

PHÂN TÍCH TÀI LIỆU TỪ TELLUA BẰNG PHƯƠNG PHÁP VÒNG MOHR

Nguyễn Thành Ván, Lê Văn Anh Cường

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 15 tháng 04 năm 2007, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 03 năm 2008)

TÓM TẮT: Từ tellua là một trong hiện tượng vật lý phản ánh tính chất điện của môi trường đất đá. Trong đó, phương pháp đo sâu từ tellua là phương pháp nghiên cứu tính chất điện ở độ sâu vài chục mét đến hàng trăm kilômét từ mặt đất. Việc giải thích các dữ liệu từ tellua là rút ra những tham số vô hướng có ích từ tenxơ tổng trở. Những quá trình ấy được xử lý thông qua các phương pháp khác nhau như: phương pháp Eggers, phương pháp La Torraca và Yee, phương pháp quay truyền thống và phương pháp vòng Mohr. Phương pháp vòng Mohr xử lý giá trị tenxơ tổng trở thông qua hai thành phần thực và ảo riêng biệt. Chúng tôi sử dụng phương pháp vòng Mohr này để phân tích mô hình 3D để rút ra những thông tin địa chất có ích.

Từ khoá: tellua, ten xơ tổng trở từ tellua, phương pháp vòng Mohr

1. TENXƠ TỔNG TRỞ

Giả sử sóng phẳng phân cực ellíp, có các thành phần E_x , E_y và H_x , H_y truyền thẳng xuống mặt đất có $z = 0$ và độ từ thẩm của chân không là $\mu_0 = 1$.

Trong môi trường đất đá, những thành phần của trường điện, trường từ quan hệ tuyến tính qua tenxơ tổng trở \hat{Z} ; \hat{Z} là một ma trận phức phụ thuộc vào tính chất dẫn điện của môi trường và tần số. Đây là một tenxơ nằm trong mặt phẳng xy, được thành lập từ \vec{E}_τ , \vec{H}_τ gọi là tenxơ tổng trở. Với:
$$\vec{E}_\tau = E_x \vec{i}_x + E_y \vec{i}_y \quad (1)$$

$$\vec{H}_\tau = H_x \vec{i}_x + H_y \vec{i}_y$$

$\vec{i}_x, \vec{i}_y, \vec{i}_z$ là các vectơ đơn vị trong hệ tọa độ vuông góc Descartes, \vec{i}_z hướng xuống phía dưới.

Tổng trở \hat{Z} được xem như mối liên hệ giữa hai thành phần \vec{H}_τ và \vec{E}_τ và có 4 thành phần, đóng vai trò như một hàm truyền:

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix} \text{ với } \begin{cases} E_x = Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y \\ E_y = Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y \end{cases} \quad (2)$$

Các thành phần $Z_{xx}, Z_{xy}, Z_{yx}, Z_{yy}$ thay đổi từ điểm này sang điểm khác phản ánh sự thay đổi của độ dẫn điện theo chiều sâu và chiều ngang.

2. TÍNH CHẤT CỦA TENXƠ TỔNG TRỞ

Tính chất của tenxơ \hat{Z} tùy thuộc vào loại mô hình, chúng ta lần lượt xem xét các mô hình 1D, 2D, 3D.

+Mô hình 1 chiều: Trong mô hình này độ dẫn điện chỉ thay đổi theo chiều sâu z, được gọi là mô hình 1D mà mô hình phân lớp ngang của Cagniard là một trường hợp. Trong mô hình 1D, theo hướng bất kì của trục tọa độ $Z_{xx} = Z_{yy} = 0$ và $Z_{xy} = -Z_{yx} = Z$, nên

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} 0 & Z \\ -Z & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Có thể nói rằng các thành phần Z_{xy}, Z_{yx} của tenxơ tổng trở liên quan đến sự thay đổi độ dẫn điện theo chiều ngang.

+Mô hình hai chiều: Là mô hình trong đó độ dẫn điện thay đổi theo trục z thẳng đứng và theo một trục ngang x hoặc y. Theo trục ngang thì $\sigma = \text{const}$ được gọi là trục đồng nhất. Mô hình như trên gọi là mô hình 2D. Trong mô hình 2D trường phân cực điện từ được chia làm hai trường hợp:

1. Song song hoặc E-phân cực (trường điện phân cực dọc theo trục đồng nhất (cấu trúc))
2. Vuông góc hay H-phân cực (trường từ phân cực dọc theo trục đồng nhất (thẳng góc với cấu trúc)). Trong đó sâu, trường phân cực song song hay thẳng góc được gọi là song song // hay thẳng góc \perp .

Z^{\parallel}, Z^{\perp} là các thành phần song song và thẳng góc của tenxơ tổng trở. Vì vậy tenxơ tổng trở \hat{Z} có đường chéo bằng không.

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} 0 & Z^{\parallel} \\ -Z^{\perp} & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

+Mô hình ba chiều: Trong mô hình này độ dẫn điện thay đổi theo trục thẳng đứng z và theo cả hai trục x,y. Mô hình này được gọi là 3D.

Từ sự đa dạng của các mô hình 3D, có thể chia ra mô hình đối xứng trục là mô hình có tenxơ tổng trở đơn giản nhất. Giả sử trục x thẳng góc với trục đối xứng, ở đây Z_r, Z_t là thành phần hướng tâm và thành phần tiếp tuyến của tenxơ tổng trở, nghĩa là trong trường hợp này tenxơ tổng trở có đường chéo bằng không.

$$\hat{Z} = \begin{bmatrix} 0 & Z_r \\ -Z_t & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Nếu quay trục tọa độ thì mô hình 3D đối xứng trục và mô hình 2D có cùng một dạng tenxơ tổng trở.

3. PHƯƠNG PHÁP VÒNG MOHR

Vòng Mohr được biết trong địa vật lý như một phương pháp để biểu diễn mối liên hệ giữa sức căng ngang và nén bình thường trong một vật thể bị tác động bởi một lực cơ học. Trong bài này, vòng Mohr được dùng để phân tích giá trị tenxơ tổng trở từ tellua, và nó cho ta cái nhìn rõ ràng hơn về \hat{Z} , về tính chất môi trường.

$$\text{Ma trận } \hat{Z} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix}$$

Từ tính chất quay của tenxơ được thể hiện qua các công thức:

$$\hat{Z}(\alpha) = \begin{bmatrix} Z'_{xx} & Z'_{xy} \\ Z'_{yx} & Z'_{yy} \end{bmatrix}$$

$$Z'_{xx} = Z_2 + Z_3 \sin 2\alpha + Z_4 \cos 2\alpha; Z'_{xy} = Z_1 + Z_3 \cos 2\alpha - Z_4 \sin 2\alpha$$

$$Z'_{yx} = -Z_1 + Z_3 \cos 2\alpha - Z_4 \sin 2\alpha; Z'_{yy} = Z_2 - Z_3 \sin 2\alpha - Z_4 \cos 2\alpha$$

$$\text{với: } Z_1 = \frac{Z_{xy} - Z_{yx}}{2}; Z_2 = \frac{Z_{xx} + Z_{yy}}{2}; Z_3 = \frac{Z_{xy} + Z_{yx}}{2}; Z_4 = \frac{Z_{xx} - Z_{yy}}{2}$$

Z_1, Z_2 bất biến với phép quay

$A = A_r + iA_q$, A_r là phần thực, A_q là phần ảo.

Ta lần lượt có các phương trình đường tròn của phần ảo và phần thực.

$$\left(Z'_{xxr} - \frac{1}{2}(Z_{xxr} + Z_{yyr}) \right)^2 + \left(Z'_{xyr} - \frac{1}{2}(Z_{xyr} - Z_{yxr}) \right)^2 = \left[\frac{1}{4}(Z_{xyr} + Z_{yxr})^2 + \frac{1}{4}(Z_{xxr} - Z_{yyr})^2 \right] = R^2 \quad (6)$$

$$\left(Z'_{xxq} - \frac{1}{2}(Z_{xxq} + Z_{yyq}) \right)^2 + \left(Z'_{xyq} - \frac{1}{2}(Z_{xyq} - Z_{yxq}) \right)^2 = \left[\frac{1}{4}(Z_{xyq} + Z_{yxq})^2 + \frac{1}{4}(Z_{xxq} - Z_{yyq})^2 \right] = R^2 \quad (7)$$

Z'_{xx}, Z'_{yx} cũng có mối liên hệ phương trình vòng tròn Mohr tương tự Z'_{xx} và Z'_{yx} .

$$\left(Z'_{yx} + Z_1 \right)^2 + \left(Z'_{xx} - Z_2 \right)^2 = Z_3^2 + Z_4^2 = R^2 \quad (8)$$

Xét các trường hợp đặc biệt:

$$1D: \hat{Z} = \begin{bmatrix} 0 & Z \\ -Z & 0 \end{bmatrix}: \text{vòng Mohr là 1 điểm nằm trên trục } Z_{xy} \text{ vì } R = 0, \text{ và } Z_{xx} = 0$$

$$2D: \hat{Z} = \begin{bmatrix} 0 & Z_{xy} \\ Z_{yx} & 0 \end{bmatrix}: \text{vòng Mohr là một vòng tròn có } R \neq 0, \text{ tâm đường tròn nằm trên trục}$$

Z_{xy}

3D: Vòng tròn Mohr có bán kính khác không và tâm đường tròn lệch khỏi trục Z_{xy} . Sự lệch tâm được thể hiện qua thông số góc γ . γ càng lớn thì sự bất đối xứng càng cao.

$$\text{Với } \text{tg } \gamma = \frac{Z_{xx} + Z_{yy}}{Z_{xy} - Z_{yx}} \quad (9)$$

Bày thành phần bất biến:

1. Z^L là khoảng cách từ tâm của đường tròn đến tâm 0.

$$Z^L = \frac{1}{2} \left[\left(Z_{xx} + Z_{yy} \right)^2 + \left(Z_{xy} - Z_{yx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$2. \lambda \text{ góc đo đặc tính 2 chiều hoặc là sự bất đồng nhất của ma trận: } \lambda = \arcsin \left(\frac{C}{Z^L} \right) \quad (11)$$

3. γ là góc đo sự vô hướng của ma trận, γ khác 0, thể hiện tính bất đối xứng của môi trường.

Z^L, λ, γ cho cả thành phần thực và ảo của ma trận, và như vậy có sáu thành phần bất biến.

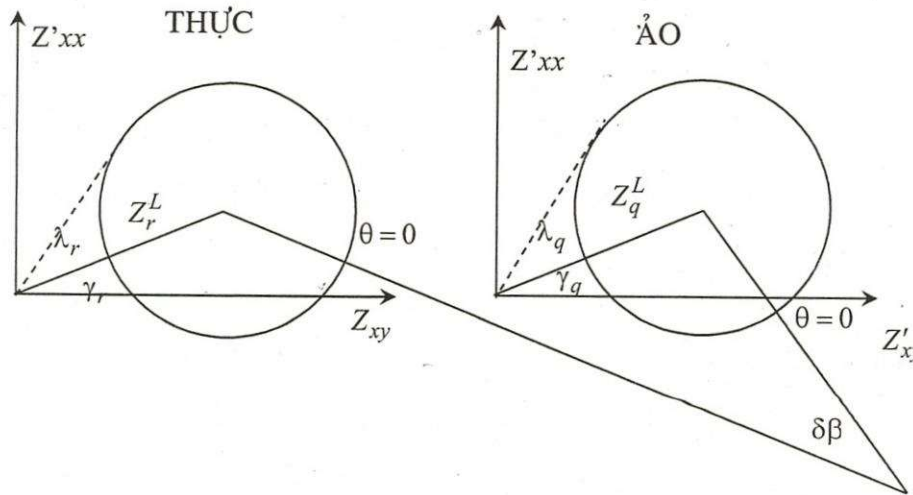
4. $\delta\beta$ tham số thể hiện phần nào sự ba chiều của ma trận, liên kết phần thực và phần ảo của ma trận:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{Z_{xx} - Z_{yy}}{Z_{xy} + Z_{yx}}$$

$$\delta\beta = \beta_r - \beta_q;$$

(12)

Các tham số $Z_r^L, \lambda_r, \gamma_r, Z_q^L, \lambda_q, \gamma_q, \delta\beta$ được biểu diễn trong hình tròn



Hình 1: Biểu đồ vòng Mohr

4. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP VÒNG MOHR

Phương pháp vòng Mohr (7 thông tin) cung cấp cho chúng ta cái nhìn tổng quát về mức độ bất đối xứng môi trường theo hai hướng phần thực và phần ảo. Chúng tôi chỉ biểu diễn theo phương pháp vòng Mohr.

Áp dụng trên hai mô hình ba lớp chứa bất đồng nhất ba chiều lần lượt với các thông số về môi trường như sau. Cả hai mô hình đều được khảo sát với chu kỳ là 2,6 giây và bất đồng nhất ba chiều hình ovalh (êlíp) có bán kính trục $a = 15$ Km, $b = 5$ Km và độ dẫn điện S_c ở tâm êlíp và độ dẫn điện bên ngoài êlíp là S_0 .

Mô hình 1:

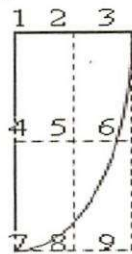
$$\rho_1 = 100 \Omega\text{m}; \rho_2 = 1000 \Omega\text{m}; \rho_3 = 1 \Omega\text{m}$$

$$S_0 = 10 \text{ (S/m)}; S_c = 100 \text{ (S/m)}$$

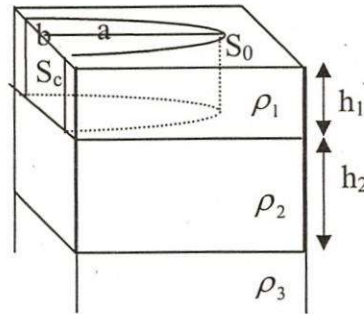
$$h_1 = 1 \text{ Km}; h_2 = 200 \text{ Km}$$

Mô hình 2:

$\rho_1=100\Omega m$; $\rho_2=1000\Omega m$; $\rho_3=1\Omega m$
 $S_0=100(S/m)$; $S_c=10(S/m)$;
 $h_1=1\text{ Km}$; $h_2=200\text{ Km}$



Hình 2: Cách bố trí điểm đo



Hình 3: Mô hình

Phân tích hai mô hình

+Tại những vị trí điểm đo 1, 2, 3, 4, 7:

Phương pháp vòng Mohr: tâm đường tròn của cả phần thực và phần ảo đều nằm trên trục Z_{xy} nên thể hiện tính chất 1D, 2D của môi trường.

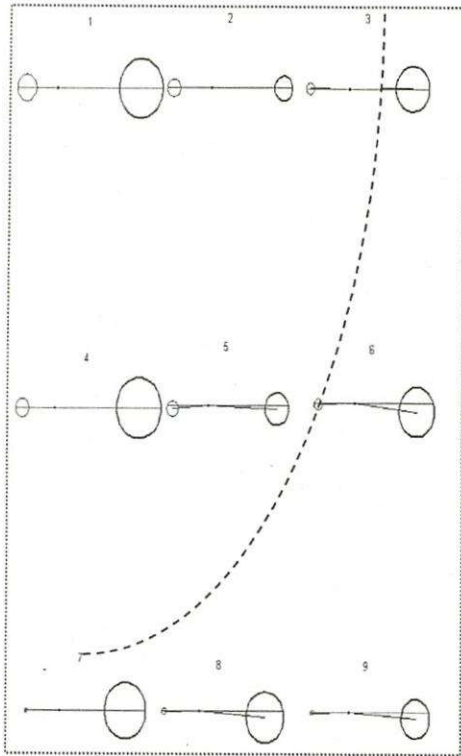
+ Tại những vị trí điểm đo 5, 6, 8, 9:

Phương pháp vòng Mohr: Tâm đường của cả phần thực và phần ảo lệch khỏi trục Z_{xy} và xuất hiện góc γ_r và γ_q nên thể hiện tính chất 3D của môi trường rõ rệt.

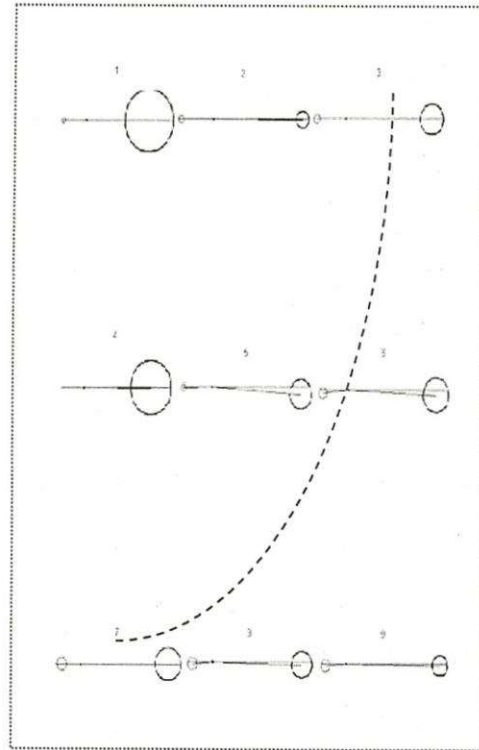
Qua cả sự phân tích vòng Mohr trên hai mô hình, ta đều nhận được tại những vị trí 1, 2, 3, 4, 7 là những điểm nằm trên trục đối xứng của mô hình êlip có tính chất 1D, 2D của môi trường. Tại các vị trí 5, 6, 8, 9 thể hiện sự bất đồng nhất. Từ đó ta dễ thấy ranh giới giữa sự đồng nhất và bất đồng nhất qua đường nối 3, 5, 7.

Bảng biểu 1. Mô hình 1, các tham số $Z_r^L, \lambda_r, \gamma_r, Z_q^L, \lambda_q, \gamma_q, \delta\beta$

STT	Z_r^L	Z_q^L	λ_r	λ_q	γ_r	γ_q	$\delta\beta$
1	0.00826	0.002995	15.01548	18.59429	-0.01078	-0.00528	0.023585
2	0.017	0.008995	7.095846	9.631756	-0.00275	-0.00415	0.113421
3	0.0274	0.01675	15.23471	5.997076	0.001234	-0.00301	0.117102
4	0.00958	0.00364	15.25101	12.21253	-0.01726	-0.00906	0.025411
5	0.019161	0.01	9.83842	8.877123	-1.94402	3.589201	63.37135
6	0.029343	0.017153	16.59395	6.221041	-5.65231	1.08732	38.7022
7	0.0353	0.01795	18.32747	2.714242	-0.00022	0.003383	0.402801
8	0.036144	0.019301	16.63201	4.055376	-4.12515	0.667926	33.76687
9	0.035786	0.020051	12.39788	2.400745	-3.98181	0.507219	133.1973



Hình 4: Vòng Mohr thực và ảo (Mô hình 1)
 ___: phần thực ___: phần ảo



Hình 5: Vòng Mohr thực và ảo (Mô hình 2)
 ___: Phần thực ___: Phần ảo

Bảng biểu 2: Mô hình 2, các tham số $Z_r^L, \lambda_r, \gamma_r, Z_q^L, \lambda_q, \gamma_q, \delta\beta$

STT	Z_r^L	Z_q^L	λ_r	λ_q	γ_r	γ_q	$\delta\beta$
1	0.03155	0.01145	22.65014	5.261591	-0.00307	-0.00491	0.023689
2	0.01495	0.005315	4.027434	5.23559	-0.00125	-0.00278	0.004403
3	0.009685	0.003205	7.803551	6.539293	-0.00084	-0.00157	0.054229
4	0.026	0.008845	17.68876	0.680182	-0.00486	-0.00994	0.116285
5	0.013675	0.004361	7.048108	5.118766	-3.49218	1.13	134.5329
6	0.009685	0.002874	8.39563	8.788076	-2.54776	4.659358	14.49536
7	0.00951	0.002085	8.404572	14.58401	0.000904	0.00371	0.167392
8	0.009322	0.00208	6.538567	13.67291	-1.19554	3.77742	13.75901
9	0.009131	0.002046	4.713924	12.49449	-0.9538	4.484606	14.17629

5.KẾT LUẬN

Các bất biến quay và đặc tính theo hướng của cấu trúc địa chất có thể xác định được bằng phương pháp vòng Mohr. Do đó, thông tin thu thập được từ tenxơ tổng trở cho chúng ta đầy đủ dữ liệu để kết luận được môi trường là 1D, 2D hoặc 3D.

MAGNETOTELLURIC ANALYSIS: MOHR CIRCLES

Nguyen Thanh Van, Le Van Anh Cuong
University of Natural Sciences, VNU-HCM

ABSTRACT: *Magnetotelluric is one of the phenomena to reflect electric properties of environments. Magnetotelluric analysis is one of the methods to research inhomogeneity of 2D and 3D electric environments, whose depths are from tens meters to hundreds kilometers. Explaining MT data is to get useful arbitrary parameters from a general MT impedance tensor. These processes are analysed by using different methods such as: Eggers's method, La Torraca and Yee's method, conventional method and Mohr circles method. In these methods, the Mohr method processes general MT impedance tensor through two real and quadrature components, separately. We use the Mohr method to analyse 3D model data order to draw helpful geological information.*

Key words: *Magnetotelluric, MT impedance tensor, Mohr circles method.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Berdichevsky M.N., Dmitriev V.I. , *Đo sâu từ tellua trong môi trường phân lớp ngang (tiếng Nga)*, Nedra , Matxcova (1992).
- [2]. Berdichevsky M.N., Nguyễn Thành Vấn, *Magnetovariational vector*, *Izv. Akad, Nauk SSSR, Fizika Zemli*, No3, pp.52-62, Matxcova (1991).
- [3]. Lilley F.E.M. *Magnetotelluric tensor decomposition: part I*, Theory for a basic procedure. *Geophysics* 63 (1998), pp.1885 -1897.part II, Examples of a basic procedure. *Geophysics* 63 (1998), pp.1898 -1907.
- [4]. Nguyễn Thành Vấn. *Tenxơ tổng trở từ tellua: khai triển và ứng dụng*. Tạp chí Phát triển KH &CN. Tập 8, No.8, ĐHQG Tp. HCM, pp.26-34. (2005)