

城市平面坐标系统建设方案研究

朱玉云
安徽省第二测绘院

摘要: 在分析归化改正和投影改正对地面量测长度影响规律的基础上,采用某地级市实际控制网数据,按照规范规定的适用于城市地方平面坐标系统建设的几种方法,分别进行计算和分析讨论,得出了建设2000城市地方平面坐标系统的最优方案,使该地区的投影变形值符合规范要求。满足城市建设和各类工程测量需要的同时,也为该市全面启用2000国家大地坐标系奠定了的基础。

关键词: 投影变形;城市坐标系;2000城市坐标系;方案分析

一、概述

在地形图测绘和工程建设中,为了方便计算、施工和应用,由控制点反算的距离与外业实测距离需要尽可能相等,或满足一定的限差要求。由此我国《城市测量规范》、《工程测量规范》等国家标准规定,城市平面控制坐标系统的选择,应满足测区内投影长度变形值不大于2.5cm/km^[1]。

由于某些城市距离国家统一的3°带中央子午线较远,整个城市或部分区域满足不了上述投影变形的规定。为了满足城市建设对测绘基准的要求,需建立城市相对独立平面坐标系,一般称之为城市坐标系。城市坐标系的建立主要是为了减小投影长度变形^[2]。按照国家测绘局2008第2号公告的要求:我国自2008年7月1日起,启用2000国家大地坐标系。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至10年^[3]。因此,新建的城市坐标系应该是基于2000椭球,与现行国家坐标系之间存在紧密联系,能够相互转换的2000城市坐标系。

二、目标要求

以FY市为例,现有的FY市城市坐标系始建于上世纪90年代,属于1954年北京坐标系下的相对独立的参心坐标系。所采用的坐标系原点、坐标轴的方向等由于当时科技水平的限制,均与采用现代科技手段测定的结果存在较大差异^[3]。随着经济社会的快速发展对测绘需求的增长,原城市坐标系已不能满足经济社会发展和测绘工作的需求。

在FY市C级、D级GNSS控制网全面建设完成的基础上,分析本地区投影变形规律,选择适当的投影方式和中央子午线,建立基于CGCS2000椭球的的城市坐标系(FY2000坐标系),使该地区的投影变形满足投影长度变形值不大于2.5cm/km,相对误差小于1/40000。为城市的基础测绘工作、城市信息化建设、经济建设、重大工程建设以及城市可持续发展提供高精度、多功能的测绘基准保障,能够满足现在和未来一段时间内的城市测量发展的需要^[4]。

三、投影变形规律分析

工程测量和大比例尺地形图测绘一般采用平面坐标系,在实际应用计算中,地面观测的边长,先要归算到参考椭球面,成为椭球面边长;然后把椭球面边长投影到高斯平面,这两种投影均会产生投影变形。将边长观测值归算到参考椭球面的改正称为边长归化改正,它与测区平均高程面到参考椭球面的大地高有关;将参考椭球面上的方向和边长投影到高斯平面上的改正,与测区到中央子午线的远近有关,测区离中央子午线越远,方向和边长的投影改正值越大^[5]。

①将地面观测的水平边长归算至椭球面的变形 ΔS_1 ,计算公式为:

$$\Delta S_1 = -\frac{H_m}{R_A + H_m} S_0 \quad (1)$$

式中: H_m --测区平均高程; R_A --测区参考椭球曲率半径; S_0 --沿某一平均高度的水准面量测的边长。

在建立工程测量坐标系时,由于缩小长度变形的需要,有时投影基准面不是参考椭球面,而是选用某个高程为 H_0 的面为投影基准面(抵偿高程面),这时,则(1)式变为:

$$\Delta S_1 = -\frac{H_m - H_0}{R} S \quad (2)$$

式中: H_0 --投影基准面高程; R --测区椭球平均曲率半径; S --参考椭球面上的大地线长度。

由(2)式可知,高于椭球面的地面水平边长投影到椭球面总是距离变短。投影变形的绝对值与 H_m 成正比,随着 H_m 的增大而增大。通过代入不同高度的 H_m 数值计算,当 $H_m=160\text{m}$ 时,每公里长度变形即接近2.5cm,相对变形接近1/4万。

②因高斯投影引起的长度变形 ΔS_2 ,计算公式为:

$$\Delta S_2 = \frac{y_m^2}{2R^2} S \quad (3)$$

式中: y_m --测区中间至投影中央子午线的距离。

由(3)式可看出, $y_m=0$,即中央子午线高斯投影前后没有长度变化;离中央子午线的距离 y_m 越远,高斯投影变形越大,通过代入不同的 y_m 数值计算,约在 $y_m=\pm 45\text{km}$ 处每公里变形2.5cm,相对变形为1/4万。

③两种长度变形综合影响 ΔS 为:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = -\frac{H_m - H_0}{R} S + \frac{y_m^2}{2R^2} S_0 \quad (4)$$

可近似的写为:

$$\Delta S = \left(\frac{y_m^2}{2R^2} - \frac{H_m - H_0}{R} \right) S \quad (5)$$

从(5)式可知,为了减小归化与投影所产生的长度变形,使其达到忽略不计的程度,可采用抵偿高程坐标系或自定义投影带^[5]。下文将分别讨论。

四、坐标系统建设方案

(一) 坐标系统方案选择的原则

各项城市建设和工程施工放样对归化和投影改正而带来的长度变形($\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$)综合影响,应限制在一定数值之内,不得超过相应的精度要求,否则,需按下列规定选择并建立城市地方平面坐标系:

(1)当长度变形值不大于25mm/km时,宜采用高斯-克吕格投影统一3°带的平面直角坐标系,也可采用高斯-克吕格投影任意带平面直角坐标系。

(2)当长度变形值大于25mm/km,应依次采用下列平面直角坐标系:

①投影于抵偿高程面上的高斯-克吕格投影统一3°带的平面直角坐标系;

②高斯-克吕格投影任意带平面直角坐标系,投影面可采用黄海平均海面或城市平均高程面;

③当高斯-克吕格投影任意带平面直角坐标系不能满足要求时,应分带投影。

(3)面积小于25km²的城镇建立的地方平面坐标系,可不进行投影改正^[6]。

(二) FY市地理概况

FY市地处我国东部的中纬度地带，面积约10188 km²，人口约1039万。市辖三区东西跨度约71km，地理坐标介于东经115° 26' ~116° 12'，北纬32° 44' ~33° 10'，跨114°和117°两个带区。城区平均经度115° 49'，平均纬度为32° 57'，平均高程约19.21m，城市中心距114°经线平均距离约175km，距117°经线平均距离约105km，如图1所示。



图1 FY市地理位置

为了分析FY市投影变形规律，建设了D级GNSS控制网，覆盖市辖三区范围，共点56个点。

FY市建成区中心东西两边距离国家统一的3°带平均距离大大超过45km，根据上述投影变形规律分析，不能直接采用高斯正形投影的国家统一3°带(114°、117°)平面直角坐标系；市辖三区面积远远超过25km²，不能不经投影直接采用平面直角坐标系。因此，只能选择上述(2)方案，按照启用2000国家大地坐标系的要求，投影面采用CGCS2000椭球面。下文分别讨论。

(三) 投影于高程抵偿面上的高斯-克吕格投影统一3°带(117°)的平面直角坐标系方案分析

所谓高程抵偿面是指为了减小或避免长度变形，依据高斯投影长度变形所选择的相对参考椭球面抬高或降低的高程参考面，在该参考面上长度变形较小或为零^[4]。也就是使得在中央经线上，地面观测的水平边长归算至椭球面的变形 ΔS_1 与高斯投影引起的长度变形 ΔS_2 相互抵消的高程面，即使得 $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 0$ 的投影面。

与114°经线相比，FY城市中心距117°经线更近，以117°为例进行讨论。

FY城市中心距117°经线平均距离 y_m 为105km，城区平均高程 H_m 为19.2m，椭球平均曲率半径 R 取6378137km，根据(5)式计算得到抵偿高程面高程 $H_0 = -918m$ 。

采用椭球膨胀法，将CGCS2000椭球长半轴 $a = 6378137m$ 加上投影面高-918m，得到新的椭球长半轴6377219m，椭球扁率仍然采用 $1/298.257222101$ 。根据计算抵偿面和新的椭球参数，56个D级GNSS点长度变形计算结果如图2所示。

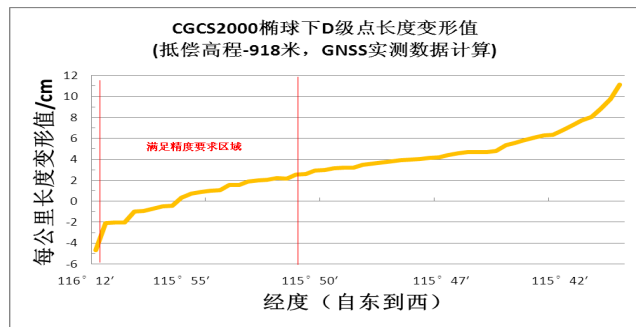


图2 D级点长度变形(中央子午线117°，有抵偿，CGCS2000) 满足要求的区域如图3所示。

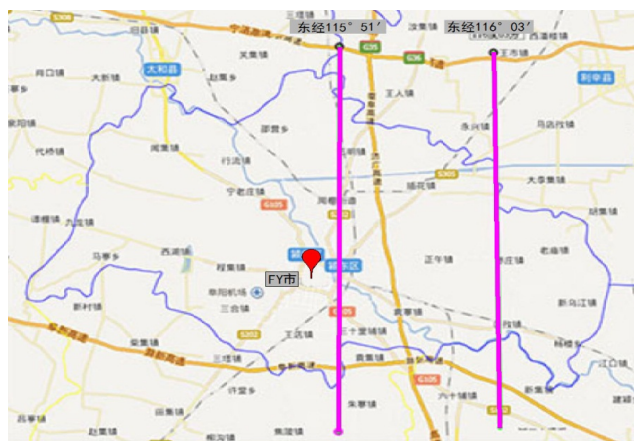


图3 长度变形满足要求的区域(中央子午线117°，有抵偿，CGCS2000)

由图2和图3可知：CGCS200坐标系下，高斯-克吕格投影统一3°带117°中央子午线(抵偿高程面)投影方案，采用抵偿高程面经计算，FY城区(三区)有大部分地区变形超限。也就是说，虽然投影到抵偿高程面对长度投影变形有积极影响，使一部分地区投影长度满足限差要求，但大部分地区满足不了要求。

这种情况表明：长度投影变形超限的主要原因是由于市区距离国家统一3°带117°中央子午线太远造成的(即FY市区位于中央子午线边缘，处于东西两条中央子午线分界处)，市区114°经线更远，无需计算。因此，采用抵偿面的方案解决不了整个市区长度超限问题。

根据《城市测量规范》(CJJT8-2011)中关于城市坐标系选取的原则和次序，应进行CGCS2000椭球下任意带中央子午线高斯投影方案的计算和分析。

(四) 高斯-克吕格投影任意带平面直角坐标系，投影面CGCS2000椭球面方案分析

根据D级点坐标计算的城区中央子午线约为115° 52' 41"。为了全面分析因中央子午线选择的不同对长度投影变形的影响，以115° 52' 41"为中心，向东西两个方向选择115° 30'、115° 40'、115° 45'、115° 50'、115° 55'、116°、116° 05'为中央子午线，采用D级点成果分别计算分析长度投影变形，进行研究对比。选取不同的中央子午线，D级点边长长度变形计算结果分别如图4至图10所示。

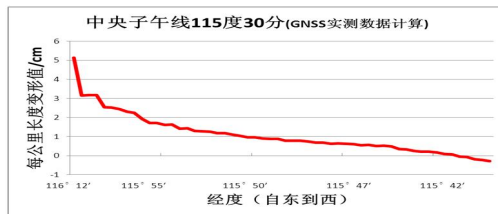


图4 市区D级点边长长度变形(中央子午线115° 30'，CGCS2000)

中央子午线选为115° 30'时：FY市三区绝大部分地区投影变形都满足2.5cm/km，东部约大于116°以东的区域满足不了要求。

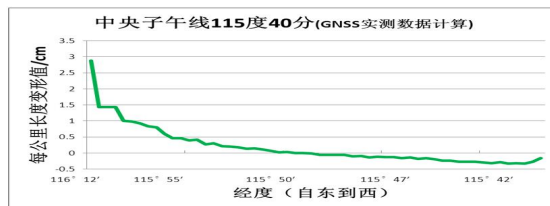


图5 市区D级点边长长度变形(中央子午线115° 40'，CGCS2000)

表1 满足长度变形要求的四种方案对比

方案	1. 中央子午线115° 45′	2. 中央子午线115° 50′	3. 中央子午线115° 55′	4. 中央子午线116° 00′
最大变形量	东部区域, 但小于2cm/km	东部区域, 但小于1.3cm/km	西部区域, 但小于1.2cm/km	西部区域, 但小于2cm/km
变形均值	0.29cm/km	0.25cm/km	0.24cm/km	0.32cm/km

中央子午线选为115° 40′ 时: FY市三区绝大部分地区投影变形都满足2.5cm/km, 东部区域约大于116° 10′ 的地区满足不了要求。

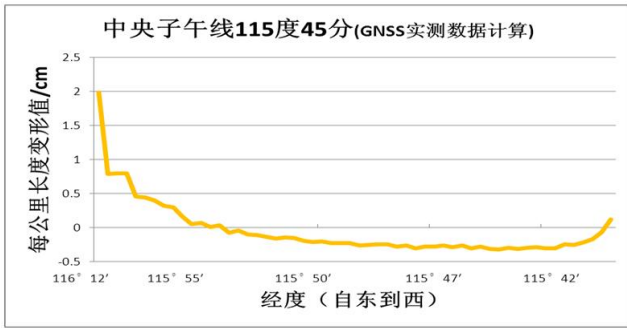


图6 市区D级点边长长度变形 (中央子午线115° 45′ , CGCS2000)
中央子午线选为115° 45′ 时: FY市三区投影变形都小于2.5cm/km, 最大变形量位于东部区域, 但小于2cm/km。因此可满足要求, 投影变形均值为0.29cm/km。

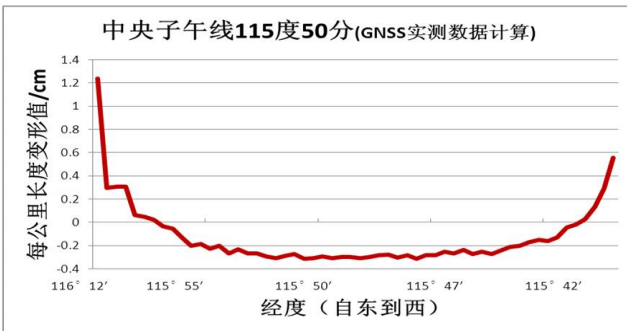


图7 市区D级点边长长度变形 (中央子午线115° 50′ , CGCS2000)
中央子午线选为115° 50′ 时: FY市三区投影变形都小于2.5cm/km, 最大变形量位于东部区域, 但小于1.3cm/km。可满足要求, 投影变形均值为0.25cm/km。

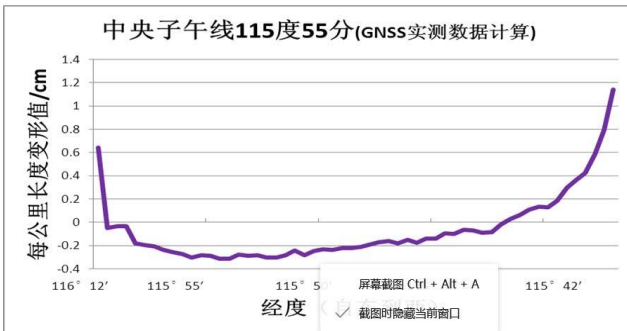


图8 市区D级点边长长度变形 (中央子午线115° 55′ , CGCS2000)
中央子午线选为115° 55′ 时: FY市三区投影变形都小于2.5cm/km, 最大变形量位于西部区域, 但小于1.2cm/km。可满足要求, 投影变形均值为0.24cm/km。

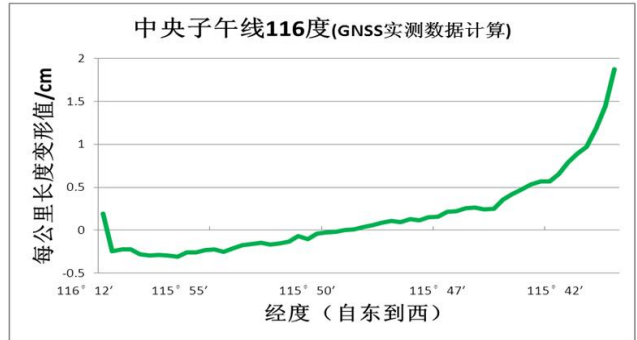


图9 市区D级点边长长度变形 (中央子午线116° , CGCS2000)
中央子午线选为116° 时: FY市三区投影变形都小于2.5cm/km, 最大变形量位于西部区域, 但小于2cm/km。可满足要求, 投影变形均值为0.32cm/km。

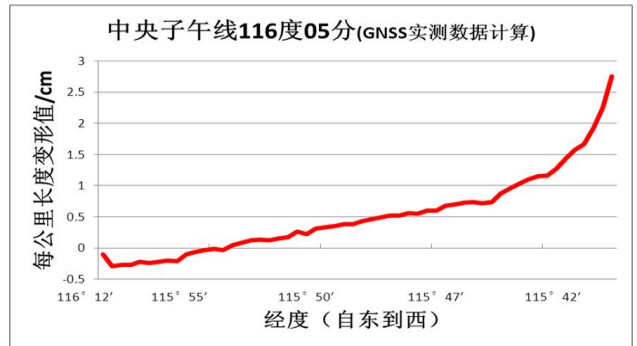


图10 市区D级点边长长度变形 (中央子午线116° 05′ , CGCS2000)
中央子午线选为116° 05′ 时: FY市三区绝大部分地区投影变形都满足2.5cm/km, 西部区域约小于115° 34′ 的地区满足不了要求。

(五) 结论分析

从上述7种方案中可以得出: 取中央子午线为115° 45′、115° 50′、115° 55′、116° 时, FY市三区投影变形都满足2.5cm/km的要求。方案对比分析如表1所示:

方案1、方案2和方案3相比, 整体相差不大, 但如果考虑到FY市三区以外的县级地区、区域发展的重要性、区域覆盖面积^[7], 就需要西部地区变形量要小一些, 给投影变形量留足空间, 使得图幅分幅与国家的保持一致。因此, 选择靠西, 满足FY三区变形量要求的中央子午线, 那么, 确定中央子午线为115° 45′, CGCS2000椭球, 3° 带投影来建立FY市2000城市坐标系最为合适。无需分带投影, 分带投影不再分析和讨论。

五、结束语

对于远离国家统一3° 带中央经线, 采用国家统一3° 带坐标系投影变形超出规范规定, 需要建设地方平面坐标系统的城市, 采用实际测量的控制网数据, 分析当地归化改正和投影改正对量测长度影响的规律, 选择适当的投影方式和中央子午线, 建立基于CGCS2000的城市坐标系统的建设流程, 理论原理使用正确, 方法简单可靠。所建立的现代测绘基准体系能够更好地服务于当地经济社会建设, 也为该市全面启用2000国家大地坐标系奠定了坚

(下转第86页)

较广阔的发展空间。这种新型技术能够符合当前国际节能减排的大环境需求,同时,由于这种技术能够减少粉尘等有害物质的散发,降低对环境和人体的危害。因此,这种技术将在不久的将来成为沥青路面施工的主要技术之一。我国在温拌沥青技术上具有较高水平,我国温拌沥青改性剂和配套的应用技术已经申请了专利,并且通过了试生产验证。

结束语

我国的经济建设离不开市政道路建设,实现市政道路建设工程质量的提高,是实现道路使用性能提高的重要保障。沥青路面施工作为市政道路施工项目的重要组成部分,在我国城市化建设中发挥着重要的作用。希望通过本文对沥青路面施工技术现状和发展分析和探讨,对沥青路面施工建设有所帮助。

参考文献

[1]张元琪.论市政道路工程建设中沥青道路施工技术[J].江西建材,2018(3):141-142.

[2]吕卫勃,张杰,雷蓬辉.浅谈市政工程施工中的沥青路面施工技术[J].中华建设,2018(1):138-139.

[3]李博兴.试析公路工程的沥青路面施工技术与质量控制措施[J].价值工程,2018,37(22):195-196.

[4]张立涛.公路沥青路面施工技术及质量控制措施[J].交通世界,2018(z1).

[5]柴长宏.高速公路沥青路面施工质量动态控制技术[J].山西建筑,2018(3):132-133.

[6]李红霞.防滑降噪沥青路面施工工艺及质量控制[J].山西建筑,2018,v.44(13):146-147.

[7]闫志连.公路工程沥青路面施工技术与质量控制探讨[J].山西建筑,2018(4):125-127.

[8]戴万龙.公路工程沥青路面施工技术和质量控制探讨[J].建材与装饰,2018(2).

(上接第84页)

(三)完善路基排水设计

在进行市政道路混凝土路基排水路线设计的过程中,要严格控制在型布置和设计标高,将影响市政道路混凝土路基排水路线设计的各种因素都考虑全面,如:路基稳定性、工程的难易程度、自然环境的保护等,相关市政道路混凝土路基排水路线设计的技术人员要严格遵守设计的基本原则,对路基排水进行系统的设计和规划,避免路基被长时间浸泡而出现质量问题^[6]。

结束语

在这个新时展的背景下,交通对社会经济的发展起着重要的影响作用,而市政道路混凝土路基施工的质量不仅能够影响市政建设的发展,还会影响到社会的稳定发展,因此,相关部门应该加大对市政道路混凝土路基施工质量的管理力度。在市政道路混凝土路基施工的过程中避免不了各种因素的影响而造成各种各样的问题,为了减少施工过程中问题发生的机率,就必须加强施工的管理,严格要求施工人员按照相关规定和标准进行施工,规范施工人员的施工流程和技术,不断提升施工人员的技术水平,从

而提高市政道路混凝土路基施工的质量和水平,进一步推动市政道路建设的可持续发展。

参考文献

[1]章徐,魏锡乔.市政道路混凝土路基施工的质量控制研究[J].绿色环保建材,2019(05):145+148.

[2]华成涛.在市政道路中路基压实施工及质量控制关键分析[J].智能城市,2018(24):129~130.

[3]曹佳.探析市政道路路基路面工程的施工及其质量控制[J].决策探索(中),2018(10):47~48.

[4]党文琪.市政道路路基施工的质量控制与管理实践[J].智能城市,2018(17):130~131.

[5]陈王剑,胡君英.市政道路路基施工技术与管理实践[J].黑龙江交通科技,2019,42(01):59-60.

[6]华成涛.在市政道路中路基压实施工及质量控制关键分析[J].智能城市,2018,4(24):129-130.

(上接第05页)

实的基础。

参考文献

[1]中国有色金属工业协会.工程测量规范:GB 50026-2007[S].北京:中国计划出版社,2008:6.

[2]李玉平.城市坐标系的建立与申报[J].测绘与空间地理信息,2017,40(02):220-221+224.

[3]程鹏飞,成英杰,文汉江,黄洁,王华,王桂敏.2000国家大地坐标系实用宝典[M].北京:测绘出版社,2008:3-4.

[4]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.城市坐标系统建设规范:GB/T 28584-2012[S].

北京:中国标准出版社,2012:1-2.

[5]张正禄等.工程测量学[M].武汉大学出版社,2005:33.

[6]中华人民共和国住房和城乡建设部城市测量规范:CJJ/T 8-2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2012:12.

[7]龙海奎,白锋,任祺.建立基于CGCS2000城市坐标系的应用分析[J].城市勘测,2014(05):111-113.

作者简介:

朱玉云,男,安徽天长人,武汉大学工程硕士学位,高级工程师,注册测绘师。主要研究方向:测绘工程。