

用地磁转换函数研究震源区 介质的电性变化^{*}

曾小苹¹⁾ 林云芳¹⁾ 朱忠杰²⁾ 续春荣³⁾
赵 明¹⁾ 张崇阳¹⁾ 刘绮亮¹⁾

1) 中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所

2) 中国兰州 730000 国家地震局兰州地震研究所

3) 中国北京 100085 国家地震局地壳应力研究所

摘 要

以兰州地区视电阻率 ρ_{sr} 曲线与该地区地磁转换函数变化和中强近震的分析研究为例, 从震磁效应的观点出发, 发现可用地下电导率值将兰州地区自地表向下分为异常层、过渡层、无异常层和正常层 4 层, 只有异常层中转换函数的模 $|A|$ 、 $|B|$, 磁方位角均值 $\bar{\alpha}_p$ 及其均方差 $\Delta\alpha_p$, 以及总方差 σ_z 随时间的变化在震前有明显异常. 由此可推测, 异常层与地震活动区地下介质电导率的非均匀性变化有密切关系. 此现象为进一步的机理研究提供了一种途径. 其内涵和规律, 还须深入研究.

主题词 地磁脉动; 视电阻率; 异常层; 介质的电性变化

引 言

从重磁场测量结果, 以南北带将中国分为东西两大部分(马杏垣, 1987). 南北带位于 102° — 105°E , 是中国大陆内部一条强烈的地震活动带. 王懋基和程振炎(1982)提出, 南北带是一个地壳与地幔密度东西分界突变的过渡转折带, 又是上地幔速度的变异带, 岩石圈刚度的差异带和莫霍面深度的陡变带, 与强烈的新构造变动和地震活动性有密切关系. 兰州地区正处在南北带的北段, 并在甘青块体、鄂尔多斯块体、阿拉善块体和南华亚板块 4 个构造块体的交汇点附近(图 1).

国家地震局兰州地震研究所大地电磁测深组 1985 年在南北带北段进行了大量的测深工作(国家地震局《深部物探成果》编写组, 1986), 所得的成果为研究该地区地壳及上地幔内的高导层与地震的关系, 提供了重要而有意义的依据.

^{*} 国家地震局“八五”攻关课题. 国家地震局地球物理研究所论著 95A0055.
1994 年 1 月 8 日收到初稿, 1994 年 10 月 5 日收到修改稿并决定采用.

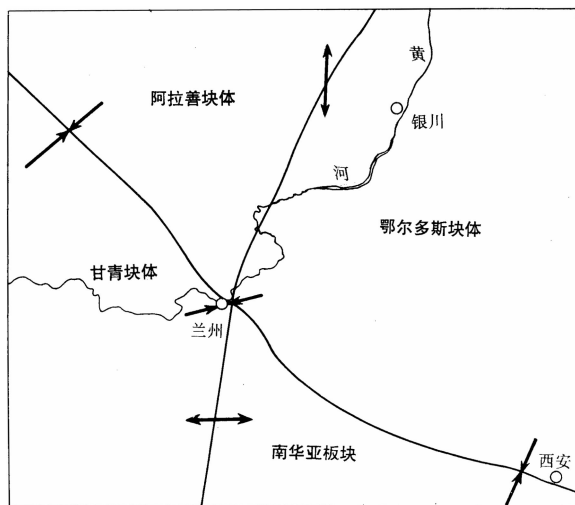


图1 兰州与4个块体交汇点(摘自马查垣(主编), 1987年文献中图14)四块体名称:甘青块体、鄂尔多斯块体、阿拉善块体、南华亚板块

地区地下电性分布具有分层结构,只有异常层与地震活动区的地下介质电导率非均匀性变化密切相关.

Niblett 和 Honkura(1980)提出,由于在震前应力积累的膨胀区内,电阻率可能是受到强烈畸变的岩石性质之一,所以,大地电磁阻抗和地磁转换函数有可能作为与时间有关的前兆效应.徐文耀等(1978)对兰州地磁台的转换函数 A 的变化与 1970—1976 年兰州附近发生的 5.1, 6.5 和 7.2 级 3 个地震有关,并提出兰州即处于该地区的地热和地震活动区.

考虑了兰州地区处于上述特殊地学意义地带,笔者希望探讨特殊地区转换函数的动态变化与地震的关系.选用兰州台地磁转换函数及其参量的变化异常,结合兰州地区视电阻率的探测结果,以及 1990 年该区两个中强地震进行综合研究,发现兰州

1 思路和方法

自从本世纪 50 年代力武常次和 Parkinson 发现了地磁短周期变化 ΔH , ΔZ , ΔD 之间存在线性关系后,在单台的地磁感应研究中,经常使用经验的线性关系

$$\Delta Z = A\Delta H + B\Delta D \quad (1)$$

A 和 B 为转换函数,对单台而言, A 和 B 是时间、周期 T (或频率 ω) 和深度的函数.由电磁感应理论出发,可推导出视电阻率为

$$\rho_a = 0.2 T |E_x/H_y|^2 \quad (2)$$

其中, T 为周期, E_x 和 H_y 分别为 x 方向的电场和 y 方向的磁场.设地下为水平层状介质构造,则电磁阻抗为

$$E_x/H_y = i\omega C \quad (3)$$

暂称 C 为视等效深度,单位为 km. 由式(2)、(3),有

$$\rho_a = 0.4\pi\omega |C|^2 \quad (4)$$

根据国家地震局兰州地震研究所大地电磁测深组在兰州附近刘家峡地震台的测深结果(图 2),由式(4),计算出 $T=3-120$ min 的视等效深度 C ,作出 $T-C$ 曲线(图 3a)

2 初步结果

本文分析了兰州台 1989 年 7 月—1991 年 2 月的地磁脉动记录,得出周期 $T=3-$

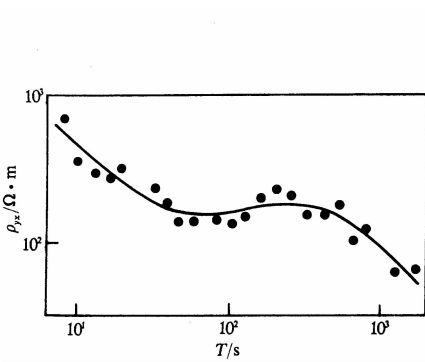


图2 兰州地震台视电阻率 ρ_{yx} 曲线

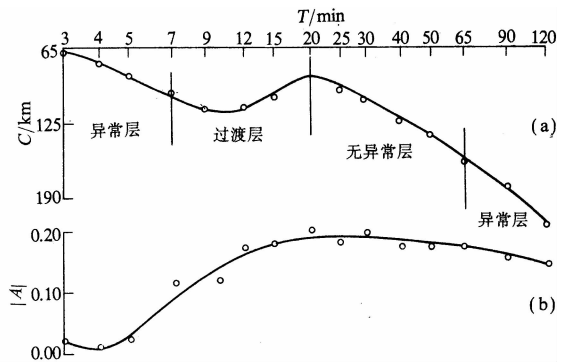


图3 (a)周期 T 与“视等效深度” C 的关系；
(b) 1990 年 1 月转换函数 $|A|$ 的频率响应

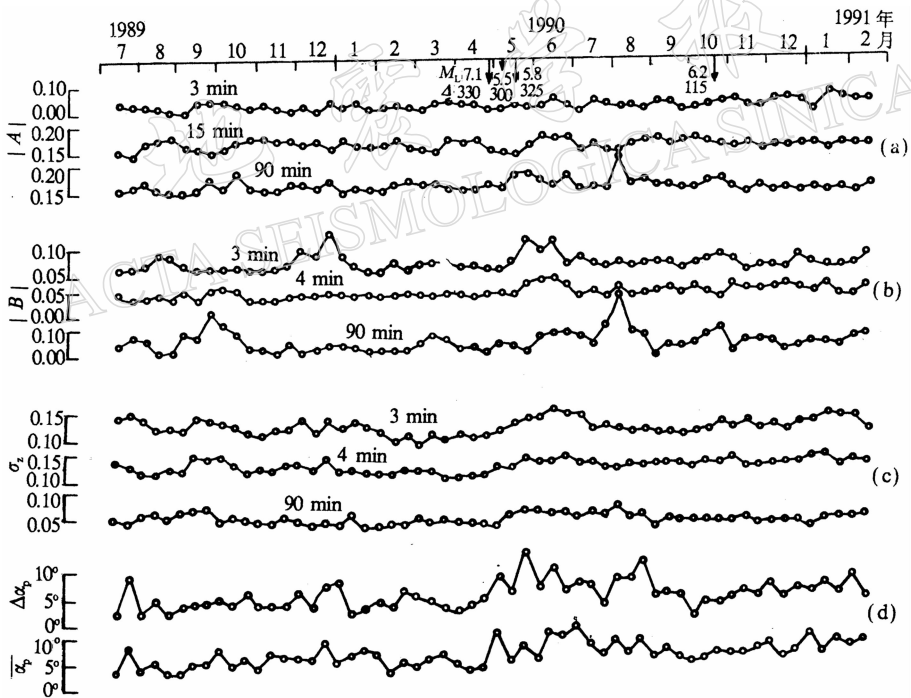


图4 兰州地磁转换函数及其参量的逐旬变化

(a) $|A|$ (Δ 为震中距, 单位为 km), (b) $|B|$, (c) σ_z , (d) $\Delta\alpha_P$ 和 $\bar{\alpha}_P$

120 min 的转换函数 A, B 的模 $|A|, |B|$ 、总方差 σ_z 、磁方位角的均值 $\bar{\alpha}_P$ 及其均方差 $\Delta\alpha_P$ 的逐旬变化(图 4)。

在此期间, 于 1990 年 4 月 26 日在青海省共和发生了 $M_L 7.1$ 地震, 同年 10 月 20 日在甘肃天祝发生了 $M_L 6.2$ 地震。此二次地震对兰州地磁台的震中距(Δ)分别为 330 km 和 115 km 左右(图 5)。结合兰州地区视等效深度曲线(图 3)对上述转换函数及其部分参

量的初步分析结果如下:

(1) 周期 $T=3-120$ min, 对应兰州地区地下视等效深度 $C=65-220$ km. 此范围内地下介质的电性结构可分为 4 层: $C=65-100$ 、 $100-115$ 、 $115-165$ 和 $165-220$ km. 由转换函数 $|A|$ 和 $|B|$ 的频率响应(图 3)可以看出, 这 4 层分别反应了兰州转换函数数值从表面向地下由平稳→上升→平稳→下降的变化格局.

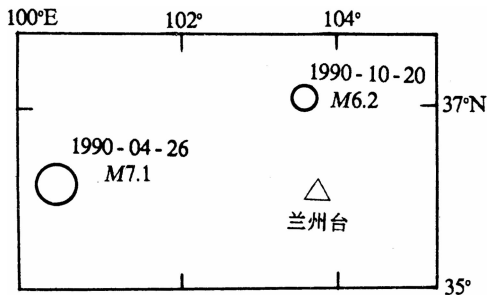


图 5 兰州台和 1990 年的两次地震

(2) $T=7-65$ min 对应的深度层是 $C=100-165$ km, 此层内 $|A|$ 和 $|B|$ 对地震的响应很差. 可将其细分为两层: $C=100-115$ km (对应 $T=7-20$ min) 的薄层, 其间随深度增加 $|A|$ 和 $|B|$ 值由低值变为高值, 我们称之为“过渡层”. 该层 $|A|$ 和 $|B|$ 随时间变化的起伏大, 即信噪比小, 有可能“掩盖”与地震有关的地磁信息. $C=115-165$ km ($T=25-65$ min) 一层内, $|A|$ 和 $|B|$ 稳定在高值上 (例如 $|A|=0.$

18), 我们称之为“稳定层”. 此层内除 σ_z 在震前有微小波动外, $|A|$ 和 $|B|$ 变化很平稳.

(3) $C=65-90$ km ($T=3-4$ min) 和 $C=165-220$ km ($T=90-120$ min) 的浅层和深层, 这两层为两个异常层. 其特点是: 视等效深度 C 随周期 T 增大而变化, 转换函数 $|A|$ 和 $|B|$ 值在浅层是由平稳而变大, 在深层则是由平稳而变小. 地震前此两层中的地磁转换函数及其参量有明显的异常变化, 共和 7.1 级地震前 7 个月开始异常, 天祝 6.2 级地震前 3 个月开始异常.

(4) 磁方位角 $\bar{\alpha}_P \geq 10^\circ$ 及其方差 $\Delta\alpha_P \geq 10^\circ$ 可作为地震前兆判据, 由满足判据条件时稳定层的 $\bar{\alpha}_P$ 值即可推知: 震前帕金森矢量指向的方向就是未来的震中方向.

3 结论和讨论

由以上结果, 发现兰州地区“视等效深度” C 约为 $100-115$ km 的地下存在一薄的“过渡层”, 该层及其两端边界中, 转换函数 $|A|$ 和 $|B|$ 的变化有明显的波动.“过渡层”下有一“稳定层”, 其中 $|A|$ 、 $|B|$ 变化极稳定.“过渡层”与“稳定层”内转换函数及其参量在震前都无异常. 此二层正好与 $|A|$ 的频率响应曲线中 $T=7-65$ min $|A|$ 的高值 ($|A|=0.175-0.195$) 相对应(图 3). 值得注意的是, 只有 $T=3-4$ min 和 $T=90-120$ min 的 $|A|$ 、 $|B|$ 及其参量有明显的震前增大的异常变化.

70 年代以来, 国内外许多地区利用大地电磁测深法发现, 地壳和上地幔内存在高导层(低阻层)(刘国栋、陈国寿, 1984; 国家地震局兰州地震大队大地电磁测深组, 1976), 高导层的埋深与大陆地区地壳活动性、地震低速层以及大地热流值密切相关. 高导层的可能成因主要有两种: 岩石含水和高热流区地壳内岩石出现部分熔融, 使地壳内岩石导电性增大.

兰州地处 4 个块体交汇点附近(图 1), 可以推测该地区存在断层构造. 转换函数周

期 $T=3-4$ min 对应的深度正对应壳幔密度均衡异常的过渡转折带,震前 $T=3-4$ min 和 9—120 min 的转换函数 $|A|$ 、 $|B|$ 和 σ_z 的增大可能与上地幔高导层的上侵,致使断层岩石“俘获”水份有关,并使磁方位角 $\bar{\alpha}_p$ 震前改变方向. 根据新的地震成因理论,只要薄弱断层上的障碍物处有应力积累,就会产生分离波,此时只要有极小的应力作用,就会使断层滑动或破裂,造成偶发的大地震事件. 也许“有应力积累的障碍物”正好与本文 $T=3-4$ min ($C=65-100$ km) 的异常层相对应. 也就是说,地幔中的水及其注入断层,使得地幔和地壳断层处电导率及其横向非均匀性增大(即 $|A|$ 、 $|B|$ 增大). 从应力在障碍物处积累到发生大地震,这种过程中反应水 \rightarrow 介质电性 \rightarrow 地震的关系,还有待观测事实的证实和理论上的探讨.

参 考 文 献

- 国家地震局兰州地震大队大地电磁测深组, 1976. 中国南北地震带北段地壳和上地幔的电性特征. 地球物理学报, **19**, 28—34.
- 国家地震局《深部物探成果》编写组, 1986. 中国地壳上地幔地球物理探测成果, 407pp. 地震出版社, 北京.
- 刘国栋、陈乐寿, 1984. 大地电磁测深研究, 405pp. 地震出版社, 北京.
- 马杏垣(主编), 1987. 中国岩石圈动力学纲要, 76pp. 地震出版社, 北京.
- 王懋基、程振炎, 1982. 均衡异常与地壳结构. 地质学报, **56**, 1, 51—61.
- 徐文耀、祁睽、王仕明, 1978. 甘肃省东部地区短周期地磁变化异常及其与地震的关系. 地球物理学报, **21**, 218—223.
- Niblett, E. R. and Honkura, Y., 1980. Time-dependence of electromagnetic transfer functions and their association with tectonic activity. *Geophys. Surv.*, **4**, 97—114.