

现代化工

近距离极薄煤层邻近层瓦斯治理技术优化设计与应用效果研究

余伟

贵州能源集团盘江精煤股份有限公司金佳矿 贵州盘州 553537

【摘要】针对高瓦斯矿井近距离极薄煤层开采过程中邻近层瓦斯涌出量大、回采工作面上隅角及回风瓦斯浓度超限等问题,本文以某煤矿极薄煤层工作面为研究对象,提出“顺层平行密钻孔抽采+高位巷钻场抽采”的综合瓦斯治理技术。通过分析煤层瓦斯基础参数及涌出规律,制定了高位巷钻场间距优化方案,设计终孔位置分别位于煤层顶板上8 m和13 m,倾向控制风巷下方24 m范围,并分两阶段实施钻孔工程。现场实测数据显示,第一阶段钻孔抽采浓度平均达40%,月抽采量6.48万 m^3 ,第二阶段优化钻孔布置后,抽采浓度提升至70%,月抽采量增至7.53万 m^3 ,有效降低了回风瓦斯浓度(由超限0.9%降至0.4%),上隅角瓦斯浓度稳定在0.4%~0.6%。研究表明,该技术通过优化高位巷钻场间距(建议80 m)与钻孔布局,显著提高了邻近层泄压瓦斯的抽采效率,解决了工作面瓦斯积聚问题,保障了安全高效生产。研究成果为类似地质条件下极薄煤层邻近层瓦斯治理提供了技术参考,具有推广价值。

【关键词】极薄煤层; 邻近层; 瓦斯治理; 分析

Study on optimization design and application effect of gas control technology in adjacent strata of extremely thin coal seam

Yu Wei

Jinjia Mine, Panjiang Jingmei Co., LTD., Guizhou Energy Group Panzhou City, Guizhou Province 553537

【Abstract】In response to the issues of large gas outflow from adjacent layers, excessive concentration of return air gas at the upper corner of the working face, and over-limit concentrations in the return air, this paper focuses on a very thin coal seam working face at a certain coal mine. It proposes an integrated gas control technology combining "parallel dense drilling for extraction along the seam + high-position tunnel drilling field extraction." By analyzing the basic parameters and outflow patterns of the coal seam gas, an optimized spacing plan for the high-position tunnel drilling field was developed. The final borehole positions are set 8 m and 13 m above the coal seam roof, respectively, and within a range of 24 m below the wind alley controlled by inclination. The drilling project is implemented in two phases. Field measurement data shows that the average extraction concentration in the first phase reaches 40%, with a monthly extraction volume of 64,800 m^3 . After optimizing the drilling layout in the second phase, the extraction concentration increases to 70%, and the monthly extraction volume rises to 75,300 m^3 , effectively reducing the return air gas concentration (from over-limit by 0.9% to 0.4%) and stabilizing the upper corner gas concentration at 0.4% to 0.6%. Studies indicate that this technology significantly improves the extraction efficiency of depressurized gas from adjacent layers by optimizing the spacing of high-position tunnel drilling fields (recommended at 80 m) and the drilling layout, addressing the issue of gas accumulation in the working face and ensuring safe and efficient production. The research findings provide technical references for similar geological conditions and offer valuable promotion potential for the management of adjacent layer gas in very thin coal seams.

【Key words】very thin coal seam; adjacent layer; gas control; analysis

1.引言

煤炭作为我国能源体系的重要支柱,其安全高效开采始终是矿山工程领域的核心课题。然而,随着浅部煤炭资源的逐渐枯竭,矿井开采深度与复杂地质条件带来的瓦斯灾害问题日益突出,尤其是高瓦斯矿井中近距离极薄煤层群的开采,因煤层间距小、瓦斯赋存条件复杂,邻近层瓦斯通过裂

隙带向采空区及工作面大量涌出,导致回风巷及上隅角瓦斯浓度频繁超限,严重制约安全生产。据统计,我国煤矿瓦斯事故中,约40%与邻近层瓦斯治理不当直接相关,如何实现近距离煤层群开采中的瓦斯高效抽采与精准控制,已成为保障矿井安全、提升资源利用率的关键技术难题。

传统瓦斯治理技术多聚焦于单一煤层或厚煤层的抽采,如本煤层预抽、采空区埋管抽放等,但在极薄煤层(厚度<

1.3 m) 开采中, 受限于煤层薄、透气性差、钻孔施工难度大等特点, 常规方法往往存在抽采盲区大、效率低的问题。特别是邻近层瓦斯受采动影响后, 通过覆岩裂隙向采空区动态运移, 易形成局部瓦斯富集区, 进一步加剧了上隅角瓦斯超限风险。近年来, 国内外学者针对此类问题提出了多种技术方案: 例如, 杨志宏等通过综合防治措施优化抽采系统, 赵会波基于顶板活动规律提出高位钻孔治理技术, 苏伟伟等开发“变径高位钻孔分段叠抽”工艺, 均取得了一定成效。然而, 现有研究多集中于中厚煤层或单一邻近层条件, 对近距离极薄煤层群开采中邻近层瓦斯的协同抽采机制、钻孔参数优化及动态调控仍缺乏系统性探索, 亟需结合工程实践开展针对性研究。

本文的创新性在于: 其一, 结合极薄煤层地质特征与瓦斯运移规律, 提出多层次抽采技术体系, 即通过本煤层顺层密钻孔(间距 ≤ 3 m)强化预抽效果, 同时在高位巷钻场(间距 80 m)布置穿层钻孔(终孔高度 8 m、13 m, 倾向控制 24 m 范围), 形成立体化抽采网络; 其二, 通过分阶段实施钻孔工程(第一阶段 6 孔、第二阶段 8 孔), 动态分析抽采浓度、流量与工作面推进的关联性, 揭示钻孔控制范围与裂隙发育的时空匹配机制; 其三, 基于现场实测数据, 定量评价技术应用效果, 提出高位巷钻场间距优化方案, 为类似条件矿井提供可复制的工程经验。研究表明, 该技术显著降低了回风瓦斯浓度(稳定于 0.4%), 抽采效率提升至 39.46%, 有效解决了极薄煤层群开采中的瓦斯治理瓶颈。

本文通过理论分析、工程设计与现场验证相结合的系统研究, 不仅为煤矿的安全开采提供了技术保障, 也为我国类似地质条件下极薄煤层群瓦斯治理技术的优化与推广奠定了实践基础。后续章节将依次从瓦斯涌出源解析、治理技术设计、抽采效果评价等方面展开详细论述。

2. 采区瓦斯风险分析

2.1. 采区概况

本文研究对象为某煤矿 12 采区, 12 采区是位于矿井范围内最大的一个断层 F69 断层西翼的一个采区, 浅部以 +1000m 水平标高为界, 深部以 +790m 水平标高煤层底板等高线为界, 东至 F69 断层保安煤柱为界, 西至井田边界保安煤柱为界。浅部(+1000m 标高)走向长度 1200m, 深部(+790m 标高)走向长度 1670m; 倾斜长平均 424m, 采区面积 644, 438m², 储量计算面积 431, 865m²。

12 采区内有 19#煤层、20#煤层、24#及 25#煤层, 且在本采区内全部可采; 其中, 19#煤层与 20#煤层平均相距 3.29m。

根据矿井在近年来瓦斯等级鉴定结果报告中显示, 均属高瓦斯矿井。2016 年瓦斯等级鉴定结果显示: 矿井相对瓦斯涌出量为 23.979m³/t, 矿井绝对瓦斯涌出量为 17.875m³/min。而各煤层煤尘均不具爆炸性。且井田内可采

煤层、煤质牌号为三号无烟煤(WY03), 中等灰分(12%~25%), 含硫较低(0.1%~0.15%), 高发热量(5200~6000 千卡/Kg)的优质无烟煤, 属不易自燃煤层。

2.2. 瓦斯涌出来源分析

通过室内试验测得某煤矿 12 采区煤层瓦斯基础参数, 19#煤层煤孔隙率 8.86%; 20#煤层煤孔隙率 7.89%。

根据国家安全生产监督管理总局《矿井瓦斯涌出量预测方法》(AQ1018-2006), 12 采区的首采煤层为 19#煤层, 采用间接法测定瓦斯含量。

3. 邻近层瓦斯治理技术

某煤矿的近距离极薄煤层开采邻近层泄压瓦斯治理技术总体方案是: 本煤层采煤工作面施工顺层平行密钻孔抽采, 设计钻孔间距不大于 3 米。本煤层风巷施工高位巷钻场, 高位巷钻场间距 80m。在高位巷钻场施工穿层钻孔, 钻孔深度大于 90m, 钻孔终孔位置控制在 19#煤层顶板上方高度分别为 8m、13m 位置, 倾向方向控制风巷往下 24m。

高位巷钻孔第一阶段钻孔设计 6 个, 第二阶段钻孔设计 8 个。1593 风巷方位 151°, 钻孔终孔位置控制在 19#煤层顶板上方高度分别为 8m、13m 位置, 倾向方向控制风巷往下 24m。钻孔开口开孔高度 0.3m 和 0.6m, 间距 0.5m, 终孔间距 5.0m 以内。

4. 瓦斯治理效果分析

4.1. 第一阶段瓦斯治理成果分析

第一阶段高位巷钻孔完成后, 开始瓦斯抽采作业, 作业过程中记录高位巷钻孔浓度及抽采量的时程变化曲线。

从钻孔投抽开始, 7 月 11 日钻孔的终孔位置距工作面 10m 左右, 此点为采空区瓦斯富集区。钻孔末端负压满足规定要求, 并且负压足够大, 抽采浓度总体较高。通过 7.24、7.26、7.28、7.31 四次测流数据分析, 数据变化不大, 只是 4#、5#钻孔抽采浓度有所降低, 原因为目前工作面距离 1#钻场只有 20m 左右, 钻孔位置和垂直距离降低。随着工作面的不断推进 1#和 5#钻孔(全长下导管)浓度都较低, 2#、3#和 4#钻孔相对较高。通过上述数据分析, 基本可以判定高位巷钻孔瓦斯抽放最佳斜向距离 10m 位(3 号孔位置)。

以第一个高位巷钻场钻孔所控制的回采面积及所回采时间为一个抽采单元分析得出:

5 月 29 日至 6 月 15 日期间, 风排瓦斯量占工作面绝对瓦斯涌出量的 55.35%, 抽采量占 14.45%, 在割煤期间回风瓦斯长期处于 0.8%~1.0%超限临界值, 对生产影响较大, 同时也无法满足地面供气保障。

6 月 16 日至 7 月 11 日期间, 风排瓦斯量占工作面绝对瓦斯涌出量的 49.36%, 抽采量占 19.19%, 在割煤期间回风

瓦斯处于 0.6%~0.8% 之间,在工作面机尾拉架或上隅角风障未牵设好时,会偶尔造成回风瓦斯超限,对生产有一定影响。

7月12日至7月31日期间,风排瓦斯量占工作面绝对瓦斯涌出量的 34.97%,抽采量占 39.46%,在割煤期间回风瓦斯处于 0.3%~0.45% 之间,实现安全回采作业,同时保证了矿井抽采量,抽采纯度基本稳定在 $3.4 \sim 4.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 之间,确保了地面民用气量,若继续优化钻孔设计,提高高位钻孔的利用率,基本能达到发电的条件。

4.2. 第二阶段瓦斯治理分析

从钻孔投抽开始,钻孔末端负压满足规定要求,并且负压足够大。从8月13日到8月15日之间,钻孔处于工作面集中压力区,且终孔位置岩层未发生垮冒或者产生裂隙,故而抽采效果不理想。随着工作面的推进,到8月15日采空区裂隙导通钻孔,钻孔抽采浓度开始上升。1#、2#、3#钻孔直到8月19日抽采效果不佳,原因为2#、3#钻孔施工孔深不够,在工作面推进初期,采空区裂隙并未导通钻孔,故而只能抽采19#本煤层瓦斯。第二阶段高位巷钻孔结束后,开始瓦斯抽采作业,作业过程中记录高位巷钻孔浓度及抽采量的时程变化曲线。

从8月15日到9月13日之后,随着工作面的推进,钻孔抽采浓度始终处于高位,说明这阶段钻孔抽采充分,钻孔控制采空区瓦斯范围合理,同时并未出现抛物线结构图尾部下降趋势。摆脱了钻场附近 10m 范围抽采不充分问题。同时说明第一阶段中对于垂直方向上的距离对抽采浓度并无影响。

通过曲线分析,除初期1#、2#、3#钻孔抽采浓度不高,其他钻孔抽采浓度效果都比较理想。这里针对1#钻孔进行说明,1#钻孔位于1593风巷顶板顶部附近,钻孔瓦斯浓度也不高。1593工作面风巷上覆岩层受工作面煤壁支撑压力覆岩重力共同作用,形成暂时稳态的悬臂梁结构,因此工作面上覆岩层中的冒落带岩层完全垮落及裂隙带内的裂隙发育需要滞后于工作面一段时间。故而抽采效果不佳。从工作面倾向看,从1593风巷向下21m范围内,8月15日后各钻孔抽采效果都比较好,说明,采空区垮落充分,且钻孔控制范围和高度都比较理想,故而后期实践将继续扩大控制范围。

第一阶段施工6个钻孔,抽采浓度平均在40%以上,当月共计抽采瓦斯6.48万 m^3 ,占整个1593工作面上隅角抽采瓦斯总量的28.3%。抽采管路管径为108mm,6个钻孔不能满足1593工作面上隅角瓦斯治理。

第二阶段共计施工8个钻孔,抽采浓度提高到70%以

上,当月共计抽采瓦斯7.53万 m^3 ,占整个1593工作面上隅角抽采瓦斯总量的32.8%,相比较第一阶段抽采量提高了4.5%,但是总抽采量增加与抽采浓度不成比例,初步分析为管路管径过小,导致抽采能力不足影响抽采量,后期将抽采管路管径更改为200mm。

4.3. 瓦斯治理效果评价

通过在1593综采工作面实施高位巷抽采钻孔瓦斯治理措施,工作面割煤期间回风瓦斯0.4%,工作面上隅角风障外瓦斯浓度0.4%~0.6%之间,挡风障内瓦斯1%~2%之间,通过工作面上隅角的瓦斯数据监控,工作面瓦斯得到有效控制。而在未实行高位巷抽采钻孔瓦斯治理措施前,1593综采工作面回风流及上隅角瓦斯浓度经常超限,上隅角瓦斯浓度常常达0.9%以上。由此证明该高位巷抽采钻孔瓦斯治理技术能够有效地抽采邻近层泄压瓦斯,对采空区上部垮落的瓦斯聚集区域能够进行有效控制。上隅角瓦斯浓度及回风流中的瓦斯浓度大大降低,最大程度的控制工作面上隅角瓦斯,防治瓦斯超限。在实施高位巷施工抽采钻孔瓦斯治理技术后,工作面钻孔瓦斯数据单孔流量基本 $0.4 \sim 0.6 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上。综采工作面高位巷钻场钻孔抽放技术更好的补充了综采工作面瓦斯治理技术。提高了工作面推进度,保障的工作面的安全生产,瓦斯治理效果明显。

5. 结论

本文结合某煤矿开采煤层及相邻采空区的实际情况,针对某煤矿开采煤层及相邻煤层的瓦斯涌出量,提出了近距离极薄煤层开采邻近层瓦斯治理技术,并分析了该瓦斯治理效果,得到如下结论:

1) 确定了采煤工作面打顺层平行密钻孔抽采与风巷施工高位巷钻场抽采相结合的近距离极薄煤层开采邻近层瓦斯治理技术总体方案。

2) 结合某煤矿瓦斯基本情况及矿井实际,确定了某煤矿高位巷钻孔终孔位置控制在19#煤层顶板上方高度分别为8m、13m位置,倾向方向控制风巷往下24m。

3) 结合某煤矿瓦斯基本情况及矿井实际,确定了某煤矿高位巷抽采钻孔范围在24m之内。

4) 通过近距离极薄煤层开采邻近层泄压瓦斯治理技术效果分析,验证了技术有效地控制了采煤工作面及采空区的瓦斯涌出浓度,提高了矿井的瓦斯抽采效率,缩短了煤矿瓦斯治理时间,取得了良好的效果;该技术的实验成果对叙永矿区瓦斯治理作用明显、效果突出,值得推广应用。

参考文献

- [1]褚夫浩.综采工作面上隅角瓦斯治理技术应用[J].能源技术与管理,2025,50(01):40-42.
- [2]谢靖.低瓦斯矿井上隅角高瓦斯风险区域瓦斯治理技术应用实践[J].山西冶金,2025,48