

衡量地电阻率观测资料内在质量的一种方法^{*}

赵和云, 丁 卉, 韩德胜

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:提出了一种衡量地电阻率观测资料内在质量的方法. 该方法综合了仪器精度、环境干扰、季节变化、观测信噪比等因素, 能对观测资料的质量给出公正、合理的评价.

主题词:地电阻率; 观测资料质量; 评价方法

中图分类号:P319.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0844(1999)02-0156-04

1 问题的提出

地电阻率观测资料的内在质量有两层含义: ① 能否真实、客观地反映地下介质的电性变化, 特别是几十米以下的地层电性; ② 在台站一定范围内孕育地震时, 资料中是否有可识别的地震信息. 由于目前对地震前兆复杂性的认识非常有限, 后者在实际操作中还不能作为衡量资料内在质量的客观标准. 对于第一层含义, 目前的作法是从产出资料的4个环节入手, 即核实: 仪器是否按时标定, 是否合格; 外线路和电极是否在检查时符合要求; 观测环境是否有大的变动; 资料的信息量(包括观测次数和仪器精度)是否足够大. 不难看出, 即使上述4个环节都作得很好, 也不能完全保证资料会不畸变地反映出地下的真实情况. 这是由于在获取资料的同时并不进行仪器的标定、外线路的检查等工作, 此时有可能由于非恒定仪器系统误差、外界偶然的电磁干扰、观测环境的突然变化等原因使观测资料中掺杂着其它信息. 唯一可靠的办法是从观测资料本身寻找一种指标以便能真正反映出资料的内在质量. 本文的目的就是在做好产出观测资料的4个环节基础上, 从资料本身寻找一种能反映资料内在质量的方法和指标.

2 方法原理

按照文献[1]的结果, 四极对称装置在均匀半无限介质中的探测能力如图1所示. 其横坐标为从地表算起的深度, 纵坐标代表某深度上单位厚度与地表面平行的无限大薄层介质对地表观测值的贡献量. 由图可见, 对地表观测值贡献最大的介质深度为 $0.03 \sim 0.35 \overline{AB}$. 这就是说, 地电阻率观测值主要受上述范围内岩土层的影响, 当该范围岩土层的电阻率发生变化时, 测值才会有明显变化; 其电阻率稳定时, 测值也比较稳定. 《地电台站观测技术规范》规定, 台站供电电极距为1000 m左右, 那么探测范围的深度就在几十米与几百米之间. 通常情况下(至少在非孕震条件下), 短时间里这一深度内的地温、水饱和度、矿化度、孔隙结构都不会改变, 因而

收稿日期: 1998-12-27

^{*} 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999014

第一作者简介: 赵和云, 男, 1946年6月生, 副研究员, 从事地电基础理论与地电预报地震研究工作.

它的电阻率也不会改变, 地表测值也理应不变. 在理论上已经证明, 短时间内对一不变量进行多次测量, 所得结果相对于平均值的误差必然满足正态分布. 如果测值中掺杂有其它信息, 这种误差将明显偏离正态分布. 由此可见, 通过检查在“短时间”内测值的误差是否符合正态分布, 就可以衡量出观测资料是否有其它干扰量. 现在的关键是如何确定“短时间”的具体含义. 我们将其定为 1d. 当然也可以根据具体的实践而定为更合适的时间间隔.

3 试算结果

按照上述思路对兰州地电台(ZD8A 地电仪)、天水地电台(ZD8 地电仪)、山丹地电台(ZD8 地电仪)和武威地电台(DDC-2B 指针仪器)1997 年的部分观测资料进行了试算以考察能否将不同台站、不同时段、不同测道以及不同类型仪器观测资料的内在质量区分开来. 具体作法是, 先求出每天各小时(人工观测为每天各次)测值相对于当天日均值的偏差, 统计一个月内各种偏差的概率分布, 然后求出与实际概率曲线最佳拟合的理论正态分布曲线并对比两者的形态差异. 其差别越大, 资料的内在质量也越差. 当两者在形态上一致时, 以其正态分布的相对均方根误差(不是台站每次观测的 K_e)区分不同台站实测资料的内在质量高低. 相对均方根误差小的台站, 其内在质量较高. 图 2 是兰州台 1997 年元

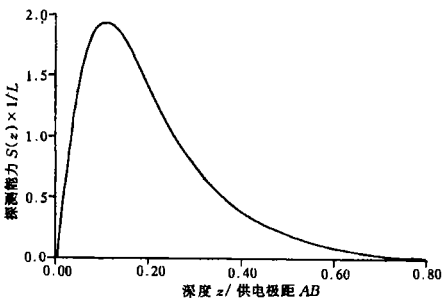


图 1 四极对称装置在均匀半无限介质上的探测能力

Fig. 1 Detectability of the Schlumberger configuration in semi-infinite homogeneous medium.

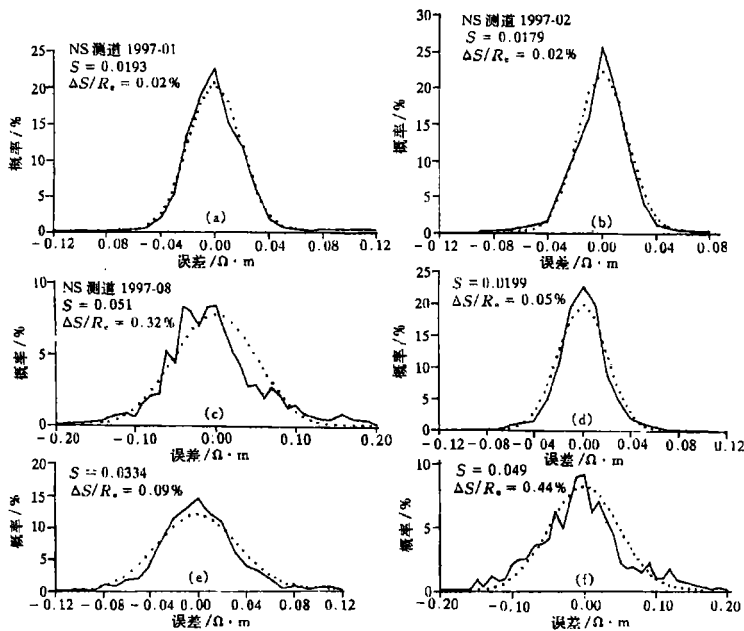


图 2 兰州台 1997 年元月、2 月、8 月份 NS 和 NW 道观测资料的计算结果

Fig. 2 The error statistics of data observed by NS and NW channels of Lanzhou station in Jan., Feb. and Aug. 1997.

(a) 元月份(NS 道); (b) 2 月份(NS 道); (c) 8 月份(NS 道);
(d) 元月份(NW 道); (e) 2 月份(NW 道); (f) 8 月份(NW 道);
实线——实测误差分布; 虚线——拟合标准正态分布

月、2 月、8 月份 NS 和 NW 测道观测资料的处理结果, 图 3 是天水台 1997 年 12 月 EW 测道观测资料的处理结果, 图 4 是武威台 1997 年元月 NS 和 EW 测道观测资料的试算结果. 在图 2~图 4 中, S 为拟合正态分布曲线的均方根误差, $\Delta S/R_e$ 为实测与理论拟合正态分布相对均方根误差的差值. 由这些图件可以看出以下几点:

(1) 人们已经认识到, 使用抗干扰能力强的高精度自动数字地电仪(ZD8 和 ZD8A)观测到的资料内在质量比指针式人工读数仪器得到的资料要高. 纵观 ZD8 和 ZD8A 仪器实测资料的误差分布(图 2 和图 3), 不论其细节如何变化, 趋势上大体都是“两头小、中间大”

的正态分布形态;然而图 4 中指针式仪器观测资料的误差分布则为一系列脉冲式抖动,严重地偏离了正态分布的基本形态.这就表明,本文提出的衡量观测资料内在质量的方法从本质上揭示了资料的内在特征,形象而具体地将资料的质量展示在人们面前,从而正确地体现了人们对不同类型仪器测得资料内在质量的认识.

(2) 兰州台 NS 道元月和 2 月份的误差分布与理论正态分布曲线十分接近.实测与拟合正态分布的相对均方根误差的差值为 0.02%,与 ZD8A 仪器的误差相当.表明元月和 2 月观测资料的质量甚高.然而从图 2(c)可以看出,同在兰州台、同为 NS 测道,8 月份的情况就与元月和 2 月很不相同,其实际误差分布较明显地偏离了拟合的正态分布,无论是均方根误差,还是相对均方根误差的差值均明显增大.对此可作如下解释:兰州地电台测区为种植蔬菜的农田,在元月和 2 月份,农田地表封冻,农田作业停止,所以地表电性 1d 之内的变化较小;然而在夏季(包括 8 月份),时而浇水,时而施肥,使地表一定深度内的土层电阻率随人的活动而剧烈改变,结果在观测值相对均值的偏差中出现了偏离标准正态分布的形态.这在图 2NW 道的试算结果中也有所体现.由此可见,本文提出的衡量资料内在质量的方法不仅能正确区分不同类型仪器测得资料的质量优劣,而且能区分同一测道资料在不同时段受地表季节干扰和人文干扰的程度,从而更精细地刻画出资料质量的好坏.

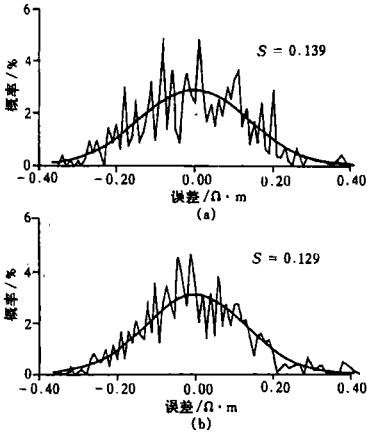


图 4 武威地电台 NS 和 EW 道 1997 年元月观测资料的处理结果

Fig. 4 Processing results of data observed by NS and EW channels of Wuwei station in Jan. 1997.

(a) NS 道; (b) EW 道;
实线——实测误差分布;
虚线——拟合标准正态分布

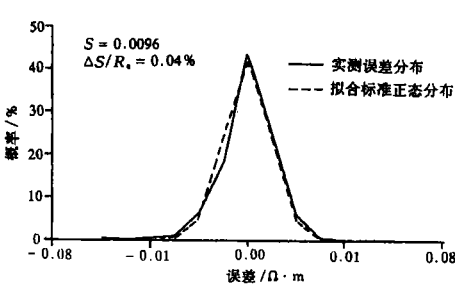


图 3 天水台 1997 年 12 月 EW 道观测资料的处理结果

Fig. 3 Processing results of data observed by EW channel of Tianshui station in Dec. 1997.
实线——实测误差分布;
虚线——拟合标准正态分布

(3) 同一台站不同测道由于地表环境的不同,观测资料受干扰的程度也不相同.以兰州台 NW 测道为例,其一个供电电极在生物化工制品厂院内,电极不远处有电台发射塔,显然该测道观测资料受环境干扰的程度远比 NS 道严重.对比图 2(a)、(b)、(c)NS 道与图 2(d)、(e)、(f)NW 道的结果,不难看出用本文提出的方法检验两测道观测资料的质量,其差异是显著的.首先与标准正态分布的吻合程度有差异,反映在 $\Delta S/R_e$ 上,NW 道均大于同时期的 NS 道;其次在均方根误差上,NW 道也大于 NS 道.因此可以说,本文提出的方法能够正确区分地表环境对资料质量的影响程度,这是仅从产出资料的 4 个环节上去评价资料内在质量的方法所作不到的.

(4) 如果实测误差分布与正态分布的吻合程度都很好,看不出几套观测资料有多少差异,可以用相对均方根误差和 $\Delta S/R_e$ 将资料的质量高低区分开来.例如,将兰州台 NS 道元月和 2 月份资料(图 2(a)、(b))与天水台 EW 道 12 月份资料(图 3)进行对比,它们的实测误差分布与拟合正态分布的形态都十分接近,看不出究竟哪套资料的质量更高.但由 $\Delta S/R_e$ 的大小可以反映出,天水台的值大于兰州台,显然天水台 EW 道 12 月份的资料质量不如兰州台 NS 道 1~2 月份

资料质量高. 这是由于天水台探测体为低阻岩层而且其信噪比要比兰州台小所致. 由此可见, 本文提出的方法对台站信噪比也有灵敏的反应, 能按观测资料自身的特征将影响质量高低的多方面因素反映出来.

简言之, 除仪器精度外其它诸如环境、季节、信噪比等对资料的影响均是目前观测资料质量评比办法中所没有涉及到的内容, 而这些内容恰恰又是影响资料内在质量的重要因素, 本方法综合了这些因素, 因而可以较全面地反映观测资料的内在质量.

4 结语

综上所述, 仅从产出观测资料的4个环节入手还不足以准确完整地说明观测资料的内在质量. 本文根据理论分析和实际资料计算给出了一种衡量地电阻率观测资料内在质量的方法, 在综合考虑了仪器的精度、观测的信噪比、资料受环境和季节干扰的程度等多方面因素之后, 从资料本身给出了一种指标. 显然它更能形象具体地反映出观测资料内在质量的高低.

参考文献

- [1] 赵和云, 张文孝, 杨明芝. 水平层状介质中不同深度对地表 ρ_s 变化的响应特征[J]. 地震, 1985, (6): 33~40.

ESTIMATION ON INHERENT QUALITY OF OBSERVED EARTH RESISTIVITY DATA

ZHAO He-yun, DING Hui, HAN De-sheng

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract

A better method is put forward to evaluate the inherent quality of observed earth resistivity data. The method comprehensively embodies a function of manifold factors such as equipment accuracy, environmental disturbance, seasonal variation, signal to noise ratio, ect.

Key words: Earth resistivity; Observations quality; Estimation method