

郑永通, 张年明, 刘其寿, 等. 龙岩台 GM4 与 FHD 干扰因素对比分析[J]. 华南地震, 2017, 37(S1): 66-74. [ZHENG Yongtong, ZHANG Nianming, LIU Qishou, et al. Comparative Analysis of Interference Factors of GM4 and FHD in Longyan Seismic Station [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(S1): 66-74.]

龙岩台 GM4 与 FHD 干扰因素对比分析

郑永通¹, 张年明¹, 刘其寿¹, 全建军², 郑建志¹

(1. 福建省地震局龙岩地震台, 福建 龙岩 364000; 2. 福建省地震局永安地震台, 福建 永安 366000)

摘要: 通过对龙岩台地磁 GM4 与 FHD 两套仪器在不同方向、不同距离受车辆、大型机械、高压直流等产生的干扰进行对比分析, 作重研究了围墙外车辆停放或驶离过程中对仪器各分量产生的干扰原因, 总结 GM4 与 FHD 两套仪器受车辆、大型机械、高压直流等干扰影响时的典型形态特征和日常处理方法, 以便提高判断地磁干扰成因的能力和日常处理、剔除干扰的能力, 为提高地磁观测资料质量服务。

关键词: 龙岩台; GM4 与 FHD 地磁仪; 典型干扰; 对比分析

中图分类号: P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2017) S1-0066-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.S1.011

Comparative Analysis of Interference Factors of GM4 and FHD in Longyan Seismic Station

ZHENG Yongtong¹, ZHANG Nianming¹, LIU Qishou¹,
QUAN Jianjun², ZHENG Jianzhi¹

(1. Longyan Seismic station, Fujian Earthquake Agency, Longyan 364000, China;

2. Yongan Seismic station, Fujian Earthquake Agency, Yongan 366000, China)

Abstract: GM4 and FHD are disturbed by many factors in different directions and different distance, such as vehicles, large machinery, high voltage DC in Longyan seismic station. Based on the comparative analysis, the paper focused on the causes of interference from vehicles which is parking outside or leaving soon. The typical morphological characteristics and processing methods of interference effect of GM4 and FHD by vehicles, large machinery, high voltage DC are summarized, so as to improve the ability of judgment and processing of daily geomagnetic disturbance causes and eliminate interference, which is useful for the service quality of geomagnetic observation data.

Keywords: Longyan seismic station; GM4 and FHD geomagnetic meter; Typical interference; Comparative analysis

收稿日期: 2017-03-07

基金项目: 福建省地震局地震台站科技基金专项(T201508)

作者简介: 郑永通 (1973-), 男, 工程师, 主要从事地震监测与分析预报工作。

E-mail: zyt2215112@163.com.

0 引言

龙岩台地磁观测受到车辆、大型机械、高压直流等干扰影响, 这些干扰严重影响了观测资料质量, 增加了观测资料日常处理的负担。本课题重点利用对比方法, 研究一些典型干扰源对地磁 GM4 与 FHD 观测的影响, 总结各干扰源大小、方向、距离远近等在 GM4 与 FHD 观测曲线中的特征, 使我们在日常观测中容易判断出曲线受干扰原因, 以便对干扰波形进行正确处理, 确保观测资料的可靠性和科学性。

1 台址及地磁房周围环境

2.1 台站概况

龙岩市地处闽、粤、赣交界, 东南部有经大田-漳平-新罗南-永定进入广东省大埔的政和-海丰断裂带, 西北部有邵武-河源断裂带, 它经宁化、长汀、武平入广东。另外, 还有龙岩山字型构造和南北向构造, 这些构造体系又彼此交汇、复合、重叠, 使得我区的地质构造错综复杂。龙岩台座落在龙岩市新罗城区北郊虎头山的西侧半山坡上, 其地理坐标为东经: $117^{\circ}01'26.7''$, 北纬 $25^{\circ}07'41.7''$, 海拔高程为 370.75 m。

台址位于二叠系下统文笔山组 P1w, 东边与石炭系下统林地组交界处有一断层, 断层呈北北东走向, 倾角 80° ; 台站西边为第四系覆盖层。

2.2 仪器概况

龙岩地震台目前有 FHD-2B 磁力仪和 GM4 磁通门磁力仪两套地磁仪。这两套仪器安装时间均为 2007 年 12 月份, 两套仪器性能比较稳定, 数据连续率高, 近几年两套仪器在全省观测资料评比中多次获得第一名。

2 地磁要素

地磁要素表示地球磁场方向和大小的物理量。地表某点的地磁场强度是个矢量, 用 F 表示。地磁要素常用的有 7 个, 但确定一个向量有 3 个独立的分量就够了。如图 1, O 为测点, 在直角坐标系中 O_x 指地理北, O_y 指地理东, O_z 垂直向下。 F 为地磁场总强度; H 为 F 在水平面内的投影, 称为水平强度或水平分量; X 为 H 在 O_x 轴上的投影, 称为北向强度或北向分量; Y 为 H 在 O_y 轴上

的投影, 称为东向强度或东向分量; Z 为 F 在 O_z 轴上的投影, 称为垂直强度或垂直分量; D 为 H 偏离 O_x 轴即偏离地理北的角度, 称为磁偏角, H 向东偏为正; I 为 F 同水平面的夹角, 称为磁倾角, F 向下倾为正(图 1)。

各地磁要素之间有下列的关系:

$$H^2 = X^2 + Y^2$$

$$F^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

$$Y = H \sin D$$

$$Z = H \tan I$$

在 7 个要素之中, 已知其中独立的 3 个要素, 其余各要素都可以推算出来。

磁通门测量的是 H 、 D 、 Z 三分量; 而 FHD 测量的是 F 、 H 、 D 三分量。

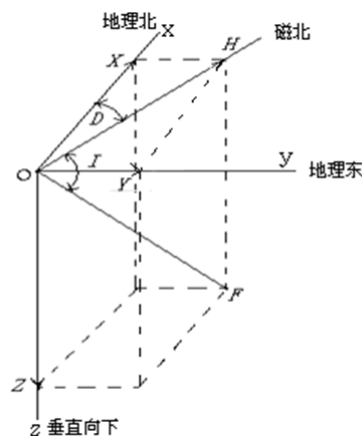


图 1 坐标系中地磁各要素

Fig.1 Magnetic factors in the coordinate system

3 地磁干扰分析

地磁干扰来自两个方面: 铁磁性物体和电。人为干扰、基建工程影响和车辆影响主要属于铁磁性物体的影响。交直流切换影响、地铁轻轨影响、地电阻率观测影响和高压直流输电影响都是电的因素^[1]。

3.1 近场干扰

3.1.1 围墙外车辆干扰

龙岩台 GM4 仪与 FHD 仪分别安装在台站东北面的两间观测房内(石灰石砌墙), 两仪器房相隔 18 m, GM4 仪器房离北面围墙相距 12 m, 由于城区不断扩展, 台站北面围墙外陆续建造了不少居民住宅楼, 该住宅楼位于仪器房北偏西方向, 住宅楼地面与 GM4 仪器房地面高差约 8 m, 至台站北围墙之间有一小块场地, 每天均有车辆进出或停放在该场地, 过往或停放的车辆严重影响地磁仪器

的日常观测记录曲线,为了更好地掌握车辆对仪器的干扰情况,2016年4月16日在离居民区停车场

较近的台站北面围墙上安装了一个摄像头,以观察车辆的运动或停放对地磁仪器产生的影响(图2)。

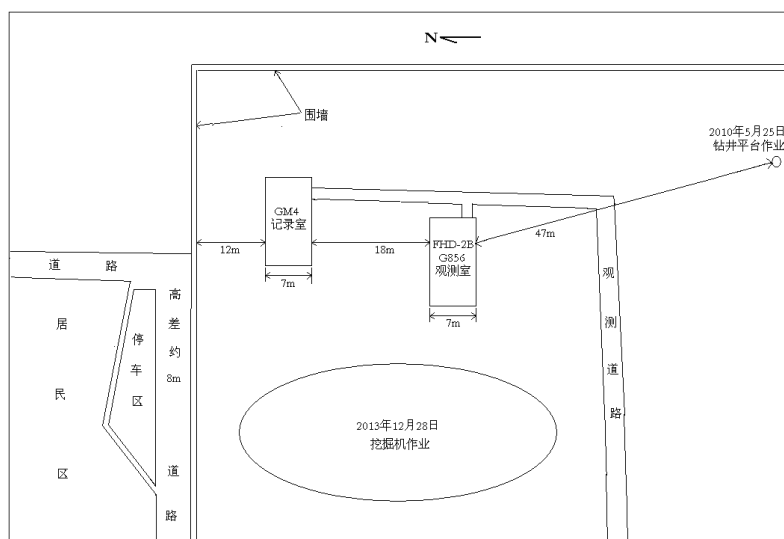


图2 仪器房、钻井平台、挖掘机作业及围墙外车辆停放分布图

Fig.2 Distribution of the equipment room, drilling platform, excavator operation and vehicle parking outside

车辆影响是地磁观测中的一个重要干扰源。由于车辆具有铁磁性,靠近地磁记录室一定距离即会对地磁观测造成干扰^[1]。龙岩台围墙外车辆对仪器的影响主要有以下两种情况:

(1) 车辆从居民区外驶入并停放在北面居民停车区或从北面居民停车区停放的车辆改为驶离停车区。这种情况在记录曲线中多表现为一组方向相反且台阶量大致相等的台阶出现,当车辆从居民区外驶入并停放在停车区时,相当于在停车

区加载了1 000~2 000 kg的铁器,对地磁仪各要素产生影响。下面首先分析车辆对GM4仪器的影响(这里需说明的是,由于龙岩台GM4型磁通门磁力仪的磁偏角 D 分量在接线时反向,因此GM4仪器的磁偏角 D 秒数据原始记录曲线与预处理后的曲线方向相反。本篇所分析说明的曲线形态是原始记录曲线的形态,并未作反向处理)。以2016年5月27日GM4秒数据原始数据曲线与FHD分数据观测曲线为例进行对比分析(图3、图4)。

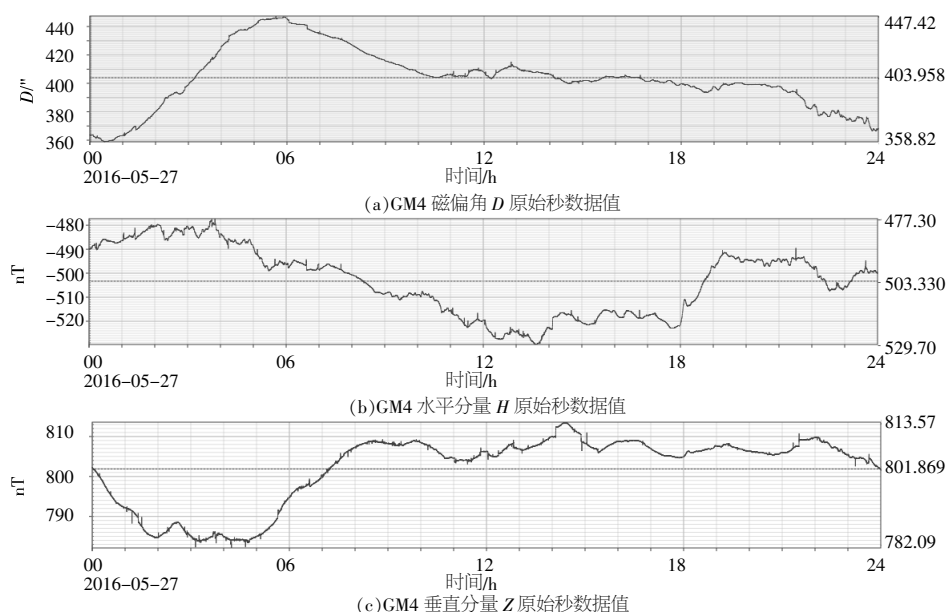


图3 2016年5月27日 GM4 秒数据曲线图(世界时)

Fig.3 Second data curve of GM4 on May 27th, 2016 (universal time)

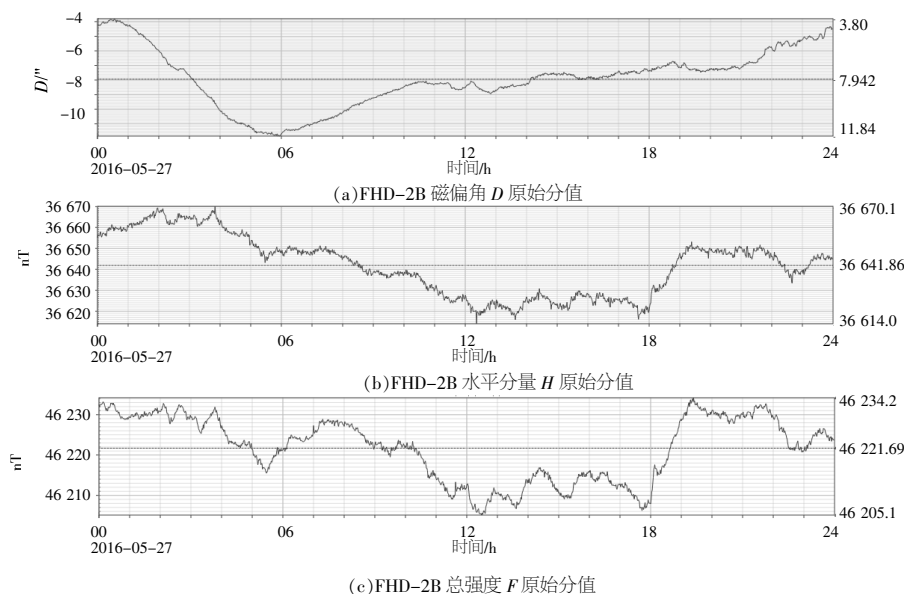


图 4 2016 年 5 月 27 日 FHD-2B 分钟值曲线图 (世界时)

Fig.4 Minute value graph of FHD-2B on May 27th, 2016 (universal time)

由于车辆所处位置不同,体现在记录曲线上的畸变形态也不完全相同,垂直分量 Z 、水平分量 H 和磁偏角 D 之间有一一对应关系^[2]。从表 1 可知,当车辆从居民区外驶入或驶离停车区时,对 GM4 磁力仪三分量的干扰一般表现为一组方向相反、幅度变化大致相等的台阶。当车辆驶入并停放在停车区时,这就相当于在停车区放置了 1 000~2 000 kg 的铁器,这部分铁器产生的磁场值加载到原有磁场中去。当小车驶离停车区时,小车铁器产生的磁场值得到卸载,曲线恢复原来状态。由于车辆停放的位置不同,不同车辆质量不同,以及车辆驶入急缓不同,造成有些分量的台阶明显,有些分量以脉冲的形式表现,还有些分量不明显或无反应(如图 5)。

另一种情况是车辆从北面居民停车区经过的情况,由于时间较短,一般为几秒到十几秒时间,对仪器只产生瞬间影响,在观测曲线上则多以脉冲的形式出现(如图 6)。

而 FHD 仪安装位置离北面住宅楼停车区相距超过 50 m,在 GM4 受干扰同一时段,曲线没有出现明显的台阶或脉冲,因此围墙外车辆对 FHD 仪影响不大。

另外,围墙外车辆干扰与居民每日生活规律密切相关,在北京时 0 时至 8 时期间(世界时 16 时至 24 时),居民休息,车辆干扰明显减少。

在日常观测资料处理中,遇到车辆停放或驶离停车区引起的干扰,可找出变化幅度大致相等,

方向相反的一组台阶,对它们进行台阶处理。而当车辆经过停车区时引起的干扰,一般用剔除尖峰的方法进行处理即可。

龙岩台地磁 GM4 各分量受围墙外车辆干扰原因分析:

(1) Z 分量。由于仪器放置位置高于停车区约 9 m, Z 分量垂直向下为正,所以当车辆驶入停车区时, Z 分量增大,在曲线上表现为上升台阶;当车辆驶离停车区时, Z 分量减小,在曲线上表现为下降台阶。

(2) H 分量。当车辆驶入停车区时,总强 F 值增大,由于 H 分量为 F 在水平面内的投影,使得 H 分量值也增大,在曲线上表现为上升台阶。同理,当车辆驶离停车区时, H 分量值减小,在曲线上表现为下降台阶。

(3) D 分量。当铁磁器放置在仪器北偏东方向时, D 值增大,当铁磁器放置在仪器北偏西方向时, D 值减小。由于停车区位于 GM4 仪器北偏西方向,因此,当车辆停放在停车区时, D 值减小,在曲线上表现为下降台阶;当车辆驶离时, D 值增大,在曲线上表现为上升台阶。

3.1.2 大型机械干扰

大型机械干扰即大型机械施工或大吨位车辆进入台站内,引起 FHD 与 GM4 仪器的干扰。

(1) 勾机干扰。2013 年 12 月 28 日 0 时 37 分至 2 时 36 分; 5 时 12 分至 8 时 26 分 (世界时),大型挖掘机在地磁房西面作业(如图 2), GM4 与

表 1 2016 年 5 月 27 日 GM4 三分量受车辆干扰情况表

Table 1 Interference situation of GM4 three-component by the vehicle on May 27th, 2016

时间 (世界时)	监控视频资料	Z		H		D(反向)	
		上升、下降 台阶或脉冲	幅度/nT	上升、下降台阶或脉冲	幅度/nT	上升、下降 台阶或脉冲	幅度/nT
1:24	小车驶离停车区	下降	1.1	先向上脉冲后下降台阶	3.32	下降	2.04
2:53	小车驶入停车区	上升	0.6	上升台阶	2.29	上升	1.62
4:15	两辆小车先后驶入停车区	脉冲	1.13	先向下脉冲后上升台阶	2.48	上升	2.47
6:37	小车驶离停车区	下降台阶	0.96	先向上脉冲后下降台阶	2.25	下降	2.54
11:05	小车驶入停车区	脉冲	0.85	向上脉冲	2.73	下降	1.35
11:50	小车驶离停车区	脉冲	0.77	向上脉冲	2.64	下降	0.83
12:21	小车驶入停车区	上升	0.61	向上脉冲	2.36	上升	0.81
14:06	小车驶离停车区	上升	1.95	上升台阶	3.66	脉冲	1.81
14:40	小车驶入停车区	向上脉冲	0.43	向上脉冲	1.9	上升	0.97
14:52	小车驶离停车区	下降	1.75	向上脉冲	1.85	脉冲	1.62
16:17	小车驶入停车区	下降	0.39	上升台阶	1.3	上升	1.15
01:02	出租车经过停车区	脉冲	0.68	脉冲	3.0	脉冲	1.81
11:25	工具车经过停车区	脉冲	1.03	脉冲	2.6	脉冲	2.37
11:49	原因不明	上升	1.11	脉冲	2.62	脉冲	1.95
12:22	原因不明	上升	0.63	脉冲	2.36	脉冲	2.52
12:48	小车经过停车区	下降	1.27	脉冲	2.15	脉冲	3.04

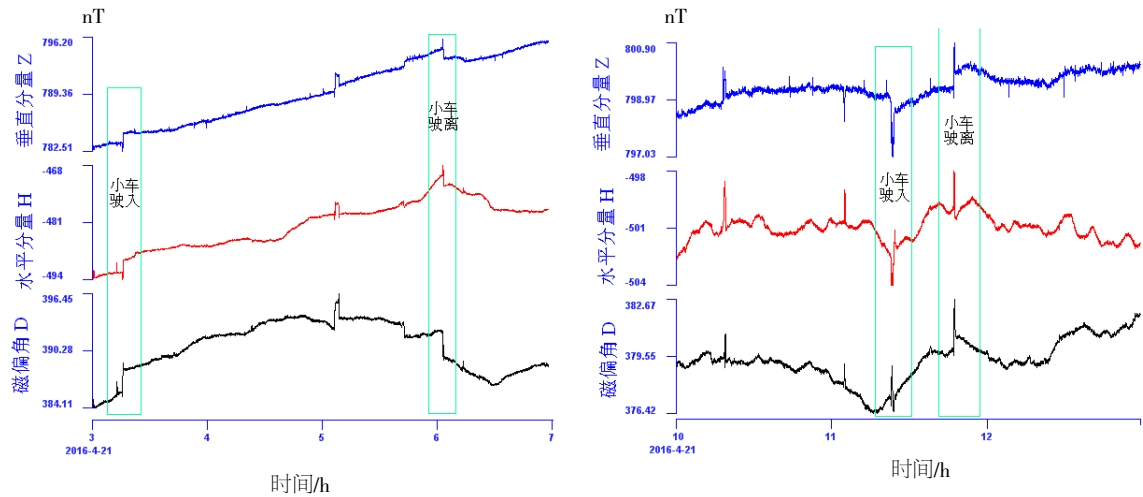


图 5 同一辆车停放或驶离停车区对 GM4 仪的影响

Fig.5 Difference influence on GM4 by the same car parking or leaving

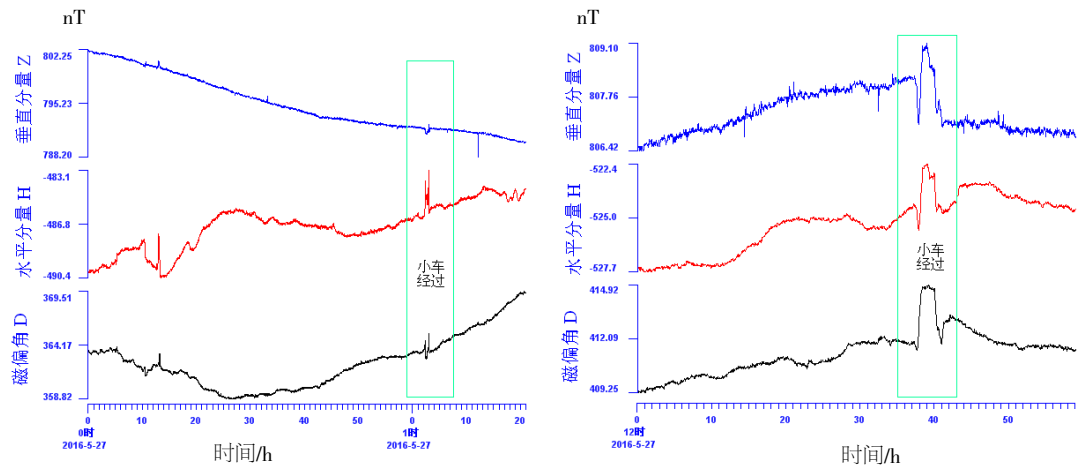


图 6 车辆经过对 GM4 仪的影响

Fig.6 Influence on GM4 by vehicle passing

FHD 两套仪器均出现较明显干扰, 其中 0 时 37 分至 2 时 36 分时段, FHD 干扰较小, 而 GM4 在该时段基本上未受到影响。在 5 时 12 分至 8 时 26 分时段, FHD 与 GM4 均受到强烈干扰, 但两套仪器相比较而言, FHD 受干扰影响更为明显(如图 7), 这说明挖掘机作业时离 FHD 仪器房距离更近一些, 离 GM4 仪器房距离则要远一些, 因此在车辆质量一定的情况下, 车辆所处位置和车辆与两套仪器之间的距离共同决定了仪器各要素的干扰变化。

(2) 钻井干扰。钻机工作引起的干扰主要是在钻井过程中, 受到电流强弱而产生的磁场叠加

在原有磁场的结果。为开展深井研究工作, 2009 年 6 月 5 日开始, 在 FHD 仪器房南偏东约 15° , 相距 47 m 处, 进行钻井作业。以 2009 年 11 月 14 日观测曲线来看(图 8), 钻机世界时 1:28 分开机, 4:14 分关机。在此过程中, FHD 仪器于世界时 1:28~1:29, H 、 F 两分量同时出现下降台阶, 一直持续到 4:17 结束, 曲线出现上升台阶, 台阶量为 9.4 nT。而距离超过 70 m 的 GM4 仪几乎未受到任何影响, 可见, 钻井干扰对地磁影响与干扰源大小、距离的远近、干扰源位置以及电流强弱等密切相关。

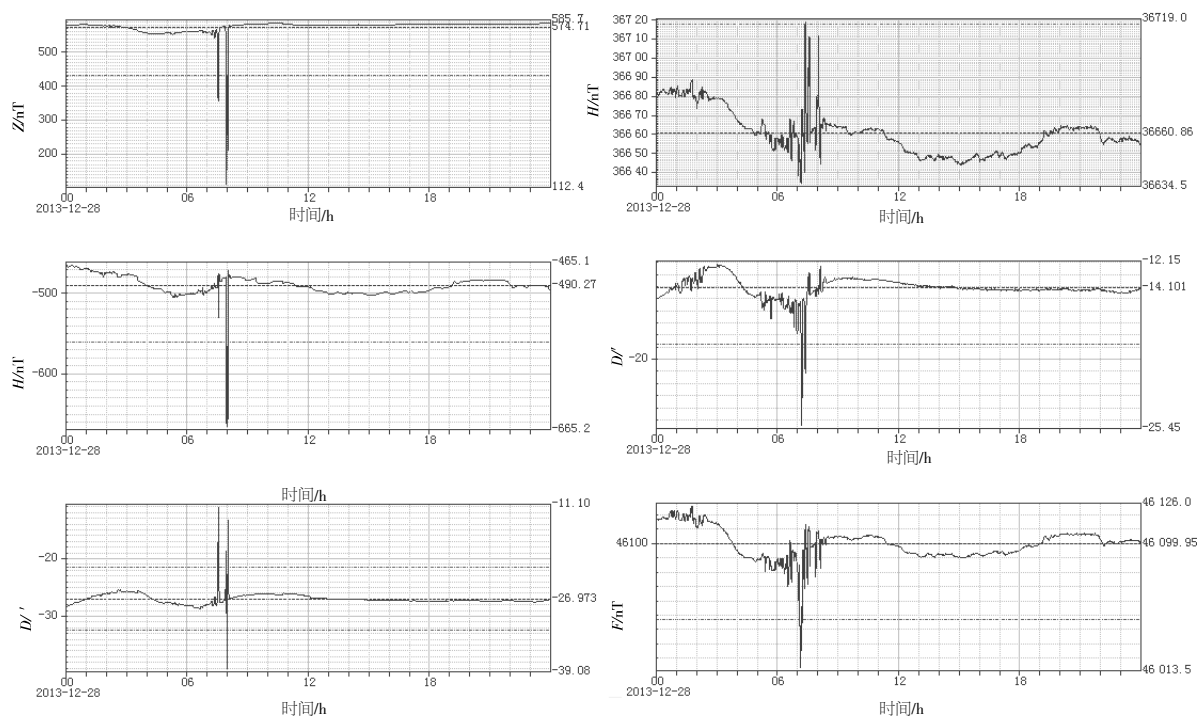


图 7 2013 年 12 月 28 日, 挖掘机作业(世界时)

Fig.7 Excavator operation on Dec 28th, 2013 (universal time)

3.2 远场干扰

远场干扰主要以高压直流干扰为主。高压直流干扰即高压直流引起的强磁场对仪器的影响^[3]。高压直流输电的运行方式分为两种: 单极运行和双极运行。在双极运行中, 电流基本上都从两条架空线路经过, 电流方向相反, 大小基本相等, 只有很少的一部分不平衡电流入地(一般小于 30 A), 对地磁观测影响很小。若一条线路出现故障, 或者进行线路测试检修时, 将只剩下一条架空线, 即回路电流全部从地下通过, 此时, 就会出现很大的不平衡电流, 一般高达数千安培, 会在沿线数百公里范围内产生一个较大的附加磁场, 对该范围内的地磁观测造成很大的干扰^[4]。高压直流引起

的磁场方向跟电流输送方向有关, 适合右手螺旋定则, 根据定则, 在导线的两边产生的磁场方向相反, 大小与输电线路中的不平衡电流的大小成正比, 与输电线距台站的视距离成反比^[3]。

高压直流输电线路与地磁观测台站的相对位置可以分为二个区域: 中段区和换流区。中段区由于测点到线路的距离通常比线路本身的高度大的多, 因此不平衡电流对磁场影响主要表现在垂直分量 Z 上, 对水平分量 H 和磁偏角 D 干扰较小, 甚至没有干扰。换流站为中心的周边区域, 磁场不但受直流线路的影响, 还受到接地极走线、接地极位置、以及地磁台站周边建筑物等的感应场叠加影响, 因而接地区周边台站受影响的程度差异性较大。

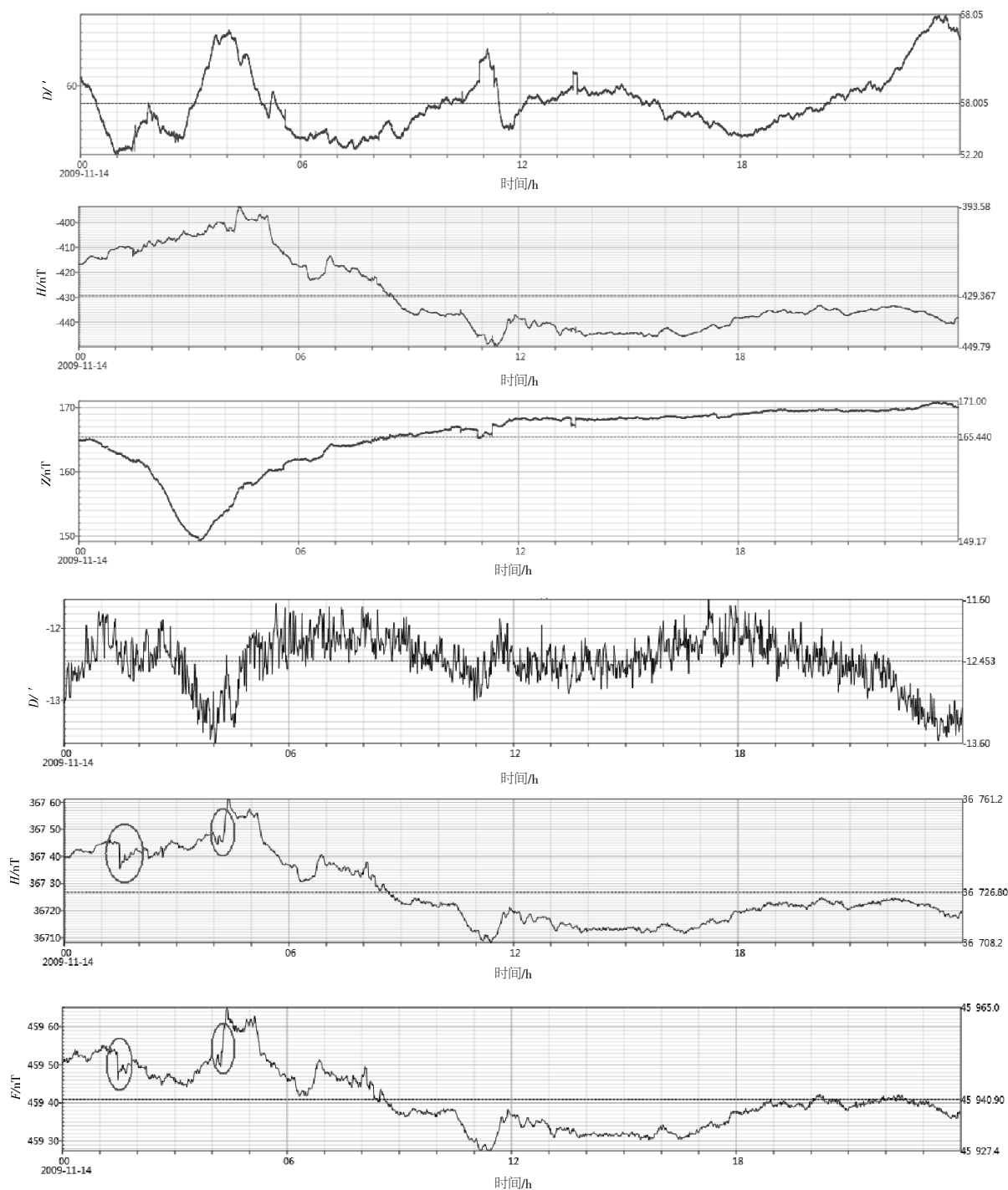


图8 2009年11月14日钻井作业(世界时)

Fig.8 Drilling operation on Nov 14th, 2009(universal time)

龙岩台高压直流干扰主要受溪浙线和三广线的干扰。溪浙 800 kV 特高压直流输电线路起于四川宜宾双龙换流站,止于浙江金华换流站,途经四川、贵州、湖南、江西、浙江 5 省,线路全长约 1 653 km(如图 9,图中数字为各台站与该线路图中最大干扰台站的干扰幅度比值,下同);三广直流 500 kV 输电线路北起三峡,途经湖北、湖南、广东三省,线路长达 940 km(如图 10)。

高压直流会在沿线数百公里范围内产生一个

较大的附加磁场,对该范围内的地磁观测造成很大的干扰^[9]。从龙岩台 2010 年 3 月 12 日 GM4 与 FHD 仪受高压直流溪浙线的影响曲线来看(图 11),在 GM4 仪受到高压直流干扰时段,FHD 仪也受到了同样的干扰,这说明高压直流干扰对龙岩台 GM4 与 FHD 均会产生影响。在高压直流干扰时段内,出现了一组方向相反、大小大致相等的台阶,该台阶可通过地磁日常数据处理软件对台阶进行处理。

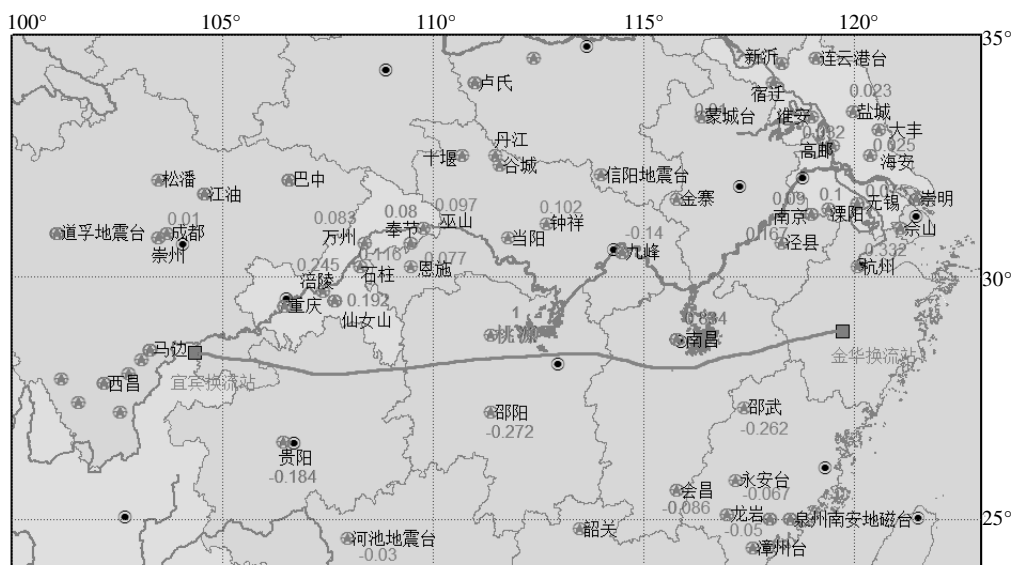


图 9 溪浙线及其附近地磁台站影响图

Fig.9 Influence from Xizhe Line and nearby geomagnetic station

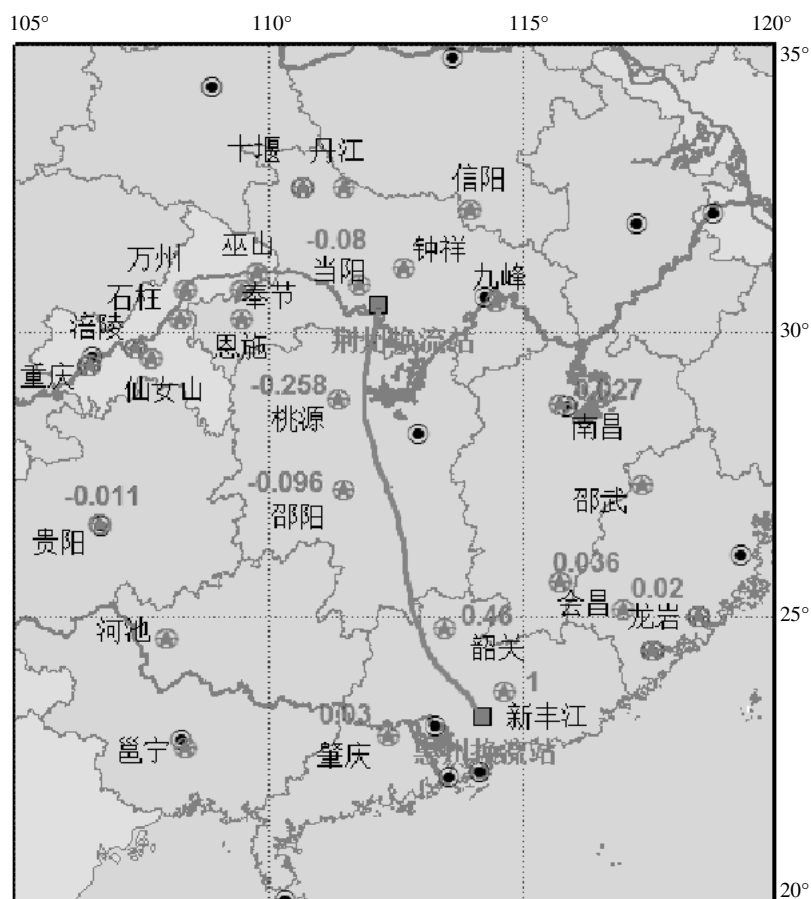


图 10 三广线及其附近地磁台站影响图

Fig.10 Influence on geomagnetic station along the Sanguang Line by the Sanguang high voltage

4 结语

车辆对地磁的干扰与车辆质量及停放位置密切相关。车辆质量及车辆与仪器间距和停放位置

决定地磁各要素干扰的大小和方向。小车对仪器产生干扰之距一般小于 30 m, 而大型机械对仪器产生干扰之距小于 60 m。

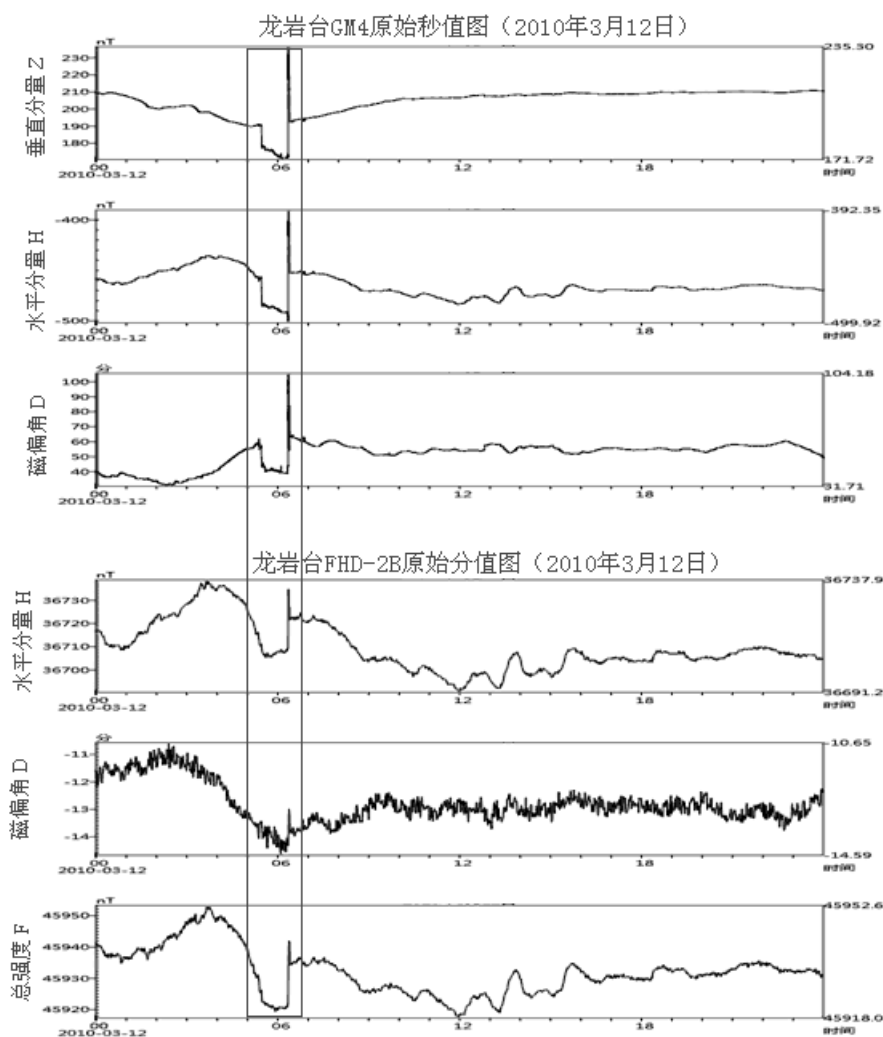


图9 2010年3月12日龙岩台GM4与FHD受溪浙线高压直流干扰图(世界时)

Fig.9 Influence on GM4 and FHD by high voltage DC from Xizhe Line on Mar 12th, 2010 (universal time)

同一辆车停靠在GM4仪器房周围对仪器的干扰,在记录曲线上的形态主要以成对的台阶出现,且台阶方向相反,变化幅度相等或接近;当车辆从GM4仪器房经过时,记录曲线通常以脉冲形式表现。钻机则在钻井过程中,受到电流强弱变化而产生的磁场对地磁仪的影响。而勾机作业无规律,记录曲线以杂乱无章的脉冲干扰为主。

(3) 龙岩台GM4与FHD仪各分量均会受到高压直流溪浙线的影响,产生的磁场干扰多以成对的台阶形式表现,用右手螺旋定则可确定干扰的正负值。

参考文献:

- [1] 陈俊,杨冬梅,曾献军,等. 地磁观测干扰概况浅析[J]. 地震地磁观测与研究,2010,31(增刊1):1-5.
- [2] 杨佩琴,王绍然,黄鹤凌,等. 龙岩地震台GM4型磁通门磁力仪车辆干扰分析[J]. 地震地磁观测与研究,2012,33(增刊1):145-148
- [3] 蒋延林,张秀霞,杨冬梅,等. 高压直流输电对地磁观测影响的特征分析[J]. 地震,2014,34(3):132-139.
- [4] 陈俊,蒋延林,杨冬梅,等. 高压直流输电对地磁观测的干扰现状[J]. 地震地磁观测与研究,2010,31(增刊1):6-9.
- [5] 邢力,张惠霞,郑培玲,等. 浚县地震台地磁观测受高压直流输电干扰的分析[J]. 高原地震,2013,25(3):31-35.