引文格式：丁德生, 黄远程, 熊良生, 等. 面向复杂城乡区地籍调查的控制测量方法探讨[J]. 地理空间信息, 2023, 21(6): 96-98. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.06.025

面向复杂城乡区地籍调查的控制测量方法探讨

丁德生[1]，黄远程[1]，熊良生[1]，石晓春[1, 2]
（1. 广东省国土资源测绘院，广东 广州 510663；2. 自然资源部华南热带亚热带自然资源监测重点实验室，广东 广州 510663）

摘　要：从首级GNSS控制网布设、GNSS RTK控制测量、导线控制布设这三方面介绍了海珠区实践应用实例并对生产所遇到的关键技术问题，通过卫星定位技术结合传统测量技术，采用多种控制测量方法配合与协同作业方式有效实现了地籍调查的控制测量全覆盖，保证了界址点的测量精度（特别是村庄内部及其隐蔽部位）。充分发挥各自优势进行协同作业，有效节省了财力、物力和人力，提高了测量工作效率。

关键词：地籍调查；控制网；GNSS RTK；界址点；图根导线；卫星定位技术
中图分类号：P273　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）06-0096-03

Discussion on Control Survey Method for Cadastral Survey in Complex Urban and Rural Areas

DING Desheng[1], HUANG Yuancheng[1], XIONG Liangsheng[1], SHI Xiaochun[1,2]
(1. Guangdong Institute of Land and Resources Surveying and Mapping, Guangzhou 510663, China; 2. Key Laboratory of Natural Resources Monitoring in Tropical and Subtropical Area of South China, Ministry of Natural Resources, Guangzhou 510663, China)

Abstract: In this paper, we introduced the practical application examples of Haizhu District from three aspects, such as the layout of primary GNSS control network, GNSS RTK control survey and traverse control layout, discussed and analyzed the key technical problems encountered in production. By combining the satellite positioning technology with the traditional survey technology, we achieved the full coverage of cadastral survey control survey effectively by using a variety of control survey methods, and guaranteed the survey accuracy of boundary points (especially the interior of village and its hidden parts). By giving full play to their respective advantages for collaborative operation, it can effectively save financial, material and human resources and improve the survey efficiency.

Key words: cadastral survey, control network, GNSS RTK, boundary point, root wire, satellite positioning technology

海珠区位于广州市区南部，属于广州市的老四区之一，总面积约90 km²。测区作业范围涵盖了复杂的水文地理及城乡交错带环境，复杂混乱。农村居民地被周围的高楼大厦所包围，是典型的城中村。周围高等级控制点被破坏或损坏较为严重，造成了联测高等级控制点及布设村庄内部控制存在困难。这对如何实现地籍调查区的控制测量全覆盖形成了前所未有的新挑战。本文以广州海珠区实践为例，通过利用广州连续运行卫星定位服务系统（GZCORS）、GNSS RTK控制测量、导线控制测量等方式配合与协同作业，提供了应用解决方案，进行了相关问题的探讨分析。

海珠区农村地籍调查范围覆盖海珠区赤岗街、新港街、昌岗街、江南中街、滨江街、素社街、海幢街、龙凤街、沙园街、南石头街、凤阳街、瑞宝街、江海街、琶洲街、南洲街、华洲街、官洲街共17个街道辖区内的农村宅基地、集体建设用地和零星国有用地的测量调查工作，总面积约19 km²，房屋约11万栋，根据作业需要，将测量调查范围分为东、西两个片区，其中红色区域代表东片区范围，绿色区域代表西片区范围（图1）。

1　首级GNSS控制网布设

为实现困难区域的控制测量全覆盖并保证全区测量系统的统一，决定以城市GZCORS站作为首级GNSS控制网的平面控制起算点[3]，高程测量采用静态观测方法与平面观测同时进行[4-5]。依据CJJ/T 73-2010《卫星定位城市测量技术规范》要求，均匀布设四等点，平均距离2 km，布设21个四等点（图2）。

按照CJJ/T 73-2010《卫星定位城市测量技术规范》规定，观测时长≥45 min进行了观测，但剔除同

收稿日期：2022-03-21；修回日期：2022-05-21。
项目来源：广东省省级科技计划项目（2021B1111610001）；广东省科技计划项目（2021B1212100003）。
第一作者简介：丁德生（1975—），高级工程师，主要研究方向为大地测量、地籍测量和土地勘测定界，E-mail：1141721054@qq.com。

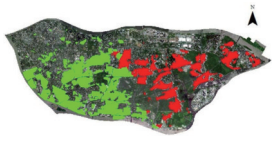
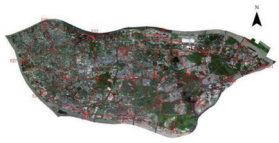



图1　两片区范围示意图　图2　首级GNSS控制网点位分布图

一时段无效观测值往往大于20%，重复基线、同步环、异步环或附合路线中的基线均有超限，解算结果非常不理想。经分析，采取以下措施后，复测基线的长度较差、异步环或附合路线坐标闭合差均不超限，解算结果精度有了很大的提高。无约束平差结果相对中误差最弱边为5.84 ppm（E003–E005，边长1 900.234 0 m），点位中误差最大值为1.64 cm（点号：E006）。约束平差结果相对中误差最弱边为5.79 ppm（E003–E005，边长1 900.234 0 m），点位中误差最大值为1.49 cm（点号：E006）。

1.1　关键技术分析

1）应尽量考虑观测点到基准站点的距离关系，为了保证观测成果的可靠性，观测过程中宜选择4~5个位置合适的观测点观测时段≥4 h，起到高等级控制的作用。

2）城区点位视野不够开阔，适当增加观测时段时长，要求每个观测点观测时段≥2 h，有效避开不良观测时段，确保了数据观测质量，得到良好的解算结果。

1.2　GNSS RTK控制测量

东片区大部分区域比较开阔，卫星信号信号比较好。在适合GNSS RTK观测的地方，采用GNSS RTK测量代替导线测量，既保证了测量精度，又提高了工作效率，克服了全站仪作业速度慢、效率低、投入人员多等问题。为了确保测量的精度，首先对一、二级及图根RTK控制点各选部分点进行导线联测检核，检核结果满足CJJ T8–2011《城市测量规范》的精度要求（如表1）。

表1　GNSS RTK平面测量成果检核结果

等级	边长检核/max		角度检核/max		导线联测检核/max	
	测距中误差/mm	边长较差的相对中误差	测角中误差/（"）	角度较差限差/（"）	角度闭合差/（"）	边长相对闭合差
一级	8	1/21 000	3	11	45	1/23 000
二级	10	1/11 000	5	15	60	1/12 000
图根	12	1/6 000	8	22	85	1/8 000

注：测站数 n 均为11站。

GNSS RTK测量既能实时知道定位结果，又能实时知道定位精度[10–16]，测量误差相互独立、不会累积，定位精度均匀可靠，使用方便快捷，可大大提高作业效率。作业时应合理选择常规RTK还是网络GZCORS，注意两者之间的区别：

1）常规RTK具有组建方便，对设备和技术性要求低，对通信设施的依赖性较小，但同时存在许多不足，由于数据通信是靠无线电台完成，所以对设站的位置有要求，一般选择在作业区域中央位置的高地，无线信号受到地形影响和大功率无线设备的干扰较大，增加了选择站点的难度。作业时需要反复设站，连续工作性差，作业范围小，精度水平受距离基准站远近的影响较大，稳定性较差，作业半径适宜控制在5 km以内。

2）网络GZCORS是多个单基站CORS的组合，使其稳定性更强，覆盖范围更广，其定位精度相比之下更可靠，可以为用户提供全天候、高精度的服务。在网络覆盖的区域，用户可以只拥有一台移动站就可以作业，更加便捷，效率更高。

2　导线控制布设

GNSS RTK测量使用方便高效、精度可靠，但也有其使用受限的地方，那就是复杂隐蔽的居民区，电波信号不强或甚至没有，造成GNSS接受机无法得到固定解。因此，在实际工作中，要将GNSS RTK技术和全站仪进行有机结合，使其充分发挥出各自的测量优势。针对这种情况，西片区和东片区居民地内部采用导线控制网来完成此种特殊的局部控制测量工作。其主要作用是保证界址点坐标的精度，界址点坐标的精度有了保障，地籍图的精度自然也得到了保证[2]。

1）一、二级导线控制布设。在四等控制网的基础上，加密布设了一级或二级导线[2]控制网（其中一级导线平均边长为300 m，附合导线长度不超3.6 km；二级导线平均边长为200 m，附合导线长度不超2.4 km），采用附合导线或闭合导线网布设形式（如图3、4）。

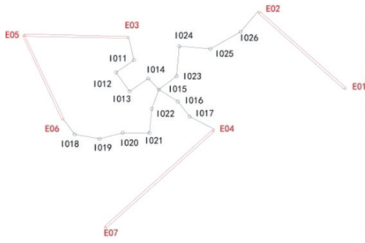


图3 一级导线控制网

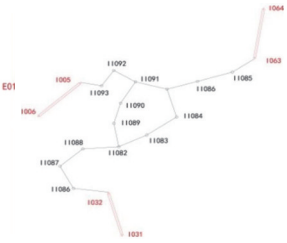


图4 二级导线控制网

2）图根导线控制布设。在二级导线以下，还加密布设了图根导线[2]控制网（其中一级图根导线平均边长为100 m，附合导线长度不超1.5 km；二级图根导线平均边长为75 m，附合导线长度不超0.75 km），采用附合导线或闭合导线网布设形式（如图5）。在已有二级以上控制点无法满足要求的情况下，采用了无定向附合导线布设形式（如图6）。图根导线的边长要充分考虑复杂居民点的实际情况，目的是在控制点上能够直接测到界址点。对于特别隐蔽的地方，界址点也要控制在控制点较短距离内，从而保证其坐标的测量精度。

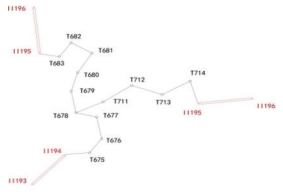


图5 图根导线控制网

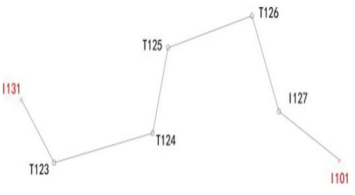


图6 无定向附合导线

1）地籍测绘中控制网的布设，重点是保证界址点坐标的精度，界址点坐标的精度有了保证，地籍图的精度自然也得到保证。目前一、二级导线的平均边长都在100 m以上，这样的控制点密度用于测定复杂隐蔽的居民地界址点势必要做大量的过渡点（多为支导线形式），不但工作量大，作业效率低，而且精度方面也不能保证，因此，经济而又可靠的方法是布网时增加控制点的密度。可在二级导线以下，根据实际需要布设合适的图根导线进行加密。

2）在首级控制许可的情况下，尽可能采用附合导线或闭合导线网布设形式，但如果控制点遭到破坏或极其隐蔽的居民区，已有高等级控制点不能满足要求时，可考虑无定向附合导线、支导线。

3）在实际工作中，支导线的应用非常普遍。在一些较隐蔽处，支导线的边数可能达到3条或更多，因缺乏检核条件致使支导线出现粗差和较大误差也不能及时发现，造成返工，给工作带来损失。因此，应加强对支导线的检核，采用一些措施（如：闭合导线法、利用高大建筑物检核法、双观测法等）以保证支导线的精度[2]，从而保证界址点的测量精度。

3 结 语

卫星定位技术与传统测量技术相比，它使传统地籍测绘的工作方式发生了根本性的变革，其测绘精度、测绘速度和经济效益，都优于常规控制测量技术，提高了这次地籍控制测量的工作效率。但在房屋密集居民区或其他困难地区，传统导线控制测量方法仍是必不可少的。结合测区复杂的实际情况，本文通过卫星定位技术结合传统测量技术采用多种控制测量方法进行协同操作，充分发挥各自优势，很好地完成了该项目控制测量任务，有效节省了财力、物力和人力，提高了测量工作效率，很有现实意义。

参考文献

[1] 詹长根,唐祥云,刘丽. 地籍测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2011

[2] 陈景平,刘满贤. CORS基准站作为起算点的GNSS C级控制网精度分析及应用[J]. 江西测绘,2021,38(3):14-15

[3] 建设部. 城市测量规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011

[4] 建设部. 卫星定位城市测量技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010

[5] 徐绍铨,张华海,杨志强,等. GPS测量原理及应用[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,2008

[6] 蔡振. GPS基线解算的基本理论与质量控制[J]. 测绘与空间地理信息,2013,36(4):109-111

[7] 乔雯钰,王萍,孔巧丽. GPS基线解算方案的选择[J]. 测绘的空间地理信息,2020,43(3):79-82

[8] 李征航,黄劲松. GPS卫星测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2008:78-119

[9] 汪宇豪,孟瑞祖,田先才. BDS GEO卫星对GPS精密单点定位的影响分析[J]. 全球定位系统,2019,44(6):52-57

[10] 杨行言,高雅萍,杨立财,等. 澳大利亚地区GPS/BDS实时精密单点定位性能分析[J]. 北京测绘,2020,34(2):265-268

[11] 张鹏飞,饶超河,陈柱锋,等. 卫星截止高度角对GPS基线质量的影响分析[J]. 城市勘测,2020(2):54-56

[12] 邵先锋,钱朝军. 信号易遮挡环境下BDS/GPS系统定位性能分析[J]. 地理空间信息,2020,18(2):71-75

[13] 宋大鹏,李玉海,崔素梅,等. GPS/Galileo/QZSS精密单点定位精度分析[J]. 地理空间信息,2021,19(5):63-67

[14] 田宗彪,章磊,杨绪峰. 网络RTK对流层误差建模方法及特性研究[J]. 测绘地理信息,2022,47(2):26-29

[15] 杨克凡,张晋升,汤逸豪,等. 精密单点定位在网络RTK中的应用研究[J]. 导航定位学报,2022,10(1):41-47