

控制点测量在矿山资源储量动态检测工作中的应用

王碧瑶

国家能源集团宁夏煤业公司石槽村煤矿

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2326

[摘要] 井工矿产资源储量动态检测是保障矿产资源合理开发、安全生产及监管合规的核心工作,其数据准确性直接依赖于统一、稳定的测量基准。控制点测量作为建立该基准的关键技术手段,通过科学布设地表与井下控制网,实现对井工矿地形地貌、采掘工程、矿体边界、采空区等核心要素的精准定位与动态监测。为此,本文就对控制点测量在矿山资源储量动态检测工作中的应用进行了探究,旨在阐明控制点测量在提升储量检测数据可靠性、支撑开采规划优化、防范安全风险中的核心价值,为井工矿资源储量动态检测工作的规范化开展提供技术参考。

[关键词] 控制点测量; 矿山资源储量; 动态检测

中图分类号: TD8 文献标识码: A

Application of Control Point Surveying in the Dynamic Monitoring of Mine Resource Reserves

Biyao Wang

Shicao Village Coal Mine, Ningxia Coal Industry Company, China Energy Group

[Abstract] The dynamic monitoring of underground mine resource reserves is a critical component in ensuring the rational exploitation of mineral resources, maintaining safe production practices, and achieving compliance with regulatory requirements. The reliability of monitoring data fundamentally depends on the establishment of a unified and stable geodetic reference framework. As a key technical approach for constructing such a framework, control point surveying enables accurate positioning and continuous surveillance of essential elements—including underground topography, mining infrastructure, ore body delineation, and goaf zones—through the systematic deployment of surface and underground control networks. This paper examines the application of control point surveying in the context of dynamic reserve monitoring, with the objective of elucidating its pivotal role in enhancing data accuracy, supporting optimized mine planning, and mitigating potential safety hazards. The findings aim to provide a technical foundation for the standardized implementation of dynamic monitoring systems in underground mining operations.

[Key words] Control Point Surveying; Mine Resource Reserves; Dynamic Monitoring

引言

井工矿因开采空间位于地下,受地质构造、采掘扰动、地表沉陷等因素影响,其资源储量始终处于动态变化状态,准确掌握储量变化规律是矿山资源合理配置、采掘方案调整及安全生产管控的前提,而控制点测量通过构建覆盖全矿区的三维控制基准,为储量动态检测提供统一的坐标参考体系,是解决井下空间定位模糊、检测数据离散等问题的核心技术支持,其应用质量直接决定储量检测结果的可信度与应用价值,因此深入探讨控制点测量在井工矿资源储量动态检测中的应用逻辑与实施要点具有重要现实意义。

1 控制点测量在井工矿储量动态检测工作中应用的实践意义

1.1 提升储量检测数据的准确性与可靠性

控制点测量通过建立统一、稳定的测量基准,消除了不同环节、不同时段测量数据的系统性偏差,确保地表与井下检测数据的一致性。精准的控制点测量成果为地形测量、巷道定位、矿体界定等提供了可靠依据,有效降低了因测量基准不统一、定位偏差导致的储量核算误差,使储量检测结果能够真实反映井工矿资源的实际状态,为资源监管与开采决策提供准确数据支持。

1.2 保障矿山安全生产与合规监管

控制点测量在地表沉陷监测、采空区稳定性监测中的应用,能够及时识别开采过程中的安全隐患,为安全生产预警提供数据支撑。通过跟踪地表控制点的沉陷位移,可划定危险区域,避

免人员与设备进入风险区,通过监测井下控制点的变形,可预警巷道坍塌、采空区冒顶等风险,保障井下作业安全。而且精准的储量动态检测数据基于控制点测量成果,能够满足资源监管部门对矿产资源开发利用的合规性要求,确保矿山依法开采、资源合理利用,避免因储量数据失真导致的监管处罚。

1.3 推动矿山资源开发的可持续性

井工矿资源属于不可再生资源,精准的储量动态检测是实现资源可持续发展的基础。控制点测量通过为储量检测提供可靠技术支撑,确保矿山能够全面掌握资源储量变化规律,合理控制开采强度,避免过度开采或资源浪费,基于动态检测数据,可科学规划剩余资源的开采方案,提高资源回收率,延长矿山服务年限,实现资源开发与生态保护、安全生产的协同发展。

2 控制点布设的核心原则

2.1 稳定性原则

控制点需布设在地质条件稳定、不易受采掘扰动、地表沉陷或巷道变形影响的区域。地表控制点应避免采空区上方、断层破碎带及矿区规划建设区域,井下控制点需选择巷道顶板或底板稳固、无淋水、无片帮风险的位置,优先布设在主要巷道的永久性支护段落。

2.2 全覆盖原则

控制网需全面覆盖矿山开采范围,包括地表矿区边界、井下主要巷道、采掘工作面、矿体赋存区域及采空区预测范围。控制点密度需根据开采规模、巷道复杂程度及储量检测精度要求合理确定,确保每个检测区域均有足够数量的控制点提供观测基准,避免出现测量盲区。

2.3 衔接性原则

地表控制网与井下控制网需实现精准衔接,通过布设近井点、定向点等过渡控制点,采用联系测量技术(如两井定向、一井定向)将地表坐标与高程基准传递至井下,确保地表与井下测量数据的统一性。同时,控制网需与矿区原有控制成果衔接,若原有控制点受扰动失效,需及时补设并进行联测。

2.4 实用性原则

控制点布设需便于观测与使用,地表控制点应保证通视条件良好,避开障碍物遮挡,井下控制点需避开设备堆积、人员密集区域,确保测量作业空间充足,同时便于后续巷道放样、矿体测量等工作的开展。

3 控制点测量在井工矿资源储量动态检测工作中的核心应用

3.1 地表地形与沉陷监测中的应用

地表地形测量是井工矿资源储量动态检测的基础工作,其成果用于计算矿区地表面积、界定矿区边界、分析地表沉陷对资源储量的影响。控制点测量通过布设地表GNSS控制网,为地形测量提供统一基准,确保地形图的精度满足储量计算要求。在地表沉陷监测中,控制点测量发挥着关键作用。井工矿开采会导致地下岩体应力重新分布,引发地表沉陷,沉陷区域的范围与深度直接影响地表附着物安全及地下资源的可采性。通过在地表布

设沉陷观测控制点,定期采用GNSS静态测量或水准测量方法复测控制点的高程与平面位置,能够精准计算地表沉陷量、沉陷速率及沉陷范围,为分析沉陷对矿体边界的影响、修正储量计算参数提供数据支撑。

3.2 井下巷道与采掘工作面定位中的应用

井下巷道与采掘工作面的精准定位是储量动态检测的核心环节,直接关系到开采量统计、矿体边界界定的准确性。控制点测量通过在井下布设基本控制导线与采区控制导线,为巷道掘进、工作面布置及测量提供基准。井下基本控制导线沿主要运输巷道、井底车场等稳定区域布设,采用全站仪进行水平角观测、边长测量及高程测量,形成闭合或附合导线网,其测量精度需满足井下一级或二级导线要求,采区控制导线随采掘工作面推进同步布设,作为工作面测量的直接基准,确保工作面位置、走向、长度等参数的测量精度。通过控制点测量传递的坐标基准,可精准测定采掘工作面的空间位置,计算工作面推进距离、开采面积及开采厚度,为统计开采消耗量提供基础数据。在巷道掘进前,基于控制点坐标,采用全站仪或激光指向仪进行巷道中线、腰线放样,确保巷道掘进方向与设计一致,避免因巷道偏离导致矿体开采遗漏或过度开采,确保储量检测数据能够真实反映资源开采状态。

3.3 矿体边界与资源分布监测中的应用

矿体边界的精准界定是储量计算的核心前提,井工矿矿体赋存状态复杂,受地质构造影响,矿体边界往往呈现不规则形态,且随着采掘活动推进,矿体实际边界与勘查阶段的预测边界可能存在差异,需通过控制点测量进行动态修正。基于控制点测量建立的统一坐标基准,采用地质剖面测量、巷道素描测量等方法,结合钻孔数据,可精准测定矿体的走向、倾向、倾角及厚度等几何参数,界定矿体在三维空间中的分布范围。在采掘过程中,通过在矿体边界附近布设加密控制点,跟踪测量矿体实际暴露边界与设计边界的偏差,及时修正矿体模型参数,确保储量计算的准确性。对于多层矿体或受断层影响的复杂矿体,控制点测量能够实现不同矿体层位、不同构造区块的精准划分,通过建立分层控制网,分别测定各层矿体的空间位置与分布范围,为分层储量计算、资源合理配采提供依据。并通过定期复测矿体边界附近的控制点,可监测矿体因采掘扰动导致的变形或边界移动,及时更新储量数据,确保动态检测结果的时效性。

3.4 采空区监测与剩余储量核算中的应用

采空区的形成与发育是井工矿开采过程中的必然现象,其范围与形态的精准掌握直接关系到剩余储量核算的准确性及矿山安全生产。控制点测量通过布设采空区周边控制网,为采空区范围界定、形态探测提供基准。对于地表可见的采空塌陷区,通过地表控制点测量,采用全站仪或GNSS-RTK技术测定塌陷区边界的平面坐标与高程,结合地形测量数据,构建采空区地表塌陷模型,对于地下隐伏采空区,通过在采空区周边稳定巷道内布设控制点,采用地质雷达、超声波探测等技术结合控制点坐标,精准定位采空区的三维边界、体积及埋深。基于控制点测量获

取的采空区数据,可准确计算采空区体积,结合矿体开采厚度与密度参数,反推开采消耗量,进而核算剩余可采储量。同时,通过定期复测采空区周边控制点的位移与沉降情况,可监测采空区的稳定性,识别采空区坍塌风险,为剩余储量的安全开采提供保障。

3.5 储量动态更新与数据整合中的应用

井工矿资源储量动态检测的核心目标是实现储量数据的实时更新,将控制点测量作为统一基准,为不同来源、不同时段检测数据的整合提供保障。在储量动态更新过程中,所有检测数据均基于控制点测量建立的统一坐标系,确保数据具有兼容性与可比性,通过定期复测控制网,修正因开采扰动、地质变形导致的基准偏差,确保不同时段的检测数据能够有效衔接。基于控制点测量获取的最新地形、矿体、采空区等数据,可对储量计算模型进行更新,重新核算保有储量、剩余可采储量等关键参数,形成动态储量报告,为矿山开采规划调整、资源监管部门审查提供准确数据支持。

4 井工矿控制点测量的精度控制要点

4.1 坐标系与基准统一

坐标系统的统一是确保控制点测量精度的前提。井工矿控制点测量需采用统一的矿区坐标系,优先选用与国家大地坐标系衔接的矿区独立坐标系,明确中央子午线、投影面高程等参数,避免因坐标系不一致导致的测量偏差。地表与井下坐标系的衔接需通过联系测量严格控制,联系测量包括平面联系测量与高程联系测量。平面联系测量常用一井定向、两井定向或陀螺经纬仪定向方法,确保井下导线网与地表控制网的平面坐标统一,高程联系测量采用导入高程测量,通过水准测量、三角高程测量或钢尺导入法,将地表高程基准传递至井下,实现井下高程系统与地表的统一。联系测量需进行多次独立观测,确保测量成果的可靠性,其误差需控制在《矿山测量规程》规定的范围内。

4.2 控制网观测与数据处理精度控制

控制网观测过程的精度控制直接影响控制点测量成果质量。地表GNSS控制网观测需选用双频GNSS接收机,观测前进行仪器检校,观测时段长度根据控制点等级确定,首级控制点观测时段不低于90分钟,加密控制点不低于60分钟,观测过程中需避开卫星信号遮挡与电磁干扰,确保数据接收质量。井下导线测量精度控制要点包括全站仪需定期进行水平角、竖直角及距离测量精度检校,观测前对仪器进行整平、对中,对中误差不超过2mm,水平角观测采用测回法,测回数根据导线等级确定,一级导线不低于4测回,二级导线不低于2测回,边长测量需进行温度、气压改正,消除环境因素对距离测量的影响,高程测量采用水准测量时,视线长度不超过50m,前后视距差不超过3m,确保高程测量精度。在数据处理阶段,GNSS控制网数据采用专业数据处理软件,

进行基线解算、网平差处理,剔除粗差数据,确保控制网的整体精度,井下导线测量数据采用严密平差方法,计算控制点的平面坐标与高程,分析闭合差与导线全长相对闭合差,确保其满足相应等级导线的精度要求。平差后需对控制点坐标进行稳定性分析,若发现控制点位移超出允许范围,需查明原因并重新观测。

4.3 控制点维护与复测管理

控制点的长期稳定性是确保储量动态检测数据连续性的关键,井工矿开采活动会对地表及井下控制点造成扰动,因此需建立完善的控制点维护与复测制度。地表控制点需定期进行巡查,检查控制点标志是否完好、是否受地表沉陷、施工破坏等影响,若发现控制点移位、损坏,需及时补设并与原有控制网联测,井下控制点需避免受巷道变形、淋水、设备碰撞等影响,定期检查控制点标志的稳固性,对于布置在采动影响区的控制点,需增加复测频率。地表首级控制网每年复测一次,加密控制网每半年复测一次,井下基本控制导线每季度复测一次,采区控制导线随采掘工程推进,每掘进50-100m复测一次。复测成果需与历史数据对比,分析控制点位移情况,若位移量超出允许范围,需对控制网进行重新平差,修正坐标数据,确保后续检测工作基于稳定的基准。

5 结论

综上所述,控制点测量作为井工矿资源储量动态检测工作的核心技术支撑,其应用贯穿于储量检测的全过程,从统一坐标基准的建立到动态监测数据的获取,从矿体边界的精准界定到剩余储量的核算,均发挥着不可替代的作用。在井工矿开采环境复杂、资源储量动态变化的背景下,控制点测量通过科学的布设原则、精准的观测技术与严格的精度控制,为储量检测数据的准确性、统一性与时效性提供了保障,为矿山资源合理开发、安全生产与可持续发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]郑伟.矿井测量常见问题改进措施分析[J].世界有色金属,2025,(06):178-180.
- [2]朱子斌.倾斜摄影测量在露天矿山测绘中的应用分析[J].世界有色金属,2024,(01):136-138.
- [3]张光祖,邓毅,李海峰,等.GeoSLAM在地下矿山巷道测量中的应用[J].河南科技,2023,42(07):11-15.
- [4]许文峰.轨道交通联系测量中盾构长大区间测量控制点平面精度的控制措施[J].建设监理,2022,(12):88-91.
- [5]李娟.某金属矿山三维航空摄影测量在矿山测量中的应用分析[J].中国矿山工程,2020,49(06):51-53.

作者简介:

王碧瑶(1995--),女,本科,宁夏石嘴山人,助理工程师,测绘工程在煤矿资源储量中的应用。