

# 煤矿井下采矿生产技术及采矿方法研究

张俊林

国能亿利能源有限公司责任公司黄玉川煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘要:** 文章聚焦煤矿井下采矿生产技术及采矿方法。首先对煤矿井下采矿地质条件分类阐述, 涵盖煤层厚度、倾角、埋藏深度和顶板岩性等方面。接着分析典型地质条件对采矿的影响, 如薄煤层、急倾斜煤层、深部煤层。随后介绍采矿方法分类与适应性评价指标体系, 最后探讨智能化、绿色、深部开采等关键采矿技术及装备创新, 为煤矿安全高效开采提供理论与技术支持。

**关键词:** 煤矿开采; 井下采矿技术; 采矿方法优化

**引言:** 煤炭作为我国重要能源, 其开采的效率与安全至关重要。煤矿井下采矿生产技术及采矿方法直接影响开采成效。不同地质条件下的煤矿, 采矿面临的问题与挑战各异, 合理选择采矿技术和方法意义重大。本文旨在深入研究煤矿井下采矿地质条件分类、典型地质条件影响、采矿方法分类与适应性, 以及关键采矿技术装备创新, 为煤矿开采提供科学指引。

## 1 煤矿井下采矿地质条件分类

### 1.1 按煤层厚度

按煤层厚度分类是煤矿井下采矿地质条件划分的基础维度之一, 其分类标准结合行业实践与开采难度划定。通常将煤层厚度分为薄煤层、中厚煤层和厚煤层三类, 其中薄煤层厚度小于1.3m, 中厚煤层厚度在1.3m-3.5m之间, 厚煤层厚度大于3.5m, 部分特殊厚煤层厚度可达10m以上。该分类的核心意义在于匹配不同开采装备与工艺, 薄煤层因空间受限对开采设备的小型化、灵活性要求极高; 中厚煤层是我国煤矿开采的主要对象, 适配性较广, 可采用多种常规采矿方法; 厚煤层则需采用分层开采、放顶煤开采等特殊技术, 以实现资源的高效回收<sup>[1]</sup>。准确划分煤层厚度类别, 是保障开采安全、提高生产效率的前提, 直接影响采矿方案的整体设计与实施效果。

### 1.2 按煤层倾角

按煤层倾角分类主要依据煤层与水平面的夹角大小, 行业内普遍划分为近水平煤层、缓倾斜煤层、倾斜煤层和急倾斜煤层四类, 具体划分标准为: 近水平煤层倾角小于8°, 缓倾斜煤层倾角在8°-25°之间, 倾斜煤层倾角在25°-45°之间, 急倾斜煤层倾角大于45°。不同倾角的煤层对开采系统布局、顶板管理、运输方式等影响显著。近水平与缓倾斜煤层开采条件相对优越, 可采用走向长壁开采等高效方法, 运输系统简单, 顶板压力分布

均匀; 倾斜煤层开采时需考虑煤层滑落风险, 支护系统需强化抗侧压能力; 急倾斜煤层因重力作用明显, 顶板易垮落、瓦斯易积聚, 开采难度极大, 通常需采用掩护支架、倒台阶等特殊采矿方法, 且开采效率相对较低。合理划分煤层倾角类别, 是优化开采系统、防控地质灾害的关键。

### 1.3 按埋藏深度

按埋藏深度分类主要反映煤层开采的应力环境与工程难度, 一般分为浅部煤层、中深部煤层和深部煤层三类, 划分标准因矿区地质构造差异略有调整, 普遍以500m和1000m为界, 埋藏深度小于500m为浅部煤层, 500m-1000m为中深部煤层, 大于1000m为深部煤层。浅部煤层开采具有地应力小、顶板稳定性好、瓦斯压力低等优势, 开采成本较低, 安全风险相对可控; 中深部煤层地应力逐渐增大, 顶板破碎风险提升, 瓦斯涌出量增加, 需加强支护与瓦斯抽采措施; 深部煤层处于高地应力、高瓦斯、高渗透压“三高—扰动”环境, 易出现岩爆、巷道变形、瓦斯突出等灾害, 对开采技术与装备的要求极为严苛。该分类为采矿方法选择、灾害防控方案制定提供重要依据, 随着我国浅部资源日益枯竭, 深部煤层分类的指导意义愈发凸显。

### 1.4 按顶板岩性

按顶板岩性分类是基于煤层上方岩层的物理力学性质划分, 主要分为坚硬顶板、中等稳定顶板、软弱顶板和极软弱顶板四类。坚硬顶板多为砂岩、砾岩等, 抗压强度高、稳定性好, 但垮落时冲击力大, 易引发冲击地压; 中等稳定顶板以粉砂岩、砂质页岩为主, 稳定性较好, 垮落步距适中, 是较为理想的开采顶板条件; 软弱顶板多为页岩、泥岩, 强度低、易破碎, 开采过程中易出现顶板下沉、局部冒顶, 需加强即时支护; 极软弱顶板多为淤泥质泥岩、炭质页岩, 稳定性极差, 易随采随

冒，对开采工艺和支护系统要求极高。顶板岩性直接决定支护方式、支护强度及开采推进速度，准确分类可有效降低顶板灾害风险，保障采掘作业安全。同时，顶板岩性也影响采空区处理方式，如坚硬顶板需采用强制放顶措施，软弱顶板则可采用自然垮落法。

## 2 典型地质条件对采矿的影响

### 2.1 薄煤层

薄煤层（厚度小于1.3m）的地质条件对采矿作业的影响主要体现在空间受限、装备适配难度大、生产效率偏低三个核心方面。受煤层厚度限制，采掘作业空间狭窄，大型采矿装备无法应用，传统开采方式多依赖人工或小型设备，劳动强度大且安全风险高。同时，薄煤层往往伴随顶板起伏、断层发育等复杂情况，进一步压缩作业空间，增加支护难度，易出现顶板冒顶、片帮等灾害。在生产效率方面，薄煤层单产能力较低，资源回收难度大，部分区域因开采成本过高导致资源浪费<sup>[2]</sup>。另外，薄煤层开采过程中通风条件较差，瓦斯易积聚，需优化通风系统设计。为应对这些影响，需研发小型化、智能化开采装备，优化支护工艺，采用短壁开采、无人开采等技术，在保障安全的前提下提高薄煤层资源回收率与生产效率。

### 2.2 急倾斜煤层

急倾斜煤层（倾角大于45°）的地质条件因重力作用显著，对采矿作业的影响贯穿开采全流程，难度远超越缓倾斜与近水平煤层。首先，急倾斜煤层开采时，煤层及顶板岩层易沿倾向滑移，增加支护系统的抗侧压与抗滑移压力，支护难度大、成本高，若支护失效易引发大面积冒顶、片帮等灾害。其次，运输系统设计复杂，煤炭、矸石及人员运输需采用专用设备，如溜煤眼、绞车提升等，运输效率低且安全隐患多。再者，急倾斜煤层开采过程中，瓦斯易沿倾向积聚在采空区上部，通风系统需针对性优化，否则易引发瓦斯爆炸、窒息等事故。此外，急倾斜煤层采空区处理难度大，采空区岩层垮落时易产生冲击气流，威胁作业安全。这些影响导致急倾斜煤层开采效率偏低、安全风险高，需采用掩护支架开采、水平分段放顶煤等专用采矿方法，强化支护与通风系统，保障采掘作业安全。

### 2.3 深部煤层

深部煤层（埋藏深度大于1000m）的“三高一扰动”地质环境对采矿作业产生全方位、深层次影响，是当前煤矿开采的重大技术挑战。首先，高地应力导致巷道变形剧烈、岩爆频发，传统支护方式难以满足需求，需采用高强度、高韧性支护材料与新型支护工艺，增加支

护成本与施工难度。其次，高瓦斯压力与高瓦斯含量易引发瓦斯突出、瓦斯爆炸等灾害，需建立高效的瓦斯抽采系统，采用预抽采、卸压抽采等技术，保障通风与瓦斯治理效果。再者，高渗透压导致地下水涌出量增加，易引发透水事故，需加强水文地质勘探与防治水工程建设。另外，深部煤层开采过程中地温升高，易引发发热害，影响作业人员身体健康与设备正常运行。这些影响导致深部煤层开采安全风险高、技术难度大、开采成本高，需依托智能化、绿色化开采技术，优化采矿方案，强化灾害防控，实现深部资源的安全高效开发。

## 3 煤矿井下采矿方法分类与适应性评价

### 3.1 主要采矿方法分类

煤矿井下主要采矿方法依据开采方式、顶板管理方式及煤层赋存条件，可分为壁式体系采煤法和柱式体系采煤法两大类，其中壁式体系采煤法应用最为广泛，占我国煤矿开采总量的90%以上。壁式体系采煤法又可细分为走向长壁采煤法、倾斜长壁采煤法、放顶煤采煤法等，走向长壁采煤法适用于近水平、缓倾斜及倾斜煤层，具有开采连续、效率高的优势；倾斜长壁采煤法适用于倾角较小的煤层，可简化运输系统；放顶煤采煤法适用于厚煤层，能实现资源高效回收<sup>[3]</sup>。柱式体系采煤法包括房式采煤法、房柱式采煤法等，适用于埋藏较浅、顶板稳定的薄煤层或中厚煤层，具有施工简单、初期投资少的特点，但资源回收率较低、安全性较差。针对急倾斜煤层，还有掩护支架采煤法、倒台阶采煤法等特殊采矿方法。不同采矿方法的划分，核心是适配不同的地质条件与开采需求，为采矿方案设计提供基础框架。

### 3.2 采矿方法适应性评价指标体系

采矿方法适应性评价指标体系是筛选最优采矿方案的核心依据，需综合考虑地质条件、技术可行性、经济合理性、安全可靠性及环境影响等多维度因素，构建科学全面的评价指标体系。地质条件适配性指标包括煤层厚度适配性、倾角适配性、埋藏深度适配性、顶板岩性适配性等，直接反映采矿方法与赋存条件的匹配程度；技术可行性指标涵盖装备适配性、工艺复杂度、开采连续性、资源回收率等，评估采矿方法的技术实现能力；经济合理性指标包括开采成本、投资回报率、单产效率等，衡量采矿方案的经济效益；安全可靠指标涉及灾害防控能力、支护有效性、作业环境安全性等，保障开采过程安全；环境影响指标包括地表沉陷控制、瓦斯减排、水资源保护等，契合绿色开采发展需求。通过对各指标量化评分与综合分析，可实现对采矿方法的精准评价，为不同地质条件下的采矿方案优化提供科学支撑。

## 4 煤矿井下关键采矿技术及装备创新

### 4.1 智能化开采技术

智能化开采技术是煤矿井下采矿技术的核心发展方向,依托大数据、物联网、人工智能等先进技术,实现采矿作业的无人化、自动化与精准化,大幅提升开采效率与安全水平。该技术体系涵盖智能感知、智能决策与智能控制三大核心环节,智能感知通过部署各类传感器,实时采集煤层赋存信息、设备运行状态、环境参数等数据;智能决策基于采集的数据,通过算法模型实现采矿方案优化、灾害预警与设备调度;智能控制则通过远程操控系统,实现采煤机、液压支架、刮板输送机等设备的协同作业。目前,智能化开采技术已在近水平、缓倾斜中厚煤层实现规模化应用,研发出薄煤层智能开采机器人、大采高智能成套装备等关键设备。其创新突破有效解决了传统开采中劳动强度大、安全风险高、效率偏低等问题,尤其适用于复杂地质条件下的开采作业,推动煤矿行业向高质量、智能化转型。

### 4.2 绿色开采技术

绿色开采技术以“减损、减排、保护”为核心目标,通过创新采矿工艺与装备,实现煤炭资源开发与生态环境保护的协同发展,是煤矿行业可持续发展的必然要求。该技术体系主要包括保水开采、充填开采、减沉开采、瓦斯抽采利用等关键技术。保水开采通过优化开采布局、采用隔水层保护技术,减少对地下水系的破坏;充填开采利用矸石、粉煤灰等废弃物填充采空区,有效控制地表沉陷,减少土地占用;减沉开采通过调整开采参数、采用条带开采等方式,降低采空区岩层移动对地表的影响;瓦斯抽采利用将开采过程中释放的瓦斯收集处理,用于发电、供暖等,实现变废为宝<sup>[4]</sup>。绿色开采技术的创新应用,不仅降低了煤炭开采对生态环境的破坏,还提升资源综合利用率,契合“双碳”目标要求,已在多个矿区推广应用,取得显著的经济、社会与环境效益。

### 4.3 深部开采技术

深部开采技术针对深部煤层“三高一扰动”的极端地质环境,通过技术创新与装备升级,解决高地应力、高瓦斯、高渗透压带来的一系列开采难题,保障深部资源的安全高效开发。该技术体系核心包括深部巷道支护技术、深部瓦斯治理技术、深部地热防控技术及深部开采装备技术等。深部巷道支护采用高强度锚杆、锚索与注浆加固相结合的复合支护技术,提高巷道稳定性;深部瓦斯治理采用地面钻井预抽、井下定向钻孔抽采等立体抽采技术,降低瓦斯突出风险;深部地热防控通过通风降温、制冷设备降温等技术,改善作业环境;深部开采装备则向高强度、智能化方向发展,研发出适应深部环境的采煤机、液压支架等成套装备。深部开采技术的创新突破,打破了浅部开采技术的局限,为我国深部煤炭资源开发提供了技术支撑,对保障国家能源安全具有重要战略意义。

### 结束语

煤矿井下采矿生产技术及采矿方法研究对煤炭行业意义深远。通过对地质条件分类、典型地质影响、采矿方法及关键技术装备创新等多方面的探讨,明确了不同地质条件下采矿的方向与重点。未来,随着科技持续进步,智能化、绿色化、深部开采等技术将不断完善,推动煤矿开采向更高效、安全、环保的方向发展,为国家能源稳定供应和可持续发展提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]毕鹏珍.煤矿井下采矿生产技术及采矿方法研究[J].新疆钢铁, 2025(2): 107-109.
- [2]丁宁.煤矿井下采矿生产技术及采矿方法研究[J].矿业装备, 2022(5): 134-136.
- [3]王鹏飞.煤矿井下采矿生产技术及采矿方法研究[J].能源与节能, 2025(2): 169-172.
- [4]刘继强,金生发,张双龙,等.煤矿井下采矿生产技术及采矿方法的选择研究[J].内蒙古煤炭经济,2025(6):53-55.