sóng 1 điểm tại vị trí kênh 1.

kênh thu là bội số $N = 2, 3$ hay 4 lần số kênh ghi, nối vào một chuyển mạch chọn đoạn thu dạng thanh trượt. Chọn bội N theo khả năng trang bị, ví dụ khi dùng 24 kênh ghi thì có 48, 72 hay 96 điểm thu, còn chuyển mạch chọn đoạn có 24 cặp đường ra, số cặp đường vào tùy theo số điểm thu.

Khi dùng bậc cộng 6, ghi 12 kênh bằng máy ghi 24 kênh như Mark- 6, và bội số búi dây $N= 2$, thì sử dụng chế độ đo cuộn chiều (*Roll up Mode*) của máy, mà không cần chế tạo thêm trang bị.

b) Thi công: Tại thực địa, rải búi dây bội, chằng 1.

- Lúc xuất phát, chuyển mạch thanh trượt chọn ghi từ ĐT 1 đến ĐT 24, phát sóng tại ĐT 1.

- Băng ghi kế tiếp, chuyển mạch thanh trượt chọn ghi từ ĐT 2 đến ĐT 25, phát sóng tại ĐT 2,....

- Đến khi đo hết búi dây đã rải, thì chuyển máy thu từ ĐT 1 đến ĐT 24 sang vị trí từ ĐT 49 đến ĐT 72, và bắt đầu đo từ ĐT 25 (Hình 10).

3) Thi công ĐSC trên mặt nước: Thực hiện khi tàu chạy dọc tuyến theo dạng giả cuộn chiều.

a) Công tác chuẩn bị:

- Chọn dùng nguồn phát sóng có chu trình, như nguồn xung điện (*boomer*), súng hơi, ... lắp ở đuôi thuyền.

- Chế tạo búi dây có số kênh và khoảng cách điểm thu theo thiết kế của hệ quan sát. Chú ý gia cố cách nước cho các điểm nối máy thu. Để giữ búi thu ở độ sâu cố định, dùng phao và quả nặng buộc vào cáp thu ở cách đoạn có máy thu từ 1 đến 1,5 m.

b) Khi thi công, chọn tốc độ thuyền và nhịp nổ thích hợp để tạo được phân bố đoạn thu trên tuyến có dạng cuộn chiều.

4) Định vị điểm đo bằng hệ thống DGPS.

3.7. Thi công đo MCD, ĐCLK:

Khi đo MCD và ĐCLK thuận, thả dây máy thu xuống lỗ khoan đến đoạn cần đo sâu nhất, đo các chặng khi kéo cáp lên. Thực hiện phát sóng tại các ĐN đã thiết kế.

Trong quá trình đo, nếu phải xê dịch các ĐN, thì chọn điểm cùng hướng gần nhất, có điều kiện thu phát sóng tương tự điểm trước, và phải bố trí quan sát gó ít nhất 1 điểm thu.

Khi đo ĐCLK ngược, đặt máy thu sóng tại các vị trí thiết kế, thả ống bắn mình xuống lỗ khoan đến độ sâu cần đo sâu nhất, đo các ĐN khi kéo cáp lên.

Ghi vào sổ thực địa tình trạng lỗ khoan, vẽ sơ đồ bố trí thực tế các điểm nguồn - điểm thu. Khi đo xong một quan sát, ghi vào sổ các số liệu theo mẫu ở Phụ lục I.3.

3.8. Thi công đo CSĐC: Thực hiện bố trí điểm thu và điểm nguồn như trong thiết kế của đề án.

Trong quá trình đo, nếu điểm nguồn đặt ở mặt đất và vì lý do nào đó buộc phải xê dịch, thì điểm nguồn mới phải đảm bảo không chế được đối tượng cần chiếu sóng, và phải bố trí quan sát gó ít nhất 1 điểm thu.

3.9. Công tác trắc địa xác định tọa độ và địa hình tuyến địa chấn:

a) Khi đo địa chấn trên mặt đất (SKX và SPX), công tác trắc địa thực hiện theo Quy phạm trắc địa hiện hành, với nhiệm vụ bố trí tuyến theo thiết kế ra thực địa và thu thập mặt cắt địa hình ở tỷ lệ khảo sát của địa chấn.

b) Khi đo SKX trên mặt nước, xác định tọa độ hai đầu chặng đo bằng DGPS, với sai số theo bảng 1.

c) Khi đo SPX ĐSC trên mặt nước, dùng định vị DGPS kết hợp với ghi nhật ký đối chiếu địa hình địa vật trên bờ.

d) Khi đo CSĐC, đo MCD, công tác trắc địa xác định độ cao và khoảng cách giữa các điểm đó tới miệng công trình khoan đào.

3.10. Công tác văn phòng thực địa, thực hiện các công việc:

- Sau mỗi ngày đo phải sao tài liệu từ máy đo ra phương tiện lưu trữ khác.

- Kiểm tra, hiệu chỉnh, hệ thống các số ghi thực địa, xác định đoạn tuyền lên bản đồ thi công.

- Kiểm tra chất lượng băng ghi bằng cách duyệt trên máy tính, hoặc in ra băng giấy. Chú ý phát hiện lỗi khởi động ghi cộng sóng, lỗi kênh không hoạt động, lỗi lắp ngược cực máy thu, từ đó chỉ đạo thi công tìm biện pháp khắc phục lỗi nếu có, và đo lại các đoạn không đạt chất lượng.

- Nhập tọa độ điểm nguồn, điểm thu sóng cho các tệp băng ghi: Khi chưa có tọa độ thực địa, thì nhập tọa độ X theo khoảng cách cộng dồn của ĐT tính từ mốc 0 của tuyền. Khi đã có tọa độ XYZ đầy đủ, thì nhập các tọa độ này.

- Vạch pha sơ bộ cho các sóng quan tâm: sóng đầu, và các sóng ngang nếu quan sát được.

- Lập biểu đồ thời khoảng, kiểm tra thời gian tương hỗ.

- Phát hiện các băng ghi còn thiếu, các băng ghi có chất lượng xấu không đạt yêu cầu sử dụng để quyết định đo lại.

3.11. Đánh giá chất lượng thi công dựa trên chất lượng băng ghi (xem Điều 33) và chỉ số băng đảm bảo chất lượng cho mỗi chặng đo.

1) Số băng ghi qui định:

Số băng ghi qui định của một chặng đo là số tập tin số liệu cần có ứng với hệ quan sát và hướng phát xung nguồn đã thiết kế cho các điểm nguồn đó. Các băng thừa chỉ dùng để tham khảo. Loại bỏ các băng không rõ vị trí thu phát sóng.

2) Đánh giá chất lượng tài liệu băng địa chấn dựa theo các chỉ tiêu:

- Vị trí thực địa của chặng đo, có ghi rõ ràng trong sổ thực địa.

- Số kênh không làm việc trong tổng số kênh bố trí đo đạc.

- Thời gian bắt đầu ghi, phải sớm hơn thời gian xuất hiện sóng.

- Bức tranh sóng thu được trên băng ghi, phải thể hiện rõ đầu sóng đầu tiên.

- Mức nhiễu ngẫu nhiên, có ảnh hưởng đến việc xác định sóng và điểm gãy đầu sóng hay không.

3) Các yếu tố điều chỉnh khi đánh giá chất lượng:

- Không thể thi công hoàn chỉnh chặng đo theo thiết kế vì các yếu tố địa hình địa vật cản trở, như khi bố trí điểm nguồn bị vướng công trình dân sinh, đê điều, vách đá, vực sâu nguy hiểm,...

- Không thu được sóng do trạng thái đất đá có tính hấp thụ sóng mạnh, mà với phương tiện hiện có không khắc phục được, như trên vùng phá huỷ, đứt gãy, hang karst, đới phong hoá cực mạnh,...

3.12. Đánh giá chất lượng băng ghi:

1. Băng ghi loại tốt:

- Số kênh không làm việc không quá 5% số kênh đo, và không phải kênh của máy gó (máy đầu tiên và cuối cùng) và không nằm kề nhau.

- Bức tranh sóng trên băng rõ ràng: Sóng đầu và điểm gãy đầu sóng rõ ràng.

- Biên độ nhiễu trước khi xuất hiện sóng đầu nhỏ hơn 1/3 biên độ của sóng đầu.

- Đầu sóng đầu tiên hiện rõ ở 85 % số kênh đo.

2) Băng ghi loại khá:

- Số kênh không làm việc không quá 10% số kênh đo và không nằm kề nhau.

- Đầu sóng đầu tiên hiện rõ ở 70 % số kênh đo.

3) Băng ghi loại trung bình:

- Số kênh không làm việc không quá 15% số kênh đo và không nằm kề nhau.

- Đầu sóng đầu tiên hiện rõ ở 50 % số kênh đo.

4) Băng ghi loại kém:

- Số kênh không làm việc không quá 20% số kênh đo, hoặc có 2 kênh không làm việc nằm kề nhau.

- Đầu sóng đầu tiên hiện rõ ở 30 % số kênh đo.

5) Các băng có chất lượng xấu, phải loại bỏ:

Băng ghi có trên 2 kênh không làm việc nằm kề nhau, hoặc không đạt chất lượng loại yếu nói trên.

Các chặng đo có trên 45 % số băng ghi có chất lượng yếu sẽ phải đo lại.

4. Công tác văn phòng

Công tác xử lý tài liệu văn phòng được tiến hành đồng thời và ngay sau khi kết thúc công tác thực địa.

4.1 Hệ thống và hoàn chỉnh tài liệu thực địa

- Thực hiện kiểm tra, hiệu đính, hệ thống các sổ ghi thực địa, xác định vị trí các đoạn tuyến lên bản đồ thi công.

- Hệ thống lại các băng ghi đã in, đối chiếu với sổ ghi thực địa và các tập tin số liệu.

- Xác định tọa độ điểm nguồn, điểm thu sóng và nhập vào các tập tin số liệu, băng ghi.

- Loại bỏ các tập tin số liệu hỏng hoặc thừa ra khỏi thư mục số liệu chính.

4.2 Vạch pha và sóng địa chấn được thực hiện trên máy tính bằng các phần mềm chuyên dụng, cần bắt đầu ngay sau khi thi công, và được kiểm tra lại khi tổng kết tài liệu.

Đầu tiên thực hiện vạch pha sóng thứ nhất (cực trị tín hiệu thứ nhất). Khi bức tranh sóng phức tạp, có giao thoa nhiều sóng hoặc có nhiễu thì sử dụng các pha tiếp theo, như pha 2, pha 3. Sau đó vạch đầu sóng ở các đường ghi hiện rõ đầu sóng.

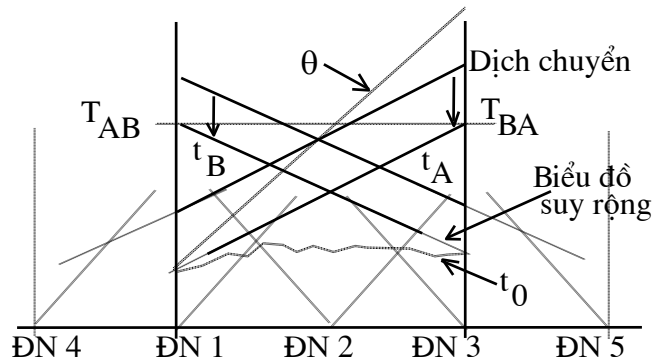
Kết quả vạch pha sóng phải cho ra các trục đồng pha gần song song nhau. Dựa theo tính chất này, nội ngoại suy các đầu sóng cho các đường ghi có đầu sóng không hiện rõ: Tại các đường ghi đã vạch đủ đầu sóng và pha, xác định lượng chênh thời gian δt giữa pha và đầu sóng (Hình 12), lấy trung bình, và dùng nó để tìm đầu sóng còn thiếu theo các vạch pha đã có. Cách tiến hành như sau:

Đối với băng ghi của điểm nguồn đuôi, có thể bỏ qua việc tìm đầu sóng trên băng. Trên biểu đồ thời khoảng, dùng ngay đoạn biểu đồ của pha sóng cho phép dịch chuyển.

4.3 Thành lập biểu đồ thời khoảng

1) Vạch pha sóng và thành lập biểu đồ thời khoảng cho các sóng đã quan sát được, với giãn cách $5 \div 10$ mm trên bản vẽ một điểm thu. Cần dùng các màu khác nhau cho các điểm nguồn và sóng khác nhau.

Lập biểu đồ thời khoảng có quan hệ chặt với vạch sóng trên băng ghi, nên thường phải làm nhiều lần, đặc biệt khi dò tìm sóng ngang.



Hình 2. 11. Dịch chuyển (*phantom*) biểu đồ đuổi và tính các biểu đồ θ (hay t_v) và t_0 (hay t_G)

2) Đối với phương pháp sóng khúc xạ, thực hiện như sau:

- Kiểm tra tính song song của các biểu đồ thời khoảng đuổi nhau cho các sóng theo dõi được liên tục, ứng với các ranh giới khúc xạ rõ, đặc biệt là sóng từ mặt nền.

- Từ các biểu đồ đuổi nhau, thực hiện dịch chuyển (*phantom*) để lập biểu đồ thời khoảng suy rộng t_A và t_B cho hai điểm nguồn gần ở hai đầu đoạn thu (Hình 13).

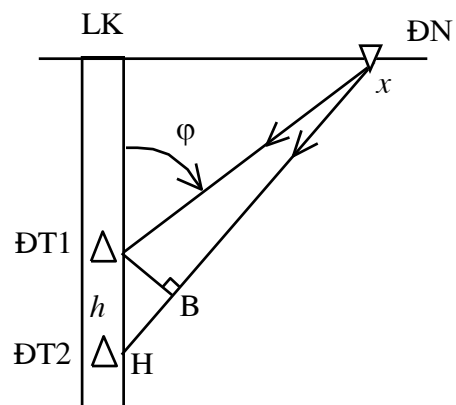
- Xác định thời gian tương hỗ T_{AB} và T_{BA} cho các cặp biểu đồ giao nhau. Sai số xác định thời gian tương hỗ theo chiều thuận và ngược, $\Delta T_{AB} = |T_{AB} - T_{BA}|$ không được vượt quá 5% T_{tb} (với $T_{tb} = (T_{AB} + T_{BA}) / 2$). Sau đó lập biểu đồ hiệu θ và biểu đồ t_0 theo biểu thức:

$$\theta = t_A - t_B + T_{AB}$$

$$t_0 = t_A + t_B - T_{AB}$$

Việc dịch chuyển, tính θ và t_0 có thể thực hiện bằng bảng tính của các phần mềm văn phòng.

4.4 Tính và tổng hợp các tốc độ trung bình, tốc độ lớp cho V_p và V_s



Hình 2.12. Xác định vận tốc V tại điểm H trong lỗ khoan

Tùy theo phương pháp quan sát sử dụng, xác định các tốc độ sóng cho khối đá, cho lớp, hay cho ranh giới.

1. Trong phương pháp đo lỗ khoan và chiếu sóng, tính tốc độ truyền sóng V_p (và V_s nếu có) cho từng điểm thu, theo trình tự:

- Tính tốc độ biểu kiến V_k là vi phân của biểu đồ sóng

$$V_k = \Delta h / \Delta t$$

trong đó

Δh Chênh lệch độ sâu giữa ĐT1 và ĐT2, tính bằng m;

Δt Gia số thời gian giữa ĐT1 và ĐT2, tính bằng sec.

- Hiệu chỉnh theo góc của tia sóng với trục lỗ khoan φ để có tốc độ thực V , tính bằng m/s, (Hình 14):

$$V = V_k \cos \varphi = V_k \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

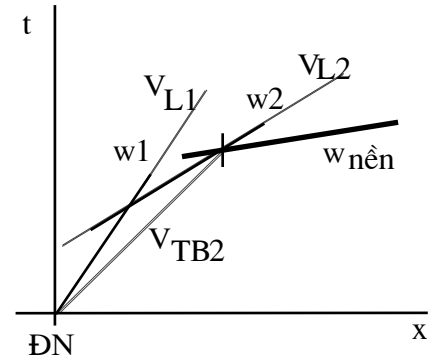
Kết quả tính được đưa lên biểu đồ, từ đó thực hiện chia lớp theo tốc độ, và xác định tốc độ lớp là trung bình các trị số thu được trong lớp đó.

2. Đối với phương pháp sóng khúc xạ, để tính toán chính xác ranh giới, cần tính tốc độ các sóng và tập hợp thành mặt cắt tốc độ:

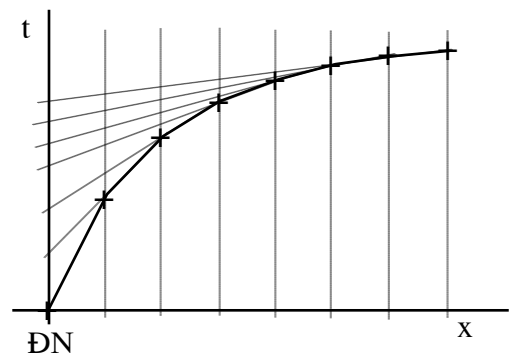
a) Với các sóng hình thành từ các lớp trên nền, dựa trên biểu đồ sóng gần điểm nguồn, để tính tốc độ lớp V_L là tốc độ biểu kiến V_k theo góc dốc trung bình của biểu đồ thời khoảng của sóng quan sát được (Hình 15).

Nếu điểm nguồn ở giữa tuyến, cần lấy trung bình (trung bình cộng hoặc có trọng số) của kết quả tính V_L theo chiều thuận và chiều ngược tuyến.

b) Nếu sóng truyền trong lớp phủ là sóng xuyên, biểu đồ thời khoảng sóng đầu tiên cong, thì



Hình 2.13. Tính các vận tốc V_L , V_{TB} trong phương pháp SKX với môi trường 3 lớp; w : Biểu đồ các sóng



Hình 2.14. Tính vận tốc và t_0 cho biểu đồ sóng xuyên

thực hiện phân lớp hình thức để tính tốc độ lớp V_L cho các lớp con: Coi đoạn biểu đồ thời khoảng từng cặp điểm thu kề nhau là một đoạn của sóng hình thành từ lớp hình thức tương ứng dưới sâu, và tính toán dần cho đến lớp có tốc độ ổn định là nền (Hình 16). Sóng xuyên thường xuất hiện ở vùng lộ đá gốc và mức phong hoá tăng dần theo độ sâu.

c) Với sóng hình thành từ lớp nền, hoặc từ ranh giới khúc xạ đủ mạnh để liên kết được thành biểu đồ suy rộng giao nhau, tính tốc độ ranh giới V_G cho từng đoạn tuyến tính của biểu đồ hiệu θ (Hình 13).

$$V_G = \frac{2dx}{d\theta}$$

trong đó:

- x Khoảng cách đến ĐN, tính bằng mét;
- θ Trị số thời gian đọc trên biểu đồ hiệu, tính bằng s;
- V_G Tốc độ truyền sóng của ranh giới, tính bằng m/s.

d) Tính tốc độ trung bình V_{TB} đến một ranh giới: Dựa theo điểm cắt nhau của biểu đồ sóng, khi biểu đồ của lớp bên dưới bắt đầu lộ ra ở sóng tới đầu tiên (Hình 15). Kết quả tính cần đối chiếu lại với kết quả tính V_{TB} hiệu dụng có được sau khi đã tính sơ bộ được bề dày lớp phủ bên trên.

Tốc độ lớp V_L và tốc độ ranh giới V_G dùng cho tính tham số cơ lý, còn tốc độ trung bình V_{TB} và V_G dùng cho tính bề dày lớp phủ h trên ranh giới.

Để có kết quả tính ranh giới ít bị lỗi nhảy bậc từ đoạn thu này sang đoạn khác, có thể làm trơn đường biểu diễn tốc độ trung bình V_{TB} dọc tuyến trước khi tính mặt cắt.

4.5 Xác định ranh giới địa chấn:

1) Với tài liệu địa chấn lỗ khoan: Xác định ranh giới bằng điểm đặc trưng của biểu đồ thời khoảng và biến đổi tốc độ thực, kết hợp với xem xét đặc trưng động lực của sóng.

2) Với tài liệu đo mặt cắt đứng, chiếu sóng địa chấn: Xác định bằng điểm đặc trưng của biểu đồ thời khoảng, tốc độ và đồ giải hình học biểu đồ tia sóng. Kiểm lại kết quả bằng tính lại biểu đồ thời khoảng theo mô hình môi trường đã thu được. Công đoạn này có thể phải thực hiện lặp nhiều lần để thu được kết quả chính xác.

3) Với tài liệu địa chấn khúc xạ: Trong từng bước lập mặt cắt, sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp t_0 , xác định độ sâu pháp tuyến h của ranh giới theo công thức:

$$h = \frac{V_{tb} t_0}{2 \cos i}$$

với V_{tb} là tốc độ trung bình ở các lớp phủ bên trên, và $\cos i = \sqrt{1 - (V_{tb}/V_G)^2}$

Sử dụng phương pháp t_0 để tính cho các lớp phủ và mặt nền. Có thể dùng các biến thể khác của phương pháp t_0 , như tính bề dày lớp, tính với hệ số hiệu chỉnh.

- Phương pháp trường thời gian, thực hiện trên đồ thị, khi cần hiện trường thời gian của sóng, và để kiểm tra kết quả tính bằng phương pháp t_0 .

- Phương pháp tia sóng tương hỗ (GRM, *Generalized Reciprocal Method*), thực hiện trên máy tính bằng các phần mềm: ViewSeis, hoặc các phần mềm có tính năng tương đương, sẽ xác định chính xác hơn vị trí không gian ranh giới nền.

4.6 Xử lý tài liệu đo SPX ĐSC

Xử lý tài liệu SPX chỉ thực hiện trên máy tính với những thuật toán riêng.

Nếu đã có bộ chương trình xử lý, thực hiện theo hướng dẫn sử dụng chương trình.

Nếu chưa có bộ chương trình xử lý, cần thuê các cơ sở có phần mềm chuyên dụng thực hiện xử lý, trong đó sản phẩm nhận lại thấp nhất là băng tổng (*Stacked Data*) của các tuyến ở dạng bản in và bản số liệu điện tử.

Giải đoán địa chất các băng kết quả, thực hiện theo *phương pháp địa chấn địa tầng* (xem Phụ lục III.5.).

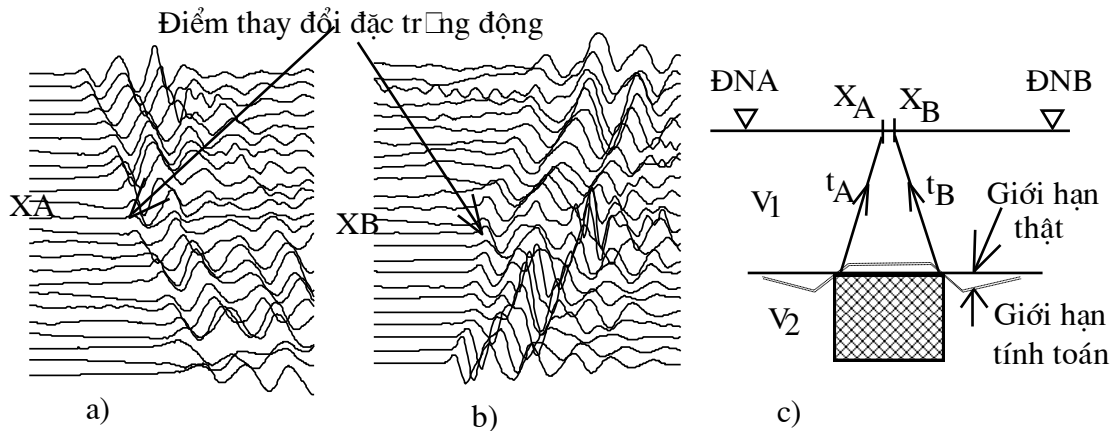
4.7 Xác định các đới phá huỷ, karst theo đặc trưng động và động lực

Dấu hiệu để xác định đới phá huỷ và karst đang được sử dụng là:

- Đặc trưng động (*Kinematic*): Trên mặt cắt địa chấn độ sâu tính toán thẳng giáng, tốc độ ranh giới giảm, và biểu đồ thời khoảng có thẳng giáng mạnh.

- Đặc trưng động lực (*Dynamic*): Trên các băng ghi sóng khi ra xa điểm nguồn có sự hấp thụ sóng mạnh, gây ra giảm biên độ và tần số biểu kiến của tín hiệu bị giảm. Theo dõi đường ghi sóng trên các băng của điểm nguồn thuận và ngược sẽ định xứ được điểm thay đổi đặc trưng động lực X_A X_B . Đánh dấu các đoạn này, sau đó theo mặt cắt đã lập hiệu chỉnh độ nghiêng tia sóng và sẽ xác định được đoạn hấp thụ sóng mạnh ở mặt nền (Hình 17).

Đối với karst chứa nước thường quan sát được bức tranh sóng hỗn loạn, tùy thuộc dạng và độ lớn của hang. Kết quả xác định cần được kiểm tra, đối chiếu với kết quả



Hình 2.15. Xác định vị trí đới phá huỷ trong đá gốc theo điểm thay đổi mạnh đặc trưng động lực của sóng.

a) Vị trí X_A theo băng của ĐN thuận; b) Vị trí X_B theo băng của ĐN ngược; của phương pháp khác.

4.8. Đánh giá sai số theo điểm cắt nhau của tuyến địa chấn, theo kết quả khoan đào và kết quả của phương pháp ĐVL khác.

1) Khi quan sát mạng lưới, thực hiện xác định sai số độ sâu ranh giới mạnh (nền hoặc lớp tựa) tại các điểm cắt nhau của tuyến. Sai số tương đối độ sâu tại điểm cắt không được quá 5 %.

2) Đối chiếu với các tài liệu khác: Nếu có sai lệch độ sâu, cần tìm nguyên nhân, bằng cách từ kiểm tra tài liệu gốc, kết quả tính toán, và môi trường thực tế ở đó. Nếu kết quả phân tích tính toán là tin cậy, thì tìm nguyên nhân ở đặc điểm môi trường, có thể gây ra kết quả khác nhau giữa phương pháp địa chấn và phương pháp khác.

4.9. Liên kết với tài liệu khoan, khai đào ĐCCT, ĐCTV và tài liệu ĐVL khác

1) Liên kết với tài liệu khoan, khai đào, ĐCCT và ĐCTV:

- Tại vị trí có khoan, khai đào, thực hiện đối chiếu lớp. Ranh giới địa chấn phải phù hợp với ranh giới địa chất giữa các lớp có tính chất cơ lý khác nhau.

- Liên kết theo tuyến: Xác định và hiệu chỉnh độ sâu ranh giới, bản chất vật chất của các lớp phủ với các quan sát địa chất công trình, đồng thời phát hiện các dị thường trong cấu trúc môi trường và tính chất đất đá, để lý giải các trường hợp phù hợp và không phù hợp giữa tài liệu địa chấn với tài liệu địa chất, thuỷ văn.

- Liên kết theo diện: Thực hiện đối chiếu so sánh theo mặt bằng phân bố của các đứt gãy, đới phá huỷ, vùng phân bố các đới đất đá (nền, lớp tựa,...) có tính chất và thành phần khác nhau.

- Quan hệ với điều kiện thuỷ văn: Phương pháp địa chấn xác định tốt ranh giới gương nước ngầm trong trầm tích. Tuy nhiên trong đất đá nguyên dạng hoặc phong hoá, thì tham số địa chấn có quan hệ đến khối lượng thể tích tự nhiên và độ rỗng, nhưng ít có quan hệ đến trạng thái chứa nước.

2) Liên kết với tài liệu địa vật lý khác:

- Liên kết theo tuyến: Đối chiếu độ sâu các ranh giới và bản chất vật chất của các lớp phủ với các tài liệu địa vật lý khác, lý giải các trường hợp phù hợp và không phù hợp giữa tài liệu địa chấn với tài liệu địa vật lý khác.

- Liên kết theo diện: Thực hiện đối chiếu so sánh theo mặt bằng phân bố của các đứt gãy, đới phá huỷ, vùng phân bố các đất đá mà bản chất tham số vật lý có liên quan đến tính chất cơ lý của đất đá.

4.10. Thành lập mặt cắt địa chấn - địa chất công trình (ĐCCT)

1. Mặt cắt địa chấn - địa chất công trình thành lập theo các số liệu thu được từ quan sát địa chấn và có đối chiếu và hiệu đính kết quả của các quan sát khác.

2. Trên mặt cắt, biểu diễn các ranh giới, các đới phá huỷ,... đã xác định, vị trí một số điểm nguồn, các giá trị tham số điển hình (V_p , V_s , E_d , ν ,...), ký hiệu địa chất các lớp và khối đá.

3. Trên tuyến địa chấn có các lỗ khoan, hố khai đào ĐCCT và các lỗ khoan thủy văn thì trên mặt cắt địa chấn - địa chất công trình cần đưa các kết quả các lỗ khoan, hố khai đào trên vào mặt cắt biểu diễn biểu đồ thời khoảng và kết quả các phương pháp ĐVL khác,...

4.11 Xác lập tương quan giữa các tham số địa chấn, điện trở và các chỉ tiêu ĐCCT:

1) Khi phục vụ đo vẽ bản đồ ĐCCT, và khảo sát công trình xây dựng lớn có triển khai tổ hợp các dạng khảo sát ĐCCT, thực hiện tìm và tính tốc độ sóng ngang V_s . Nếu số cặp tốc độ truyền sóng dọc V_p và sóng ngang V_s thu được đủ lớn, trên 25 cặp, thực hiện tính hệ số Poisson ν và modul đàn hồi E_d theo công thức:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (25)$$

$$E_d = V_p^2 \frac{\sigma(1+\nu)(1+2\nu)}{g(1-\nu)} \quad (26)$$

trong đó:

V_p , V_s Tốc độ truyền sóng dọc và ngang, tính bằng m/s;

ν Hệ số Poisson;

E_d Modul đàn hồi, tính bằng PA;

σ Khối lượng thể tích tự nhiên (mật độ), tính bằng Kg/m³;

g Gia tốc trọng trường, tính bằng m/s^2 .

Sau đó lập tương quan giữa E_d và v với V_p . Quan hệ E_d (V_p) có dạng:

$$Lg(E_d) = \alpha Lg(V_p) - \beta$$

Trường hợp không đủ số liệu để tính tương quan, thì sử dụng công thức của Hawkin:

$$Lg(E_d) = 2,3416 Lg(V_p) - 4,9$$

Dùng kết quả thu được để tính E_d tại vị trí chỉ quan sát được sóng dọc và chỉ thu được V_p .

2) Khi phục vụ đo vẽ bản đồ ĐCCT tỷ lệ 1:50.000 (1:25.000), thu thập các tham số điện trở suất, modul biến dạng, khối lượng thể tích tự nhiên, độ rỗng, độ ẩm của đất đá,... để lập tương quan giữa các tham số ĐCCT này với điện trở suất.

a) Phân chia số liệu theo nhóm đất đá, dựa trên mức gắn kết, chú ý đến các yếu tố hàm lượng sét, độ khoáng hoá làm giảm điện trở suất của:

- Đá kết tinh (magma, biến chất,...)
- Đá trầm tích điện trở cao (cát kết, vôi,...)
- Đá trầm tích điện trở thấp (sét kết, bột kết, phiến sét, ...)
- Đất dạng cát, á cát, sạn sỏi,...
- Đất dạng sét, á sét, bột, bùn,...
- Các vùng nhiễm mặn.

b) Nếu có đủ lượng số liệu cần thiết (trên 25) thì lập các tương quan sau đây cho từng nhóm:

- Tương quan modul đàn hồi E_d với điện trở suất ρ ;
- Tương quan hệ số biến dạng E_{def} với điện trở suất ρ ;
- Tương quan khối lượng thể tích tự nhiên γ (mật độ), với điện trở suất ρ ;
- Tương quan độ rỗng n với điện trở suất ρ ;
- Tương quan độ ẩm w với điện trở suất ρ .

Chọn lấy quan hệ có hệ số tương quan lớn nhất. Các quan hệ có tương quan trên 0,7 và số điểm tính trên 25 được chấp nhận sử dụng.

4.12. Khi phục vụ vẽ bản đồ ĐCCT tỷ lệ 1:50.000 (1:25.000), thành lập các sơ đồ phân vùng cùng tỷ lệ với tỷ lệ bản đồ ĐCCT, các tham số modul đàn hồi, hệ số biến dạng, khối lượng thể tích tự nhiên, độ rỗng, độ ẩm cho vùng lập bản đồ địa chất công trình, theo tài liệu địa chấn và điện trở, cho các lớp có đủ số liệu và tương quan đảm bảo.

4.13. Nội dung chính của báo cáo kỹ thuật

Bản lời của báo cáo kỹ thuật phải viết ngắn gọn, súc tích. Số chương mục và số trang tùy theo qui mô của tài liệu, mức độ giải quyết nhiệm vụ đã đặt ra.

Báo cáo thường bao gồm các nội dung sau:

Mở đầu:

- Cơ sở pháp lý và kỹ thuật kinh tế của đề án.
- Tóm tắt về tình hình thực hiện khối lượng công tác, những nội dung thay đổi so với đề án.
- Các phương pháp kỹ thuật đã áp dụng, chất lượng công tác và kết quả chính đã đạt được.
- Đơn vị thực hiện và những người tham gia chính.

1) Đặc điểm chung

- Vị trí vùng công tác (vị trí hành chính, tọa độ, kèm bản đồ chỉ dẫn tỷ lệ nhỏ khổ A4).
- Các đặc điểm địa hình, sông, suối, khí hậu, dân cư, kinh tế, giao thông, ...
- Sơ lược lịch sử nghiên cứu địa chất, ĐCCT, và ĐVL có liên quan đến công tác, mức độ sử dụng những tài liệu đã có để giải quyết nhiệm vụ được giao.

Nếu công tác đo địa chấn là hợp phần của đề án khảo sát ĐCCT, thì chỉ cần nêu các thông tin có liên quan đến điều kiện thực hiện nhiệm vụ.

2) Phương pháp và kỹ thuật công tác thực địa

- Phương pháp và kỹ thuật công tác đã sử dụng.
- Chất lượng tài liệu thực địa đã được đánh giá theo biên bản nghiệm thu, hoặc theo qui định hiện hành.
- Những nét chính trong phân tích, xử lý, giải đoán tài liệu địa chấn và xử lý tổng hợp với các tài liệu địa chất, ĐCCT và ĐVL khác.

3) Kết quả công tác

- Kết quả công tác, trình bày theo các tuyến, hầm lò, lỗ khoan đã đo.
- Kết quả liên kết tài liệu địa chấn theo mặt bằng.
- Kết quả liên kết với các tài liệu địa chất, ĐCCT và ĐVL khác.
- Đánh giá mức độ giải quyết nhiệm vụ kỹ thuật được giao.

4) Phần kinh tế

Nếu là đề án độc lập, trình bày phần kinh tế theo qui định hiện hành.

Kết luận:

- Tóm tắt các kết quả chủ yếu đã thực hiện.
- Các vấn đề tồn tại chưa giải quyết được, và phương hướng giải quyết.

4.14 Các bản vẽ và phụ lục kèm theo báo cáo

Số lượng và chủng loại bản vẽ tùy thuộc tài liệu thu được, mức độ giải quyết nhiệm vụ của công tác địa chấn trong điều tra ĐCCT.

Các bản vẽ và phụ lục chính gồm có:

- Sơ đồ bố trí tuyến đo địa chấn, thành lập trên nền địa hình và các công trình địa chất - địa vật lý khác có cùng tỷ lệ.
- Biểu đồ thời khoảng trên các tuyến, hầm lò, lỗ khoan.
- Mặt cắt địa chấn - địa chất các tuyến, hầm lò, lỗ khoan.
- Khi các tuyến đo địa chấn lập được thành mạng lưới, thì thành lập bản đồ phân chia các khối đất đá theo tính chất vật lý, các đới phá huỷ và đứt gãy,...

Khi công tác địa chấn có nhiệm vụ xác định các tham số đàn hồi và cơ lý của đá, và có tương quan thực nghiệm với các tham số ĐCCT thì thành lập các bảng so sánh,

các biểu đồ tương quan, và các bản đồ tham số ĐCCT theo tài liệu địa vật lý cho các lớp có đủ số liệu và có tương quan đảm bảo độ tin cậy của thông tin.

4.15 Bảo vệ, xét duyệt, bàn giao kết quả

Báo cáo phải được hội đồng cơ sở nghiệm thu, sau đó trình cấp có thẩm quyền để xét duyệt.