

浅谈国际工程项目的测量基准和坐标系统

魏磊

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川成都 610081)

摘要:在不同国家从事工程测量工作,当地的测量基准和坐标系统常常困惑着参建的测量技术人员。如何能尽快地熟悉国际工程项目当地的测量基准和坐标系统并解决由此带来的测量工作的疑惑是一个日益突出的问题。结合几个国际工程项目测量工作的实践,介绍了不同国别国际工程项目的测量基准和坐标系统,可供开展国际工程项目测量工作的技术人员参考。

关键词:国际工程项目;测量基准;坐标系统

中图分类号:TV7;TV22

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)06-0052-03

1 概述

施工测量通常包括控制测量和工程细部测量两个部分,而控制测量最主要的是测量基准。工程测量基准包括基准点、参考椭球体及参数、初始子午线、地图投影和平面坐标系统。地球表面上的点位在不同的基准面会有不同的点位坐标值,其差值为几百米、甚至达到几千米。

施工测量工作是整个工程项目实施的先锋和眼睛,自工程项目中标后一直贯穿并服务于项目结束。众所周知的54北京坐标系、80西安坐标系或2000测量坐标系统其适用范围只限于我国境内。在国际工程项目中,由于各国采用的工程测量基准不一,参考椭球体及参数、初始子午线、地图投影和平面坐标系统等与国内系统差别较大。故在国际工程项目中标后,应及时安排测量技术人员进场,与业主/工程师联系,首先取得工程项目所在地相关的测量坐标系统参数、基准控制点和项目投影高程等基础资料,以便准确开展相关的工程测量工作,避免因坐标系统使用错误而造成全局性的工程构筑物位置错误。笔者对全球统一测量基准、国内坐标系统的变迁以及不同的国际坐标系统的差异进行了浅析并予以介绍,以增强大家对不同国别坐标系统的认识,学会在国际项目中正确运用各种不同的测量坐标系统。

2 国际上目前统一采用的WGS-84全球坐标系

WGS-84坐标系(World Geodetic System—1984 Coordinate System)是目前国际上采用的全

球地心坐标系。坐标原点为地球质心,其地心空间直角坐标系的Z轴指向BIH(国际时间服务机构)1984.0定义的协议地球极(CTP)方向,X轴指向BIH 1984.0的零子午面和CTP赤道的交点,Y轴与Z轴、X轴垂直构成右手坐标系,称为1984年世界大地坐标系统。建立WGS-84世界大地坐标系的一个重要目的是在全球建立一个统一的地心坐标系。

WGS-84地心坐标系采用的椭球是国际大地测量与地球物理联合会第17届大会大地测量常数推荐值,其四个基本参数分别为:

长半径 $a = 6\,378\,137 \pm 2$ (m);

地球引力和地球质量的乘积 $GM = 3\,986\,005 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \pm 0.6 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$;

地球自转角速度 $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1} \pm 0.15 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$;

扁率 $f = 0.003\,352\,810\,664$ 。

WGS-84地心坐标系可以与全世界各国目前使用的各种参心坐标系进行坐标转换,其方法之一:在测区内,利用至少3个以上公共点的两套坐标列出坐标转换方程,采用最小二乘原理解算出7个转换参数即可得到转换方程。其中7个转换参数是指3个平移参数、3个旋转参数和1个尺度参数。

按理说,WGS-84地心坐标系的坐标值具有全球地理位置唯一性,适用于全球任何地方的工程项目测量,其它测量坐标系均应转换成WGS-84地心坐标系,以实现全球测量地理信息和数据资源的共享。但实际上,由于各国的发展水平不

收稿日期:2016-10-28

一,不同国家对测量坐标系与本国符合情况、精度适用情况的要求不一;各国由于各自历史发展的原因,已经形成了大量的、本国独有的测量坐标体系及测量成果资源;不同国家为了本国国家地理信息和军事上的安全考虑,也不一定采用 WGS-84 地心坐标系。综上所述,目前不同的国家很难在短时间内采用统一的 WGS-84 地心坐标系。笔者以我国测量坐标系统的发展为例进行以下说明。

3 我国国内测量基准发展概况

根据《中华人民共和国测绘法》,目前我国使用的是自 2008 年 7 月 1 日起启用的 2000 国家大地坐标系。国家测绘局在公告中提供了新坐标系的技术参数,并在公告中要求 2008 年 7 月 1 日后新生产的各类测绘成果应采用 2000 国家大地坐标系。现有大地坐标系统和地理信息系统在 8~10 a 的过渡期内应逐步转换到 2000 国家大地坐标系。

2000 坐标系是全球地心坐标系在我国的具体体现,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。2000 坐标系采用的地球椭球参数如下:

长半轴 $a = 6\,378\,137\text{ m}$;

扁率 $f = 1/298.257\,222\,101$;

地心引力常数 $GM = 3.986\,004\,418 \times 10^{14}\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$;

自转角速度 $\omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}\text{ rad s}^{-1}$ 。

在此之前,我国还于 20 世纪 50 年代和 80 年代分别建立了 1954 年北京坐标系(简称“54 坐标系”)和 1980 西安坐标系(简称“80 坐标系”)。限于当时的技术条件,我国大地坐标系基本上是依赖于传统技术手段实现的。“54 坐标系”采用的是克拉索夫斯基椭球体,而该椭球在计算和定位的过程中没有采用中国的数据。该系统在我国范围内符合得不好,不能满足高精度定位以及地球科学、空间科学和战略武器发展的需要。20 世纪 80 年代,我国大地测量工作者经过 20 多年的艰苦努力,完成了全国一、二等天文大地网的布测。经过整体平差,采用 1975 年 IUGG 第十六届大会推荐的参考椭球参数建立了我国“80 坐标系”。但其成果受技术条件制约,精度偏低,无法满足现代技术发展的要求。

从我国目前测量成果资料的现状看存在以下

特点:

(1)从时间上看:“54 北京坐标系”、80 西安坐标系、2000 测量坐标系和 WGS-84 坐标系混合使用的情况比较多。80 西安坐标系出现之前,大量的 54 北京坐标系数据资料目前依然在使用中;中国改革开放以来的大量基础设施建设大量使用的是 80 西安坐标系;在 2008 年以后的新开工项目中,2000 测量坐标系和 WGS-84 坐标系的数据资料得到大量使用。因此,不同时间段的坐标并存于工程建设中。

(2)从空间上看:在同一个地域、不同部门分管的测绘活动中数据资料混用的情况也很多。比如目前全国铁路建设工程中大量使用 WGS-84 坐标系,但在铁路建设的征地、附属结构等方面又在使用 54 北京坐标或 80 西安坐标;在全国国土部门归档的坐标资料中也存在大量的 54 北京坐标或 80 西安坐标并存的情况。

4 不同国家测量基准和坐标系统情况

笔者简述了我国目前测量坐标系统的情况,这种情况不仅在我国存在,在世界各国的不同建设时期也出现了大量的类似情况。现在,不同国家的大地测量技术和成果都在不断的发展更新,每个国家发展到一定程度,对其测量精度和全国测量数据的统一性就会有更高的要求,在不同历史时期,以适应本国发展需要为前提,各国都希望找到最适合本国的大地测量和工程测量的基准面。目前全球使用的测量基准面多达 100 多种,如果加上不同国家在不同时期曾经使用过的测量坐标系统,数量还将更多。

通过笔者经历过的三个国际工程项目,简要介绍了工程所在国使用的测量坐标系统和测量理论。

4.1 马来西亚项目的测量坐标系

笔者有幸参加了马来西亚克拉隆取水项目和巴贡水电站建设,以上两个项目均位于东马来西亚。东马来西亚测量基准采用的是 Timbalai 1948 坐标系统,大地坐标原点位于沙巴州的 Timbalai 岛上,参考椭球体为 Everest 1830(1967 年定义),其参考椭球体参数为:

长半轴 $a = 6\,377\,298.556\,000\text{ m}$,扁率 $f = 1/300.801\,7$ 。

投影理论采用的是 Borneo RSO 投影,即婆罗

洲矫正倾斜正形投影,也称 Hotline 斜轴墨卡托投影,其投影中心为北纬 4° ,东经 115° ,投影初始线方位角为 $53^{\circ}18'56.9537''$,初始线的投影比例因子为 0.999 84。

东马来西亚的测量坐标系统主要用于工程项目建设以及土地测量等。高程系统采用的是州土地与测量部提供的参考高程系。

东马来西亚高程系统与整个马来西亚大地水准原点(由全马各验潮站统计所得)的高程差为 1.97 m。由此可以看出:马来西亚本国内在不同区域所使用的坐标系统也是不一致的。

4.2 苏丹测量坐标系统

笔者参加过的苏丹上阿特巴拉水利枢纽工程项目测量基准平面采用的是 Adindan 坐标系统,参考椭球体为 Clarke1880,其参数为:

长半轴 $a = 6\,378\,249.145\,000\text{ m}$,扁率 $f = 1/293.465$ 。

投影理论采用的是通用横轴墨卡托投影(UTM)。上阿特巴拉工程项目位于全球 UTM 投影带的 36 P 区域内,与全球 WGS-84 坐标系统相比,虽然均为 UTM 投影,但由于所参考的椭球体的参数和定位信息不同,投影后的平面坐标值是不一样的,北坐标相差 208 m,东坐标相差 78 m。高程系统采用的是基于地中海沿岸(尼罗河入海口)验潮站推算而得的 Alexandria 高程系统,主要用于整个尼罗河流域的高程控制。

由以上三个不同国家的工程实例可以看出:在不同的国家,其所使用的测量坐标系统也是不一样的。中国、马来西亚和苏丹坐标系均不相同;同时,在同一个国家、不同的地方,其坐标系统也是不一样的,如马来西亚的东马和全马来西亚的坐标系就存在差异。

5 国际工程项目测量基准和坐标系统使用的注意事项

目前,国际工程项目业主都希望拟建的工程项目尽可能快地完建,以发挥最大的经济和社会效益,所以,业主会极力压缩业主/承包商的施工准备期并催促承包商现场的施工进度。其中对于用于施工测量的控制网,业主通常将指令承包商执行,而中国走向国际工程市场必然将面临不同国家、不同的测量基准和坐标系统。在参与国际工程建设的过程中,测量技术人员应及时准确地了解当地的

测量基准和坐标系统,同时,在使用测量坐标系统的过程中应注意以下几个方面的问题:

(1) 目前,国内对于不同国别具体的测量基准和坐标系统方面的介绍资料很少,但可以通过一些所在国的文献资料和网站资源了解,这就要求我们的测量技术人员必须具备一定的专业英语知识,以便能尽快地了解 and 掌握国际工程所在国的测量基准和坐标系统,以利于后续测量工作的顺利开展。

(2) 在收集相关坐标系统资料时,应注意所在国是否有多个测量基准和坐标系统共存?当前项目所使用的坐标系统是哪一个?是否存在多个坐标系统混用的情况?如果有此类情况,其分别用于哪些项目、哪些部位?

(3) 在所使用的坐标系统被确认后,一定要根据所在工程坐标系统对业主交付使用的控制点进行检查校核,一方面可以避免坐标系交付时意外出现的系统性错误;另一方面可以根据业主提供的资料验证现场测量控制点位的准确性。

(4) 由于在所有工程建设项目中,不同项目的工程投影面高程和国家坐标系统的投影面高程是不一样的,因此,在坐标系统的使用过程中,一定要注意高程投影面的改正,避免测量结果产生较大的误差,尤其是对于一些有高精度要求的长边改正尤为必要。

(5) 由于不同国家的经济发展水平不一样,从而造成其对测量基准和坐标系统的重视程度差别很大。在有些国家或地区,业主提供的起算点控制坐标之间可能会存在相当大的误差,相对精度较低。如果出现这种情况,应在反复查验确认坐标系统无误的情况下及时与业主沟通,寻求解决的办法;或在起算点较多的情况下适当取舍,采用较有利的点建立施工控制网。

6 结语

如果承包商的测量人员熟知了国际工程项目当地的测量坐标系统和测量理论,将会大大减少施工测量控制网的设计、建造和观测的周期,为承包商履约争取到较多的时间和空间,并且对分析、控制和减少测量误差对工程项目施工的影响也具有重大的意义。笔者希望通过以上内容的介绍,能对从事国际工程的测量技术人员提供一些参

(下转第 94 页)

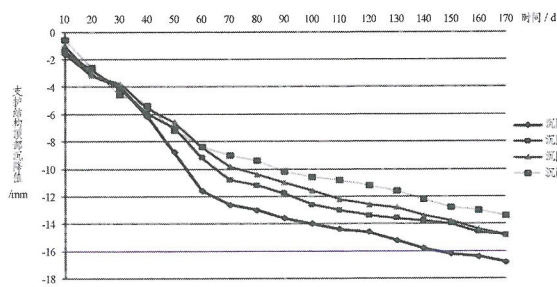


图 2 顶部沉降(s)—时间(t)关系曲线图
浇筑底板,进行地下室的施工。

(2) 基坑支护结构顶部水平位移结果分析。

支护结构的水平位移过大将导致围护结构本身出现破坏、失稳乃至对周围建筑物、市政设施以及地下管线造成破坏。因此,对水平位移的监测成为基坑工程的一个重要环节,我们在 12 个顶部水平监测点中选取了 6 个,取基坑西南角的顶部水平位移结果绘制出时间位移曲线(图 3),数据采集时间与(1)相同。由图 3 可知:土体水平位移沿基坑周边的分布并不均匀。随着基坑的开挖,基坑周围的土体产生较大的水平位移,30 d 后水平位移曲线变得比较平缓,说明开挖过程中土体受扰动大。开挖完成后,支护结构两侧的受力趋于稳定,故位移缓慢稳定地增长。但是,随着时间的延长,变形速率呈上升态势,说明土体流变效应逐渐表现明显。许多资料表明:支护结构的大变形均发生在底板混凝土浇筑前,地下室混凝土底板浇筑完成后变形一般趋于稳定,不再增长^[3]。根据流变学原理,开挖是土体卸载的过程,而土体蠕变呈现出的典型曲线首先是瞬时弹性变形和瞬时塑性变形,开挖过程中的变形主要是这两者的体现,然后曲线表征土体处于粘性流动状态,反映为基坑变形的滞后效应。如果应力足够大而使土体处于稳定蠕变阶段,那么,变形将缓慢发展,而变形发展到一定阶段往往会导致蠕

变破坏。因此,应减少无支撑暴露的时间,加快底板混凝土的浇筑,防止因土体流变而产生过大的位移^[4]。

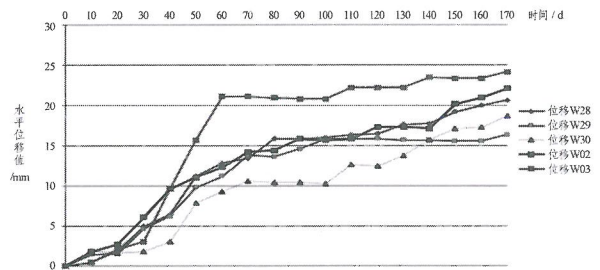


图 3 顶部水平位移(s)—时间(t)关系曲线图

4 结论及建议

(1) 基坑一旦开挖,支护结构的应力和变形都会不断变化。因此,实时监测并掌握施工动态、分析变形、指导后续施工,使其向有利的方向发展非常重要。

(2) 土体开挖对基坑支护结构变形具有较大的影响,开挖过程中变形较大,开挖过程中及时设置预应力锚杆能有效地控制变形。

参考文献:

- [1] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 江正荣. 建筑地基与基础工程施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [4] 李俊,张小平. 某基坑位移、沉降和内力实测结果及预警值讨论[J]. 岩土力学,2008,29(4):1045—1052.

作者简介:

方成名(1966-),男,重庆云阳人,分局党委书记兼副局长,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
苏波(1989-),男,四川绵阳人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
邓树密(1971-),男,四川广安人,基础工程分局总工程师,教授级高级工程师,从事水利水电、工业与民用建筑工程工程施工技术与管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

(上接第 54 页)

考,以便在国际项目的开始阶段能尽快熟悉和掌握国际工程项目所涉及到的当地测量理论和坐标系知识,及时准确地提供工程项目所需的、合格的测量成果,确保工程项目有序实施,少走不必要

的弯路!

作者简介:

魏磊(1974-),男,四川江油人,副队长,工程师,从事水利水电工程施工测量技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)