

煤田储量动态监测与资源合理利用研究

李田田

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要: 煤炭作为主体能源,其储量精准管理关系能源安全与可持续发展。传统储量管理存在数据更新滞后、精度不足等问题,难以适应矿山精细化管理需求。本文系统研究煤田储量动态监测的理论基础与技术体系,分析储量变化影响因素,提出资源合理利用策略。研究成果可为煤田储量精准管理、资源高效利用及矿山可持续发展提供支撑。

关键词: 煤田储量; 动态监测; 资源利用; 三维地质建模; 储量管理

引言: 传统储量管理以静态数据为主,更新滞后、精度不足,难以适应现代化矿山精细化管理需求。随着开采强度增大和深度增加,地质条件日趋复杂,储量动态变化加剧,建立动态监测机制已成为保障资源精准管理的迫切任务。资源合理利用涉及开采工艺优化、共伴生资源开发、生态修复等多维度协同,亟需系统研究监测理论与技术体系。本文从动态监测理论基础入手,构建一体化监测技术体系,分析储量变化影响因素,提出资源合理利用策略,以期煤田储量精准管理和矿山可持续发展提供支撑。

1 煤田储量动态监测理论基础

1.1 煤田储量的概念

煤田储量是指在特定地质条件下,经地质勘探查明、在当前技术经济条件下可采出的煤炭资源量。我国煤炭储量按勘查程度和开发可行性划分为储量、基础储量和资源量三个层次,包括探明储量、控制储量、推断储量等类别。储量计算需综合考量煤层厚度、倾角、煤质指标及开采技术条件等因素。传统储量管理以静态数据为主,在勘探阶段和年度盘点时更新,难以反映开采过程中的实际消耗与损失。随着开采强度增大、深度增加、地质条件复杂化,储量动态变化加剧,建立动态监测机制已成为保障资源精准管理的基础。

1.2 动态监测的原理

煤田储量动态监测是运用测量、物探、遥感、地理信息等技术手段,对开采过程中储量变化进行跟踪、采集、处理与分析的系统性工作。其核心在于建立“采前一采中一采后”全过程的储量变化追踪机制。采前阶段,通过三维地质建模和钻探验证建立初始储量模型;采中阶段,利用采掘工作面编录、井下物探、地表移动观测等手段,实时获取采出量、损失量、煤质变化等数据;采后阶段,通过采空区探测和剩余资源评估,核算实际采出率与损失率。通过多源数据融合与模型迭代更

新,实现对储量变化的精准刻画,为优化开采方案提供依据^[1]。

1.3 监测数据的管理

监测数据管理涉及数据采集、存储、处理、分析与应用的全流程。数据采集需统一标准与格式,规范测量点布设与观测频率,确保原始数据的准确性与可比性。数据存储应构建涵盖地质、测量、采掘、物探等多源数据的统一数据库,采用空间数据库技术实现高效组织与管理。数据处理需建立质量审核机制,识别与修正异常数据,运用插值、拟合等方法将离散点转化为连续空间信息。数据分析应开发储量动态变化模型,实现储量消耗速率、损失分布等指标的定量评估。同时建立数据共享机制,实现地质、测量、采矿等部门间的数据互通。

2 煤田储量动态监测技术体系构建

2.1 监测技术选型与集成

煤田储量动态监测涉及多种技术手段的协同应用,技术选型需综合考虑矿井地质条件、开采方式、监测目标及经济性等因素。地面监测方面,全球定位系统与全站仪技术适用于地表移动变形观测,三维激光扫描技术可快速获取露天矿采场和排土场的高精度点云数据,合成孔径雷达干涉测量技术可实现大范围地表沉降的连续监测。井下监测方面,采掘工作面地质编录是最基础的手段,可获取煤层厚度、夹矸、断层等第一手资料;井下瞬变电磁、地质雷达等物探技术可用于探测采掘前方地质异常体;采空区探测可采用钻孔摄像、声波探测等方法。遥感技术方面,卫星遥感适用于矿区地表变化宏观监测,无人机航测可高效获取高分辨率影像和地形数据。各类技术各有适用场景,需通过数据融合与协同集成,构建“天—空—地—井”一体化监测体系,实现优势互补,提升监测的全面性与精度。

2.2 监测网络布局设计

监测网络布局是保障监测数据代表性、系统性和经

济性的关键。地面监测点布设应遵循控制性、代表性、均匀性相结合的原则,重点覆盖主要采区、地质构造带、地表水体及重要建筑物区域。监测线宜沿煤层走向和倾向方向布设,形成网格化控制。监测点间距根据开采深度、地表移动变形预计值及监测精度要求确定,关键区域适当加密。井下监测网络应与采掘部署同步规划,在采区主要巷道布设观测站,在采掘工作面布设动态观测点,在构造复杂区加密控制。采空区监测需结合开采工艺,在采后适时开展探测工作。监测频率应根据开采强度、地质条件复杂程度和变形速率动态调整,采动活跃期加密观测,稳定期适当放宽。同时,应建立监测网络维护与更新机制,对损坏或失效的监测点及时修复或补充,确保监测网络的长期稳定运行^[2]。

2.3 监测系统的开发与实现

监测系统是技术集成与数据管理的载体,其开发需遵循实用性、扩展性、安全性原则。系统架构宜采用浏览器/服务器模式,实现数据集中管理与多终端访问。功能模块设计应涵盖基础数据管理、监测数据采集、数据分析处理、储量动态更新、成果展示与报告输出等核心功能。基础数据模块管理地质、采掘、测量等静态数据;采集模块支持移动终端现场数据录入与自动上传;分析模块内置储量计算、变化趋势分析、损失评估等算法模型;更新模块基于监测数据实现储量模型的动态修正;展示模块以二三维一体化方式直观呈现储量分布与变化情况。系统开发应采用成熟的地理信息系统平台和数据库技术,确保稳定可靠。在系统实现过程中,需注重人机交互优化,降低操作门槛;建立数据安全机制,实现分级授权与操作留痕;预留与其他矿山信息化系统的接口,便于数据共享与业务协同。

3 煤田储量动态变化影响因素分析

3.1 自然因素

自然因素主要包括地质构造、煤层赋存条件、水文地质条件和瓦斯地质条件等。地质构造方面,断层、褶曲、陷落柱等破坏煤层连续性和完整性,导致煤厚突变、煤层分叉或合并,造成可采储量减少。大型断层成为采区边界致资源无法回收,中小型断层密集区降低采煤效率并影响煤质。煤层赋存方面,厚度变化、倾角增大、顶底板岩性差异直接影响采出率,薄煤层开采难度大易形成永久损失。水文地质方面,高水压区被迫留设防水煤柱造成资源压覆。瓦斯地质方面,高瓦斯区需留设保安煤柱或采取预抽措施,影响资源回收效率。

3.2 人为因素

人为因素主要体现在开采工艺选择、采掘部署安

排、技术装备水平及管理组织能力等方面。采煤方法选择直接影响资源回收率,长壁综采适应大规模生产但边角煤难以充分回收,房柱式开采灵活性强但煤柱损失占比较高,放顶煤开采回收率受采放比、放煤步距等参数制约。采掘部署方面,采区划分与工作面布置决定资源可采程度,不合理规划易形成三角煤、护巷煤柱等结构性损失。技术装备水平影响对复杂地质条件的适应能力,自动化装备可减少夹矸混入和边界损失。管理层面,部分矿山存在重产量、轻回收倾向,资源损失未得到有效管控。

3.3 综合影响评估

自然因素与人为因素相互交织,共同影响储量动态变化。综合评估需从资源损失类型、损失量、损失原因及可控性等维度系统分析。损失类型包括采区永久煤柱损失、工作面端头损失、顶底煤损失、构造区损失等。采区煤柱损失受采区划分和巷道布置影响,占总损失比例较大;工作面端头损失与采煤工艺和管理水平密切相关;构造区损失受自然条件制约但可通过技术改进部分回收。评估应采用现场实测、理论计算与数值模拟相结合的方法,建立损失分类统计台账^[3]。自然因素造成的损失多具客观性,可通过优化开采部署降低影响;人为因素造成的损失可控性高,应作为储量管理的重点控制对象,为制定资源利用策略提供依据。

4 煤田资源合理利用策略研究

4.1 资源评价与规划

资源评价与规划是煤田资源合理利用的基础,在动态监测基础上建立科学的资源价值评估体系。资源评价应从数量、质量、经济性和可采性四个维度展开。数量评价依托动态监测数据,精准核算各采区剩余可采储量,建立储量动态台账,明确资源分布与剩余服务年限。质量评价关注煤质指标空间分布规律,包括灰分、硫分、发热量等参数变化趋势,为煤质配比提供依据。经济性评价结合开采、洗选、运输成本及市场价格,测算经济可采边界,识别边际资源和难采资源。可采性评价综合考虑地质条件、开采技术条件和安全条件,评估开采难度与风险等级。在此基础上编制中长期资源利用规划,科学安排采区接替顺序,统筹不同煤质资源的配采方案,优先开发经济性好的资源,对优质稀缺煤种实施保护性开发,实现经济效益与社会效益相统一。

4.2 开采技术与工艺优化

开采技术与工艺优化是提升资源回收率的核心手段,针对不同地质条件选用适宜的开采方法和工艺参数。构造复杂区应推广短壁机械化开采、巷柱式开采等

适应性强的工艺,通过精细地质探测指导采场布置,最大限度回收边角资源。厚煤层应优化放顶煤开采参数,合理确定采放比、放煤步距和放煤方式,推广多轮顺序放煤、低位放顶煤等技术,提高顶煤回收率;具备条件的矿井可采用大采高综采工艺,减少顶底煤损失。薄煤层应加大综采装备研发应用力度,推广刨煤机、薄煤层滚筒采煤机等专用装备,突破开采技术瓶颈。“三下”压煤资源应推广应用充填开采、条带开采、协调开采等减沉技术,在保障地面设施安全前提下合理回收压覆资源。同时加强采掘衔接管理,优化工作面布置,通过沿空留巷、无煤柱开采等技术减少护巷煤柱留设。

4.3 资源综合利用与循环经济

资源综合利用与循环经济是提升煤田资源利用效益的重要途径,从煤炭及其共伴生资源的全价值链条统筹考虑。煤层气方面,坚持“先抽后采、抽采并举”原则,实施地面钻井预抽和井下钻孔抽采,将煤层气作为清洁能源开发利用,减少瓦斯灾害风险并实现资源增值。煤矸石方面,推进减量化、资源化利用,用于充填开采、发电、制砖、筑路等,减少占地和环境污染。矿井水方面,根据水质特征分类处理,水质较好的作为工业用水、生活用水补充水源,水质较差的经处理后用于井下防尘、设备冷却,实现水资源循环利用。加强高岭土、铝土矿、油页岩等煤系共伴生资源的勘查评价与综合开发,延伸产业链条。同时构建矿区循环经济体系,推动开采、洗选、综合利用、生态修复等环节产业耦合,实现物质能量梯级利用,降低资源消耗和环境影响^[4]。

4.4 资源保护与生态修复

资源保护与生态修复是煤田资源合理利用的可持续性保障,需贯穿于矿产资源开发的全生命周期。建立资源储量保护制度,严格控制非开采性资源损失,优化矿权设置,减少矿界煤柱不合理留设。对于开采难度大、经济效益差的难采资源,设立资源储备区,待技术经济

条件成熟时再行开发。坚持“边开采、边修复”原则,将生态修复纳入开采计划同步实施。地面沉陷区治理应根据沉陷稳定程度和土地利用规划,采取土地复垦、湿地恢复、生态农业等多种模式,恢复土地生产功能和生态功能。矸石山治理应采取削坡减载、覆土绿化、植被恢复等措施,消除安全隐患,改善矿区景观。建立矿区水文地质动态监测网络,加强地下水保护,对采煤影响区实施水生态修复。同时,建立矿山环境恢复治理长效机制,落实企业主体责任,完善保证金制度,确保生态修复资金足额投入、规范使用,推动矿区生态环境持续改善。

结束语

煤田储量动态监测是资源精准管理的基础,资源合理利用是保障能源安全与可持续发展的关键。本文阐述了动态监测理论基础,构建了涵盖技术选型、网络布局、系统开发的一体化监测体系,分析了自然与人为因素对储量变化的影响机制,并从资源评价与规划、开采技术与工艺优化、综合利用与循环经济、资源保护与生态修复四个维度提出利用策略。未来需加强监测智能化与信息化建设,推动资源开发利用向精准化、绿色化、可持续方向发展。

参考文献

- [1]李文平,曹丹平,乔伟,等.深部碳储空间探测与地质评价关键技术[J].煤炭学报,2025,50(5):2333-2354.
- [2]汪集暘,孔彦龙,段忠丰,等."双碳"目标下煤田区地热资源开发利用与储能技术[J].煤田地质与勘探,2023,51(2):1-11.
- [3]史启朋,范建国,石凤凤,等.济宁煤田地热资源潜力评价及开发利用[J].工程科学学报,2025,47(5):1137-1150.
- [4]孙振兴,赵习民,张天印.三塘湖煤田富油煤分质利用技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(20):40-42.