



CGCS2000及WGS84坐标系 若干问题探讨及应对策略

林吉兆, 贾登科, 武 警

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 详细介绍了CGCS2000和WGS84坐标系、1980年西安坐标系、1954年北京坐标系的定义、特点和用途以及相互之间的区别和联系, 重点探讨了CGCS2000及WGS84坐标的获取方法、新旧坐标系精确转换等问题, 通过工程案例进行了进一步说明。

关键词: 2000国家大地坐标系;地心大地坐标系;2000国家GPS大地网;WGS84;NGA(美国国家智能化地理空间局); ITRF国际地球参考框架; 国际GPS服务机构(IGS)

中图分类号: P 284

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0027-04

Discussion and strategies about CGCS 2000 and WGS84 coordinate system

LIN Ji-zhao, JIA Deng-ke, WU Jing

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: This paper introduces the definition of CGCS2000 and WGS84 Coordinate System, the difference and contact between the two coordinate systems and the traditional coordinate system, discusses the issues concerning the access of the accurate coordinates of CGCS2000 or WGS84 and calculation of the accurate conversions among four kinds of coordinates each other, and describes the method for solving the problems by project cases.

Key words: China Geodetic Coordinate System 2000(CGCS2000); geocentric geodetic system; national GPS geodetic network 2000; World Geodetic System 1984(WGS84); International terrestrial reference frame (ITRF); International GPS service for Geodynamics (IGS)

近年来随着空间测绘技术的迅速发展, 2000国家大地坐标系(CGCS2000)及WGS84坐标系应用越来越广泛, 因此必然面临1954年北京坐标系和1980年西安坐标系向CGCS2000的转换问题; 对于以前测量的基于WGS84坐标系的测量成果, 由于观测年份不同, 采用的坐标框架有异, 成果数据也应进行必要转换。鉴于多种原因, 目前很少设计勘测单位能自主进行较高精度的坐标转换。本文对相关问题进行了较深入的探讨, 旨在为工程设计和工程测量的技术人员提供解决问题的思路。

1 我国坐标系统现状

1.1 参心坐标系与地心坐标系

参心坐标系是以参考椭球的几何中心为原点的大地坐标系, 又名局部坐标系。地心坐标系则是以地球质量中心为坐标系原点的大地坐标系, 为全球坐标系。参考椭球和某一特定区域的大地水准面最接近, 成图方便; 而地心坐标系所选用的是与整个大地水准面最密合的总椭球, 适合描述空间的位置和运动。两种坐标系所选用椭球见图1^[1-2]。

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 林吉兆(1960—), 男, 高级工程师, 主要从事港口工程测量及生产管理工作。

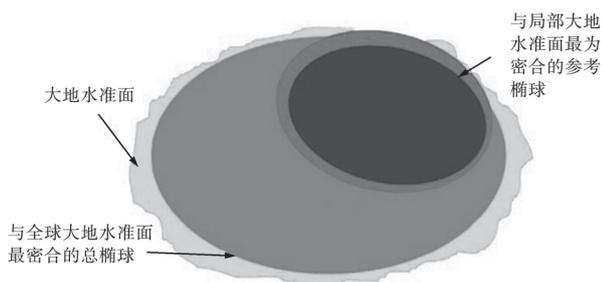


图1 两种坐标系统选用椭球对比

1.2 1954年北京坐标系及1980年西安坐标系

1954年北京坐标系是沿用前苏联1942年普尔科沃坐标系；1980年西安坐标系采用IAG1975椭球，原点位于陕西泾阳县永乐镇。两种坐标均属于参心坐标系。

1.3 WGS84及ITRF框架及两者间的关系

1.3.1 WGS84及ITRF框架

WGS84坐标系是一个协议地球坐标系，原点是地球的质心，Z轴指向为1984年定义的协议地球极点方向，属地心坐标系。2005年10月，我国海军航海图率先采用WGS84坐标系；2006年9月中国海事局也开始在海图上采用WGS84坐标系^[1-2]。

国际地球参考框架ITRF是国际地球参考系统(ITS)的实现，由国际地球自转及参考系统服务(IERS)负责，它是目前全球最为精确的全球参考框。IERS中心局根据基于VLBI、LLR、SLR、GPS和DORIS等多种空间大地测量技术的观测数据及其各自成果，综合得出ITRF最终结果后向全世界发布^[1-2]。

1.3.2 WGS84与ITRF的关系

WGS84与ITRF就定位来说精度相同，前者侧重绝对位置和适用于大地控制测量工作。后者考虑了地壳的运动，更适合研究全球地壳运动。

参考系或坐标系是唯一的，但是参考架却不是。WGS84坐标系的维持由12个地面跟踪站和卫星星历共同完成。参考框架有WGS84(G730)、WGS84(G873)和WGS84(G1150)，WGS84先后于1994年、1997年及2001年对GPS监测站坐标进行更新，目的就是和ITRF对准。

ITS的参考架也不是唯一的，有ITRF88、ITRF89、…、ITRF2005、ITRF2008等。基于

WGS84(G1150)的GPS精密星历(NGA)与基于ITRF2000的GPS精密星历(IGS)经比较确认是一致的，两种框架的发展及对应关系见图2^[3-4]。

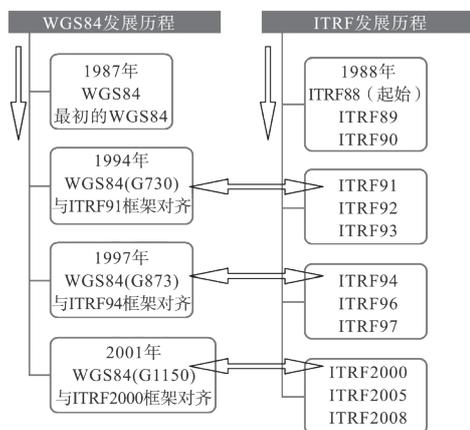


图2 WGS84与ITRF的发展及对应关系

1.4 2000国家大地坐标系

1.4.1 CGCS2000

2000国家大地坐标系简称CGCS2000。经国务院批准，自2008年7月1日起启用，过渡期为8~10 a。启用日后新的测绘成果应采用2000国家大地坐标系。

CGCS2000的原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心，是地心坐标系。CGCS2000是通过2000国家GPS大地控制网的ITRF97、2000历元下坐标(和速度)实现的，精度约为3 cm。CGCS2000和WGS84(G1150)是基本相容的，两者坐标基本一致。

1.4.2 CGCS2000与ITRF的转换

ITRF全球跟踪站的坐标和速度场可提供用户使用，并以此对自身进行维护。用户可下载IGS站观测数据和坐标，然后结合当地的观测数据进行基线解算及网平差，来获取待定点IGS(目前为2008框架)，历元为观测当天的瞬时历元坐标。之后就可以通过相关转换获得CGCS2000坐标。转换方法简要介绍如下：

首先统一历元，任一历元t的坐标值为：

$$P(t)=P(t_0)+P'X(t-t_0) \quad (1)$$

式中：P为转换参数；t₀为指定历元；t为速率。上述参数均可在IGS网站上查到。然后进行框架转换，可按BURSA七参数转换模型进行^[5]。

以国内IGS站点为例, 已知某4个站点在述方法转换为ITRF97框架, 历元2000.0的坐标。结
ITRF2008框架下, 历元2012.0的坐标及速度, 按上果见表1。

表1 转换前后坐标差

转换类型	IGS站名	D_x/cm	D_y/cm	D_z/cm
历元转换	XIAN	-37	-7	-11
	WUHN	-38	-10	-11
	SHAO	-37	-13	-12
	LHAS	-55	-9	17
框架转换	XIAN	0.1	-1.7	2.3
	WUHN	0.3	-1.7	2.5
	SHAO	0.4	-1.5	2.3
	LHAS	-0.3	-1.9	2.5

可以看出, 历元转换影响达到分米级, 框架转换影响最大仅为2.5 cm, 一般情况只进行历元转换即可^[5]。

2 坐标系间的区别与联系

为便于理解各坐标系的特点和适用范围,

现将各坐标系的特点列于表2。

从表2可以看出, 1954年北京坐标系与1980年西安坐标系均为参心坐标系, 但椭球名称及长半轴不一致; WGS84与CGCS2000均为地心坐标系, 椭球参数除扁率几乎完全一致。各坐标系的主要用途见表3。

表2 各坐标系特点比较

坐标系	椭球名称	椭球类型	建成年代	坐标类型	椭球长半轴a/m	扁率f	椭球定位方式	原点位置	坐标系维数	相对精度	实现技术
1954年北京坐标系	克拉索夫斯基	参考椭球	50年代	参心坐标	6 378 245	1:298.300	与局部大地水准面最吻合	与地球质量中心有较大偏差	二维坐标系	10 ⁻⁶	传统的大地测量技术
1980年西安坐标系	IUGG1975		1979	参心坐标	6 378 140	1:298.257	与全球大地水准面最密合	包括海洋和大气的整个地球的质量中心			
WGS 84	WGS-84	总地球椭球	1984	地心坐标系	6 378 137	1:298.257 223 563	与全球大地水准面最密合	包括海洋和大气的整个地球的质量中心	三维坐标系	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁸	现代空间大地测量技术
2000国家大地坐标系	CGCS2000		2008	地心坐标系	6 378 137	1:298.257 222 101					

表3 坐标系适用范围及使用情况

种类	名称	主要用途	使用部门及使用情况
世界大地坐标系	WGS84	海事、船舶航行、民航机场	海事局、民航局, 正在使用
国家大地坐标系	CGCS2000	2008年7月1日后新生产的各类测绘成果, 包括所有相关部门	各相关部门, 逐步推行
	1980年西安坐标系	国土、规划、地理信息及建设工程等	规划、国土、建设部门, 逐步被取代
	1954年北京坐标系	同上	同上
独立坐标系	地方坐标系	地方规划或建设需要	根据地区需要
	测区抵偿面坐标系	工程项目建设(如港口坐标系或机场坐标系)	根据规范要求
	工程坐标系	工程勘测、设计与施工	根据规范要求

3 CGCS2000与WGS84坐标获取方法

由于WGS84与2000国家大地坐标系均为地心坐标系, 椭球参数除扁率 f 几乎完全一致。所以只需要进行框架转换及历元转换便可由

WGS-84(ITRF2000框架, 2001.0历元)转化为CGCS2000(ITRF97框架, 2000.0历元), 所以本文只对获取WGS-84坐标的方法进行比较(表4)。

将GPS控制网与IGS跟踪站联测, 通过解算长

表4 获取WGS-84坐标的方法比较

种类	精度	优点	局限	说明
伪距单点定位	10~30 m	成本低	精度低	概略导航
伪距差分定位	3~5 m	简单快捷	精度低	中国沿海RBN/DGPS定位系统
RTK	厘米级	精度较高	范围较小	需要高精度起算点
静态精密单点定位	厘米级	精度高	观测时间较长	难度较大
精密动态单点定位	分米级	精度较高	需购置软件计算	采用实时的快速、超快速精密星历, 难度大, 费用大
IGS跟踪站联测	厘米级	精度高	用精密GPS解算软件解算长基线	观测时间较长, 需购置软件计算, 计算比较复杂
CORS连续运行参考站	厘米级	精度高	申请后提供有偿服务	部门或地区建立的CORS系统
海事、国土部门坐标转换服务	可达厘米级	精度高	服务窗口提供有偿服务	可供工程项目使用

基线获得精确WGS-84坐标。最短观测时间可为4 h。常见高精度GPS处理软件包括JPL的GIPSY、P3、Bernese、EPOS、武汉大学Trip等。软件使用起来十分复杂, 有些软件还有使用限制, 故一般工程单位不可行。当然IGS数据处理中心的服务机构也有免费为用户提供的服务, 如AUSPOS、JPL、SOPAC及NGS等, 用户只需将野外观测到的GPS原始数据转换为RINEX格式上传, 同时填写天线类型和天线高, 即可获得ITRF2008框架下的坐标。但由于是免费资源, 资料的准确性有待进一步验证^[6]。

针对吉布提某项目, 在选定上述方法先后4次对多个控制点进行了6 h的连续性观测, 经OPUS网站及AUSPOS网站计算后得到的ITRF2008坐标互差为: $\Delta N=6$ mm, $\Delta E=-7$ mm; 与业主提供的控制点坐标分量最大差值为0.2 m, 按1.4.2的方法将ITRF2008坐标结果归算到WGS84(ITRF2000框架, 2001.0历元)后其坐标与已知WGS84坐标基本一致。

4 结语

1) CGCS2000及WGS84坐标的广泛应用是必然的, 必须加强该坐标系统的应用研究, 各生产单位应加大投入, 积极进行此类技术的开

发或合作, 尽早实现满足工程技术要求的自主转换。

2) CGCS2000及WGS84坐标系统的精确坐标获取或转化的最优方案, 在目前阶段推荐表4最后2种方法, 即从政府部门及CORS服务中实现。

3) 工程技术人员应明确各种坐标系统适用范围, 并根据不同精度需要选择转换方法。

4) CGCS2000与ITRF及WGS84的转换需明确所对应的框架及历元, 并按要求进行历元统一及框架转换。

参考文献:

- [1] 杨元喜. 中国大地坐标系建设主要进展[J]. 测绘通报, 2005(1): 6-7.
- [2] 魏娜, 施闯. 地球参考框架的实现和维持[J]. 大地测量与地球动力学, 2009(4): 136-137.
- [3] 魏子卿. 大地坐标系新探[J]. 武汉大学学报, 2011(8): 884-885.
- [4] 魏子卿. 2000中国大地坐标系[J]. 大地测量与地球动力学, 2008(6): 1-2.
- [5] 尹伟言, 赵鑫. ITRF框架坐标转换问题的研究[J]. 测绘技术装备, 2012(3): 3-5.
- [6] 史子乐. 利用联测IGS跟踪站方法提高GPS控制网起算数据精度[J]. 北京测绘, 2008(3): 27-28.

(本文编辑 武亚庆)