PHƯƠNG PHÁP DỊCH CHUYỂN KIRCHHOFF : TÁC ĐỘNG CỦA THAM SỐ ĐỘ RỘNG

LÊ VĂN ANH CƯỜNG, NGUYỄN THÀNH VẤN,
NGUYỄN NHẬT KIM NGÂN, ĐẶNG HOÀI TRUNG

I. MỞ ĐẦU

Trong bài này, chúng tôi trình bầy ý nghĩa của quá trình dịch chuyển địa chấn và cơ sở lý thuyết của phương pháp dịch chuyển Kirchhoff cùng với các yếu tố tác động đến chất lượng lát cắt dịch chuyển. Sau đó, tập trung xem xét sự ảnh hưởng của yếu tố độ rộng lên số liệu cộng mô hình và số liệu thực tế ở Abitibi Grenville, Canada.

II. DỊCH CHUYỂN ĐỊA CHẤN

Dịch chuyển địa chấn đóng vai trò rất quan trọng trong mỗi chu trình xử lý. Để khắc phục hiện tượng khác biệt giữa hình thái các ranh giới phản xạ trên băng địa chấn hoặc trên mặt cắt thời gian và hình thái cấu tạo các ranh giới địa chất, tạo điều kiện thuận lợi cho giải thích các lát cắt địa chấn theo quan điểm địa chất, trong địa chấn người ta tiến hành xử lý bằng cách đưa trường sóng địa chấn ghi được trên mặt đất về trường sóng của các điểm phản xạ sóng ở dưới sâu. Nhờ vậy, trường sóng ở chính những điểm nó hình thành sẽ phù hợp nhất với lát cắt địa chất phản xạ sóng ở dưới sâu. Bằng các phương pháp xử lý, phép chuyển trường sóng ghi được ở mặt đất về trường sóng ghi được tại các điểm sóng ở dưới sâu gọi là dịch chuyển địa chấn.

Kết quả xử lý dịch chuyển thường được biểu diễn trong miền thời gian giúp ích cho công việc khai thác các thông tin về cấu trúc địa chất dưới sâu như nghiên cứu đặc điểm của tầng phản xạ sóng, phát hiện các cấu tạo và các đứt gẫy kiến tạo.

Trên mặt cắt chiều sâu các ranh giới có hình dạng tương tự các trục đồng pha của mặt cắt thời gian trong trường hợp các ranh giới nằm tương đối nằm ngang ($\varphi < 5 - 7°$). Khi ranh giới nằm nghiêng, các trục đồng pha bị méo so với dạng thực của chúng trong môi trường [2].

Có ba nguyên nhân làm méo cấu tạo của các sóng (các trục đồng pha) trên các mặt cắt địa chấn so với cấu tạo của lát cắt địa chất, bao gồm :

1. Đối tượng phản xạ sóng

Đối tượng phản xạ sóng nằm cách xa mặt đất nên trường sóng của chúng ghi được ở mặt đất tồn tại trên đoạn tuyến lớn hơn nhiều kích thước của các đối tượng phản xạ sóng dưới sâu. Hiện tượng này dẫn đến trường sóng mờ dần và nhòe theo khoảng cách (trong không gian). Hiện tượng nhòe khoảng cách dẫn đến làm cho trường sóng của các đối tượng nằm cách nhau, bị đè nhau không quan sát rõ.

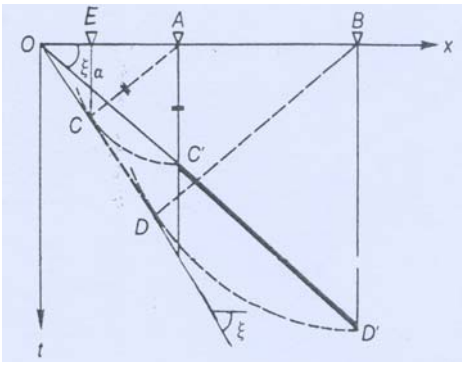
2. Nguyên nhân do biểu diễn, thể hiện trường sóng ghi được

Vì không biết sóng phản xạ, phản xạ trong không gian từ hướng nào đập vào máy đo, nên trên các mặt cắt địa chấn xung sóng được vẽ trên đường thẳng vuông góc với tuyến quang sát nằm ngang. Ví dụ trong *hình 1*, ranh giới thực là đoạn CD nhưng trên mặt cắt địa chấn nó được thể hiện ở đoạn C'D', C'D' nằm thoải hơn CD và hợp với phương ngang một góc là ξ ($\xi > \xi a$).

3. Đặc điểm quan sát sóng

Do sóng địa chấn được quan sát bằng cách bố trí các điểm phát và các điểm thu theo các dạng hình học khác nhau. Trên các băng địa chấn trường sóng được thể hiện dọc trục thời gian nằm vuông góc với tuyến quan sát. Điều này làm cho các sóng phản xạ ghi được trên các băng ghi có cấu tạo khác biệt đáng kể so với các ranh giới phản xạ sóng.

Dịch chuyển địa chấn không những đưa các yếu tố phản xạ về vị trí thực mà còn có tác dụng tích lũy tín hiệu và là một bộ lọc nhiễu nhiều kênh. Trong điều kiện địa chất phức tạp, quy luật vận tốc biến



Hình 1. Hình ảnh dịch chuyển địa chấn trong trường hợp ranh giới nghiêng. Vị trí thực CD bị dịch chuyển sang vị trí C'D'

đổi nhanh theo chiều ngang và chiều đứng và lựa chọn phương pháp dịch chuyển hiệu quả đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao chất lượng mặt cắt địa chấn. Dịch chuyển địa chấn đòi hỏi khối lượng tính toán lớn.

Sau khi dịch chuyển, có một tiện lợi là nếu biết vận tốc trung bình ta có thể xác định được các mặt cắt theo độ sâu, tức vị trí thực của chúng.

III. PHƯƠNG PHÁP DỊCH CHUYỂN ĐỊA CHẤN KIRCHHOFF

Phương pháp này tiến hành dựa vào nguyên lý Huyghen-Fresnel và bài toán Kirchhoff.

Trong phương pháp này, các ranh giới phản xạ được xem như tập hợp các điểm tán xạ, khi sóng tới kích động vào chúng, chúng trở thành các trung tâm phát sóng cầu thứ cấp, phát ra các dao động tán xạ gửi về các điểm khác nhau dọc theo tuyến quan sát x [2].

Dao động sóng của các điểm tán xạ khác nhau (nằm trong lát cắt địa chất) khi phát triển đến mặt đất, chúng giao thoa với nhau và tạo thành trường sóng tổng ghi được dọc tuyến quan sát dưới dạng các sóng phản xạ.

Như vậy, có thể xem các xung sóng phản xạ ghi được tại điểm x_i bất kỳ trên tuyến quan sát là tổng của các phần đóng góp do các điểm tán xạ khác nhau nằm trên ranh giới phản xạ sóng gửi về điểm quan sát.

$A_iF(t - \tau_o)$ - xung sóng phản xạ quan sát được tại điểm thứ i ở thời điểm $t = \tau_o$. $ajD(t - \tau_j)$ - các phần trường do tâm tán xạ thứ j nằm trên mặt ranh giới gửi về điểm quan sát thứ i trên mặt đất.

Theo nguyên lý Huyghen-Fresnel xung sóng phản xạ ghi được ở điểm x_i bằng :

$$A_iF(t-\tau_o)=\sum_j a_jD(t-\tau_j) \qquad (1)$$

Trường sóng phản xạ từ các điểm thứ j của ranh giới ghi được dọc tuyến có dạng :

$$\sum_i A_iF(t-\tau_{oi})=\sum_i\sum_j a_{ij}D(t-\tau_{ji}) \qquad (2)$$

trong công thức trên : τ_{oi} - thời gian truyền sóng phản xạ dọc tia pháp tuyến ghi được tại điểm thứ i. τ_{ji} - thời gian sóng tán xạ từ tâm tán xạ thứ j quan sát được ở một điểm i bất kỳ dọc tuyến.

Chắc rằng $\tau_{ji} = \tau_{Sj} + \tau_{Di}$

trong đó : τ_{Sj} - thời gian sóng đi từ nguồn S đến điểm tán xạ D_j, τ_{Dj} - thời gian truyền sóng tán xạ từ điểm D_j đến các điểm thu thứ i dọc tuyến.

Nếu gọi x_D, z_D là tọa độ của điểm tán xạ sóng, x_S - tọa độ của điểm phát sóng, $x_{S'}$ là tọa độ của điểm quan sát sóng thì τ_{Sj} và τ_{Di} :

$$\tau_{Di}=\left(\frac{(x_i-x_D)^2}{v^2}+\tau_{0D}^2\right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\tau_{Sj}=\left(\frac{(x_S-x_D)^2}{v^2}+\tau_{0D}^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

τ_{OD} - thời gian t_o ở điểm tán xạ.

Trên mặt cắt khoảng thu nổ bằng 0 (lát cắt zero offset như lát mặt cắt cộng ĐGC) thì BĐTK sóng tán xạ có dạng :

$$\tau_{ij}=\sqrt{t_j^2(0)+\frac{4x_{ij}^2}{v^2}}$$

Trong trường hợp này công thức (2) sẽ trở thành :

$$\sum A_iF(t-\tau_{0i})=\sum\sum a_{ij}D(t=\sqrt{\tau_{0j}^2+\frac{4x_{ij}^2}{v_{RMS}^2}}) \qquad (3)$$

ở đây $x_{ij}^2=(x_i-x_j)^2$, với x_j - hoành độ điểm tán xạ và x_i là hoành độ vị trí máy đo.

Về mặt lý thuyết, phép biến đổi tán xạ cho phép cải thiện chất lượng các lát cắt địa chấn nhờ 3 hiệu ứng sau :

***** Hiệu ứng dịch chuyển không gian đảm bảo đưa trường sóng phân tán không phân giải ở mặt đất về trường sóng hội tụ tại các điểm phản xạ.

* Hiệu ứng phân giải đảm bảo phân chia trường sóng tổng thành các trường sóng riêng biệt liên quan đến từng điểm phản xạ sóng trong môi trường.

* Hiệu ứng dập nhiễu đặc biệt là dập các nhiễu ngẫu nhiên do cộng tích lũy. Để đạt được các hiệu ứng mong muốn trên, ba yếu tố cần được lựa chọn một cách hợp lý là đáy cộng, trọng số cộng và tốc độ cộng.

Nếu việc lựa chọn các tham số không được tốt, lát cắt không những kém phân giải mà còn không thể hiện được mặt cấu trúc địa chất.

1. Độ rộng đáy cộng

Độ rộng đáy cộng là độ rộng của biểu đồ thời khoảng tán xạ hay số lượng mạch địa chấn sử dụng để cộng sóng.

Phương trình Kirchhoff là cơ sở toán học của nguyên lý Huyghen và khẳng định dao động ở điểm tán xạ là tổng tích phân của các dao động sóng cầu thành phần từ các điểm khác nhau của mặt S gửi về.

Bài toán Kirchhoff đã được Sneider (1978) và Scales (1995) giải cho trường thế vô hướng - sóng dọc có dạng [3] :

$$P_D(x_D,z_D,t)=\frac{1}{2\pi}\int\left[\frac{\cos\theta}{r^2}P\left((x-x_D),z=0,t-\frac{r}{v}\right)+\right.$$
$$\left.+\frac{\cos\theta}{rv}\frac{\partial}{\partial t}P\left(x-x_D,z=0,t-\frac{r}{v}\right)\right]dx \qquad (4)$$

r - khoảng cách từ các điểm quan sát đến điểm tán xạ $r^2=(x-x_D)^2+z_D^2$, θ - góc giữa tia ló và phương pháp tuyến đến mặt quan sát, P(x,z = 0,t) - trường sóng đo được trên mặt đất.

2. Trọng số cộng

Theo tích phân (4) thì biên độ sóng tán xạ theo khoảng cách. Mức độ suy giảm được đánh giá theo công thức :

$$P(x)=P_{\max}\left[\frac{\cos\theta}{(x-x_D)^2+z_D^2}\right]$$

với $$\cos\theta=\frac{z_0}{\sqrt{(x-x_D)^2+z_D^2}} \qquad (5)$$

Trên các mặt cắt thời gian thì điểm có P_{max} có thể là đỉnh của hyperbol tán xạ.

3. Tốc độ truyền sóng

Phép biến đổi tán xạ được thực hiện cho mô hình tốc độ trung bình (tốc độ V_{RMS}).

Mô hình này chỉ phù hợp với trường hợp phân lớp đơn giản, đảm bảo điều kiện :

- Cực tiểu của BĐTK sóng tán xạ nằm trùng với hình chiếu của tâm tán xạ sóng trên tuyến.

- Biểu đồ thời khoảng sóng tán xạ là hypecbol đối xứng.

Trong trường hợp lớp phủ phức tạp có thể tồn tại lỗi:

+ Độ phân giải kém,

+ Sóng bị đứt đoạn (tồn tại các dịch chuyển sóng),

+ Các thất nơ không được loại trừ hết.

IV. XỬ LÝ

Chương trình tạo số liệu mô hình và dịch chuyển Kirchhoff chạy dựa vào ngôn ngữ lập trình Matlab [1]. Trong chương trình dịch chuyển Kirchhoff, tham số độ rộng sẽ lần lượt được thay đổi tùy thuộc vào số liệu mô hình và thực tế. Dữ liệu zero offset của mô hình được xây dựng trên quan điểm mỗi điểm trên ranh giới phản xạ đóng vai trò là một điểm phản xạ thứ cấp. Xem tất cả các máy đo trên mặt đất đều thu được các biên độ tán xạ từ các điểm phản xạ thứ cấp ấy. Dữ liệu mô hình có 10 % nhiễu.

1. Xử lý mô hình

Vận tốc mô hình là v = 2.000 m.

+ Một điểm tán xạ tại tọa độ x = 400 m, t = 0,5 ms (z = 500 m).

+ Một ranh giới ngang với x = [200-600 m] và t = 0,6 (độ sâu z = 600 m.)

+ Một ranh giới nghiêng : x = [200-600m] ; t = 1s (độ sâu bắt đầu là z = 1.000 m) và góc nghiêng 30°.

+ Một ranh giới uốn nếp dạng hình sin có từ x = [200-1.000 m] ở độ sâu z = 1.500 m.

Từ dữ liệu zero offset, chúng ta dùng chương trình dịch chuyển Kirchhoff lần lượt với v = 2.000 m/s và các bước độ rộng là L = 500 m, L = 1.000 m và L = 2.000 m.

Dựa vào đồ thị các số liệu mô hình đã dịch chuyển, ta nhận thấy trong lát cắt dịch chuyển :

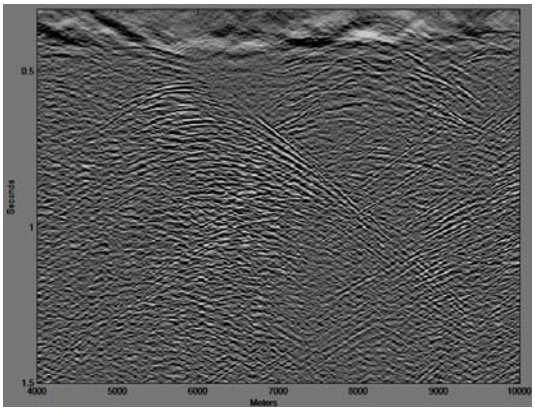
+ Với L = 500 m, 1.000 m ; điểm tán xạ và ranh giới ngang có thể hiện, nhưng ranh giới nghiêng và ranh giới uốn nếp chưa thể hiện rõ.

+ Với L = 1.500 m, 2.000 m : điểm tán xạ, ranh giới ngang, ranh giới nghiêng và ranh giới uốn nếp thể hiện rõ.

2. Xử lý trên số liệu thực tế

Số liệu được lấy ở vùng Abitibi Grenville, Canada [4] (số liệu sau cộng). Chúng tôi tập trung phân tích vùng thời gian từ 0.4s-1.5s, khoảng cách x = 4.000 m - 10.000 m.

Áp dụng số liệu *hình 2* với mô hình vận tốc NMO, sau khi thay các độ rộng L = 1.000 m, L = 2.000 m, L = 5.000 m, L = 20.000 m trong chương trình dịch chuyển Kirchhoff, ta có các số liệu đã dịch chuyển.



Hình 2. Lát cắt cộng vùng Abitibi Brenville

Dựa vào đồ thị các số liệu thực tế đã dịch chuyển, ta nhận thấy trong lát cắt dịch chuyển :

+ Với L = 1.000 m, 2.000m : chưa hình thành một ranh giới nghiêng ở vị trí x = [5.000m - 6.800m] và một nóc ngang ở vị trí khoảng thời gian t = 0.4 s và x = [5.000 m - 5.400 m].

+ Với L = 5.000 m : hình thành một ranh giới nghiêng ở vị trí khoảng thời gian t = [0.4s - 0.8s] và x = [5.000 m - 6.800 m] và một nóc ngang ở vị trí khoảng thời gian t = 0.4s và x = [5.000m - 5.400m].

+ Với L = 20.000 m : hình thành một ranh giới nghiêng ở vị trí khoảng thời gian t = [0.4s - 0.8s] và x = [5.000 m - 6.800 m] và một nóc ngang ở vị trí khoảng thời gian t = 0.4s và x = [5.000m - 5.400m]. Tuy nhiên lát cắt xuất hiện nhiễu tuyến tính từ thời gian t = [0.8s - 1.48s] và x = [6.000 m - 9.000 m].

Như vậy, trong những trường hợp nếu nhiễu là loại thường trực có biên độ trung bình ít thay đổi theo khoảng cách thì kết quả cộng tán xạ có thể làm giảm tỷ số tín hiệu/nhiễu. Đồng thời khi độ rộng L tăng thì tỷ số tín hiệu/nhiễu càng giảm. Hay, khi tăng quá mức, chất lượng cộng sóng sẽ không tốt, tuy vậy chấp nhận tăng quá mức độ rộng L hơn là độ rộng L không đủ lớn bao quát hyperbol tán xạ.

KẾT LUẬN

Chúng tôi đã giới thiệu lý thuyết dịch chuyển Kirchhoff sau cộng và xem xét tác động của sự thay đổi tham số độ rộng L trên số liệu mô hình cũng như trên số liệu thực tế. Từ đó, việc chọn độ rộng đóng vai trò quan trọng trong việc áp dụng phương pháp dịch chuyển Kirchhoff để tạo ra lát cắt có chất lượng. Tuy nhiên việc này cần tìm hiểu thêm ví dụ như là hàm số độ rộng sẽ phân bố theo không gian và thời gian như thế nào thay vì chỉ có một độ rộng là hằng số trên suốt lát cắt dịch chuyển và những tác động các tham số khác như vận tốc và trọng số cộng vào quá trình dịch chuyển.

TÀI LIỆU DẪN

[1] F. GARY, 2003 : Margrave, Numerical Methods of Exploration Seismology with algorithms in MATLAB, Department of Geology and Geophysics, The University of Calgary.

[2] PHẠM NĂNG VŨ, 2007 : Tập bài giảng cơ sở lý thuyết xử lý số liệu địa chấn, *175-190*. HN.

[3] OZDOGAN YLMATZ, 1987 : Seismic Data Processing. Society of Exploration Geophysics, *258-260*.

[4] Trang web dữ liệu: http://gdr.nrcan.gc.ca/seismtlitho/archive/ag/index_e.php, ngày lấy dữ liệu 30/10/2009.

SUMMARY

The Kirchhoff migration : effect of aperture parameter

The Kirchhoff migration plays an important role in converting seismic data into images of geological layers according to the geophysical view. In this paper, we cover theory of the Kirchhoff migration method and examine effects of aperture parameter. To do these, we create a model of a diffraction point, a horizontal layer, a dip layer and a sinusoid layer, and then apply to practical data.

Ngày nhận bài : 21-10-2009

Bộ môn Vật lý Trái Đất, Khoa Vật lý
(Đại học Khoa học Tự nhiên Tp Hồ Chí Minh)