

## 电气化铁路对地震台站影响的某些研究结果

### 1. 前言

1988年6月以前,国家地震局分析预报中心已经对大秦电气化铁路产生的电磁干扰影响地电台的观测进行了实际测量与研究<sup>1)</sup>。1991年—1992年国家地震局兰州地震研究所、铁道部兰州第一铁道设计院和兰州铁道学院合作共同研究《电气化铁路对地震台站观测的影响》的课题。课题由兰州铁道学院李忠明和国家地震局兰州地震研究所陈有发负责业务工作,兰州铁一院张运亭负责后勤管理。三方曾达成口头协议,所有资料三方共享,并且,相互无偿提供对方所需资料。现对该课题进行初步总结与研究。

### 2. 研究内容

我们提供和设计了详细的研究电气化铁路对地震台站影响的三方面内容和方案:

(1)电磁影响 电气化铁路运行时机车用电的电流为200—700安培,短路时可达1000—2000安培,如果铁轨中返回电流的入地率按30%计算,则漏入大地的电流可达60—200安培以上,在一定范围内给地震台站观测造成很大的电磁干扰,导致地震台站的地电学仪器(地电阻率法的Pz40、ZD-8、DDC-2电子自动补偿仪、自然电场法的ZD-8、DDC-2,电磁辐射的CGY-1型传感器和大气电场仪的感应传感探头和大地电场仪ZD-9)无法正常工作。

(2)振动影响 电气铁路开通后,机头牵引力增大,相应的载重量增大,结果导致地面振动幅度增大,造成地震仪器、重力仪器、形变仪器等不能正常工作。

(3)场地变化影响 兴建电气化铁路时开挖土石和充填路基,可能引起地面倾斜,导致对电性、倾斜和重力等测量的系统影响,造成资料不能使用。

课题组对我们的研究内容和方案的第一项进行了部分实地测量。同时,我们参加了1991年至1992年8月课题组召集的多次业务讨论会。

### 3. 实地观测

实地观测是由国家地震局兰州地震研究所提供的Pz40型数字地电仪(入网仪器)、YEM3066型笔式记录器(试验仪器)、DC-3型大气电场仪(试验仪器)、CGY-1A型磁性传感器(入网设备)等仪器设备,对河南省洛阳4个、郑州2个、江西省鹰潭3个、河北省秦皇岛4个、甘肃省永登3个(包括电气铁路开通前的一次)共16个地区的自然电场、大气电场和电磁辐射三种参数进行实地测量,自然电场的测量是采用垂直铁路的极距为100m的梯度法,接收传感器为不极化电极。我们有资料的洛阳白马寺金村古城墙根和水泥路边测点相距1—1.5km,地形平坦开阔,全为耕种区,铁路成直线走向,BT供电。鹰潭测量场地是:一处为水稻田,一处为跨河流两边,一处为红色砂岩山丘。除此之外,其他11处都为旱地,第四系覆盖层厚薄不等。测区的地电断面结构不清楚。国家地震局兰州地震研究所所有三

1) 国家地震局分析预报中心,关于京西北张家口涿鹿地区地电观测工作受到大秦电气化铁路施工严重影响的报告,1988年。

人(参加课题组为四人)自始至终参加了全部现场实测工作。

#### 4. 电气化铁路对地震台站观测影响的概述

电气化铁路对地震台站影响是一个复杂的研究课题。在本文中只概述电气化铁路开通后漏入大地的游散电流产生的电磁干扰,对地震地电学方法(主要是地电阻率法和自然电场法)测量的影响。电气化铁路对地震地电学方法的电磁影响主要取决于下列因素:

(1)电气化铁路的三种供电方式(AT、BT、直供)和漏入大地中的电流强度以及电流频率。其中在相同的条件下直供方式的影响为最大。

(2)铁路的走向与台站的位置。对地电台站而言,在其他条件相同时,电气化铁路走向成直线、内弯曲和外弯曲三种形式所产生的电磁干扰的影响强度是完全不一样的。

(3)地电台站与牵引变电所的距离。在牵引变电所供电区间,上行或下行列车漏入大地的游散电流相当于地电阻率法中两个供电电极间的距离在不断地变化,导致电气化铁路的电磁干扰对地电观测的影响强度和范围在不断地变化。

(4)地震地电学方法测量的方向及极距大小。测量方向垂直铁路或平行铁路时,所测得的游散电流产生的电位差不相同。这次实地测量采用100m测量极距测得的结果,远小于地震系统现行地电阻率法和自然电场法采用300—1000m极距测得的结果。

(5)当地地电断面结构差异。地电台站所在地区地电断面结构为两层的D型或G型、三层的H型、K型、A型和Q型或者四层地电断面结构时,地电观测受到电气化铁路的电磁干扰的程度相差很大;同时测区介质电性横向不均匀也严重影响游散电流的分布,从而形成不同程度的干扰。

(6)地形地貌。电气化铁路漏入大地的电流在平地、山区、河流和湖泊两岸地区产生的干扰强度有很大的差异。

(7)观测仪器抗交流干扰的程度。Pz40数字地电仪的输入阻抗 $100\text{--}1000\text{M}\cdot\Omega$ ,抗串模干扰为40—60dB,抗共模干扰为120dB。抗干扰能力低的仪器受到的影响还会更大些。

(8)气候条件。电气化铁路漏入大地的电流在晴天和雨天的分布规律不一样,它对地电观测的影响也不一样。

另外还有其他因素影响。

这些影响因素都需要实地观测、模拟实验和理论计算三者的配合来完成。

#### 5. 某些结果

由于我们只有洛阳白马寺金村古城墙根和水泥路边两个测点手抄和复印的部分实测资料,其他资料(如牵引变电所、供电区间长度等)没有收集到。因此,对电气化铁路漏入大地的电流产生的电磁影响(地电场),只能按现有实测资料作初步研究。归纳起来,电气化铁路对地震台站的地震地电学前兆方法观测的影响大体分为三种:

(1)电气化铁路漏入大地60—200A的游散电流,引起自然电场和大地电场的量值和位相发生强烈变化;同时,也引起指针式仪器(YEM3066)鸣响和指针颤动。但是,牵引变电所供电区间同时有上、下行驶的车辆时,这种变化结果又是不一样的。

(2)受电弓与接触网离合时产生的大脉冲电流引起地电场的脉冲变化,甚至打坏指针式仪器。在我们的观测中3066笔式记录器的记录笔经常突然超出记录范围,使得仪器不能

正常工作;短路时 1000—2000A 的电流所产生的电磁干扰对地电测量的影响就大得无法估计。

(3)漏入大地的电流造成指针式仪器鸣响和指针颤动,甚至打坏仪器。

上述三种电磁干扰的表现形式都严重地影响地震地电学方法的正常观测,造成资料不能使用,给地震预报和地震科研工作带来无法挽回的损失。

综上所述,地电阻率法和自然电场法观测到电气化铁路漏入大地的游散电流产生电磁干扰的范围和地电场量值(多次平均值)以及指针式仪器的异常行为如表 1 和表 2 所示。

表 1 电气化铁路的电磁干扰影响地电观测仪器状态、自然电位的变化量(多次平均值)(mV)及其范围(m)(地点:金村古城墙根)

距离铁路(m)	P <sub>240</sub> 数学地电仪	YEM3066 笔式记录器:电位值/记录笔异常行为
140—240	2.53	
240—340	4.20	1.58/
640—740		0.30/
740—840		0.85/颤动、鸣响
840—940		0.16/颤动、鸣响
940—1040		0.21/颤动、鸣响

表 2 同表 1(多次平均值, 地点:金村水泥路边)

距离铁路(m)	P <sub>240</sub> 数字地电仪	YEM3066 笔式记录器:电位值/记录笔异常行为
15—115	11.15	0.70/
115—215	10.60	0.70/
215—315	11.08	/鸣响
415—515	0.62	1.41/鸣响
515—615	0.71	
615—715		0.34/
715—815		0.25/颤动、鸣响
1215—1315		0.10/颤动、鸣响
1315—1415		0.16/颤动、鸣响严重,记录笔超出记录范围
1015—1515	(1.85)0.37	

现在论证两个表中数据的可信度或者电位差与离铁路距离 R(m)之间的关系问题。在这里利用两个参数的相关分析,从得到的线性关系式可靠程度  $t(\varphi, n)$  和二者之间的相关系数来说明表中数据的可靠性。

(1) 统计表 1 中 YEM3066 所测的数据与离铁路的距离之间的线性关系式为:

$$\Delta V_{3066} = 8.660 - 2.808 Lg R, \quad (1)$$

式中二者之间的相关系数  $r = -0.90$ , 数据组数  $n = 5$ , 所得线性关系式的可靠程度  $t(0.99)$ ,

5) = 105.919, 它大于理论值  $t_0(0.99, 2) = 63.657$ , 因此, (1) 式是可靠的。

(2) 统计表 2 中 Pz40 测量的电位值与 R 二者之间的线性关系式为:

$$\Delta V_{p, z40} = 37.953 - 12.406 L_g R, \quad (2)$$

式中  $r = -0.85, n = 6, t(0.99, 6) = 7.449, t_0(0.99, 6) = 4.032$ 。

(3) 统计表 2 中 YEM3066 所测的数据与 R 二者之间的线性关系式为:

$$\Delta V_{3066} = 2.354 - 0.711 L_g R, \quad (3)$$

式中  $r = -0.99, n = 5, t(0.99, 5) = 111.242, t_0(0.99, 2) = 63.657$ 。因此, (2) — (3) 式的可靠程度很好。

因此, 两个测点的参数统计结果都是可靠的, 表明表 1 和表 2 中实测资料的可信度是很高的, 它是电气化铁路漏入大地的游散电流对地震地电学前兆方法仪器影响的客观反映。

## 6. 结论

综上所述, 初步研究结果如下:

(1) 现行地震地电学方法的仪器分辨率在 0.1mV 以下, 若取分辨率等于 0.1mV 时, 则(1) — (3)式分别给出 R 为 1200, 1200 和 1500m 的距离, 这与实际观测是一致的;

(2) 电气化铁路漏入大地的电流引起指针式仪器鸣响和指针颤动的范围在 1415m 以上, 更远处情况如何, 我们没有资料, 无法确定。

因此, 根据上述观测条件(观测点、仪器、铁路位置)和研究结果可以得出, 电气化铁路对地电台观测的电磁影响范围至少在 1.2 公里和 1.5 公里以上。

(国家地震局兰州地震研究所 陈有发 侯远文 王玉祥)