

### 4.3 规范人为操作流程

加强测量人员专业培训，构建“理论+实操+考核”三位一体培训体系，系统讲解陀螺定向技术原理、设备操作规范及数据处理方法，结合井下模拟场景开展实操演练，重点强化仪器对中整平、精准读数等关键操作技能，考核合格并颁发上岗资格证后方可参与作业。制定标准化操作手册，细化仪器安置、观测、数据记录与计算等各环节操作要点，明确责任分工，要求测量人员严格按流程作业，杜绝违规操作。例如，观测过程中严格把控观测时间与读数时机，每处观测点至少完成 5 次独立观测，剔除异常数据后取平均值，减少数据离散度；数据记录采用双人双笔核对制度，原始数据即时标注观测条件，计算过程采用不同人员交叉校验，规避公式应用与数值取舍错误，从源头遏制人为误差<sup>[1]</sup>。

### 4.4 优化测量流程与误差修正

构建“地面基准校准-井下定向观测-数据误差修正-成果验证”全流程闭环管控体系，实现各环节精准衔接与全程可追溯。地面控制点采用 GPS 静态定位与全站仪三角高程测量联合校准模式，多次复核数据并剔除异常值，确保初始方位基准误差控制在允许范围内。井下定向观测时，在原有基础上增加 2-3 次观测频次，采用格拉布斯准则精准剔除粗差，结合最小二乘法对观测数据进行线性拟合，进一步提升数据精度稳定性。建立多维度误差修正模型，针对设备系统误差、环境影响误差、操作偶然误差分别套用对应修正公式逐一调整，有效削弱误差累积效应。巷道掘进过程中，严格执行每 300m 复测制度，同步对比前后测量成果，结合巷道偏移量动态微调掘进方向，全程动态管控，确保贯通精度达标。

## 5 实操案例分析

### 5.1 案例概况

某大型矿井为推进深部煤层智能化开采，规划开展两条平行长距离巷道贯通作业，巷道长度均为 1200m，埋深超 800m，井下不仅巷道转折多、机电设备密集，且受围岩破碎、粉尘浓度高影响，通视条件极差，传统光学定向与罗盘定向技术均难以满足高精度贯通要求。本次作业选用 JT15 型陀螺经纬仪定向技术，融合上述精度控制策略开展贯通测量，目标将水平与竖直贯通误差均控制在 ±50mm 以内。

### 5.2 测量设备与流程

选用 JT15 型陀螺经纬仪（精度等级 ±1.5"），作业前对设备进行全面校准，确保设备状态良好。测量流程如下：1) 地面控制点校准，采用 GPS 定位技术对地面已知控制点进行复核，确定基准方位角；2) 井下仪器安置，在巷道指定位置搭建临时操作台，完成仪器对中、整平；3) 定向观测，

每处观测点进行 5 次观测，剔除异常数据后取平均值；4) 数据处理与误差修正，采用建立的误差修正模型对观测数据进行调整，计算巷道掘进方位角；5) 中途复测与方向调整，每掘进 300m 进行一次复测，对比成果并调整掘进方向。

### 5.3 测量成果与精度分析

本次巷道贯通作业完成后，对贯通精度进行检测，测量成果如下表所示。由表可知，两条巷道的水平贯通误差、竖直贯通误差均控制在目标范围内，且远优于传统定向技术的测量精度，验证了陀螺定向技术及精度控制策略的有效性。下图为本次陀螺定向井下贯通测量流程示意图，清晰呈现了从地面基准校准到井下成果应用的全流程，标注了关键精度控制节点，为同类作业提供参考。

表 1 某煤矿贯通精度测量结果表

巷道编号	水平贯通误差 (mm)	竖直贯通误差 (mm)	方位角误差 (")	是否满足要求
1# 巷道	32	28	1.2	是
2# 巷道	38	31	1.4	是

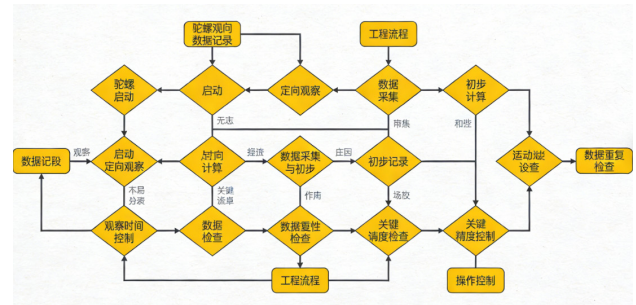


图 1 陀螺定向井下贯通测量流程图

## 6 结语

陀螺定向技术在煤矿井下贯通测量中展现出显著的精度优势与环境适应性，通过优化设备管理、规范操作流程、强化误差修正，可有效保障巷道贯通精度，为煤矿高效安全开采提供支撑。未来，随着智能化技术发展，可将陀螺定向与物联网、自动化测量设备结合，研发井下智能定向测量系统，实现测量数据的实时传输与自动处理，进一步提升测量效率与精度，适配深部、复杂煤矿开采的测量需求。

### 参考文献

- [1] 杨帅. 煤矿井下巷道贯通测量技术应用及精度控制[J]. 矿业装备, 2025, (05): 77-79.
- [2] 刘璐. 煤矿井下巷道贯通测量精度分析及技术方法探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (13): 31-33.
- [3] 崔岩建. 井下贯通测量精度的控制与优化分析[J]. 当代化工研究, 2021, (11): 33-34.

# Application of GPS Surveying and Mapping Technology in Municipal Pipeline Engineering

Yiying Wang Lin Ma Shangbin Jiao

Hebei Jiuhua Geo-Exploration And Surveying Co., Ltd.(519th of North China Geological Survey), Baoding, Hebei, 071051, China

## Abstract

The effective application of GPS surveying technology in municipal pipeline projects can significantly enhance both construction quality and efficiency. To fully leverage its advantages of precise positioning, operational efficiency, and real-time data, it is essential to analyze the key application points of GPS surveying technology based on practical conditions. This can be achieved through establishing standardized workflows, strengthening talent development, and creating shared platforms, thereby improving work quality and outcomes.

## Keywords

municipal pipeline engineering; GPS surveying and mapping technology; application value; application countermeasures

## 市政管道工程中 GPS 测绘技术的应用对策思考

王怡瑛 马琳 焦尚斌

河北九华勘查测绘有限责任公司（华北地质勘查局五一九大队），中国·河北 保定 071051

## 摘要

在市政管道工程中GPS测绘技术的有效应用可以更好地提高管道工程建设质量和效率。想要发挥其定位准确、作业高效、数据时效性强的优势，就需要结合实际情况分析GPS测绘技术的应用要点，通过构建标准化作业流程、加强人才队伍建设、搭建共享平台等多种方式提升工作质量和工作效率。

## 关键词

市政管道工程；GPS测绘技术；应用价值；应用对策

## 1 引言

市政管道工程作为城市基础设施的重要组成部分，可以为城市供水、排水、燃气、热力等资源传送提供帮助。保障市政管道工程的施工质量是城市稳健运行的重要基石，而测绘工作的有效落实可以为管道的线路规划、点位放样、埋深控制、竣工验收及后期运维提供指导，明确GPS测绘技术在市政管道工程中应用的价值及应用过程中需注意的问题是十分必要的。

## 2 GPS 测绘技术在市政管道工程中应用的核心价值

GPS 测绘技术的数字化、自动化优势较为鲜明，在市政管道工程精细化建设中引入该项技术十分必要，可通过GPS 测绘技术的应用改变传统市政管道测绘的作业模式，

为工程全流程精准管控提供技术支撑。在勘察设计阶段可借助GPS-RTK技术来收集拟建区域地形点、地物点坐标、高程数据等相应的数据信息，并生成高精度数字地图，为路线规划、管径选择、埋深设计提供信息参考数据支持。在施工放样阶段可借助GPS测绘技术精准确定管道中线、检查井、阀门井等关键点位，保障定位精度，避免因城市环境复杂、通视困难出现放样偏差的问题，以此来确保管道施工的线路走向与设计要求一致。在竣工测量阶段可借助GPS测绘技术，快速获取管道实际埋深、点位坐标、线路走向等相应的竣工数据，通过竣工数据与设计数据的对比分析及时发现问题，为工程验收提供客观准确的技术依据。而在运维监测阶段可借助GPS技术对市政管网的沉降位移进行实时监测，及时发现管道的变形问题，为管网的安全评估、隐患排查、维修保养提供信息支持，有效避免出现地下管网泄漏、坍塌等相应安全事故。由此可见GPS测绘技术可以应用于市政管道工程建设到运维的全过程，必须引起关注和重视<sup>[1]</sup>。

【作者简介】王怡瑛（1987-），女，中国陕西西安人，本科，工程师，从事市政、测绘研究。

## 3 市政管道工程中 GPS 测绘技术的应用对策分析

### 3.1 适配城市环境

在市政管道工程施工建设过程中常常会因为城市环境较为复杂出现施工偏差，GPS 测绘技术即便定位精度较高，也很有可能因城市的复杂环境受到干扰，因此需要从基准站与流动站选址、多技术组合、误差控制、实时动态差分技术与网络实时动态差分技术结合等多个环节加强技术控制，保障技术应用的适配性。在基准站与流动站选址中需尽可能选择开阔无遮挡且电磁干扰相对较小的地区作为基准站，例如城市公园、广场等，确保基准站卫星可见数量超过 5 颗，基准站和流动站的间距应控制在 10km 以下。还需根据作业区域的实际情况提前标记信号遮挡严重的区域，确定补测方案。

在多技术融合上可以将 GPS 测绘技术和全站仪、惯性导航、北斗卫星导航系统相结合，避免出现测绘盲区。例如，在测绘期间若出现 GPS 信号遮挡问题，可借助全站仪进行补测，也可以采用 GPS-INS 组合导航技术，借助惯性导航弥补定位空白。同时也可发挥北斗卫星导航系统多频信号优势和 GPS 系统兼容使用，保障卫星可见数量达标，进而确保定位的准确性和稳定性。在误差控制上需着重关注多路径效应，可在 GPS 接收机上安装抗多路径天线，避免因信号反射带来测绘误差。针对电磁干扰误差、高程拟合误差等相应的误差问题也需要选择应对方案。例如，为了更好地降低电磁干扰，可在作业时通过选址优化远离电磁源，配合电磁屏蔽设备及抗干扰接收机的应用降低电磁干扰的影响。在高程拟合误差分析中需根据地形特质，通过分区拟合、多点拟合等多种方式确保高程测量的准确性。在实时动态差分技术与网络实时动态差分技术结合应用期间需利用城市 CORS 系统的连续运行基准站网络实现无需现场架设基准站的高精度定位，大幅减少测绘过程中人力资源、物质资源的投入，还可以保障定位的统一性和精度<sup>[2]</sup>。

### 3.2 构建标准化作业流程体系

为确保市政管道工程能够顺利推进、有序开展，同时也为了更好地发挥 GPS 测绘技术的技术优势，构建标准化作业流程体系是十分必要的，可从如下几点着手明确不同环节的操作要求和技术标准。首先需要优化和完善作业准备流程，为后续作业开展提供良好的基础。在作业前需要组织技术人员进行工程交底，明确 GPS 测绘的测绘任务、测绘的精度要求及作业范围，并通过讨论分析明确在作业开展过程中存在的难点问题。可通过作业区域现场勘察了解该地区地势地形、气候特点和建筑物分布。在此基础之上对作业方案作出适当调整，明确基准站选址、作业路线和设备配置等相应关键要素，保障作业方案的适切性、针对性和可行性。在此之后则需要做好设备的检查和管理，通过设备校准、维修确保设施设备始终处于最佳运转状态，进而保障后续测绘

精度能够满足要求<sup>[3]</sup>。

其次需要加强现场作业流程的规范，严格按照规范要求来架设基准站，然后进行点位校验，确保基准站的坐标准确、信号稳定。在流动站作业中需根据规定要求确定采样密度，落实数据采集工作。一般情况下市政管道中线的采样间距应小于 5m，检查井、阀门井等关键点位需单独落实数据采集工作，采集前需做好接收机检验及校准工作，确保采集期间接收机运转稳定，并且每个点位的观测时间应超过规定时长，保障观测数据质量达到标准要求。在作业开展的过程中需要做好现场记录，登记作业时间、设备编号、作业人员、现场环境及数据异常情况等信息，为数据追溯、问题分析提供更多的帮助。在此之后则需要确定数据处理流程，制定标准化数据处理操作手册，明确在数据处理过程中应应用的软件以及数据处理期间的参数设置、误差校准、坐标转换、高程拟合等相关要求，为工作人员的工作开展提供更多的帮助。在数据收集结束以后需先进行质量检查，剔除异常数据，然后通过差分处理、坐标转换和高程拟合确保数据质量满足要求。

最后可通过成果审核与交付流程的优化构建三级审核机制，先由作业人员进行自检，然后由技术人员进行复检，最后由质量负责人进行终检，确保测绘结果的精度、完整性和规范性<sup>[4]</sup>。

### 3.3 搭建数据共享平台

搭建数据共享平台、规范化存储测绘数据也可以为后续数据的深度应用和数据价值开发提供帮助。在数据共享平台构建的过程中应根据《城市地下管线数据建库规范》等相应的文件政策要求确定市政管道工程 GPS 测绘数据的分类、编码、格式、语言数据标准，确保不同工程、不同阶段的测绘数据具有一致性和可比性，为后续的数据验证、分析、使用提供帮助。在此基础之上可搭建一体化测绘数据库，借助云计算技术、大数据技术等相应现代化技术完善数据库的功能，满足存储、管理、查询、分析、开发应用需求，配合区块链技术等相应现代化技术将市政管道工程的勘察设计、施工、竣工、运维各阶段的 GPS 测绘数据统一共享录入至数据库当中，实现数据的集中化处理。为避免数据丢失等相应问题可建立数据备份机制，通过本地备份与云端备份相结合的方式确保数据安全和可追溯性<sup>[5]</sup>。

再次应开发智能化数据管理与共享平台，平台应满足数据查询、统计分析、可视化展示、数据共享、权限管理等相应工作需求，工作人员可借助手机、电脑等相应智能终端设备快速调取所需数据。平台也可通过数据的统计整合，为工程设计、施工、运维决策的开展提供更多的信息参考。为了更好地保障测绘数据的完整性，还可借助可视化技术整合地下管网的空间位置、属性信息、监测数据，并以地形图的形式呈现出来，更好地反馈管网现状。在数据查询上可将数据信息划分为地形测绘数据、管道点位数据、管道属性数据、