

# 河北省地区地磁场的变化特征<sup>\*</sup>

吕凤章<sup>1</sup>, 张建国<sup>1,2</sup>, 闫俊岗<sup>1,2</sup>, 李守勇<sup>1</sup>, 潘 晖<sup>3</sup>

1. 河北省地震局邯郸地震中心台, 河北 邯郸 056006;
2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026;
3. 河北省地震局易县地震台, 河北 易县 074211)

摘要: 利用河北省各地磁台站 1986~2005 年的地磁观测资料, 对该地区地磁场长期变、短周期变化及与太阳黑子的活动特征进行了总结分析。这对进一步认识河北地区地磁场变化规律及其特征, 为地震预报提供有实用价值的第一手资料都是十分有意义的。

关键词: 河北; 地磁场; 长期变化; 短期变化; 太阳黑子

中图分类号: P318.1 文献标识码: A

## 0 引言

地磁学是地球物理学的一个主要组成部分。地球磁场跟地球引力场一样, 是一个地球物理场。按场源位置划分, 地磁场由内源场和外源场两部分组成<sup>[1]</sup>。内源场包括源于地核的基本磁场、地壳磁性岩石的地壳场以及外部变化磁场在地球内部的感应场, 而外源场起源于地表以上的空间电流体系。从考虑震磁关系的影响出发, 地磁场可以分为背景场和前兆场<sup>[1]</sup>。背景场包括外源、核源和除地震外的其它壳源(如矿藏)磁场。前兆场是指因地震孕育过程所产生的磁异常。

识别地磁前兆是地震预报基础研究的重要内容之一。地磁台站观测的是包括占百分之九十几的内源场与占百分之几的外源场在内的整个地磁场, 地磁场中除了这两部分外才是地磁异常, 而在地磁异常中由地震引起的异常又占极小的比重。同时, 地磁场有各类长期变化与短期变化, 只有研究并充分认识它们的规律, 才能正确提取异常场, 排除非震干扰信息, 捕获到真正有用的地震前兆信息, 为各级分析预报部门提供有实用价值的第一手资料。

本文利用河北省地震局数据库中地磁各要素原始数据, 分析研究了 1986~2005 年间河北省境内各地磁台站的地磁场变化特征, 进而总结了河北省近期地磁场变化规律, 这不仅可了解地磁场正常的背

景及其形态, 而且还有助于识别震前的地磁异常信号, 推动震磁研究工作的开展。

## 1 台站概况

目前, 河北省境内共有 11 个地磁台站, 两个国家 II 类台(红山、昌黎), 八个省属区域台站和 1 个市级台站。文中筛选其中观测资料连续性较好的红山等 9 个台站作为研究对象, 而从地理位置分布上看, 它们也能够代表该地区地磁场的变化。各台站参数和地理位置见表 1 和图 1。

表 1 河北省地磁台站统计参数表

台站名	位置		台基	类别
	经度	纬度		
红山	114.7°	37.4°	震旦纪石英砂岩	II 类
昌黎	119.0°	39.7°	花岗岩	II 类
广平	115.0°	36.5°	黄土层	区域
涉县	113.6°	36.5°	中奥陶纪石灰岩	区域
黄壁庄	114.3°	38.3°	软质灰岩	区域
顺平	115.1°	38.9°	石灰岩	区域
文安	116.5°	38.8°	黄土覆盖层	区域
承德	117.9°	41.0°	变质片麻岩、砾岩	区域
丰宁	116.5°	41.2°	花岗岩	区域

\* 收稿日期: 2007-08-16

作者简介: 吕凤章(1958-), 男(汉族), 河北省大名人, 邯郸地震中心台工程师, 主要从事地震监测等工作。

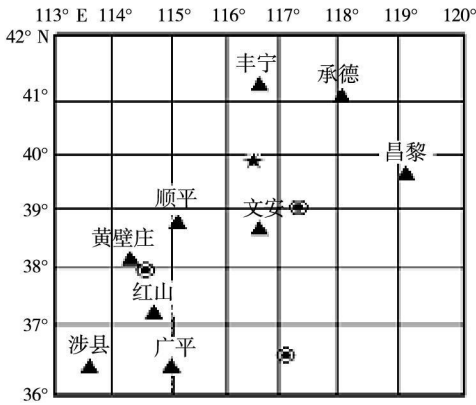


图1 河北省地磁台站分布图

## 2 资料收集与处理

因各台观测起始时间不同,为便于分析,使用资料的开始时间均为1986年。笔者从河北省地震局数据库中提取了1986~2005年9个地磁台站各要素(F、Z、D)的原始数据,通过对这9个地磁台站20年的地磁资料分析,认为资料是真实可靠的,符合我们对该区域地磁场变化规律研究的要求。在计算前,对原始资料先进行预处理。即为了突出趋势变

化,压低偶然误差,取5日滑动平均值,然后再计算各要素的年均值,并绘出了各要素变化的曲线图。

## 3 地磁场的长期变化特征

地球各种地磁现象中可以将地磁场区分为性质不同的两部分,一部分是起源于地球内部的内源场,它是磁偶极子磁场与非偶极场的总和,亦称之基本场;另一部分是起源于地球外部各种电流体系的变化场,即外源场,研究地磁场的长期变化就是研究内源场,即基本磁场的长期变化<sup>[4]</sup>。

地磁要素的平均值在多年间所发生的变化称为地磁场的长期变化,从(表2、3,图2、3)可以看出,河北省各地磁台站分量F、Z变化形态基本一致,在这20年里,变化形态大致可分为两个阶段:

### 3.1 地磁场总强度(F)

(1)上升期:各台F从1986年开始呈逐年缓慢增大,变化曲线单调上升,于1998年达到峰值,呈非线性变化(见图2)。

(2)下降期:各台F从1998年开始逐渐减小直到2005年(见图2)。

表2 河北省各地磁台站总强度F年均值统计表

单位: nT

年份	广平	涉县	红山	黄壁庄	顺平	文安	昌黎	承德	丰宁
1986	52250.3	52504.1	52774.6	53544.8	53636.4	53439.1	53393.0	54087.4	54661.3
1987	52274.4	52527.3	52798.4	53570.6	53660.6	53463.1	53415.8	54112.1	54687.3
1988	52294.1	52553.5	52817.3	53613.3	53680.1	53485.2	53440.9	54136.1	54709.5
1989	52312.6	52570.2	52836.4	53609.5	53699.9	53506.1	53463.5	54157.3	54730.4
1990	52334.6	52595.7	52858.9	53633.3	53723.8	53532.1	53487.9	54174.1	54753.5
1991	52361.2	52611.5	52884.5	53655.4	53751.2	53559.0	53515.7	54202.4	54779.6
1992	52400.3	52649.2	52924.0	53689.1	53790.4	53597.0	53553.3	54241.5	54816.9
1993	52441.1	52693.5	52966.3	53730.1	53829.7	53638.6	53595.0	54284.5	54855.4
1994	52476.2	52726.5	52999.8	53764.1	53865.1	53673.7	53629.2	54317.7	54891.4
1995	52513.7	52765.9	53037.1	53800.3	53900.8	53709.5	53663.9	54351.7	54921.4
1996	52550.1	52802.4	53072.1	53838.2	53922.9	53743.3	53694.4	54381.8	54951.9
1997	52584.2	52815.2	53092.7	53857.6	53946.2	53766.7	53713.6	54401.4	54967.9
1998	52587.5	52823.9	53101.1	53865.5	53948.0	53774.1	53721.4	54409.8	54973.2
1999	52587.0	52830.6	53107.0	53867.4	53956.2	53773.9	53724.2	54412.4	54974.9
2000	52580.8	52829.6	53100.7	53862.1	53948.5	53765.5	53716.3	54401.5	54957.1
2001	52572.0	52824.0	53092.8	53833.1	53941.1	53755.5	53702.9	54384.9	54934.5
2002	52562.5	52814.3	53082.0	53818.4	53928.8	53741.7	53685.8	54372.2	54913.5
2003	52554.3	52806.7	53074.6	53806.8	53919.2	53721.6	53670.2	54359.2	54896.1
2004	52552.8	52808.2	53080.8	53799.3	53914.6	53709.7	53660.8	54307.8	54884.9
2005	52548.8	52799.8	53077.4	53795.4	53910.0	53702.1	53653.2	54249.5	54833.3

表 3 河北省各地磁台站垂直分量 Z 年均值统计表

单位: nT

年份	广平	涉县	红山	黄壁庄	顺平	文安	昌黎	承德	丰宁
1986	41949.8	42301.6	43101.0	44314.4	44716.6	44550.6	44826.4	46361.6	46836.7
1987	41988.9	42367.3	43138.6	44352.5	44752.6	44586.5	44864.7	46398.2	46875.7
1988	42034.2	42389.4	43181.7	44398.6	44795.6	44629.3	44908.5	46442.8	46919.0
1989	42083.4	42459.0	43229.2	44452.9	44844.4	44680.3	44957.4	46490.2	46965.8
1990	42127.2	42501.3	43274.3	44490.8	44888.2	44726.4	45001.9	46524.0	47007.9
1991	42183.8	42529.6	43329.3	44539.9	44942.9	44775.4	45056.5	46577.9	47059.2
1992	42241.5	42584.8	43385.9	44590.6	44969.1	44833.3	45110.1	46626.9	47110.9
1993	42301.8	42644.1	43444.4	44646.3	45052.9	44893.4	45168.2	46690.0	47167.3
1994	42358.2	42695.2	43501.6	44704.7	45111.5	44947.9	45225.5	46745.9	47221.7
1995	42413.4	42752.8	43554.6	44756.8	45162.5	44998.1	45275.8	46796.2	47268.2
1996	42466.4	42804.2	43606.1	44809.5	45205.9	45051.6	45318.8	46838.5	47314.2
1997	42509.4	42843.8	43651.1	44852.5	45248.4	45096.0	45360.2	46885.6	47351.5
1998	42548.8	42883.0	43685.8	44882.2	45277.1	45122.4	45390.5	46904.8	47378.6
1999	42564.8	42899.6	43708.1	44902.1	45300.3	45139.4	45406.1	46920.2	47392.3
2000	42578.8	42923.1	43717.7	44910.5	45308.3	45150.2	45411.6	46920.8	47385.8
2001	42576.1	42924.9	43714.6	44891.9	45303.9	45143.3	45399.5	46900.6	47364.5
2002	42569.6	42920.1	43711.8	44889.6	45297.8	45133.4	45386.5	46889.0	47345.5
2003	42566.1	42934.7	43719.2	44892.3	45301.6	45091.3	45382.8	46886.3	47338.5
2004	42587.0	42938.6	43730.5	44890.9	45309.6	45067.4	45377.7	46849.4	47330.2
2005	42599.9	42951.4	43741.4	44900.9	45309.2	45071.1	45375.7	46828.2	47332.9

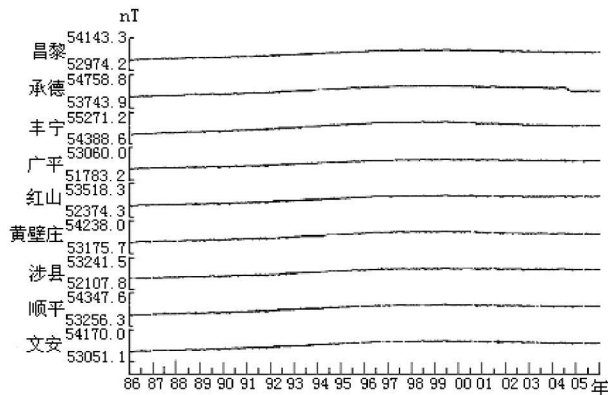


图 2 河北省各地磁台站总强度 F 年均值变化曲线图

### 3.2 地磁场垂直强度(Z)

(1) 上升期: 各台站 Z 从 1986 年开始逐年增大, 但变化速率明显比 F 迅速(见图 3、表 4), 于 2000 年左右达到峰值, 与 F 相比它推迟了 1~2 年, 呈非线性变化。

(2) 转折期: 从 2000 年左右 Z 开始进入减弱变化, 呈波浪式起伏变化, 年变率较小且正负值交替,

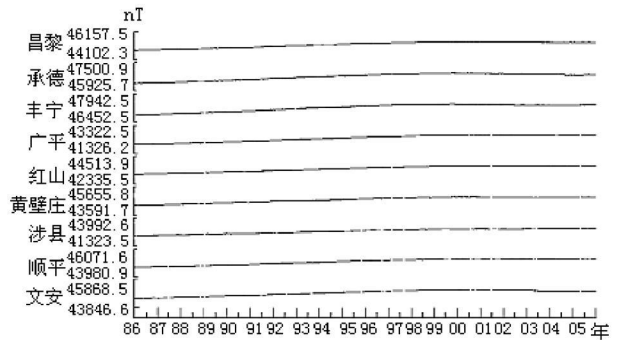


图 3 河北省各地磁台站垂直分量 Z 年均值变化曲线图

变化较平缓(见图 3、表 4), 但总的趋势应该是交错下降的。

研究中还发现, 河北地区地磁场强度北部高于南部, 西部高于东部(见表 2、3); Z 的总年变化速率比 F 快的多; 地磁场年变化速率南部大于北部, 东部大于西部(见表 4), 有自东南向西北逐渐减弱的规律, 这与解用明<sup>[3]</sup>的研究结果相吻合。

表4 F、Z分量的基本变化特征统计表

台名	F						Z					
	年份	周期 / a	幅度 / nT	年变率 nT/a	变化 类型	总年变率 nT/a	年份	周期 / a	幅度 / nT	年变率 nT/a	变化 类型	总年变率 nT/a
广平	1986—1998	13	337.2	25.9	上升	14.9	1986—2000	15	629	41.9	上升	32.5
	1998—2005	8	38.7	-4.8	下降		2000—2005	6	21.1	3.5	转折	
涉县	1986—1999	14	326.5	23.3	上升	14.8	1986—2001	17	523.3	39	上升	32.5
	1999—2005	7	30.8	-4.4	下降		2001—2005	5	26.5	5.3	转折	
红山	1986—1999	14	332.4	23.7	上升	15.1	1986—2000	15	616.7	41.1	上升	32
	1999—2005	7	29.6	-4.2	下降		2000—2005	6	23.7	4	转折	
黄壁庄	1986—1999	14	322.6	23	上升	12.5	1986—2000	15	596.1	39.7	上升	29.3
	1999—2005	7	72	-10.3	下降		2000—2005	6	96	-1.6	转折	
顺平	1986—1999	14	319.8	22.8	上升	13.7	1986—2000	15	591.4	39.4	上升	29.6
	1999—2005	7	46.2	-6.6	下降		2000—2005	6	0.9	0.2	转折	
文安	1986—1998	13	335	25.8	上升	13.2	1986—2000	15	599.6	40	上升	26
	1998—2005	8	72	-9	下降		2000—2005	6	79.1	-13.2	转折	
昌黎	1986—1999	14	331.2	23.7	上升	13	1986—2000	15	585.4	39	上升	27.5
	1999—2005	7	71	-10.1	下降		2000—2005	6	35.9	-6	转折	
承德	1986—1999	14	325	23.2	上升	8.1	1986—2000	15	559.2	37.3	上升	23.3
	1999—2005	7	162.9	-23.3	下降		2000—2005	6	92.6	-15.4	转折	
丰宁	1986—1999	14	313.6	22.4	上升	8.6	1986—1999	14	556.1	39.7	上升	24.8
	1999—2005	7	141.6	-20.2	下降		1999—2005	7	59.4	-8.5	转折	

#### 4 地磁场的短周期变化及与太阳黑子的活动特征

除稳定的基本磁场极其缓慢的长期变化外,地磁场还存在各种类型的短周期变化,叫作地球的变化磁场<sup>[4]</sup>。地磁场的各种短周期变化,是依照不同的起源区分的。地磁日变化是起源于电离层中的电流体系,表现为连续出现以一个太阳日为周期的变化,在时空分布上这种变化依赖于地方时,所以在不同地点表现为不同的变化特征。

为了更好地反映这20年的变化趋势,我们选取日变幅的年均值。从年均值变化曲线图上可以看出,  $\Delta Z$  (因顺平台Z分量的观测时间较晚、数据少,所以不作选取)、 $\Delta D$  (D的入库时间较晚,只有红山、昌黎台)的年变化规律是比较显著的,大致存在以11年左右为周期的变化形态(见表5、6)。同时,我们还将  $\Delta Z$ 、 $\Delta D$  的这种变化规律与太阳黑子数(见表7)的年变化进行了比较,发现它们的变化规律与太阳黑子的年变化基本一致(见图4、5)。因此,地磁日变幅的年变化原因主要来自于高空,是受太阳黑子活动的控制和影响的结果。

表5 河北省各地磁台站  $\Delta Z$  年均值统计表 单位: nT

年份	广平	涉县	红山	黄壁庄	文安	昌黎	承德	丰宁
1986	18.6	19.3	18.2	17.2	19.2	20.2	17.7	17.7
1987	21.2	21.4	20.4	19.5	21.5	21.1	19.7	19.7
1988	25.8	25.4	24.7	23.8	25.2	25.2	22.0	22.1
1989	39.0	35.0	33.7	32.8	34.8	35.5	30.8	31.9
1990		33.7	31.3	31.5	32.0	32.1	28.3	28.9
1991		35.8	33.6	33.4	33.4	36.4	31.4	31.9
1992	29.5	29.1	27.9	26.7	26.7	29.1	25.3	25.7
1993	27.7	24.9	23.3	23.1	21.9	24.8	21.1	22.0
1994	28.5	20.1	19.4	19.4	18.7	22.1	17.5	19.9
1995	20.3	20.5	19.6	19.8	18.7	21.3	17.3	21.9
1996	17.8	17.5	21.4	18.1	16.3	18.5	15.8	16.7
1997	19.4	19.1	18.9	20.2	18.0	19.2	16.9	18.3
1998	24.8	24.7	26.6	25.9	22.9	24.5	21.4	23.1
1999	28.0	27.9	27.4	29.2	26.3	27.1	23.8	26.1
2000	31.6	34.8	30.2	33.0	29.1	30.9	26.4	44.6
2001	31.1	30.8	28.7	32.0	29.1	30.1		25.4
2002	31.0	30.4	28.7	28.0	28.6	29.4		27.8
2003	25.1	25.1	25.0	24	24.0	27.2		24.8
2004	24.7	22.0	21.0	20.3	21.1	22.9		28.0
2005	20.2		20.0	19.6	19.8	21.7		20.5

(注:“空白处”为广平台因基建缺记;涉县、承德台停止观测)

表 6 红山、昌黎台偏角  $\Delta D$  年均值统计表

单位: 分(')

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
红山	6.29	7.90	5.50	5.58	7.12	7.71	8.87	8.31	7.91	8.24	6.58	6.49
昌黎	6.91	6.63	5.77	5.90	7.62	8.05	9.03	8.75	8.29	8.58	7.88	7.03

表 7 1986~2005 年太阳黑子数统计表

年份	黑子数/个	年份	黑子数/个	年份	黑子数/个	年份	黑子数/个
1986	13	1991	146	1996	9	2001	111
1987	29	1992	94	1997	22	2002	104
1988	100	1993	55	1998	64	2003	64
1989	158	1994	30	1999	93	2004	40
1990	143	1995	18	2000	120	2005	30

(注: 太阳黑子数源于美国国家海洋大气局国家地球物理数据中心网站)

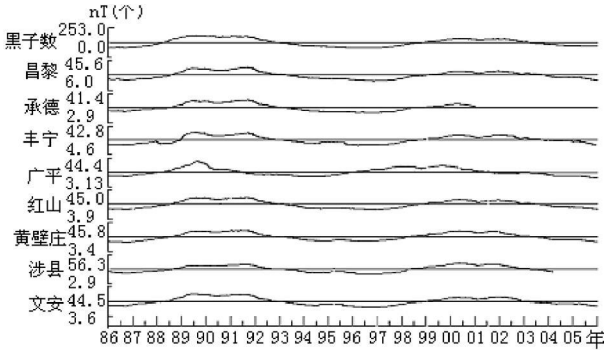


图 4 河北省各地磁台站  $\Delta Z$  年均值与太阳黑子数相对变化曲线(横线为均值线)图

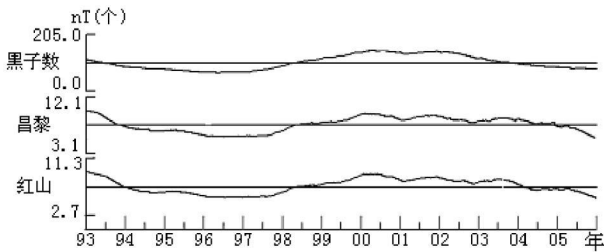


图 5 红山、昌黎台地磁  $\Delta D$  年均值与太阳黑子数相对变化曲线(横线为均值线)图

## 5 认识与结论

通过 20 年的地磁观测资料分析研究, 我们可以对河北地区地磁场变化规律得出以下几点认识:

(1) 河北省地磁场最近 20 年的长期变大致分为两个变化阶段: 上升期和下降期(或转折期)。F、Z 的变化形态基本一致, 发生转折变化的时间, Z 比 F 延迟了 1~2 年。河北省地磁场 F、Z 的平均变化速率分别为 12.7nT/a、28.6nT/a, 地磁场总的变化趋势是上升的。

(2) 河北省地磁场强度北部高于南部, 西部大于东部; 地磁场年变化速率南部大于北部, 东部大于西部, 有自东南向西北逐渐减弱的规律。

(3) 地球基本磁场由偶极子磁场和非偶极子磁场组成, 非偶极子场长期变化的时间尺度为世纪量级, 而偶极子磁场的变化时间尺度为千年量级或更长<sup>[5]</sup>, 所以对地磁场长期变研究需要更长的地磁观测资料, 20 年的观测资料是远远不够的。

## 参考文献:

- [1] 北京大学、中国科技大学地球物理教研室. 地磁学教程[M]. 北京: 地震出版社, 1983, 92-128.
- [2] 岳庆祥, 于洪池, 吴江星, 等. 长春地磁台地磁场长期变化基本特征[J]. 地震地磁观测与研究, 2004, 25(2): 75-78.
- [3] 解用明. 河北省近年地磁 Z 分量长期变特征[J]. 山西地震, 1996, 21(2): 47-50.
- [4] 傅承义, 陈运泰, 祁贵仲. 地球物理学基础[M]. 北京: 科学出版社, 1985, 153-164.
- [5] 罗玉芬, 黎晓之, 陆镜辉. 广州地磁台地磁场长期变化的分析研究[J]. 防灾技术高等专科学校学报, 2005, 7(4): 64-67.

## Characteristics of geomagnetic field Variation in Hebei area

LU Feng-zhang<sup>1</sup>, ZHANG Jian-guo<sup>1,2</sup>, YAN Jun-gang<sup>1,2</sup>, LI Shou-yong<sup>1</sup>

(1. Central Seismostation of Handan, Handan 056001, Hebei Province, China;

2. College of Geoexploration Science and Technology Jilin University, Changchun 130026 China)

**Abstract:** The long term and short term variation, and the characteristic of sunspot's activity are analyzed with geomagnetic data observed by the seismostations in Hebei Province from 1986 to 2005.

**Key words:** Hebei; geomagnetic field; long term and short term variation; sunspots

## 《华北地震科学》征稿简则

一、《华北地震科学》是河北省地震局主办的地震科学综合性学术季刊。每季末出版。主要刊登地震学方面具有创新性的研究成果,也登载一些与地震有关的地球物理、地震地质、地震工程等方面的学术论文及与地震科学有关的实验、观测、考察、问题讨论等方面的论文。

### 二、来稿要求及注意事项

1. 来稿要求选题新颖、论点明确、论据可靠、数据准确、文字简练。每篇论文(包括图、表、参考文献和 300 字以内的摘要)一般要求不超过 8000 字,其中插图以不超过 6 幅为宜;其它短文(含图、表和参考文献)一般不超过 3000 字,其中插图以不超过 3 幅为宜。来稿需提供激光打印样,字号为 5 号字。另附英文题目及英文摘要。

2. 来稿包括:摘要、关键词(5~8 条)、引言、正文、结语和参考文献,以及何种基金资助、作者简介等内容。文中外文字母、符号必须分清大小写、正斜体;上下角的字母、数字和符号,其位置高低应区分明显。对易混淆的外文字母、符号及字母的大小写需标清。文中计量单位一律采用中华人民共和国国家标准《量和单位》中颁布的法定计量单位,非许用单位,务请换算成许用单位。

3. 文中插图需提供激光打印图,线条要均匀;照片层次、反差要分明。图中内容、文字及符号须清晰,并与正文一致。插图如涉及国界,可尽量避免;如必须保留,则须把图中内容直接绘在地图出版社最新出版的带有国界的地理图上。插图不要直接绘在或贴在文内。请把插图单独放在一起,在文中相应处画出图框(占 3 行),写出相应图序、图题和图注。

4. 表格一律采用“三线表”,即每个表基本上由三条组成,去掉竖线(必要时可加少量辅助线)。

5. 参考文献应列全,而且应是已公开发表的;未公开发表的资料请勿列入,但可做为脚注处理。文中所引文献必须与文末所列文献一一对应。文末参考文献的著录格式,每条文献内各项的排序是:

专著—作者.书名[M].出版地:出版者,出版年.页码.

期刊—作者.文章名称[J].刊物名称,出版年,卷(期):页码.

论文集—作者.文章名称[C].文集名.出版地:出版者,出版年,页码.

译著—作者.(或中译姓名).中译书名.译者.出版地:原著出版者,出版年,页码.

学位论文—作者.题名[D].学位授予地:学位授予单位,发表年,页码.

6. 文稿中引用他人研究成果时,务请按《著作权法》有关规定指明原作者姓名、文题及来源,并在参考文献中列出。否则由此引发的责任由投稿人自负。

7. 凡经本刊录用的文章,除本刊负责出版、发行外,将一律由本刊编辑部统一纳入万方数据—数字化期刊群,科技部西南信息中心资源部,北京京华艺咨询有限公司,进入因特网提供信息服务;并同时参加中国学术期刊(光盘版)的出版发行。不同意者,请另投它刊。

8. 投稿请注明第一作者或联系人的姓名、工作单位、详细通讯地址、邮政编码和联系电话,以及 E-mail 地址。

三、编委会对来稿作适当修改或退请作者自行修改,来稿请勿一稿两投。收稿后 3 个月内如未得到采用通知(或修改稿件通知),作者可自行处理。

来稿请寄:石家庄市槐中路 262 号河北省地震局《华北地震科学》编辑部,邮政编码 050021。联系电话:(0311)5814313。E-mail: he3g@eq-he. ac. cn