

县域城乡规画区工程测量控制网建立与精度控制研究

陈俊良

广宁县城乡规划服务中心, 广东 肇庆 526300

DOI:10.61369/UAID.2026030044

摘 要 : 县域城乡规划区域的工程测量控制网建立要结合地形条件与规划要求, 根据测量平差的相关理论来设计方案和拓扑结构, 针对县城、乡镇以及中心村等不同区域的特性, 运用恰当的技术。精度把控通过误差分析、统计手段、模型校验以及自适应调整实现, 各区域的道路、建筑、管线工程的测量放线与验收要根据规范精度标准, 为城乡规划提供可靠的基准保障。

关 键 词 : 工程测量控制网; 县域城乡规划区; 精度控制

Research on the Establishment and Accuracy Control of Engineering Survey Control Network in County Urban and Rural Planning Area

Chen Junliang

Guangning County Urban And Rural Planning Service Center, Zhaoqing, Guangdong 526300

Abstract : The establishment of the engineering survey control network in the urban and rural planning area of the county should be combined with the topographic conditions and planning requirements. According to the relevant theories of survey adjustment, the design scheme and topology structure should be designed. According to the characteristics of different regions such as county, township and central village, appropriate technology should be used. The accuracy control is realized through error analysis, statistical means, model verification and adaptive adjustment. The measurement and acceptance of roads, buildings and pipeline projects in various regions should be based on the standard accuracy standards to provide reliable benchmark guarantee for urban and rural planning.

Keywords : engineering survey control network; county level urban and rural planning area; precision control

引言

县域城乡规划区域的合理建立依靠精确的工程测量控制网当作空间基准保障, 其设计、设置以及精度把控直接关联到规划执行的精确性与效能。2022年发布的《十四五新型城镇化实施方案》清晰提出优化县域城乡空间的布局, 强化基础设施建设的精准支撑, 为工程测量控制网的建立提供政策指引。文本专注控制网的基本理论、技术特点、实际测量操作以及精度把控等领域, 结合县城、乡镇、中心村的不同地形条件与工程要求, 提出分级管控的策略和多技术整合的措施, 通过误差分析和模型优化来提高测量精度, 为县域城乡规划的科学抉择以及工程执行提供稳固的技术支撑, 帮助城乡建设朝着数字化、精准化的方向迈进。

一、工程测量控制网基础理论

(一) 测量控制网设计原理

测量控制网的建立设计是以测量平差的原理为基础, 通过最小二乘法对观测数据加以处理, 实现控制点坐标的最优估算^[1]。技术方案要结合县域地形特点与规划要求: 优先挑选国家或地方高等级控制点当作起算基准; 坐标体系采用高斯、克吕格投影或者抵偿投影面, 从而控制投影形变; 网络拓扑根据功能分区采用三角网、导线网或者 GNSS 网, 合理设定控制点的密度与分布, 保证图形强度与可靠性, 为地形测量和工程放样提供统一的基准。

(二) 规划区测量技术特性

在县级行政区的城乡规划领域中, 包括县城、乡镇以及中心村, 不同地区的测量技术特点存在明显差异。在县城范围, 建筑相对密集、交通车流量大, 高层建筑物遮挡以及地下管线复杂情形易造成 GNSS 信号失锁, 要通过边角网或者导线网等传统测量方式来补充控制。乡村地区地势相对平坦、农田呈交错状分布, 既有线性工程对控制网连续性的需求, 又要兼顾分散居住点位的精确程度, 适合运用 GNSS-RTK 与全站仪结合的方法来提高效率。中心村分布零散、通视状况不佳, 要重点确保点位之间的通视情形和稳定性。在山地规划区域需增加控制点数量, 以此消除

因地形起伏导致的测角、测距偏差，而平原地区能够通过 GNSS 静态观测迅速建立测量网络。在工程类型方面，道路工程需要控制网拥有高精度的线性传递能力，对于建筑工程而言，需在局部区域设置高精度加密控制网，从而满足施工放样的要求^[2]。

二、测量控制网的建立过程

（一）控制点布设与规划

根据规划区域的大小和工程的种类，来明确控制点的疏密程度和等级。针对道路、管线这类线性工程的沿线区域，要开展加密设置工作，从而实现施工放样的精度标准。GPS 静态测量应用于首级控制网络里，其覆盖范围较大、受地形约束较小，特别适用于县城复杂地形地带^[3]；全站仪用于次级控制网的加密以及局部测量工作，通过边角测量来提高平面精度。基准点需选在地质稳固、不易受工程建造影响之处，像道路交汇点、管线开端点等主要节点，以此保证长期稳定性与可访问性。控制点的设定要实现全面包括，防止城乡结合区域以及新规划建设区域产生测量空白区域，保证可为后续的工程测量提供统一且可信的基准策略。

（二）实测操作与放线实施

在实际开展作业时，以平面和高程控制网作为基准，通过全站仪、GNSS 接收机等装置采集数据，在开展观测之前要完成仪器的检校工作，保证其符合测量规范的要求。进行放线操作时，根据建筑物布局运用极坐标法或者直角坐标法把设计坐标转变为现场的点位，完成放样之后要对点位进行复核，从而保证建筑物轴线的偏差处于允许的范围之内。开展道路工程放线作业时，主要任务是确定道路中线的控制位置点。当中线桩位测设完成后，要进一步明确道路的边线和高程控制位置，接着结合水准测量工作来掌控道路纵断面的高程数据，以此确保道路坡度与设计要求相符。实际的操作与放线工作实施要严格根据工程测量规范，通过多次复核、仪器校正以及优化观测条件等途径，实现误差的初步控制，为后续的工程建设提供精确的测量基准^[4]。

三、精度控制研究

（一）精度评估方法

1. 统计分析方法

在精度控制的研究里，统计分析手段是定量控制网数据质量的主要技术，它通过对观测数据进行数学运算来显示误差特性与精度状况。采用方差分析手段能够区分测量流程中的系统误差和随机误差。在县城城乡规划区域的工程测量控制网当中，通过计算观测值的方差以及协方差矩阵，对控制网整体精度的一致性展开评估，识别由地形起伏、观测环境差异所引发的误差分布规律^[5]。回归分析方法能够用于建立观测值与影响因子的数学模型，通过明显性检验来判定各因素对测量精度的贡献大小，进一步对观测方案进行优化。在把这项技术运用到县城测量数据领域时，要根据道路和建筑物工程的实际需要，挑选典型测区去进行验证工作。

2. 模型验证与调整

模型验证与优化是县城城乡规划区域工程测量控制网精度管控的主要步骤，要通过实测数据和理论模型的符合度分析来检验控制网的稳固性。具体措施包含运用残差分析来评估观测值与模型预测值的偏差状况，通过卡方检验来验证观测数据的统计明显性，联合均方根误差（RMSE）对拟合程度进行量化处理，以此保证模型能够精准反映控制网的实际精度情况。在此前提下，引入自适应算法对控制网的方案和观测方案进行优化，通过实时调节观测权值、动态更新基准点坐标的途径，加强高程与平面坐标的控制稳定性。自适应算法能够根据实测数据误差的分布特性，自行调整模型参数，降低系统误差对精度造成的影响，让控制网在复杂的地形与环境状况下仍然可以符合城乡规划工程的验收标准。在研究进程里要参考有关精度验证的标准方式以及自适应优化的应用实例，保证模型验证与调整程序具有科学性和规范性^[6]。

（二）误差因素与优化策略

1. 误差来源分析

在精度控制研究里，对误差形成根源的分析是建立县城城乡规划区域工程测量控制网的主要环节。测量进程里的主要误差源头能够分成设备误差、环境干扰以及人为因素这三类。设备误差包括测量仪器的系统误差和随机误差，例如全站仪的轴系偏差、GNSS 接收机的多路径现象等，这类误差会直接对观测数据的精确程度产生影响^[7]。环境干扰要素包括大气折射、温度变动、电磁干扰等状况。在城乡规划区域复杂的情形下，比如管线工程的建设区域，周边建筑物的遮挡、地下管线电磁信号的影响等都会明显增加测量误差。人为要素会关联到观测人员操作的合规性、数据记录的精确性等，比如观测时对中整平出现的误差、数据录入失误等，这种因素在县城城乡规划地区的大范围测量中容易被忽略但影响明显。

2. 误差控制策略

在精度把控的研究里，误差管理办法要符合县城城乡规划地域工程测量的现实需求，给出具备针对性的优化措施。数据处理算法的优化可运用抗差估计和卡尔曼滤波相结合的方式，确实降低粗差对平差结果产生的影响，提高控制网平差的精准度^[8]。在实时监测技术的运用方面，引入全球导航卫星系统连续运行参考站系统（CORS），实现对控制网点位置的动态监测，及时察觉点位移动并予以修正，保证测量成果的时效性与可靠性。标准化流程的设定要清晰划定从控制网设计、外业数据采集到内业数据解析的整个流程准则，包括观测时间段的确定、仪器校正条件以及数据质量检验标准，降低人为操作产生的误差。针对城乡建设工程里室内地台高程测量这类有高精度要求的工作，能够运用精密水准测量和三角高程测量相结合的模式，通过多手段的数据融合来进一步提高局部区域高程的精准程度。这些策略综合运用起来，可为县城城乡规划区域工程测量控制网的精准度提供多方面保障，符合城乡建设里对测量数据的高精度要求。

四、具体工程测量工作应用

（一）县城规划区测量实施

1. 道路与建筑物测量放线

在县城规划区域开展测量实施工作时，道路和建筑物的测量

放线要以已建立的工程测量控制网作为基准，保证数据采集以及坐标转换的精度具有一致性。在开展道路放线工作前，要通过全站仪或者 GNSS 接收机来获取道路中线、边线以及交叉口的平面坐标，同时结合控制网里的已知控制点展开数据核查，确保点位误差能够符合规划设计的要求。在工程施工指导时期，测量人员要实时跟进放线结果，针对施工流程里的轴线偏移开展动态监控，及时矫正施工偏差，确保道路线形顺畅以及建筑物位置精准。此过程要严格根据控制网的精度标准，例如平面位置的中误差不超5cm，高程中误差不超3cm，借此实现县城规划区建设的精度需求^[9]。

2. 县城房屋竣工验收现状图测绘

在县城规划范围里，房屋建成之后需进行验收现状图的测绘作业，将其当作工程合规性判断以及产权登记的根据。测绘工作将工程测量控制网作为基准参照，采用全站仪或者 GNSS-RTK 技术，对建筑物的平面位置、外形轮廓、层数、出入口位置以及室外标高进行数据采集工作。对于复杂或异形的建筑物，可通过三维激光扫描技术获取完整的立面和顶部信息。在进行测绘工作之际，要重点核查建筑物实际的建设地点与规划红线、道路边线以及临近建筑的间距是否符合批准规定，平面位置的中误差需控制在 $\pm 5\text{cm}$ 范围以内。最终完成的竣工现状验收图应包括建筑物主体、附属设施、地面高度以及周边地形要素，并且要根据《工程测量规范》（GB 50026）绘制图形，以此为规划核实、不动产登记和城市基础数据库更新提供可靠的数据^[10]。

（二）乡镇规划区测量实施

1. 乡镇道路与建筑物精度控制

在进行乡镇规划区域的测量工作时，要把控道路网和建筑物的测量精度，需充分考虑乡镇地理分布分散的特点，通过优化后的控制网实现高效的测量与验收事宜。在道路网实际开展测放工作时，根据已建立的区域控制网，运用极坐标法或者全站仪坐标放样工艺，把道路中心线、交叉口以及附属设施的设计坐标转变为现场可实施的测量数据。通过控制点的空间优化布局，降低转站频次，保证相邻道路段的衔接精度达到不低于1:500比例尺地形图的精度标准，也就是平面位置中误差不超出 $\pm 5\text{cm}$ 。在进行建筑物放线工作时，要根据建筑的规模和功能来明确精度等级。对于低层民用建筑，采用二级导线进行控制作业，平面位置的中误差应控制在 $\pm 10\text{cm}$ 的区间内；而对于高层或公共建筑，需将精度提高至一级导线标准，中误差不能超过 $\pm 5\text{cm}$ 。

2. 乡镇房屋竣工验收现状图测绘

针对乡镇规划区域内房屋的竣工验收现状图测绘作业，要考量乡镇建筑多属低层、分散布局的特点，采用灵活且成本能把控的技术方案。通过乡镇规划区域控制网络，利用全站仪或者 GNSS-RTK 对建筑物的主体外形、层数、结构类别、室内外地面标高以及主要出入口方位进行实地量测。对于每栋建筑，要挑选不少于三个特征点来测量其坐标与标高，确保平面位置的中

误差不超过 $\pm 10\text{cm}$ ，地台标高（室内 ± 0 处）的中误差不超过 $\pm 5\text{cm}$ 。在进行测绘作业时，需重点关注建筑物与相邻道路、宅基地边界以及规划控制线的相对关系，绘制出能够真实反映竣工后建筑布局情况的现状图。该成果可为乡镇规划核验、宅基地确权登记以及村庄建设档案的管控提供基础数据支撑。

（三）中心村及相关工程应用

1. 中心村道路与建筑物测量

在中心村规划区域的道路和建筑物进行测量放线实际操作时，要根据中心村的小尺度空间特性来调整控制网的使用逻辑。通过已建立的县城城乡规划区域工程测量控制网络，优先挑选分布均衡、通视状况良好的控制点当作放线基准。因为道路线性较短、建筑布局紧凑的特性，运用加密图根点的办法优化点位布设的密度，把图根点间距把控在50-100米，以此保证能够满足1:500比例尺地形图测量以及放线精度的需求。进行道路放线工作时，根据控制网已有的坐标，运用全站仪极坐标方式或者 GNSS RTK 技术明确道路的中线桩、边线桩以及交叉口的特征点，桩位误差应控制在不超过 $\pm 5\text{cm}$ 的范围；开展建筑物放线作业时，要按照规划总平面图，先计算出建筑物角点的坐标，然后使用直角坐标法或者距离交会法开展轴线的放样，轴线偏差要控制在 $\pm 3\text{cm}$ 以内，对相邻建筑物的间距进行复核，偏差不能大于规划值的 1/5000。开展放线工作时，根据《工程测量规范》GB50026-2020里针对小型工程的精度要求实施作业。对放样数据以及现场复核情况进行记录，形成包括控制点坐标、放样点位结果、偏差分析的验收材料，为中心村道路与建筑物的施工质量验收提供精确的测量技术保障。

2. 室内地台高程与管线精度评估

在县城城乡规划领域的工程测量控制网方案下，中心村室内地台高程的测定遭遇地面下陷、建筑构造形变以及室内环境遮挡等特殊状况，要融合水准测量与 GNSS-RTK 技术实现高精度数据收集。室内地台标高的测定要以区域控制网当作基准，通过设置加密水准点，运用二等水准测量方式得到地台相对标高，同时使用全站仪对建筑内部主要位置开展三维坐标测量，保证数据和控制网基准相一致。管线工程数据精度评定要建立通过控制网的坐标变换模型，把管线三维坐标和控制网数据开展匹配校验，经由计算平面位置的中误差以及高程的中误差，评价管线数据的可靠性。验收把控阶段要设定统一的精度标准，例如管线平面位置的中误差不超出5cm，高程中误差不超出3cm，室内地台高程中误差不超出2cm。采用现场抽检和数据复查的方式，保证中心村室内地台和管线工程数据在整体控制网下具备一致性，从而为城乡规划区的工程建设提供可靠的测量根据。

五、总结

县城城乡规划区域内工程测量控制网的建立与精度把控研

究,主要成果专注于控制网建立的理论改革与技术应用成效。从理论方面来看,对控制网的布设方案进行优化,同时根据县域的地形特点和规划要求,提出能够适应城乡空间差异的分级控制措施,化解传统控制网覆盖不充分与精度过剩的矛盾。在技术运用方面,对于不同工程类别(像道路、建筑、市政设施)的测量和验收要求,检验 GNSS与全站仪联合测量技术的适用性,实现测量数据的高效收集与动态校正,保证工程各环节的精度满足规范

规定。此研究存在一些局限,例如对复杂地形区域精度稳定性的分析不够,智能化监控手段的运用深度有所受限。后续研究能围绕建立智能化精准监测体系来展开,融合物联网和大数据技术,实现控制网数据的即时传输与异常告警,为城乡规划测量工作提供更精确的实践指引,促进县域工程测量向数字化、智能化方向迈进。

参考文献

- [1]孙琦栋.面向大尺寸装配对象的激光雷达自动测量精度控制技术研究[D].长春理工大学,2022.
- [2]杜威.注射成型熔体波动及重复精度控制的研究[D].北京化工大学,2023.
- [3]于俐涵.钢管管端焊缝修磨机器人精度控制与稳定性优化[D].燕山大学,2022.
- [4]令狐冰冰.基于数值模拟的直薄壁法兰件辗扩成形精度控制及工艺参数研究[D].太原科技大学,2023.
- [5]蒋晗.大型海洋油气模块结构虚拟对接及精度控制技术研究[D].天津大学,2022.
- [6]王喜超.高层建筑工程测量精度分析与控制[J].中国住宅设施,2022,(01):76-78.
- [7]赵慧.矿井贯通测量精度控制研究[J].山西冶金,2023,46(03):174-176.
- [8]武水文.工程测量技术在地下工程测量与精度控制中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(30):162-164.
- [9]曾杰.矿山工程中地质测绘工程技术精度控制策略探究[J].世界有色金属,2023,(22):32-34.
- [10]唐大健.精度控制在建筑工程测量中的应用[J].中阿科技论坛(中英文),2021,(03):46-48.