

智能温湿度监控、除湿一体化设备的应用效果分析

邓月圆¹, 陈正华², 谢 斌¹, 罗叶美¹, 余志诚¹

¹赣州地震监测中心站, 江西 赣州

²会昌县气象局, 江西 赣州

收稿日期: 2022年9月26日; 录用日期: 2022年10月19日; 发布日期: 2022年10月27日

摘 要

针对地磁房湿度高的现象, 目前的主要方法是通过加装防潮玻璃罩和泡沫罩、定期更换除湿剂等人工手动处理的方式。本研究在邓红魁研制智能监控湿度系统思路的基础上, 添加了智能开关与智能除湿两个应用, 旨在通过远程智能温湿度监控、远程智能开关、除湿机一体化设备, 实现快速精确的远程智能除湿。另外, 本文收集了2020年以来3月~5月会昌台湿度、地磁观测数据, 以便对比地磁房加入设备前后智能温湿度监控、除湿一体化设备的应用效果。主要包括四个方面: 利用差值分析作为判断背景噪声的依据来分析地磁观测数据稳定情况; 利用相关性分析来检验湿度对地磁观测数据的统计学关联以及关联强度和方向; 利用回归性分析来分析湿度的变化如何影响地磁观测数据; 利用非参数检验确定智能温湿度监控与除湿一体机除湿效果。

关键词

地磁房湿度, 智能温湿度监控, 智能除湿, 相关性分析, 回归分析, 非参数检验

Application Effect Analysis of Intelligent Temperature and Humidity Monitoring and Dehumidification Integrated Equipment

Yueyuan Deng¹, Zhenghua Chen², Bin Xie¹, Yemei Luo¹, Zhicheng Yu¹

¹Ganzhou Seismic Monitoring Center Station, Ganzhou Jiangxi

²Huichang Meteorological Bureau, Ganzhou Jiangxi

Received: Sep. 26th, 2022; accepted: Oct. 19th, 2022; published: Oct. 27th, 2022

文章引用: 邓月圆, 陈正华, 谢斌, 罗叶美, 余志诚. 智能温湿度监控、除湿一体化设备的应用效果分析[J]. 地球科学前沿, 2022, 12(10): 1317-1325. DOI: 10.12677/ag.2022.1210127

Abstract

In view of the phenomenon of high humidity in the geomagnetic room, the current main method is to install moisture-proof glass cover and foam cover, regularly change dehumidifier and other manual treatments. On the basis of Hongkui Zhi's idea of developing an intelligent humidity monitoring system, this research adds two applications, namely intelligent switch and intelligent dehumidification, aiming to achieve fast and accurate remote intelligent dehumidification through remote intelligent temperature and humidity monitoring, remote intelligent switch and dehumidifier integrated equipment. In addition, this paper collected the humidity and geomagnetic observation data of Huichang Station from March to May 2020, so as to compare the application effect of intelligent temperature and humidity monitoring and dehumidification integrated equipment before and after the geomagnetic room is equipped with equipment. It mainly includes four aspects: using difference analysis to judge the background noise to analyze the stability of geomagnetic observation data; the correlation analysis is used to test the statistical correlation between humidity and geomagnetic observation data, as well as the correlation strength and direction; regression analysis is used to analyze how the change of humidity affects the geomagnetic observation data; the dehumidification effect of intelligent temperature and humidity monitoring and dehumidification integrated machine is determined by nonparameter test.

Keywords

Geomagnetic Room Humidity, Intelligent Temperature and Humidity Monitoring, Intelligent Dehumidification, Correlation Analysis, Regression Analysis, Nonparametric Test

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“十五”项目期间,我国大多数地磁台站均进行了数字化改造,迄今为止,各台数字化地磁观测仪运行时间均已达5年以上。台站地磁观测对观测环境要求高,温度、湿度变化会对地磁观测产生影响[1][2][3],并且湿度的影响要比温度的影响更大更复杂,特别是南方地震台尤为突出[4]。事实上,地磁房湿度变化过快或过大都易引起地磁数据的异常变化,每当雨季,全国地磁房的湿度会出现快速上升,易达到95%以上,而地磁规范要求房内相对湿度 $\leq 85\%$ [5]。当湿度远远超过限制,则可能对磁力仪器探头工作的稳定性产生影响,造成观测数据质量下降,严重时,数据甚至不能使用[6],不仅如此,探头长时间在环境湿度较大的情况下工作,还会影响其使用寿命[7];温度、湿度的变化会造成地磁仪器磁系的细微变化,从而引起仪器日常记录的细小偏差,导致记录曲线漂移、失真[8]。上述现象表明,湿度过大会造成仪器工作状态不稳定,其不仅降低了记录质量,还影响了观测结果的连续性和可靠性[9]。

针对上述地磁房湿度高带来的问题,目前的解决方法主要是通过加装防潮玻璃罩和泡沫罩、定期更换除湿剂等人工手动处理[10][11][12]。当然,虽然这些方法能降低湿度,但是时效性不高,人力成本也居高不下[13]。无独有偶,郅红魁提出的研制地磁房湿度智能实时监控系统,与最初的方法相比,虽然能够减少湿度对日常观测数据带来的影响,但是长期来看仍离不开人工处理,更换吸潮剂需进入观测室,

或多或少都会对数据造成干扰[14]，且除湿需要一定时限，因此，不能及时更换干燥剂降低湿度也会对数据带来影响。

本研究在鄧红魁研制智能监控湿度系统思路的基础上，添加的智能开关与智能除湿两个应用，旨在通过远程智能温湿度监控、远程智能开关、除湿机一体化设备，实现快速精确的远程智能除湿。目的在于快速除湿的同时，减少进出磁房带来的外界干扰，节省人力与材料资源，延长探头使用寿命，改善观测环境，为获得长期稳定的地磁观测数据提供帮助。

2. 数据与方法

2.1. 会昌地磁台概况

会昌地震台建于 1977 年，坐落于赣州市会昌县城西郊岚山公园内。台站具备较好的观测地质条件，台基岩性为加里东期花岗岩，台基坚硬，噪声低，周围无变电设施，总体上满足综合台站观测规范的要求。

根据“十五”地震前兆项目在会昌台增上地磁观测项目的要求，2006 年 8 月，在台站西北角围墙外侧山脊上新建了 FHD-2B 型地磁准绝对观测室。自 2007 年 5 月 31 日仪器观测出水平分量 H、磁偏角 D、总强度 F 的数据以来，仪器记录稳定，线条清晰，反应灵敏[15]。地磁台观测场地近五年以来未发生变迁，基本未受到环境干扰，亦未受到人为干扰，一直正常运行。

2.2. 试验设计

本次试验需远程智能温湿度监控设备一台、远程智能开关一台、抽湿机一台，其中，远程智能温湿度监控设备主要有手机监控、设定阈值、远程报警的功能实现远程智能监控温湿度，远程智能开关与抽湿机实现远程智能除湿，具体智能温湿度监控、除湿一体化设备结构设计流程见如图 1 所示。所有设备放置于距仪器墩 2.35 m 处。实验前对比好放置前后地磁观测数据的变化情况，以保证设备运行时不影响观测数据质量。实验时，通过移动端微信小程序的温湿度智能监控平台实时监控探头周围温湿度(图 2(a))，同时，远程设置采样率以及阈值(图 2(b))。当湿度超过设定值时，会发出警报并通过手机短信或者自动拨打电话的方式提醒工作人员，工作人员收到警报提醒后立即通过移动端远程打开智能开关(图 2(c))，使得抽湿机运转。这个时候还没有结束，注意当湿度达到预期范围时(图 2(d))，再通过智能开关远程关闭抽湿机。本实验通过远程智能监控湿度与远程除湿一体化的设备，采用了更加科学的控制地磁房湿度的变化范围，提高了数据的稳定性、可靠性。

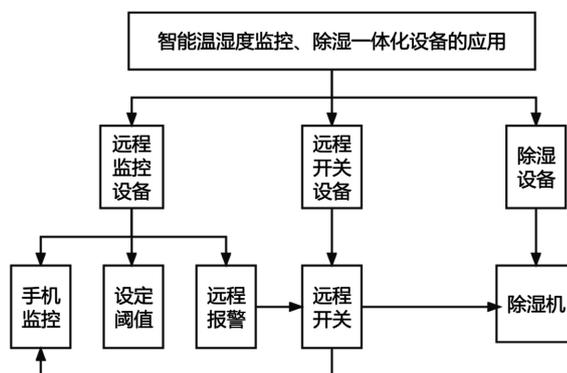


Figure 1. Structure design drawing of intelligent temperature and humidity monitoring and dehumidification integrated equipment

图 1. 智能温湿度监控、除湿一体化设备结构设计图



Figure 2. Some functions of intelligent temperature and humidity switch: (a) Temperature and humidity data change; (b) Parameter setting of intelligent temperature and humidity platform; (c) Intelligent switch control; (d) Real time monitoring data of intelligent temperature and humidity platform

图 2. 智能温湿度开关部分功能展示: (a) 温湿度数据变化; (b) 智能温湿度平台参数设置; (c) 智能开关控制; (d) 智能温湿度平台实时监控数据

2.3. 数据源

会昌地震台于 2007 年开始使用 FHD-2 质子矢量磁力仪进行观测, 自 2018 年起, 每年 3 月~5 月, D、Z 分量背景噪声增大, 会出现许多尖峰毛刺(图 3), 这种异常现象严重影响观测数据质量和地震预测分析, 例如 2018~2019 年受湿度影响, 造成此时段内会昌台地磁数据大量断记, 为减少误差, 不会使用此时段内数据进行计算。故, 本次试验采用的数据为会昌台质子矢量磁力仪(FHD-2) 2020 年后每年 3 月~5 月产生的湿度和地磁观测 F、H、D、Z 分量分钟值数据。

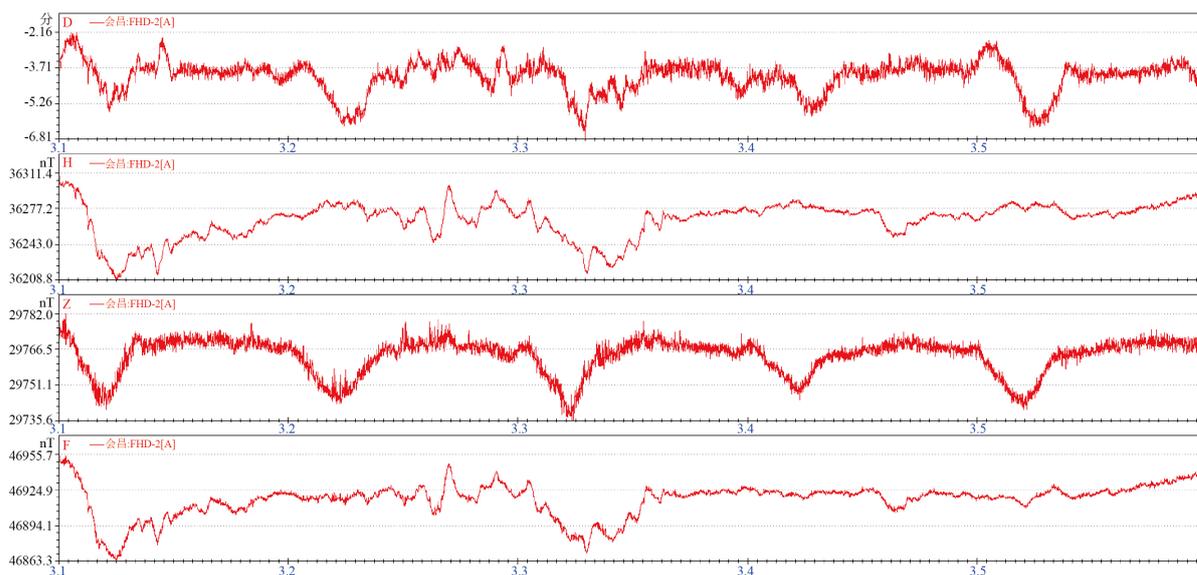


Figure 3. Diagram of FHD-2 D and Z components of Huichang Geomagnetic Station with multiple peaks and burrs
图 3. 会昌地磁台 FHD-2 D 分量、Z 分量多尖峰、毛刺现象图

2.4. 数据分析

利用 Excel 进行数据的处理, 用 matlab 绘制图表, 最后采用 SPSS 26.0 进行统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 湿度对 D、Z 分量的影响

由表 1 可知, 2020~2022 年 D 分量一阶差分的变化范围为 $-2.07\sim 2.41$ nT, 平均值均为 0 nT, 方差的大小依次为 2021 年 D 分量一阶差分 > 2020 年 D 分量一阶差分 > 2022 年 D 分量一阶差分; 2020~2022 年 Z 分量一阶差分的变化范围为 $-17.8\sim 19.40$ nT, 平均值均为 0 nT, 方差的大小依次为 2021 年 Z 分量一阶差分 > 2020 年 Z 分量一阶差分 > 2022 年 Z 分量一阶差分。2021 年的 D、Z 分量一阶差分方差值均为最大, 表示 2021 年地磁数据离散程度最大, 数据最不稳定。同时, 2022 年 D、Z 分量一阶差分方差值均为最小, 表示 2022 年地磁数据离散程度最小, 数据最稳定。说明 2021 年 D、Z 分量与 2022 年安装智能温湿度监控、智能除湿一体化设备后的 D、Z 分量观测数据稳定性上有明显区别, 2022 年后地磁观测 D、Z 分量数据稳定性显著提高。

通过计算一阶差分作为衡量背景噪声的依据。对比 2020~2022 年会昌台质子矢量磁力仪 D、Z 分量一阶差分(图 4)发现, 自 2022 年后地磁 D、Z 分量的一阶差分值均显著减小, 这意味着背景噪声得到有效改善。当然, 还需要进一步确认是否是因为加装了智能温湿度监控、除湿一体化设备后的原因。

Table 1. Description and statistics of first-order difference calculation results of D and Z components of proton vector magnetometer at Huichang Station

表 1. 会昌台质子矢量磁力仪 D、Z 分量一阶差分计算结果描述统计

| | N | 范围 | 最小值 | 最大值 | 均值 | 标准偏差 | 方差 |
|----------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|
| | 统计 | 统计 | 统计 | 统计 | 统计 | 标准错误 | 统计 |
| D20_diff | 129536 | 4.480 | -2.070 | 2.410 | 0.000 | 0.000 | 0.121 |
| Z20_diff | 129536 | 15.300 | -8.200 | 7.100 | 0.000 | 0.002 | 0.751 |
| D21_diff | 132434 | 2.540 | -1.280 | 1.260 | -0.000 | 0.000 | 0.177 |
| Z21_diff | 132434 | 37.20 | -17.800 | 19.400 | 0.000 | 0.007 | 2.754 |
| D22_diff | 132403 | 2.730 | -1.400 | 1.330 | 0.000 | 0.000 | 0.037 |
| Z22_diff | 132403 | 26.900 | -13.500 | 13.400 | 0.000 | 0.002 | 0.798 |

注：D20_diff：2020 年地磁 D 分量一阶差分；Z20_diff：2020 年地磁 Z 分量一阶差分；D21_diff：2021 年地磁 D 分量一阶差分；Z21_diff：2021 年地磁 Z 分量一阶差分；D22_diff：2022 年地磁 D 分量一阶差分；Z22_diff：2022 年地磁 Z 分量一阶差分。

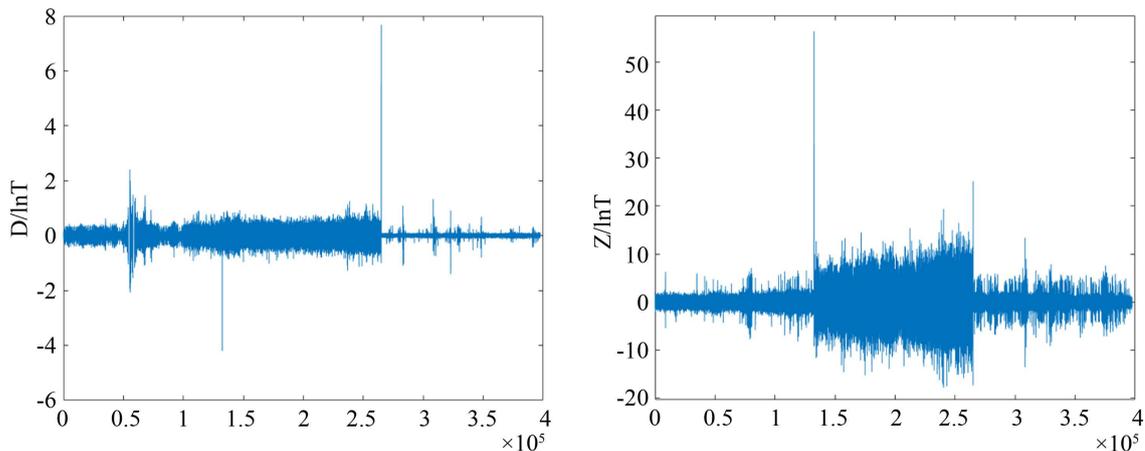


Figure 4. First-order difference comparison diagram of D and Z components of Huichang Station proton vector magnetometer

图 4. 会昌台质子矢量磁力仪 D、Z 分量一阶差分对比图

3.2. 湿度与背景噪声的相关性

由表 2 可知，地磁不同分量的一阶差分与湿度构成不同程度的相关关系，2020~2021 年湿度与地磁 D、Z 分量一阶差分显著性相同(P = 0.003)，同时，相关系数大小均为-0.006，表示 2020~2021 年湿度与地磁 D、Z 分量一阶差分存在显著负相关关系。2020~2021 年湿度地磁 F、H 分量一阶差分显著性均大于 0.05，表示两者之间不存在显著相关关系。这说明在 2022 年安装智能温湿度监控、智能除湿一体化设备之前，湿度与地磁 D、Z 分量背景噪声存在显著负相关关系，也就是说，可以通过影响湿度进而影响背景噪声的方法来提高数据稳定性，这为智能温湿度监控、智能除湿一体化设备的使用提供了理论依据。

3.3. 湿度与 D、Z 分量的回归分析

本试验只探讨湿度与地磁 D 分量、Z 分量之间的关系，不需要根据湿度的取值预测地磁 D 分量或 Z 分量的区间，可以放宽地磁观测数据正态性和方差齐性要求，一元线性回归计算结果如下(表 3)。

Table 2. Correlation between first-order difference of different geomagnetic components and humidity from 2020 to 2021
表 2. 2020~2021 年不同地磁分量一阶差分与湿度的相关性

| | | H | F | D | Z | 湿度 |
|----|------|----------|----------|----------|----------|----|
| H | 相关性数 | 1 | | | | |
| | 显著性 | | | | | |
| F | 相关性数 | 0.093** | 1 | | | |
| | 显著性 | 0 | | | | |
| D | 相关性数 | -0.008** | -0.008** | 1 | | |
| | 显著性 | 0 | 0 | | | |
| Z | 相关性数 | -0.003 | 0 | 1.000** | 1 | |
| | 显著性 | 0.1 | 0.841 | 0 | | |
| 湿度 | 相关性数 | -0.001 | -0.001 | -0.006** | -0.006** | 1 |
| | 显著性 | 0.509 | 0.496 | 0.003 | 0.003 | |

**在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。

Table 3. Regression equation model overview output results

表 3. 回归方程模型概述输出结果

| 时间 | 模型 | 类别 | 相关系数 | 决定系数 | 调整系数 | 标准误差估计 |
|------|----|----|--------|-------|-------|---------|
| 2020 | 1 | D | 0.074a | 0.005 | 0.005 | 1.163 |
| | 2 | Z | 0.321a | 0.103 | 0.103 | 7.226 |
| 2021 | 3 | D | 0.085b | 0.007 | 0.007 | 1.286 |
| | 4 | Z | 0.210b | 0.044 | 0.044 | 10.246 |
| 2022 | 5 | D | 0.047c | 0.002 | 0.002 | 1.47444 |
| | 6 | Z | 0.229c | 0.052 | 0.052 | 11.415 |

注: a: (常量), 2020 年湿度; b: (常量), 2021 年湿度; c: (常量), 2022 年湿度。

由表 3 可知, 2020 年湿度作为影响 D 分量变化的原因, 占 0.5%, 而同年湿度影响 Z 分量变化的原因, 占 10.3%; 2021 年湿度作为影响 D 分量变化的原因占 0.7%, 同年湿度影响 Z 分量变化的原因占 4.4%; 2022 年湿度作为影响 D 分量变化的原因占 0.2%, 同年湿度影响 Z 分量变化的原因占了 5.2%。Z 分量的调整系数均大于 D 分量, 说明湿度对 Z 分量造成的影响比湿度对 D 分量造成的影响更明显。因此, 反向证明了若通过智能温湿度监控、智能除湿一体化设备来稳定湿度进而稳定数据变化, Z 分量会比 D 分量稳定性的效果更明显。

3.4. 除湿效果分析

2021~2022 年的 D、Z 分量一阶差分均不服从正态分布, 为比较放置智能温湿度监控、智能除湿一体化设备前后对数据的一阶差分有没有差异以及进一步分析除湿效果, 选择采用非参数检验(表 4)。

由表 4 可知, D 分量一阶差分的存在显著差异性, Z 分量的一阶差分 P 接近 0.05, 说明存在一定差异性, Z 分量差异不显著的原因可能是原本 Z 分量的变化量范围就小。故, 近似认为智能温湿度监控、智能除湿一体化设备对 Z 分量数据的稳定效果显著。同时, 验证了回归分析中认为通过智能温湿度监控、智能除湿一体化设备来稳定湿度范围进而影响数据变化, Z 分量较 D 分量的稳定性提高更明显的观点。

Table 4. First-order differential quartile and nonparametric test output results of geomagnetic D component and Z component from 2021 to 2022**表 4.** 2021~2022 年地磁 D 分量、Z 分量一阶差分四分位数及非参数检验输出结果

| | 数据 | Z | P |
|----------|----------------|--------|-------|
| D21_diff | 0 (-0.1~0.1) | -0.38 | 0.704 |
| D22_diff | 0 (-0.02~0.02) | | |
| Z21_diff | 0 (-1.6~1.6) | -1.837 | 0.066 |
| Z22_diff | 0 (-0.5~0.5) | | |

注: D21_diff: 2021 年地磁 D 分量一阶差分; Z21_diff: 2021 年地磁 Z 分量一阶差分; D22_diff: 2022 年地磁 D 分量一阶差分; Z22_diff: 2022 年地磁 Z 分量一阶差分。

4. 讨论

湿度与地磁不同分量存在相关关系,并且相关程度各不相同。了解湿度与地磁分量之间的影响关系,有利于专门针对湿度进行处理,改善观测环境提高数据质量。本试验使用的智能温湿度监测、智能促使一体化设备有利于减少湿度对地磁观测数据的影响,同时,加之稳定的观测环境,可以更大程度上发挥会昌台噪声低、仪器记录稳定、线条清晰、反应灵敏的优势,以便得到更高质量的地磁观测数据。

5. 结论

试验证明,湿度与地磁 D、Z 分量背景噪声呈显著负相关关系,其中,湿度对地磁 Z 分量带来的影响比 D 分量更大。通过对智能温湿度监控、智能除湿一体化设备的应用,能很大程度上稳定湿度范围,有效降低湿度对地磁 D、Z 分量的影响,其中,对 Z 分量数据稳定性的提高较 D 分量更为明显。

面对高湿度的地磁观测环境,通常干燥剂量的使用是一个问题,过量的干燥剂虽然能快速除湿,但会导致湿度快速下跌,当湿度快速变化且变化范围过大时,会对数据稳定性造成影响,但是干燥剂量过少,就需要频繁更换饱和干燥剂,同样会对数据造成干扰。智能温湿度监控、除湿一体机在投入使用以后,能够做到降低湿度的同时,还能稳定湿度范围,有效解决了这样的问题。设备的使用可以防潮、延长探头使用寿命的同时,还能节省台站更换材料的经费支出。本次试验所有控制端均可以通过微信小程序实现,方便快捷,改变传统的人工清理模式,快速准确地按需求降低湿度干扰,提高观测数据稳定性。此外,还能把智能温湿度监控的温湿度历史记录数据通过移动端导出,作为辅助变量用来分析观测环境。

本文旨在明确智能温湿度监控、除湿一体机除湿效果,可以为其他易受湿度影响观测数据的台站提供相应的实验依据。有助于台站工作人员在实际工作中,通过智能设备解放人力资源,进一步提高数据获取的可靠性和异常分析能力,改善观测环境提高观测数据质量。

致 谢

感谢会昌县气象局提供的会昌台 2020~2022 年 3 月~5 月湿度数据。

基金项目

中国地震局监测、预报、科研三结合课题(3JH-202201015)。

参考文献

- [1] 师娅芳,李鹏,张福,等.谈地磁观测中的温度效应[J].防灾科技学院学报,2012,14(1):44-47.
- [2] 吴一柱,覃福勋,齐贵华,陆裕强,李柳英.邕宁地磁台新记录室的设计特点及效果[J].地震地磁观测与研究,

- 1998(3): 76-78.
- [3] 肖武军, 赵刚, 何少林, 郑先进, 谭俊义, 张尧, 张克诚. 全国重点地震台站观测环境优化改造关键技术与展望[J]. 中国地震, 2021, 37(1): 156-163.
- [4] 叶富华, 林建, 胡俊明, 等. 温度、湿度对地磁 Z 基线值的影响及分析[J]. 四川地震, 2006(1): 14-18.
- [5] 中国地震局. 地震及前兆数字观测技术规范·电磁观测: 试行[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [6] 鄧红魁, 耿淑芬, 李银海, 等. 地磁房湿度智能监控系统开发[J]. 地震地磁观测与研究, 2015, 36(2): 118-122.
- [7] 鄧红魁, 郭慧, 耿淑芬, 等. 地磁房湿度对地磁观测的影响及解决方案[J]. 中国地震, 2015, 31(2): 409-414.
- [8] 叶富华, 梁秀兰. 地磁 Z 基线值的变化与温度湿度关系的探讨[J]. 地震地磁观测与研究, 2000, 21(3): 73-76.
- [9] 李盛祥. 地磁记录室的防潮问题研究[J]. 地震地磁观测与研究, 1995(3): 74-76.
- [10] 胡秀娟, 王静, 李细顺, 王利兵, 畅国平, 王秀敏, 贾华, 宋昭, 张素琴. 红山地磁台绝对观测室部分技术改造[J]. 地震地磁观测与研究, 2014, 35(3): 244-247.
- [11] 李鹏, 师娅芳, 苏小忠, 刁钢. 贵阳地震台地磁相对记录仪运行维护管理经验探讨[J]. 地震地磁观测与研究, 2009, 30(6): 56-59.
- [12] 朱兆才, 侯永俊, 王治业, 于正轩, 李勇, 刘旭东. 大连数字化磁通门磁力仪的工作环境与保护[J]. 地震地磁观测与研究, 2003, 24(5): 96-99.
- [13] 鄧红魁, 程楠, 郭慧, 成万里, 成娜, 谢佳兴, 赵彦旭. 地震计恒温低湿智能监控仪研制[J]. 地震地磁观测与研究, 2019, 40(1): 128-133.
- [14] 王仲康, 马佰顺, 公续生, 胡尊迎. 马陵山台地磁观测典型干扰特征分析及应对措施[J]. 科技资讯, 2020, 18(21): 62-64. <https://doi.org/10.16661/j.cnki.1672-3791.2003-9850-1917>
- [15] 游波涛, 何宇飞, 杨中书, 郭江春, 王位暖. 会昌地震台 FHD 地磁 Z 分量日变幅逐日比与地震关系初探[J]. 科技创新与应用, 2015(12): 40-41.