

邱杰, 王建格, 许大伟, 等. 香港国际机场地磁测量结果初步研究[J]. 华南地震, 2017, 37(S1): 35–40. [QIU Jie, WANG Jiange, XU Dawei, et al. Preliminary Study on Geomagnetic Survey Results of Hong Kong International Airport[J]. South China journal of seismology, 2017, 37(S1): 35–40.]

## 香港国际机场地磁测量结果初步研究

邱 杰<sup>1</sup>, 王建格<sup>1</sup>, 许大伟<sup>2</sup>, 陆镜辉<sup>1</sup>, 王力伟<sup>1</sup>, 郑圣谈<sup>1</sup>, 杨向东<sup>1</sup>  
(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 香港天文台, 香港)

**摘要:** 广东省地震局地磁项目测量组分别于 2010 年和 2015 年对香港国际机场磁罗经校正场(CCP)地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  进行了科学、规范、准确的地磁绝对测量。利用肇庆地磁台高精度的数字地磁观测资料, 将香港国际机场磁罗经校正场(CCP)内各个测点在不同时间的测量数据进行了通化处理。根据 2010 年和 2015 年的地磁测量结果及香港地区历史地磁观测资料, 通过初步研究可以看出香港国际机场地磁场  $F$ 、 $D$ 、 $I$  三要素时间变化特征及变化趋势与肇庆地磁台长期观测结果基本一致。香港国际机场地磁测量不仅是项严谨的工程项目测量任务, 它还为香港地区地磁场变化的研究取得了第一手宝贵的观测数据, 具有一定的地磁学研究价值。

**关键词:** 香港国际机场; 地磁测量; 肇庆地磁台

**中图分类号:** P315.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-8662 (2017) S1-0035-05

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2017.S1.005

## Preliminary Study on Geomagnetic Survey Results of Hong Kong International Airport

QIU Jie<sup>1</sup>, WANG Jiange<sup>1</sup>, XU Dawei<sup>2</sup>, LU Jinghui<sup>1</sup>, WANG Liwei<sup>1</sup>,  
ZHENG Shengtan<sup>1</sup>, YANG Xiangdong<sup>1</sup>

(1. Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China; 2. Hong Kong Observatory, Hong Kong, China)

**Abstract:** The geomagnetic project team of the Guangdong Earthquake Agency measured the geomagnetic field intensity, the geomagnetic declination angle, the geomagnetic inclination angle through magnetic compass correction in Hong Kong international airport by the means of the absolute measurement in 2010 and 2015. The paper processed the measuring data by using the high qualitative digital geomagnetic relative recording material of Zhaoqing geomagnetic station. Based on the measuring result in 2010 and 2015 and the historical magnetic data of Hong Kong region, the paper can draw a conclusion that the time-varying property of the three geomagnetic element  $F$ 、 $D$ 、 $I$  in Hong Kong international airport is corresponding to the long-period result of Zhaoqing geomagnetic station. The geomagnetic measurement of Hong Kong international airport is not only a strict measuring project but also provides the first-handing precious observational data which has certain research value for geomagnetism studying.

**Keywords:** The Hong Kong international airport; Geomagnetic measure

**收稿日期:** 2017-01-10

**基金项目:** 中国地震局“监测、预测、科研三结合课题”南海海底地磁日变站与邻近地磁台观测数据对比分析(CEA-JC/3JH-161901)资助

**作者简介:** 邱 杰 (1966-), 男, 助理工程师, 主要从事地磁观测工作。

**E-mail:** qiu jie2517@163.com.

## 0 引言

2010 年和 2015 年月, 广东省地震局成功竞得香港天文台招标的香港国际机场地磁测量项目 (HKOMQ8/09, HKOMQ27/14)。测量内容为香港国际机场磁罗经校正场 (CCP) 地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  的绝对测量。按照中国地震局《地震及前兆数字观测技术规范 (电磁观测)》及项目招标书的技术要求, 广东省地震局地磁项目测量组选用国际通用的标准地磁观测仪器设备并组织技术人员进行了观测仪器设备的对比观测工作。经对比观测和标定的仪器设备测量精度及运行状态完全符合香港国际机场地磁测量工作要求。测量组按照《地磁测量与地磁台站工作指南》和《地磁复测点测量指南》的技术要求, 在香港国际机场磁罗经校正场 (CCP) 内的测量点进行了地磁场总强度  $F$ 、磁偏

角  $D$ 、磁倾角  $I$  的三分量地磁绝对测量。随后进行了相应的数据计算和通化处理等工作。

上述两次地磁测量工作严格按照中国地震局和国际地磁测量技术规范及项目招标书的技术要求进行, 即: 经地磁场日变化通化改正后的均方差  $\Delta F \leq \pm 10 \text{ nT}$ ,  $\Delta D \leq \pm 10'$ ,  $\Delta I \leq \pm 10'$ , 测量结果符合要求。

## 1 测量仪器设备及对比观测结果

### 1.1 香港国际机场地磁测量使用的仪器设备

#### 1.1.1 地磁测量仪器设备

选用国际地磁和高空物理协会 (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) 推荐国际通用的标准地磁观测仪器设备<sup>[1]</sup>进行香港国际机场地磁测量, 各类仪器设备参数见表 1。

表 1 香港国际机场地磁测量仪器设备参数表

Table 1 The instrument parameter of Hong Kong international airport

仪器型号	生产厂家	测量要素	分辨力	观测精密度	测量使用时间
MINGEO DIM 磁通门经纬仪	匈牙利	磁偏角 $D$ 、磁倾角 $I$	1"	$\delta_0 \leq 1''$ , $\delta_1 \leq 1''$	2010 年
GSM-19FOVERHAUSER 磁力仪	加拿大 GEM 公司	地磁场总强度 $F$	0.01 nT	0.2 nT	2010 年、2015 年
G856AX 质子旋进式磁力仪	美国 EG&G 公司	地磁场总强度 $F$	0.1 nT	0.3 nT	2010 年
MAG-01H(T1) 磁通门经纬仪	英国 Bartington 公司	磁偏角 $D$ 、磁倾角 $I$	6"	$\delta_0 \leq 6''$ , $\delta_1 \leq 6''$	2015 年
GSM-19T 质子旋进式磁力仪	加拿大 GEM 公司	地磁场总强度 $F$	0.01 nT	0.2 nT	2015 年

#### 1.1.2 GPS 仪器设备

测量磁偏角  $D$  必须要有方位角的测值。以往要求得方位角大多使用天文观测的方法。但由于天文观测的方法要观测北极星来计算方位角, 故受天气因素制约, 不宜实现。现代 GPS 测量方位角方法不受观测时间的限制, 受天气影响较小, 相对点位精度高, 可以实现全天候的测量。高精度的方位测量在军事和民用领域已得到广泛的应用。香港国际机场磁偏角计算所需要的方位角参数, 全部采用 GPS 方法进行测量。

Leica GX1230 型差分 GPS 双频接收机 (水平定位精度为  $5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ ppm}$ , 垂直定位精度  $10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ ppm}$ , 瑞士 Leica 公司生产) 测量的方位角精度高, 满足香港国际机场地磁测量需要。

### 1.2 通化台观测使用的仪器设备

肇庆地磁台是中国地磁观测台网的基准地磁台、国际实时地磁观测台网 (INTERMAGNET) 的成员 (IMO)。肇庆地磁台距离香港约 200 km, 按国际及国内的通化参考台的距离标准, 肇庆地磁台是理想的通化参考台。肇庆地磁台配备有各类齐全的地磁观测仪器。相对记录仪长期、连续记录地磁场的变化, 通过对地磁场  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三个独立

要素的高精度的绝对测量来定期测定相对记录仪器的基线值, 可将相对记录仪记录的地磁场相对变化值转换为绝对值。

肇庆地磁台同样装备有符合国际标准的地磁观测仪器设备, 用于香港国际机场地磁测量数据通化处理的各类仪器设备参数见表 2。

### 1.3 对比观测结果

按照中国地震局《地震及前兆数字观测技术规范 (电磁观测)》的要求, 在肇庆地磁台对用于香港国际机场地磁测量的全部仪器设备进行了仪器比测工作。

#### 1.3.1 地磁场总强度 $F$ 测量仪器的比测

2009 年 12 月 20 日, 经 9 组仪器差值的全面比测, GSM-19F Overhauser 磁力仪和 G856AX 质子旋进式磁力仪仪器差的平均值为  $0.032 \text{ nT}$  (表 3), 符合国家地磁观测技术规范的要求。仪器比测结果表明: GSM-19F Overhauser 磁力仪和 G856AX 质子旋进式磁力仪的观测精度及运行状态稳定可靠。

#### 1.3.2 磁通门经纬仪的仪器差测量

2015 年 2 月 4 日至 6 日在肇庆地磁台绝对观测室进行仪器比测。肇庆台标准仪器 MAG-01H

表 2 肇庆地磁台地磁测量仪器设备参数表

Fig.2 The geomagnetic instrument parameter of Zhaoqing geomagnetic station

仪器型号	生产厂家	测量要素	分辨力	观测精密度	测量使用时间
MAG-01H(010B)磁通门经纬仪	英国 Bartington 公司	磁偏角 $D$ 、磁倾角 $I$	1"	$\delta_D \leq 1''$ 、 $\delta_I \leq 1''$	2010 年、2015 年
GSM-19F OVERHAUSER 磁力仪	加拿大 GEM 公司	地磁场总强度 $F$	0.01 nT	0.2 nT	2010 年、2015 年
G856AX 质子旋进式磁力仪	美国 EG&G 公司	地磁场总强度 $F$	0.1 nT	0.3 nT	2010 年
GSM-19T 质子旋进式磁力仪	加拿大 GEM 公司	地磁场总强度 $F$	0.01 nT	0.2 nT	2015 年
GM3 数字化磁通门磁力仪	中国地震局地球物理研究所	地磁场水平分量 $H$ 、磁偏角 $D$ 、垂直分量 $Z$ 的相对变化	0.1 nT	采样间隔 1 s	2010 年
GSM-19FD dIdD 矢量磁力仪	加拿大 GEM 公司	$\delta_I$ 、 $\delta_D$ 、 $F$	0.01 nT	采样间隔 0.2 s	2010 年、2015 年
GM4 数字化磁通门磁力仪	中国地震局地球物理研究所	地磁场水平分量 $H$ 、磁偏角 $D$ 、垂直分量 $Z$ 的相对变化	0.1 nT	采样间隔 1 s	2015 年

表 3 GSM-19F Overhauser 和 G856AX 磁力仪仪器差值表  
(单位: nT)

Table 3 The difference value between GSM-19F Overhauser and G856A (unit: nT)

仪器差值	平均值
0.012	0.032
0.075	
0.088	
-0.038	
0.150	
-0.038	
0.062	
0.138	
-0.162	

(010B)放置在 1# 标准墩,用于香港国际机场测量的 MAG-01H(T1)仪放置在 3# 观测墩,两台仪器同步进行指零法绝对观测,共测量 8 组测回。此次比测方法与测点环境都符合中国地震局地磁仪器比测技术要求。比测结果见表 4。

1.3.3 Leica GX1230 型差分 GPS 接收机的检定

2015 年 1 月 5 日,在华南国家计量测试中心广东省计量科学研究院对用于香港国际机场方位角测量的两台 Leica GX1230 型差分 GPS 接收机进行了标定和检测。检定结论:仪器功能、锁定卫星能力、数据传输功能均正常。

表 4 比测结果一览表

Table 3 The result of comparative observation

第一测回	第二测回	第三测回	第四测回	第五测回	第六测回	第七测回	第八测回	平均值	标准偏差
$\Delta D = -1.7''$	$\Delta D = 2.3''$	$\Delta D = 2.4''$	$\Delta D = -1.4''$	$\Delta D = 0.6''$	$\Delta D = -6.4''$	$\Delta D = -4.6''$	$\Delta D = -8.4''$	$\Delta D = -2.15''$	$\sigma = 4.00''$
$\Delta I = 6.0''$	$\Delta I = 4.5''$	$\Delta I = 2.6''$	$\Delta I = 4.3''$	$\Delta I = 5.2''$	$\Delta I = 3.5''$	$\Delta I = 5.2''$	$\Delta I = 3.5''$	$\Delta I = 4.35''$	$\sigma = 1.12''$

经过上述的仪器对比观测工作,对地磁测量的全部仪器设备进行了严格的比测(限于篇幅,其它比测结果及表格不再附上),测试结果表明仪器设备测量精度及运行状态完全符合香港国际机场地磁测量工作要求。

2 香港国际机场地磁测量结果及数据通化处理

2.1 香港国际机场地磁测量点的布设概况

香港国际机场地磁测量点位于磁罗经校正场(CCP)内,CCP 是一个半径为 50 m 的圆形场地,周围通视好。同时在 CCP 的东南方 342~477 m (距离中心点起算)处建立方位角测量的标志点(图 1)。经地磁场水平和垂直梯度测量,测量点的梯度小于 5 nT/m,符合地磁观测的技术指标要求。

香港国际机场磁罗经校正场(CCP)的地磁测量项目,每五年复测一次。2015 前,香港机场管理局对 CCP 进行了搬迁改造,相较 2010 年整体向东北方向迁移了近 100 m。

2.2 香港国际机场地磁测量结果

2010 年 1 月 19 日至 21 日,在 CCP 中心点、北、东、辅助 1#、2# 测量点(图 1)进行地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  的三分量地磁绝对测量。测量结果及肇庆地磁台同一时间的记录值、差值曲线见图 2。

(C0)、东 1 点(E1)、东 2 点(E2)、南 1 点(S1)、南 2 点(S2)、西 1 点(W1)、西 2 点(W2)、北 1 点(N1)、北 2 点(N2)一共设立了 9 个测量点(图 1)进行地磁场的  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三分量的观测。测量结果及肇庆地磁台同一时间的记录值、差值曲线见图 3。

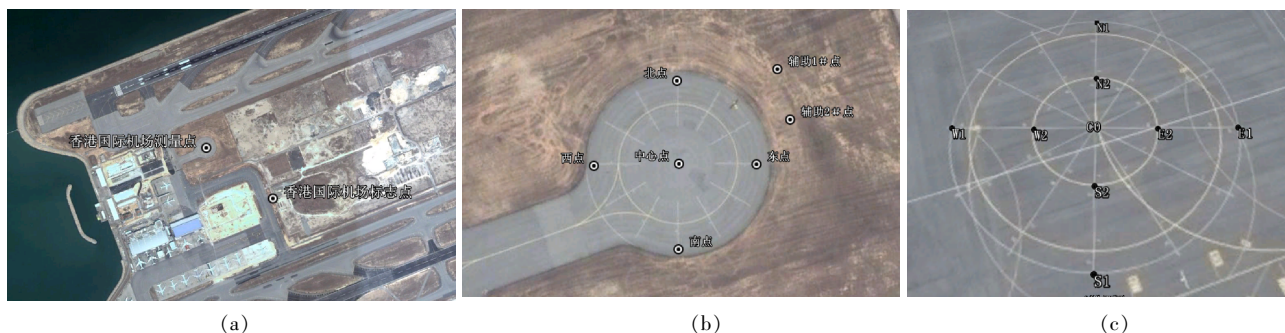


图1 香港国际机场测量点和标志点分布图(a)、2010年(b)及2015年(c)磁罗经内地磁测量点分布图

Fig.1 The distribution diagram of the measuring point and the mark point in 2010 and 2015

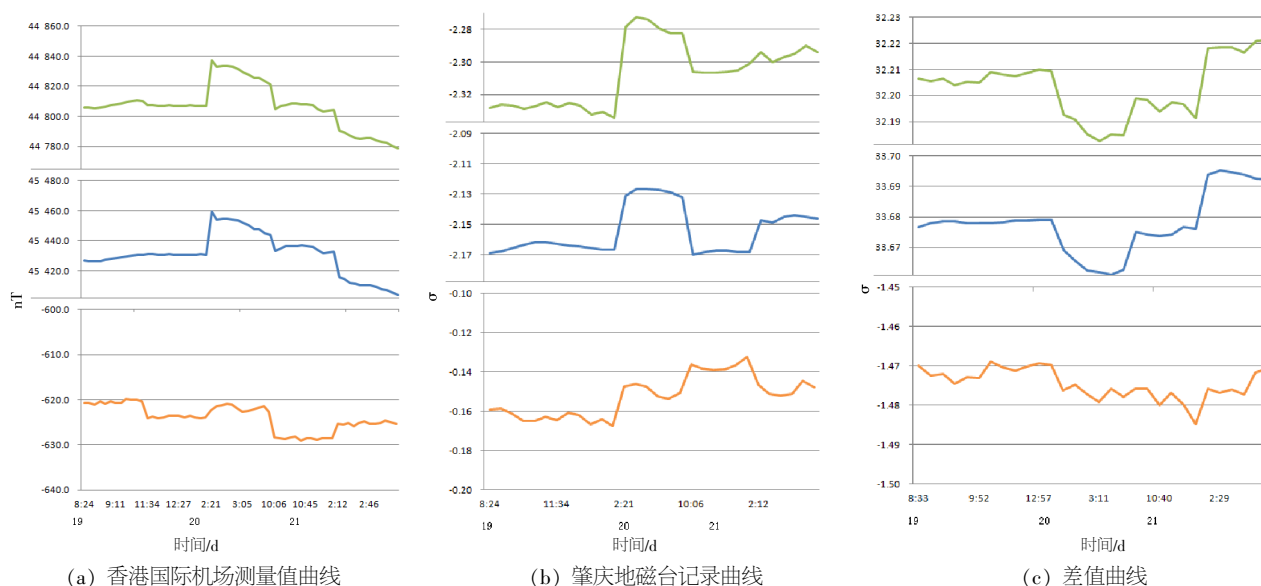


图2 香港国际机场和肇庆地磁台地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  曲线图(2010年测量)

Fig.2 The time-varying curve of the three geomagnetic element  $F$ 、 $D$ 、 $I$  in Hong Kong international airport and Zhaoqing geomagnetic station (2010)

从上述图形中可以看出, 香港国际机场地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  的测量值与肇庆地磁台的记录值曲线变化形态相似, 其相关系数、差值均值和标准偏差见表5。

2015年测量时的磁罗经校正场相较2010年, 场地位置和观测环境均发生了较大的变化。磁罗经校正场整体向东北方向移动了近100 m的距离。多个测量点靠近机场跑道和滑行通道, 在其附近有大型机场照明灯杆和配电箱等铁磁性物质。且测量期间, 飞机起降、滑行频繁, 对地磁观测带来了很大的干扰。这从上述测量结果参数表也可看出, 对比2010年的测量结果, 2015年香港国际机场的测量值与肇庆地磁台的记录值之间的相关性不太好, 反映两地存在一定的差异性, 应是在机场测量期间受到干扰的缘故。

### 2.3 测量数据通化处理

根据在局部区域内(例如100~200 km)地磁场时空变化规律的一致性<sup>[2]</sup>, 利用肇庆地磁台高精度

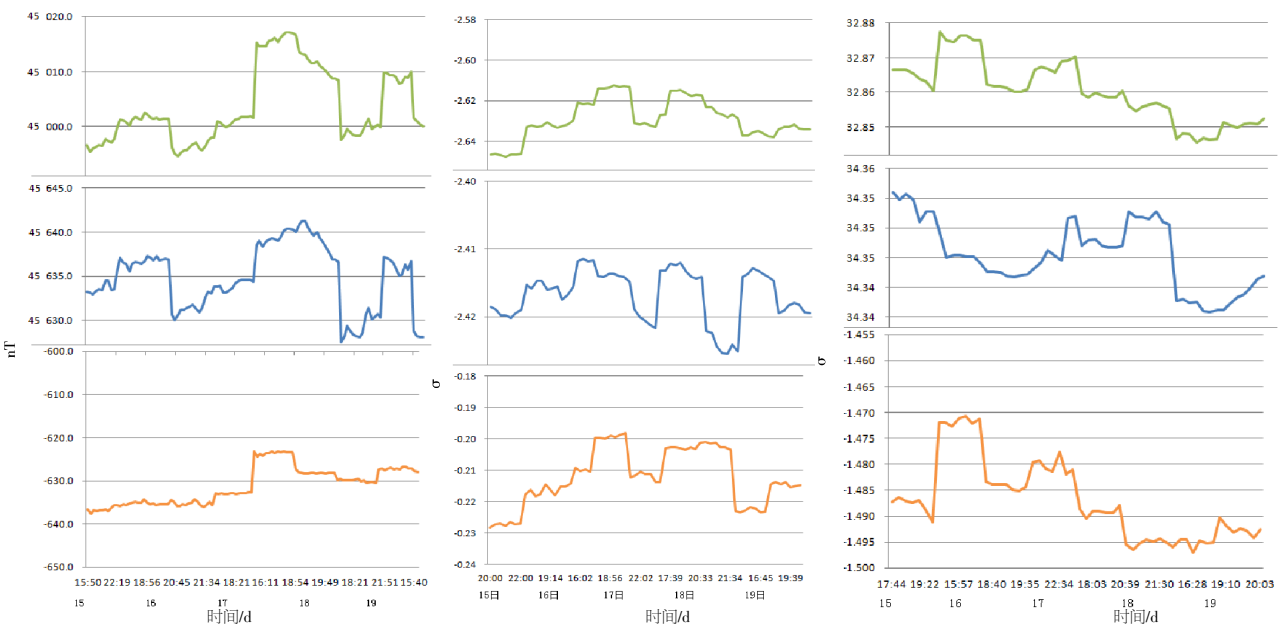
的数字地磁连续观测资料, 将香港国际机场磁罗经校正场内各个测点在不同时间的测量数据归化为同一时刻(即通化时间)的通化值。通化时间选在整个测量期间居中的、地磁变化比较平静的日期。参考肇庆地磁台的观测数据和地磁指数变化情况, 分别选取2010年1月22日00时00分和2015年1月17日00时00分(UTC世界时)作为数据通化的时间。最终数据通化结果见表6。

从表6中可以看出, 通化后观测数据满足磁罗经校正场的技术要求: 经地磁场日变化通化改正后的均方差  $\Delta F \leq \pm 10$  nT,  $\Delta D \leq \pm 10'$ ,  $\Delta I \leq \pm 10'$ 。按《地磁复测点测量指南》的技术要求<sup>[3]</sup>, 上述测量结果达到一等测量的精度。

## 3 香港国际机场地磁场时间变化特征及变化趋势

### 3.1 香港地区地磁观测历史资料分析

从香港天文台地磁观测台(位于香港地区东南



(a) 香港国际机场测量值曲线 (b) 肇庆地磁台记录曲线 (c) 差值曲线

图 3 香港国际机场和肇庆地磁台地磁场总强度  $F$ 、磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$  曲线图(2015 年测量)

Fig.3 The time-varying curve of the three geomagnetic element  $F$ 、 $D$ 、 $I$  in Hong Kong international airport and Zhaoqing geomagnetic station (2015)

表 5 测量结果统计参数表

Table 5 The statistic result of geomagnetic parameter

日期/年	总强度 $F$			磁偏角 $D$			磁倾角 $I$		
	相关系数	差值均值/ nT	标准偏差/ nT	相关系数	差值均值	标准偏差	相关系数	差值均值	标准偏差
2010	0.98	-623.96	2.85	0.86	-0°09′08.3″	37.49	0.95	-1°28′28.4″	13.68
2015	0.80	-631.11	4.36	0.39	-0°12′43.8″	32.87	0.50	-1°29′13.2″	27.75

表 6 测量数据通化表

Fig.6 The measuring data by processing

日期/年	总强度 $F$		磁偏角 $D$		磁倾角 $I$	
	通化值/nT	标准偏差/nT	通化值	标准偏差	通化值	标准偏差
2010	44 792.15	3.13	-2°19′21.5″	39.9	32°13′18.6″	12.65
2015	45 010.60	4.29	-2°36′51.4″	29.5	32°51′38.0″	28.15

大老山一带)1972—1982 年  $D$ 、 $I$ 、 $H$  三分量年均值变化的图件上量得如下数据; 1972 年的  $D$  为-1°18′, 1982 年的  $D$  为-1°32′, 此期间内磁偏角  $D$  的平均年变率为-1.3′/年; 1972 年的  $I$  为 30°22′, 1982 年的  $I$  为 30°40′, 此期间内磁倾角  $I$  的平均年变率为 1.64′/年。

3.2 广州地磁台地磁场长期变化特征及变化趋势

华南地区最早开展地磁观测的是广州地磁台, 有将近 50 年历史的观测资料。1958 年广州地磁台磁偏角的年均值为-0.93°, 1995 年为-1.79°, 基本上呈逐年缓慢增大的趋势, 38 年的时间偏西增大了 51.6′, 平均年变率为-1.36′/年; 1958 年, 磁倾

角的年均值为 31.47°, 1995 年为 32.86°, 磁倾角的年均值也呈逐年缓慢增大的趋势, 38 年的时间增大了 83.4′, 平均年变率为 2.19′/年。1958—1995 年, 广州地磁台地磁场总强度年均值从 44 819.0 nT 增大到 45 224.6 nT, 38 年的时间增大了 405.6 nT, 平均年变率为10.7 nT/年。

3.3 肇庆地磁台地磁场长期变化特征及变化趋势

2001 年, 广州地磁台搬迁至肇庆进行观测。2002 年有了连续、可靠的数字化地磁观测资料。统计分析肇庆地磁台  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三要素年变率见表 7

上述香港地区、广州和肇庆地磁台  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三分量的年变率基本一致, 磁偏角  $D$ 、磁倾角  $I$ 、总

强度  $F$  基本上呈逐年缓慢增大的趋势, 期间有快慢的变化, 但是这种变化在华南地区地磁场的范围内具有相近的变化率, 表明它们具有区域地磁场相似的特性, 亦基本磁场的长期变化基本一致。

### 3.4 磁罗经校正场地磁场变化特征综合分析研究

2007 年 3 月中国地震局地球物理研究所测量香港国际机场磁罗经校正场的磁偏角为  $-2^{\circ}12.26'$ , 2010 年 1 月广东省地震局地磁项目测量组在该点的测量值为  $-2^{\circ}19.36'$ , 根据此次的测量值与 2007 年的作对比, 算得磁罗经校正场在此期间内的磁偏角平均年变率为  $-2.45'/\text{年}$ 。2015 年 1 月在新的 CCP 上测量的磁偏角为  $-2^{\circ}36.86'$ , 此期间内的磁偏角平均年变率为  $-3.50'/\text{年}$ 。这都与肇庆地磁台近

几年实际观测的年变率非常接近。

2007 年 3 月中国地震局地球物理研究所测量香港国际机场磁罗经校正场总强度为  $44\ 710\ \text{nT}$ 。2010 年 1 月广东省地震局地磁项目测量组在该点的测量值为  $44\ 792.15\ \text{nT}$ , 根据此次的测量值与 2007 年的作对比, 算得磁罗经校正场在此期间内的总强度平均年变率为  $28.3\ \text{nT}/\text{年}$ 。2015 年 1 月在新的 CCP 上测量的总强度为  $45010.6\ \text{nT}$ , 此期间内的总强度平均年变率为  $43.7\ \text{nT}/\text{年}$ , 与肇庆地磁台的年变率基本一致。

香港地磁观测台 1982 年的  $I$  值为  $30^{\circ}40'$ , 2010 年 1 月在香港国际机场磁罗经校正场的  $I$  值为  $32^{\circ}13.31'$ , 根据此次的测量值与之作对比, 算得在此期间内的磁倾角平均年变率为  $3.3'/\text{年}$ 。2015 年 1 月在新的 CCP 上测量的磁倾角为  $32^{\circ}51.6'$ , 此期间内的磁倾角平均年变率为  $7.7'/\text{年}$ 。这个数值与肇庆地磁台近几年实际观测的年变率非常接近。汇总上述年变率见表 8。

从上述  $D$ 、 $F$ 、 $I$  三要素年变率的实际情况来分析, 香港国际机场的地磁场时间变化特征及变化趋势与肇庆地磁台实际观测结果基本一致。

## 4 结语

地磁场在定位和导航中的应用正在引起民用部门和军事部门的重视。全球定位系统 GPS 不是万能的, 人们正在开辟新的途径, 把地磁场、重力场等地球固有的物理场作为可能用于定位导航

表 7 肇庆地磁台  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三分量年变率表

Table 7 The annual rate of the three geomagnetic element  $F$ 、 $D$ 、 $I$  in Zhaoqing geomagnetic station

日期/年	$\Delta D ('/\text{年})$	$\Delta I ('/\text{年})$	$\Delta F (\text{nT}/\text{年})$
2003	-0.8	2.8	30
2004	-3.4	2.6	15
2005	-3.0	3.6	6
2006	-2.9	3.0	18
2007	-2.5	4.1	15
2008	-2.6	4.5	17
2009	-2.9	5.4	28
2010	-2.8	6.6	26
2011	-2.8	7.2	29
2012	-2.7	8.4	35
2013	-3.0	8.3	55
2014	-3.1	7.9	52

表 8 香港国际机场和肇庆地磁台地磁场年变率汇总表

Fig.8 The summary table of annual rate of  $F$ 、 $D$ 、 $I$  in the Hong Kong international airport and Zhaoqing geomagnetic station

测量点	$\Delta D ('/\text{年})$		$\Delta I ('/\text{年})$		$\Delta F (\text{nT}/\text{年})$	
	2007-2010	2010-2015	1982-2010	2010-2015	2007-2010	2010-2015
香港国际机场	-2.45	-3.50	3.3	7.7	28.3	43.7
肇庆地磁台	-2.70	-2.90	2.2	7.7	21.5	39.4

的参考系<sup>[4]</sup>。香港国际机场地磁测量不仅是项严谨的工程项目测量任务, 它还为香港地区地磁场变化的研究取得了第一手宝贵的观测数据, 具有一定的地磁学研究价值。由于香港地区近期的地磁观测资料很少, 以上结论还仅是初步分析结果, 有待资料的积累再作更深入的分析研究。

致谢: 本文使用国家重大科学工程——“子午工程”的记录数据, 在此表示感谢!

### 参考文献:

- [1] [波]Jerzy Jankowski, [芬]Christian Sucksdoff. 地磁测量与地磁台站工作指南[M]. 北京:地震出版社, 1999.
- [2] 国家地震局科技监测司.地震电磁观测技术[M]. 北京:地震出版社, 1995.
- [3] [加]L.R.Newitt, [澳]C.E.Barton, [法]J.Bitterly. 地磁复测点测量指南[M]. 北京:地震出版社, 1997.
- [4] 徐文耀. 地球电磁现象物理学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 2009.