

董博,纪春玲,张环曦,等. 河北地区近年地磁场变化特征[J]. 华北地震科学,2017,35(4):22-28.

河北地区近年地磁场变化特征

董博^{1,2},纪春玲^{1*},张环曦¹,周安聘¹,茅远哲^{1,2},唐存智²,张尚清²

(1. 河北省地震局,石家庄 050021; 2. 河北地质大学,石家庄 050031)

摘要:通过分析河北及周边 10 个地磁台 2008—2016 年的各分量年均值数据和年变率曲线变化形态,发现 3 个分量均呈单调变化,Z 分量和 F 总场年变率从 2008 年开始均呈现出上升变化态势;利用克里金插值法对所研究区域地磁场变化特征进行插值计算,分析结果认为:在该研究区域内随着时间的递增,3 个分量等值线均逐渐由北向南缓慢的迁移。该研究对于了解近年来河北及附近区域地磁场变化规律有积极指导意义。

关键词:地磁场;年变率;克里金插值法;河北

中图分类号:P315.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-1375(2017)04-0022-07

doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2017.04.004

0 引言

地磁学是地球物理学的重要组成部分,地球磁场和地球引力场一样,属地球物理场。按场源位置划分,地磁场由外源场和内源场 2 部分组成。外源场起源于地表以上的空间电流体系,内源场包括源于地核的基本磁场,源于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。地磁场的变化和分布具有空间上的相关性和时间上的延拓性^[1],地磁台站观测的是包括占百分之九十几的内源场与百分之几的外源场在内的整个地磁场。通常来说,磁异常场属于内源场的一部分,也称为岩石圈磁场或地壳磁异常场。而在地磁异常中,有地震引起的地磁异常又占很小的比重,地磁场有各类长期变化和短期变化,只有研究并充分认识他们的规律,才能正确提取异常场^[2-4]。

本文所研究的原始数据取自中国地震局地磁台网数据库,通过分析研究河北及周边地区 2008—2016 年 9 年间该地区地磁场变化规律,认为台站在所研究区域内分布较合理,台站记录的磁场变化特征基本代表了河北省及附近区域地磁场的时空变化。不仅对了解地磁场变化形态有意义,还有助于识别地磁异常信号,为提供更有价值的地震地磁异

常信息做好准备工作。

1 台站概况

河北省现有 10 个地磁 FHD 观测台站,考虑到部分台站 FHD 仪器正式观测时间较晚,且存在大量的数据缺测,故只选取省内资料连续性较好的 6 个台站数据作为基础研究资料。为了能够更加真实地反映河北地区的地磁场变化特征及避免边界效应的产生,又选取靠近河北边界的周边省份 4 个地磁台数据作为研究资料(表 1)。

表 1 台站参数

台站名称	台基岩性	高程/m	类别
河北广平台	第四纪黄土层	54.0	基本台
河北红山台	石英砂岩	37.0	基准台
河北丰宁台	花岗片麻岩	674.0	基本台
河北承德台	角砾岩,变质岩	123.0	基本台
河北昌黎台	花岗岩	18.4	基本台
河北涉县台	中奥陶纪石灰岩	500.0	基准台
辽宁朝阳台	石灰岩	250.0	基本台
山西大同台	第四纪黄土层	1 210.0	基本台
河南浚县台	第四纪黄土层	88.9	基本台
山东济南台	奥陶纪石灰岩	131.0	基本台

收稿日期:2017-03-10

基金项目:2017 年河北省地震局地震科技星火计划项目(DZ20170510065)

作者简介:董博(1986—),男,河北鹿泉人,工程师,主要从事地震监测与分析预报工作. E-mail:dongbo0002@126.com

* 通讯作者:纪春玲(1987—),女,河北晋州人,助理工程师,主要从事地震监测与分析预报工作. E-mail:279694644@qq.com

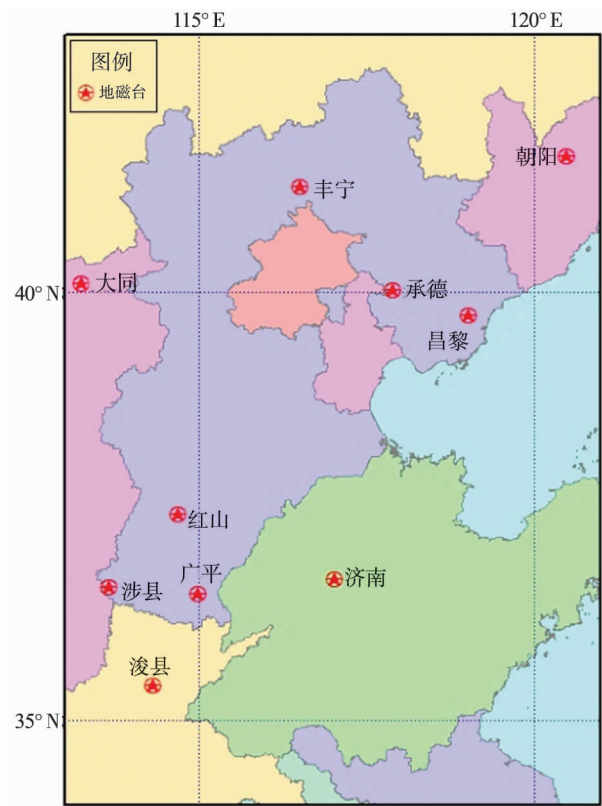


图 1 地磁台站位置分布图

2 资料收集与处理

从中国地震局地磁台网数据库中提取了

2008—2016 年广平等 10 个地磁台站各要素 (F 、 H 、 Z) 的原始数据。通过对这 10 个监测台站 9 年的地磁资料进行分析,认为数据真实性符合我们对该地区地磁场变化特征分析研究的要求。通过对原始数据进行预处理,突出了地磁数据的趋势变化,并计算得到了河北省及周边地磁台站各要素的年均值。

3 数据分析

3.1 各台数据变化趋势分析

本文所选各地磁台 9 年的观测资料客观地记录和反映了该地区的地磁场的近期变化特征。对这些台 2008—2016 年的地磁总场 F ,垂直分量 Z 及水平分量 H 观测资料进行统计、计算后,用年均值做图 (图 2~4),可从 F 、 H 、 Z 各自的变化趋势看出,形态变化虽有所不同,但一致性较好;3 个分量曲线形态均呈现单调变化,比如各台 H 分量从 2008 年开始呈逐年缓慢减小,变化曲线单调递减,近似于线性变化,到 2016 年约下降了 309.2 nT,平均每年下降 38.7 nT; Z 分量和 F 总场曲线变化形态则相反,二者均呈现逐年缓慢单调上升现象,各台 Z 分量和 F 总场从 2008—2016 年上升的平均幅度分别为 449.8 nT 和 231.1 nT,平均年变化幅度为 56.2 nT 和 28.9 nT。

表 2 各地磁台站水平分量 H 年均值统计表

年份	朝阳	济南	红山	昌黎	承德	丰宁	广平	涉县	大同	浚县
2008	27 338.1	30 749.5	29 992.3	28 615.5	27 613.6	27 708.7	30 724.2	30 668.4	28 550.2	31 226.1
2009	27 303.5	30 728.1	29 963.6	28 576.5	27 575.4	27 682.1	30 688.7	30 644.8	28 526.6	31 203.2
2010	27 268.5	30 704.7	29 926.8	28 546.2	27 536.9	27 643.4	30 648.2	30 604.6	28 491.7	31 171.1
2011	27 230.4	30 682.5	29 884.1	28 509.3	27 489.9	27 603.7	30 612.5	30 564.5	28 446.8	31 131.6
2012	27 184.1	30 642.1	29 835.2	28 453.6	27 438.7	27 555.8	30 562.9	30 515.5	28 395.6	31 087.4
2013	27 130.6	30 607.2	29 795.6	28 418.4	27 393.5	27 509.2	30 530.2	30 473.4	28 347.6	31 049.7
2014	27 086.1	30 575.4	29 756.5	28 380.6	27 345.4	27 464.5	30 501.1	30 435.7	28 308.6	31 015.4
2015	27 040.2	30 533.2	29 706.6	28 339.8	27 289.7	27 413.4	30 459.6	30 388.6	28 257.2	30 976.5
2016	27 011.1	30 505.6	29 682.7	28 316.2	27 255.6	27 363.5	30 432.1	30 362.6	28 215.7	30 950.6

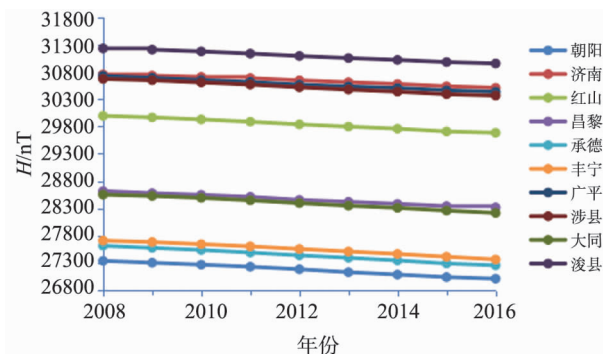
图 2 2008—2016 年各台 H 分量年均值曲线图

表 3 各地磁台站垂直分量 Z 年均值统计表

年份	朝阳	济南	红山	昌黎	承德	丰宁	广平	涉县	大同	浚县
2008	46 910.1	42 507.2	43 815.5	45 425.6	46 861.1	47 367.4	42 675.8	43 035.3	47 165.6	42 150.1
2009	46 916.3	42 543.6	43 831.6	45 448.5	46 875.2	47 373.5	42 696.5	43 051.5	47 195.2	42 174.3
2010	46 952.6	42 585.4	43 882.4	45 475.7	46 922.4	47 398.8	42 745.2	43 107.7	47 239.6	42 220.5
2011	46 993.5	42 625.2	43 933.5	45 520.6	46 981.6	47 434.7	42 797.3	43 158.4	47 289.4	42 263.2
2012	47 048.2	42 690.1	44 003.8	45 591.2	47 035.5	47 484.6	42 865.4	43 231.6	47 353.2	42 340.2
2013	47 110.1	42 765.7	44 080.7	45 654.8	47 095.4	47 575.2	42 947.9	43 315.2	47 423.1	42 412.2
2014	47 169.6	42 837.6	44 154.6	45 717.9	47 146.3	47 659.3	43 024.1	43 396.1	47 484.9	42 501.9
2015	47 230.8	42 915.7	44 237.1	45 782.4	47 200.1	47 739.4	43 115.5	43 480.6	47 552.7	42 579.7
2016	47 265.4	42 952.2	44 315.5	45 847.8	47 234.8	47 814.2	43 200.9	43 565.5	47 595.5	42 621.1

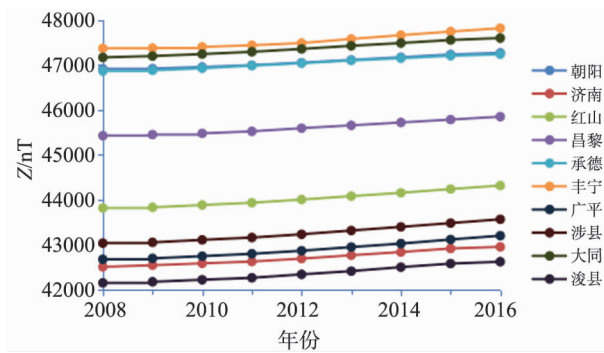


图 3 2008—2016 年各台 Z 分量年均值曲线图

表 4 各地磁台站总场 F 年均值统计表

年份	朝阳	济南	红山	昌黎	承德	丰宁	广平	涉县	大同	浚县
2008	54 295.2	52 397.8	53 080.5	53 670.1	54 353.8	54 849.6	52 559.1	52 846.1	55 133.2	52 441.4
2009	54 304.4	52 414.5	53 093.4	53 685.2	54 365.5	54 868.2	52 577.6	52 865.2	55 147.1	52 454.2
2010	54 326.6	52 433.2	53 115.6	53 695.3	54 390.4	54 885.6	52 600.2	52 885.2	55 166.7	52 468.6
2011	54 345.2	52 453.6	53 134.2	53 711.7	54 412.2	54 901.7	52 622.7	52 915.3	55 185.2	52 491.8
2012	54 375.2	52 482.1	53 163.3	53 741.6	54 434.6	54 925.2	52 650.2	52 945.4	55 211.2	52 516.2
2013	54 396.5	52 522.2	53 205.4	53 776.5	54 465.7	54 948.4	52 695.5	52 980.1	55 249.9	52 552.7
2014	54 421.7	52 561.4	53 245.5	53 809.7	54 495.4	54 994.8	52 740.4	53 025.7	55 282.5	52 604.2
2015	54 446.6	52 599.6	53 285.7	53 843.2	54 526.3	55 027.4	52 789.1	53 067.5	55 314.2	52 643.4
2016	54 465.1	52 634.2	53 338.9	53 887.4	54 557.9	55 069.2	52 843.6	53 101.6	55 351.6	52 689.2

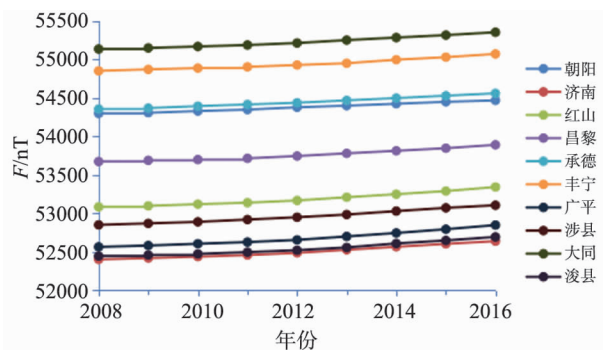


图 4 2008—2016 年各台 F 总场年均值曲线图

3.2 各台站年变率分析

地磁数据分析研究中,通常用 1 年的长期变化率来表示这一年地磁要素的变化大小^[5], t_0 年的长期变化率(年变率)的定义是

$$\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

其中: A_2 与 A_1 是 t_2 与 t_1 年某地磁要素的年均值, $t_0 = t_2 + 1/2\Delta t$ 。为了便于研究,将 Δt 的时间间隔取为 1 年,于是公式简化为 $\alpha = \Delta A$ 。令 $t_0 = t_2$ 。所以本文的年变率是指某年的年均值与前一年年均

值之差,通过这样处理,年变率的变化趋势会显得更加突出和直观。图 5~7 分别给出了所选各台记录的地磁总场 F ,垂直分量 Z 和水平分量 H 的年变率曲线图。

由图 5 可以看出,各台 H 分量的年变率从 2008 年开始整体呈现缓慢下降趋势,至 2012 年降至最低,而后发生转折,2012—2014 年开始变化为缓慢上升,而后在 2015 年年变率又开始变为下降,之后 2016 年开始转折上升。由于所选资料时间有限,至于近年 H 分量年变率变化形态是否具有短周期性,仍需后期长时间数据进行分析验证。由图 6 可以看出,各台 Z 分量年变率呈现逐渐上升的趋势,变化速度逐渐减小,至 2014 和 2015 年年变率变化速度趋近于零,2016 年开始呈现下降趋势。由图 7 可以看出,总场 F 的年变率在 2008—2011 年变化速度较缓慢,但仍然呈现上升态势,从 2011 年之后年变率变化速度开始迅速增加,至 2013 年左右开始变减速减小接近于 0,至 2016 年又开始缓慢上升。从图 6~7 可以看出, Z 分量和 F 总场年变率从 2008 年开始均呈现上升变化态势,这与张小涛等^[6]在分析前 20 年河北省内的绝对观测地磁数据的年变率时

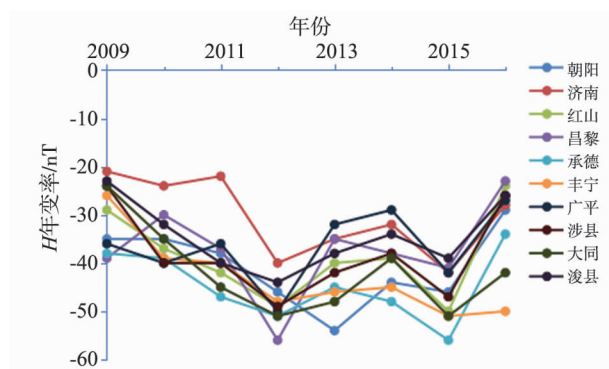


图 5 各台 H 分量年均值年变率曲线图

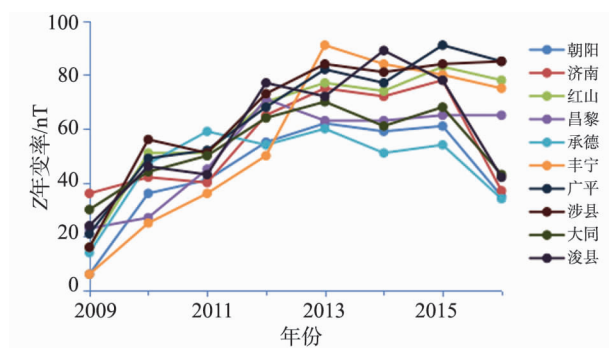


图 6 各台 Z 分量年均值年变率曲线图

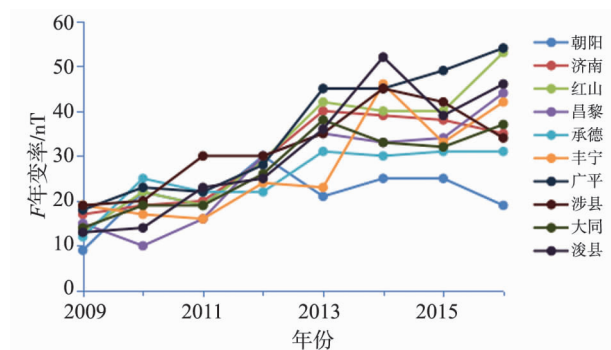


图 7 各台 F 总场年均值年变率曲线图

所呈现出的正弦形态变化相符合。按照其分析结果来看,2007 年后年变率变化曲线应该呈现出上升的态势,且上升时间大概为 7 a 左右。从年变率曲线能够看出一个共同的特点,在研究区域内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,这与谢用明等^[7]的研究成果基本吻合。

3.3 利用插值法分析区域地磁场变化特征

地磁数据的观测和采样往往在不规则且离散的测网(或测线)进行。为合理并正确解释地球物理异常,在保持原有场的特征前提下,有必要进行均匀且较密集规则网格的数据插值,形成直观的二维等值线,为进一步异常分析提供依据。

常用格网化插值方法包括径向基函数法,克里金法,最小曲率法,三角网线性内插法等。局部地磁场中的地球主磁场,地磁异常场及扰动磁场与克里金法的 3 种成分假设具有一一对应关系,因此克里金法能较为准确地反映局部地磁场的分布空间相关性规律,可用于局部磁场空间插值^[8]。

在插值进行前,由于所选 10 个地磁台站海拔高程相差较大,因此需对地磁观测数据进行高度改正。具体思路为,选定一个高度作为标准高度,选择相应经纬度作为计算点得出该地正常场,计算不同高度修正值。若台站海拔高于标准点,则实测值需要加上改正值,反之,减去改正值^[9]。应用克里金法对研究区域 2008—2016 年地磁资料进行插值计算,插值间隔为 0.075×0.075 ,使得 x 分成 96 个网格,而 y 分为 100 个网格,得到地磁场各分量的二维等值线和三维等值线。因 2008—2016 年各分量变化趋势差别不大,在此各分量三维等值线图只给出中间年份 2011 年的图作为参考。

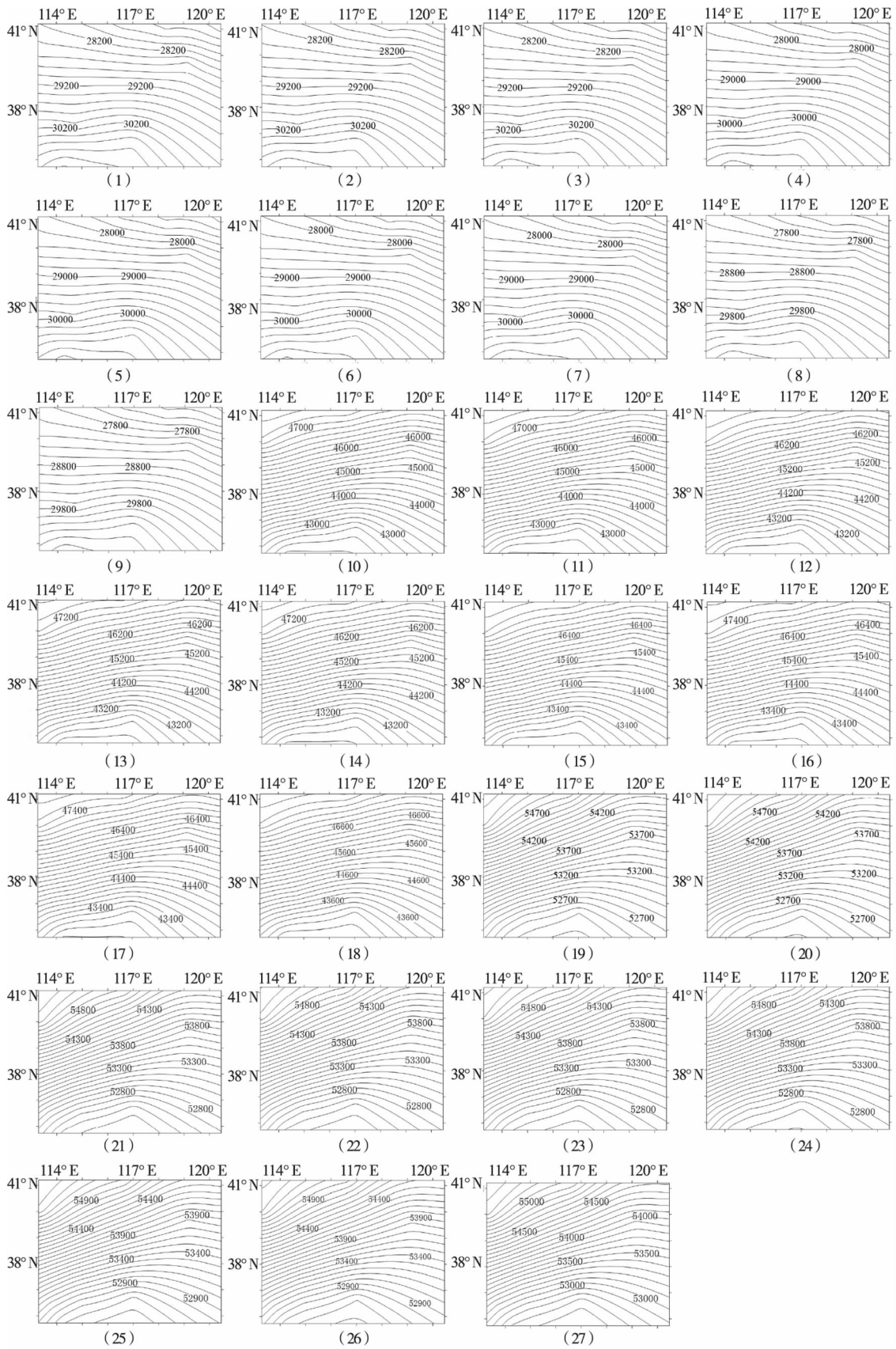


图 8(1)~(9):2008—2016 年 H 分量二维等值线图;图 8(10)~(18):2008—2016 年 Z 分量二维等值线图;
 图 8(19)~(27):2008—2016 年 F 分量二维等值线图

图 8 2008—2016 年河北及周边 H 、 Z 、 F 分量二维等值线图

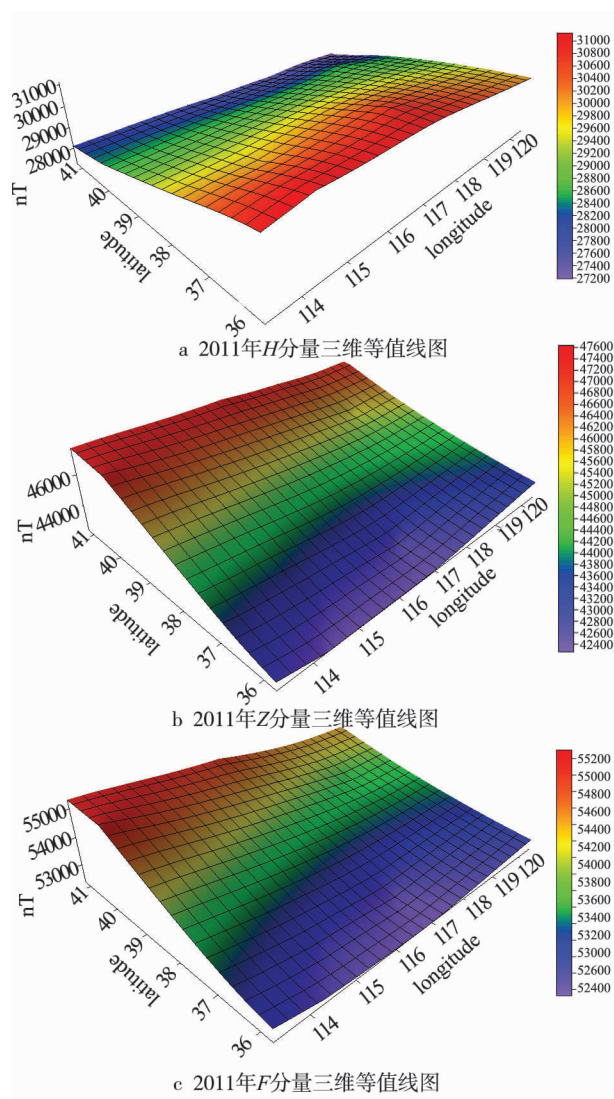


图9 2011年河北及周边H、Z、F分量三维等值线图

由图8(1)~(9)和图9a可以看出,随着纬度的增大,H值逐渐减小。在(113.5°~118°E,37°~40°N)和(118.5°~120.5°E,40°~40.8°N)范围内变化率较大,其他区域H值变化率较小;(114.5°E,35.7°N)处的H值较周围区域都大,为该研究区域的极大值。2008—2016年该研究区域H分量变化趋势较平稳,如果动态地观察这9a的等值线图,可以形象地看出在该研究区域内,H分量等值线随着时间的递增,逐渐由北向南缓慢地迁移。

由图8(10)~(18)和图9b可知,随着纬度的增大,Z值逐渐增大。在(113.5°~118°E,36.5°~40.1°N)和(118.2°~120.5°E,40°~40.8°N)范围内变化率较大,其他区域Z值变化率较小;(115.5°E,35.7°N)处的Z值较周围区域都小,为该研究区域的极小值。2008—2016年该研究区域Z分量变化

趋势较平稳,如果动态地观察这9年的等值线图,亦可以看出在该研究区域内,Z分量等值线随着时间的递增,逐渐由北向南缓慢地迁移。

由图8(19)~(27)和图9c可知,随着纬度的增大,F值逐渐增大。在(113.5°~118°E,37°~40°N)和(117.5°~120.5°E,40.1°~40.7°N)范围内变化率较大,其他区域F值变化率较小;(116.5°E,35.6°N)处的F值较周围区域都小,为该研究区域的极小值。2008—2016年该研究区域F总场变化趋势较平稳,且与Z分量的变化趋势相一致。总体来看,F总场等值线也是随时间逐渐由北向南缓慢地迁移。

4 结论与讨论

综上所述,河北地区近年地磁场变化具有如下特征:

1)从F、H、Z各自的变化趋势来看,形态变化虽有所不同,但一致性较好,且3个分量曲线形态均呈现单调变化,各台H分量逐年单调递减,近似于线性变化;Z分量和F总场曲线变化形态则相反,二者均呈现逐年单调上升现象;F、H、Z3个分量各台逐年平均变化量分别为27.6 nT、39.8 nT和56.2 nT,总体变化速度 $F < H < Z$ 。

2)Z分量和F总场年变率从2008年开始均呈现出上升变化态势,这与张小涛等^[5]在分析前20a河北省内的地磁数据的年变率时所呈现出的正弦形态变化相符合。按照其分析结果来看,2007年后,年变率变化曲线应该呈现出上升的态势,且上升时间大概为7a左右。H分量年变率是否存在短周期变化需后期积累大量的测量数据进行验证。

3)随着纬度的增大,H值逐渐减小,F和Z值逐渐增大。3个分量在(113.3°~117°E,36.5°~39.7°N)和(118.5°~120.5°E,40°~40.8°N)范围内变化率均较大,其他区域变化率相对较小;(114.5°~116.5°E,35.6°~35.7°N)小区域范围内均为F、H、Z极值所在之处,H为极大值,F、Z为极小值。动态地观察这9a的等值线图,可以形象地看出,在该研究区域内,3个分量等值线均逐渐由北向南缓慢地迁移。

4)F、H、Z等值线分布或许与该区内台站分布情况有关,由于研究区内分布台站较少等原因,分析精度和深度有待加强,积累更多资料后进一步分析和研究。

参考文献:

- [1] 薛革,陶九庆,张继红. 山东地区地磁背景场的变化特征[J]. 高原地震, 1995, 7(4): 50-55.
- [2] 张建国,乔子云,吕凤章,等. 河北省地磁场变化规律研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28(3): 8-12.
- [3] 张建国,姚丽,刘晓灿,等. 地震电离层 VLF 电磁场频谱特征研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2012, 32(3): 110-115.
- [4] 张建国,焦立果,刘晓灿,等. 汶川 $M_s8.0$ 级地震前后 ULF 电磁辐射频谱特征研究[J]. 地球物理学报, 2013, 56(4): 1253-1261.
- [5] 北京大学,中国科学技术大学地球物理教研室. 地磁学教程[M]. 北京:地震出版社, 1983: 56.
- [6] 张小涛,王莉森,韩丽萍. 河北省近年内地磁场变化规律的初步分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2008, 29(6): 17-21.
- [7] 解用明. 河北省近年地磁 Z 份量长期变特征[J]. 山西地震, 1996(2): 47-50.
- [8] 刘强,陶钧,刘旭,等. 基于克里金插值的磁法数据格网化研究[J]. 河南科学, 2013, 31(7): 1039-1044.
- [9] 董博,纪春玲,张环曦,等. 采用克里金插值法分析河北地区地磁场变化特征[J]. 地震地磁观测与研究, 2016, 37(3): 147-154.

Geomagnetic Field Variation Characteristics in Hebei Area in Recent Years

DONG Bo^{1,2}, JI Chun-ling^{1*}, ZHANG Huan-xi¹, ZHOU An-pin¹, MAO Yuan-zhe^{1,2},
TANG Cun-zhi², ZHANG Shang-qing²

(1. Hebei Earthquake Agency, Shijiazhuang 050021, China; 2. Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: In the paper, the annual mean data and the annual variation curve of the 10 geomagnetic stations in Hebei and the surrounding areas from 2008 to 2016 are analyzed. The analysis shows that: the three components show monotonic change; the total annual change rate of the Z component and F component from the beginning of 2008 show an upward trend. Then, the characteristics of magnetic field are studied using Kriging interpolation and the results indicated that: in the study area, the three components of the isoline are slowly moving from north to south as time goes on. The study has great significance to understand the geomagnetic field variation in Hebei and its adjacent areas in recent years.

Key words: Hebei; geomagnetic field; annual variation rate; Kriging

欢迎订阅《华北地震科学》

《华北地震科学》是由河北省地震局主办的地震科学综合性学术刊物,国内公开发行。主要刊登地震学方面具有创新性的研究成果,也登载地球物理、地震地质、地震工程等方面的学术论文及国内外地震科学研究的最新进展和成果。

《华北地震科学》均为季刊,每季末出版,每年 4 期,每期定价 15 元,全年定价为 60 元(含邮寄费)。2017 年继续由编辑部直接发行。凡欲订本刊的读者可通过全国非邮发报刊联合发行部或与本刊编辑部联系均可。

(1) 全国非邮发报刊联合征订服务部

邮 编: 300381

地 址: 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱全国非邮发报刊联合征订服务部

电 话: 022-23973378, 23962479

电子邮件: LHZD@public.tpt.tj.cn

(2) 本刊编辑部

邮 编: 050022

地 址: 石家庄市槐中路 262 号《华北地震科学》编辑部

电 话: 0311-85814313

电子邮件: he3g@eq-he.ac.cn; hbdzcx2015@163.com