

狄传芝,顾左文,Bernardo M Soriano 等. 菲律宾及其邻近地区的地磁场模型研究. 地球物理学报, 2011, **54**(8):2085~2092, DOI:10.3969/j.issn.0001-5733.2011.08.015

Di C Z, Gu Z W, Soriano B M, et al. The study of magnetic field models for Philippines and its neighboring regions. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2011, **54**(8):2085~2092, DOI:10.3969/j.issn.0001-5733.2011.08.015

## 菲律宾及其邻近地区的地磁场模型研究

狄传芝<sup>1</sup>,顾左文<sup>1</sup>,Bernardo M. Soriano<sup>4</sup>,陈 斌<sup>1</sup>,

Carina G. Lao<sup>4</sup>,张 毅<sup>2</sup>,辛长江<sup>3</sup>,高金田<sup>1</sup>

1 中国地震局地球物理研究所,北京 100081

2 安徽省地震局工程院,合肥 230031

3 甘肃省地震局兰州观象台,兰州 730046

4 菲律宾大气和地球物理与空间科学处

**摘 要** 根据 2001~2007 年期间在菲律宾境内测量的 74 个点的地磁场数据,利用球冠谐和、泰勒多项式两种方法建立了 2005.0 菲律宾及周边地区地磁基本场模型,得到了菲律宾地区  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $D$ 、 $I$ 、 $H$ 、 $F$  七个分量的分布. 两种模型反映的同一地区的地磁场分布形态基本类似,只在拐点的舒缓度、等值线平滑度等方面存在区别. 在  $8^{\circ}\text{N}$  左右,  $X$ 、 $H$ 、 $F$  出现系统的拐点,同纬度的  $X$ 、 $H$ 、 $F$  东低西高.  $D$ 、 $Y$  零线分布于  $8^{\circ}\text{N}$  左右呈东西展布,北侧为负,南侧为正,等值线沿经度分布的同时,在纬度上有不同程度的小起伏.  $Z$ 、 $I$  空间分布呈现更加规则均匀的东西向分布特征. 零线分布在  $7.5^{\circ}\text{N}$  左右,零线北部是正值区域,南部是负值区域. 两种模型与 IGRF 的差值的分布形态有很大的不同,球冠谐模型与 IGRF 模型差值的正负异常区域呈现正负异常相间的分布特征,且各分量的正负异常最大值分布在低纬度地区. 而泰勒多项式与 IGRF 差值的正负异常分布却相对完整.

**关键词** 菲律宾地区,地磁场,球冠谐模型,泰勒多项式模型

DOI:10.3969/j.issn.0001-5733.2011.08.015

中图分类号 P318

收稿日期 2010-07-26,2011-04-24 收修定稿

### The study of magnetic field models for Philippines and its neighboring regions

DI Chuan-Zhi<sup>1</sup>, GU Zuo-Wen<sup>1</sup>, Bernardo M. Soriano<sup>4</sup>, CHEN Bin<sup>1</sup>,

Carina G. Lao<sup>4</sup>, ZHANG Yi<sup>2</sup>, XIN Chang-Jiang<sup>3</sup>, GAO Jin-Tian<sup>1</sup>

1 *Geophysical Institute of China Earthquake Administration, Beijing 100081, China*

2 *Academy of Engineering of Anhui Earthquake Bureau, Hefei 230031, China*

3 *Lanzhou Observatory of Gansu Earthquake Bureau, Lanzhou 730046, China*

4 *Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration (PAGASA), Philippines*

**Abstract** According to the magnetic field data at 74 survey sites measured in the Philippines during 2001~2007, and using two methods of spherical cap harmonic and Taylor polynomial, we established magnetic field model on 2005.0 epoch for Philippines and the surrounding regions and got the distribution of the seven components of  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $D$ ,  $I$ ,  $H$ ,  $F$ . The distribution is similar in the two models, the difference is in the relief of inflection point and contour smoothness. At about  $8^{\circ}\text{N}$ ,  $X$ ,  $H$ ,  $F$  have turning point and they are higher in west than in east.  $D$ ,  $Y$  zero line extends approximately along latitude  $8^{\circ}\text{N}$ , the northern side of the line is negative and the southern part is positive, while the distribution of the contours is along the longitude direction,

with minor variation along latitude direction. The distribution of  $Z$  and  $I$  is more regular, the zero-line is along  $7.5^\circ\text{N}$ , and the value is positive in northern region and negative in southern regions. The distribution patterns of the difference between the two models with the IGRF are very different, the value of spherical harmonic model minus IGRF model revealed a feature of alternative positive and negative anomalies, and the maximum positive and negative anomaly value of each component is in low latitudes. The anomaly distribution of Taylor minus IGRF is smoother.

**Keywords** Philippines region, Magnetic field, Spherical harmonic model, Taylor model

## 1 引言

地磁场作为地球基本物理场,具有复杂的空间分布和时间演化规律.准确掌握某一地区地磁场的时空分布规律,对地磁场的研究和应用有着重要的意义.区域地磁图作为一个国家(地区)基本、重要的基础数据,备受重视.许多国家建立了自己的区域地磁图<sup>[1~9]</sup>.我国从1950年开始编制中国地磁图,并利用它对地磁场各种时空分布特征进行研究<sup>[10~18]</sup>.要想建立时空分布比较精确的地磁图,依赖于精确的地磁场基础测量数据.

菲律宾共和国位于亚洲东南部,西濒南中国海,东临太平洋,是一个群岛国家,共有大小岛屿7107个.陆地面积29.97万 $\text{km}^2$ ,其中吕宋岛、棉兰老岛、萨马岛等11个主要岛屿占全国面积的96%.在此之前,菲律宾地区还从未建立区域地磁图,更没有对区域地磁场做深入的分析和研究.

为了实现菲律宾第一次全国区域地磁图的建立,研究菲律宾地磁分布特征和中国地磁分布的联系,探索菲律宾板块与中国东部块体的相互作用对中国地磁场分布的影响.在2005~2007年期间,中国地震局地球物理研究所(IGPCEA)与菲律宾大气、地球物理与天文服务局(简称PAGASA)在菲律

宾境内合作测量了9个点的地磁三分量数据( $D$ 、 $I$ 、 $F$ ).2001~2005年期间,菲律宾国家绘图和资源局(NAMRIA)在菲律宾境内测量了82点的地磁基本场矢量数据( $F$ 、 $D$ 、 $H$ 、 $Z$ ),其中79个测点数据齐全.本文根据这些地磁场实测数据,经过数据处理,最后选用74个实测点数据,用泰勒多项式和球冠谐和两种方法建立了2005.0菲律宾及周边地区地磁基本场区域模型,分析研究了菲律宾地区地磁场 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $D$ 、 $I$ 、 $H$ 、 $F$ 七分量的分布特征.并将模型反映的地磁场的分布与根据第10代国际地磁参考场模型(The 10<sup>th</sup> International Geomagnetic Reference Field,简称IGRF10)计算得到的2005.0年代菲律宾地区的地磁场分布作了比较.

## 2 方法和资料

### 2.1 建模方法

地磁场模型的建立方法有多种.本文采用球冠谐和、泰勒多项式两种模型计算方法.

地磁场球冠谐模型计算方法是加拿大学者Haines G V于1985年创建的,用于计算地磁场区域模型.与球谐方法相类似,球冠谐方法从标量磁位展开,对位函数求导可得到地磁场.

矢量分量在限定区域内的表达式:

$$\begin{cases} \Delta X = \sum_{k=0}^{K_{\max}} \sum_{m=0}^k \left(\frac{a}{r}\right)^{n_k(m)+2} (g_k^m \cos m\Lambda + h_k^m \sin m\Lambda) \frac{dP_{n_k(m)}^m(\cos\Theta)}{d\Theta}, \\ \Delta Y = \sum_{k=0}^{K_{\max}} \sum_{m=0}^k \frac{m}{\sin\Theta} \left(\frac{a}{r}\right)^{n_k(m)+2} (g_k^m \cos m\Lambda - h_k^m \sin m\Lambda) P_{n_k(m)}^m(\cos\Theta), \\ \Delta Z = - \sum_{k=0}^{K_{\max}} \sum_{m=0}^k [n_k(m) + 1] \left(\frac{a}{r}\right)^{n_k(m)+2} (g_k^m \cos m\Lambda + h_k^m \sin m\Lambda) P_{n_k(m)}^m(\cos\Theta), \end{cases} \quad (1)$$

式中, $\Lambda$ 和 $\Theta$ 分别为球冠坐标系中的经度和余纬, $a$ 是地球的参考半径( $a=6371.2\text{ km}$ ), $r$ 是离开地心的径向距离; $P_{n_k(m)}^m(\cos\Theta)$ 是非整数阶 $n_k(m)$ 和整

数次 $m$ 的Schmidt 缩合 Legendre 函数. $K_{\max}$ 代表球冠谐分析的截断阶数,球冠谐模型共有 $(K_{\max} + 1)^2$ 个系数,球冠谐系数 $g_k^m$ 和 $h_k^m$ 是根据地磁场的观测

值用最小二乘法来确定的。

泰勒多项式是最简单、传统的建立地磁基本场区域模型计算方法,该方法对地磁场矢量在限定区域内的表达式如下:

$$B = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n A_{nm} (\varphi - \varphi_0)^{n-m} (\lambda - \lambda_0)^m, \quad (2)$$

式中的  $A_{nm}$  为泰勒多项式的系数,  $N$  为泰勒多项式的截断阶数,  $\varphi$  和  $\lambda$  分别为地磁测点的纬度和经度,  $\varphi_0$  和  $\lambda_0$  分别为泰勒多项式展开原点的纬度和经度,单位为 rad.  $B$  可以表示地磁场不同的分量,如  $F$ 、 $D$ 、 $I$  等。

## 2.2 资料与建模

本文研究以 2007 年中国地震局地球物理研究所与 PAGASA 合作测量得到的菲律宾境内 9 个测点的  $D$ 、 $I$ 、 $F$  三分量数据和 NAMRIA 提供的菲律宾境内 2001~2005 年期间 82 个测点的地磁场数据( $F$ 、 $D$ 、 $H$ 、 $Z$ )为最初研究数据,其中由于 NAMRIA 提供的 82 个测点数据中,测点 ZAMBOANGA、GENSAN、BONGAO 缺失总强度的数据,故舍弃了这 3 个测点. 因此,最终综合选定剩余 88 个流动测点的资料,及 2007 年 1 月菲律宾 Muntinlupa 地磁台和中国琼州地磁台的数据作为本文研究的基础数据. 菲律宾地区 88 个地磁测点及边界约束点如图 1 所示。

数据处理和建模的主要步骤如下:

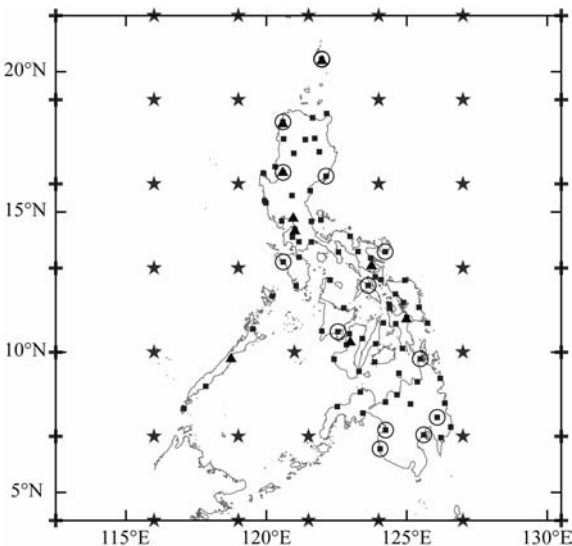


图 1 测点位置图

▲中非合作测量的点, ■NAMRIA 提供的测点, +仅用于泰勒多项式模型的边界约束点, +★用于球冠谐和模型的边界约束点, ○舍去的测点

Fig. 1 Survey sites

▲By CEA and PAGASA, ■By NAMRIA, +Used in Taylor model, +★Used in spherical cap harmonic model, ○Deleted

首先,在数据处理过程中,为了确保台站数据的可靠性,将 2007 年 1 月中国海南岛琼州地磁台的  $D$ 、 $Z$ 、 $H$  绝对观测分钟值数据与 Muntinlupa 地磁台的观测数据进行对比,确认了 Muntinlupa 数据质量的不可靠性,因此选择所能得到的离菲律宾最近的琼州地磁台作为通化参考台,对测点数据进行日变改正. 然后,依据 IGRF10,将  $F$ 、 $D$ 、 $I$ 、 $H$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  七个分量进行长期变改正,通化到 2005.0 年代。

其次,将上述方法处理得到的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个分量的数据与 IGRF10 计算值对比,对应空间点上的相同分量数值相差大于 500 nT 时,视为异常点并剔除,共去掉了 14 个异常点,表 1 中给出了这 14 个点相关信息. 剩余 74 个测点的数据是菲律宾地磁图所使用的测量数据. 根据边界效应的空间分布特征,确定了球冠谐和模型的 IGRF10 约束点为 42 个,泰勒多项式模型的约束点为 28 个(如图 1 所示)。

通过上述数据处理,最终获得了 2005.0 菲律宾及周边地区地磁基本场测量数据集。

## 3 结果分析

建立球冠谐和、泰勒多项式模型,首先必须确定两种模型的截断阶数. 如何确定合适的截断阶数,是区域模型计算的难点,一般根据计算区域的范围、边界效应和均方差综合考虑确定。

图 2a 是根据球冠谐和模型计算的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三分量的均方差,图 2b 是根据泰勒多项式模型计算的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三分量的均方差. 从图 2a 可以看出,  $X$  分量的均方差在 5 阶附近出现第一个低值;  $Y$  分量的均方差在 4 阶出现第一个低点,在 9 阶时  $Y$  分量出现一个大的拐点;  $Z$  分量的均方差直到本文计算的最大阶次 12 阶时,依然没有出现明显的拐点. 从图 2b 中看出  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个分量的均方差都在 2 阶处出现明显的拐点,之后随着阶数的增加,三个分量的均方差基本保持不变. 根据图 2a 和模型试算知:虽然  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三分量的均方差在 8~10 阶均下降,但是由于截断阶数的增高,使得所建立的菲律宾地区的球冠谐和模型边界效应表现更明显。

综合考虑菲律宾地区面积大小、均方差和边界效应的影响,本研究最终确定球冠谐模型的截断阶数为 5 阶,泰勒模型的截断阶数为 3 阶。

### 3.1 球冠谐模型的计算结果

以  $121.5^\circ\text{E}$ 、 $13.0^\circ\text{N}$  为球冠极点,以  $10^\circ$  为球半角,以  $116.0^\circ\text{E}\sim 127.0^\circ\text{E}$ 、 $4.0^\circ\text{N}\sim 22.0^\circ\text{N}$  为计算

区间. 计算得到了菲律宾地区的地磁场球冠谐系数 (表 1) 及地磁场球冠谐和模型的七分量分布图, 如图 3 所示.

图 3 可以看出,  $X$ 、 $H$  的分布相似, 在  $10^{\circ}\text{N}$  左右出现系统的拐点, 使  $X$ 、 $H$  的分布由高纬地区的北西-南东走向转为低纬地区的近似北东-南北走

向, 这种分布使得同纬度地区的  $X$ 、 $H$  东高西低, 最大值均分布在  $9^{\circ}\text{N}$ 、 $116^{\circ}\text{E}$  左右的地区.  $D$ 、 $Y$  空间分布特征相似, 零线分布于  $8^{\circ}\text{N}$  左右呈东西展布, 其北侧为负, 南侧为正, 且等值线沿经度分布的同时, 在纬度上有不同程度的小起伏.  $D$  值的分布大约在  $0.5^{\circ}$  至  $-2.5^{\circ}$ ,  $Y$  值的分布大约在  $500\text{ nT}$  至  $-1700\text{ nT}$ .  $Z$ 、 $I$

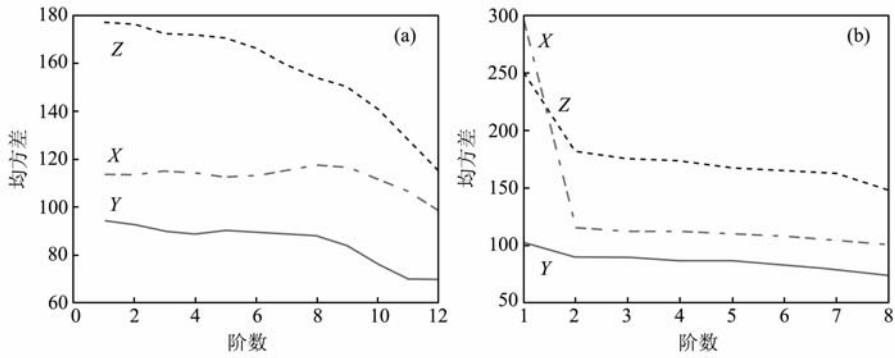


图 2 根据球冠谐模型(a)和泰勒模型(b)所计算的均方差与阶数的关系  
Fig. 2 RMS in Spherical Cap Harmonic and Taylor method

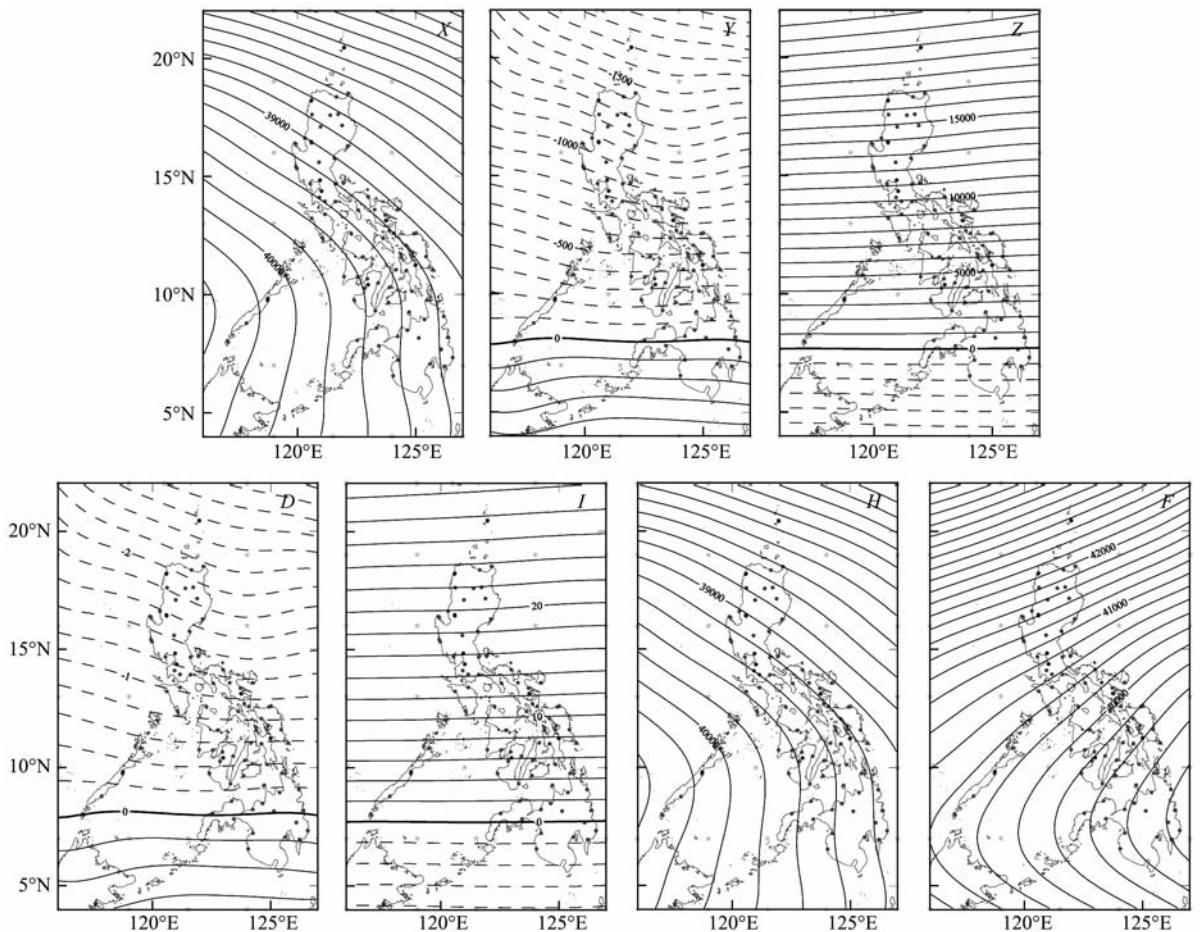


图 3 球冠谐和模型计算的菲律宾地磁场空间分布( $D$  和  $I$  的单位为  $^{\circ}$ ,  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $H$ 、 $F$  单位为  $\text{nT}$ )

Fig. 3 The geomagnetic spatial structure in Philippines by SCH ( $D$  and  $I$ , unit:  $^{\circ}$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $H$  and  $F$ , unit:  $\text{nT}$ )

表 1 截断阶数为 5 阶的球冠谐系数

Table 1 The coefficients of 5-order SCH model

$k$	$m$	$g_k^m$	$h_k^m$
0	0	18.2	
1	0	0.9	
1	1	3.5	3.2
2	0	-1.0	
2	1	-1.7	-2.2
2	2	-3.0	0.1
3	0	1.3	
3	1	2.3	2.1
3	2	2.3	-0.4
3	3	0.4	-0.5
4	0	-1.9	
4	1	-0.7	-1.2
4	2	-1.7	-0.1
4	3	-1.1	-1.1
4	4		-0.9
5	0		
5	1	0.3	0.6
5	2	1.5	0.4
5	3	1.3	0.3
5	4	-1.2	-0.5
5	5	-0.2	-0.8

空间分布呈现比较规则均匀的东西向分布,等值线比  $D$ 、 $Y$  两个分量的等值线更规则、光滑. 零线分布在  $7.5^\circ\text{N}$  左右, 零线北部是正值区域, 南部是负值区域,  $Z$ 、 $I$  正的最大值分布在菲律宾的最北端, 分别为  $20000\text{ nT}$  和  $28^\circ$ , 负的最大值分布在菲律宾的最南端, 分别为  $-600\text{ nT}$  和  $-5.5^\circ$ . 在  $10^\circ\text{N}$  以北地区, 总强度  $F$  的等值线呈现北东-南西向分布, 在  $8^\circ\text{N}$  左右总强度的等值线出现系统拐点, 在  $10^\circ\text{N}$  以南地区, 总强度的等值线呈现北西-南东向分布, 总强度最大值分布在  $8^\circ\text{N}$ ,  $126^\circ\text{E}$  左右, 值约为  $40800\text{ nT}$ .

3.2 泰勒模型的计算结果

以  $116.0^\circ\text{E}\sim 127.0^\circ\text{E}$ 、 $4.0^\circ\text{N}\sim 22.0^\circ\text{N}$  为计算区间, 以 3 阶截断阶数进行泰勒计算(图 4). 表 2 给出截断阶数为 3 阶的泰勒系数.

图 4 和图 3 可以看出, 泰勒模型计算的  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $D$ 、 $H$ 、 $I$ 、 $F$  七分量的分布与球冠谐模型计算的七分量的分布基本类似. 区别在于在泰勒模型中  $X$ 、 $H$ 、 $F$  出现的拐点要比球冠谐模型表现出的系统拐点舒缓很多. 在泰勒模型中  $D$ 、 $I$ 、 $Y$ 、 $Z$  四分量的分布

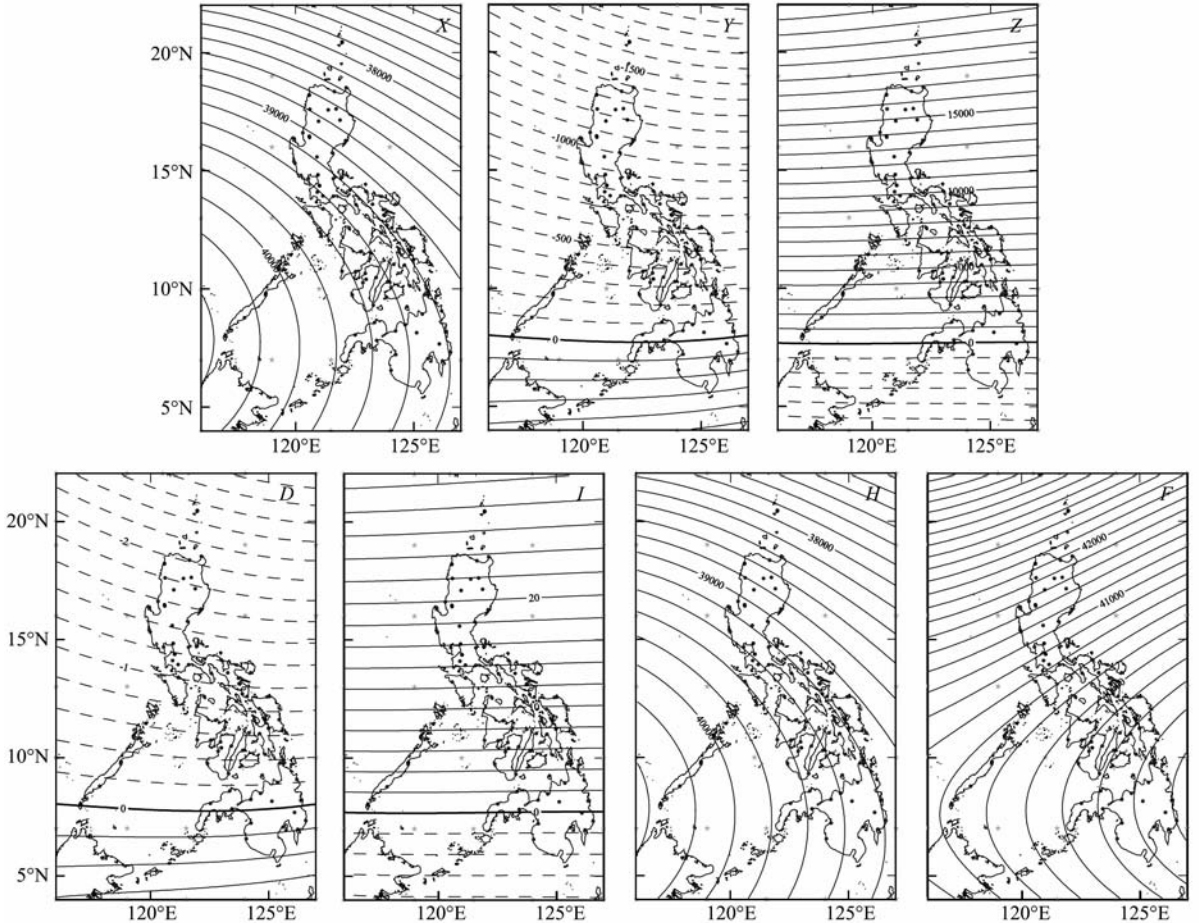


图 4 泰勒多项式模型计算的菲律宾地磁场空间分布( $D$  和  $I$  的单位为  $^\circ$ ,  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $H$ 、 $F$  单位为  $\text{nT}$ )

Fig. 4 The geomagnetic spatial structure in Philippines by Taylor ( $D$  and  $I$ , unit:  $^\circ$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $H$  and  $F$ , unit:  $\text{nT}$ )

表 2 截断阶数为 3 阶的泰勒系数

Table 2 The coefficients of 3-order Taylor model

$A_{nm}$	X	Y	Z
$A_{00}$	39475.1800	-659.9846	8484.9620
$A_{10}$	-7191.9730	-7206.2190	90316.1300
$A_{11}$	-7974.8630	-1019.5190	-4358.1290
$A_{20}$	-37773.1900	-1910.2260	-9232.4570
$A_{21}$	-1137.0550	-10232.7200	-35743.3700
$A_{22}$	-6582.4780	5982.5560	-6471.1160
$A_{30}$	-7797.8560	-10593.0700	-62094.2400
$A_{31}$	39835.7300	-4795.9090	-10518.1400
$A_{32}$	-26591.2200	23413.1900	-22090.4700
$A_{33}$	74299.5300	17760.2000	94954.0200

走向没有改变,但是等值线的分布要平滑工整许多,以至没有表现出明显的局部特征。

### 3.3 上述两种模型和 IGRF 的比较

从上面的分析和图知,两种模型 X、Y、Z、D、H、

I、F 七分量的分布形态、数值和零线位置的分布都很相似,这种分布与 IGRF 模型的七分量分布也很相似,但是球冠谐模型、泰勒模型和 IGRF 模型还是存在差别,下面比较上述两种模型与 IGRF 的区别。

根据球冠谐和与 IGRF 差值图(图 5)看出,在球冠谐和 IGRF 两种模型中,X、Y、Z、D、H、I、F 七分量的分布虽然很类似,但却并不完全相同。 $\Delta X$ 、 $\Delta H$  呈现由高纬到低纬正负异常相间分布的特征,正异常的最大值分布在  $11^\circ\text{N}$ ,  $120^\circ\text{E}$ ,异常中心值都为  $70\text{ nT}$ ,最大负异常中心分布于  $6^\circ\text{N}$ ,  $123^\circ\text{E}$ ,异常中心值大于  $70\text{ nT}$ 。 $\Delta Z$ 、 $\Delta I$  出现了东西方向正负相间的不同异常区,在  $17^\circ\text{N}$  附近,东西方向出现两个负异常中心,中心最大异常值分别为  $-20\text{ nT}$ 、 $-5'$ ,在  $13^\circ\text{N}$  出现了正异常中心,最大异常值分别为  $30\text{ nT}$ 、 $3'$ ,在  $7^\circ\text{N}$  左右出现另外一个负异常,异常最大值分别在  $110\text{ nT}$ 、 $8'$  左右,而在  $5^\circ\text{N}$ ,  $124^\circ\text{E}$  左右的正异常最大值则分别达到  $80\text{ nT}$ 、 $7'$ 。 $\Delta Y$ 、 $\Delta D$  的分布也几乎一致,在菲律宾的西北和西南分布这两个正异

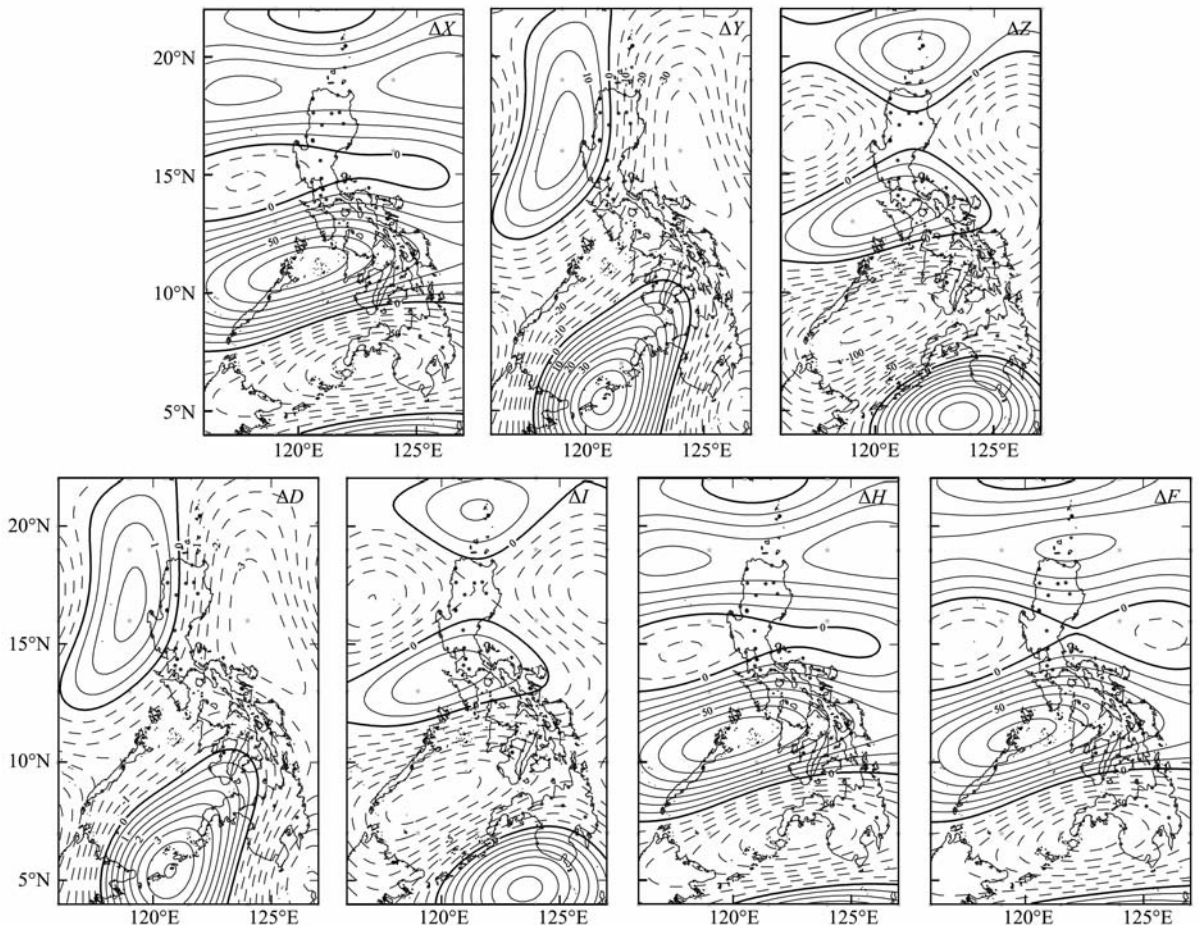


图 5 球冠谐与 IGRF 差值图( $\Delta D$  和  $\Delta I$  的单位为',  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 、 $\Delta H$ 、 $\Delta F$  单位为 nT)

Fig. 5 The difference between SCH model and IGRF ( $\Delta D$  and  $\Delta I$ , unit; ',  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ,  $\Delta H$  and  $\Delta F$ , unit; nT)

常中心,西北方向的正异常最大值分别为 15 nT、1.5', 5°N, 120°E 处的正异常最大值则高达 21 nT、4',  $\Delta Y$ 、 $\Delta D$  在除此之外的区域则分布着负异常,最大异常值分别为 -35 nT、-3'。  $\Delta F$  的分布则自北向南依次分布贯穿计算区域的条带状正负异常, 20°N 左右的正异常中心的最大值大约为 40 nT, 10°N 左右的正异常的最大值为 70 nT; 而与正异常相邻的负异常的异常值分别为 30 nT(15°N), 70 nT(5°N)。

泰勒多项式与 IGRF 的差值图(图 6)中各分量的差值分布没有球冠谐与 IGRF 的差值图(图 5)零碎, 异常分布要完整。  $\Delta X$ 、 $\Delta H$  在菲律宾的大部分区域分布着正异常, 只有少数区域分布负异常, 正异常的最大值为 55 nT(15°N, 119°E), 负异常的最大值分布于菲律宾的东南区域, 大约为 40 nT(5°N, 126°E)。  $\Delta Z$ 、 $\Delta I$  的分布类似, 在所研究区域的大部分地区分布负值, 负异常中心值各高达 70 nT、6.5'(7°N, 122°E), 正异常只在周边地区很小的范围分布, 例如,  $\Delta I$  在 15°N 左右, 小于 120°E 的范围, 分布

着小范围的弱正异常, 最大异常只在 1' 左右, 对于  $\Delta Z$  此区域分布的正异常比  $\Delta I$  范围大些, 使得菲律宾此处的陆地分布着 20 nT 的异常。  $\Delta Y$ 、 $\Delta D$  在 5°N~15°N 分布贯穿东西的负异常, 其余区域则分布正异常。 正负异常最大异常值分别大于 50 nT、3'(19°N, 121°E), -80 nT、-7'(9°N, 127°E)。  $\Delta F$  只在所研究区域的西北、东南、东北三个角上有负异常分布, 负异常的最大值为 40 nT(17°N, 119°E), 其余的大部分地区分布着正异常, 正异常的最大值高达 55 nT 左右(5°N, 125°E)。

### 4 结 论

(1) 菲律宾地区两种模型的建立都需要精确可靠的测量数据和相关台站的数据资料, 不同模型反映的同一地区的地磁场分布形态基本类似, 由于建模方法的不同, 两种模型在拐点的舒缓度、等值线平滑度等方面存在区别。

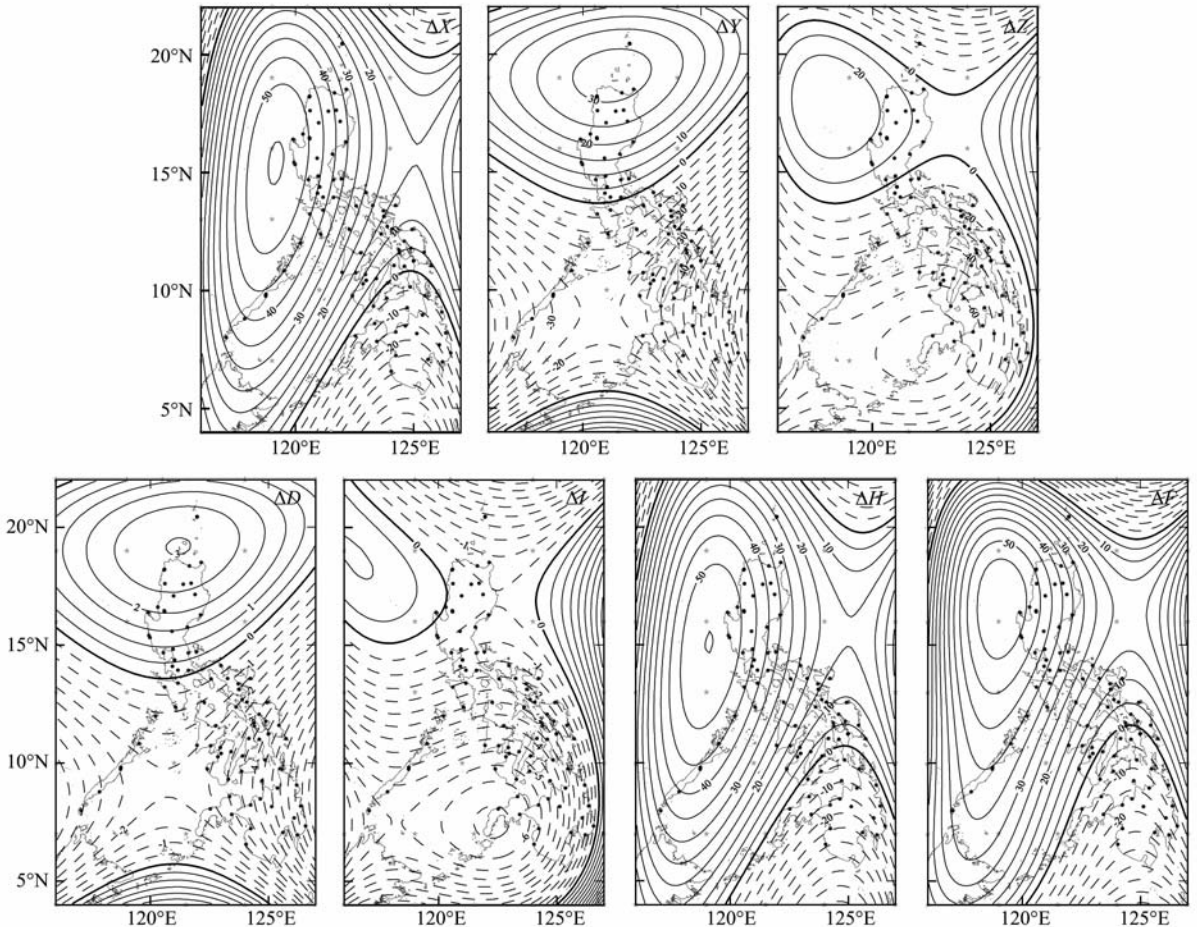


图 6 泰勒多项式与 IGRF 的差值( $\Delta D$  和  $\Delta I$  的单位为',  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 、 $\Delta H$ 、 $\Delta F$  单位为 nT)

Fig. 6 The difference between Taylor model and IGRF ( $\Delta D$  and  $\Delta I$ , unit: ',  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ,  $\Delta H$  and  $\Delta F$ , unit: nT)

(2)区域地磁场模型截断阶数的选取缺乏统一、有效的标准. 综合考虑收敛残差和边界效应,选取5阶球冠谐和模型和3阶泰勒多项式模型描述2005.0年代菲律宾区域地磁场. 两者描述的地磁场与IGRF描述的同期同区域地磁场存在50~100 nT左右的差异,这一差异应归结于模型建立过程中采用的大量精确可靠的观测数据.

(3)球冠谐和模型与IGRF10描述的2005.0年代菲律宾区域地磁场的差异约为80~100 nT,泰勒多项式模型与IGRF10描述的2005.0年代菲律宾区域地磁场的差异约为40~50 nT. 球冠谐和与泰勒多项式两种模型的差异应归结于建模方法的不同,且5阶球冠谐和模型描述的地磁场能量较3阶泰勒多项式模型为多,更能反映区域地磁场的实际分布形态.

#### 参考文献(References)

- [1] Ates A, Kearey P, Tufan S. New gravity and magnetic anomaly maps of Turkey. *Geophys. J. Int.*, 1999, **136**(2): 499~502
- [2] Buyuksarac A, Jordanova D, Ates A, et al. Interpretation of the gravity and magnetic anomalies of the Cappadocia region, central Turkey. *Pure Appl. Geophys.*, 2005, **162**(11): 2197~2213
- [3] Haines G V, Newitt L R. Canadian geomagnetic reference field 1985. *J. Geomag. Geoelectr.*, 1986, **38**(3):895~921
- [4] Newitt L R, Haines G V. A Canadian geomagnetic reference field for epoch 1987. 5. *J. Geomag. Geoelectr.*, 1989, **41**(2): 249~260
- [5] Allredge L. On regional magnetic charts. *J. Geomag. Geoelectr.*, 1987, **39**: 723~738
- [6] Barton C E. Global and regional geomagnetic reference fields. *Exploration Geophysics*, 1988, **19**(3):401~416
- [7] Haines G. Regional magnetic field modeling; a review. *J. Geomag. Geoelectr.*, 1990, **42**:1001~1018
- [8] Kote M, Haok V. Modelling European magnetic repeat station and survey data by SCHA in search of time-varying anomalies. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2000, **122**(3-4): 205~220
- [9] Allredge L R. Geomagnetic local and regional harmonic analysis. *J. Geophys. Res.*, 1982, **87**(B):1921~1926
- [10] Chen Z. Review of geomagnetic surveys in China. *Science Bulletin*, 1944, (1): 9~120
- [11] 夏国辉, 郑双良, 吴莉兰等. 1980年代中国地磁正常场图及其数学模式. 地球物理学报, 1988, **31**(1):82~89  
Xia G H, Zheng S L, Wu L L, et al. The geomagnetic field chart of China in 1980. 0 and the mathematical model. *Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica)* (in Chinese), 1988, **31**(1):82~89
- [12] 安振昌. 中国地区地磁场的球冠谐和分析. 地球物理学报, 1993, **36**(6): 753~764  
An Z C. Spherical cap harmonic analysis of geomagnetic field for China. *Chinese J. Geophys. (Acta Geophysica Sinica)* (in Chinese), 1993, **36**(6):753~764
- [13] Xu W Y, Xia G H, An Z C, et al. Magnetic survey and China GRF2000. *Earth, Planets and Space*, 2003, **55**(4): 215~217
- [14] 徐文耀, 魏志刚, 夏国辉. 2000年中国地区地磁场长期变化的区域特征. 地球物理学报, 2005, **48**(3): 551~560  
Xu W Y, Wei Z G, Xia G H. Regional features of the secular variation of the geomagnetic field in China for 2000. *Chinese J. Geophys. (in Chinese)*, 2005, **48**(3): 551~560
- [15] 顾左文, 安振昌, 高金田等. 京津冀地区地磁场球冠谐分析. 地球物理学报, 2004, **47**(6): 1003~1008  
Gu Z W, An Z C, Gao J T, et al. Spherical cap harmonic analysis on the geomagnetic field in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Chinese J. Geophys. (in Chinese)*, 2004, **47**(6): 1003~1008
- [16] 高金田, 安振昌, 顾左文等. 地磁正常场的选取与地磁异常场的计算. 地球物理学报, 2005, **48**(1): 56~62  
Gao J T, An Z C, Gu Z W, et al. Selection of the geomagnetic normal field and calculations of the geomagnetic anomalous field. *Chinese J. Geophys. (in Chinese)*, 2005, **48**(1): 56~62
- [17] Gu Z W, Zhan Z J, Gao J T, et al. Geomagnetic survey and geomagnetic model research in China. *Earth, Planets and Space*, 2006, **58**(6): 741~750
- [18] Gu Z W, Zhan Z J, Gao J T, et al. Application of GPS in geomagnetic survey. *Earth, Planets and Space*, 2006, **58**(6):723~729

(本文编辑 何 燕)