文章编号: 1003－1375(2006)01－0005－05

大地电场观测深埋铅电极测量系统试验

田 山, 郑文俊, 张建新, 陈 嵩, 汪翠枝

(天津市地震局, 天津 300201)

摘要: 为使用铅电极替代不极化电极, 以解决滨海地区大地电场观测系统稳定性差的问题, 先后开展了浅埋的铅电极与不极化电极的大地电场对比观测, 以及深埋铅电极与浅埋铅电极的对比观测试验。结果表明: 铅电极与固体不极化电极的观测数据在短期内有较好的一致性; 深埋铅电极的大地电场观测资料在长期稳定性上优于固体不极化电极; 而观测数据的内在观测质量也高于浅埋铅电极。

关键词: 大地电场; 铅电极; 不极化电极

中图分类号: P319.3 文献标识码: A

0 引 言

天津市位于渤海之滨, 受历史上多次海侵的影响, 地下咸水层发育广泛。由于存在盐碱腐蚀, 天津市静海台、宝坻台的大地电场测项在 2001 年 9 月投入观测后, 仅几个月就出现了由不极化电极不稳定而造成的观测数据漂移现象。对此曾多次更换不极化电极, 但更换电极会使观测数据出现突变, 并且其稳定观测的时间也只是维持几个月。为改变这一状况, 我们尝试用铅电极替代不极化电极, 但这涉及两个问题: 一是铅电极与不极化电极的观测结果的一致性; 二是如何进一步保持铅电极观测的长期稳定性。为此, 先后在宝坻台开展了铅电极与不极化电极的对比观测, 以及深埋与浅埋铅电极的对比观测。

1 铅电极与不极化电极的对比观测

铅是除了金、银之外最稳定的金属电极材料。尽管铅电极的极化电位在不同介质中差别较大, 但在比较稳定的观测环境与介质条件下, 极化电位仍具有长期稳定性。这在我国采用铅电极开展的多年地电阻率观测中已得到证实。但以铅电极取代不极化电极, 其观测结果的一致性程度如何？这是首先要了解的问题。为此, 2002 年 10 月在宝坻台架设了新的大地电场测量线路, 在原不极化电极的相同位置、同一深度埋设铅电极, 建立了与现有不极化电极的设置一致的比测系统。为满足大地电场观测对线间绝缘电阻的规范要求, 测量线使用双股铁芯室外电话线。对比观测试验时间为 1 年, 于 2003 年 10 月底完成。

从目前大地电场的布极方式(3 个方向、为了满足自身检验设置长、短两种极距观测系统)2 种电极的同步观测数据的长短极距的相关系数(表 1)对比分析看, 试验观测结果铅电极与不极化电极具有较好的一致性: 3 个方向的相关系数 $\sigma<0.6$ 的次数一

表 1 2 种电极观测的试验结果(2002 年 10 月～2003 年 10 月)表

电极类别	测道	相关系数		
		$\sigma<0.6$	$0.6\leqslant\sigma<0.8$	$\sigma\geqslant0.8$
固体不极化电极	NS	3(1%)	37(11%)	295(88%)
	EW	39(12%)	145(43%)	151(45%)
	NE	21(6%)	73(22%)	241(72%)
铅板电极	NS	18(5%)	52(16%)	258(79%)
	EW	28(9%)	221(67%)	79(24%)
	NE	3(1%)	39(12%)	286(87%)

收稿日期: 2005-06-13

作者简介: 田山(1952－), 男(汉族), 天津市人, 天津市地震局高级工程师, 主要从事地震预报工作.

般小于10%, NS向和NE向的相关系数在0.6≤σ<0.8的次数一般小于20%, 此2个方向的相关系数σ≥0.8次数一般在80%以上。但EW向的σ<0.8次数较高, 可能与该测向的干扰背景有关, 而这种变化在2种电极的比测结果中也具有较好的一致性。

另外, 据2种电极1年多的比测数据变化情况表明, 铅电极观测系统的稳定性明显高于固体不极化电极观测系统, 在该台已经工作了几十年的地电阻率观测也表明, 自然电位的观测结果显示出较好的稳定性、连续性, 测量用铅电极在地下埋设30余年完好无损。

图1是2种电极同一时段(2003.08.18)的对比观测分钟值曲线, 从曲线的形态上看, 其各种周期的变化在2种电极的每个测向对应的长短极距的图像中均有很好的一致性。

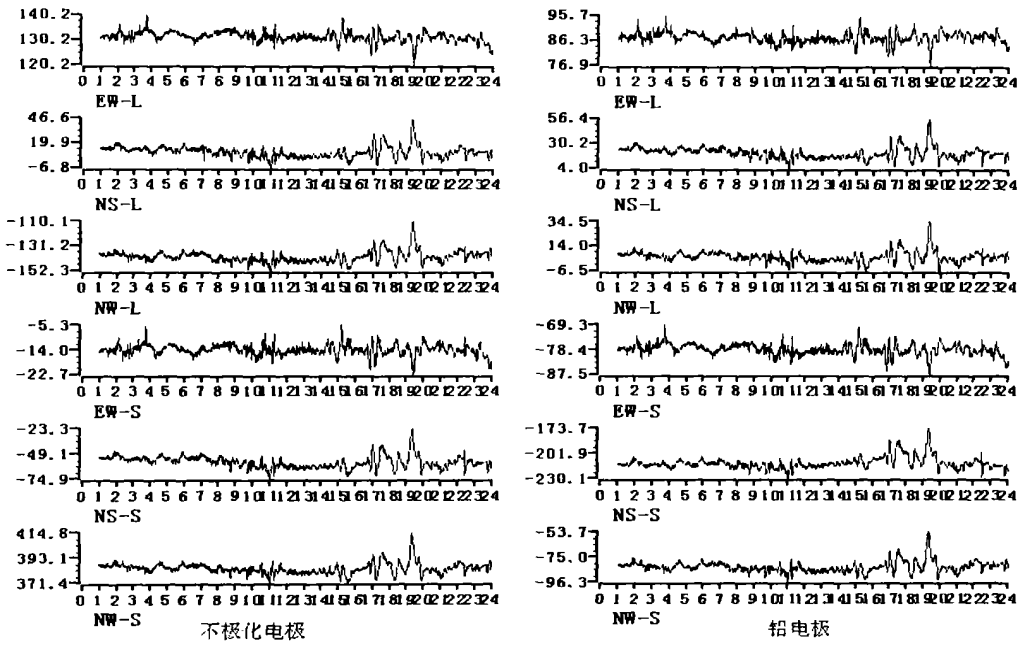

图1 不极化电极与铅电极的分钟值曲线图

2 铅电极不同深埋的对比观测

为了提高大地电场观测系统的抗干扰能力, 克服因降雨及电极周围浇地使电极产生的极化电位变化对观测所造成的影响, 经与赵家骝、关华平等专家咨询、讨论, 我们决定实施将铅电极深埋到常年水位面以下的试验方案。在制作电极前, 对电极材料作了一定的技术处理, 这样在使其处于相对稳定的外部环境中, 电极的极化电位也具有较高的稳定性, 由此来提高观测系统自身的稳定性。

2.1 电极制作

按照观测技术要求及观测系统布极的需要, 用铅板制作8个测量电极。为了便于电极深埋, 其外形设计为圆柱型(见图2)。铅板的厚度为3mm, 电极引线为多股1mm的铜心电缆, 引线与极板焊接连接。为了提高铅电极在使用过程中的稳定性, 将铅板表面用稀硫酸液做了钝化处理。用环氧树脂胶对

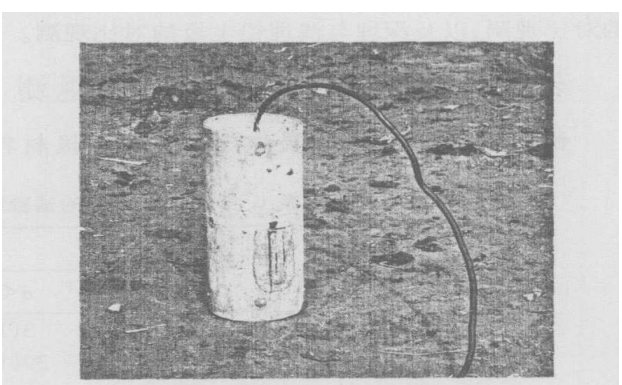

图2 自制铅电极图

焊接铜线在电极表面裸露处做了密封, 并用另一块铅板加以覆盖、密闭, 以防止引线与铅电极间产生不同的极化电位。在施工过程中为保护电极引线电缆, 线缆外套用铝塑管外层。

2.2　对比观测及其结果的分析

宝坻台及附近地区的近地表浅水位近年来的最大值为 6 ~ 7m 左右, 为了使电极常年置于水位以下, 以避免降雨及水位升降造成的影响, 故决定将试验电极埋深至地表以下 10m。

考虑到季节性气候及降雨等因素, 对观测产生的动态影响, 将试验的时间定为 12 个月, 即 2004 年 1 月 1 日 ~ 2004 年 12 月 31 日。

表 2 给出了深埋与浅埋铅电极观测资料的统计结果。由表 2 可见, 深电极对应的长、短极距的相关系数大于 0.8 的天数远远高于浅电极, 这一结果表明将电极深埋至常年水位以下, 能有效地抑制来自表层的干扰。

表 2　铅电极的深埋与浅埋观测资料的统计表

电极方式	测道	相关系数		
		$\sigma < 0.6$	$0.6 \leqslant \sigma < 0.8$	$\sigma \geqslant 0.8$
深埋电极	1－4	11(3%)	29(8%)	324(89%)
(2004 年全年记录	2－5	20(5%)	86(24%)	258(71%)
364 天有效数据)	3－6	14(4%)	21(6%)	329(90%)
浅埋电极	1－4	39(11%)	171(47%)	149(42%)
(2004 年全年记录	2－5	22(6%)	97(27%)	240(67%)
359 天有效数据)	3－6	22(6%)	28(78%)	309(86%)

表 3 中分别给出深、浅电极观测的电场资料月均方差统计结果, 由表中可见, 在浅井水位变化相对稳定, 无降雨或电极周围无浇水情况时, 深、浅电极系统观测的统计方差相差无几, 当出现较大降雨等干扰情况后, 两者的统计方差相差较大, 浅电极的方差比深电极的方差大一个数量级。由此可以进一步说明深埋电极有较强的抗干扰能力。

另外, 从深、浅电极的观测结果与降雨的对比数据曲线看(图 3), 浅埋电极观测数据曲线的波动变化明显多于深埋电极。深电极的观测数据日均值曲线是连续的相对稳定的变化, 而浅电极对本地降雨、浇地、水位变化(图 4)等影响在观测数据中都有明显的与之相对应的变化。

为了排除观测资料中可能存在的电极的长期稳定性对观测资料的影响, 作者采用一阶差分的方法对以上深、浅电极系统的观测资料进行了处理, 结果示于图 5。由图可见, 深电极系统的观测资料的质量要远远好于铅埋电极系统。

表 3　宝坻深、浅电极电场观测数据月均方差统计表

年月	深 EW	深 NS	深 NW	浅 EW	浅 NS	浅 NW
200401	2.03	1.34	2.34	2.00	0.89	2.10
200402	0.74	0.84	0.80	1.66	0.15	0.71
200403	0.59	1.73	3.34	1.12	0.37	0.73
200404	0.69	1.67	2.75	1.30	0.58	1.78
200405	0.43	1.18	1.63	0.85	0.28	1.12
200406	1.31	1.53	1.77	2.12	2.39	6.66
200407	0.45	4.64	3.17	5.42	21.63	10.93
200408	0.38	1.69	2.54	0.80	0.36	1.16
200409	0.48	1.44	1.80	6.46	6.97	20.39
200410	0.49	1.48	2.02	4.37	2.37	6.97
200411	0.40	0.80	1.24	2.48	1.46	0.60
200412	0.66	3.17	3.61	0.75	2.50	0.74

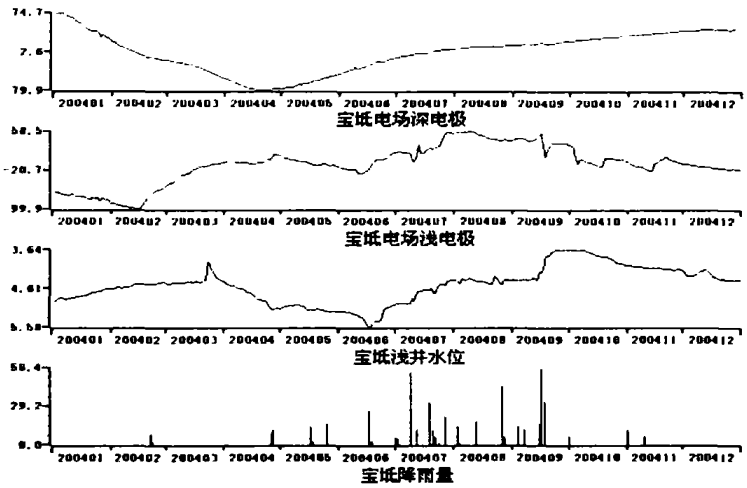

图 3 宝坻深、浅电极电场日均值、浅井水位及降雨量曲线图

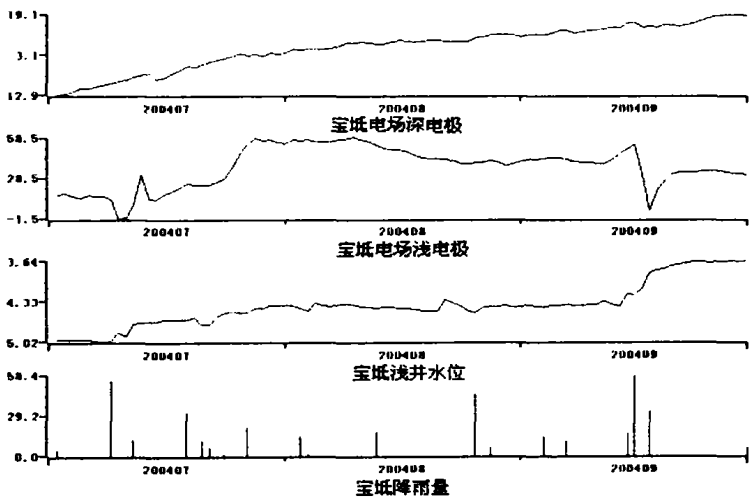

图 4 宝坻深、浅电极电场 7~9 月份日均值、浅井水位及降雨量曲线图

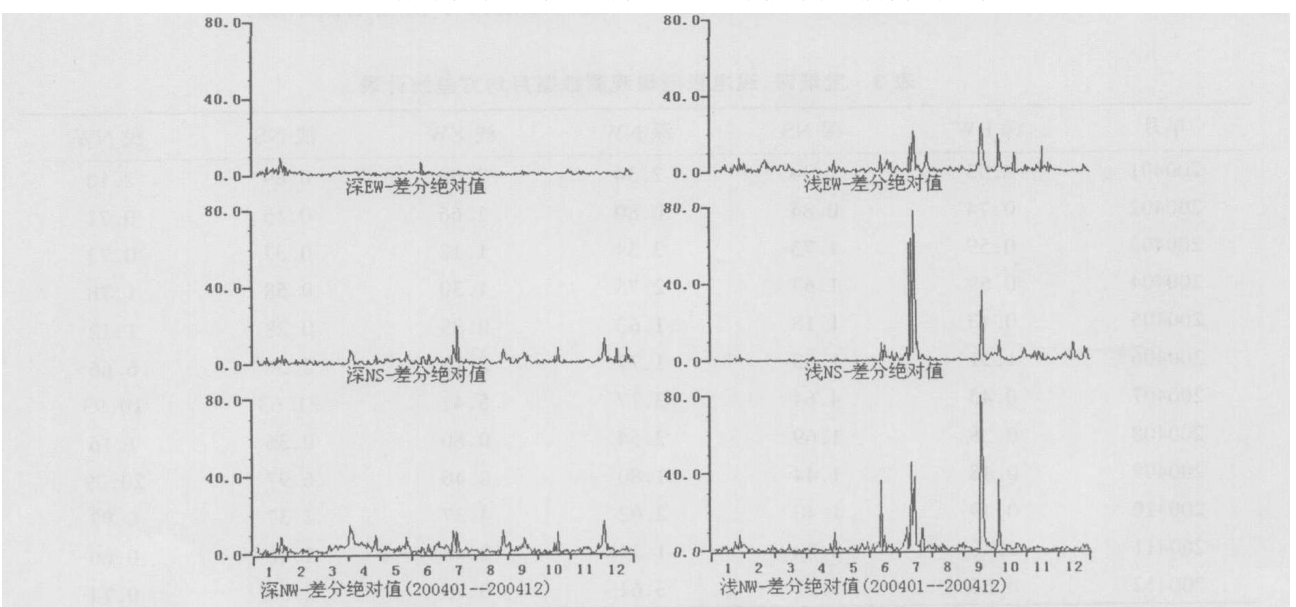

图 5 深、浅电极观测资料的差分处理结果图

3　分析与讨论

对比表 1 中不极化电极的相关系数的统计结果, 表 2 中的深埋电极的相关系数统计结果要优于前者, 由表可见, 深埋铅电极各测道长短极距的相关系数大于 0.8 的天数均多于不极化电极。因此, 用深埋铅电极的观测系统可以正确测量大地电场的变化。其可能的解释是: 铅电极处在常年潜水面以下, 是一个相对稳定的环境, 电极的极化电位也是处在稳定不变的状态下, 所测大地电场值的变化应是当地电场的客观变化。

在深、浅电极全年的比测结果中(图 3), 深电极的变化幅度为 154.6mv/km, 浅电极的变化幅度为 158.4mv/km, 两者之差为 3.8mv/km。尽管两者的年变化幅值相差不大, 但变化形态并不一致。其原因主要是因为降雨和水位变化使浅电极附近的土中含水量发生变化, 导致电极的极化电位变化, 从而使浅电极的稳定性发生变化。如图 3 中降雨量曲线的两次较大降雨过程, 均导致浅电极观测电场的突变; 图 4 中浅电极系统的电场曲线与水位变化曲线在 4 月份以后其变化形态表现出惊人的一致。以上结果足以说明浅电极处于不断变化的电性介质中, 其所测电场的长周期变化主要来自电极的极化电位的改变, 而深电极的电场观测资料的长周期变化几乎不受其影响。对深电极系统的观测资料中出现的长周期变化, 产生该变化的原因和机理还有待于做进一步的研究工作。

4　结　论

通过宝坻台所开展的同深度、电极不同和不同深度、电极相同的两种大地电场对比观测, 结果表明:

(1)铅电极观测系统与不极化电极观测系统的观测结果具有良好的一致性;

(2)深埋铅电极的观测数据的稳定性优于浅埋铅电极和固体不极化电极的观测结果。

根据以上试验结果认为, 可采用铅电极取代不极化电极和加大电极埋深(达浅水面以下)的方案, 来提高滨海地区大地电场观测系统的稳定性。

本项试验工作得到了天津市地震局领导的大力支持, 在此深表感谢!

Test for the observational system of earth electric field with deep burying lead electrode

TIAN Shan, ZHEN Wen-jun, ZHANG Jian-xin, CHEN Song, WANG Cui-zhi

(Earthquake Administration of Tianjin Municipality, Tianjin 300201, China)

Abstract: In order to substitute non-polarizable electrode with lead electrode and solve the stability problem of earth electric field observation in seashore area, we have performed two kinds observational comparison, which is shallow burying lead electrode with non-polarizable electrode and deep burying lead electrode with shallow burying lead electrode. The results show that the observation data of lead electrode are consistent with that of non—polarizable electrode in short period, and the stability of the data from deep burying lead electrode excels solid non-polarizable electrode, and its inherent quality also excels shallow burying lead electrode.

Key words: earth electric field; lead electrode; non—polarizable electrode