

区域重力调查中正常重力公式对比

杨亚斌, 韩革命

(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊 065000)

摘要:简要介绍了正常重力场定义及影响其值大小的参数, 比较了1980正常重力公式与CGCS2000重力公式参数, 对现阶段重力勘探工作中经常使用的正常重力与CGCS2000坐标系正常重力场进行对比分析, 就区域重力调查工作中推广使用新正常重力公式的必要性进行了论述。由CGCS2000四个参数推导的正常重力场公式, 与以往使用的正常重力场公式相比, 更加科学、先进, 更能准确反映真实的地球重力场。

关键词:区域重力调查; 正常重力公式; CGCS2000大地坐标系

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2012)01-0045-03

国家测绘局2008年6月18日发布公告:我国自2008年7月1日起, 启用2000国家大地坐标系(CGCS2000)。2000国家大地坐标系与现行国家大地坐标系转换、衔接的过渡期为8~10年。从公告看出, CGCS2000系统必将取代1980西安坐标系(XA-80)和1954年北京坐标系(BJ-54)。

重力勘探方法中的重要参数正常重力公式与坐标系紧密相关, 而目前在区域重力调查工作中, 正常重力公式采用由国际大地测量协会(IAG)推荐的1980年公式。根据国家的政策要求, CGCS2000坐标系必然会在全国各行各业得到推广应用, 区域重力调查也应该紧跟科技发展的时代潮流, 积极采取有效方法, 就正常重力公式等相关技术问题进行详细探讨和研究, 实现向CGCS2000坐标系的过渡。笔者对现行国家大地坐标系下重力勘探工作中经常使用的正常重力与CGCS2000坐标系正常重力场进行对比分析, 就区域重力调查成果转换中应注意的问题进行了探讨。

1 正常重力场

在大地测量学、地球物理学等学科中, 为了便于对地球重力场进行深入研究, 人们引入一个正常重力场。所谓正常重力场是假想的一个形状和质量分布都很规则的匀速旋转的物体所产生的重力场, 这个物体即谓之正常地球。确定正常场的方法有多种, 从实用的角度出发, 目前一般用以水准椭球作为正常球体, 采用斯托克斯方法确定正常重力场, 其基

本形式如下:

$$g_{\varphi} = g_e [1 + \beta \sin^2 \varphi - \beta_1 \sin^2 (2\varphi)],$$
$$\beta = \frac{g_p - g_e}{g_e}, \beta_1 = \frac{1}{8} \varepsilon^2 + \frac{1}{4} \varepsilon \beta. \quad (1)$$

式中, g_e 为赤道重力值; g_p 为地球两极重力值; β 为地球的力学扁率; ε 为地球扁率; φ 计算点的地理纬度。水准椭球的重力场取决于水准椭球的四个基本参数: 椭球的长半径、椭球的扁率、椭球的总质量和它绕短轴旋转的角速度。随着人们对地球认识的加深, 正常椭球参数的采用值也在不断地演变, 使用的正常重力场也更接近实际重力场。

2 正常重力公式应用现状

区域重力调查与大地坐标系紧密相关, 不同坐标系对应的重力勘探公式也不同。我国于20世纪50年代, 采用参心坐标系、克拉索夫斯基椭球参数建立了国家大地坐标系统——1954年北京坐标系。1980西安坐标系是我国于20世纪80年代采用参心坐标系、IAG-75椭球参数建立的国家大地坐标系统。随着社会的进步, 国民经济建设、国防建设和社会发展、科学研究等对国家大地坐标系有了更高的要求。经国务院批准, 自2008年7月1日启用我国的地心坐标系——2000国家大地坐标系(CGCS2000)。该坐标系与1954年北京坐标系、1980西安坐标系的差异见表1。

目前区域重力调查工作执行的规范为《区域重力调查规范》(DZ/T 0082-2006)(以下简称《区重规

收稿日期: 2011-05-23

基金项目: 地质矿产调查评价项目(1212010050235)资助

表 1 坐标系参数对照

项目	BJ-54	XA-80	CGCS2000	WGS-84
坐标系类型	参心	参心	地心	地心
定向	普尔科夫	1968.0JYD 地极原点方向	历元 2000.0 的 地球参考极的方向	BIH1984.0 定义的 协议地球极方向
椭球	克拉索夫斯基	IAG-75	CGCS2000	WGS-84
椭球长半轴参数/m	6 378 245	6 378 140	6 378 137	6 378 137
椭球扁率	1/298.3	1/298.257	1/298.257 222 101	1/298.257 223 563
时间因子	无	无	参考历元 2000.0	参考历元 1984.0
基础观测方式	传统三角测量	传统三角测量	GPS 静态测量	GPS 静态测量

范》),其中明确规定区域重力调查工作的坐标系统一采用 1954 年北京坐标系和 1985 国家高程基准;正常重力公式采用第十七届国际大地测量和地球物理联合会(IUGG)通过,由国际大地测量协会(IAG)推荐的 1980 年大地测量参考系统中的正常重力公式计算大地水准面上的重力值,即

$$g_0 = 978\,032.7[1 + 0.005\,302\,4\sin^2\varphi - 0.000\,005\,8\sin^2(2\varphi)]。 \quad (2)$$

比较常用的还有:1901~1909 年赫尔默特公式

$$g_0 = 978\,030[1 + 0.005\,302\sin^2\varphi - 0.000\,007\sin^2(2\varphi)]， \quad (3)$$

1930 年卡西尼公式

$$g_0 = 978\,049[1 + 0.005\,288\,4\sin^2\varphi - 0.000\,005\,9\sin^2(2\varphi)]。 \quad (4)$$

2000 国家大地坐标系(CGCS2000)是我国新一代大地坐标系,其采用的地球椭球参数见表 2。

表 2 正常重力公式对应椭球参数

项目	1980 公式	CGCS2000 公式
地心引力常数/($10^{14}\text{m}^3/\text{s}^2$)	3.986 005	3.986 004 418
椭球长半轴参数/m	6 378 137	6 378 137
椭球扁率	1/298.257	1/298.257 222 101
旋转速度/(10^{-5}rad/s)	7.292 115	7.292 115
赤道重力值/(10^{-5}m/s^2)	978 032.7	978 032.533 6
两极重力值/(10^{-5}m/s^2)	983 218.621	983 218.492 4

根据 2000 坐标系的参数,由公式(1)推出 CGCS2000 的正常重力公式:

$$g_0 = 978\,032.533\,61[1 + 0.005\,302\,44\sin^2\varphi - 0.000\,005\,82\sin^2(2\varphi)]。 \quad (5)$$

3 正常重力值比较

图 1 为 1980 年正常场值减 CGCS2000 正常场值曲线,从中可看出,CGCS2000 椭球面上正常重力值比 1980 年正常重力值的正常重力值小,在纬度 30° 的差异较大,为 $0.142\,6 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,在两极处的差异较小,为 $0.099\,2 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,两者差异的变化量级约 $0.043 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,曲线整体像梯形。

图 2 为 1930 年卡西尼正常场值减 CGCS2000 正常场值曲线,从中可看出,CGCS2000 椭球面上的

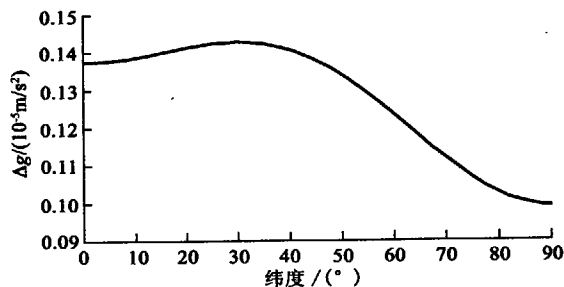


图 1 CGCS2000 与 1980 年正常重力场差值

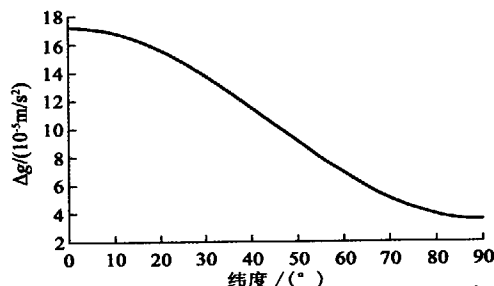


图 2 CGCS2000 与卡西尼正常重力场差值

正常重力值比卡西尼正常重力值小,在赤道的差异最大,为 $17.125 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,在两极处的差异最小,为 $3.484\,3 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,两者差异的变化量级约 $13.64 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,曲线整体像单斜坡。

图 3 为 1901~1909 年赫尔默特正常场值减 CGCS2000 正常场值曲线,从中可看出,CGCS2000 椭球面上的正常重力值比赫尔默特正常重力值大,在纬度 47° 附近的差异较大,为 $-3.949\,3 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,在赤道上的差异为 $-2.562\,5 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,在两极处的差异为 $-3.006\,5 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,三者差异的变化量级分别为 $-1.38 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 和 $-0.94 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$,

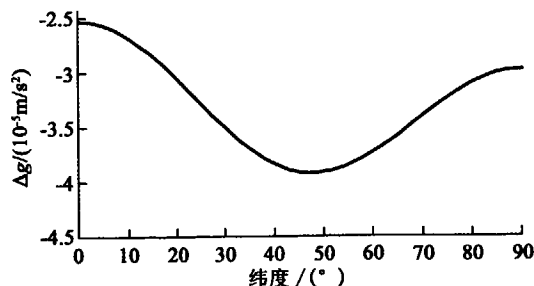


图 3 CGCS2000 与赫尔默特正常重力场差值

曲线整体呈“V”型。

4 重力调查比较

重力勘探研究基础是布格异常图,而影响布格异常值最重要的因素就是正常重力场值。我国幅员辽阔,南北跨度大,跨越北纬 $4^{\circ} \sim 54^{\circ}$,开展重力工作的部门较多,包括地矿、石油、测绘等,不同的研究部门,不同的研究目的,其应用的正常重力公式也不同。依据我国陆域具体情况,选取三个不同纬度的国际分幅1:5万图幅,计算了不同正常重力场差值,变化情况见图4及表3。从图4可看出,在1:5

万图幅范围内,CGCS2000正常重力场值与其他正常重力场差值特征都为—斜坡,与赫尔默特正常值相比较,二者差值南部变化最大,向北趋缓,变化率由 $(0.002\ 38 \sim 0.007\ 17) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;与卡西尼正常值相比较,二者的差值北部变化最大,向北趋缓,变化率由 $(0.038\ 33 \sim 0.023\ 89) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;与1980正常值相比较,二者的差值中部变化最小,为 $0.000\ 03 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;北部变化最大,为 $0.000\ 17 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$;变化率由 $(0.002\ 38 \sim 0.007\ 17) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。可见,纬度不同的区域,用不同的正常场公式计算的正常场值不同,对布格异常值的影响也不同。

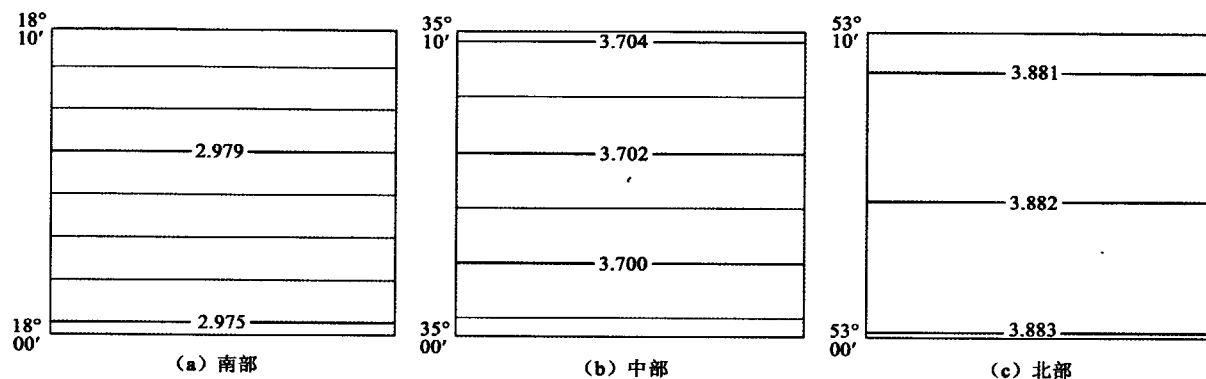


图4 CGCS2000与赫尔默特公式差值

表3 CGCS2000正常场与其他正常场差值变化率 10^{-5} m/s^2

位置	赫尔默特公式	卡西尼公式	1980年公式
南部(北纬 18°)	0.00717	0.02389	0.00004
中部(北纬 35°)	0.00556	0.03805	0.00003
北部(北纬 53°)	0.00238	0.03833	0.00017

在重力勘探工作中使用以往重力调查成果时,应区分其坐标系及布格异常应用的正常重力公式的类型,并注意纬度位置。如果其成果是数据,最佳应用途径是将数据统一转换到新的坐标系并应用新的正常重力公式,使布格异常值表达更科学、准确;若其成果为图件表达,应根据原图的坐标系及布格异常使用的正常重力公式,参照上述方法,选取相应的参数进行坐标系及正常重力公式的图件校正。只有这样才能较准确理解异常的规模、形态等特征,减少假异常,提高推断解释成果的准确性。

5 结论

正常重力场是人们根据研究需要而设定的形状和质量分布都很规则的匀速旋转的物体所产生的重力场。随着科学技术的发展,人们对地球认识的提高,不断修正计算参数,使正常重力场更加准确反映地球重力场。

CGCS2000采用地心坐标系作为参照系,其定位和定向更加精确,是动态的大地测量基准。它符

合IERS标准,属于现代意义上的大地测量基准。它的科学性、先进性和实用性是显而易见的。由CGCS2000四个参数推导的正常重力场公式,与以往使用的正常重力场公式相比,同样也更加科学、先进,更能准确反映真实的地球重力场。

现阶段区域重力调查工作应尽快修订相关的规范,制定相应工作计划,以便推广使用CGCS2000四个参数推导的正常重力场公式及其他相关改正公式,使正常重力场更加准确反映地球重力场,提高区域重力调查成果资料的精度,充分发挥其在地质基础调查工作中的作用。

参考文献:

- [1] 陈俊勇. 中国现代大地基准——中国大地坐标系2000(CGCS2000)及其框架[J]. 测绘学报, 2008, 37(3).
- [2] 现有测绘成果转换到2000国家大地坐标系技术指南[EB/OL]. 2008[2008-07-17] <http://chzt.sbsm.gov.cn/article/zxgz/gjddzbtgyy/tzgg/201009/20100900072113.shtml>.
- [3] 黄谟涛. 海洋重力场测定及其应用[M]. 北京:测绘出版社, 2005.
- [4] 曾华霖. 重力场与重力勘探[M]. 北京:地质出版社, 2005.
- [5] 中国地质调查局. DZ/T 0082-2006 区域重力调查规范[S].
- [6] 魏子卿. 正常重力公式[J]. 测绘学报, 2003, 23(5).

- [18] 孙青, 罗立强, 李圣强. 中国大陆科学钻探主孔 0 ~ 2 000 m 的 N_2 、Ar 和 He 流体地球化学[J]. 岩石学报, 2004, 20(1): 179 - 184.
- [19] 罗立强, 孙青, 詹秀春. 中国大陆科学钻探主孔 0 ~ 2 000 米流体剖面及流体地球化学研究[J]. 岩石学报, 2004, 20(1): 185 - 192.
- [20] 罗立强, 孙青, 詹秀春. 中国大陆科学深钻主孔流体剖面及流体地球化学研究[J]. 岩石学报, 2004, 20(1): 185 - 191.
- [21] 许志琴. 中国大陆科学钻探工程的科学目标及初步成果[J]. 岩石学报, 2004, 20(1): 1 - 8.

VARIATION OF DRILLING MUD GAS COMPONENTS AT 350 ~ 800 m INTERVAL OF No. 2 BOREHOLE OF SCIENTIFIC DRILLING FOR WENCHUAN SEISMIC FAULTED ZONE

LIU Shu-bo^{1,2}, TANG Li-jun², SUN Qing², CEN Kuang¹

(1. College of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China)

Abstract: Based on data of some gas components in drilling mud at 350 ~ 800 m interval of No. 2 borehole for WFS and Richter earthquake magnitude $M_L \geq 3.5$ catalog as well as lithologic character of cores from the faulted zone of Wenchuan earthquake, the authors investigated the relationships of anomalies of drilling mud de-gas gaseous components to tectonic environment and earthquake activity. The results show that the shattering of rocks is maximum at the interval of 660 ~ 680 m, the normalized values of various gases also show obvious positive and negative anomalies, and the intervals corresponding to the maximum and minimum values are places where aftershocks higher than the magnitude $M_s 3.0$ frequently occur. The gas anomalies mostly occur in cracks in rocks, surface of fractures and faults.

Key words: faulted zone of Wenchuan fault; scientific drilling engineering; fluid analysis; anomaly of gas components

作者简介: 刘舒波(1986 -), 女, 硕士研究生, 地质工程专业。

上接 47 页

A COMPARISON STUDY OF NORMAL GRAVITY FORMULAE IN REGIONAL GRAVITATIONAL SURVEY

YANG Ya-bin, HAN Ge-ming

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: This paper briefly describes the definition of the normal gravitational field and the parameters that affect its value, compares the 1980 normal gravity formulae and CGCS2000 normal gravitational field parameters, makes a comparative analysis of the normal gravity and CGCS2000 normal gravitational field parameters used frequently in present gravitational exploration work, and deals with the necessity of popularizing the new normal gravity formulae in regional gravitational survey. A comparison between the normal gravitational field formulae deduced by four parameters of CGCS2000 and previously used normal gravitational field formulae shows that the former formulae are more scientific and advanced and can more accurately reflect real earth gravitational field.

Key words: normal gravity formula; CGCS2000; regional gravity survey

作者简介: 杨亚斌(1965 -), 男, 高级工程师, 现主要从事重力勘查工作。