

北京数字化地磁脉动观测台网*

周军成 韩克礼 鲁 跃

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

摘要

叙述了北京数字化地磁脉动观测台网的基本情况、特点以及在地震预报研究和地磁学科研究等方面的重要作用。该台网提供了磁暴、磁扰、地磁日变及地磁脉动等地磁事件的数字化观测资料。这些观测资料由于其精度高和动态范围大，蕴含有极为丰富的信息，分析处理更为方便。

关键词 地磁脉动观测；浮点放大；数字化；短临异常

前言

“地磁脉动预报地震”被认为是一种有希望的地震预报新方法，尤其是对于突破短临预报可能有着重要的意义。为此，国家地震局地球物理研究所在北京布设了数字化地磁脉动台网，开展了“地磁脉动预报地震”的观测与研究工作。

数字化地磁脉动观测的突出优点就是能以很高的精度和分辨率观测到极为丰富的信息。它不但可以观测其它常规地磁观测手段无法观测到的地磁脉动信号——正是这种地磁脉动信号蕴含着更为明显的震前短临异常信息，而且地磁脉动观测还能以高精度和大动态的特点记录磁暴、磁扰和地磁日变等地磁事件，其记录的质量及其完整性是其它常规地磁观测无法比拟的，特别是数字资料在分析处理上更具有突出的优点。

北京数字化地磁脉动观测台网将在地震预报研究以及地磁学科研究等方面发挥重要作用。

1 台网的布局及基本情况

北京数字化地磁脉动观测台网目前由白家疃台、马道峪台和西拨子台等3个数字化地磁脉动台组成，其中白家疃数字化地磁脉动台于1987年建立，马道峪台于1989年建立，西拨子台于1990年建立。该台网大致成三角形布局，台距约50 km(见图1)。3个数字化地磁脉动台的基本情况如表1所示。

* 1993年4月26日收到初稿，1993年6月27日决定采用。

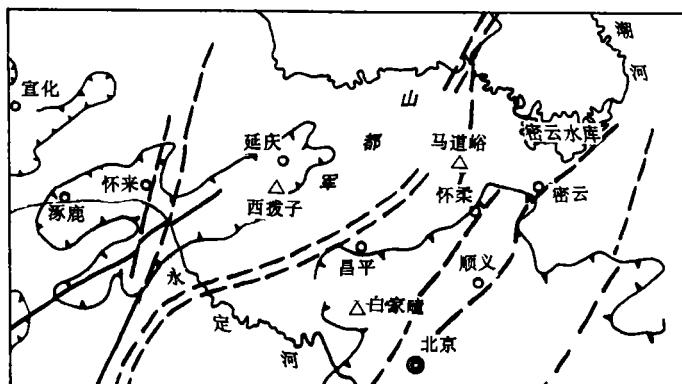


图1 北京数字化地磁脉动观测台网

表1 各数字地磁脉动台的基本情况

台站名	经 度	纬 度	基 岩	磁场梯度	探头处日温差	磁场干扰背景
白家疃	116°10'30"E	40°02'22"N	冲积层 灰岩	1 nT/m	≈0.3°C	0—4时<0.1 nT, 其它时间干扰为1 nT
马道峪	116°33'10"E	40°22'49"N	花岗岩 风化层	2 nT/m	≈0.3°C	<0.05 nT
西拨子	115°58'54"E	40°21'00"N	冲积层 灰岩	1 nT/m	≈0.1°C	<0.05 nT

该数字化地磁脉动台网正处在一系列北东向和北西向断裂的交汇处，是比较容易发生地震的地带。事实上，从1990年以来北京地区发生的 $M_{\text{L}} 4.0$ 左右及其以上的地震都落在该台网之内或其外围附近。台网的西侧是延怀盆地，处于预测可能发生5—6级地震的危险区；台网的东侧是三河平谷地区，历史上曾发生过八级大地震，近期有地震活动，也是很值得注意监视的地区。另外，由于该台网所处位置的构造特点，有利于探测到更远地区的地震前兆信息。事实也表明，该台网能够监测预报200 km 范围6级左右及其以上的地震。

2 台网所使用的观测仪器

台网使用的观测仪器是1986年通过国家地震局鉴定的DCM-2型数字化地磁脉动观测系统。该观测系统由三分量GM-1型磁通门磁力仪和DCM-2型数字化数据采集记录仪组成（见图2）。

该仪器具有高灵敏度、高精度、大动态以及记录的信息极为丰富等特点。当然，数字资料可以很方便地进行各种分析处理及便于提取信息，更是其明显的优点。

(1) 磁通门磁力仪的主要技术指标(周军成等, 1986)如下：

动态范围：±500 nT；

频率响应：0—6 Hz；

输出灵敏度：10 mV/nT；

输出噪声: $0.05 \text{ nT}/(\rho - \rho_0)$;

温度系数: $<1 \text{ nT}/^\circ\text{C}$.

(2) 数据采集记录系统的主要技术指标(周军成等, 1986):

记录道数: 4 路;

信号频带: 10 Hz—DC(分档);

采样频率: 分六种, 每道每秒 40 次、1 次、0.5 次、0.2 次、0.1 次、0.05 次;

动态范围: 110 dB;

道间串音: -100 dB ;

浮点放大增益: $2^0 - 2^{10}$;

A/D 位数: 12 位. 由于有浮点放大器在通常记录状态下相当于 16—18 位 A/D;

盒式数字磁带记录: PE 记录方式, 误码率优于 10^{-6} ;

数字钟精度: 每天误差小于 0.01 s.



图 2 DCM-2 数字地磁脉动观测系统

3 台网将在监测预报北京及其外围地区的地震中发挥重要作用

由于台网能以很高的精度和分辨率观测记录磁暴、磁扰和地磁脉动等地磁事件, 观测资料所含信息十分丰富, 尤其是地磁脉动, 蕴含有丰富的震磁短临异常信息. 因此, 数字化地磁脉动观测台网在监测预报地震方面, 比起常规地磁观测有着突出的优越性. 该数字化台网已经在地震预报研究和地震监测预报中发挥了较好的作用.

从 1990 年 8 月至 1992 年底, 在台网内及其外围附近发生 $M_{\text{L}} 4.0$ 左右的地震共三次, 它们分别是沙河 $M_{\text{L}} 4.5$ 地震、马坊 $M_{\text{L}} 4.0$ 地震以及香山西 $M_{\text{L}} 3.5$ 地震. 在距台网 200 km 范围内发生 $M_{\text{L}} 5.0$ 左右至 $M_{\text{L}} 6.0$ 左右的地震共三次, 它们分别是大同 $M_{\text{L}} 6.4$ 地震、陡河 $M_{\text{L}} 5.6$ 地震、宁河 $M_{\text{L}} 4.7$ 地震. 这些地震震前都有明显的地磁脉动短临异常, 尚未出现明显的无震异常现象, 表现了地磁脉动异常和地震的一一对应关系, 且有典型的异常型态. 近震小震的异常形态为“双峰”型, 震前约 40 天开始出现异常, 第二个

峰为临震异常。较远较大的地震于震前 2 个月开始出现异常，异常大致呈圆丘形，包围的面积较大。我们在总结了沙河、大同和陡河地震异常特征的基础上，对后来发生的马坊、香山西和宁河地震，都做了较好的短临预报，从而说明了地磁脉动是有希望突破短临预报的新方法。

总之，利用北京数字化地磁脉动台网及其分析预报方法，可以较好地监测预报距台网中心 100 km 范围内 $M_{L5.0}$ 左右及其以上的地震，以及距台网中心 200 km 范围内 $M_{L6.0}$ 左右及其以上的地震。

4 数字化地磁脉动观测还将为地磁学科研究本身 提供丰富优质的观测资料和处理结果

4.1 向地磁学科及空间科学研究提供丰富的地磁脉动观测资料

本数字化地磁脉动观测台网除在监测预报地震上发挥重要作用之外，还可向地磁学科以及空间科学的研究工作提供丰富的地磁脉动观测资料。这些观测资料是其它常规地磁仪器所无法获得的。

图 3 和图 4 分别是白家疃台和西拨子台记录并由计算机恢复绘制的地磁脉动曲线。其中，图 3 为 PC4 型地磁脉动，图 4 为 PC5 型地磁脉动。

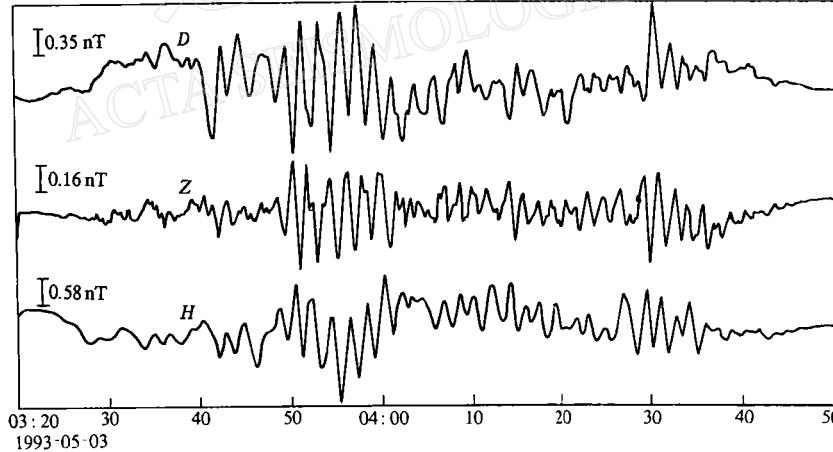


图 3 白家疃台记录的 PC4 型地磁脉动

4.2 为地磁学科及空间物理的研究工作提供完美的数字化磁暴、磁扰和地磁日变等资料

目前，我国地磁学科及空间物理研究工作所使用的磁暴、磁扰和地磁日变等资料大都是磁变仪的模拟记录，即便用“数字化仪”将磁照图上的曲线数字化，也是相当费时和烦锁的，而且精度相当差；特别是在磁暴变化剧烈的情况下，几个分向交织在一起，还会产生出格现象，甚至曲线不能感光，使得资料无法使用，要对磁暴进行谱分析并用其进行研究工作是不可能的。

数字化地磁脉动观测台网, 不但能观测记录丰富的地磁脉动, 还能记录完美的磁暴、磁扰和地磁日变等资料。图 5 是白家疃台记录和由计算机恢复的磁暴曲线。

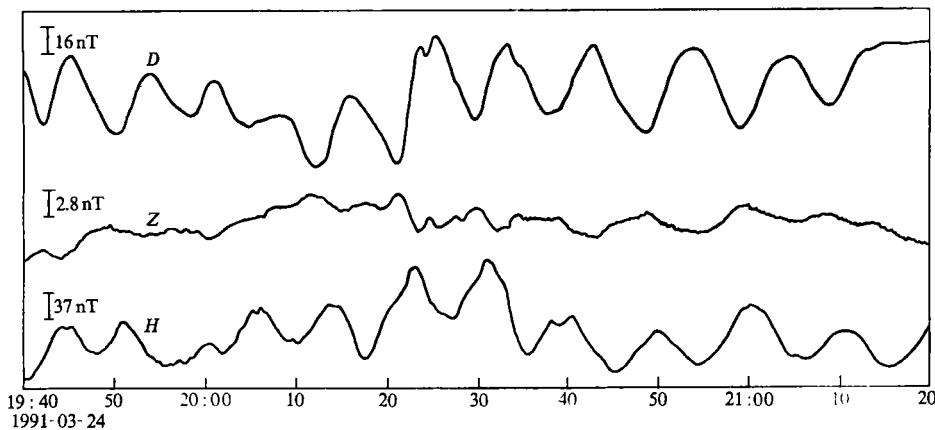


图 4 西拨子台记录的 PC5 型地磁脉动

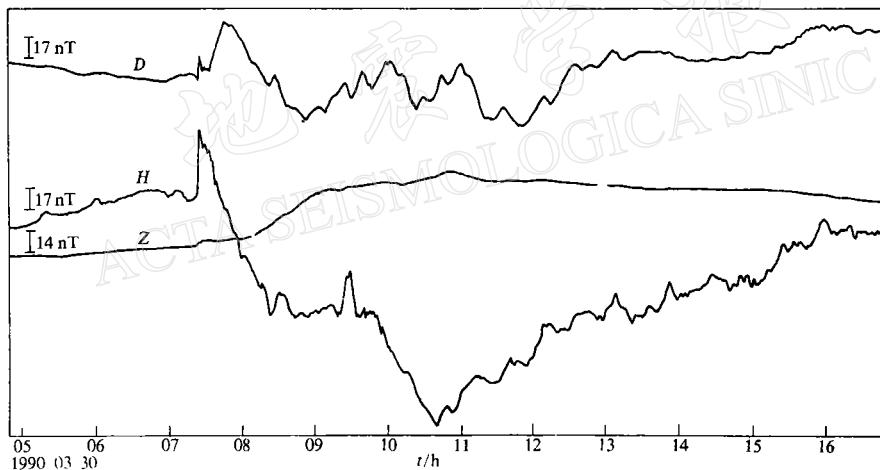


图 5 白家疃台记录的磁暴

由于台网仪器是数字化系统, 并有大的动态范围和由数字磁带记录, 记录的所有磁暴和其它地磁事件都不存在上述问题, 而且资料的处理方便、精确和迅速。用这样的资料做谱分析和进行研究工作将是得心应手。另外, 台网所提供的磁暴、磁扰和地磁日变等资料, 其时间服务精度及各分向、各台站间采样的同时性, 更是常规地磁观测资料无法达到的。

4.3 地磁脉动台网的数据处理系统还能完成常规地磁台站的报告报表工作

台网的数据处理系统, 除能进行各种地震预报分析、频谱分析和各种图形绘制外, 还能完成并提供常规地磁台站的报告报表工作。例如, 由计算机自动寻找并打印任一时刻的瞬时值, 自动计算并打印 D , Z , H 3 个分量的整点值、时均值、分均值、日均值和日变幅等。表 2 所列是计算机自动计算并打印的 D , Z , H 3 个分量的整点值, 每一个整点

值是其前半分钟和后半分钟多个采样的平均值，还可进行基线值的计算、拟合和打印以及基线曲线的绘制。

表 2 由计算机计算并打印出的整点值

年-月-日	t/h	D/nT	Z/nT	H/nT
1992-10-10	15	-134.43	8.24	46.78
1992-10-10	16	-138.75	9.95	34.65
1992-10-10	17	-134.39	8.22	25.68
1992-10-10	18	-127.96	8.79	16.05
1992-10-10	19	-135.36	12.25	21.85
1992-10-10	20	-151.50	12.95	33.56
1992-10-10	21	-137.79	10.94	36.70
1992-10-10	22	-133.75	10.43	24.49
1992-10-10	23	-138.29	11.67	31.09
1992-10-11	00	-139.25	11.40	37.42
1992-10-11	01	-143.00	10.50	39.79
1992-10-11	02	-143.14	10.36	39.89
1992-10-11	03	-142.39	10.10	41.76
1992-10-11	04	-148.18	9.39	38.22
1992-10-11	05	-148.11	9.11	38.32
1992-10-11	06	-149.86	9.08	36.54
1992-10-11	07	-149.54	10.68	36.34

表中所列各分量的整点值数据是相对值。也可加入基线值，打印出绝对值。关于其它参数的打印结果不再一一列举。

另外，由于资料是数字化的，将有可能实现自动识别磁暴和自动计算 k 指数，并按常规格式要求打印出“磁暴观测报告”。

参 考 文 献

周军成、周 励、程安龙、安郁秀、韩克礼、郑沙樱，1986. DCM-1 型数字地磁脉动观测系统. 地震学报, 8, 317—329.