

煤矿采矿工程中的不安全技术因素

王立东

宁夏王洼煤业有限公司 宁夏 固原 756504

摘要：煤矿采矿工程是能源开采的核心领域，但技术设计缺陷与操作不当易引发安全隐患。当前，部分煤矿因车场布局不合理、曲率半径过小、巷道参数偏差、开采方法滞后、设备老化及地质条件突变等技术因素，导致顶板垮落、运输事故、瓦斯突出等风险频发。本文系统分析煤矿采矿工程中的六大不安全技术因素，从设计优化、参数规范、方法改进、设备更新、地质监测及制度完善等维度提出针对性策略，旨在为提升煤矿作业安全性、降低事故发生率提供理论依据与实践指导，推动行业技术升级与安全管理标准化。

关键词：煤矿采矿工程；不安全技术因素；应对策略

引言：煤炭作为我国能源体系的支柱产业，其开采安全直接关系到国家能源安全与经济社会稳定。然而，煤矿采矿工程因作业环境复杂、技术链条长、地质条件多变，长期面临高风险挑战。技术因素是引发安全事故的关键诱因之一：车场设计缺陷可能阻碍应急疏散，曲率半径不足易导致运输设备脱轨，巷道参数偏差会加剧顶板失稳风险，而开采方法与设备的落后更会直接降低作业安全性。此外，地质条件的突变（如断层、瓦斯富集区）若未被及时识别，可能引发灾难性后果。因此，深入剖析煤矿采矿工程中的不安全技术因素，并提出科学应对策略，对保障矿工生命安全、促进煤炭行业可持续发展具有重要现实意义。

1 煤矿采矿工程概述

煤矿采矿工程是围绕煤炭资源开发而形成的系统性工程技术领域，其核心目标是通过科学规划与高效作业，实现煤炭资源的安全、经济、可持续开采。该工程以地质勘探为起点，通过分析煤层赋存条件（如厚度、倾角、埋深）及周边地质构造（断层、褶皱等），为矿井设计提供基础数据。矿井开拓方式（立井、斜井或平硐）的选择需结合地形与煤层特征，构建运输、通风、排水等基础设施网络，确保作业环境安全稳定。采煤方法是技术实施的关键环节。我国主流采用壁式采煤法，根据煤层条件细分为走向长壁、倾斜分层、放顶煤等工艺：薄煤层多采用刨煤机或螺旋钻采法；厚煤层则通过放顶煤技术提高回采率；急倾斜煤层则应用伪倾斜柔性掩护支架等特殊方法。设备层面，从传统炮采、普采发展到综合机械化采煤（综采），液压支架、刮板输送机、采煤机等设备实现自动化协同作业，配合智能监测系统实时反馈顶板压力、瓦斯浓度等参数，形成“人机协同”的作业模式^[1]。

2 煤矿采矿工程中的不安全技术因素分析

2.1 车场设计缺陷

车场设计缺陷易引发运输系统混乱与碰撞事故。部分车场采用单车道起坡设计，调车空间不足，矿车在转弯或制动时易因惯性冲出轨道，砸伤井下人员。车场与主巷道衔接角度过小形成锐角，导致视线盲区，操作人员难以观察车辆动态，增加误操作风险。此外，车场未预留应急通道或通道宽度不足，火灾或瓦斯爆炸时人员疏散受阻，救援设备难以快速进入。信号系统覆盖不全或未采用声光双重警示，矿车运行状态无法实时反馈，易引发调度失误。车场轨道铺设不平整，局部凹陷或凸起导致矿车颠簸，加剧设备磨损与脱轨风险。

2.2 曲率半径不足

曲率半径不足直接威胁运输设备运行安全。巷道转弯处曲率半径小于矿车最小转弯需求时，车轮与轨道侧向摩擦力骤增，矿车易脱轨或侧翻。例如，急倾斜煤层运输巷道中，重载矿车下坡时因离心力过大冲出轨道，砸毁支护结构或引发煤尘爆炸。曲率半径不足还会导致轨道变形，接头错位加剧，增加维护成本。部分煤矿为节省工程量，盲目缩小曲率半径，形成“锐角弯”，限制运输效率的同时，因设备频繁急停产生冲击载荷，破坏巷道围岩稳定性，为顶板冒落事故埋下隐患。

2.3 巷道参数不合理

巷道参数不合理会削弱作业环境安全性。断面尺寸过小导致通风阻力增大，瓦斯浓度超标风险升高，同时限制设备通行与人员操作空间，增加碰撞事故概率。例如，综采工作面回风巷断面不足时，采煤机散热困难易引发火灾。支护参数与围岩条件不匹配（如锚杆间距过大、锚索长度不足），顶板离层或片帮事故频发。巷道坡度设计不当（如过大或过小）影响排水效率，积水浸

泡巷道底板软化岩体,降低支护强度。此外,巷道走向与地应力方向夹角不合理,会形成应力集中区,加剧顶板压力,威胁作业安全。

2.4 开采方法不当

开采方法选择不当会引发系统性安全风险。厚煤层未采用分层开采或放顶煤技术,而强行一次采全高,导致顶板压力集中,大面积冒顶事故风险激增。急倾斜煤层沿用走向长壁法,煤壁滑移失控易掩埋设备或伤人。近距离煤层群开采时,未合理规划顺序,上层采空区积水溃入下层工作面,引发淹井事故。薄煤层使用大型综采设备导致操作空间受限,人员暴露于危险区域时间延长,片帮伤人概率上升。此外,开采方法与设备不匹配(如硬煤层采用滚筒式采煤机),设备故障率升高,间接威胁安全^[2]。

2.5 设备与技术落后

设备与技术落后是事故隐患的重要来源。部分煤矿仍使用超期服役的刮板输送机、液压支架等关键设备,结构强度与可靠性下降,易在高压工况下突发断裂或泄漏。技术落后体现在监测手段单一,如瓦斯监测依赖人工巡检,数据反馈滞后;顶板压力监测未采用智能传感器,无法实时预警。此外,未引入智能化技术(如AI视频监控、机器人巡检),仍依赖人工操作,在高温、高湿环境中易因疲劳或误判导致事故。设备维护技术落后,故障修复周期长,进一步降低作业安全性。

2.6 地质条件突变

地质条件突变具有突发性与复杂性,对安全构成严峻挑战。煤层厚度骤变或倾角突变会打破原有支护设计平衡,顶板压力异常分布引发冒顶。例如,薄煤层突然变厚时,未及时调整支护参数导致顶板跨距过大。地质构造(如断层、褶皱)破坏煤层连续性,形成应力集中区,冲击地压风险升高。部分煤矿在断层带附近开采未超前探放水,地下水突涌引发淹井事故。瓦斯赋存条件突变(如压力骤增)导致瓦斯异常涌出,通风系统未及时调整易形成积聚,遇火源即爆炸。此外,煤层自燃倾向性变化(如氧化带扩展)加速煤炭自燃,威胁井下安全。

3 应对煤矿采矿工程中不安全技术因素的策略

3.1 优化车场设计

车场设计需以运输设备特性与作业流程为核心,通过科学规划提升安全性。首先,根据矿车、电机车的型号与运行速度,精确计算调车空间需求,采用双道起坡或环形车场设计,避免单道起坡导致的车辆碰撞风险。例如,在中间车场设置甩车道与阻车器联动装置,确保矿车制动距离符合安全标准。其次,优化车场与主巷道

的衔接角度,采用钝角衔接减少视线盲区,并增设反光标识与照明系统,提升操作人员对设备动态的感知能力。此外,预留双通道应急路线,宽度不低于1.5米,确保火灾或瓦斯事故时人员快速撤离。信号系统应采用声光一体化的智能控制,覆盖车场全区域,避免误操作;同时,引入AI视觉识别技术实时监测车辆位置与状态,异常情况自动触发警报并停止运行。通过三维建模软件模拟车场运行场景,提前识别设计缺陷,实现“零碰撞”目标。

3.2 合理确定曲率半径

曲率半径设计需兼顾运输效率与设备稳定性。根据矿车轴距、轮距及轨道摩擦系数,建立数学模型计算最小曲率半径,确保车辆转弯时离心力小于轨道侧向支撑力。例如,在急倾斜煤层运输巷道中,曲率半径应不小于矿车轴距的15倍,避免下坡时因离心力过大导致侧翻。对于重载运输,采用可变曲率半径设计,在转弯起始段设置较大半径过渡,逐步减小至目标值,降低冲击载荷。同时,优化轨道铺设工艺,使用高强度合金钢轨与弹性扣件,减少转弯处轨道变形;定期检测轨道几何参数,偏差超过3%时立即调整。此外,在曲率半径不足区域增设防脱轨装置,如侧向导轮或液压缓冲器,当矿车偏移轨道时自动纠偏,将脱轨风险降低80%以上。

3.3 规范巷道参数设计

巷道参数设计需以围岩稳定性为核心,通过多学科协同优化安全性。首先,根据煤层赋存条件与地应力分布,采用数值模拟软件确定合理断面尺寸,确保通风、运输与人员通行需求。支护参数需与围岩强度匹配,软岩巷道采用“锚网喷+U型钢”联合支护,锚杆间距不超过0.8米,锚索长度深入稳定岩层2米以上;硬岩巷道可简化支护形式,但需增设顶板离层监测仪,实时反馈支护状态。巷道坡度设计需兼顾排水与运输效率,主排水巷坡度不小于3%,避免积水软化底板;运输巷坡度控制在8°以内,防止重载设备打滑。此外,引入BIM技术建立巷道三维模型,模拟不同参数下的应力分布,提前识别高风险区域,通过局部加强支护或调整走向降低事故概率^[3]。

3.4 科学选择开采方法

开采方法选择需以煤层赋存条件与设备能力为基础,通过技术经济比选实现安全与效率平衡。对于厚煤层,优先采用分层开采或放顶煤技术,通过控制每层开采厚度(不超过3米)分散顶板压力,配合液压支架及时支护,将冒顶风险降低60%以上。急倾斜煤层应选用伪倾斜柔性掩护支架采煤法,利用支架柔性适应煤壁滑移,避免设备掩埋事故。近距离煤层群开采时,采用“自

上而下、间隔开采”顺序，预留保护煤柱防止上层采空区积水溃入下层。薄煤层开采可引入螺旋钻采机或刨煤机，减少人工操作暴露时间，降低片帮伤人风险。此外，建立开采方法数据库，收录不同地质条件下的成功案例与失败教训，为新矿区设计提供参考；通过现场试验验证方法适用性，及时调整参数（如放顶煤步距、支架初撑力）以适应实际工况。

3.5 更新设备与技术

设备与技术更新需以智能化、可靠性为核心，通过技术迭代提升本质安全水平。首先，淘汰超期服役设备，引入具备故障自诊断功能的综采成套装备，如电液控制液压支架、变频调速刮板输送机，实时监测设备状态（如油温、压力、振动），异常时自动停机并报警。其次，推广智能化技术，在采煤机、掘进机上安装激光导航与视觉识别系统，实现自动截割与避障；在运输环节部署5G通信与无人驾驶矿车，减少人员暴露于危险区域。此外，升级监测系统，采用分布式光纤传感技术监测顶板压力与瓦斯浓度，数据传输延迟低于100毫秒；引入AI算法分析监测数据，提前30分钟预测顶板冒落或瓦斯突出风险。同时，建立设备全生命周期管理系统，记录维修历史与性能衰减曲线，制定预防性维护计划，将设备故障率降低50%以上。

3.6 强化地质勘查与监测

地质勘查与监测需以“超前、精准、动态”为目标，通过技术集成降低地质条件突变风险。首先，采用三维地震勘探与瞬变电磁法结合，精确识别煤层厚度变化、断层位置及瓦斯富集区，勘查精度提升至米级；在开采前对地质构造复杂区域进行钻孔验证，修正地质模型。其次，部署微震监测系统实时跟踪地应力变化，当监测到冲击地压前兆信号（如频次骤增、能量放大）时，自动触发警报并调整开采参数（如降低推进速度）。此外，建立地质条件动态评估机制，每班收集顶板岩性、瓦斯浓度等数据，更新地质模型；在断层带附近开采时，采用超前探放水技术，钻孔深度超过煤层底板20米，确保无突水威胁。同时，引入无人机倾斜摄影技术定期扫描地表变形，结合数值模拟预测塌陷范围，

提前疏散周边人员。

3.7 健全安全管理制度

安全管理制度需以“全员参与、过程控制、持续改进”为原则，通过体系化运行提升安全管理效能。首先，建立岗位安全责任清单，明确从矿长到一线工人的职责边界，实行“一岗双责”制度，将安全绩效与薪酬挂钩。其次，推行风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制，每日开展班前风险评估，识别高风险作业环节（如爆破、支护），制定专项管控措施；每周组织隐患大排查，对发现的问题按“五定”原则（定责任人、定措施、定资金、定时限、定预案）整改。此外，加强安全培训，采用VR技术模拟顶板冒落、瓦斯爆炸等事故场景，提升员工应急处置能力；每季度开展安全知识竞赛与技能比武，激发员工主动学习安全知识的积极性^[4]。

结束语

煤矿采矿工程中的不安全技术因素贯穿于设计、开采、设备与地质管理全流程，从车场布局缺陷到地质条件突变，每一环节的技术疏漏均可能引发系统性安全风险。这些因素不仅直接威胁人员生命安全，更可能导致设备损毁、生产中断等连锁反应，制约煤矿可持续发展。当前，随着开采深度增加与地质条件复杂化，传统技术模式的局限性日益凸显，亟需通过优化设计参数、升级智能装备、强化动态监测等手段提升本质安全水平。唯有以技术创新为驱动，构建“预防-控制-应急”全链条安全体系，方能有效化解技术风险，筑牢煤矿安全生产防线。

参考文献

- [1]张德强.煤矿采矿工程中的不安全技术因素分析[J].石化技术,2020,27(09):192,36.
- [2]侯欣欣.探究采矿工程施工中的不安全技术因素及解决对策[J].当代化工研究,2020(17):98-99.
- [3]张林.基于地下开采技术分析与安全开采的探究[J].世界有色金属,2020(12):49-50.
- [4]曲岩,涂旭东.有色金属采矿施工中不安全技术因素与对策[J].中国金属通报,2020(06):16-17.