

文章编号:1005-0523(2011)02-0066-04

# 独立坐标系在公路改建工程中的应用

康永红

(华东交通大学土木建筑学院,江西 南昌 330013)

**摘要:**为拓宽某段公路,在公路两旁布设E级GPS控制网,采用北极星9600型接收机进行观测,应用南方测绘基线后处理软件进行三维无约束平差,直接应用国家高斯平面投影,长度综合变形超过工程测量规范( $2.5\text{ cm}\cdot\text{km}^{-1}$ )的要求,因此必须选择适当的投影带重新进行高斯投影,最终得到的每公里长度变形满足规范要求,体现了合理选择坐标系在公路改建工程中的重要性。

**关键词:**控制网;基线解算;独立坐标系

**中图分类号:**P208

**文献标识码:**A

随着公路建设的发展,勘测设计作为公路建设前期一个重要而必须的环节,其质量和精度越来越引起了广大公路建设者的高度重视<sup>[1-4]</sup>。GPS定位技术以其高精度、全天候、高效率等特点著称。目前已在大地测量、地球动力学、工程测量等领域得到广泛的应用<sup>[5-6]</sup>。为了满足经济建设的发展,需要拓宽某段公路,该公路属县级道路,某些路段沉陷,遇到暴雨,雨水淤积现象十分严重,对当地群众的工作和生活造成了很大的影响,因此拟对其进行拓宽改造,该路线全长12 km左右,其中有500 m长的桥梁,沿路线方向建筑物少,树木低矮,适合应用GPS测量。注意选择适当的坐标系,以满足工程测量中长度投影变形小于 $2.5\text{ cm}\cdot\text{km}^{-1}$ 的需要。

## 1 GPS控制网的建立

### 1.1 布网方案

布网时要考虑卫星接收信号、便于联测、地基牢固、通视条件等因素,将控制点设置在公路中线两侧60~200 m的范围内。沿中线方向每隔2 km布设2个E级GPS控制点,严格按照规定的操作程序进行数据采集,采用水准仪联测四等水准进行高程控制测量。结合技术设计任务书,经现场踏勘,在测区内采用边连式布设了E级GPS控制网,为了增强成果的可靠性,利用CORS基站测量了G002和G010两个控制点的国家2000坐标,作为全网的约束条件。全网共11个点,测区的网形结构见图1,网中平均边约1 800 m,最长边约3 900 m。

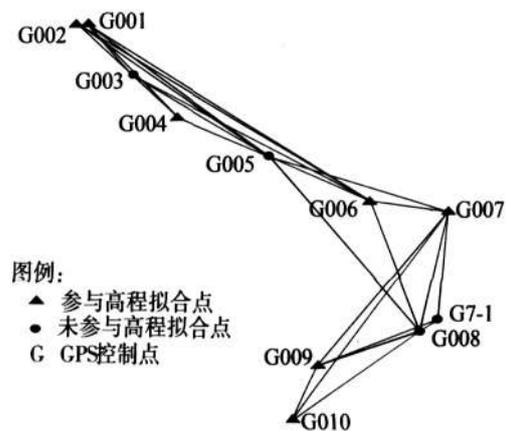


图1 E级GPS控制网  
Fig.1 E level GPS control network

收稿日期:2011-01-04

基金项目:精密工程与工业测量国家测绘局重点实验室开放基金(PF2009-21)

作者简介:康永红(1976—),男,讲师,硕士,研究方向为GPS技术研究。

## 1.2 外业观测

仪器在使用前经过了各项检验,相关指标符合有关规定后,使用标称精度为 $\pm(5\text{ mm} + 1\text{ ppm} \times D)$ ( $D$ 表示相邻控制点的距离)的5台北极星9600大地型GPS单频接收机静态定位模式外业观测。控制网于2010年6月10日共观测4个时段(其中2个时段为4台仪器同时观测,2个时段为5台仪器同时观测)。在施测过程中,将接收机参数设置为每时段观测卫星数大于5,卫星截止高度角为 $15^\circ$ ,历元采样间隔为10 s,PDOP值小于6,每时段观测前后各量取天线高一次,两次量高之差不应大于3 mm,取平均值作为最后天线高。

## 1.3 数据精度分析<sup>[7]</sup>

GPS网相邻点基线长度精度符合

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd10^{-6})^2} \quad (1)$$

式中: $\sigma$ 为标准差; $d$ 为相邻点间距离; $a=10$ ,为固定误差; $b=20$ (E级),为比例误差系数;单位均为mm。

本网共有闭合环55个,同步环28个,根据《全球定位系统(GPS)测量规范》,同步环分量闭合差和总量闭合差限差为

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma, W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma, W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma, W_s \leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma$$

式中: $n$ 表示闭合环边数; $W_x$ 表示同步环 $x$ 分量闭合差; $W_y$ 表示同步环 $y$ 分量闭合差; $W_z$ 表示同步环 $z$ 分量闭合差; $x$ 表示同步环在WGS-84坐标系下三维无约束平差 $x$ 分量; $y$ 表示同步环在WGS-84坐标系下三维无约束平差 $y$ 分量; $z$ 表示同步环在WGS-84坐标系下三维无约束平差 $z$ 分量。

该控制网中环的边数大于等于3,在同步环坐标分量闭合差中, $x$ 分量绝对值最大为9.85 mm, $y$ 分量绝对值最大为12.844 mm, $z$ 分量绝对值最大为11.247 mm,同步环分量闭合差限差为12.94 mm,同步环总量闭合差最大为19.71 mm,其限差为22.41 mm;本网共有异步环27个,异步环分量闭合差和总量闭合差限差为

$$W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_y \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma, W_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$$

该控制网中环的边数大于等于3, $x$ 分量绝对值最大为6.46 mm, $y$ 分量绝对值最大为18.315 mm, $z$ 分量绝对值最大为11.767 mm,异步环分量闭合差限差为194.14 mm,异步环总量闭合差最大为22.649 mm,其限差为336.26 mm。同步环异步环均满足规范要求。

## 2 GPS控制网坐标系的选择

在布设测量控制网时,既要满足大比例尺测图的需要,还要满足工程放样的需要。在公路测量中,要求由控制网反算的边长和实测边长相等,而国家坐标系的测量成果很难满足这一要求。主要原因是国家坐标系各投影带是按 $6^\circ$ 或 $3^\circ$ 自西向东划分,由于各项工程所处的位置不同,国家坐标系统的高程归化面是参考椭球面,各地区的实际位置与参考椭球面有一定的距离,经高斯投影和高程归化后产生两项改正,经过两项改正后的长度与实测长度不等<sup>[8]</sup>。

### 2.1 高程归化改正

由地面测量边长归算到参考面上缩小了,由参考面向高斯面投影长度变大了,按《工程测量规范》要求这两项综合影响每公里长度变形不超过2.5 cm。

设地面实量边长归算到参考椭球面上的长度变形值为 $\Delta_{D1}$ ,则

$$\Delta_{D1} = -\frac{D_1 H}{R} \quad (2)$$

式中: $H$ 为归算边高出参考椭球面的平均高程; $D_1$ 为归算边的长度; $R$ 为归算边方向参考椭球的法截线的曲率半径。本测区平均高程为20 m左右,长度变形值每公里约3 mm(为负值)。

## 2.2 高斯投影改正

设将参考椭球面上的边长归算到高斯投影面上的变形影响为 $\Delta_{D2}$ ,则有

$$\Delta_{D2} = D_2 \left( \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} + \frac{y_m^4}{24R_m^4} \right) \quad (3)$$

式中: $R_m$ 为测区参考椭球面平均曲率半径; $y_m$ 为归算边两端点横坐标平均值, $D_2$ 为参考椭球面上的边长。

## 2.3 独立坐标系统的建立方法

由大地坐标利用高斯投影反算的方法,计算该点在选定的中央子午线投影带内的直角坐标;保持该点的平面坐标不变,利用二维约束平差,将其他控制点的坐标转换为所选定中央子午线投影带内的直角坐标,这样就得到了工程建设地区的独立坐标系的控制点坐标。这种方法是将测区中心的子午线作为中央子午线,测区平均高程面作为投影面进行高斯投影。

## 2.4 国家坐标系和独立坐标系下各控制点经计算后的投影变形比较分析

将控制网中各点在国家坐标和独立坐标系下的横坐标的自然值代入公式(3)式,得到各控制点每公里综合长度变形,如表1所示。

表1 各控制点在国家坐标系与独立坐标系下的每公里综合长度变形 mm  
 Tab.1 Various control points of a kilometer length deformation in the country's coordinate and independent coordinate system

| GPS 控制点 | 投影带中央子午线经度 |            |       |
|---------|------------|------------|-------|
|         | 114°00'00" | 117°00'00" | 114°  |
| G001    | +308.42    | +221.17    | -1.23 |
| G002    | +308.03    | +221.63    | -1.26 |
| G003    | +309.99    | +221.84    | -1.11 |
| G004    | +311.95    | +218.19    | -0.99 |
| G005    | +315.12    | +215.69    | -0.69 |
| G006    | +319.08    | +212.61    | -0.34 |
| G007    | +321.88    | +210.01    | -0.08 |
| G008    | +321.08    | +211.13    | -0.19 |
| G009    | +317.48    | +214.24    | -0.52 |
| G010    | +316.54    | +215.05    | -0.59 |
| G7-1    | +321.84    | +210.59    | -0.12 |

由表1可以看出,无论是采用国家3°带的38带还是39带进行高斯投影,每公里长度综合变形都远远大于规范要求,显然不能采用国家坐标系,本项目采用任意投影带建立的测区独立坐标系,每公里长度综合变形都满足规范要求。

## 3 结论

本文以某公路改建工程为例,布设GPS控制网,观测数据经基线后处理软件三维无约束平差结果达到E级GPS控制网的精度要求后,结合工程测量规范中每公里长度投影变形小于 $2.5 \text{ cm} \cdot \text{km}^{-1}$ 的特点,选取适当的坐标系,使得每公里长度综合变形达到工程测量规范要求。

**参考文献:**

- [1] 许娅娅,黄文元. 公路平面测量坐标系的选择方法[J]. 公路,2008(3):22-26.
- [2] 黄坦. GPS在公路勘测设计中的应用[J]. 企业标准化,2004(8):55-58.
- [3] 施一民. 建立区域坐标系问题的我见[J]. 矿山测量,2000(1):38-41.
- [4] 范一中,赵丽华. 任意带高斯正形投影直角坐标系的最佳选取问题[J]. 矿山测量,2000(8):7-8.
- [5] 张胜利. 地方独立坐标系的建立[J]. 陕西水利水电技术,2007(1):43-46.
- [6] 牛卓立,赖昌意. 建立区域坐标系问题的讨论[J]. 测绘工程,1998,7(4):13-16.
- [7] 吕新志,王志强. 石家庄市平面控制网坐标系统的选择[J]. 勘查科学技术,2003(4):52-53.
- [8] 黄永忠. 新技术条件下地方独立坐标系的建立[J]. 矿山测量,2005(2):56-57.

## Applications of Independent Coordinate System in Road Improvements Engineering

Kang Yonghong

(School of Civil Engineering and Architecture Departments, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** In order to widen the road, setting up E-level GPS network along the road, observation by using Polaris 9600 GPS receivers, at the end of outside observation, three-dimensional adjustment no constraints by application the after processing software baseline of south survey, direct application state gauss plane projection, length measuring standard comprehensive deformation over engineering ( $2.5 \text{ cm} \cdot \text{km}^{-1}$ ) requirements, so must choose appropriate projection belt to re-run gaussian projection, finally obtained the length deformation per kilometer meet the standard request, has manifested the reasonable choice of coordinate system in highway rebuilding project of importance.

**Key words:** control network; solution of baseline; independent coordinate system