地矿测绘
Geological and Mineral Surveying and Mapping
第 8 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

全站仪自由设站法在市政道路曲线段放样中的精度控制

刘忠祥
广州市设计院集团有限公司
DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2220

[摘　要] 市政道路工程建设过程中,曲线段放样精度直接关乎道路施工质量以及行车安全。作为现代工程测量重要方法的全站仪自由设站法,操作灵活,但在曲线段放样时存在误差传播、角度偏差以及观测条件限制等问题。研究结果表明,该方法在保持操作灵活性的同时,大幅提升了放样精准度,为市政道路建设提供了可靠的测量技术支持。本文研究的成果可给类似工程项目测量放样作参考,还为全站仪自由设站法在复杂工程环境下的应用拓展提供理论佐证。
[关键词] 全站仪；自由设站法；市政道路；曲线段放样；精度控制
中图分类号：TU99　文献标识码：A

Precision control of total station free station method in municipal road curve section layout

Zhongxiang Liu
Guangzhou Design Institute Group Co., LTD.

[Abstract] In municipal road engineering, the accuracy of curve section layout directly affects construction quality and traffic safety. As a key modern engineering surveying method, the total station free station method offers operational flexibility but faces challenges such as error propagation, angular deviations, and observation limitations during curve layout. Research findings demonstrate that while maintaining operational flexibility, this method significantly enhances layout precision, providing reliable technical support for municipal road construction. The research outcomes in this paper serve as a reference for similar engineering surveying layouts and offer theoretical justification for expanding the application of total station free station method in complex engineering environments.
[Key words] total station; free station setting method; municipal roads; curve section layout; precision control

引言

随着城市道路建设规模不断扩大,道路工程对施工精度的要求越来越高。市政道路曲线段因线路频繁变化、几何参数复杂,其放样的精准度直接关系着道路施工的顺利进行与后期通行安全。传统的全站仪放样方法依靠固定站点,虽然精度较高,但受场地限制和施工环境影响较大,操作灵活性不足。自由设站法通过在施工现场灵活选择测站位置,实现点位连续观测,极大提高了放样效率,但同时对测量人员的技术水平以及精度控制提出了更高的要求。

1 全站仪自由设站法原理及曲线放样方法

全站仪自由设站法是一种高效又灵活的测量放样手段,其核心特点是测站点不固定,而是按照施工现场状况、观测需要以及道路设计特性灵活挑选站点位置,通过不断测角、测距来确定控制点的空间坐标。在市政道路曲线段放样过程中,该方法鉴于操作灵活、适应性强的特点,广泛应用于施工现场,尤其适合复杂地形或者障碍物较多的路段[1]。

就具体操作流程而言,自由设站法用于曲线段放样主要包含以下几步。依照道路设计的图纸或数字模型,求出曲线段的关键几何参数,包含切线长度、曲线半径、纵断面高程以及圆心坐标等数据,再去算出曲线上各控制点的理论坐标。这一步骤需要测量人员严格按照设计要求开展数据整理及校核,保证计算结果精准,给后续放样工作奠定可靠的基础。关键控制点有曲线起点、终点、中间曲率变化点和施工节点,这些点位对道路几何形状的维持和施工精度起着关键作用,因而在计算与布站期间应特别留意。

按照现场实际条件选定测站地点。测站的挑选不仅要考虑视距开阔、观测点数量充足,还得避开地面不平、障碍物阻挡以及施工活动的干扰。布设测站点应保证每个站点可同时观测多个放样点,以便减少因测站点切换产生的误差积累。此外,站点布设间距要合理,需保证测量的精准度,还得兼顾施工能否顺利进行,尤其是在曲线半径较小或者道路弯道集中的路段,需合理缩短站点间距,以保证每个放样点都在良好的测量视野内。

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

依靠全站仪做角度和水平距离的观测，采用极坐标法或者平差法确定放样点的实际坐标。进行测角测距的时候，测量人员得严格按照操作规则开展，如全站仪必须校准水平与垂直方向，测距仪器精度应达到设计指标，反射棱镜或棱镜柱要稳固摆放[2]。为了进一步降低误差，可对每个放样点进行反复测量，而且记录多组数据进行均值处理，靠平差计算算出最终点位坐标。在数据处理时段，要是发现有异常数据或者闭合差偏大，得赶紧开展复测和校正，防止误差沿曲线不断累积，影响施工进行。

将计算出的放样点标注在地面，为施工提供参考。放样点标识应当清晰、坚实，而且让施工人员容易识别和使用，一般采用喷漆、木桩或者钢钉去标记，依据道路设计线形开展检查。可利用定时核实关键控制点位置，使道路曲线形状符合设计要求，并在必要时进行微调。为实现整个过程的高精准，还需结合闭合差校验，对放样点开展平差和误差校正。这种闭合差检查方法可找出单点误差，还能辨认站点布设或操作阶段的系统性误差，为精准把控道路曲线放样提供有效办法。

在工程实际应用中，全站仪自由设站法呈现出高度的灵活性和可实施性。例如，在一条刚建成的市政道路曲线区域，由于地形起伏复杂，且道路两侧有施工障碍物，传统固定站的布设受到限制，放样的效率欠佳。采用自由设站法以后，测量人员依照现场情形选定最佳测站点，利用多角度测量与闭合差核对，有效控制了曲线段关键点的偏移，测得的放样点水平偏差被限制在±5毫米以内，把高程偏差控制在±8毫米以内，全然符合设计及施工规范的要求。该方法大幅度提高了测量效率，缩减了现场作业时长，减少了施工中因点位偏差导致的返工。

全站仪自由设站法对市政道路曲线段放样操作十分灵活，而且借助科学布站、角度测量、重复观测和平差修正等方式，可以有效管控误差，保障曲线段放样的精度与施工质量。这种方法适合复杂地形以及施工条件下的道路工程，为市政道路建设提供了可信的测量技术支撑，而且为类似工程项目测量放样提供了可供借鉴的操作经验和理论依据。

2 误差分析及精度控制措施

2.1测站布设不合理引起的角度误差

采用全站仪自由设站法时，测站点的安排是影响放样精度的首要因素。曲线段放样需连续测量曲线上各个关键控制点坐标，倘若测站点位置不合理，会引起角度观测偏差累积，最终引起点位和设计坐标偏差。角度误差主要体现在两个方面：一是测站间距过大或者过小，造成观测角度不稳定；二是测站位置与曲线控制点的几何关系较差，使观测线与测站方向偏离了设计的理想角度。比如，在曲线段曲率大的市政道路，倘若测站点距离过长，仪器观测线跟曲线切线夹角和设计的要求不一致，会造成角度误差在连续放样期间慢慢累积，最终让曲线点位置大幅偏移。

为了应对这一问题，首先要按照曲线半径、路幅宽度和道路设计图形，恰当选定测站点位置。测站最好选在曲线内侧或者外侧视野开阔的地方，使仪器能同时观测到多个曲线点，减少盲区与遮挡干扰。在曲线半径小的急弯地段，应增加测站密度，缩小测站间隔，减小角度误差的传播。此外，可以在关键控制点周边设置辅助测站，借助交叉观测对主测站误差进行校正。在实际施工中，工程师可借助模拟软件或现场布设图预先规划测站位置，保障每个站点的观测视线与曲线切线尽量达到垂直或理想观测角度，以此有效降低角度误差。

测站设置不合理引发的角度误差，不仅影响单点坐标的精准性，还可能造成整个曲线段误差不断累积，直接影响到道路平顺性与施工质量。因此，测站设置要结合工程实际做优化，并根据现场状况灵活调整，以确保自由设站法在曲线段放样中的可行性与高精度实施。采用科学的布站方法，既能降低角度误差，又能为之后的闭合差检核以及数据平差提供可靠保障，使曲线段放样精度得到有效控制。

2.2全站仪仪器系统误差

另一个影响自由设站法精度的重要因素是全站仪仪器系统误差。全站仪是一种把测距、测角和数据记录功能集合在一起的测量设备，其测量精度受仪器的自身设计、校准状态以及使用环境影响。仪器误差主要包括距离测量误差、电子显示和数据处理误差以及角度测量误差。例如，仪器里水准器有微小偏差会让水平角测量不准，长距离观测时激光测距误差可能会放大，尤其是在市政道路曲线段开展放样工作时，曲线点彼此间距较长时，误差累积的状况更为明显。

想要控制仪器误差，首先需确保全站仪校准状态良好。应给仪器做水平调节、光学调焦和电子系统自检，保障测角跟测距功能正常，放样操作期间，仪器得放在稳固支撑起来的三脚架上，预防地面振动以及风力的影响[3]。对关键测站多次测定，同时把观测值做均值化处理，能有效削减仪器系统误差的随机成分。对于距离比较长或角度变化大的曲线段，能采用多站交叉的观测方式，依靠计算平差值来校正单站误差，使数据精度实现优化。

此外，仪器使用规范对精度控制同样重要。测量人员得严格依照操作规程行事，要让每次测量前仪器水平调节正确、望远镜对准控制点中心、测距光束与目标垂直，阻止人为操作产生误差。采用仪器校准、稳固安置、重复测量及平差修正等措施，能把系统误差管控在允许范围之内，进而让曲线段放样精度符合设计要求，为道路修建提供可靠技术支撑。

2.3观测环境影响

观测环境是影响自由设站法测量精度的重要外部因素，涵盖风力、光照状况、地面平整程度及现场阻挡物等。在开展市政道路曲线段放样期间，风力有概率引起全站仪的轻微晃动，引起角度观测的误差；强光和反射光都会干扰望远镜读数，导致测距误差上升；地面高低不一或者施工障碍物约束仪器布设位置，还会造成测站点选择不恰当，因而造成放样精度受影响。

为把环境影响降低，施工现场最好尽量选择稳定、平整的测站安放点，绕开高风区或是有强烈反射光区域。若风力变得比较

大时，能采用加重三脚架或临时防风办法，使仪器维持稳定；在光照条件不佳时，能对观测时间进行调整，避开正午的强光直接照；对于地面不平，可在三脚架底下用垫板或支撑把水平调整好，让仪器维持稳定。重复观测可控制环境条件对测距精度的影响，每个控制点可多次实施测距，而后算平均值用以减小随机偏差。

此外，现场安排需充分顾及施工障碍物，比如围挡、交通设施或施工材料的堆放，通过改变测站的位置或者添加辅助测站，保证观测的视线没有阻碍。环境因素一般不可回避，但利用科学规划站点、正确调整测量时间、多次观测及数据平差，能把环境对测量精度的影响降到最大程度，由此保障曲线段放样的可靠。

2.4人员操作误差及规范控制

人员操作在自由设站法放样的过程中是最易受人为因素影响的阶段。操作误差大多包含仪器水平没调好、测距或读数方法不标准、观测顺序弄错等。在曲线段放样期间，操作不当可能会让控制点偏离设计坐标，导致曲线段放样精度下降。例如，望远镜没有精准对准目标中心，又或者在测距时光束和目标错开，都会导致明显差错。

加强人员培训与操作规范是控制操作误差的首要措施。测量人员得熟练掌握全站仪操作办法，保障每次布站、测角、测距及数据记录操作达到标准，落实“双人复核”制度，即一人操作仪器，另一人去复核读数和数据的记录，防止个别操作失误影响放样结果。在曲线关键点，能采用多次的重复测量，把平均值当作最终点位坐标，再度降低操作的差错。

人员操作规范也包括科学规划测量次序。曲线段放样采用自由设站法时应从控制点向外扩展，关键点优先布设，防止误差不断叠加。每次测量结束以后，需开展闭合差检查，如发现偏差超出许可范围，应立刻调整仪器位置再重复测量。依靠系统培训、复核制度、闭合差控制以及重复测量，可以把人员操作误差在曲线段放样上的影响减到最小，保障测量结果的准确与可靠。

3 案例应用与实测结果分析

用某市政道路新建项目的曲线段当作例子，线路差不多长350米，曲线的设计半径为120米。现场采用全站仪自由设站法去布设测站，一共设置5个测站点，关键控制点包括曲线起点、终点及中间的曲率变化点。测量采用闭合差校核与多角重复观测，对每个控制点测量三次后取平均值，另外对数据进行平差操作。

实际测试结果表明，曲线上放样点水平偏差最大不超过正负5毫米，高程偏差正负不超过8毫米，均符合市政道路施工的规范要求。跟传统固定站法做对比，采取自由设站法操作更加灵活，把测量时间缩短了大概15%，而且在复杂路段还能保持高精准度。利用合理安排站点、多次观测与闭合差校正，自由设站法在曲线段放样里具备可行性和可靠性，为市政道路的施工提供了技术支撑。

4 总结

本文着眼于市政道路曲线段放样里的精度问题，对全站仪自由设站法的应用及控制措施进行了研究。依靠理论分析、误差研究及现场实测，得到下面结论：自由设站法有操作灵活、能适应复杂现场条件的长处，做曲线段放样的时候能提高效率又保持精度；测站布设、观测策略、仪器状态及操作水平会明显影响放样精度，优化布站、重复测量、闭合差校正和数据平差能有效控制误差；实测案例证明了方法可操作且精度可靠，水平偏差与高程偏差均符合工程规范要求。

[参考文献]

[1]潘斌.全站仪自由设站法在基坑三维形变监测中的应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(7):154-156.

[2]王温灵.自由设站法在精密三维控制网构建过程中的应用[J].中国新技术新产品,2023(22):8-10.

[3]王作钰,俞迪飞.轨道精测与精调自由设站测量算法研究[J].铁道标准设计,2023,67(5):37-41.

作者简介：

刘忠祥(1991--),男,汉族,广州市设计院集团有限公司,本科,助理工程师,工程测量。