

略谈地电仪器的概况和发展趋向

陈才军、王燕成、曲正杰、赵家骝

(兰州地震研究所)

地电是地震前兆测量中一个重要的手段。在地震预报中起着一定的作用,受到国内外地震工作者的重视。但也存在着一些困难和问题。目前,国内外地震工作者(包括物探工作者)都在探索解决这些困难和问题的途径。我们作为地震仪器研制人员,为了更好地与地电方法的研究人员配合,把握地电仪器的发展趋向,对国内外地电仪器的现状和发展趋向作了一些调查。现将我们所了解的情况和几点初浅的看法介绍如下。

一、国内外概况

目前分布全国的地电台约80余个。全部采用四极对称直流供电的观测方法。所用的观测仪器基本上都是五十年代物探上用的表头读数的DDC—2 A型和DDCJ—I型电子自动补偿仪,该仪器的精度最高只能达到1%;供电设备分稳流和稳压两种,供电电流一般在1~2安培左右,稳定度在1%以内。个别地电台已采用精度为0.02%的直流数字电压表。其它部门如地质部、冶金部所属的电法队使用的观测仪器基本上也是停留在DDC—2 A型的水平上。因此目前直流电法普遍存在着观测仪器陈旧、观测精度低、勘探深度浅、干扰大(即信噪比低)等问题。对地震预报来讲,尤为突出的是如何分辨和排除各种干扰因素,从复杂的干扰背景中提取与地震有关的微弱信息。

近几年来,各单位都在努力探索提高有效信息和压制干扰的途径。

1.为了排除或压制表层干扰,天津地震局采用“深埋电极”的方法。该法是把电极埋在井下60~100米,AB极距为200米。供电电流小于1安培。并对电极和电缆采取了耐腐和绝缘措施。试验结果认为对表层干扰的压制具有较明显的效果。但由于对比试验的条件尚不够严格,同时电极距较小,所以有些结论还有待进一步探讨。

2.为了克服自然电场和极化电位的干扰。北京地震队与北京大学地球物理系协作研制了JD 2型交流电阻率自动记录仪。它的主要技术性能是:(1)采用方波供电。(2)由钟自动控制每小时记录一次。(3)记录方式直接用记录仪绘出 ρ_s 值。该仪器经过台站初步试验,对压制自然电场和极化电位的干扰有一定的优越性。

3.在提高仪器精度和抗干扰能力的同时向数字化、自动化方面发展。前几年云南地震局和兰州地震研究所都曾成功的研制过数字地电仪。但未投入生产。79年上海电表厂和兰州地

震研究所协作研制成功了Pz40型数字地电仪。79年底通过鉴定,80年开始投入批量生产。

该仪器实质为配有一定工作程序的双积分式直流数字电压表。它可以供地震传输台网和一般台站进行自动观测。其主要技术性能如下:

(1)可以交直流两用。

$$\begin{array}{ll} \text{交流} 220 & +10\% \\ & -20\% \end{array} \qquad \begin{array}{ll} \text{直流} 24 \text{ V} & +10\% \\ & -20\% \end{array}$$

(2)功耗 $\leq 20\text{W}$

(3)在 $20^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ 的恒温室内通电1小时调零校准后在7小时内的主要技术指标见表1。

表1

量程 (mv)	测量范围 (mv)	零电流 (A)	输入阻抗 (MΩ)	分辨率 (μV)	准确度
40	0~ ± 39.99	$< 1 \times 10^{-9}$	> 100	10	$\pm 0.05\%$ (读数) ± 2 字
400	0~ ± 399.9	$< 1 \times 10^{-9}$	> 1000	100	$\pm 0.05\%$ (读数) ± 2 字
4000	0~ ± 3999	$< 1 \times 10^{-9}$	> 1000	1000	$\pm 0.05\%$ (读数) ± 2 字

(4)仪器在 $-15^\circ \text{C} \sim +45^\circ \text{C}$ 的环境条件下,开机预热10分钟调零校准后,在30天内的精度指标如表2

表2

精 度 温 度	量 程	精 度		
		40mv	400mv	4000mv
$0^\circ \text{C} \sim +40^\circ \text{C}$		$\pm 0.5\%$ (读数) ± 3 字	$\pm 0.5\%$ (读数) ± 2 字	$\pm 0.5\%$ (读数) ± 2 字
$-15^\circ \text{C} \sim 0^\circ \text{C}$		$\pm 1\%$ (读数) ± 4 字	$\pm 1\%$ (数读) ± 3 字	$\pm 1\%$ (读数) ± 2 字
$+40^\circ \text{C} \sim +45^\circ \text{C}$				

(零电流 $\leq 2 \times 10^{-9} \text{A}$)

(5)串模干扰抑制能力:对50Hz交流信号的抑制能力不低于40db。

(6)共模干扰抑制能力:在输入端最大有1KΩ的失衡时,抑制能力不低于120db。

(7)输出信息:具有并行码和串行码两种。并行码——打印指令、二—十进制编码共有九位、其中测量时刻二位、序号一位、极性一位、数据五位(即万、千、百、十、个,显示只有四位)。串行码——共有九路为九个被测的数。每路二进制15位。其中极性一位、数据十四位,可在外脉冲作用下由最低位输出。

4.为了提高勘探深度。兰州地震研究所于1979年在山丹地区用Pz8型直流数字电压表观测,40千瓦发电机经整流后供电进行偶极测深法的观测试验。AB和MN极距是1500米,二者的中心距最大为6公里,勘探深度最大达6公里,供电电流为30安培。观测精度约5%。这方面的试验还刚刚开始,有待进一步完善。

5.煤炭部西安煤炭研究所正在研制数字频率测深仪。该仪器可测 ρ_E 、 ρ_H 、 φ_E 、 φ_H 等量。仪器配有小型计算机、磁带机、打印机。对采集的数据可进行相关分析等处理。

在国外，电法用于地震预报的国家不多。苏联、美国主要搞100~200安培供电的偶极测深法，其观测精度在2%左右。有一些比较成功的震例。日本主要搞小极距、小电流的交流电法。近年来也开始搞200安培供电的偶极测深法。

国外电法仪器发展的主要特点是：(1)仪器品种多、更新快。(2)灵敏度、准确度和测量速度都比较高。(3)向综合、多装置、多功能的方向发展。(4)广泛采用电子新技术。尤其是微处理器的应用。这对检测弱信号，直读 ρ_s 以及进行必要的数字运算和预处理以提高资料质量等方面起了重要的作用。例如瑞典ABEM公司生产的SAS300型接收机。该机采用了数字迭加和平均技术，可选择的有效周期为3.6、7.2和14.4秒。可自动重复进行4、6、16或64次的平均。自然电位和电阻率($\Delta v/I$)在一个五位数的数字液晶显示器上读出。在测量电压时，总量程是0~1000V，分三档，最低档分辨率为 $10\mu v$ ；测电阻率时测程为0~1M Ω 分四档，分辨率为 $\pm 0.001\Omega$ 。该机具有自动数字逻辑补偿自然电位，并具有自然电位漂移校正以及在测量电阻率时，排除不利的激发极化效应和电磁耦合效应等优点。又如英国地球物理技术和设备公司制造的GTE电阻率仪(AC/DC)。该机特点是(1)装有微处理器、液晶显示。(2)自动测量，全部测量10秒完成。(3)数学化记录，并可用磁带记录。(4)可在现场对数据进行预处理。

二.对地电仪器发展的几点初浅看法

首先我们认为一个新的专业化的仪器研制课题的提出，是由方法研究的任务所确定，受方法研究进展的阶段所制约。当然，方法研究的发展缺少必要的手段也是无法进行的。因此，方法研究和仪器研制之间是相辅相成的关系。目前地电在地震预报的应用过程中存在某些有争议的问题，这是正常的现象。但这些问题的探讨和解决不仅影响着地电方法的发展，也直接制约着地电仪器的发展趋向。所以，方法和仪器二方面的研究人员有组织、有计划的密切配合。不仅有利于方法研究的进展，更有利于明确仪器的发展方向。

第二·从目前国内电子技术的水平来看，满足地电观测所需精度是足足有余的。因而我们认为提高地电观测精度的主攻方向并不在于提高仪器本身的精度，而是在于设法排除或压制地电观测中存在的各种复杂的干扰，以便观测到真实的与地震有关的 ρ_s 的微弱变化。这就是所谓的设法提高信噪比。这可以从二方面去着手(1)提高仪器的抗干扰能力或者适当改变观测方法来抑制干扰。尤其是应该设法克服自然电位的瞬变干扰。(2)提高供电电流的功率即提高信号能量。针对这二个方面，前面已提到上海电表厂和兰州地震研究所协作已研制成功Pz40型数字地电仪。该仪器经过兰州观象台近一年的试用，性能稳定、可靠。为此我们建议国家地震局有计划、有步骤地推广使用，争取能在几年内更新现有的陈旧设备；同时北京地震队经过几年的努力，也已研制出JD₂型交流电阻率自动记录仪，为交流电法在地震预报中的应用提供了必要的手段。交流电法的发展应该得到重视。

第三·应该结合我国的实际情况吸收国外仪器发展的特点，加快我国地震仪器发展的步伐。今后我国新仪器的研制也应考虑微处理器的应用。这是实现在复杂的干扰背景下提取微弱的有效信号的有发展前途的途径。但鉴于我国电子工业的水平尚不能及时、廉价的为我们提供这种器件。因此，有必要适当的引进一些提供给新仪器的研制单位。以促进地震系统新仪器研制工作的发展。

第四·震源是在地球内几十公里的深部，而我们目前地电观测基本上是在一公里以上的地球表层。况且方法人员对地震引起的 ρ_s 变化比较灵敏的是表层还是中、深层或是某一特殊的层位的问题尚未统一或有待进一步的研究。为此我们认为有必要考虑浅、中、深层的电磁资料配合应用的问题，使地电观测在深度上有机地连系起来。这就需要加强偶极测深法的试验研究，使该法能转入正规的观测，其资料能被正式应用。对这方面的研究有关方面应给予足够的重视和支持。

由于我们调查的时间比较短促，范围也很不全面、对一些问题的探讨也不够深入，特别是我们本身的水平有限。所以难免存在片面甚至错误的地方。恳切希望有关同志批评指正。

(本文1980年6月15日收到)

**A BRIEF ACCOUNT OF THE PRESENT STATE AND DEVELOPING
TENDENCY OF APPARATUS FOR THE MEASUREMENT OF
EARTH—RESISTIVITY**

Chen Cai—jun Wang Yan—cheng Qu Zheng—jie Zhao Jia—liou

(The Seismological Institute of Lanzhou)