

煤矿瓦斯综合治理技术及应用研究

刘东洋

禹州枣园煤业有限公司 河南 禹州 461670

摘要：瓦斯灾害是煤矿安全生产的重大威胁，严重制约矿井高效运营。本文结合禹州枣园煤业相关实践背景，分析煤矿瓦斯的基础特性、主要危害及综合治理核心要求，阐述瓦斯检测与监测技术的现场应用，详细探讨抽采、通风、突出防治三类核心技术的实操要点与工艺优化措施，结合工程实例介绍技术集成思路及应用效果。研究表明，“抽采+通风+防突+监测”一体化集成技术可有效降低瓦斯风险，提升治理效率，研究成果为同类高瓦斯矿井瓦斯综合治理提供技术参考与实践借鉴。

关键词：煤矿；瓦斯综合治理；防治技术；应用实例

引言：随着煤矿开采深度增加、采掘强度提升，煤层瓦斯涌出量大幅增加，瓦斯爆炸、突出、中毒窒息等事故频发，不仅造成人员伤亡和财产损失，还影响煤炭行业安全生产形势。当前，我国高瓦斯矿井治理仍存在技术适配性不足、集成度不高、应用效果不均衡等问题。基于此，本文围绕煤矿瓦斯综合治理技术及应用展开研究，结合现场实操梳理核心技术要点，通过工程实例验证技术有效性，旨在完善瓦斯综合治理体系，提升矿井瓦斯防控能力，保障煤矿安全生产。

1 煤矿瓦斯基础特性及危害分析

1.1 煤矿瓦斯的基础特性

煤矿瓦斯核心成分为甲烷，是煤层伴生的可燃易爆气体，其特性决定治理难度。甲烷无色无味、密度略小于空气，易在矿井顶部、巷道死角等通风不畅处积聚且不易察觉；空气中浓度达5%~16%时遇明火易爆炸，浓度过高还会置换氧气形成缺氧环境。瓦斯在煤层中以吸附态（附着煤体孔隙）和游离态（存在煤体裂隙、矿井空间）为主，赋存量与煤层厚度、埋藏深度、透气性相关，开采扰动会使吸附态瓦斯解吸，增加涌出风险。

1.2 煤矿瓦斯的主要危害

煤矿瓦斯是矿井安全生产重大隐患，主要有三大危害：（1）瓦斯爆炸，产生的高温高压冲击波会摧毁设施、造成伤亡，还会释放有毒有害气体引发二次灾害；（2）中毒与窒息，通风不良区域甲烷积聚降低氧气含量，人员吸入后会头晕、昏迷甚至死亡，混有一氧化碳时危害更剧烈；（3）瓦斯突出，短时间内大量煤体与瓦斯突发喷出，摧毁巷道、掩埋设备，高浓度瓦斯还可能诱发爆炸，造成毁灭性损失。

1.3 瓦斯综合治理的核心要求

瓦斯综合治理以“杜绝事故、保障安全”为核心，

遵循“先抽后采、监测监控、以风定产”三大原则。源头管控需提前抽采瓦斯，降低煤层瓦斯含量；过程管控要构建全方位实时监测系统，及时处置瓦斯积聚隐患；通风保障需优化矿井通风系统，确保风量充足、风流稳定。同时结合矿井地质与开采工艺，适配针对性技术，实现技术集成、管理规范，全员参与、全程管控，筑牢瓦斯安全防线^[1]。

2 煤矿瓦斯检测与监测技术

煤矿瓦斯检测与监测是预防瓦斯事故的关键环节，核心是实时掌握瓦斯浓度变化、及时排查隐患，结合矿井生产实际，主要分为现场检测技术和在线监测系统两大类，具体应用如下：（1）现场检测技术，用于采掘工作面、巷道死角等关键区域实时抽检，适配井下复杂环境。常用设备为便携式瓦斯检测仪，操作简便、携带灵活，是井下作业人员必备装备，可实时显示瓦斯浓度、超标自动报警，便于发现局部积聚隐患。重点区域采用定点检测法，由专职人员定时定点检测，做好记录存档，重点排查通风不良、采掘扰动频繁区域，杜绝检测盲区。（2）在线监测系统，实现矿井全方位、全天候实时监测，是瓦斯治理的“眼睛”。系统由固定式传感器、数据采集器、监控主机及传输线路组成，传感器安装在各关键点位，实时采集数据并反馈至地面监控室。监控人员可实时查看数据，瓦斯超标时系统自动报警、联动断电，防止事故扩大；同时可存储历史数据，为分析瓦斯涌出规律、制定治理措施提供支撑，日常需做好传感器校准和线路维护，保障数据准确。目前，现场检测与在线监测相结合已成为主流模式，既保障现场作业安全，又实现全局管控，有效防范瓦斯事故^[2]。

3 煤矿瓦斯综合治理核心防治技术

3.1 煤矿瓦斯抽采技术及工艺优化

3.1.1 主流瓦斯抽采技术实操要点

现场瓦斯抽采核心分为煤层预抽、边采边抽、采空区抽采三类，需严格适配矿井工况部署。煤层预抽用于高瓦斯煤层开采前期，采用顺层或穿层钻孔模式：顺层钻孔沿煤层走向布置，孔径94-113mm，孔深50-150m，间距8-15m，施工后用封孔器封孔，封孔深度不低于8m防泄漏；穿层钻孔针对煤层透气性差的区域，从岩层巷道向煤层施工，穿透煤层全厚以扩大抽采覆盖。边采边抽适配采掘工作面同步作业，在回采工作面回风巷、运输巷施工平行钻孔，孔距5-10m，孔深与工作面长度匹配，抽采管路随工作面推进前移，保障采掘时瓦斯及时抽采。采空区抽采针对回采后残留瓦斯，插管抽采需在采空区预埋抽采管，管口深入10-15m并密封；地面钻井抽采适用于深层采空区，钻井直径150-200mm，直达瓦斯富集区实现远距离抽采。

3.1.2 瓦斯抽采工艺优化措施

工艺优化重点解决抽采效率低、钻孔失效快等痛点。钻孔施工方面，以定向钻进替代传统工艺，精准控制轨迹减少偏斜，搭配高效钻孔设备，缩短工期并降低施工期间瓦斯涌出风险。封孔工艺采用“两堵一注”法，两端用聚氨酯封堵，中间注浆通道注入水泥浆与聚氨酯混合材料，增强密封性，使封孔合格率提升至95%以上。抽采参数根据煤层瓦斯压力、透气性系数动态调整，煤层预抽负压控制在13-18kPa，采空区8-12kPa，避免负压过高导致煤体塌孔；同时优化管路布置，减少弯头、增大管径降低阻力，保障流量稳定。此外，定期用高压水冲洗钻孔清除煤渣堵塞，对失效钻孔及时补打，确保抽采连续性。

3.2 煤矿瓦斯通风防治技术

3.2.1 矿井通风系统构建技术

通风系统构建需结合矿井开拓方式、煤层赋存条件，高瓦斯矿井优先采用中央并列式或中央分列式通风，严禁使用对角式。系统由进风井、回风井、通风机、通风巷道组成，进回风井分开布置防风流短路；通风机选用离心式或轴流式，功率匹配矿井风量需求，保障额定风量满足各工作面配风。通风巷道遵循“风量充足、风流稳定”原则，主通风巷道断面不小于10m²，采掘工作面巷道不小于6m²，坡度控制在3-8°以减少阻力。关键位置设置风门、风窗、风桥等设施，风门采用双扇联动式，风窗可调，风桥采用绕道式，确保设施完好、密闭性达标，杜绝风流紊乱。

3.2.2 现场通风优化与配风技术

采掘工作面是瓦斯积聚重点区域，需精准优化配

风。回采工作面采用U型或Z型通风，U型适配中厚煤层，Z型适配高瓦斯、易自燃煤层；配风量结合产量、瓦斯涌出量计算，每产1t煤配风量不低于4m³/min，确保回风巷瓦斯浓度不超1%。掘进工作面采用防爆型局部通风机通风，严禁自然通风：巷道长度 < 500m选用11kW通风机，500-1000m选用22kW，通风机安装在进风巷，距工作面不超过10m；风筒选用阻燃抗静电型，法兰连接防漏风，出口风量不低于40m³/min，距工作面迎头不超过5m。定期用风表测定各区域风量、风速，及时调整通风机参数或巷道断面，确保风速控制在0.25-4m/s，避免瓦斯积聚或煤尘飞扬。

3.2.3 通风设施维护与异常处置技术

建立通风设施常态化维护机制，每日由专职人员检查风门、风窗等设施，及时修复破损漏风部位；风门每月调试一次，确保开关灵活、密闭严密。通风机实行24小时不间断运行，配备联动备用通风机，主通风机故障时，备用机需在10分钟内启动，防止通风中断。异常处置需快速精准：出现风流短路，立即关闭相关风门调整方向，排查处置隐患；通风机停机，立即启动备用机，通知井下人员撤离至安全区域，严禁无风、微风区域作业；掘进工作面局部通风机停风，立即切断电源、设置警戒，待通风恢复、瓦斯检测合格后，方可恢复作业。同时建立维护与异常处置台账，详细记录检查结果、故障情况及处置流程，定期复盘优化，确保各项措施落地见效，保障通风系统稳定可靠^[3]。

3.3 煤矿瓦斯突出防治技术

3.3.1 瓦斯突出预测预报技术

预测预报分区域性和局部性，均采用现场实测模式。区域性预测针对煤层整体突出危险性，采用瓦斯压力和含量测定法：瓦斯压力测定用钻孔测压法，施工75mm孔径测压钻孔，穿透煤层全厚，安装装置密闭后，待压力稳定读取数据，瓦斯压力 > 0.74MPa判定为突出危险煤层；瓦斯含量测定用直接法，钻孔取样测定，含量 > 8m³/t判定为突出危险区域。局部性预测针对采掘工作面，采用钻屑指标法和瓦斯涌出初速度法：钻屑指标法施工42mm孔径、8-10m深预测钻孔，每钻进1m收集钻屑测定相关指标，超标则判定为突出危险工作面；瓦斯涌出初速度法测定钻孔施工时的初速度，> 4m/s时发出突出预警。

3.3.2 瓦斯突出预防控制技术

预防控制分为区域性和局部性，精准消除突出隐患。区域性防突采用煤层注水和开采保护层：煤层注水用高压法，施工94mm孔径注水钻孔，孔距10-15m，压力

控制在8-12MPa,通过注水湿润煤体、降低强度、释放瓦斯;开采保护层适用于多层煤层,优先开采无突出危险保护层,通过开采扰动破坏突出危险煤层结构,降低瓦斯压力和含量。局部性防突适配采掘工作面,采用超前钻孔和松动爆破:超前钻孔在工作面迎头施工,94mm孔径、孔距0.5-0.8m、孔深15-20m,数量匹配工作面宽度,确保覆盖全断面,通过钻孔释放瓦斯、降低煤体应力;松动爆破在超前钻孔完成后,装入炸药爆破,破碎煤体、增大透气性,进一步释放瓦斯消除局部隐患。

3.3.3 瓦斯突出应急处置技术

应急处置核心是控制灾害扩大、保障人员安全。发生瓦斯突出时,现场人员立即停止作业,佩戴自救器沿避灾路线撤离,同步向矿井调度室汇报突出地点、强度及人员撤离情况。调度室接到汇报后,立即启动应急预案,切断突出区域及周边电源,停止通风机以外所有设备,严禁人员进入;安排专业救援人员佩戴专业装备,探查现场、测定瓦斯浓度和突出范围,排查被困人员。突出稳定后,用抽采钻孔强化抽采,降低瓦斯浓度,清理突出煤体,修复损毁巷道和设备,待瓦斯检测合格、隐患彻底消除后,逐步恢复作业。现场需配备充足自救器、呼吸器、急救药品等应急物资,定期开展应急演练,提升人员应急处置能力^[4]。

4 煤矿瓦斯综合治理技术集成与应用实例

4.1 瓦斯综合治理技术集成思路与框架

瓦斯综合治理技术集成核心是打破单一技术局限,结合矿井瓦斯赋存特点与开采工艺,构建“抽采+通风+防突+监测”一体化框架。集成思路遵循“源头减量、过程管控、应急兜底”原则,以瓦斯抽采为核心减源手段,通风防治为基础稀释手段,突出防治为重点防控手段,监测监控为全程管控手段,将各项技术协同衔接,优化参数配置,避免技术冲突,实现1+1 > 2的治理效果,适配不同瓦斯危险等级区域的治理需求。

4.2 工程应用实例概况与技术部署

选取某高瓦斯突出矿井为实例,该矿井煤层瓦斯含量8-12m³/t,瓦斯压力0.8-1.2MPa,采掘过程中瓦斯涌出量大、突出风险高。结合矿井实际,部署集成治理技

术:抽采环节采用“预抽+边采边抽+采空区抽采”结合模式,搭配定向钻进与“两堵一注”封孔工艺;通风环节优化为中央分列式通风,扩修巷道并规范配风;防突环节落实“预测预报+超前钻孔+煤层注水”措施;同步搭建在线监测系统,实现瓦斯浓度实时监测、超标报警联动。

4.3 集成应用效果与经验总结

该矿井集成技术应用后,瓦斯治理效果显著,煤层瓦斯含量降至8m³/t以下,瓦斯抽采率提升至65%以上,采掘工作面瓦斯浓度稳定控制在1%以内,未发生瓦斯突出、爆炸等安全事故。实践总结得出,技术集成需立足矿井实际,优先适配核心治理技术,强化各环节协同衔接;同时建立常态化维护与参数动态调整机制,确保集成技术长期稳定运行,为同类高瓦斯矿井瓦斯综合治理提供可复制、可推广的实践经验^[5]。

结束语:本文系统研究了煤矿瓦斯综合治理技术及应用,从瓦斯基础特性与危害出发,明确治理核心要求,细化检测监测、抽采、通风、突出防治等关键技术的实操规范,通过工程实例证实了技术集成应用的可行性与有效性。瓦斯综合治理是一项长期系统性工程,需结合矿井地质条件动态优化技术方案,强化技术落地管控与人员培训。未来可进一步探索智能化技术与治理技术的融合应用,持续提升瓦斯治理的精准性与高效性,推动煤矿安全生产高质量发展。

参考文献

- [1]马殿仓,王波,李魏.煤矿瓦斯综合治理技术及应用研究[J].能源与环保,2023,45(2):297-302.
- [2]郭广亮.煤矿瓦斯综合治理技术研究[J].能源与节能,2025(7):111-113+277.
- [3]闰明.高瓦斯煤矿中瓦斯治理技术的研究与应用[J].内蒙古煤炭经济,2025(1):136-138.
- [4]安宁,刘旭光,陈永宁.高瓦斯综采工作面瓦斯综合治理技术研究[J].矿业装备,2025(9):20-23.
- [5]崔凯.煤矿通风与瓦斯治理的智能化技术应用研究[J].能源与节能,2025(10):131-134.