

菏泽电磁台地磁场梯度异常变化机理分析与探讨

蔡璐¹ 潘舒宁¹ 徐芳芳¹ 王洪波² 周铭辉¹

1. 山东省地震局菏泽地震监测中心站 山东菏泽 274000

2. 山东省地震局聊城地震监测中心站 山东聊城 252000

摘要: 本文通过对菏泽电磁台拟选地磁相对观测场地开展磁场梯度测试, 结果显示菏泽电磁台地磁梯度分布不均匀, 无法满足地磁观测室建设的规范要求。对测区内土壤进行磁性检测, 并通过与大山台地磁观测场地土壤进行对比分析, 发现菏泽台土壤中Fe、Mn、Co、Ni含量总体高于大山台, 并结合菏泽台自身垂直深度地磁梯度差值变化与土壤磁性元素垂直深度差值变化相一致的特点, 总结出菏泽台地磁梯度变化可能与土壤中磁性元素含量有关。

关键词: 地磁台站; 场地勘选; 地磁梯度; 土壤检测

Analysis and Discussion on the Mechanism of Abnormal Variations of Geomagnetic Gradient at Heze Electromagnetic Station

Lu Cai¹, Shuning Pan¹, Fangfang Xu¹, Hongbo Wang², Minghui Zhou¹

1. Heze Earthquake Monitoring Center Station of Shandong Earthquake Agency, Shandong Heze 274000, china

2. Liaocheng Earthquake Monitoring Center Station of Shandong Earthquake Agency, Shandong Liaocheng 274000, china

Abstract: This paper conducted magnetic field gradient testing at the proposed geomagnetic relative observation site for the Heze Electromagnetic Observatory. The results revealed an uneven distribution of geomagnetic gradients at the Heze Electromagnetic Observatory site, which does not meet the standard requirements for the construction of geomagnetic observation facilities. The study also included magnetic property testing of the soil in the survey area, and through comparative analysis with the soil at the Dashan Geomagnetic Observatory site, it was found that the contents of Fe, Mn, Co, and Ni in the soil at the Heze site were generally higher than those at the Dashan site. Taking into account the consistent variations in the vertical depth magnetic gradient differences at the Heze site and the vertical depth magnetic property element differences in the soil, the paper concludes that the changes in geomagnetic gradients at the Heze site may be related to the content of magnetic elements in the soil.

Keywords: Geomagnetic Station; Site Geological Exploration and Selection; Geomagnetic Gradient; Soil Detection

引言:

地磁观测是地球物理观测的主要手段之一, 而地磁台站观测环境决定着地磁观测资料的质量, 环境干扰问

题一直都是地磁观测选址时着重考虑的问题^[1]。本文通过对菏泽电磁台拟选地磁相对观测场地开展磁场梯度测试时, 存在异常变化这一现象, 采取对测区内土壤进行磁性检测, 并与大山台地磁观测场地土壤进行对比分析等方法, 判断菏泽台地磁梯度异常与土壤中磁性元素含量之间的关系。

一、台站概况

菏泽电磁台始建于1970年, 2000年以后随着菏泽

作者简介: 蔡璐(1989年生), 女, 助理工程师, 获理学硕士学位, 主要从事地磁台站数据管理与分析研究工作。

基金项目: 山东省地震局一般科研项目(项目编号: YB2330)

市城市建设进程的加快，菏泽电磁台原址的观测环境逐步被破坏，难以保证各类观测仪器的观测质量。2005年，菏泽电磁台完成了新台址的勘选，新台址地处聊考断裂带中南段东侧约25公里处。地理位置较偏僻，离最近乡镇约4公里，离最近村庄约1公里，离最近河流约3公里，离最近乡镇变电所约4公里，观测环境极为优越。菏泽电磁台位置如图1所示。

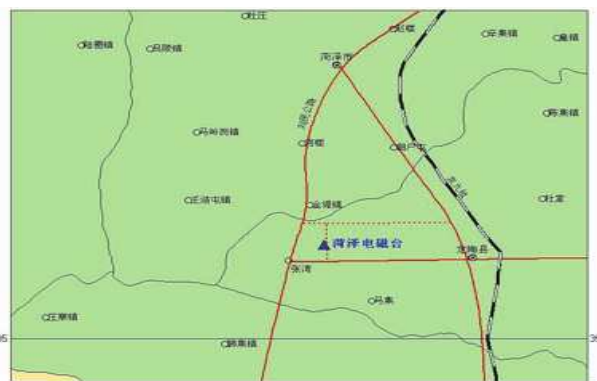


图1 菏泽电磁台区域位置图

在观测场地5 m × 5 m范围内，沿东西或南北方向以1 m线距布设测线，要求地埋式地磁观测装置仪器仓选定位置水平磁场梯度 $\Delta F_h \leq 5 \text{ nT/m}^{[2-3]}$ 。

二、磁场梯度

2022年6月-8月，在观测场地5 m × 5 m范围内，沿东西和南北方向以1 m线距布设测线。在选定位置分别进行地表平面、挖深地下20cm、地下50cm、地下100cm、地下150cm的磁场梯度测量，并记录测量结果。

1. 数据处理

用观测值 F_i 减去日变站相近时刻的观测值 F_t ，即可得到每个测点消除时间变化后的观测值 $\Delta F_i'$ ^[4]，用公式表示为：

$$\Delta F_i' = F_i - F_t$$

2. 等值线图绘制

绘制等值线图的目的是，全面直接的了解观测区内磁场梯度分布情况，进行场地磁场梯度变化和新建观测室内梯度变化研究分析，为选择地磁观测环境提供可靠的科学依据^[5]。将网格点号与相应的 $\Delta F_i'$ 值填写在按比例绘制的网格点位图上，并将相同数值的测点用平滑曲线连接起来，得到该测区的等值线图，如图2。为确保速度快、精度高、质量好，本次等值线图利用“surfer17”绘图软件进行绘制。

通过对测量数据进行通化并绘制等值线图，发现场地内地磁场梯度极其不均匀，大多大于2 nT/m，有些点位地磁场梯度甚至大于几十 nT/m，总体呈现出东西方向

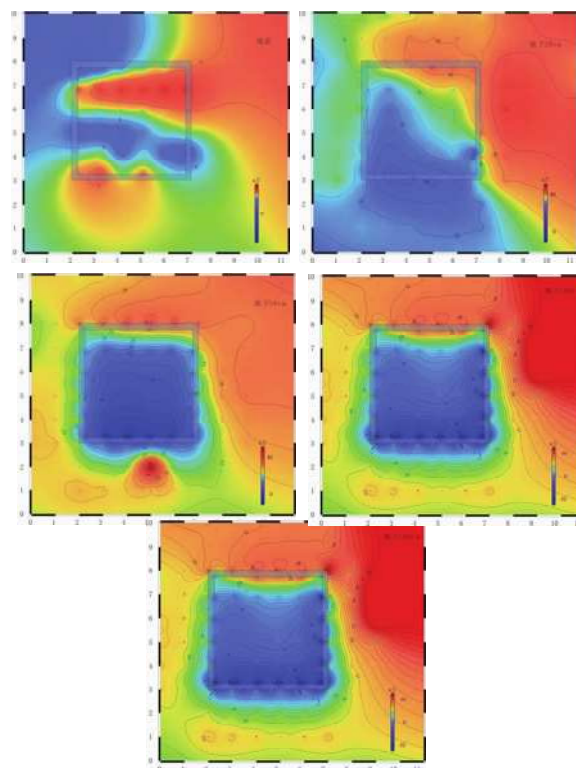


图2 磁场梯度等值线图

地磁梯度变化较稳定，南北方向变化明显的特征。观测范围内地磁梯度由北向南观测值逐渐减小，且随测量深度的改变，不同深度间垂直梯度变化明显，无法满足地磁观测室建设规范要求。2007年，在该场地内建设FHD观测室时也发现存在同样的问题，当时为确保观测室内磁场梯度满足规范要求，采取了将观测室地基抬高，并采用木质结构建筑的方式予以解决。

3. 土壤磁性特征分析

查阅大山台、邹城台等相邻地震台站相关资料，均未发现有此类现象出现，仅在湖北省应城地磁台出现过地磁梯度随深度改变而变化明显的情况。应城地磁台发现观测场地内褐黄色的粘性土层中含有少量铁锰氧化物，具有很强磁性，是引起该台站地磁梯度变化明显的直接原因^[6]。为确定菏泽电磁台磁场梯度异常是否与土壤中含过量磁性元素有关，对菏泽电磁台地磁梯度测量场地内土壤用木铲工具按照地表平面、地下20cm、地下50cm、地下100cm、地下150cm深度分别进行取样，选取菏泽地区土壤中主要含磁性元素Fe、Mn、Co、Ni进行含量检测。同时，选取地磁梯度相对较好的大山台进行对比分析。对大山台地磁观测场地内地表平面、地下20cm、地下30cm、地下50cm、地下100cm深度分别进行取样，并对采样土壤进行Fe、Mn、Co、Ni元素含量检测，检测结果如表1中所示。

表1 菏泽台与大山台土壤中磁性微量元素检测结果

台站	采样深度 (cm)	元素 (mg/kg)			
		Fe	Mn	Co	Ni
菏泽台	地表平面	1923	744	23	40
	地下20	1935	749	24	42
	地下50	1858	723	31	54
	地下100	1889	722	16	31
	地下150	1816	696	18	33
大山台	地表平面	1263	546	8	26
	地下20	1257	542	12	29
	地下30	1231	521	12	29
	地下50	1204	527	10	28
	地下100	1193	518	12	28

通过对比两个台站含磁性元素检测数据,不难看出,菏泽台的Fe、Mn、Co、Ni含量总体高于大山台,其中菏泽台Co含量是大山台的两倍,Fe含量是大山台的1.5倍。从一定程度上说明菏泽台地磁梯度变化明显可能与土壤中磁性微量元素含量较高有关。

为进一步验证这一判断,对菏泽台观测场地内的垂直地磁梯度和土壤不同深度含磁性微量元素进行对比

分析。考虑到场地内地磁梯度总体呈现出东西向变化较平稳,南北向变化明显的特征,选取同一深度西东向六条测线的地磁梯度测量数据,并分别对每条测线上的六个测点求平均值,再按照地表平面、地下20cm、地下50cm、地下100cm、地下150cm 5个垂直深度,分别计算出每相邻两个深度间的平均地磁梯度差值,结果如表2和图3所示。

表2 菏泽台地磁梯度与土壤中磁性微量元素对比结果

测点	地表平面	地下20cm	地下50cm	地下100cm	地下150cm
A0	52492.00	52499.23	52485.57	52481.52	52431.26
B0	52492.47	52500.25	52481.50	52498.71	52441.13
C0	52492.70	52500.99	52484.62	52509.45	52452.97
D0	52493.13	52502.46	52483.96	52503.58	52450.49
E0	52493.33	52501.74	52481.99	52507.46	52440.32
F0	52493.83	52501.23	52475.66	52479.19	52442.16
平均值	52492.91	52500.98	52482.22	52496.65	52443.06
差值		-8.07	18.76	-14.43	53.59
差值 (Fe)		-12	77	-31	73
差值 (Mn)		-5	26	1	26

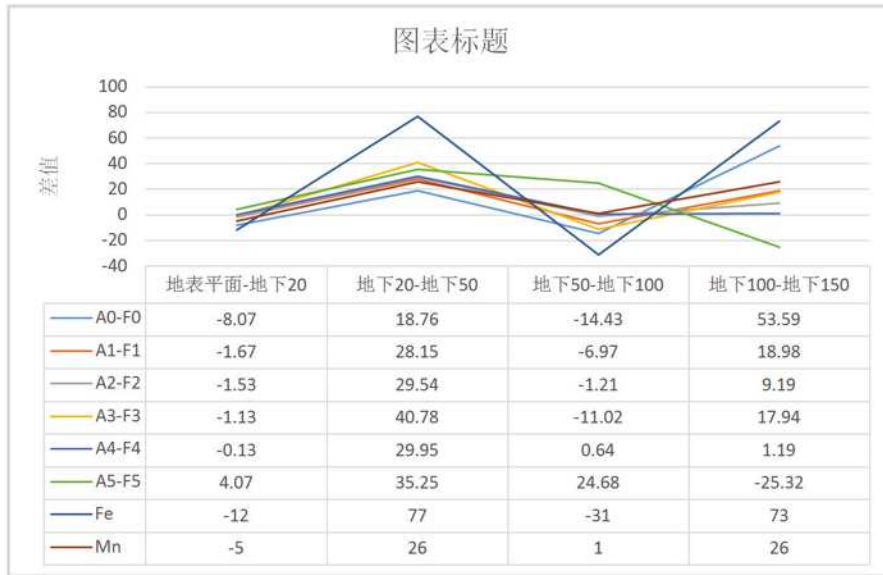


图3 菏泽台地磁梯度与土壤中磁性微量元素对比图

通过对比观察,发现六条西东测线的垂直差值基本都呈现出地表平面与地下20cm差值为负,地下20cm与地下50cm差值为正,地下50cm与地下100cm差值为负,地下100cm与地下150cm差值为正的特点。对比土壤含磁性微量元素测量数据,发现土壤中磁性含量较高的Fe元素和Mn元素也符合这一特点。进一步肯定了菏泽台地磁梯度变化可能与土壤中磁性元素含量有关。

三、解决措施

1) 通过对测区土壤中含磁性元素的检测,判定该地区土层磁性较强。为了建设无磁观测室或弱磁观测室,必须使用无磁性或弱磁性材料。对建筑物的材料、基础、墙体、地面、墩体等的磁性进行跟踪控制。

2) 建设施工时采用质子磁力仪GSM-19T或G856,将地理式仓体建设场地反复探测清理,对清理后的场区

进行 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的磁场梯度检查,若出现较大的变化时,则需找出原因,排除污染直到合格为止。

四、结论与讨论

通过对菏泽电磁台拟选相对地磁场地开展磁场梯度测试分析,得出以下结论:

1)通过对地磁梯度测量数据进行通化并绘制等值线图,发现场地内地磁场梯度变化极不均匀,差值大多大于 2nT/m ,有些点位甚至大于几十 nT/m ,且随测量深度的改变,垂直梯度变化明显。

2)对比菏泽台拟选场地和大山台地磁观测场地内土壤中含磁性元素Fe、Mn、Co、Ni含量,发现菏泽台的Fe、Mn、Co、Ni含量总体高于大山台,其中菏泽台Co含量是大山台的两倍,Fe含量是大山台的1.5倍。

3)对菏泽台观测场地内垂直地磁梯度和土壤不同深度含磁性微量元素进行对比分析,发现地磁梯度沿垂直测向每层间的差值基本呈现出地表平面与地下 20cm 差值为负,地下 20cm 与地下 50cm 差值为正,地下 50cm 与地下 100cm 差值为负,地下 100cm 与地下 150cm 差值为正的特点。对比土壤含磁性微量元素测量数据,发现土壤

中磁性含量较高的Fe元素和Mn元素也符合这一特点。

综上所述,菏泽电磁台背景噪声较好,但地磁梯度变化不均匀,这主要与土壤中磁性元素含量有关,下一步在地磁相对观测场地建设中可通过采用无磁性、弱磁性材料和排除含磁性物质的方法来规避这一现象。

参考文献:

[1]哈辉,邱鹏程,辛长江,等.格尔木地磁台观测环境测试与分析[J].地震地磁观测与研究,2003,24(5):76-81

[2]中国地震局监测预报司.2002.地震电磁数字观测技术[M].北京:地震出版社:120-126

[3]中国地震局.DB/T9-2004地震台站建设规范(地磁台站)[S].北京:地震出版社,2004

[4]高玉芬,周锦屏,等译.地磁测量与地磁台站工作指南[M].北京:地震出版社,1999:21-22

[5]全建军,夏忠,刘水莲等.永安地磁台的遴选与建设[J].地震地磁观测与研究,2013,34(3):96-101

[6]武汉地震工程院.湖北省地震局应城地磁台岩土工程勘察报告[R].武汉,2014

