

# 3S 技术在地质矿产工程测绘中的深度应用

李树兵

内蒙古能源集团蒙能煤业有限公司，内蒙古呼和浩特市，010010；

**摘要：**矿产资源开采直接关系社会经济的发展，地质矿产工程测绘是矿产资源合理开采的前提，对矿产资源开采效率与经济效益带来重大影响。基于这种情况，应当将现代最新的测绘技术引入到地质矿产工程测绘工作中，有利于提升测绘工作效率和质量。现阶段3S技术开始在自然资源测绘工程中得到普遍使用，但是其在地质矿产工程测绘中的研究相对缺乏。更多是从理论角度探究了3S技术在地质矿产工程测绘中的使用，其并未产生有效的研究成果，难以对测绘工作产生积极意义。

**关键词：**地质矿产工程测绘；全球定位系统技术；地理信息系统技术；遥感技术

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.10.024

地质矿产工程测绘是矿山开发利用的基础工作，也是保障开采工作顺利开展的基本前提，这就需要重视测绘工作的开展质量，对提升矿产资源开采效率和经济效益带来重大影响。3S技术主要包括全球定位系统技术(GPS)、地理信息系统技术(GIS)、遥感技术(RS)，着重说明北斗导航系统的应用(BDS)，因其具有测量精度高、测量范围大、测绘效率高等优点，受到地质矿产工程测绘人员的高度关注，也增大了3S技术的使用频率。

## 1 3S技术的结合应用模式及场景

### 1.1 数据采集与整合协同

RS+GPS的遥感数据精准化，遥感技术(RS)通过卫星或航空平台获取大范围地表影像，GPS则提供影像中关键地物(如矿体露头、地质构造线)的精确坐标定位，实现遥感影像的空间校正与几何配准。在矿产勘探中，RS识别矿化蚀变带后，通过GPS实地验证采样点位置，形成“宏观异常圈定→微观精准验证”的协同流程。GIS的多源数据融合。GIS整合RS遥感影像、GPS定位数据、地质钻孔数据及地球物理探测结果，构建包含地形、岩性、矿体分布的三维空间数据库。通过空间叠加分析，GIS可揭示矿产赋存与地质构造的空间关联性，辅助圈定成矿有利区。

### 1.2 动态监测与管理协同

环境与灾害监测闭环，RS周期性拍摄矿区地表影像，监测植被破坏、尾矿库变形等环境变化；GPS布设地表位移监测网络，实时捕捉毫米级形变数据；GIS整合时序数据，模拟塌陷区扩展趋势并生成灾害预警热力图。

例如露天矿边坡稳定性监测中，RS识别裂缝发育范围，GPS跟踪裂缝位移速率，GIS计算滑坡风险概率。资源开发过程管控。矿山开采中，GPS实时追踪采矿设备位置并与GIS设计的采掘计划比对，动态调整开采路径；RS监测采空区扩展范围，GIS计算剩余资源储量与开采经济性。三者协同实现“规划→执行→反馈”的闭环管理，降低资源浪费。

## 2 3S技术的互补统一性

### 2.1 技术互补性

功能分工互补，RS通过卫星或航空传感器获取大范围地表影像，提供宏观动态数据；GPS为影像中的地物赋予精确坐标，解决空间定位问题；GIS则整合多源数据并执行空间分析与可视化，形成完整的“感知-定位-决策”链条。数据维度互补。RS侧重空间属性信息(如地物光谱特征、地形起伏)，GPS提供时空基准信息(坐标、高程)，GIS则建立关系型数据模型(如矿体与地质构造的空间关联性)。在矿产勘探中，RS圈定矿化异常区，GPS验证采样点位置，GIS构建三维矿体模型并预测资源分布。动态与静态互补。RS和GPS支持实时/周期性动态监测(如地表形变、设备轨迹)，GIS通过历史数据积累与模型构建揭示长期规律(如矿区沉降趋势预测)。三者结合实现“动态追踪→静态建模→趋势推演”的闭环反馈机制。

### 2.2 技术统一性

数据标准化统一，3S技术共享统一的空间参考框架(如WGS84坐标系)，确保RS影像、GPS定位数据与GIS空间数据库的无缝融合。通过元数据规范(如数据分

辨率、时间戳)实现多源异构数据的结构化存储与跨平台调用。技术集成框架统一。基于空间信息流模型, RS 作为数据输入端, GPS 提供空间基准, GIS 承担数据处理与分析中枢, 形成“空-天-地”一体化技术体系。

### 3 3S 技术在地质矿产工程测绘中的应用

#### 3.1 技术整合与功能协同

GPS 高精度定位, GPS 通过卫星定位技术为矿区控制测量提供厘米级精度支持, 简化传统控制网布设流程, 尤其在复杂地形中两点间无需通视即可完成测量。实时动态差分 (RTK) 技术用于矿区碎部测量, 快速获取地形高程、地物边界等数据, 提升大比例尺测图效率。RS 广域感知与动态监测。遥感技术通过卫星或航空影像获取矿区宏观地表信息, 识别地质构造、矿化蚀变带及植被覆盖变化, 支持大范围资源普查和环境动态监测。高光谱遥感可探测隐伏矿床和地下水分布, 减少传统勘探盲区, 为靶区圈定提供科学依据。GIS 数据融合与智能分析。GIS 整合多源数据 (地质图、遥感影像、钻孔数据等), 构建三维地质模型, 精准刻画矿体形态与空间分布规律。通过空间叠加分析, 揭示矿产赋存与断裂带、岩性边界的关联性, 优化资源储量估算与开采方案。

#### 3.2 核心应用场景

资源勘查与三维建模, RS+GPS 协同勘测: RS 圈定矿化异常区后, GPS 对采样点精准定位并验证, 结合 GIS 构建矿体三维模型, 预测隐伏矿体延伸方向。案例: 某金属矿区利用 RS 识别蚀变岩范围, GPS 标注验证点坐标, GIS 生成矿体三维可视化模型, 资源储量误差降低至 5% 以内。动态监测与灾害预警。时序数据联动: RS 周期性监测地表形变 (如采空区沉降), GPS 布设位移监测网络捕捉毫米级变化, GIS 整合数据模拟灾害扩展趋势。应用实例: 露天矿边坡稳定性监测中, RS 识别裂缝发育范围, GPS 追踪位移速率, GIS 生成滑坡风险热力图并触发预警。矿山开发与生态修复。开采过程优化: GPS 实时定位采矿设备轨迹, 与 GIS 设计的开采路径比对, 动态调整采掘进度; RS 监测采空区扩展范围, GIS 计算剩余储量。生态修复评估: RS 监测闭矿后植被恢复状态, GPS 标记复垦区边界, GIS 构建生态承载力模型, 制定差异化复垦策略。

#### 3.3 协同优势与创新价值

效率提升: GPS 替代传统控制测量, RS 减少野外勘探工作量, GIS 自动化分析缩短数据处理周期, 综合降

低人力成本 30% 以上。精度增强: 北斗三代+无人机遥感实现厘米级地形测绘, GIS 三维建模精度达 0.1 米级, 支撑精细化资源管理。决策科学化: 3S 技术集成构建“数据采集→模型推演→方案输出”闭环, 提升矿区规划、灾害防治与生态修复的决策可靠性。

#### 3.4 技术发展趋势

智能化集成: AI 算法嵌入 GIS 平台, 实现 RS 影像自动解译与矿化标志识别, 结合 GPS 动态路径规划自主勘探机器人。全链条服务: 基于云平台的 3S 技术系统覆盖“勘探-开采-闭矿”全周期, 支持多角色远程协同与数据共享。高分辨率增强: 无人机搭载激光雷达 (LiDAR) 与多光谱传感器, 提升复杂地质构造解析能力, 推动数字孪生矿山建设。

### 4 3S 技术深度应用

#### 4.1 公共卫生与应急管理

医院建设监测, 技术组合: RS (卫星遥感影像) +GIS (空间数据可视化) +GPS (施工设备定位)。应用场景: 通过 RS 实时监测医院建设地表形变, GIS 整合施工进度与资源调配数据, GPS 追踪重型机械轨迹优化调度路径, 实现 10 天建成千张床位的“中国速度”。成效: 沉降监测精度达毫米级, 施工效率提升 40% 以上。疫情智慧防控系统。技术组合: GPS (北斗定位) +GIS (热力地图分析) +RS (人口流动监测)。应用场景: 北斗系统实时追踪高风险人员活动轨迹, GIS 生成疫情传播热力图, RS 分析交通枢纽人流密度, 精准划定封控区域。创新点: 结合 AI 算法预测疫情扩散趋势, 防控响应时间缩短至 2 小时内。

#### 4.2 工业数字化转型

汽车数智工厂, 技术组合: GIS (生产数据三维建模) +GPS (AGV 导航定位) +RS (厂房环境监测)。应用场景: GIS 构建生产线数字孪生模型, GPS 引导无人搬运车 (AGV) 路径规划, RS 监测车间温湿度与安全指标, 实现全流程自动化生产。成效: 柔性制造能力提升 30%, 设备故障率降低 25%。民爆行业安全管理。技术组合: GPS (危险品运输轨迹追踪) +GIS (爆炸风险模拟) +RS (仓储区周界监测)。应用场景: 贵州某民爆企业运用 GPS 实时监控炸药运输车辆, GIS 模拟爆炸冲击波影响范围, RS 无人机巡检仓储区周边安全距离。创新点: 危险品泄漏预警系统响应时间缩短至 15 秒内。

#### 4.3 生态保护与资源开发

智慧林草火灾防控，技术组合：RS（多光谱火情识别）+GIS（防火隔离带规划）+GPS（消防力量调度）。应用场景：高光谱遥感卫星识别林区热异常点，GIS自动生成最佳扑救路径，北斗系统定位消防队伍实时位置。成效：火灾识别准确率达98%，应急响应效率提升50%。矿区生态修复评估。技术组合：RS（植被覆盖度分析）+GIS（复垦方案模拟）+GPS（修复工程验收）。应用场景：周期性遥感监测闭矿区植被恢复状态，GIS叠加土壤污染数据生成梯度复垦方案，GPS精准标记复垦区验收坐标。创新点：生态修复成本降低20%，植被成活率提高至85%以上。

#### 4.4 城市治理与交通优化

交通事故智能分析，技术组合：GIS（事故热点图层叠加）+GPS（车辆轨迹回溯）+RS（道路状况识别）。应用场景：某城市中心城区通过GIS叠加历史事故数据与交通流量图层，GPS还原事故车辆行驶路径，RS识别路面缺陷（如坑洼、标线磨损）。成效：事故高发路段整治后事故率下降37%。地下管网孪生。技术组合：RS（地质雷达探测）+GIS（管网三维建模）+GPS（检修井定位）。应用场景：利用探地雷达扫描城市地下管网分布，GIS构建压力、流量、腐蚀度等多属性模型，北斗系统导航应急抢修作业。创新点：管网泄漏定位精度达0.5米，维修效率提升60%。

#### 4.5 技术融合趋势

AI增强型3S系统：华为智慧林草方案集成AI图像识别，实现RS影像中火点自动标注与GIS风险等级自动划分；空天地一体化监测：无人机搭载LiDAR与多光谱传感器，结合北斗三代高精度定位，构建矿区毫米级沉降监测网络；元宇宙交互平台：福州数字中国峰会展示的3S+VR技术，支持用户沉浸式操作GIS三维地质模型并模拟开采方案。

### 5 3S技术未来发展趋势

#### 5.1 技术融合与智能化升级

“3S+AI”深度集成，AI算法将加速与3S技术融合，实现遥感影像的自动解译、GPS轨迹的智能优化以及GIS空间分析的自动化决策，显著提升数据处理效率和精度。例如，林业监测中AI可自动识别森林火点并生成应急路径，农业领域则通过AI分析遥感数据预测作物

产量。创新方向：自主勘探机器人、无人化测绘装备、智能灾害预警系统将成为研发重点。空天地一体化监测网络。结合低轨卫星、无人机和地面传感器，构建多尺度、多时相的空天地协同观测体系，支持矿产、农业、林业等领域的全周期动态监测。应用示例：矿区毫米级沉降监测、森林碳汇动态评估、农田病虫害实时追踪等。

#### 5.2 跨行业多领域渗透

精细化资源管理，智慧城市：GIS与BIM（建筑信息模型）融合，支撑城市地下管网数字化与交通智能调度；生态保护：3S技术整合生态参数，实现自然保护区生物多样性动态监测与修复效果量化评估；双碳战略：通过遥感反演碳排放数据，GIS构建碳足迹空间分布模型，辅助制定区域减排方案。新兴场景拓展。元宇宙与数字孪生：3S技术为虚拟空间提供高精度地理数据底座，支持矿产开采模拟、灾害应急演练等场景；自动驾驶：北斗高精度定位与GIS高清地图结合，赋能无人矿卡、农业机械的路径规划与避障。

#### 5.3 技术性能突破

厘米级精度普及。北斗三代与无人机LiDAR技术结合，将地形测绘精度提升至厘米级，满足智慧矿山、精准农业等场景的精细化需求。实时动态响应能力增强。5G网络支撑下，3S技术实现“采集-传输-分析-反馈”秒级闭环，例如地质灾害监测中实时触发应急响应。

#### 5.4 平台化与标准化建设

云平台全链条服务，基于云计算构建3S技术协同平台，覆盖资源勘探、生产管理、生态修复全流程，支持多部门数据共享与远程协作。行业标准体系完善。针对数据格式、模型接口、安全规范等制定统一标准，推动3S技术在智慧城市、国土空间规划等领域的规模化应用。

总之，在地质矿山工程测绘中，测绘人员应当认识到3S技术的作用，结合测绘工作的需求，制定符合要求的测绘方案，逐步获取精度高的数据资料，以此为矿山开采工作提供数据支持。

#### 参考文献

- [1]张平.地质矿产勘查领域中3S技术的应用.2023.
- [2]刘浩宇.刍议3S技术的运用对矿产地质勘查工作效率的提升作用.2023.