

GPS 测绘技术在露天矿山边界勘测中的应用

吴 翠

安徽玄武新材料有限公司 安徽 铜陵 244000

【摘 要】：露天矿山边界勘测关系采矿权范围核实、采剥组织与相邻用地协调，边界点密集、台阶高差明显和卫星遮挡交替出现，单次观测易产生坐标漂移。GPS 测绘通过控制网络构建、边界点采集、坐标解算和归档，形成可连续追溯的边界坐标链。定位精度受坐标基准、可用卫星数、观测时段和独立核验制约，不能把单次定位结果直接作为界址确认；深凹采坑和遮挡区还应由常规仪器或影像资料补测。

【关键词】：GPS 测绘；露天矿山；边界勘测；控制网络；坐标解算

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.024

引言

露天矿山开采区域随台阶推进和排土布置不断变化，矿区边界既是测绘对象，也是爆破警戒、运输道路与生态修复范围的重要空间依据。传统导线测量在通视较好时精度稳定，长距离边界、陡坎转折和多作业面并行会增加布点与复测时间。GPS 测绘可与既有控制点、航测底图和现场界桩共同形成三维坐标，重点是让基准、观测、解算和复核保持同一坐标链，并为界址资料复核提供位置依据。

1 露天矿山边界 GPS 勘测特征解析

1.1 GPS 差分定位的边界坐标获取原理

GPS 接收机同步接收多颗卫星信号，利用观测量与卫星星历解算三维位置；边界勘测中，已知基准站坐标与流动站同步观测形成差分改正，可削弱公共误差。静态观测适合建立或加密首级控制点，实时动态测量适合沿界桩、转折点和道路交叉处连续采集。外业前把平面坐标系、高程基准、投影带和转换参数写入作业文件，避免设备按默认基准输出坐标。露天矿山的 GPS 测量可用于地形与作业面位置获取，边界用途还要核对点位身份与坐标依据^[1]。采样同步记录卫星数、定位解状态、PDOP 值、天线高和点位照片，异常点可回到原始条件复查。

1.2 露天采场边界折点的定位观测条件

露天矿山边界常沿山脊、沟谷、道路、排土场外缘或界桩串接，既有连续线状特征，也有待单独确认的折点。高陡边坡遮挡低仰角卫星，深凹采坑附近的岩壁反射会产生多路径误差，车辆、爆破警戒和边坡作业还限制停留位置。边界点应在拐点、界桩、地物转向和权属衔接处加密，长直段再按通视与地形变化布设检核点。勘测前核对矿权图、原始界址资料和现场标志，区分“测得的位置”与“应确认的界线”，防止把临时道路边缘误作矿山边界。

2 GPS 测绘技术的边界勘测应用流程

2.1 矿山外缘稳定控制网络的布设

控制网络以矿区既有控制点为起算依据，基准站设在采坑外缘稳定平台，另设 2 个以上独立检核点。基准站避开高压线、金属设施和陡直岩壁，天线整平、对中与量高后连续观测；流动站采点前先在已知点初始化检验，固定解连续保持 10 min 再进入边界作业。当基线长度超过 5 km 或 PDOP 大于 3.0 时，暂停边界采样并改在条件较优时段复测。相邻技术路线比较也把地形测绘精度与效率作为控制对象^[2]。控制点采用耐久标志，登记坐标和保护状况，后续复测沿用原标志。露天矿山边界 GPS 控制点的布设关系见图 1。

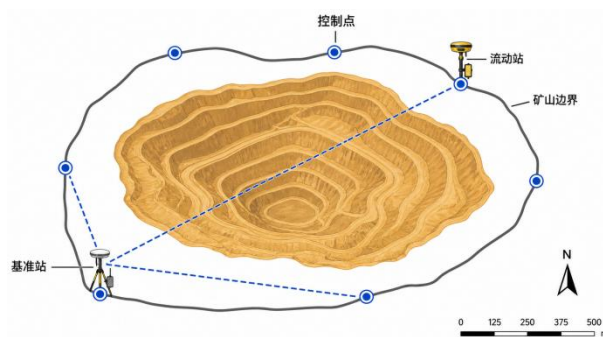


图 1 露天矿山边界 GPS 控制点布设示意

图 1 中，基准站布置在采坑外侧稳定位置，流动站位于待测边界点，蓝色虚线仅连接基准站与两个邻近控制点及流动站。这样的关系使作业人员可先核验控制点，再向边界折点展开测量；矿山边界线包围采坑轮廓，不与台阶道路混淆。

2.2 露天矿界转折点的现场属性采集

边界点按“预检—定位—属性记录—复测”连续采集。预检查看卫星可见性、PDOP 变化和通信状况，避开采坑壁阴影明显的时段；定位时流动站天线保持竖直，固定解连续稳定后采样。每个折点保存坐标、观测时刻、解状态、天线高和现场照

片,界桩被掩埋时另记相对地物与待核原因。高差突变处不能把点位移至安全平台后仍按原折点记载,可用偏心量测或后续补测并写明改正方法。难到达区域的影像边界仍要同地面控制点和可确认界址资料核对^[3]。

2.3 统一坐标基准下的边界成果解算

内业解算先检查基准站坐标、观测文件完整性和坐标转换参数,再按同一投影与高程基准输出边界点。重复观测点按平面坐标差检查复测一致性。若同一折点两次采样间隔超过30 min,应保留两组原始记录,避免把不同卫星几何条件下的坐标混为一次观测。解算前剔除失锁、浮点解和天线高缺失记录,对疑点只在复测后更新成果表。

边界点是否可纳入成果,除需查看固定解状态外,还应比较重复定位的平面一致性。同一边界点的复测平面差按式(1)计算。

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (1)$$

式(1)中,d为同一边界点两次平面坐标的差值,单位为m;X₁、Y₁和X₂、Y₂分别为两次解算的平面坐标,单位为m。该关系中,d反映两次独立定位的平面差异。d超出本项目采用的复测限差时,应先核验观测时段、固定解状态、天线高和控制点,再决定重新采样或复测,不能直接以两次坐标平均值覆盖异常原因。

2.4 界址图形成果的归档整理

归档包除坐标表外,还应保留原始观测文件、控制点说明、现场照片、异常处理单和边界线图。坐标表按边界走向排序,注明点名、平面坐标、高程、点位类型和复测状态;边界线图叠加采坑、道路、排土场及相邻用地,以图层区分永久界址和临时作业线。提交前由不同人员或不同时段抽查关键转折点,核对矿权图边界、现场界桩和成果线。权属争议、界桩缺失或坐标基准不明的区段应标为待核,不能单方判定界线。

3 露天矿山边界勘测成果判读

3.1 露天矿界勘测现场作业的衔接要求

露天矿山边界勘测可分为资料核验、踏勘布点、同步观测、

坐标解算、现场复核和成果交付六个环节。资料核验先确定坐标基准和边界依据,踏勘据采坑边坡、道路通行与爆破警戒确定安全站位;同步观测在卫星几何条件满足要求时完成控制点与折点采样,解算阶段剔除失锁、遮挡或记录不全的观测段。现场复核把成果点回放至可识别地物和界桩附近,检查折点次序、折线方向与图面地物是否相符。该安排把GPS快速采点的优势放在受控作业链中,避免把自动生成的轨迹直接当作可交付边界线。

3.2 GPS 定位用于复杂边坡的补测方式

GPS 测绘可在较大范围内保持统一坐标并缩短控制点传递距离。边界转折多、地形开阔的区域采用网络RTK密集采点,并以静态观测复核关键点;采坑深部、边坡遮挡和卫星可见性不足区域改用全站仪或影像补充,不能强行维持固定解。爆破前后、强降雨、浓雾和大型设备密集通行时暂停采点,边坡临空位置由安全人员确认站位。GPS主测配合关键点复测和困难区补测,可保持连续坐标链。

3.3 边界点坐标成果的独立复测判读

精度判读同时看数值差、点位环境和边界证据。固定解比例、重复点平面差、控制点闭合情况和高程差反映定位稳定性;岩壁遮挡、金属反射、天线偏斜和无法接近原点会改变观测可信度。界桩、批准图件、坐标与现场地物必须形成可回溯对应。某点即使显示固定解,照片若表明该点落在临时排土道路或明显偏离界桩,仍应列为待核点。局部区域改用常规仪器补测时,坐标转换、检核记录和界址依据完整即可同GPS坐标拼接为连续边界^[4]。判读要明确可用点、复测点和坐标的管理用途。

4 结语

GPS 测绘技术在露天矿山边界勘测中的应用,应以统一坐标基准和可复测控制网络为前提。通过稳定基准站、边界折点分级采集、重复定位差计算和成果资料联动归档,可提高边界点坐标的连续性与可追溯性。对于深凹采坑、陡直岩壁、界桩缺失或权属资料不明的区段,应结合全站仪、影像资料和现场核验补充判断。GPS 测绘提供的是受观测条件约束的空间位置成果,最终边界确认仍须服从有效界址资料与现场核实结果。

参考文献:

- [1] 刘辉,陈玉洋,王景浩.露天矿山测绘中GPS测量技术的应用[J].中国金属通报,2024,(12):55-57.
- [2] 陈旭.露天矿山测绘中GPS测量技术的应用[J].江苏建材,2023,(2):102-103.
- [3] 刘维迅,赵启,马富强,等.无人机搭载激光雷达利用移动基站在露天矿山地形测绘中的应用研究[J].四川水力发电,2026,45(2):127-129+158.
- [4] 马涵韬.露天矿山监管中的无人机测绘技术应用研究[J].新疆有色金属,2026,49(2):38-39.