

# CHAOS-6 模型描述的中国地区 地磁长期变化及误差分析<sup>\*</sup>

王振东, 顾左文, 陈 斌, 王 粲, 袁浩浩

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要:** 根据 CHAOS-6 模型, 计算了 2015 年中国地区 28 个地磁台站的地磁年度变化以及 2008.0—2016.5 年成都、格尔木、兰州、泰安和通海 5 个地磁台站的地磁长期变化。分析比较了地磁台站实际观测值与 CHAOS-6 模型计算值之间的差异, 得到两者差值的均值及均方误差。结果表明: CHAOS-6 模型描述的中国地区地磁长期变化与地磁台站实际观测的地磁长期变化趋势基本一致, 但存在一定的差异, 28 个台站的磁偏角 ( $D$ )、磁倾角 ( $I$ )、地磁总强度 ( $F$ )、北向分量 ( $X$ )、东向分量 ( $Y$ )、水平分量 ( $H$ )、垂直分量 ( $Z$ ) 差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-0.9'/1.7'$ ,  $-29.3'/0.8'$ ,  $-116.3 \text{ nT}/10.2 \text{ nT}$ ,  $264.7 \text{ nT}/13.6 \text{ nT}$ ,  $-27.7 \text{ nT}/15.0 \text{ nT}$ ,  $265.2 \text{ nT}/13.7 \text{ nT}$ ,  $-356.9 \text{ nT}/8.0 \text{ nT}$ 。因此, 在使用 CHAOS-6 模型研究中国地区区域问题时, 应充分考虑模型的误差大小。

**关键词:** CHAOS 模型; 地磁年度变化; 地磁长期变化; 地磁台站

**中图分类号:** P318

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2017)03-0404-07

## 0 引言

地磁场是重要的地球物理场之一, 由不同场源的磁场成分相互叠加而成, 是随着时间和空间变化而变化的矢量场 (傅承义等, 1985; 徐文耀, 2003)。地磁场及其长期变化是地磁学的重要研究内容之一 (徐文耀等, 2005; 高金田等, 2006; 顾左文等, 2009; 陈斌等, 2010)。描述地磁场的方式有 2 种: 一是地磁图, 二是地磁场模型 (Xu *et al.*, 2003), 分别通过图形 (等值线图) 的形式和适当的数学方法建立相应的模型来描述地磁场及其长期变化 (顾左文等, 2006b; 陈斌等, 2011a)。

地磁场模型有多种分类方法: 根据模型的性质不同可以分为物理模型 (如 Bullard 地磁圆盘发电机模型)、数学模型 (如 Gauss 主磁场球谐模型) 和数值模型 (如中国地磁场泰勒多项式模型); 根据模型的成分不同可以分为主磁场模型 (如 WMM2015)、岩石圈磁场模型 (如 NGDC-720)、磁层磁场模型、电离层磁场模型 (如

EEFM1) 和综合模型 (如 EMM2015); 根据模型描述范围的不同可以分为全球地磁场模型和区域地磁场模型 (徐文耀, 朱岗昆, 1984; 徐文耀, 2014)。国际地磁参考场 (IGRF) 是国际上通用的地磁标准模型, 它是根据卫星磁测数据、全球地磁台站以及野外观测数据综合计算得出的。IGRF 忽略了地磁外源场的变化, 其描述的是地球主磁场及其长期变化, 在分析岩石圈磁异常变化及在地震监测预报中具有重要的实际应用 (顾左文等, 2006a; 顾春雷等, 2010; 陈斌, 2011b; 袁浩浩等, 2013, 2016; 倪喆等, 2014a, b)。陈斌等 (2012a, b) 根据 IGRF-11 计算了中国地区地磁长期变化及其误差, 并分析了引起误差的可能因素。

CHAOS 模型是一种描述全球地磁场及其长期变化的模型, 包括地磁场的内源场和外源场。该模型最初由丹麦国家空间中心于 2006 年提出。第一代 CHAOS 模型是利用 CHAMP、Ørsted 和 SAC-C 卫星磁测数据计算得到的 (Olsen *et al.*, 2006)。2008—2015 年先后提出了 xCHAOS、CHAOS-2、CHAOS-3、CHAOS-4 和 CHAOS-5 模型 (Ols-

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2017-01-21.

**基金项目:** 中国地震局地球物理研究所基本科研业务费专项“与地下应力状态相关的局部岩石圈磁场变化实验研究” (DQJB16B04) 资助.

en, Manda, 2008; Olsen *et al*, 2009, 2014)。其中, CHAOS - 3 和 CHAOS - 5 分别为第 11 代 (IGRF - 11) 和第 12 代国际地磁参考场 (IGRF - 12) 的候选模型 (Olsen *et al*, 2010; Finlay *et al*, 2015)。最新一代 CHAOS - 6 模型是于 2016 年提出的, 该模型是利用 Swarm 卫星数据和 160 个地面台站数据计算得到的 (Finlay *et al*, 2016)。

为了评估 CHAOS 模型在中国及邻近地区实际应用中的有效性, 根据 CHAOS - 6 模型, 本文计算了 2015 年 1 月 1 日至 12 月 31 日中国地区 28 个地磁台站的地磁年度变化以及 2008.0—2016.5 年 5 个地磁台站的地磁长期变化, 分析比较了地磁台站观测值与模型计算值之间的差值, 估算了两者之间的误差, 分析讨论了相关问题。

1 地磁数据选取

地磁场是一个矢量场, 包括北向分量 ( $X$ )、东向分量 ( $Y$ ) 和垂直分量 ( $Z$ )。在地磁场的测量和研究中还经常用到其它 4 个要素: 总强度 ( $F$ )、磁偏角 ( $D$ )、磁倾角 ( $I$ ) 和水平分量 ( $H$ )。本文采用 2015 年 1 月 1 日至 12 月 31 日中国地区 28 个地磁台站记录的分均值数据计算地磁年度变化, 采用 2008 年 1 月 1 日至 2016 年 6 月 30 日成都台 (CDP)、格尔木台 (GLM)、兰州台 (LZH)、泰安台 (TAA) 和通海台 (THJ) 5 个地磁台站记录的分均值数据计算地磁长期变化。台站名称及分布见图 1。

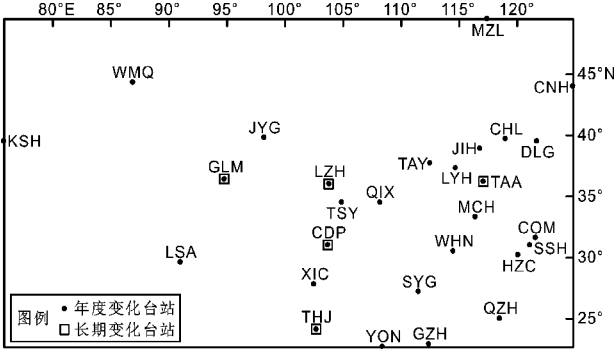


图 1 中国地区 28 个地磁台站的分布示意图  
Fig. 1 Schematic distribution map of the 28 geomagnetic observatory stations in China

2 地磁长期变化误差分析

为了比较 CHAOS - 6 模型描述的中国地区地磁长期变化与台站所记录的地磁长期变化的差异, 根据 CHAOS - 6 模型, 计算了 2015 年中国地区 28 个地磁台站的地磁年度变化以及 2008.0—2016.5 年成都、格尔木、兰州、泰安和通海 5 个地磁台站的地磁长期变化。

图 2 给出了天水台 (TSY)  $X$  分量的地磁台站观测数据和 CHAOS - 6 模型计算数据的对比曲线。图 2a 是 2015 年的对比曲线, 将图中虚线框内的部分放大得到 30 d 的对比曲线 (图 2b)。从图 2 可以看出, 利用 CHAOS - 6 模型计算得到的  $X$  分量幅值比台站实际观测的幅值小 300 nT 左右, 两者的变化趋势基本一致, 而且具有较好的时间对应关系。

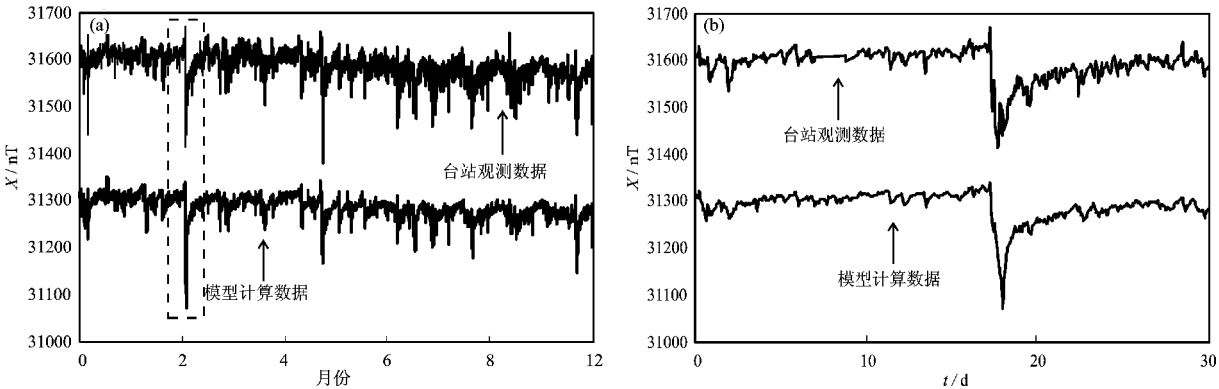


图 2 2015 年 TSY 台  $X$  分量观测数据与 CHAOS - 6 模型计算数据的对比曲线 (a) 及其虚线框放大对比曲线 (b)

Fig. 2 The comparison of  $X$  component from TSY observation and that calculated by the CHAOS - 6 model (a) and its enlarged graph of 30 d in dotted frame (b)

表 1 给出了 2015 年中国地区 28 个地磁台站实际观测值与 CHAOS-6 模型计算值差值的均值  $avg$  以及均方误差  $\sigma$ 。从表 1 中可以得出,  $D$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-0.9'$  和  $1.7'$ , 其中, HZC 台均值的绝对值最大, MZL 台均方误差最大;  $I$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-29.3'$  和  $0.8'$ , 其中, TAA 台均值的绝对值最大, THJ 台均方误差最大;  $F$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-116.3$  nT 和  $10.2$  nT, 其中, TSY 台均值的绝对值最大, YON 台的均方误差最大;  $X$  分量差值的

均值和均方误差的平均值分别为  $264.7$  nT 和  $13.6$  nT, 其中, TAA 台均值的绝对值最大, YON 台的均方误差最大;  $Y$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-27.7$  nT 和  $15.0$  nT, 其中, HZC 台均值的绝对值最大, MZL 台的均方误差最大;  $H$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $265.2$  nT 和  $13.7$  nT, 其中, TAA 台均值的绝对值最大, YON 台的均方误差最大;  $Z$  分量差值的均值和均方误差的平均值分别为  $-356.9$  nT 和  $8.0$  nT, 其中, TAA 台均值的绝对值最大, THJ 台均方误差最大。

表 1 2015 年地磁台站观测值与 CHAOS-6 模型计算值差值的均值  $avg$  及均方误差  $\sigma$

Tab. 1 The mean value ( $avg$ ) and mean square root  $\sigma$  of the differences between the geomagnetic data of practical observations and those calculated by the CHAOS-6 model in 2015

台站名称 及代码	$D/(^{\circ})$		$I/(^{\circ})$		$F/\text{nT}$		$X/\text{nT}$		$Y/\text{nT}$		$H/\text{nT}$		$Z/\text{nT}$	
	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$	$avg$	$\sigma$
成都台 CDP	5.4	1.5	-28.2	0.8	-81.7	9.9	258.7	12.3	44.7	14.6	257.1	12.4	-337.5	9.1
昌黎台 CHL	2.9	1.9	-29.2	0.7	-210.3	9.9	281.0	13.4	-13.3	15.4	280.4	13.6	-418.4	6.4
长春台 CNH	6.1	2.1	-26.5	0.8	-38.5	9.2	358.8	14.3	-16.7	15.8	356.3	14.2	-231.2	5.9
崇明台 COM	18.7	1.6	-24.2	0.8	38.4	10.7	298.3	12.8	150.3	15.3	281.8	13.1	-204.4	8.3
大连台 DLG	8.1	1.9	-23.9	0.7	-23.0	10.5	309.3	13.7	23.8	15.9	303.0	13.9	-217.0	7.1
格尔木台 GLM	-6.1	1.8	-27.8	0.7	-33.4	10.9	342.7	13.9	-53.9	15.9	342.8	13.9	-270.3	7.8
广州台 GZH	9.5	1.2	-25.5	1.0	-153.4	11.5	71.2	15.1	100.7	13.6	66.7	15.2	-366.7	9.1
杭州台 HZC	-66.8	1.5	-32.1	0.9	-194.7	10.5	121.7	13.6	-672.0	15.2	190.0	13.9	-454.9	8.8
静海台 JIH	6.4	1.8	-23.6	0.7	-60.5	10.1	286.9	13.7	20.5	15.4	282.6	13.8	-248.3	6.6
嘉峪关台 JYG	2.1	1.9	-26.3	0.7	44.8	11.3	391.8	13.2	11.6	15.5	391.6	13.3	-172.2	9.7
喀什台 KSH	-2.7	1.9	-18.5	0.8	101.5	9.0	300.7	13.7	0.0	14.8	299.9	13.5	-57.4	6.7
拉萨台 LSA	-32.2	1.4	-36.0	1.0	59.3	9.0	417.9	13.5	-323.8	14.5	419.0	13.5	-318.0	9.5
隆尧台 LYH	-6.7	1.7	-27.7	0.7	-216.3	10.0	231.8	13.2	-81.3	15.2	238.8	13.4	-418.9	6.7
兰州台 LZH	1.5	1.7	-32.0	0.7	-156.7	9.8	323.4	12.7	0.3	15.0	323.1	12.9	-412.1	7.0
蒙城台 MCH	-8.5	1.6	-21.5	0.7	-178.9	10.4	127.2	12.5	-92.2	14.9	135.3	12.7	-340.3	7.9
满洲里台 MZL	5.4	2.7	-20.3	0.8	-253.0	8.4	232.1	14.9	-4.9	16.7	229.7	14.9	-360.7	6.6
乾陵台 QIX	7.7	1.6	-28.5	0.8	-259.0	10.0	198.5	13.2	59.1	14.9	194.7	13.5	-468.4	7.2
广州台 QZH	2.9	1.3	-30.2	1.0	-217.5	11.1	76.5	14.0	25.3	14.1	74.6	14.2	-452.3	9.3
余山台 SSH	2.6	1.5	-3.2	0.8	-113.6	10.8	-41.0	12.7	29.3	15.1	-43.7	12.9	-114.3	8.8
邵阳台 SYG	3.8	1.4	-27.4	1.0	-174.6	10.8	129.0	14.1	32.4	14.5	127.1	14.3	-401.4	9.4
泰安台 TAA	27.9	1.7	-71.9	0.7	-90.5	10.4	858.5	13.2	161.8	15.1	837.3	13.4	-715.2	7.1
太原台 TAY	2.0	1.8	-30.1	0.7	-55.8	9.8	365.4	13.2	-15.8	15.3	365.3	13.4	-304.1	6.6
通海台 THJ	3.1	1.3	-28.1	1.1	-140.1	11.0	119.1	15.1	30.9	14.7	118.4	15.2	-390.6	11.1
天水台 TSY	-4.1	1.6	-39.5	0.7	-307.6	9.9	301.2	12.7	-50.8	14.6	303.2	12.9	-608.2	7.8
武汉台 WHN	5.2	1.5	-32.5	0.8	-229.5	10.3	189.9	12.6	37.1	14.8	186.6	12.9	-487.9	8.2
乌鲁木齐台 WMQ	-7.5	2.4	-24.8	0.7	-8.2	8.0	372.1	13.4	-31.8	16.5	369.8	13.3	-179.9	5.7
西昌台 XIC	-14.1	1.4	-54.5	0.9	-133.1	10.4	433.5	13.3	-158.9	14.7	437.9	13.4	-657.6	9.4
邕宁台 YON	1.3	1.2	-26.1	1.0	-170.8	11.9	56.5	15.6	12.8	13.3	56.0	15.6	-384.4	9.4
$avg$	-0.9	1.7	-29.3	0.8	-116.3	10.2	264.7	13.6	-27.7	15.0	265.2	13.7	-356.9	8.0

图3给出了2015年地磁台站观测值与CHAOS-6模型计算值磁偏角 $D$ 、磁倾角 $I$ 、总强度 $F$ 、北向分量 $X$ 、东向分量 $Y$ 、水平分量 $H$ 及垂直分量 $Z$ 的差值的均方误差 $\sigma$ 的等值线分布。

由图3可见，磁偏角 $D$ 和东向分量 $Y$ （图3a、e）的空间分布形态相近，呈现由南往北逐渐增大

的趋势，在广西和广东地区 $\sigma$ 最小，内蒙古东北部地区 $\sigma$ 最大。磁倾角 $I$ 和垂直分量 $Z$ （图3b、g）的空间分布形态从 $46^{\circ}\text{N}$ 与 $76^{\circ}\text{E}$ 沿南东方向至 $22^{\circ}\text{N}$ 与 $105^{\circ}\text{E}$ 呈现逐渐增大的趋势， $I$ 分量在新疆东北部、青海北部、甘肃及内蒙古西部地区

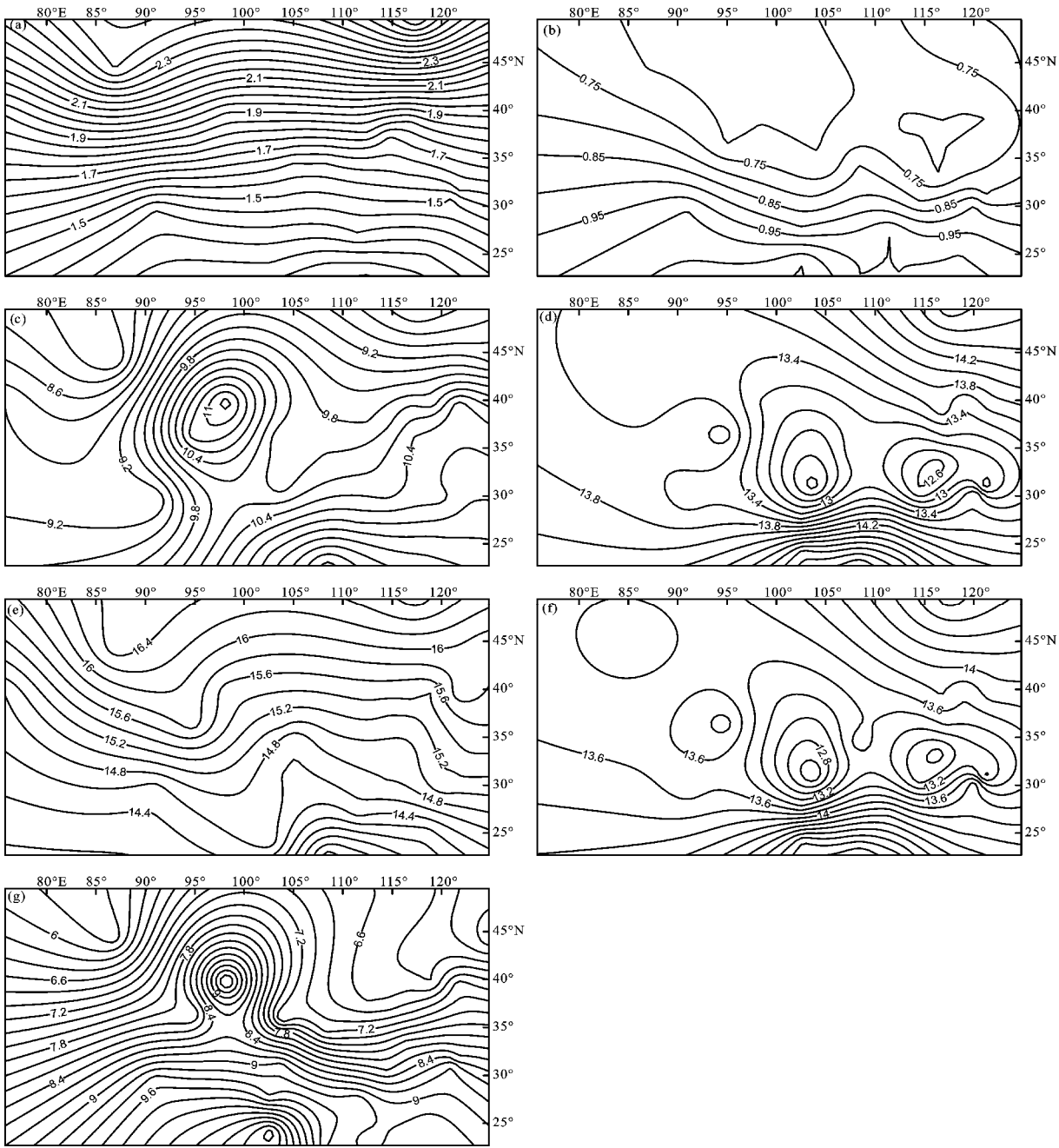


图3 磁偏角 $D$  (a)、磁倾角 $I$  (b)、总强度 $F$  (c)、北向分量 $X$  (d)、东向分量 $Y$  (e)、水平分量 $H$  (f) 及垂直分量 $Z$  (g) 的均方误差 $\sigma$ 等值线分布 [ $D$ 、 $I$ 的单位为 ( $'$ ),  $F$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $H$ 、 $Z$ 的单位为 ( $\text{nT}$ )]

Fig. 3 Contour distribution map of the mean square root  $\sigma$  of  $D$  (a),  $I$  (b),  $F$  (c),  $X$  (d),  $Y$  (e),  $H$  (f),  $Z$  (g) (the unit of  $D$  and  $I$  is: ' $'$ , the unit of  $F$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $H$ 、 $Z$  is  $\text{nT}$ )

$\sigma$  最大;  $Z$  分量在新疆北部和内蒙古东北部地区  $\sigma$  最小, 广西南部地区  $\sigma$  最大。总强度  $F$  (图 3c) 的空间分布形态呈现由北往南逐渐增大的趋势, 在新疆北部和内蒙古东北部地区  $\sigma$  最小, 广西南部地区  $\sigma$  最大。北向分量  $X$  和水平分量  $H$  (图 3d、f) 的空间分布形态相近, 从  $38^{\circ}\text{N}$  与  $97^{\circ}\text{E}$  沿北东方向至

$49^{\circ}\text{N}$  与  $120^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$  与  $76^{\circ}\text{E}$  沿南西方向至  $22^{\circ}\text{N}$  与  $105^{\circ}\text{E}$  分别呈现逐渐增大的趋势, 四川中部和安徽北部地区  $\sigma$  最小, 广西南部地区  $\sigma$  最大。

图 4 给出了 2008.0—2016.5 年 CDP、GLM、LZH、TAA 和 THJ 共 5 个地磁台站实际观测值与模型计算值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  分量长期变化的差值曲线。

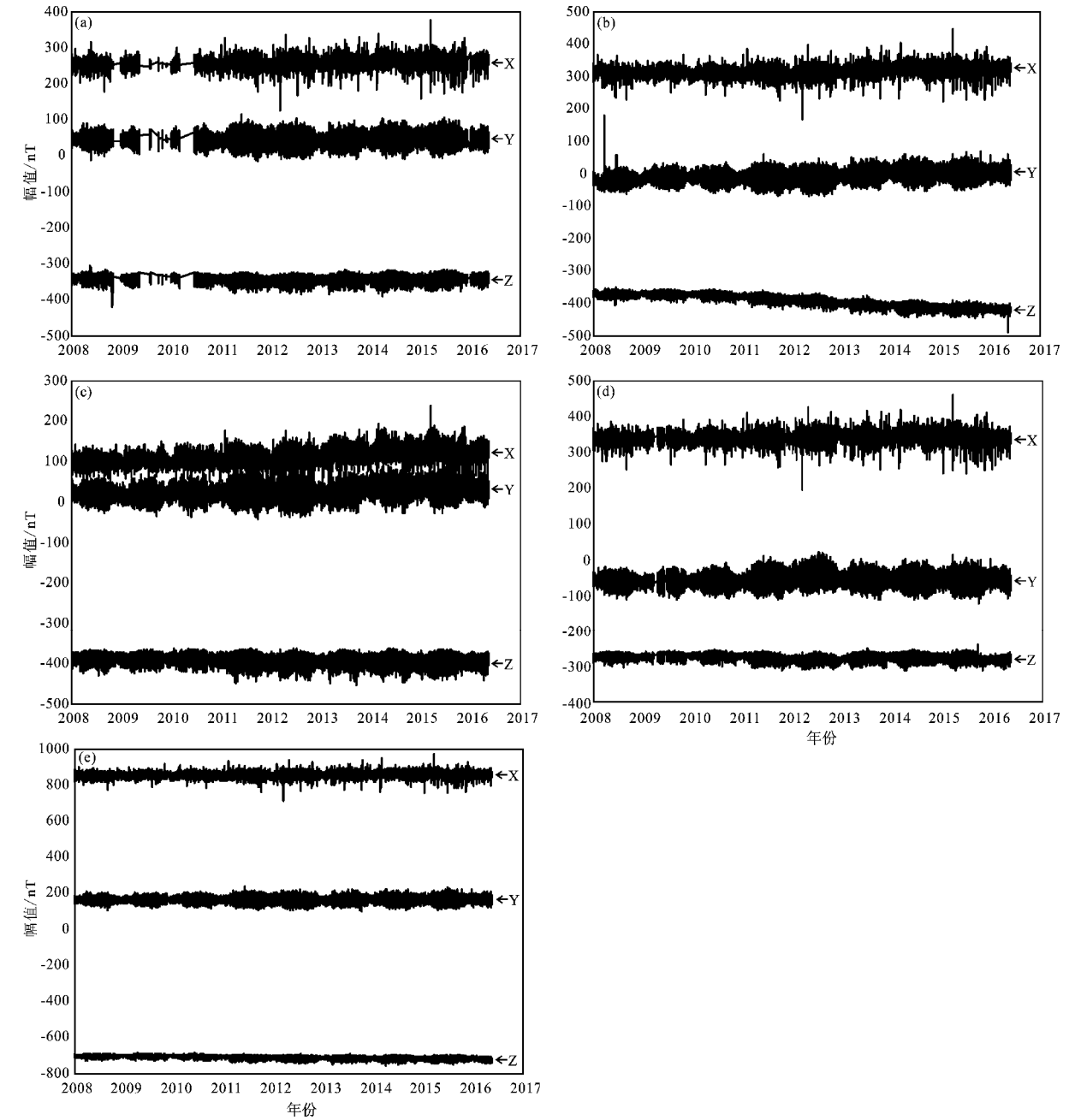


图 4 2008.0—2016.5 年 CDP (a)、LZH (b)、THJ (c)、GLM (d) 及 TAA (e) 地磁台观测值与 CHAOS-6 模型计算值长期变化的差值曲线

Fig. 4 The difference curve of geomagnetic secular variation between the geomagnetic data of practical observations and those calculated by the CHAOS-6 model during 2008.0 and 2016.5 at CDP (a)、LZH (b)、THJ (c)、GLM (d) and TAA (e) stations

从图4可见,5个台站的差值曲线具有周期性的变化规律,表现出夏季差值增大、冬季差值减小的规律,夏季差值最大、冬季差值最小。CDP、GLM和TAA台的 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 分量的差值曲线均为水平的直线,反映了两者主磁场差异的长期变化趋势基本不变; $Y$ 分量夏季差值的峰峰值为100 nT左右,冬季差值的峰峰值为50 nT左右。LZH台的 $X$ 和 $Y$ 分量整体表现为增大的趋势,幅度为2.5 nT/a, $Z$ 分量整体表现为减小的趋势,幅度为6 nT/a。THJ台的 $X$ 和 $Y$ 分量的模型计算值与台站实际观测值的差值最为接近,整体表现为缓慢增大的趋势,幅度小于1 nT/a, $Z$ 分量变化趋势基本不变。

### 3 讨论与结论

根据CHAOS-6模型,本文计算了2015年1月1日至12月31日中国地区28个地磁台站的地磁变化,并根据地磁台站记录的分均值数据得到了台站观测值与CHAOS-6模型计算值的差值的均值及均方误差, $D$ 、 $I$ 、 $F$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $H$ 和 $Z$ 分量差值的均值和均方误差的平均值分别为 $-0.9'/1.7'$ 、 $-29.3'/0.8'$ 、 $-116.3\text{ nT}/10.2\text{ nT}$ 、 $264.7\text{ nT}/13.6\text{ nT}$ 、 $-27.7\text{ nT}/15.0\text{ nT}$ 、 $265.2\text{ nT}/13.7\text{ nT}$ 、 $-356.9\text{ nT}/8.0\text{ nT}$ 。同时,计算了2008.0—2016.5年成都台、格尔木台、兰州台、泰安台和通海台5个地磁台站的地磁长期变化,得到了台站观测值与CHAOS-6模型计算值长期变化的差值曲线。差值曲线具有周期性的变化规律,具体表现为夏季差值增大,冬季差值减小,夏季差值最大,冬季差值最小。

通过对比分析,CHAOS-6模型描述的中国地区地磁长期变化与地磁台站实际观测的地磁长期变化趋势基本一致,但存在一定的差异。CHAOS模型描述的全球磁场现象不能良好的反映中国地区区域性和局部性的磁异常。因此,在使用CHAOS模型研究区域问题时,要充分考虑模型产生的误差大小。

感谢中国地震局地球物理研究所国家地磁台网中心与各地磁台站提供的地磁观测数据。

### 参考文献:

- 陈斌,顾左文,狄传芝,等.2012a.第11代国际地磁参考场[J].国际地震动态,(2):20-29.
- 陈斌,顾左文,高金田,等.2010.中国地区地磁长期变化研究[J].地球物理学报,53(9):2144-2154.
- 陈斌,顾左文,高金田,等.2011b.2005.0年代中国地区地磁场及其长期变化球冠谐和分析[J].地球物理学报,54(3):771-779.
- 陈斌,顾左文,高金田,等.2012c.IGRF-11描述的2005-2010年中国地区地磁长期变化及其误差分析[J].地球物理学进展,27(2):512-521.
- 陈斌.2011b.自然正交分量方法在地震地磁监测中的应用[J].地震研究,34(4):466-469.
- 傅承义,陈运泰,祁贵仲.1985.地球物理学基础[M].北京:科学出版社.
- 高金田,安振昌,顾左文,等.2006.用曲面Spline方法表示1900~1936年中国(部分地区)地磁场及其长期变化的分布[J].地球物理学报,49(2):398-407.
- 顾春雷,张毅,徐如刚,等.2010.地震前后岩石圈磁场变化特征分析[J].地球物理学进展,25(2):472-477.
- 顾左文,安振昌,高金田,等.2006b.2003年中国及邻区地磁场模型的计算与分析[J].地震学报,28(2):141-149.
- 顾左文,陈斌,高金田,等.2009.应用NOC方法研究中国地区地磁时空变化[J].地球物理学报,52(10):602-2612.
- 顾左文,张毅,姚同起,等.2006a.九江—瑞昌 $M_s5.7$ 地震地磁异常的观测与分析[J].地震学报,28(6):611-621.
- 倪喆,陈双贵,袁洁浩,等.2014a.芦山7.0级地震前后岩石圈磁场异常变化研究[J].地震研究,37(1):61-65.
- 倪喆.2014b.洱源5.5级地震前后地磁变化异常特征分析[J].地震研究,37(3):426-432.
- 徐文耀,魏志刚,夏国辉.2005.2000年中国地区地磁场长期变化的区域特征[J].地球物理学报,48(3):551-560.
- 徐文耀,朱岗昆.1984.我国及邻近地区地磁场的矩谱分析[J].地球物理学报,27(6):511-522.
- 徐文耀.2003.地磁学[M].北京:地震出版社.
- 徐文耀.2014.地磁活动性概论[M].北京:科学出版社.
- 袁洁浩,顾左文,陈斌,等.2013.地震与火山电磁研究的国际学术交流与合作[J].地震研究,36(1):132-140.
- 袁洁浩,顾左文,王桢,等.2016.2015年IUGG大会与世界华人地质大会的震磁研究进展[J].地震研究,39(4):703-708.
- FINLAY C C, OLSEN N, KOTSIAROS S, *et al.* 2016. Recent geomagnetic secular variation from Swarm and ground observatories as estimated in the CHAOS-6 geomagnetic field model[J]. Earth Planets Space, 68(1):112.
- FINLAY C C, OLSEN N, TOEFFNER-CLAUSEN L. 2015. DTU candidate field models for IGRF-12 and the CHAOS-5 geomagnetic field model[J]. Earth Planets Space, 67(1):114.
- OLSEN N, LUEHR H, FINLAY C C, *et al.* 2014. The CHAOS-4 geomagnetic field model[J]. Geophys J Int, 197(2):815-827.
- OLSEN N, LUEHR H, SABAKA T J, *et al.* 2006. CHAOS-a model of Earth's magnetic field derived from CHAMP, Ørsted, and SAC-C

- magnetic satellite data[J]. *Geophys J Int*, 166(1):67–75.
- OLSEN N, MANDEA M, SABAKA T J, *et al.* 2009. CHAOS – 2 – a geomagnetic field model derived from one decade of continuous satellite data[J]. *Geophys J Int*, 179(3):1477–1487.
- OLSEN N, MANDEA M, SABAKA T J, *et al.* 2010. The CHAOS – 3 geomagnetic field model and candidates for the 11th generation of IGRF [J]. *Earth Planets Space*, 62:719–727.
- OLSEN N, MANDEA M. 2008. Rapidly changing flows in the Earth's core [J]. *Nature Geoscience*, 1(6):390–394.
- XU W Y, XIA G H, A N Z C, *et al.* 2003. Magnetic survey and China GRF2000[J]. *Earth Planets Space*, 55(4):215–217.

## Geomagnetic Secular Variation in China Described by CHAOS – 6 Model and its Error Analysis

WANG Zhendong, GU Zuowen, CHEN Bin, WANG Can, YUAN Jiehao

(*Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China*)

### Abstract

According to the CHAOS – 6 model, the annual changes of geomagnetic at 28 observations located in China in 2015 and the geomagnetic secular variations at CDP, GLM, LZH, TAA and THJ observations in 2008.0—2016.5 were calculated. The differences between the geomagnetic data of practical observations and those calculated by the CHAOS – 6 model were analyzed. The mean differences and the mean square root  $\sigma$  were obtained. The results show that the trend of the geomagnetic secular variation in China described by the CHAOS – 6 model is basically consistent with those at observations, but there are some differences. The mean of the difference and the mean square root are  $-0.9'/1.7'$  and  $-29.3'/0.8'$  for geomagnetic declination ( $D$ ) and inclination ( $I$ ) respectively; and the mean of the difference and the mean square root are  $-116.3 \text{ nT}/10.2 \text{ nT}$ ,  $264.7 \text{ nT}/13.6 \text{ nT}$ ,  $-27.7 \text{ nT}/15.0 \text{ nT}$ ,  $265.2 \text{ nT}/13.7 \text{ nT}$  and  $-356.9 \text{ nT}/8.0 \text{ nT}$  for total intensity ( $F$ ), northern component ( $X$ ), eastern component ( $Y$ ), horizontal component ( $H$ ) and vertical component ( $Z$ ), respectively at 28 observations. The main reason for the error of the geomagnetic secular variation in China described by the CHAOS – 6 model is that the regional and local magnetic anomalies in China, while the CHAOS – 6 is a model of global geomagnetic field. The error of the CHAOS – 6 model should be fully considered when we use it to study the regional problems in China.

**Key words:** CHAOS model; geomagnetic annual variations; geomagnetic secular variations; geomagnetic stations