

城镇地籍调查控制网的布设探讨

赵建军*, 郑金水

(漳州市测绘设计研究院, 福建 漳州 363000)

摘要: 结合漳州市城镇地籍调查控制网的布设, 介绍采用 GPS 技术进行静态布网以及采用 RTK 进行等级较高控制网观测的具体实施方法、技术要求以及精度分析。提出在城镇调查控制布网中采用 GPS 结合常规导线测量作业方法的可行性。同时针对在布网过程中遇到的问题提出几点建议。

关键词: GPS 控制网; 布设; RTK

1 引言

随着城市建设步伐的不断加快, 城市测量工作的压力也越来越大, 工作难度也日益加大, 因此必须考虑采用新的测绘技术来提高城市测量的工作效率, 满足城市建设的需求。目前城市测量作业中应用比较普遍的测量仪器仍然是全站仪, 采用全站仪进行数据采集必须要有两两通视的控制点作为作业保障, 因此在日常测绘作业中, 控制网的布设是一项无法逾越的工作环节, 控制网的精度是否可靠决定了测绘成果的质量是否合格。那么在保证控制网成果可靠性的基础上, 提高控制网的观测效率将可大大提高测绘作业的工作效率。本文通过结合漳州市城镇地籍调查控制网的布设, 介绍采用 RTK 结合全站仪在城镇地籍控制测量作业中的具体实施方法和应该注意的事项。

漳州市位于福建省最南部, 全市辖二区一市八县, 地域面积 1.26 万平方千米, 海域面积 1.86 万平方千米, 北连福建泉州市、厦门市, 西接福建龙岩市, 东临台湾海峡, 与泉州、厦门一起素有闽南金三角之称。

漳州市测绘设计研究院配合漳州市国土局于 2008 年 10 月开展漳州市市区约 38 km² 范围的城镇地籍调查工作。经过前期资料收集和野外实地踏勘后, 于 2008 年 11 月启动控制网布设工作。

2 布网方案的确定

目前城市测量控制布网主要采用 GPS 静态观测布网、全站仪导线观测布网以及 RTK 观测布网三种方法。

2.1 观测方法的比较

(1) GPS 静态观测布网观测周期较短, 点与点之间无需通视, 布网面积可控范围大, 布网精度高, 但接收机

接收卫星信号容易受到周边环境干扰, 点位需埋设在比较开阔地带, 该方法适用于大面积控制网的布设。

(2) 全站仪导线观测布网是比较传统的控制布网方法, 该方法布网精度可靠, 点与点之间可通视, 点位布设灵活, 但观测计算比较耗时, 而且在城市道路上进行观测时容易受到车流和人流的遮挡等干扰, 起算控制点必须有两个以上通视点。

(3) RTK 实时定位测量布网, 该方法无需起算控制点具备通视条件, 点位布设灵活, 观测时间短, 观测效率高, 由于采用接受卫星信号和基准站差分信号为定位依据, 因此在城市测量中容易受无线电信号和周边环境干扰, 并且采用 RTK 观测布网的精度不稳定, 尤其是高程观测精度较差。

2.2 观测方案的确定

综合以上三种主要的布网手段, 可以很清楚的理出一个控制网布网的方案:

(1) 要利用高等级控制点作为起算依据, 首先采用 GPS 静态观测手段布设一个首级控制网;

(2) 为了提高布网效率, 可采用 RTK 结合全站仪的方法在首级控制网的基础上进行加密布网。核心区采用全站仪导线观测布网, 精度可靠。城区周边较开阔的区域(房屋密度不大)采用 RTK 进行布网观测。

(3) 为方便加密网的观测, 首级控制网的点位间距不能太大, 否则难以保证 RTK 布网的观测精度。

(4) 为提高采用 RTK 进行控制布网的精度, 必须考虑观测时段的选择, 尽量选择卫星分布较好的时段观测, 而且观测的历元和次数不能太少, 有条件的话可采用不同型号的机器分时段观测几次进行比较。

* 收稿日期: 2010-08-23

作者简介: 赵建军(1982-)男, 工程师, 主要从事 GPS 测量相关应用与研究。

3 首级控制网的组成

漳州市市区城镇地籍测量首级控制网由 32 个 D 级 GPS 点组成, 其中重合一个三等水准点和一个一等水准点。根据《GPS 测量规范》和《全球定位系统城市测量技术规程》中的相应要求, 结合测区的具体情况, 以测区周边已有 C 级 GPS 控制网为起算依据, 以覆盖测区范围为原则, 既保证本期地籍测量的实际需要, 又适当考虑城区今后的发展等因素进行 D 级网的布设。按照工作靶区为 1 点 / 2 km², 联测区以满足规范对基线长度与图形强度的要求为前提, 适当兼顾坐标换算对点位的要求。图 1 为 D 级网展点分布图。



图 1 D 级 GPS 控制网点位分布图 (三角形为 C 级点)

D 级点的点位均按永久性固定标志设置, 标石埋设时, 其下方先铺设约 0.2 m 厚的水泥沙石垫层。点位标石规格如图 2、图 3 所示。

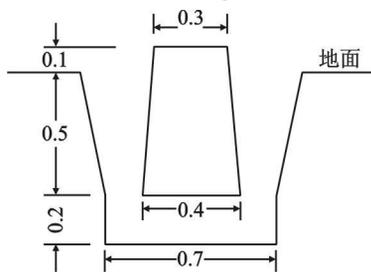


图 2 标石尺寸图

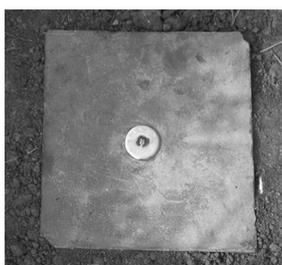


图 3 标石现场正面图

4 观测与数据处理

D 级 GPS 网采用 6 台 GPS 接收机进行观测, 接收机型号为徕卡 GPS00 单频机, 其标称精度为 5 mm ± 2 ppm; 华测 X90 双频机, 其标称精度为 5 mm ± 1 ppm; 观测采用静态模式进行, 以边连式或网连式构网, 各项技术要求如表 1 所示。

| 等级 | 观测卫星高度角 | 有效观测卫星数 | 观测时段数 | 时段长度 / min | 数据采样间隔 | 几何图形强度 (PDOP) |
|----|---------|---------|-------|------------|--------|---------------|
| D | ≥ 15° | ≥ 4 | ≥ 1 6 | ≥ 60 | 10 s | ≤ 6 |

观测作业时, 利用光学对点器进行精确对中, 要求对中误差不大于 2 mm; 每时段观测前后各准确丈量天线高一次, 两次丈量结果之差不应大于 3 mm; 取其平均值记入 GPS 观测手簿。

D 级 GPS 网的数据处理采用 HDS2003 GPS 数据处理软件进行。由于采用两种型号的接收机观测, 因此在将数据导入解算软件之前需将两种型号接收机采集的数据全部转换为 fine 格式, 天线高统一采用相位中心高。

基线解算采用双差固定解, 通过计算同步环或独立环的相对闭合差来检验基线解的质量, 具体要求如下:

①测基线的长度较差: $d \leq 2\sqrt{2}\sigma$

②独立闭合环的坐标闭合差:

$$W_x \leq 3\sqrt{1}b$$

$$W_y \leq 3\sqrt{1}b$$

$$W_z \leq 3\sqrt{1}b$$

上式中标准差 $\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2}$, 而 $a = 10 \text{ mm}$, $b = 10 \text{ ppm}$, d 为基线长度, 以千米为单位 (取闭合环中边长的平均值), n 为闭合环的边数。

控制网中各基线的精度达到规定的要求后, 进行网平差。控制网经过无约束平差、约束平差后, 得到各点的坐标成果。

D 级网的各项精度如下:

无约束平差时, 基线向量各分量的改正数绝对值应满足:

$$V_x \leq 3\sigma, V_y \leq 3\sigma, V_z \leq 3\sigma$$

约束平差与无约束平差同名基线相应分量的改正数较差的绝对值应满足:

$$dV_x \leq 2\sigma, dV_y \leq 2\sigma, dV_z \leq 2\sigma$$

观测共获取 195 条基线数据, 共剔除 5 条不合格基线, 基线构网如图 4 所示。

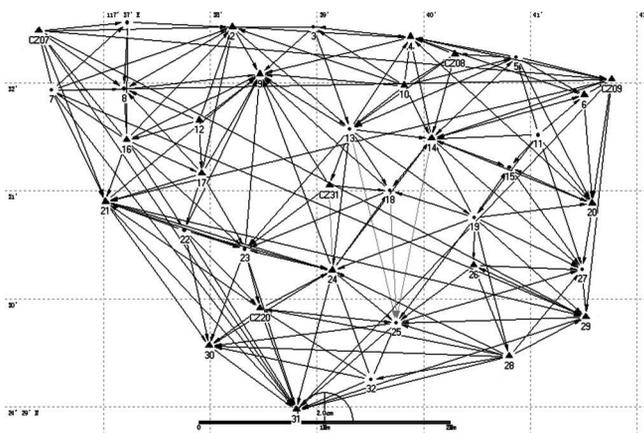


图4 D级GPS网基线结构网图

点位平差精度统计表如表2所示。

点位平差精度统计表

表2

| 点名 | 自由误差 | 二维误差 | 拟合误差 |
|------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.006 6 | 0.003 9 | 0.016 3 |
| 10 | 0.003 9 | 0.002 9 | 固定 |
| 11 | 0.005 2 | 0.003 7 | 0.013 4 |
| 12 | 0.006 0 | 0.004 4 | 固定 |
| 13 | 0.002 8 | 0.002 3 | 0.009 2 |
| 14 | 0.003 2 | 0.002 5 | 固定 |
| 15 | 0.008 3 | 0.004 6 | 0.012 8 |
| 16 | 0.004 0 | 0.002 7 | 固定 |
| 17 | 0.004 8 | 0.003 0 | 固定 |
| 18 | 0.003 9 | 0.002 7 | 0.010 8 |
| 19 | 0.003 3 | 0.002 6 | 0.011 0 |
| 2 | 0.003 2 | 0.002 5 | 固定 |
| 20 | 0.005 8 | 0.003 8 | 固定 |
| 21 | 0.005 1 | 0.002 6 | 固定 |
| 22 | 0.005 1 | 0.002 6 | 0.012 2 |
| 23 | 0.003 9 | 0.002 2 | 0.011 0 |
| 24 | 0.003 5 | 0.002 0 | 固定 |
| 25 | 0.005 1 | 0.002 9 | 0.013 0 |
| 26 | 0.006 3 | 0.003 4 | 固定 |
| 27 | 0.0037 | 0.003 0 | 0.017 6 |
| 28 | 0.0058 | 0.003 2 | 固定 |
| 29 | 0.0064 | 0.003 3 | 固定 |
| 3 | 0.005 4 | 0.004 2 | 0.011 2 |
| 30 | 0.004 8 | 0.002 3 | 固定 |
| 31 | 0.005 1 | 0.002 6 | 固定 |
| 32 | 0.010 0 | 0.004 7 | 0.018 7 |
| 4 | 0.003 4 | 0.002 8 | 固定 |
| 5 | 0.003 8 | 0.003 0 | 0.016 7 |
| 6 | 0.005 7 | 0.003 9 | 固定 |
| 7 | 0.006 2 | 0.003 1 | 0.018 6 |
| 8 | 0.004 2 | 0.002 9 | 0.011 6 |
| 9 | 0.003 1 | 0.002 4 | 固定 |
| CZ07 | 0.005 8 | 固定 | 固定 |
| CZ08 | 0.004 7 | 固定 | 0.012 3 |
| CZ09 | 0.006 4 | 固定 | 0.026 6 |
| CZ20 | 0.004 8 | 固定 | 0.012 0 |
| CZ31 | 0.008 3 | 0.004 8 | 固定 |

说明:表中自由误差为三位无约束平差中误差;拟合误差为高程拟合中误差;点位标识“固定”表示该点平面或高程为起算依据。

为保证整个控制网的高程精度,表2中拟合误差一栏标有“固定”的点位均按四等水准要求获取高程成果。另外通过漳州市似大地水准面精化软件求得各点正常高与拟合高程进行对比,其对比精度统计如表3所示。

高程对比统计表 /m

表3

| 点名 | 三维误差 | 拟合高程与精化高程较差 | 点名 | 三维误差 | 拟合高程与精化高程较差 |
|----|---------|-------------|----|---------|-------------|
| 1 | 0.009 1 | 0.009 4 | 24 | 0.004 8 | -0.031 5 |
| 10 | 0.005 4 | -0.015 9 | 25 | 0.007 0 | -0.012 7 |
| 11 | 0.007 3 | -0.010 7 | 26 | 0.008 8 | -0.016 0 |
| 12 | 0.008 3 | 0.015 5 | 27 | 0.005 1 | 0.013 5 |
| 13 | 0.003 9 | -0.059 0 | 28 | 0.008 0 | 0.017 9 |
| 14 | 0.004 4 | -0.054 8 | 29 | 0.008 8 | 0.070 2 |
| 15 | 0.011 5 | -0.002 7 | 3 | 0.007 5 | -0.045 8 |
| 16 | 0.005 5 | 0.021 7 | 30 | 0.006 6 | 0.005 3 |
| 17 | 0.006 7 | 0.035 1 | 31 | 0.007 1 | -0.015 4 |
| 18 | 0.005 5 | -0.046 4 | 32 | 0.013 8 | -0.015 3 |
| 19 | 0.004 6 | -0.007 3 | 4 | 0.004 7 | -0.052 2 |
| 2 | 0.004 4 | -0.020 9 | 5 | 0.005 3 | -0.024 5 |
| 20 | 0.008 1 | -0.039 0 | 6 | 0.007 9 | 0.009 5 |
| 21 | 0.007 1 | -0.035 6 | 7 | 0.008 6 | 0.047 5 |
| 22 | 0.007 0 | 0.000 7 | 8 | 0.005 9 | 0.006 3 |
| 23 | 0.005 5 | -0.013 0 | 9 | 0.004 3 | -0.034 1 |

表中三维误差指三维约束平差点位中误差,拟合高程与精化高程较差为拟合高程减去精化高程的差值。表中最大较差为0.070 2,最小较差为0.000 7,较差中误差为0.022,通过对比拟合高程与精化后的高程相对吻合,决定采用拟合高程作为最终成果。

5 加密网的布设

D级网的点位平均距离约2 km,相邻点位之间互不通视,因此需在D级网的基础上布设加密网。加密网布设采用RTK观测与全站仪导线观测两种方法相结合的手段进行,对于无法正常接受GPS信号或干扰较大区域采用全站仪导线观测,其他区域则采用RTK观测。这里主要介绍RTK观测实施情况。

5.1 加密网点位标石埋设

加密网点位标石埋设尺寸如图5、图6所示。

对D级网的加密参照《GPS测量规范》和《全球定位系统城市测量技术规程》的相关要求,沿测区主干道便于GPS观测区域布设,各加密点要求在1个~2个方向相互通视。

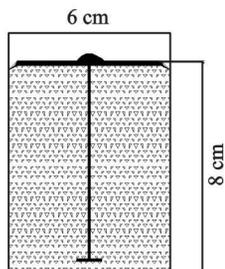


图 5 标石尺寸图

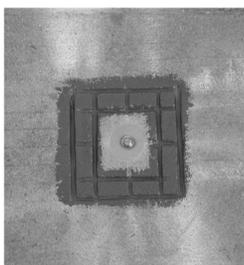


图 6 标石现场正面图

5.2 RTK观测实施

为保证 RTK观测成果精度,特将测区划分为 7 个片区,各个片区利用其周边 D级 GPS点分别求解 WGS-84与漳州城市坐标系的转换参数。片区划分示意图如图 7 所示。



图 7 RTK观测片区划分示意图

图 7 中对 7 个片区分别求取的转换参数能够实际控制的范围均有重叠,这样便于对接边区域的点位进行相互检校。

5.3 观测技术要求

采用 RTK方式施测时,应注意获取起算参数的准确性,以 D级 GPS点起算,基准站架设在高层建筑上或视野比较开阔的地方,求取转换参数的已知点均匀分布在测区周围且不少于 4 个点。实地观测采用三脚架模式,不得采用单杆模式。每点至少独立测量 3 次~5 次,每次不少于 20 个历元,两次测量的平面坐标之差不应大于 2 mm,高程之差不应大于 3 mm;若较差过大则重新观测,最终取多次测量的中数作为最后成果。

RTK成果的可靠性还取决于数据链传输质量、流动站的观测环境等因素。要求 RTK检测已知点时,平面位置差值应 $\leq \pm 2$ mm,高程差值应 $\leq \pm 5$ mm。下列三种情况均需进行已知点检测:①开始 RTK流动站作业之前;②更换基准站时;③更换转换参数时。另外各相邻观测片区接边处的控制点要严格检测。

5.4 加密网展点图

本测区最终布设 247 个加密点,相邻点位平均间距约 240 m。图 8 为将控制点成果导入漳州市控制测量成果系统之后的加密网展点图。

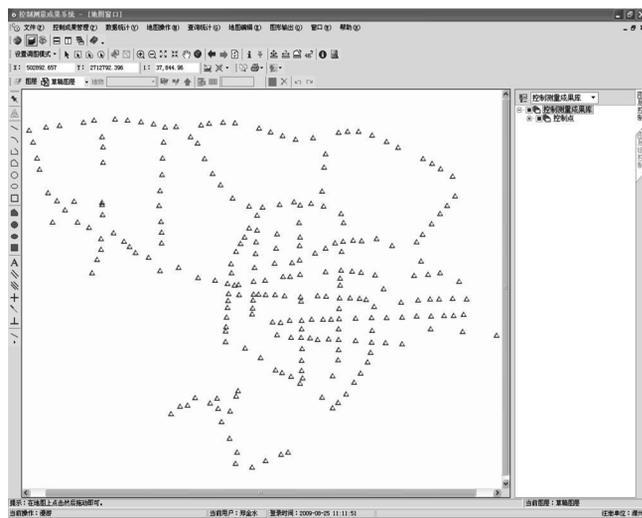


图 8 加密网展点分布图

5.5 精度评定

表 4 为相邻点位边长抽样检测统计结果。

| 路线名称 | 实测边长 | 反算边长 | 边长较差 |
|-----------|---------|---------|--------|
| E124-E123 | 266.415 | 266.406 | 0.009 |
| E69-E68 | 277.064 | 277.069 | -0.005 |
| E122-E123 | 218.540 | 218.545 | -0.005 |
| E180-D14 | 84.600 | 84.613 | -0.013 |
| E94-E99 | 265.688 | 265.690 | -0.002 |
| E179-E180 | 181.662 | 181.654 | 0.008 |
| E135-E136 | 85.922 | 85.930 | -0.008 |
| E177-E176 | 219.106 | 219.092 | 0.014 |
| E207-E208 | 165.639 | 165.636 | 0.003 |
| E60-E61 | 222.764 | 222.770 | -0.006 |
| E217-E216 | 198.247 | 198.239 | 0.008 |
| E5-D18 | 314.779 | 314.780 | -0.001 |
| E209-D17 | 260.924 | 260.917 | 0.007 |
| E8-E7 | 140.579 | 140.575 | 0.004 |
| E204-D16 | 262.428 | 262.426 | 0.002 |
| F62-E6 | 276.958 | 276.955 | 0.003 |
| E20-E13 | 203.207 | 203.203 | 0.004 |
| E58-E59 | 158.766 | 158.764 | 0.002 |
| E22-E23 | 157.371 | 157.347 | 0.024 |
| E13-E19 | 234.144 | 234.145 | -0.001 |
| E26-E25 | 203.631 | 203.630 | 0.001 |
| E11-E10 | 129.560 | 129.555 | 0.005 |
| E28-E29 | 152.387 | 152.393 | -0.006 |
| E15-E14 | 343.725 | 343.713 | 0.012 |
| E43-E47 | 319.793 | 319.779 | 0.014 |
| E64-E65 | 280.827 | 280.816 | 0.011 |
| E47-E48 | 453.306 | 453.304 | 0.002 |
| E54-E55 | 335.612 | 335.620 | -0.008 |

| | | | |
|----------|---------|---------|--------|
| E30-E15 | 90 655 | 90.654 | 0.001 |
| E74-E73 | 261 062 | 261.061 | 0.001 |
| E39-E38 | 196 055 | 196.058 | -0.003 |
| D18-E6 | 199 580 | 199.569 | 0.011 |
| E39-E40 | 285 510 | 285.518 | -0.008 |
| E91-E90 | 144 959 | 144.964 | -0.005 |
| E44-E45 | 193 341 | 193.336 | 0.005 |
| E70-E173 | 185 537 | 185.521 | 0.016 |
| E51-E52 | 135 326 | 135.330 | -0.004 |
| D13-E66 | 278 027 | 278.018 | 0.009 |
| E46-E45 | 139 394 | 139.393 | 0.001 |
| E81-E82 | 238 282 | 238.286 | -0.004 |

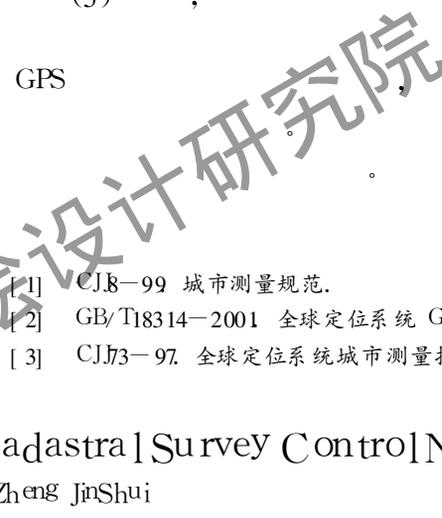
根据表 4 统计结果,最大距离较差为 0.024 m,最小较差为 0.001 m,中误差为 0.006 m。依据抽样统计结果可大致判定整个加密网的精度符合规范要求。当然不能排除有粗差点存在的情况,若在作业过程中发现粗差点,则需要立刻对其进行点位校正。

6 总 述

通过本次布网项目的实施,总结以下几点看法:

(1) GPS 静态布网必须充分考虑整个网的严密性,对于范围较大的布网可以加测距离较大的基线对整个网形进行加固。

(2) RTK
RTK
(3) RTK
(4)
(5) GPS GPS



- [1] CJ8-99 城市测量规范.
- [2] GB/T18314-2001 全球定位系统 GPS 测量规范.
- [3] CJ73-97. 全球定位系统城市测量技术规程.

Discuss the Deployment of City Cadastral Survey Control Network

Zhao JianJun Zheng JinShui

(Zhangzhou Surveying and Mapping Institute Zhangzhou 363000 China)

Abstract In combination with the deployment of city cadastral survey control network in Zhangzhou, this paper introduces the concrete implementation method, technology and accuracy analysis of adopting GPS technology to drop static network and adopting RTK to observe high-level control network. And this paper comes up with the feasibility of taking GPS technology joined routine traverse surveying method in urban investigation control netting. At the same time some advice on the problems in view of the procedure of netting are offered.

Key words: GPS; control network; deploy; RTK

GNSS

() 2010年4月20日, GNSS

参考站, Trimble

(西宁市测绘院 供稿)