

矿山测量中井下巷道贯通测量问题分析

刘永峰

潼关县祥顺矿业发展有限公司 陕西 渭南 714300

摘要：井下巷道贯通测量在矿山测量中极为重要，对后续矿山生产及其质量有直接影响。为确保贯通测量精度，需做好准备工作，明确贯通中心线和巷道开切点，并重点关注长距离贯通测量的精度估算。贯通测量误差主要源于控制点偏差、仪器精度低、操作不当及外界环境干扰。采用全球定位系统、定量分析测量法及陀螺附和导线测量技术可提高测量精度。严格把控测量流程，确保矿山工程顺利进行。

关键词：矿山测量；井下巷道贯通；测量问题

引言：矿山测量是保障矿山安全高效开采的基础，其中井下巷道贯通测量尤为关键。贯通测量不仅影响巷道的精准对接，还直接关系到矿山生产进度与人员安全。随着开采深度的增加，井下环境日趋复杂，对贯通测量精度提出了更高要求。本文旨在分析井下巷道贯通测量中的常见问题，探讨提高测量精度的有效措施，以期期为矿山安全生产提供技术支撑和参考依据。

1 井下巷道贯通测量的基本原理与方法

1.1 贯通测量的定义与分类

(1) 贯通测量的概念及内涵。贯通测量是指在矿山井下开采中，为使两个或多个巷道按设计要求准确接通，而进行的一系列测量工作，涵盖平面位置、高程及方向的精确测定，是保障巷道安全高效施工的关键环节，直接影响矿山生产进度与作业安全。(2) 巷道贯通的类型与特点。按贯通距离可分为短距离（小于1000m）、中距离（1000-3000m）和长距离（大于3000m）贯通；按方向分为水平、倾斜和竖直贯通。短距离贯通精度要求相对较低，长距离贯通受误差累积影响大，精度要求高；水平贯通侧重平面位置控制，竖直贯通重点把控高程。

1.2 井下巷道贯通测量的基本原理

(1) 测量坐标系的选择与建立。通常采用矿区独立坐标系，平面以矿区中央子午线为基准，高程以矿区水准点为起算。通过地面控制网与井下控制网联测，实现井上井下坐标统一，为巷道贯通提供统一测量基准。

(2) 误差来源与分类。主要误差包括仪器误差（如全站仪角度测量误差）、观测误差（如人员读数误差）、外界环境误差（如井下温度、湿度对仪器的影响）。按性质可分为系统误差和偶然误差，系统误差可通过校正仪器消除，偶然误差需通过多次观测减弱^[1]。

1.3 主要测量方法与技术

(1) 全球定位系统（GPS）在井下巷道贯通测量中的应用。需在地面布设GPS基站，通过井下布设的接收设备接收信号，实现对井下测量点的定位，适用于长距离、大范围的贯通测量，精度高、效率快。(2) 陀螺仪定向测量法。利用陀螺仪测定真北方向，确定井下巷道的方位角，不受磁场干扰，定向精度高，常用于井下导线定向，为巷道贯通提供方向基准。(3) 传输线测量法。通过铺设传输线，利用电磁波或光波传递测量信号，实现井上井下数据传输与测量，适用于复杂地质条件下的贯通测量，能减少外界干扰。(4) 其他传统测量方法。全站仪可同时进行角度和距离测量，通过布设井下导线网，逐步传递坐标和高程，操作简便，适用于中短距离贯通测量，在矿山井下应用广泛。

2 井下巷道贯通测量中常见问题分析

2.1 人为误差的影响

(1) 测量人员操作技能不熟练导致的误差。测量人员若对全站仪、陀螺仪等设备的操作流程不熟悉，易出现关键步骤遗漏或操作失误。例如，使用全站仪进行角度测量时，未能准确完成对中、整平操作，会导致仪器中心与测量点偏离，直接引发角度与距离测量误差；在陀螺仪定向过程中，若不熟练掌握寻北、锁定等操作技巧，可能延长定向时间，且易因操作偏差使真北方向判定出现偏差，进而影响巷道方位角设定，对贯通精度造成连锁影响。(2) 操作不规范、态度不严谨引起的误差。部分测量人员存在操作随意性，如观测时未严格遵循“三丝法”读数规则，仅用单丝读数，忽视读数校核；记录数据时未及时核对，出现笔误或数据混淆，且未进行二次复算验证。此外，在布设井下导线点时，若态度不严谨，未选择稳定、视野开阔的点位，或未妥善保护点位标记，导致后续测量时点位偏移或无法识别，都会使测量数据失真，影响贯通测量整体精度。

2.2 巷道条件对测量结果的影响

(1) 巷道弯曲程度及形状对测量精度的影响。巷道弯曲程度越大,需布设的导线点数量越多,测量误差累积风险越高。例如,急弯巷道中,相邻导线点间距缩短,每次角度测量的微小误差会随导线延伸不断叠加,导致最终贯通点的平面位置偏差增大;不规则形状巷道(如折线形、弧形巷道)会增加仪器架设难度,测量视线易被巷道壁遮挡,需频繁移动仪器调整观测角度,不仅降低测量效率,还可能因多次架设仪器的对中误差,进一步影响测量精度。(2) 不同截面形状巷道的测量难点。矩形截面巷道虽视野相对开阔,但墙角易产生反光,可能干扰全站仪等设备的光学观测;梯形截面巷道两侧倾斜,导线点若设置在巷帮,易因巷道变形导致点位下沉或偏移;圆形截面巷道无明显基准面,点位标记难以固定,且测量时需精准确定巷道中心轴线,若轴线定位偏差,会直接影响巷道贯通的方向把控,增加测量操作的复杂性与误差风险^[2]。

2.3 环境因素对测量结果的影响

(1) 粉尘、水汽对测量设备的干扰。井下巷道粉尘浓度高时,会附着在全站仪镜头、陀螺仪光学部件表面,遮挡观测视线,导致读数模糊,降低角度与距离测量的准确性;水汽易在仪器内部元器件表面凝结,损坏电路系统,影响设备正常工作,例如导致GPS接收机信号接收不稳定,无法精准获取定位数据,进而影响贯通测量的基准设定。(2) 地下水对测量精度的影响。地下水渗透会导致巷道底板变形、沉降,使布设的导线点位置发生偏移,若未及时发现并校正,会导致后续测量数据基于错误点位,引发累积误差;同时,地下水会使巷道内湿度升高,加速仪器金属部件锈蚀,影响设备精度,且积水区域可能阻碍测量人员通行,迫使测量路线绕行,增加测量环节与误差来源。(3) 温度与湿度对测量结果的间接影响。井下温度剧烈变化会导致测量仪器的金属支架、光学部件热胀冷缩,改变仪器内部结构参数,例如使全站仪的视准轴发生偏移,导致角度测量误差;高湿度环境会降低水准尺刻度的清晰度,增加读数误差,同时会影响导线点标记的稳定性,如纸质标记受潮损坏、金属标记锈蚀模糊,导致点位识别困难,影响测量连续性。

2.4 测量仪器与设备的问题

(1) 仪器精度不足导致的误差。部分矿山仍使用老旧或精度等级不达标的测量设备,例如使用精度为 $\pm 2''$ 的全站仪进行长距离(大于3000m)贯通测量,其角度测量误差会随距离延伸被放大,无法满足高精度贯通要

求;低精度GPS接收机在井下信号复杂环境中,定位误差可达数厘米,远超过规范允许范围,直接导致巷道贯通点平面位置偏差超标。(2) 设备使用不当或维护不善引起的误差。测量前未按规范对仪器进行校准,如全站仪未进行2C值、指标差校正,陀螺仪未进行寻北精度检验,会使仪器本身存在系统误差;日常维护缺失,如仪器长期暴露在粉尘、水汽环境中未及时清洁保养,导致部件磨损、精度下降,例如全站仪测距棱镜表面磨损,会降低光信号反射效率,使距离测量误差增大;此外,测量时未正确携带与放置设备,如剧烈碰撞仪器,可能损坏内部精密部件,进一步加剧测量误差。

3 提高井下巷道贯通测量精度的措施

3.1 优化测量流程与方案

(1) 建立标准化的操作流程:结合井下复杂的作业环境(如粉尘、湿度、空间限制等),制定覆盖测量准备、现场操作、数据记录、成果整理全环节的标准化流程。明确各环节的操作规范,例如在测量仪器架设时,需确保三脚架稳定、对中整平误差控制在毫米级;数据记录需采用双人核对模式,避免笔误或漏记,同时统一记录格式与单位,确保数据的规范性与可追溯性。(2) 制定详细的测量方案:在测量前,需全面勘察井下巷道的地质条件、现有工程布局及贯通要求,针对性制定方案。方案中需明确测量路线的选择(优先避开地质不稳定区域)、测量控制点的布设密度(根据巷道长度,每50-100米设置一个控制点)以及测量次数的确定(关键环节至少进行2次独立测量),同时预判可能出现的干扰因素(如机械振动、电磁干扰),并制定应对预案。

(3) 引入计算机程序与误差预计公式:借助专业测量软件(如CASS、Surfer)实现数据的自动化处理与分析,减少人工计算带来的误差;同时运用误差预计公式,在测量前对可能产生的系统误差(如仪器校准误差)、偶然误差(如读数误差)进行量化估算,明确误差控制范围,例如将方位角误差控制在 ± 5 秒以内,距离测量误差控制在1/50000以内,确保测量成果符合精度要求。

3.2 加强人员培训与技能提升

(1) 测量人员专业技能培训:定期组织理论培训与实操训练,内容涵盖测量原理、仪器操作(如全站仪、陀螺仪、GNSS接收机的使用)、数据处理软件应用及井下安全知识等。针对井下特殊环境,开展模拟实操训练,例如在模拟巷道中练习仪器对中整平、黑暗环境下的读数技巧,确保人员能熟练应对井下复杂工况;同时邀请行业专家进行案例讲解,分析过往测量失误案例,帮助人员积累经验,提升问题解决能力。(2) 工作态度

与责任心的培养：通过班前会、安全例会强调测量工作的重要性，明确测量失误可能带来的严重后果，增强人员的责任意识；建立师徒帮带制度，由经验丰富的老员工带领新员工，在实操中传递严谨细致的工作作风；同时开展职业道德教育，引导人员树立“数据零差错、测量零失误”的工作目标，避免因粗心大意、敷衍了事导致精度问题^[3]。

3.3 引进先进测量技术与方法

(1) 关注测量技术的最新发展动态：通过订阅行业期刊（如《矿山测量》《测绘通报》）、参加行业展会（如中国国际测绘地理信息技术装备展览会）、与科研院所合作等方式，及时了解全球范围内测量技术的创新成果，例如惯性导航测量技术、三维激光扫描技术在井下测量中的应用，评估新技术的适用性与可行性，为技术引进提供依据。(2) 采用高精度测量仪器与设备：淘汰老旧、精度不足的仪器，引入高精度测量设备，如0.5秒级全站仪（测距精度可达 $\pm(0.6\text{mm}+1\text{ppm}\times D)$ ）、高精度陀螺仪（方位角测量精度 ± 3 秒）、GNSS接收机（静态测量精度可达毫米级）等；同时定期对仪器进行校准与维护，按照国家计量标准，每半年至一年送专业机构进行检定，确保仪器始终处于精准状态，避免因仪器老化或故障导致测量误差。(3) 应用新技术提高测量效率与精度：将三维激光扫描技术应用于巷道断面测量，快速获取巷道三维模型，实现对巷道变形的实时监测，同时减少人工测量的劳动强度与误差；在长距离巷道贯通中，采用惯性导航与GNSS结合的技术，解决井下GNSS信号遮挡问题，提高方位角测量精度；此外，引入BIM（建筑信息模型）技术，将测量数据与工程设计模型结合，实现测量成果的可视化管理，便于及时发现测量偏差并调整。

3.4 实施严格的质量控制

(1) 对测量结果进行明确分析与矫正检验：在每次测量完成后，及时对数据进行整理分析，对比两次独立测量的成果，若差值超出允许误差范围，需重新排查原因（如仪器故障、操作失误），并进行补测；同时将测

量结果与设计图纸进行比对，检查巷道中线、高程是否与设计一致，若存在偏差，需计算偏差值并制定矫正方案，例如通过调整后续测量路线或巷道施工参数，确保贯通精度。(2) 重复测量与独立检查制度：建立“测量-检查-复核”的三级质量控制体系，测量人员完成测量后，由质检人员进行独立检查，核对数据记录的完整性、计算的准确性；关键测量环节（如贯通面附近的测量）需安排另一组人员进行重复测量，两组数据对比合格后方可采用，避免因单人操作失误导致精度问题^[4]。

(3) 建立奖惩机制，提高测量人员的积极性与责任心：制定明确的质量考核标准，将测量精度、数据准确性、工作完成效率纳入考核指标，定期对人员工作表现进行评估；对测量成果优秀、无误差超标的人员给予现金奖励、荣誉表彰或晋升机会；对因工作失误导致测量偏差、影响工程进度的人员，进行批评教育、经济处罚或岗位调整，通过奖惩分明的机制，激发人员的工作积极性，强化责任意识，确保测量工作质量。

结束语

综上所述，井下巷道贯通测量是矿山测量工作的重中之重，其精度直接关乎矿山开采的安全与效率。面对井下复杂多变的环境条件，我们必须不断优化测量流程，引进先进技术，加强人员培训，实施严格的质量控制，以确保贯通测量的高精度与高可靠性。未来，随着技术的不断进步，井下巷道贯通测量将更加智能化、自动化，为矿山的安全高效开采提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]李立斌.矿山测量中井下巷道贯通测量问题分析[J].中国金属通报,2023,(12):159-161.
- [2]徐胜伟,宗琪琪,王鹏.矿山测量中井下巷道贯通测量问题分析[J].世界有色金属,2025,(08):156-158.
- [3]孙元成,刘成斌.矿山测量中井下巷道贯通测量问题探究[J].世界有色金属,2024,(12):144-146.
- [4]张嘉源.矿山测量中井下巷道贯通测量的问题及策略分析[J].大众科学,2024,(07):57-59.