

2009–2020 年广东肇庆站地磁观测原始数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



王喜珍^{1*}, 陆镜辉², 邓娜³, 张素琴¹, 马玉立⁴

1. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081
2. 广东省地震局肇庆地磁台, 广东肇庆 526114
3. 湖北省地震局, 武汉 430071
4. 中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190

摘要: 肇庆地磁台 (Zhaoqing Geomagnet Station, ZQT) 位于广东省肇庆高要市莲塘镇, 属国家地磁基准台, 是我国最早的八个地磁台站之一, 为国际地磁台网 (INTERMAGNET) 成员, 长期开展地磁观测, 进行国际地磁资料交换。本数据集包含自 2010 年子午工程建设以来至今的地磁原始观测数据, 数据内容由磁偏角 (D)、水平强度 (H) 和垂直强度 (Z) 三个要素相对变化的秒钟值组成。本数据集可以用来开展地磁场、空间环境、地震、磁暴、地球各圈层耦合等方面的研究。

关键词: 肇庆地磁台; 地磁场; 原始观测数据; 秒钟值

文献 DOI:

10.11922/csdata.2020.0081.zh

数据 DOI:

10.12176/01.09.003

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2020-07-22

开放同评: 2021-03-10

录用日期: 2021-05-19

发表日期: 2021-06-30

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	广州肇庆站磁通门磁力仪秒采样数据
数据作者	广东省地震局肇庆地磁台
数据通信邮箱	942930104@qq.com
数据时间范围	2009–2020年
地理区域	肇庆地磁台位于广东省肇庆高要市; 地理经度为112.45°E, 纬度为22.97°N; 地磁经度为174.89°W, 纬度为13.35°N; 高程为14 m。
观测数据分辨率	0.1 nT
数据量	8.29 GB
数据格式	*.dat
数据服务系统网址	http://dx.doi.org/10.12176/01.09.003
基金项目	国家重大科技基础设施子午工程
数据库 (集) 组成	数据集共包括3606个数据文件, 数据量为8.29 GB。地磁原始观测数据文件名为 ZQT_FGM01_DMD_L01_01D_YYYYMMDDhhmmss.dat, 其中, YYYY四位数表示年, MM两位数表示月, DD两位数表示天, hh两位数表示小时, mm两位数表示分钟, ss两位数表示秒。

引言

* 论文通信作者

王喜珍: wangxz@cea-igp.ac.cn

众所周知, 地球处在磁场环境中, 地磁场将地球包围起来, 形成磁层空间。地磁场由地球内部的磁性岩石以及分布在地球内部和外部的电流体系产生的各种

磁场成分叠加而成，主要划分为主磁场、地壳磁场、变化磁场和感应磁场。主磁场来自地球深处的地核，它穿过地幔和地壳达到地表并扩展到太空，把地球内部介质的物性组成和运动状况等信息携带出来，为人类认识无法到达的地球深部提供了为数不多的研究途径。地壳磁场来自地壳岩石圈，它带来的是岩石复合体特性信息，这样使得地磁测量成为强有力的资源勘探手段。变化磁场和感应磁场与地球、太阳和月球活动及太阳粒子辐射相关，反映了空间电流体系的活动与变迁，为地球空间环境探测和空间天气预报提供了钥匙。地磁场是地球的基本物理场，处在地球近地空间内任意一点都具有磁场强度，且其强度和方向会随着不同的经度、纬度和高度而变化，并且含有丰富的参数信息，如地磁总场、地磁三分量、磁倾角、磁偏角和地磁场梯度等，为航空、航天、航海提供了天然的坐标系。因此，地磁观测数据是国家不可或缺的战略数据，地磁场观测与研究是古老而又充满活力的重要科学^[1-4]。

我国是最早开展地磁观测的国家，早在公元前 3 世纪就出现了司南，1915 年绘制了第一张中国地磁图，1870 年在北京鹫峰建立了第一个地磁台，50 年代建成我国基准台网，1966 年邢台地震后地磁观测与研究迅速发展起来^[5]。随着中国地震数字化改造、“十五”中国数字地震观测网络项目、中国地震背景场探测以及中国科学院、教育部等组织实施的基建、科研项目的实施，我国初步形成了观测规模大、台站数量多、观测种类齐全的地磁观测网，仅中国地震局就建成了由 46 个基准台、97 个基本台以及 1385 个流动地磁测点组成的国家地磁观测网。

肇庆地磁台的前身为广州地磁台，是我国最早建设的 8 个地磁台站之一，称为“老八台”，于 1953 年开始选址，1954 年开始建设，1956 年 7 月建成并投入使用，1957 年 7 月开始地磁观测。1958 年开始出版《地磁观测报告》，至 1995 年共出版《地震观测报告》21 卷。这些报告是我国弥足珍贵的地磁观测历史资料。1995 年因广州建设地铁地磁观测环境受到影响，数据干扰严重，开始重新选址建设。肇庆地磁台现址位于肇庆高要市莲塘镇，占地面积 65 亩，距离广州约 100 km。1996 年开始建设，2001 年 11 月底建成投入使用。2001 年 12 月 18 日，数字化的地磁观测正式开始记录。2003 年 6 月 9 日被国际地磁观测台网（INTERMAGNET）接纳为正式成员，成为全球 92 个标准数字化地磁观测台站之一。该台站场址所处大地构造部位为 NE—SW 向吴川—四会断裂带的南东侧，次级构造为近东西向的白土—马鞍凹陷的南缘。在场址的南侧分布着上第三系砂砾岩和大规模的奥陶系石英砂岩。台基岩性为石炭系石灰岩，其上不整合覆盖有下侏罗—上三叠统褐红色、褐黄色砂砾岩，风化层较厚。台站观测场地地磁场分布均匀，水平梯度最大值为 0.5 nT/m，电磁背景噪声水平为 0.03 nT，为国家 I 类地磁基准台。台站有一个绝对观测室、两个矢量磁力仪室、两个电器室、一个实验室、一个比测亭、一座办公楼、一个配电房等地面建筑物和一个地下室结构的相对记录室，总建筑面积为 981 m²。相对记录室内有 6 个记录墩，按 7#~12# 的顺序排列，辅助墩 2 个，主体材料完全为大理石。相对记录室内的年温差 < 4.0℃，日温差 < 0.2℃，相对湿度小于 80%。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集

本数据集采用的观测仪器为中国地震局地球物理研究所研制的 GM4 型磁通门磁力仪^[6]。该设备由磁探头、模拟盒和数据采集器组成。GM4 磁通门磁力仪（图 1）是我国“十五”科技攻关成果，在成功实现地磁场 H、Z、D 三分量变化测量的一体化和数字化的基础上，实现传感器的小型化、拓宽观测频带、扩展数据存储容量、降低设备功耗、自然地磁场的自动补偿，并实现基于 TCP/IP 通信

协议的网络化数据通信。该设备数据采集的基本采样率为每秒 10 次，通过数字滤波抽样产出每秒采样的数据。观测数据存储于 1GB 的 CF 存储卡内。设备数据通信实现基于 TCP/IP 协议的网络功能，包括远程监控和数据汇集、远程 WEB 网页方式等服务。

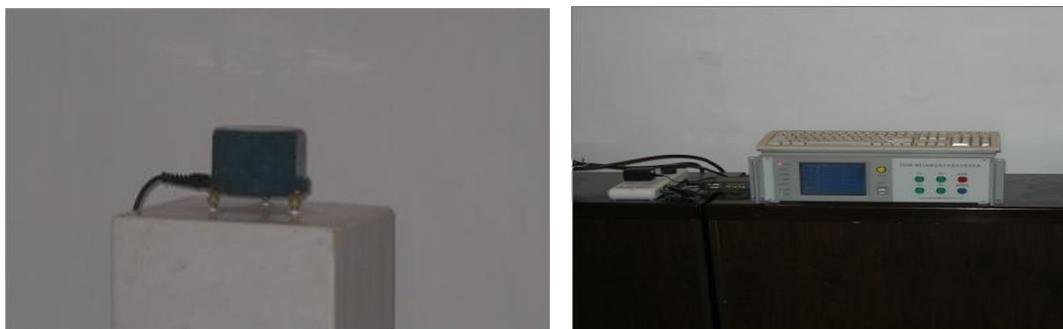


图 1 肇庆地磁台 GM4 型磁通门磁力仪

1.2 数据处理

本数据集为地磁原始观测数据，为相对记录值，未对可能存在的环境干扰，如地铁、铁路、高压直流输电、车辆等进行预处理，仅对观测数据本身进行校验处理。

地震局节点站数据处理软件对不符合子午工程数据格式规范的数据进行更正。主要对数据时间、缺记等进行自动校验，缺记数据用缺省值自动填补，确保观测数据符合子午工程数据格式规范要求。

1.2.1 异常数据处理

随着我国大规模的经济建设，特别是城市地铁、高压直流输电等基础设施建设，一些地磁观测台站受到一定程度的干扰，导致观测信号上叠加非天然地磁场信号^[7]，干扰数据波形如图 2。数据处理就是将这些叠加信号予以去除，即对原始数据（或转换分数据）中尖峰信号、标定信号、人为干扰信号和错误数据的处理。

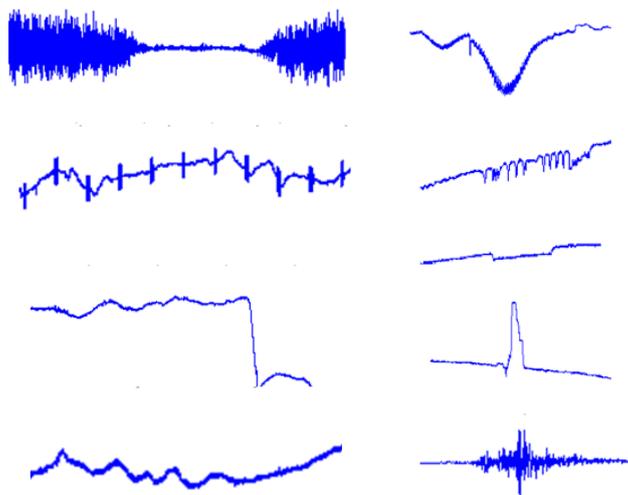


图 2 已识别的常规干扰形态

中国地震局根据不同干扰源产生的干扰特征开发了干扰形态识别和处理技术，这些技术已集成在中国地震前兆台网管理软件中，目前主要包括轨道交通、高压直流输电、地电阻率、建筑工地等。

1.2.2 基线值校正

本数据集的原始观测数据为磁场水平强度 H 、磁偏角 D 、磁场垂直强度 Z 的相对变化，并不反应地磁场的实际值。为了将相对记录系统观测的数据转换成真实的地磁场数据，需通过基线值校正。

基线值的获取一般是通过台站安装的磁通门经纬仪（也称 DI 仪）获取。地磁场绝对值每周观测两次，观测 D 、 I 、 F ，根据测量值计算出 H 和 Z ，再结合相对记录数据算出观测基线值，并利用“平滑曲线法”确定各分量的采用基线值^[8]。当出现基线值跳动的情况时，采用分段平滑。由于温度对相对记录数据的影响已包含在基线值内，故在处理最终数据时对记录数据和基线值均不做温度改正。

$$H = F \times \cos I、Z = F \times \sin I \quad (1)$$

$$D_B = D_{\text{绝对值}} - D_{\text{记录值}}、D_B = D_{\text{绝对值}} - D_{\text{记录值}}、D_B = D_{\text{绝对值}} - D_{\text{记录值}} \quad (2)$$

1.3 数据传输

台站观测数据通过子午工程台站管理软件汇集到台站数据管理系统（图 3），并在本地存储。台站工作人员对数据进行预处理后通过台站管理软件数据上传模块将数据发送至地震局节点站。地震局节点站进行数据分析与质量评估后，通过子午工程数据中心统一配置的 HJclient 客户端数传软件将数据上传至子午工程数据中心。



图 3 数据传输软件界面

1.4 数据发布

地磁原始观测数据分别在肇庆地磁台、广东省地震局、国家地磁台网中心（www.geomag.org.cn）、中国地震局地球物理研究所地震局节点站以及子午工程数据中心存储，根据各自职责开展数据共享与发布。肇庆地磁台、广东省地震局、国家地磁台网中心根据中国地震局的有关规定进行数据发布。地震局节点站以及子午工程数据中心（data.meridianproject.ac.cn）按照子午工程有关协议规定发布数据。子午工程数据中心为对外发布的主要渠道，包括原始数据、数据波形以及其他中间产品，用户可通过子午工程数据中心认证后下载本数据集。

2 数据样本描述

2.1 文件名

本数据集地磁原始数据文件命名根据子午工程数据文件交换接口的命名规则确定，格式为“ZQT_FGM01_DMD_L01_01D_yyyymmddhhmmss.dat”。其中 ZQT 为肇庆地磁台在子午工程中的台站代码，而在国际地磁数据交换中的代码为“GZH”。FGM 为仪器磁通门磁力仪代码，01D 表示原始数据，每天一个文件。yyymmddhhmmss 为文件起始记录时间。

2.2 数据格式

本数据集地磁原始数据格式（表 1）采用中国地震局行业标准磁通门磁力仪地磁数据格式，其格式说明如下：

数据文件由文件头和数据项组成，文件头包括观测时间、台站代码、设备号、采样率和通道数组成，每一项均采用“ ”（一位空格）为分隔符。数据项由磁场水平强度 H、磁偏角 D、磁场垂直强度 Z 的变化和温度 T 组成，数据项均采用“ ”（一位空格）为分隔符，数据按 H、D、Z 和 T 连续排列，共有 86400 组数据。数据项数据采样的时间精度为 1 秒。一个完整记录项的格式码为 I4,I2,I2,X,I5,X,A12,X,I2,X,I2,X,86400(X ,I4, X ,I4, X ,I4, X ,I4)，其中数字为数据占有位数。

表 1 地磁原始观测数据格式

序号	数据项中文名称	数据项英文名称	记录格式	物理单位（中英文）	无效缺省值	数值范围
1	年	Year	I4			
2	月	Month	I2			
3	日	Day	I2			
4	空格	Space	I1			
5	台站代码	StationCode	I5			
6	空格	Space	I1			
7	设备号	InstrumentID	A12			
8	空格	Space	I1			
9	采样率	SamplingRate	I2			
10	空格	Space	I1			
11	通道数	channel	I2			
12	空格	Space	I1			
13	H 分量测项代码	H- ComponentCode	I4	纳特（nT）	9999	-65000~ 65000
14	空格	Space	I1			
15	Z 分量测项代码	Z- ComponentCode	I4	纳特（nT）	9999	-65000~ 65000
16	空格	Space	I1			

序号	数据项中文名称	数据项英文名称	记录格式	物理单位（中英文）	无效缺省值	数值范围
17	D 分量测项代码	D- ComponentCode	I4	纳特（nT）	9999	-65000~ 65000
18	空格	Space	I1			
19	T 测量值	T value	I7	摄氏度（℃）	9999	-100~100

本数据集地磁原始数据格式样例如图 4 所示，地磁观测原始数据集数据波形如图 5。

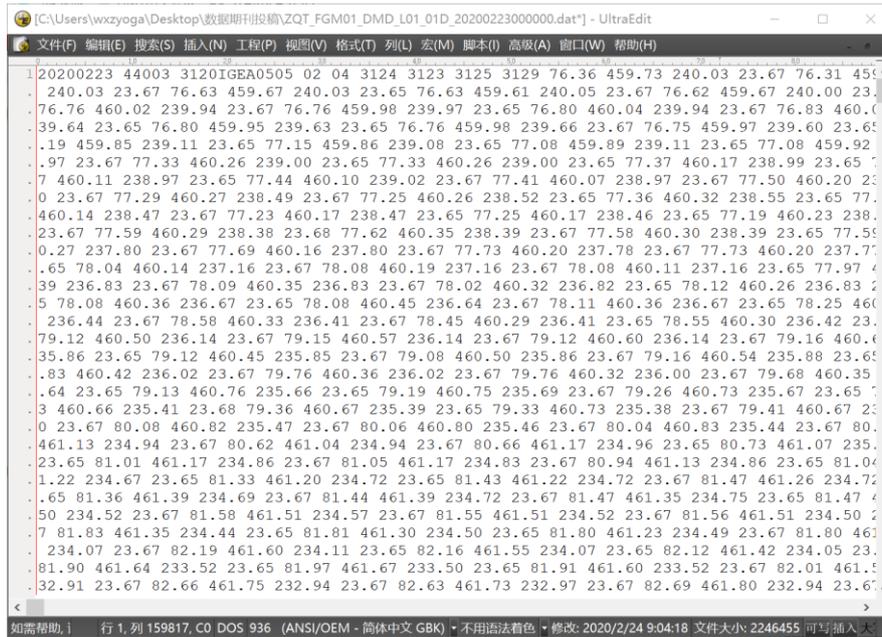


图 4 地磁观测原始数据集数据格式样例

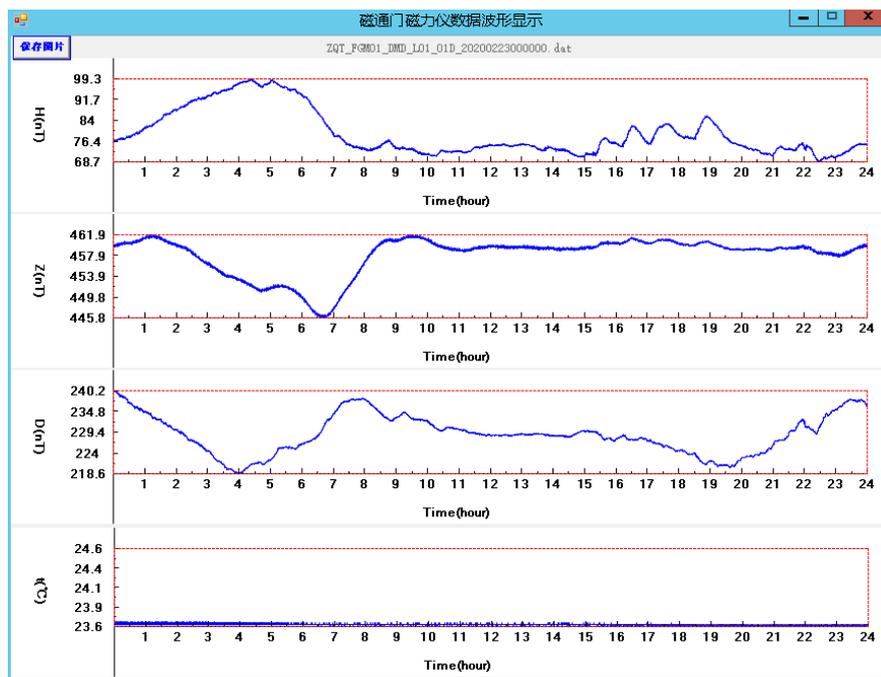


图 5 地磁观测原始数据集数据波形图

2.3 国际数据交换格式

肇庆地磁台开展国际地磁数据资料交换的数据格式为 IAGA2002 格式，该数据格式是国际通用的地磁数据交换格式。台站按照 IAGA 有关规定向国际地磁台网中心（intermagnet）提交交换数据。本数据集数据格式与 IAGA2002 格式间可通过子午工程地震局节点站的格式转换软件进行转换。

3 数据质量控制和评估

3.1 日常观测质量控制

为了规范地磁台站日常运行与维护管理，中国地震局编制了《地震前兆台网运行管理办法（试行）》、《电磁台网运行管理细则》，以提高台站仪器运行效率和观测数据质量。

在日常运行中，台站运行与维护人员按照上述规范性文件进行观测、日志编制、数据处理以及其他校验校正工作。在波形异常时，要开展原因排查工作，确定干扰源，采取有效防范措施，以保障观测数据的客观性。同时在运行维护中，加强巡查，及时发现问题，解决问题，提高观测数据的连续性。

除日常观测质量控制外，地磁相对观测数据的长期稳定性、一致性也非常重要。造成长期稳定性、一致性较差的原因主要有温漂、墩差等。温漂一方面是由于仪器原因，一方面由于观测室环境温度。相对观测室环境温度年温差应控制在标准范围之内。因观测室保温效果欠佳或年久失修，使观测室年温差高于地磁观测规范标准。当这种情况发生时需要及时修缮观测室。当仪器的实际温漂大于仪器温漂指标时，需要及时对仪器进行维修。墩差主要因观测墩地基形变从而使观测值发生变化。为了保持数据的一致性，仪器观测墩需要定期或不定期进行墩差测量，并根据墩差测量值对观测数据进行改正。

3.2 观测质量评估

中国地震局系统内地磁观测数据质量评价由国家地磁台网中心按照《数字地磁台网观测资料质量评比办法（2015 修订版）》有关规定进行。评比分为月评比和年评比两个层次。月评比和年评比均采用百分制。所有在线运行的仪器均需参加月评比。实际运行天数少于 9 个月者不参加年评比。在评比过程中对各仪器存在的问题均有明确的反馈和处理建议。

肇庆地磁台仪器场址条件好，设备运行稳定，数据连续性高，数据质量好，多次在中国地震局地磁数据质量评比中评为“优秀”或“一等奖”。

4 数据使用方法和建议

本数据集为地磁原始观测数据，为相对记录值，可以用来开展地磁场、地震预测预报、磁暴、空间环境和地球各圈层耦合等方面的研究。

本数据集未做预处理，可能存在环境干扰，如地铁、铁路、高压直流输电、车辆等，在使用时应可能对可能的干扰形态特征有所了解。本数据集也未作基线值校正，用户若需基线值校正的数据可与作者联系后约束使用。

致 谢

感谢国家地磁台网中心对数据质量控制的指导,感谢子午工程运维团队在数据采集、处理中所做的工作,感谢子午工程办公室对本系统运维的协调与支持。本数据论文的完成得到了国家科技基础条件平台-国家空间科学数据中心 (<http://www.nssdc.ac.cn>) 的大力支持和帮助。

数据作者分工职责

王喜珍 (1972—), 男, 山西岚县人, 博士, 副研, 研究方向为地球物理数据处理。主要承担工作: 总体负责, 主要包括数据采集、质量控制、数据管理、传输与共享等。

陆镜辉 (1970—), 男, 广东省广州人, 中专, 工程师, 研究方向为地球物理观测和数据分析与整理。主要承担工作: 仪器维护、地磁数据获取、数据传输及数据处理。

邓娜 (1973—), 女, 湖北武汉人, 学士, 高工, 研究方向为地磁观测与研究。主要承担工作: 地磁数据处理。

张素琴 (1978—), 女, 河北省张家口市人, 硕士, 高工, 研究方向为震磁关系与地磁日变化。主要承担工作: 地磁数据质量控制与评价。

马玉立 (1978—), 女, 北京人, 硕士, 高工, 研究方向为工程管理。主要承担工作: 数据管理与数据发布。

参考文献

- [1] 北京大学. 地磁学[M]. 北京: 地震出版社, 1986.
- [2] 徐文耀. 地磁学[M]. 北京: 地震出版社, 2003.
- [3] 滕吉文. 固体地球物理学概论[M]. 北京: 地震出版社, 2003.
- [4] 徐文耀. 我国地磁观测研究的发展[J]. 地球物理学报, 1997, 40(S1):217-230.
- [5] 王晓美, 滕云田, 王喜珍, 等. GM4 型磁通门磁力仪性能检验方法[J]. 地震地磁观测与研究, 2008, 29(6): 88 - 94. DOI:10.3969/j.issn.1003-3246.2008.06.016.
- [6] 吴利辉, 滕云田, 王喜珍, 等. 南京地磁台地铁干扰特征分析与抑制处理[J]. 地震地磁观测与研究, 2009, 30(6): 32 - 39. DOI:10.3969/j.issn.1003.3246.2009.06.007.
- [7] 陆镜辉, 王建格, 黎晓之, 等. 绝对观测时段对地磁基线值观测质量影响的分析研究[J]. 华南地震, 2008, 28(4): 113-119. DOI:10.3969/j.issn.1001-8662.2008.04.013.
- [8] FOUASSIER D, CHULLIAT A. The New BCMT Magnetic Database[EB/OL]. PUBLS. INST. GEOPHYS. POL. ACAD. SC., 2007, C-99 (398). http://www.ipgp.fr/~chulliat/papers/Fouassier_Chulliat_2007.pdf.

论文引用格式

王喜珍, 陆镜辉, 邓娜, 等. 2009 - 2020 年广东肇庆站地磁观测原始数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(2). (2021-05-10). DOI: 10.11922/csdata.2020.0081.zh.

数据引用格式

广东省地震局肇庆地磁台. 广州肇庆站磁通门磁力仪秒采样数据[DB/OL]. 国家空间科学数据中心, 2020. (2010-07-01). DOI: 10.12176/01.09.003.

An original dataset of geomagnetic observation at Zhaoqing Geomagnetic Station in Guangdong Province during 2009–2020

WANG Xizhen^{1*}, LU Jinghui², DENG Na³, ZHANG Suqin¹, MA Yuli⁴

1. Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, P. R. China

2. Zhaoqing Geomagnetic Station, Guangdong Province Earthquake Administration, Zhaoqing 526114, P. R. China

3. Hubei Province Earthquake Administration, Wuhan 430071, P. R. China

4. National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China

*Email: wangxz@cea-igp.ac.cn

Abstract: Zhaoqing geomagnetic station is located in Liantang Town, Gaoyao County, Zhaoqing City, Guangdong Province. It belongs to national geomagnetic reference station, and also is a member of INTERMAGNET. It is one of the eight earliest geomagnetic stations in China. This dataset contains the geomagnetic observation data since the construction of the Meridian Project in 2010, including original observation data of horizontal component, vertical component of magnetic field and magnetic declination. It can be used in various areas of research, such as geomagnetism, space environment, seismology, magnetic storm and interactions between different spheres of the Earth.

Keywords: Zhaoqing Geomagnetic Station; geomagnetic field; original data; second value

Dataset Profile

Title	Second sampling data of fluxgate magnetometer at Zhaoqing Geomagnetic Station, Guangzhou
Data correspondence	942930104@qq.com
Data author	Zhaoqing Geomagnetic Station, Guangdong Province Earthquake Administration
Time range	2009–2020
Geographical scope	Zhaoqing geomagnetic station is located in Liantang Town, Gaoyao County, Zhaoqing City, Guangdong Province. The geographic longitude and latitude are 112.45°E and 22.97°N respectively. The geomagnetic longitude and latitude are 174.89°W and 13.35°N respectively. The elevation is 14m.
Data Resolution	0.1 nT
Data volume	8.29 GB
Data format	*.dat
Data service system	< http://dx.doi.org/10.12176/01.09.003 >

Source of funding	Meridian Project
Dataset composition	<p>This dataset contains 3,606 files with a total size of 8.29 GB. The file name for raw geomagnetic observation data is ZQT_FGM01_DMD_L01_01D_YYYYMMDDhhmmss.dat, in which YYYY represents year, MM represents month, DD represents day, hh represents hour(s), mm represents minute(s), and ss represents second(s).</p>