

文章编号: 1001- 1595(2008)03- 0269- 03

中图分类号: P22

文献标识码: A

中国现代大地基准

——中国大地坐标系统 2000(CGCS 2000)及其框架

陈俊勇

国家测绘局, 北京 100830

Chinese Modern Geodetic Datum

——Chinese Geodetic Coordinate System 2000 (CGCS 2000) and Its Frame

CHEN Jun-yong

State Bureau of Surveying and Mapping, Beijing 100830

Abstract The definition and geodetic fundamental constants of Chinese geocentric 3D coordinate system(CGCS 2000)is concisely introduced, which will be employed since July 1, 2008. The corresponding coordinate frame with CGCS 2000 is reviewed. The necessary conditions for the national frame to realize the CGCS 2000 include two parts. The first one consists of enough number, propriety density and high accuracy of national GNSS continuous operation stations, and second one is the national geodetic control network with high accuracy. For the time being the national frame only consisted of 2000 national GPS network and the national astro-geodetic network batch adjusted with the GPS network mentioned above. The customers may be satisfied with frame in recent years. The influences on the current existing Chinese maps caused by the change of the coordinate systems such as the changes of latitude, longitude, Gauss plane coordinates of the surface points and their projection on the map, as well as the variation of the orientation and the length of the lines between the points on the map (including map outlines) are discussed, and the fundamental way to deal with it is introduced.

Key words geodetic datum; coordinate system; coordinate frame; geodetic fundamental constants; CGCS 2000; coordinate transformation; Continuous Operating Reference Station(CORS); changes of point position

摘 要: 简要介绍 2008 年 7 月 1 日启用的中国地心坐标系统 2000 (CGCS 2000)的定义及其采用的大地测量基本常数, 并对 CGCS 2000 的坐标框架进行了评述: 它应该是高精度, 涵盖全部陆海国土, 动态, 具有方便用户的密度和分布. 它由全球导航卫星系统国家级连续运行站网和国家高精度大地控制网这两部分组成. 目前的框架由 2000 国家 GPS 大地网和它与全国天文大地网联合平差的成果构成, 可以满足近期的需求. 采用 CGCS 2000 后将引起中国境内地面点的大地经纬度值、高斯平面坐标值、地图上点间的方向和长度值等的变动, 本文给出了相应的变动值和应对的基本思路.

关键词: 大地基准; 坐标系统; 坐标框架; 大地测量基本常数; CGCS 2000; 坐标变换; 连续运行参考站; 点位变动

为了迎接 21 世纪经济的持续发展, 为信息化社会发展提供一个基础地理平台, 为了更科学的描述动态的地球, 特别是随着全球定位系统等空间大地测量技术的不断发展和完善, 世界各国都在更新和完善各自的大地坐标系统和它相应的坐标框架^[1, 2]. 地心坐标系统及其框架正在逐渐取代传统的非地心大地坐标系统及其框架. 空间大地测量技术的发展, 对大地基准的现代化提出了

新的要求, 也提供了实现的可能.

1 中国启用地心 3 维坐标系统为国家大地坐标系统

1.1 中国采用符合客观空间实际的地心 3 维大地坐标系统^[3~6]

对我国国土范围内所考虑对象的空间位置 (不论该对象是处于静态还是动态), 都需要一个

全国统一的、协调一致的大地坐标系统和大地坐标框架。面临空间和信息技术及其应用的迅猛发展和广泛普及,在动态地球的客观环境中创建数字中国,若单纯采用目前的非地心、2 维、低精度、静态的大地坐标系统和大地坐标框架作为我国现代平面基准,它所带来不协调会愈来愈多。

过去由于科技水平的制约和实际的需求,大地坐标系统在实际使用中一般不采用 3 维坐标。此外,由于人类总是习惯对平面介质(例如纸或屏幕)上的目标进行观测。也就是说,人们常常将 3 维空间的目标以某种数学关系投影到 2 维的平面介质上进行考察研究。这种将 3 维空间目标转化为 2 维后,该目标第 3 维的高程信息往往只作为地理信息系统中的属性处理,这样在许多场合会导致空间目标在划分与表达方面的困难。随着空间技术和虚拟技术的发展,采用符合客观空间实际的 3 维坐标,将是一种必然的趋势。

3 维坐标系统的原点可以是参心的,也可以是地心的。若采用以地球质心为大地坐标系的原点,即采用地心坐标系的优点是明显的。因为这种坐标系统是阐明地球上各种地理和物理现象,特别是空间物体运动的本始参照系,但长期以来由于人类不能精确确定地心的位置,因而较少使用。但目前利用空间技术等手段已可在厘米量级上确定它的位置。因此采用地心坐标系在当今既有它的必要性也有了可能性。现在利用空间技术所得到的定位和影像等成果,客观上都是以地心坐标系为参照系,因此采用这一坐标系作为我国平面基准,就能最有效的利用这一技术,能最大限度的取得这一技术所带来的好处。

有鉴于中国经济、社会和科学技术的发展需求和可能,中国政府决定采用地心 3 维大地坐标系统,即从 2008 年 7 月 1 日起正式启用中国大地坐标系统 2000 (CGCS 2000)作为国家法定的坐标系,作为我国新一代的平面基准。

1.2 CGCS 2000 的定义及其大地测量基本常数^[4,6,7]

我国必须科学的采用 3 维地心大地坐标系统,它主要标志在两个方面:一是 3 维地心大地坐标系统的定义;二是这一系统所采用的大地测量基本常数。

我国采用的 3 维地心坐标系统 CGCS 2000 的定义应和迄今为止比较符合客观实际的国际通用地面参考系 (ITRS) 的定义在原则上保持一致^[7],CGCS 2000 的大地测量基本常数值为:

$$a=6\,378\,137\text{ m},\,1/f=298.257\,222\,101,\,GM=3.986\,004\,418\times10^{14}\text{ m}^3\text{ s}^{-2},\,\omega=7.292\,115\times10^{-5}\text{ rad s}^{-1}.$$

2 中国的地心 3 维坐标框架

CGCS 2000 的坐标框架应由两部分组成,第一部分是全球导航卫星系统 (GNSS) 国家级连续运行站网(以下简称国家 CORS 系统),第二部分是国家高精度大地控制网。

2.1 国家 CORS 系统的构建

国家 CORS 系统^[8]的主要任务是:通过 GNSS 数据和信息的接收、传输、处理、整合、发播和服务,向国内用户提供主要在中国陆海国土范围内的分米级或米级的实时动态空间位置服务,提供从 cm 级到 mm 级的高精度、3 维单点事后精密定位服务,以维持中国国家 3 维地心坐标框架的统一、高精度、和现势性,是实现 CGCS 2000 的基础。

构建国家 CORS 系统应注意下列四个方面:① 该系统应覆盖我国陆域和海域国土,实现国家陆海坐标与高程基准的统一;② CORS 要在顾及我国地质构造各块体分布的基础上,力求均匀分布,地质环境相对稳定;③ 充分利用地方和行业已有的 CORS,选择其中符合国家 CORS 要求的,将其改造为国家级 CORS;④ 同时应建立国家 CORS 网络管理服务中心,具有国家 CORS 的通讯网络管理、数据采集、处理和服务的功能。

我国目前行业性的、局域性的 GNSS CORS 系统很多^[9,10],缺乏在国家级规模上的统一规划和设计,我国至今还没有建立面向全国,为全国各行各业服务的国家 CORS 系统及其资源的共享平台。

2.2 国家高精度大地控制网

CGCS 2000 的坐标框架已初步建成。它包括两部分,一是我国高精度 2000 国家 GPS 大地网^[11],它的国内 GPS 网点为 2 542 个。平差后该网点的地心坐标在 ITRF97 坐标框架内,历元为 2000.0 时的点位中误差在 ±3 cm 以内。通过它和具有近 5 万大地点的全国天文大地网进行两网联合平差,将后者纳入 3 维地心坐标系,并提高它的全国天文大地网的精度和现势性^[11]。

3 采用地心 3 维坐标系对现有地图的影响

本文以西安 80 坐标系为例讨论采用地心 3

维坐标系对现有地图的影响^[12]。讨论的实质就是进行上述坐标系统更换时, 中国境内地面点原来标注的大地经纬度和高斯平面坐标值必将会相应变动, 从而使中国境内原有地图(包括地形图)上点和线(包括图廓点和图廓线)的位移, 以及它们之间的长度和方位的变化。

中国若由西安 80 坐标系更换为 CGCS 2000 地心 3 维坐标系, 则①地面点大地纬度和大地经度的变动区间分别为 $-1.6'' \sim +0.7''$ 和 $-6.4'' \sim -3.0''$ 。二者变动绝对值的平均值分别为 $0.57''$ 和 $4.4''$ 。②地面点高斯平面坐标 X 值和 Y 值的变动区间分别为 $-48.6 \text{ m} \sim +22.7 \text{ m}$ 和 $-115.7 \text{ m} \sim -75.7 \text{ m}$ 。二者变动绝对值的平均值分别为 16.31 m 和 106.9 m 。因此由于坐标系的这一更换, 在 1:5 万比例尺地图(含)及更大比例尺地图中点(含图廓点)的地理位置会有 1 cm 以下的位移, 而在同一幅地图中各点的位移差别是不同的, 但其差别在制图精度以内, 因此坐标系的更换只须对一幅图的图廓点给予新的坐标注记后, 该图即可视为在新坐标系内的地图。③在中国境内各种比例尺的地图中, 由于坐标系更换所导致的两点连线(包括图廓线)的长度和方位变动都在制图精度以内, 可以忽略不计。

参考文献:

[1] DANG Ya-min, CHEN Jun-yong. The Technical Development of International Geodetic Reference Frame[J]. Sci. of Surv. & Mapp., 2008, 33(1): 33-36. (党亚明, 陈俊勇. 国际大地测量参考框架技术进展[J]. 测绘科学, 2008, 33(1): 33-36.)

[2] CHEN Jun-yong. Progress in Theory and Practice for Geodetic Reference Coordinate Frame[J]. J. of Geod. & Geophy., 2007, 27(1): 1-6. (陈俊勇. 大地坐标框架理论和实践的进展[J]. 大地测量与地球动力学, 2007, 27(1): 1-6.)

[3] CHEN Jun-yong. Digital China-oriented Construction of China's Modern Geodetic Datum[J]. Bulletin of Surv. & Mapp., 2001, (3): 1-3. (陈俊勇. 面向数字中国建设中国的现代测绘基准[J]. 测绘通报, 2001, (3): 1-3)

[4] CHEN Jun-yong. On the Establishment of Chinese Modern Geodetic Coordinate System[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan Univ, 2002, 27(5): 441-444. (陈俊勇.

我国现代大地基准的思考[J]. 武汉大学学报(信息技术版), 2002, 27(5): 441-444.)

[5] CHEN Jun-yong. On the Chinese Modern Geodetic Coordinate System and Height System[J]. Bulletin of Surv. & Mapp., 2002, (8): 1-5. (陈俊勇. 对我国建立现代大地坐标系统和高程系统的建议[J]. 测绘通报, 2002, (8): 1-5.)

[6] CHEN Jun-yong. Necessity and Feasibility for a Geocentric 3D Coordinate System Employed in China[J]. Acta Geodatica et Cartographia Sinica, 2003, 32(4): 283-288. (陈俊勇. 关于中国采用地心 3 维坐标系统的探讨[J]. 测绘学报, 2003, 32(4): 283-288.)

[7] CHEN Jun-yong. Terrestrial Reference System, Geodetic Constant and Their Realization[J]. J. of Geod. & Geodyn., 2005, 25(3): 1-7. (陈俊勇. IERS 地球参考系统、大地测量常数及其实现[J]. 大地测量与地球动力学, 2005, 25(3): 1-7.)

[8] CHEN Jun-yong, ZHANG Peng, WU Jun-li, et al. On Chinese National Continuous Operating Reference System of GNSS[J]. Acta Geodatica et Cartographia Sinica, 2007, 36(4): 366-369. (陈俊勇, 张鹏, 武军丽, 等. 关于在中国构建全球导航卫星网国家级连续运行站系统的思考[J]. 测绘学报, 2007, 36(4): 366-369.)

[9] LIU Jing-nan, LIU Hui. Continuous Operational Reference System[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan Univ., 2003, 6(28): 259-264. (刘经南, 刘晖. 连续运行参考站网络-城市空间数据的基础设施[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 6(28): 259-264.)

[10] NIU Zhi-jun, MA Zong-jin, CHEN Xin-lian. Chinese Crustal Movement Observation Network[J]. J. of Geod. and Geodyn., 2002, 8(22): 88. (牛之俊, 马宗晋, 陈鑫连, 等. 中国地壳运动观测网络[J]. 大地测量与地球动力学, 2002, 8(22): 88.)

[11] CHEN Jun-yong, YANG Yuan-xi, WANG Ming, et al. Establishment of 2000 National Geodetic Control Network of China and Its Technological Progress[J]. Acta Geodatica et Cartographia Sinica, 2007, (1): 1-8. (陈俊勇, 杨元喜, 王敏, 等. 2000 国家大地控制网的构建和它的技术进步[J]. 测绘学报, 2007, (1): 1-8.)

[12] CHEN Jun-yong. Influence of Choosing the Geocentric 3D Coordinate System in China on the Chinese Existing Maps[J]. Acta Geodatica et Cartographia Sinica, 2004, 33(1): 1-5. (陈俊勇. 中国采用地心 3 维坐标系统对现有地图的影响初析[J]. 测绘学报, 2004, 33(1): 1-5.)

(责任编辑: 张燕燕)