

广州地磁台环境干扰的监测与研究

左开挺

(广东省地震局)

P318.6
P315.6

摘要 通过对广州地磁台环境干扰源的监测,计算与分析得到:(1)不同时期产生的二个干扰源对地磁台1号墩磁场总强度测值的迭加影响为 -25nT ,与多台资料对比结果一致。(2)地磁台1号和5号,1号与干扰源场区外1号比测墩测得的磁场总强度、水平强度及垂直强度之差随时间的变化不明显。故认为广州地磁台环境干扰源目前尚属稳定。

关键词: 地震观测技术 地磁台环境监测 地磁台干扰因素分析。

干扰源,

引言

地磁观测

广州地磁台建于1956年,1953年(选台时)测得环境磁场垂直强度的水平梯度为 $2\text{nT}/10\text{m}$ 。30多年来,随着历史的进程、国家建设的发展,台站环境发生了根本性的变化。为了考察其对台站环境磁场分布的影响,我们曾于1980年6月、1981年9月、1985年3月、1986年12月及1987年7月和8月先后6次实测了广州地磁台环境磁场总强度 F 的水平梯度。结果表明,1953年至1986年12月地磁台环境磁场水平梯度均小于 $2\text{nT}/10\text{m}$ ⁽¹⁾;但1987年7月与8月二次实测结果证实,广州地磁台环境磁场的分布发生了根本性的变化,其总强度 F 的水平梯度达 $5\text{nT}/10\text{m}$,局部地区可达 $1\text{nT}/\text{m}$ 。这一变化显然与广东省商学院于1987年1月至6月在地磁台正东140m处兴建的三幢宿舍楼有关。随后于1987年12月至1988年5月商学院又在地磁台东南(137°)距1号墩186米处兴建了一座图书馆。由于这二个干源位于地磁台不同方向与不同距离,故所产生的干扰场方向与干扰量也不相同。经用广州台观测资料与海南琼中,湖北武昌等多台资料对比,并参考广州台观测到的地磁场长期变化规律得到:广州地磁台标准室1号墩测值受到的综合影响,其强总强度 F 为 -25nT 、水平强度 H 为 -26nT 、垂直强度 Z 为 -12nT ,磁偏角为 -0.2 分。为了确保广州地磁台的观测质量,我们于1990年开展了对其干扰源稳定的监测与研究工作。

一、干扰源监测点的选择与布局

1. 干扰场区的划分

1986年12月和1989年5月台站环境磁场实测值之差的等值线分布(图1)证实,在地磁台不同方向与距离,先后建成的宿舍楼及图书馆,已构成了一个干扰地磁台环境磁场的干扰源。若这些建筑物经磁化后产生的磁场为偶极子场,则在其空间任意一点 P 的磁场强度可用极坐标表示为⁽²⁾。

$$F_r = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{2P_m \cos\theta}{r^3} \quad (1)$$

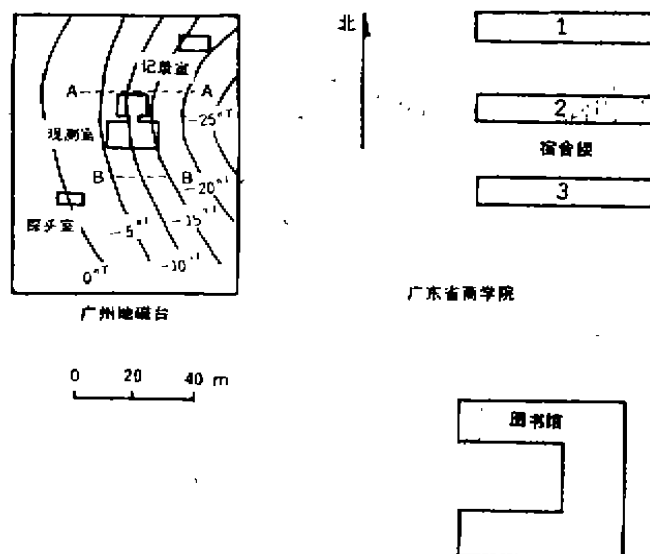


图1. 干扰源与地磁台环境磁场相对变化等值线分布
Fig. 1 Isopleth distribution of the interference source and the magnetic field at the magnetic station

$$F_0 = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{P_m \sin\theta}{r^3} \quad (2)$$

所以有: $\vec{F}_r + \vec{F}_0 = \vec{F}$

$$\text{故 } F = \frac{P_m}{4\pi\mu_0 r^3} \cdot \frac{1}{(2\cos\theta)^2 + (\sin\theta)^2}$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = \frac{P_m}{4\pi\mu_0} \left[\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right] \cdot \frac{1}{4\cos^2\theta + \sin^2\theta}$$

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = (F_2 - F_1) / \left[\left(\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right) \cdot \frac{1}{4\cos^2\theta + \sin^2\theta} \right] \quad (3)$$

当 $\theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ 时, 即在偶极子场的中垂面上则有:

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = F_2 - F_1 / \left(\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right) \quad (4)$$

从图1中环境磁场变化等值线分布可见: 对广州地磁台环境磁场的干扰主要是3幢宿舍楼。干扰场方向近于东西, 即在偶极子场的中垂面上, 故 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 。取近于通过干扰源中心的剖面A—A, B—B(图1)于1986年12月与1989年5月两次测值之差(表1), 便可计算得到干扰源的磁场强度。

将表1中A—A, B—B剖面有关(1986年实测受局部干扰的点位值舍去)测点的差值进

行组合并代入(4)式可得:

表1. Tab. 1

剖面号	A—A			B—B	
测点号	13	16	17	25	28
测点至干扰源中心距离(m)	160	130	120	150	120
ΔF (nT) 1989. 5—1986. 12	-3.2	-16.3	-23.4	-4.3	-19.0

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -(16.3 - 3.2) \text{ nT} / \left(\frac{1}{130^3} - \frac{1}{160^3} \right) = -6.20 \times 10^7 \text{ nT}$$

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -(23.4 - 3.2) \text{ nT} / \left(\frac{1}{120^3} - \frac{1}{160^3} \right) = -6.04 \times 10^7 \text{ nT}$$

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -(23.4 - 16.3) \text{ nT} / \left(\frac{1}{120^3} - \frac{1}{130^3} \right) = -5.74 \times 10^7 \text{ nT}$$

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -(19.0 - 4.3) \text{ nT} / \left(\frac{1}{120^3} - \frac{1}{150^3} \right) = -6.13 \times 10^7 \text{ nT}$$

$$\text{取平均得 } \frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -6.03 \times 10^7 \text{ nT} \quad (\sigma \leq \pm 0.17 \times 10^7 \text{ nT})$$

将上述结果代入(2)式可反演得到偶极子场中垂面上距偶极子场中心不同距离点位所受干扰量的变化(图2)。

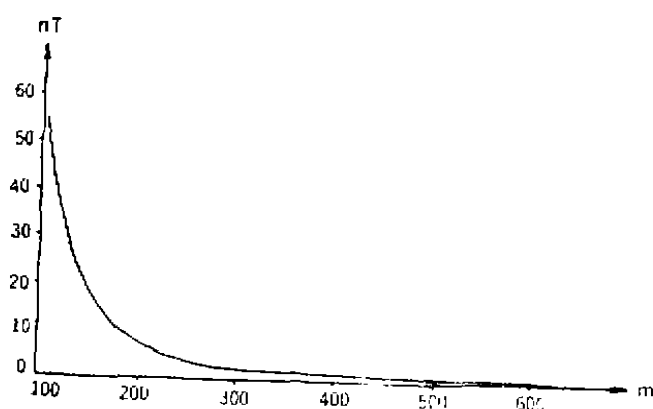


图2. 干扰量与干扰源中心距离的关系

Fig. 2 The relations between the distance of disturbing capacity and source

从图2可见: 干扰程度随距干扰源中心距离(r)的增大而较快的衰减, 当 $r \geq 500$ 米时其干扰量已小于0.5nT, 已在仪器观测精度1nT以内。故可把距主要干扰源宿舍楼与图书馆之中心以西大于600米的地区视为非干扰区, 而小于600米的地区视为干扰区。

2. 监测干扰源网、点的布局

对干扰源的监测网点本应采取同心圆分层等角距相间布设^[8]的方案较合理; 同时每个测点还需下列必备条件。即环境磁场分布均匀、其水平梯度小于1nT/米;

不能是未来十年的城市规划区; 具备设置测定磁偏角所需地理标志的条件; 地形、地貌及不占农田与耕地; 交通方便等。经实地踏勘得到, 在广州台四周3—5km内各种零星建筑物

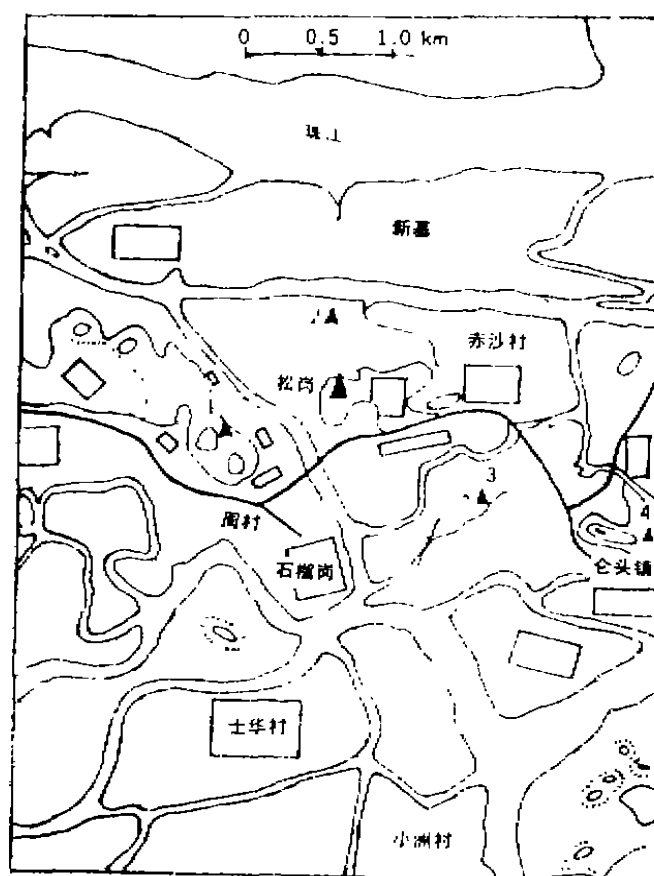


图3. 地磁台与预选监测点分布
Fig. 3 Distribution of prefabricated points and the magnetic station

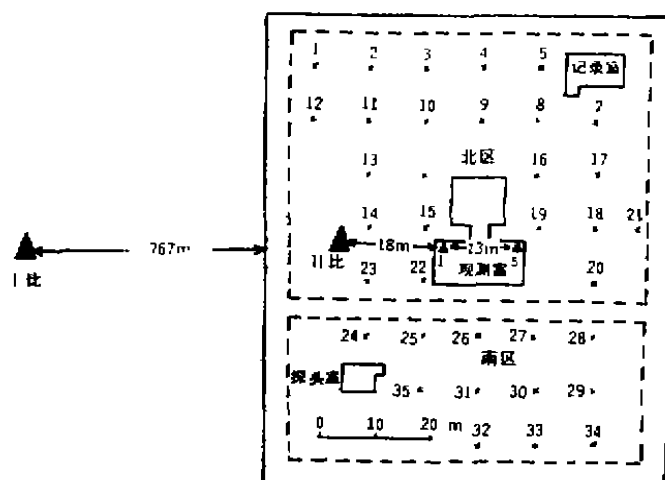


图4. 干扰源监测点、线、网的分布示意图
Fig. 4 Distribution of monitoring points, lines and nets at the interference source

与建筑群相间分布, 其建筑物均采用钢筋水泥等材料, 故构造了强度不同的干扰源, 结合监测点的必备条件其预选点2、3、4均不能作为固定比测点, 见图3。故只好在干扰场区外与区内, 即地磁台西偏南距干扰源中心940米与166米的山丘上和台内设立I号与II号比测点, 使之与地磁台1号和5号墩构成一条近于通过干扰源中心的监测线; 同时考虑到商学院的宿舍楼与图书馆位于地磁台不同方向与距离, 故将地磁台内原有环境磁场分布测定之固定测网作适当调整, 并分成北区(1—23号测点)与南区(24—34号点)。这样对干扰源的监测就构成了点、线、网结合的布局方案(图4)。

二. 监测方法与资料处理

广州地磁台的环境干扰已影响到地磁场各个分量, 因此对干扰源监测应随条件的完善开展地磁场总强度 F 、水平强度 H (或垂直强度 Z)、磁偏角 D 等的配套绝对观测, 才能达到预期的效果。

1. 固定观测墩及地理标志的建立

鉴于长期比测的需要, 我们采用弱磁性的砂岩与低标号水泥及大理石等建成I号比测墩; 并建观测室10平方米, 室内设II号比测墩。同时设立测定磁偏角所需的地理标志, 并用天文测量方法确定出墩距与方位角。

2. 比测方法与使用仪器

广州台地磁观测报告所刊出数

据是以1号墩GSI与DTZ仪配套观测计算结果作为标准值,因此广州台1号墩测值所受干扰程度至关重要,所以对干扰源稳定性的监测则主要是考察1号墩测值是否稳定,其次是环境磁场分布状况及干扰源磁场强度的变化等。比测方法可采用直接或间接比测,即各观测墩同步观测或将各墩测值通化(包括仪器差改正)到1号墩测值标准进行比较,并按有关技术规范要求进行(见表2)。

表2 Tab. 2

墩号	使用仪器	观测项目	观测精度	复测周期
1号观测墩	GSI、DTZ-1	F、D、I	$F_B, H_B, Z_B \leq \pm 1.5 \text{ nT}$ $D_B \leq \pm 0.15'$	每周二、五
5号观测墩	DTZ-1分量仪	F、H	$F_B, H_B, Z_B \leq \pm 2.0 \text{ nT}$	每日21时
II号比测墩	CJ ₆ 、CHD ₆ 分量仪	F、H、D	$F_B, H_B \leq \pm 2.0 \text{ nT}$ $D_L \leq \pm 0.2'$	每周
I号比测墩	CJ ₆ 、DTZ-1分量仪	F、H、D	同2号比测墩	每季度

3. 资料处理

(1) 直接或间接比较求墩差

利用地磁台1号、5号及比测I号(I号因建观测室中途停测未列入)墩测值,可直接(两墩同步观测)或间接计算所测地磁场分量之墩差或基线值差,同时考察分析其差值随时间的变化。即有:

$$\Delta F = F_{I\text{比}} - F_I \quad (5)$$

$$F_B = F - \Delta F = F - (\Delta H \cos I + \Delta Z \sin I), H_B = H - S_H N, Z_B = Z - S_Z N$$

式中 $\Delta H = S_H N$, $\Delta Z = S_Z N$, S_H 、 S_Z 为标度值; I 为1号墩测得的磁倾角之月均值。

$$\text{故 } \Delta F_B = F_{B I\text{比}} - F_{B I}, \Delta H_B = H_{B I\text{比}} - H_{B I} \quad (6)$$

$$\Delta F_B = F_{B I} - F_{B 5}, \Delta H_B = H_{B I} - H_{B 5} \quad (7)$$

从1990年4月11日至1991年1月9日先后对I号比测点进行了5期磁场总强度、3期水平强度的复测,其比测是1号与I号比测墩观测同步进行。1号墩为每分钟读数5次取平均, I号比测墩每组观测读数5次、分量取6次平均,每期观测不少于6组。并按(5)、(6)式计算,结果见表3。

用1号与5号1990年10至12月连续三个月测值,取月平均,再用(7)式求得基线值之墩差(表4)。

(2) 环境磁场分布随时间的变化

据1986年12月、1987年8月、1989年5月、1990年12月台站环境磁场分布复测资料,计算得到相对于前一期测网各点测值之差,并将其差值绘制成等值线图,则可得到环境磁场分布随时间的变化及其特征,详见图5、图6、图7。同时分别计算出测网北区与南区变化的平均差值,见表5。

(3) 宿舍楼与图书馆两个干扰源磁场强度的计算

表3 1号与I号比测墩观测结果

Tab. 3 Result between the pier of No. 1 and the comparing monitoring pier of No. 1

序号	观测日期	使用仪器	I 比-1 (墩差)				备 注	室 外 温度℃
			$\Delta F(nT)$	观测精度 观测组数	$\Delta H_B(nT)$	观测精度 观测组数		
1	1990.4.11	CZM-2 CHD ₆	10.4	± 0.42 N=15	/	/	比测点选址	25
2	1990.9.6	DTZ ₁ -007 DTZ ₁ -009	10.4	± 0.66 N=30	/	/	比测墩建成试测	35
3	1990.9.26	DTZ ₁ -007 DTZ ₁ -009 GSI	9.1	± 0.64 N=31	-3.4	± 0.81 N=22	正试比测	33
4	1990.10.12	DTZ ₁ -007 GSI与DTZ ₁ -009	9.0	± 0.58 N=6	-3.7	± 1.67 N=8	" "	31
5	1991.1.9	DTZ ₁ -007 DTZ-009 GSI	9.9	± 0.70 N=8	-3.1	± 0.30 N=8	" "	15
平均			9.8	± 0.61 N=18	-3.4	± 0.24 N=13		28

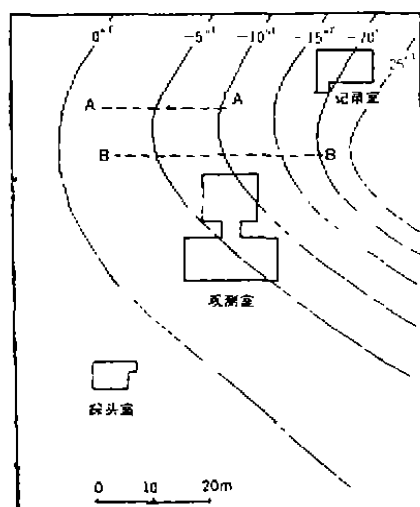


图5 1986至1987年地磁台环境磁场相对变化等值线分布

Fig. 5 Isopleth distribution of the relative variation at the environmental magnetic field from 1986 to 1987

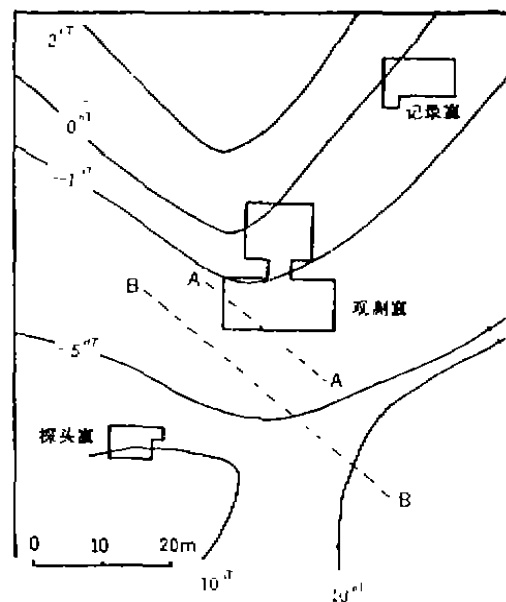


图6 1987至1989年地磁台环境磁场相对变化等值线分布

Fig. 6 Isopleth distribution of the relative variation at the environmental magnetic field from 1987 to 1989

表 4 1号与5号墩比测结果

Tab. 4 The result of the comparative monitoring between the piers of No. 1 and No. 5

观测 年、月	观测仪器	1号墩测值 (nT)						5号墩测值 (nT)						1—5 (墩差)		
		F _B	σ	H _B	σ	Z _B	σ	F _B	σ	H _B	σ	Z _B	σ	ΔF_B	ΔH_B	ΔZ_B
1990.10	DTZ—009 GSI	44920.9	± 1.8	37882.2	± 1.5	24141.7	± 1.8	44910.1	± 2.2	37874.2	± 1.1	24133.2	± 3.0	10.8	8.0	8.0
1990.11	DTZ—007	44919.0	± 1.8	37884.8	± 1.8	24137.4	± 2.0	44908.6	± 1.8	37875.5	± 1.1	24128.0	± 2.5	10.9	9.2	9.4
1990.12		44915.9	± 1.4	37881.9	± 1.1	24132.7	± 2.2	44904.7	± 1.5	37873.2	± 0.5	24124.9	± 3.0	11.2	8.7	7.8
平均		44918.6	± 1.5	37883.0	± 1.5	24137.3	± 2.0	44907.8	± 1.8	37874.3	± 0.9	24128.7	± 2.8	11.0	8.6	8.4

观测年月	北 区			南 区		
	测点个数	平均差值(nT)	观测精度	测点个数	平均差值(nT)	观测精度
1987, 8—1986, 12	18	-8.0	$\sigma \leq \pm 8.0$	8	0.3	$\sigma \leq \pm 4.1$
1989, 5—1987, 8	18	-0.4	$\sigma \leq \pm 2.4$	11	-9.0	$\sigma \leq \pm 3.5$
1990, 12—1989, 5	18	-0.4	$\sigma \leq \pm 1.0$	11	1.3	$\sigma \leq \pm 1.9$

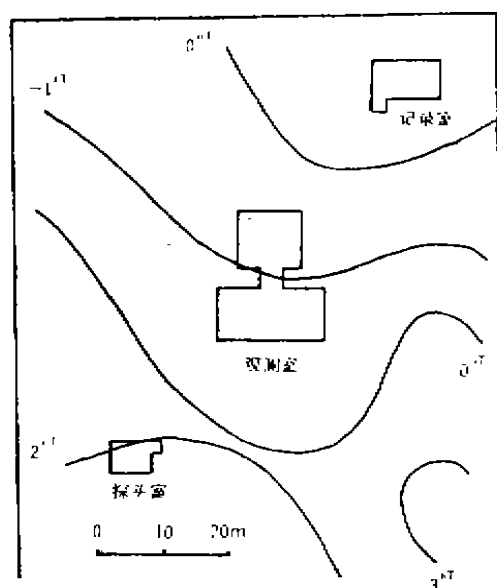


图7 1989至1990年地磁台环境磁场相对变化等值线分布

Fig. 7 Isopleth distribution of the relative variation at the environmental magnetic field from 1989 to 1990

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -3.44 \times 10^7 \text{ nT} \quad (\sigma \leq \pm 0.53 \times 10^7 \text{ nT})$$

(4) 反演地磁台1号墩磁场总强度测值所受干扰量。

根据上述不同时期产生的, 不同干扰场方向与干扰距离的二个干扰源之磁场强度, 反演得到地磁台1号墩磁场总强度测值自1988年6月至今所受干扰量之和。

$$\text{据式(3), } F = \frac{P_m}{4\pi\mu_0 r^3} \sqrt{(2\cos\theta)^2 + \sin^2\theta}$$

$$\text{当 } \theta = 90^\circ, r = 145 \text{ (米)}, \frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -5.20 \times 10^7 \text{ nT 时}$$

$$F_1 = -5.20 \times 10^7 \text{ nT} / 145^3 = -17.1 \text{ nT}$$

①从图5可见: 干扰源宿舍楼距地磁台相对较近, 故产生的干扰场对地磁台影响较大; 其磁场变化等值线长轴方向, 即干扰场方向近于东西; 干扰源中心位于宿舍楼1与2之间。取近于通过干扰中心的剖面A—A, B—B(图5), 于1986年12月与1987年8月二次测值之差, 用(4)式计算取平均得:

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -5.20 \times 10^7 \text{ nT} \quad (\sigma \leq \pm 0.8 \times 10^7 \text{ nT})$$

②从图6可见: 图书馆对地磁台环境磁场的干扰方向与图书馆位于地磁台东南137°的方向基本一致。同样取近于通过干扰中心的剖面A—A, B—B(图6)于1987年8月与1989年5月二次测值之差, 并用(3)式计算取平均得:

$$\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = F_2 - F_1 / \left(\frac{1}{r_2^3} - \frac{1}{r_1^3} \right) \sqrt{4\cos^2\theta + \sin^2\theta} \quad \theta = 47^\circ$$

当 $\theta = 47^\circ$ 、 $r = 186$ (米)、 $\frac{P_m}{4\pi\mu_0} = -3.44 \times 10^7 \text{ nT}$ 时

$$F_2 = -3.44 \times 10^7 \text{ nT} / 186^3 \times \sqrt{(2 \cos 47^\circ)^2 + \sin^2 47^\circ} = -8.0 \text{ nT}$$

故: $F_1 + F_2 = -17.1 + (-8.0) = -25.1 \text{ nT}$

三、监测结果分析与今后工作的意见

首先,从广州地磁台每年一期的环境磁场分布实测结果得到:商学院于1987年1月至1988年5月在地磁台正东与东南方向兴建的宿舍楼与图书馆,这批建筑物已严重干扰了台站原有环境磁场的分布。若将这些经过磁化后的建筑物视为偶极子磁场,则从图5与表5可见:宿舍楼产生的干扰场方向近于东西。而地磁台正好位于偶极场的中垂面上,即 $\theta = \frac{\pi}{2}$, 并主要干扰地磁台的北区;从表5中的1990年12月与1989年5月二次测值之差可见,地磁台北区与南区之平均值相近,说明上述二个干扰源的磁场强度基本稳定;其南区变化稍大出现1.3nT正值,这与1990年至10月期间撤去位于地磁台东南约80米处的一批铁磁性建筑工具所产生的局部影响有关。

其次,从表3、表4可见:在干扰场区外的1号比测墩,干扰场区内的1号与5号观测墩,自1990年4月至1991年1月和1990年10月至12月的测值之差稳定,不随时间的变化而变化。同时观测精度达到规范要求,而从表3得到干扰场区外与区内比测结果不受外界气温的影响,说明干扰源在日温差小于20℃内其磁场强度的改变不明显。

再次,据两个干扰源之磁场强度,反演地磁台1号墩磁场总强度F测值所受干扰总量为-25.1nT与多台资料对比结果25nT一致;但与两个干扰源之综合效应计算出的一个干扰源之磁场强度反演结果-19.8nT,则相差5nT。这可能与宿舍楼与图书馆之距离相对较远,而宿舍楼相对于地磁台较近有关,即这二个干扰源对地磁台而言,构不成一个偶极子磁场,而是二个基本独立的干扰源。但此二干扰源磁场的观测数据用于干扰场的划分(相对较远)还是可以的。

综上所述,广州地磁台环境磁场已受到广东省商学院兴建的三幢宿舍楼与图书馆的严重干扰,但从监测结果分析与研究得到,这两个干扰源对地磁台1号墩测值及环境磁场分布的影响,随时间的变化不明显,说明干扰源的磁场强度目前尚属稳定。所以广州台1989年初用多台资料对比确定的对其干扰量的修正值,仍可继续使用。同时还应按表2拟定的方案开展对干扰源的监测工作,以确保广州台应有的观测质量。

参加此项工作的还有黄才金、容珍贵、黄志东、苏穗芬、薛松等同志。

参 考 文 献

[1] 左开美,广州台环境磁场梯度测定,地震地磁观测与研究,1988,9,(2)。

[2] 赵凯华著,电磁学(下册),人民出版社,1978。

[3] 孙枋友,对地磁台磁性环境污染进行长期监测的可行性研究,地震地磁观测与研究,1990,1,(1)。

SURVEY AND STUDY ON ENVIRONMENTAL INTER-FERENCE IN GUANGZHOU MAGNETIC STATION

Zuo Kaiting

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] By surveying, calculating and analysing the environmental interference source in Guangzhou Magnetic Station, two conclusions are drawn showing in the following: 1, two interference sources which occurred at different period are influenced on the magnetic field of No. 1 Pier and the value of its total magnetic intensity is -25nt , which shows no difference by comparing the results of the data in many stations. 2, By monitoring the piers between No. 1 and No. 5, No. 1 and No. 1 outside the field of the interference source, the difference between the total magnetic intensity, horizontal intensity and vertical intensity is not clear in variation with time. Therefore, the environmental interference source is thought to be stable at the present time.

[Key words] Technology of seismological observation; Environmental survey in the station; Analysis of interference factor in the station

●简 讯●

广东省1992年度地震趋势会商会在广州召开

1992年广东省地震趋势会商会于1991年11月26至28日在广州召开。广东省地震局领导、各市地震局(办)、各地震台站、分析预报中心、各研究室、测量物探队及机关各处室共108名代表参加了会议。福建省、海南省地震局,广西、湖南省地震办公室也应邀派代表出席了会议。

会议收到书面报告22篇,17名代表在大会上作了发言。全体代表认真回顾了1991年度广东省地震趋势会商会意见和1991年度广东省的地震活动概况和特征,分析了广东省1991年度地震前兆异常,提出了1992年度地震趋势意见。

与会代表一致认为,广东省与多震省相比属少震区,但就华南片而言,它又属历史上强震多发区,加上广东省是我国经济开发区,人口密集,毗邻港澳,不大的地震也会产生巨大的社会效应。做好这种特殊地区的地震年度趋势分析工作,具有特殊意义。

(广东省地震局 李应文)