

# Analysis on the application of high precision GPS in geological exploration engineering surveying

Hongbing Cheng

Shantou Geological Survey Center, Guangdong Provincial Bureau of Geology Shantou, Shantou, Guangdong, 515000, China

## Abstract

High-precision GPS technology, known for its real-time capabilities, high positioning accuracy, and ease of use, has become a crucial tool in modern geological exploration engineering. By incorporating differential positioning and dynamic carrier phase measurement, this technology can achieve centimeter-level precision even in complex terrains, significantly enhancing the spatial consistency and accuracy of exploration data. It plays an indispensable role in tasks such as drilling hole positioning, profile layout, and geological map compilation, not only improving measurement efficiency but also providing robust data support for subsequent geological analysis and resource assessment. This article systematically analyzes the technical principles and practical application paths of high-precision GPS, considering the specific characteristics of geological exploration and surveying. It explores the advantages, typical models, and constraints of its application, and proposes optimized strategies to adapt to complex geological conditions. The aim is to provide a reference for related engineering surveys and promote the modernization of geological surveying.

## Keywords

high precision GPS; geological exploration; engineering survey; spatial positioning; differential technology

## 高精度 GPS 在地质勘探工程测量中的应用分析

程红兵

广东省地质局汕头地质调查中心, 中国·广东 汕头 515000

## 摘要

高精度GPS技术以其实时性强、定位精度高和操作简便的特点,已成为现代地质勘探工程测量的重要手段。通过引入差分定位、动态载波相位测量等方法,该技术在复杂地形条件下仍能实现厘米级精度,有效提升了勘探数据的空间一致性与成果精度。其在钻孔定位、剖面布设、地质图编绘等环节中发挥了不可替代的作用,不仅提高了测量效率,也为后续的地质分析与资源评估提供了坚实的数据支撑。本文系统分析了高精度GPS的技术原理与工程实践路径,结合地质勘探测量的特点,探讨了其应用优势、典型模式与制约问题,并提出适配复杂地质条件下的优化对策,旨在为相关工程测绘提供参考与借鉴,推动地质测量的现代化进程。

## 关键词

高精度GPS; 地质勘探; 工程测量; 空间定位; 差分技术

## 1 引言

随着地质勘探工程对测量精度和数据处理效率的要求不断提升,传统的全站仪、水准仪等人工测量方式已难以满足大规模、快速部署和高精度定位的技术需求。在这一背景下,高精度GPS测量技术凭借其独立性、高效率 and 可扩展性逐步在地质领域中得到广泛应用。它不仅能提供实时动态定位服务,还能在复杂地形和不同气候条件下保持稳定的数据质量,为地质剖面布设、钻孔定位、断层追踪等任务提供了精准支撑。相比传统方法,GPS系统能够在短时间内完成大面积测区的坐标采集,极大地提升了作业效率和保证了

数据质量的一致性。因此,对高精度GPS在地质勘探测量中的应用进行深入分析,不仅具有现实意义,也为今后地质工程智能化、数字化发展提供了方向引导。

## 2 高精度 GPS 技术的发展概述

高精度GPS技术是在全球定位系统基础上发展而来,通过接收卫星信号并结合差分修正算法,实现厘米级甚至毫米级的定位精度。该技术经历了由静态测量向动态实时测量的演进,已广泛应用于交通、工程建设、地质测绘等领域。其发展主要依托载波相位测量技术、RTK(实时动态定位)模式与CORS(连续运行参考站)网络的建设,使得定位效率与精度同步提升。在数据传输、抗干扰处理和多系统兼容方面,现代高精度GPS系统可同时接收GPS、GLONASS、Galileo等多个导航系统信号,有效提升了在复杂环境中的

【作者简介】程红兵(1975-),男,中国湖南宜章人,助理工程师,从事地质中心测绘相关研究。

可靠性与适应性。同时,软件处理能力与硬件设备的小型化进一步促进了现场作业的灵活性,为地质勘探工程中高精度定位任务提供了稳定的技术支撑与作业保障。

### 3 地质勘探工程测量的基本需求

地质勘探工程对空间信息的精度与稳定性提出了较高要求,测量系统不仅需满足定位准确、覆盖广泛的基本条件,还需适应地形复杂、环境变化频繁的野外作业环境。在实际勘探过程中,需要对岩层分布、断裂带、构造线等地质要素进行高密度、高精度的数据采集,要求测量手段具备高时效性与高稳定性。工程中普遍存在作业区域分散、交通不便、基准点难以布设等问题,使得传统测量方式操作困难、效率低下<sup>[1]</sup>。高精度测量的另一项关键需求是数据的空间一致性与多源融合能力,以确保后续分析、建模与评价工作的可靠性。因此,测量技术不仅要提供点位的精准信息,还应具有实时处理、远程控制和成果数字化输出的能力,以适应当前地质勘探工程向自动化、系统化方向发展的趋势。

## 4 高精度 GPS 在地质勘探测量中的关键应用

### 4.1 勘探剖面布设与测点精确定位

在地质勘探工作中,剖面布设与测点选取直接影响数据的代表性与分析精度。高精度 GPS 技术通过实时动态定位手段,可在野外快速实现测点坐标的高精度获取,避免了传统测量中重复找点与人工校核带来的误差累积。在剖面布设阶段, GPS 可协助工作人员根据预定断面方位精确布设控制点,确保测线与地质构造走向一致。作业人员使用 GPS 终端设备进行逐点采集时,不受地形遮挡和可视条件限制,大幅度提高了外业效率。测点数据一经采集即实现电子化管理,为后续的地层解释与构造分析提供了高质量基础。采用 GPS 测量手段还可实现剖面数据与地理信息系统的无缝对接,有助于多源数据的时空融合与精细化建模。

### 4.2 钻孔坐标测定与地层结构数据采集

勘探工程作为地质勘探的重要手段,其精确坐标的获取关系到地层空间位置的准确判读与资源储量计算的合理性。高精度 GPS 在钻孔测点定位中的应用可实现实时、精确、稳定的坐标获取,有效规避了地形因素对传统测距仪与罗盘作业的干扰。在布孔过程中,作业人员依据 GPS 定位结果快速确定钻孔布设坐标,并通过连续测点追踪手段校核钻孔偏移,提升了整体布孔精度。随着钻孔施工的推进, GPS 配合测深仪、采样装置等可同步完成钻探深度与空间信息的三维记录。在构建地层结构模型时, GPS 提供的精准点位使得岩层界面分布、断裂带延伸等地质特征更加清晰明了,为后续地质成果图的绘制及地质解释提供了量化支撑。

## 5 高精度 GPS 提升测量效率与成果质量的路径

### 5.1 作业流程标准化与外业时间压缩

高精度 GPS 在地质勘探测量中的推广应用推动了外业作业流程的统一与高效化。通过建立标准化操作规程,包括测点布设、设备初始化、信号校验及数据记录各环节的规范,使测量人员能够在最短时间内完成任务配置与定位操作。便携式 GPS 终端的普及与电池续航能力的增强,使得全天候、多地点测量成为可能,显著降低了传统测量因环境限制而产生的时间损耗。RTK 等高效定位模式通过无线数据链路实时接收差分信号,实现现场测量与成果输出的同步进行,避免了多次往返作业与重复布点。在组织管理上,通过提前规划测线、统一坐标系统、优化作业路线等手段,将外业工作从点状测量转向网格化、模块化布设,有效压缩了整体外业周期,提高了地质勘探阶段的推进效率。

### 5.2 数据处理自动化与结果精度保障

随着高精度 GPS 数据采集精度的不断提升,对后处理系统的自动化能力也提出了更高要求。现代 GPS 测量设备普遍配套数据管理软件,可实现坐标解算、误差修正、轨迹回放等操作的一键完成,减少人工干预带来的判断偏差。观测数据通过实时上传至计算中心,由云端算法进行差分改正、基线解算及高程拟合,使定位结果在短时间内达到厘米级精度。在数据精度保障方面,通过设置质量控制参数,如观测时长、卫星数量、PDOP 值限制等,有效筛选和剔除不稳定数据,提高了成果的一致性和可靠性。测量成果可直接导出为标准格式的坐标文件、成果图及报告文档,为地质分析提供了可视化、可校验、可复用的数据支持,确保了整个测量链条的精度闭环<sup>[2]</sup>。

### 5.3 测量成果与 GIS 平台的数据融合

高精度 GPS 测量成果具备统一的地理参考系统与时间戳信息,天然适合与地理信息系统平台实现无缝融合。在数据接入阶段, GPS 所采集的坐标、点位属性、路径轨迹等可直接导入 GIS 软件进行空间匹配与图层叠加,形成完整的地质空间数据模型。融合后的数据可参与断层划分、矿体边界圈定、剖面线生成等分析流程,提升了图件的精细化程度与表达能力。测量数据还可与遥感影像、地形起伏图、工程管线资料等多源信息建立联动机制,实现多维度、多尺度的空间分析。在成果展示方面, GPS 数据支持三维可视化展示与动态场景漫游,为地质勘探成果的汇报与审查提供更直观的支撑手段。通过数据融合,不仅提高了勘测成果的综合表达力,也为数字地质信息系统的建设奠定了坚实的空间数据基础,图 2 为勘探工程中的 GIS 平台原位测试模拟。

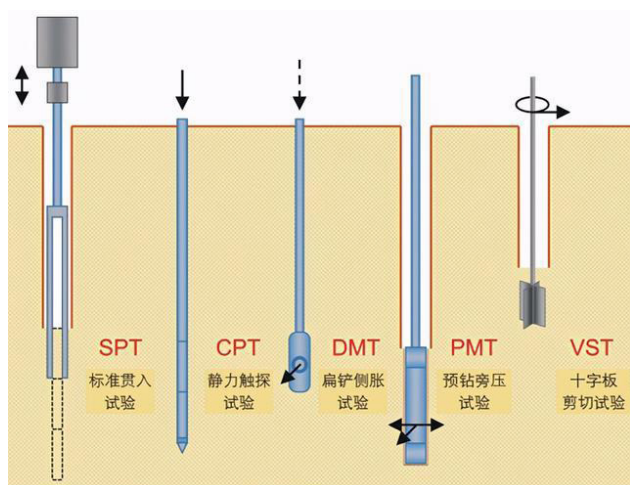


图2 勘探工程中的GIS平台原位测试模拟

## 6 高精度GPS应用中存在的问题与优化方向

### 6.1 复杂地形对信号质量的影响及其对策

地质勘探区域多位于山地、峡谷、林地等地形复杂区域，GPS信号传播过程中极易受到遮挡与反射干扰，导致定位不稳定、观测时间延长甚至信号中断。高精度作业对可见卫星数量与观测持续性要求较高，复杂地貌对空域的遮挡直接限制了有效观测窗口。为解决这一问题，可通过选择合适的观测时间段、使用多系统兼容接收机提升可见星数量、设置站点于高程较高处来缓解信号遮挡影响。在森林密布区域，可采用外接增强天线与防反射模块，提高信号接收灵敏度与方向性。在任务规划阶段通过3D地形建模预测信号盲区，对布点与观测路径进行优化调整，进一步提高实际观测成功率。依托CORS网络获取辅助差分数据，也有助于提升在局部遮挡区域的定位稳定性，增强系统在野外环境下的实用性<sup>[3]</sup>。

### 6.2 多路径效应与电离层干扰的抑制技术

在地质勘探过程中，建筑物、山体、水体表面常产生多路径效应，即GPS信号被反射后到达接收器，导致定位点位出现偏差。电离层干扰亦会在信号传播过程中造成传播延迟与折射，从而引发系统性误差。这些误差源对高精度测量构成显著干扰，需要通过多种手段加以抑制。硬件方面，现代GPS接收设备多采用双频段接收系统，通过对比不同频率的信号变化消除大部分电离层误差。软件处理上，差分算法与载波相位拟合技术能够识别并剔除异常数据点，提升

信号解算准确度。在作业策略上，避开近距离高反射面的布点安排及在固定时间段进行多次独立测量，可进一步平衡多路径影响。使用具备抗干扰天线、地基稳定装置的观测站还可有效提高长期观测数据的稳定性，为后续数据处理提供可靠基础。

### 6.3 与地面控制网的兼容与转换方法

高精度GPS测量通常采用全球统一坐标系统如WGS-84进行定位，而传统地质勘探工程所使用的坐标多基于本地大地坐标系，二者间存在基准差异与系统偏移，若缺乏精确转换方法将影响数据融合与工程成果一致性。在测量实践中，需建立稳定的转换模型实现坐标系统间的精确映射。常用方法包括通过已知控制点进行三参数或七参数转换，利用最小二乘法进行误差拟合，提高转换精度。作业前通过布设临时控制点并采集共点坐标数据，可建立与现有测区控制网的直接联系。在数据输出阶段，配合GIS系统进行投影变换、坐标系转换等操作，确保测量成果与既有工程数据保持一致。标准化转换流程与统一投影设置有助于减少数据误差积累，提升整体工程成果的空间一致性和技术协调性<sup>[4]</sup>。

## 7 结语

高精度GPS技术在地质勘探工程测量中的广泛应用，显著提升了测量工作的效率与成果的精度，推动了勘探手段由传统模式向数字化、自动化的转变。通过实时定位、差分修正和多系统信号接收，该技术在复杂地形条件下依然展现出稳定的适应能力与精确的空间表现力，为地质数据获取与构造分析提供了坚实支撑。尽管在信号干扰、多路径效应及坐标系统转换等方面仍存在一定挑战，但通过系统优化与技术配套，相关问题正逐步得到解决。未来高精度GPS将在更加精细的地质建模、多源信息融合和勘查成果表达中发挥重要作用，为地质工程测绘质量的全面提升提供持续动能。

### 参考文献

- [1] 杨志.高精度三维地震勘探技术在淮南矿区地质勘探中的应用[J].中国金属通报,2023(03):107-109.
- [2] 杨芳.四川地区高精度勘探技术在矿产地质结构中的应用[J].世界有色金属,2021(17):156-157.
- [3] 杨会伟,马书香,周先飞.地质勘探多通道高速数据同步采集技术研究[J].商丘师范学院学报,2016,32(12):53-56.
- [4] 吴兴宇.高精度三维地震煤炭地质勘探技术探讨[J].内蒙古煤炭经济,2014(10):206-207.