

某深部突出区域回采工作面瓦斯综合治理

马保哲

冀中能源峰峰集团有限公司 河北 邯郸 056004

摘要: 在深部开采区域, 瓦斯治理不仅是保证矿山安全生产的必要条件, 也具有重大的经济和社会价值。随着开采深度的增加, 地下压力、温度等环境因素复杂多变, 瓦斯的解吸、扩散和迁移特性也随之变化, 带来了更大的安全风险。因此, 深部瓦斯综合治理成为了矿山安全管理中的重点任务, 其在保障矿工安全、维持生产稳定以及促进资源可持续利用等方面的价值不可低估。综上, 本文将结合实际案例, 讨论某深部突出区域回采工作面瓦斯综合治理技术要点。

关键词: 某深部突出区域; 回采工作面; 瓦斯综合治理

前言: 随着开采煤层逐渐被挖出, 煤层上方岩层逐渐失去了支撑作用受弯拉、挤压等力学作用, 产生覆岩运动形成大量的采动裂隙。采动裂隙动态分布特征一直是该领域的研究重点和研究难点, 国内外许多学者从理论分析、数值模拟、实验室实验等方面进行了诸多具有开拓性作用的研究, 并在此基础上, 先后相继从多角度、多方面提出了各种理论和研究方法, 主要有悬臂梁理论、预成裂隙梁理论、压力拱理论和铰接岩块理论等, 此外相关学者还采用过非连续介质力学研究方法, 如关键块理论和不连续变形分析方法。

1 项目介绍

位于鼓山背斜东翼的九龙矿区, 地貌从西向东逐渐降低, 整体呈现出菱形状。该矿区在南北方向上延伸8公里, 东西方向的倾斜宽度大约为2.5公里, 总面积达到20.2平方公里。九龙矿的设计由邯邢煤矿设计研究院于1976年完成, 预定的服务年限是52.5年。此矿井自1979年11月开工建设, 并于1991年4月29日开始产煤。最初的设计年产量为120万吨。进入2013年, 九龙矿经过一系列技术革新和产业升级后, 年产量成功提高至210万吨。然而, 到了2019年, 其产能经过核减调整为165万吨/年。

2 项目瓦斯抽采情况

2.1 抽采系统

地面设有高、低负压瓦斯抽采管路系统, 瓦斯抽采泵站设在工业广场内。在该泵站, 配置六台水环式抽采泵来执行任务。其中, 有CBF410-2BV3型号的抽采泵两台, 这些泵的电机功率各为185kW, 能够实现每分钟156m³的瓦斯抽采效率。此外, 还有2BEC62型号的两台抽采泵, 它们的电机功率为280kW, 每分钟的额定抽采量达到了245m³[1]。另外两台CBF630-2GB3型号的抽采泵, 其电机功率高达450kW, 额定抽采量更是达到

347m³/分钟。井下也部署了两台移动瓦斯抽采泵, 型号为ZWY290/355-G, 每台泵的电机功率为355kW, 能够实现每分钟290m³的抽采量。

2.2 突出防治

九龙矿被认定为存在瓦斯突出的矿井。在2014年6月, 九龙矿携手煤科集团沈阳研究院有限公司共同完成了《2#煤层区域突出危险性预测报告》的编制。该报告将九龙矿的开拓区按地质状况分为五个单元。报告明确指出, 第二地质单元中的-750m标高至NF22~F4、DF15断层之间的-650m标高以浅的区域被划分为无突出危险区; 第三地质单元的-820m标高以浅区域同样被认定为无突出危险区域。而第一、第四和第五地质单元则被界定为存在突出危险的区域。对此, 2014年6月30日, 集团公司发出峰集通防便字^[2014]第61号文件, 对《九龙矿2#煤层区域突出危险性预测报告》进行了正式批准^[2]。

2.3 任务要求

在15249N掘进工作面, 采用“一穿两探”快速掘进技术, 其能有效地排除煤层内潜在的瓦斯突出风险, 同时确保矿井的安全生产。此技术还能精确探查掘进方向的地质结构与瓦斯分布情况, 为实现安全与高速掘进双重目标提供了稳固的支持。通过详尽地分析九龙矿的地质构造、煤层特性、瓦斯含量以及岩石透气性等因素, 研究团队辨识出了影响矿井瓦斯波动的关键要素。考虑到九龙矿独有的矿床条件, 理论研究侧重于了解矿井覆岩在采掘作用下的移位行为, 以及基于裂隙发展情况来划分瓦斯抽采范围^[3]。

3 深部突出区域回采工作面瓦斯综合治理思路

3.1 采动裂隙发育规律

随着煤层的连续开采作业, 覆盖其上的岩层开始经历从下而上的拉扯与挤压作用, 进而引发不同程度的损

坏,逐步形成了两种主要类型的裂缝。一种是横向的高层裂缝,这导致岩层发生不一致的下沉和变形;另一种是垂直方向上的裂隙,它们在很大程度上影响着岩层的水分和气体传输能力。根据岩层的损坏特点和程度,覆岩的破坏呈现出分带的特征,可从下至上划分为垮落区、裂隙区和弯曲下沉区。在开采煤层的直接影响下,垮落区内的岩层会出现整块断裂和崩落,形成具有堆积特点的孔隙;裂隙区由于裂缝发育完善并且互相连接,这一区域又被称为导气裂隙区^[4]。根据裂缝的发展情况及其对流体的传输能力不同,裂隙区在垂直方向上又可以进一步细分为微裂区、常规裂区和严重裂区三个子区域。随着工作面的不断前移,这三个区域也持续向前扩展,呈现出一种动态变化的过程。

3.2 瓦斯浮升作用

当煤炭开采导致煤体破裂,解吸后的瓦斯开始向采动裂隙的空间扩散,并首先展现出上升的趋势。其中,瓦斯的主要来源包括开采层及其邻近层,细分则涉及开采煤层煤壁、采放的落煤、采空区残留煤炭以及相邻煤层释放的瓦斯。瓦斯上升的动力源自两个主要因素:一是瓦斯与空气之间的密度差异,二是瓦斯浓度与周围环境中其他气体浓度的差别。煤炭被持续开采、多种瓦斯源存在的情形下,地质结构中的局部瓦斯开始积聚。由于瓦斯密度轻于空气,满足了上升的条件,因此,瓦斯会逐步向上移动。然而,这种上升并非无限进行,随着能量与物质在环境中达到一种新的平衡状态,瓦斯上升最终会停止。

在采动引发的裂隙网络中,瓦斯移动不仅仅受到上浮的动力影响,还受到扩散力的作用。这主要体现在瓦斯由高浓度向低浓度区域的自然扩散过程中。在采动裂隙网络内的扩散过程中,可以忽略强制扩散和热扩散的影响,主要聚焦于自然扩散和压力驱动的扩散。考虑到瓦斯的来源和扩散行为,在采动作用下,瓦斯浓度自下而上逐步降低。由于围岩裂隙场中的紊流效应,其扩散速度大大高于分子层面的扩散速度,从而可以忽略压力差引起的扩散作用。因此,采动裂隙内瓦斯的运移可以通过自然扩散过程来解释,这不仅在理论研究中得到证实,也符合生产实际的观察与需求。

4 深部突出区域回采工作面瓦斯综合治理技术要点

位于北三采区下部的15249N工作面,紧邻西侧的北二下部疏水巷和东南部的F40-1断层,其北侧则是北三采区的三条下山通道。该工作面之上的地面区域,位处姚洼村西北侧以及邯峰公路的西北部,主要由农田构成。地面标高在+127.6至+136.8m之间,而井下的标高范围则

是-726至-821m。工作面自体倾斜长度达到130m(水平距离),走向长度840m(水平距离),煤层倾角介于16°至22°之间,平均角度为19°。

在15249N工作面,2号煤层厚度变化从2.0m至7.0m不等。特别是在下顺槽掘进方向的550m内,宽达约100m的区域,属于2号煤分叉区。在这一区域中,当2号煤合并时,煤层的平均厚度达到6.5m,结构相对简单,包含的两层夹矸结构分别为0.5(0.1)4.0(0.1)1.8m。而在分叉之后,2号煤的平均厚度减少为3.3m,其结构依然保持简单,含有一层夹矸是0.5(0.1)2.7m。2下煤的平均厚度为2.0m,而2下煤和2下煤之间的间距在0.1至12.5m之间,2下煤的厚度在0.5m到2.0m之间变化。鉴于15249N工作面位于一个潜在的瓦斯爆炸危险区内,因此在回采前,为了确保安全,需要实施包括开采保护层和预抽钻孔在内的区域预防措施。这些措施旨在降低瓦斯突出的风险,确保采矿作业的安全进行。

4.1 掘进面

在执行15449N保护层工作面采矿活动中,由于频繁出现压架等问题,为了保障安全生产,特别针对15249N工作面的上顺槽(包含煤柱未保护段和未保护段)下顺槽及切眼区域,实施了穿层钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯的防突措施。这是一种旨在通过精确控制瓦斯的方法,以避免潜在的安全隐患^[5]。对于15249N工作面瓦斯含量及其它相关性参数的深入分析和研究,发现通过采用水力冲孔技术可以有效增大煤层的透气性。这一技术不仅能提高底板钻孔的瓦斯抽采效率,还能大幅减少处理瓦斯所需的时间,从而提升安全生产水平。通过这种手段,即在15249N工作面周边通过穿层钻孔预先抽取瓦斯,再通过水力冲孔技术进一步提高抽采效率,有效地控制了煤层瓦斯浓度,确保了矿井安全生产的同时,减少了因瓦斯超标导致的生产延误,对矿山整体的安全管理提出了新的标准与要求。

4.2 工作面

针对15249N工作面的具体情况,开展安全开采活动至关重要,其中包括根据煤层的分布特性和巷道布局制定一套全面的瓦斯治理措施。这套措施是根据实地情况超前计划而制定的,旨在通过“三位一体”综合瓦斯治理体系确保开采作业的安全。所说的“三位一体”综合瓦斯治理措施,涵盖了上、中、下三个层面。其中上层主要围绕施工顶板,通过在巷道内部设立高位钻孔来实现瓦斯的抽采。中层措施则是运用高功率的瓦斯抽采泵,并配合大直径管道来管理采空区的瓦斯,同时在工作面的上游和下游施工顺层拦截钻孔,以达到有效抽采

瓦斯的目标。至于下层，主要是通过两条底板野青巷道进行穿层预抽钻孔，对开采期间的上下巷道和回采区域进行瓦斯消除处理，

在九龙矿具体实践中，这一系列措施不仅仅停留在理论上，而是经过了实际应用和效果考察，从而证明了其有效性。特别是实施“三位一体”全面瓦斯治理技术体系，在15249N回采工作面的应用不但实践了该技术，也进一步确认了它在确保深部矿层安全开采中的指导价值。通过这个综合瓦斯治理体系的实施，不仅有效避免了瓦斯超标引发的安全隐患，还进一步优化了矿井的安全管理水平。这种针对性强、覆盖面广的瓦斯治理措施，不仅提高了工作人员的安全保障，还为矿井更深部的开采作业提供了重要的技术支持和理论指导。事实表明，面对复杂的瓦斯治理挑战，采取科学而灵活的综合治理策略是至关重要的。

4.3 组织协调

成立的试验小组由组长及副组长领导，他们主要负责项目的组织实施，确保设备操作和人员部署的顺利进行，同时重点关注实施期间的安全管理。此外，还需负责汇集实施人员，就试验过程中遇到的任何问题进行即时总结，以及在试验前后进行参数测试，并制定出相应的技术方针和预防措施。项目参与人员需全面掌握实施方案及安全技术措施，由专门的安全负责人全程监督施工，确保安全规程的执行。抽放区的责任包括负责钻孔工程设备的运输、安装和固定等工作，并提供试验所需的相关配套设施、设备及材料（如钻机、抽采材料等）。

通风区则着重于现场各类传感器的安装与维护工作，保障数据通信的畅通无阻。此区域将配备专职的瓦斯检测员，根据预定的检测点计划进行巡查，并进行记录。瓦斯治理科的职责是汇总收集各类抽采数据、风量以及各检测点的瓦斯浓度信息，协同通风区和抽放区的技术人员分析数据的变化情况。

4.4 治理结果

实施“一穿两探”安全掘进模式于15249N掘进工作面后，煤层的瓦斯危险性得到根本消除，其瓦斯含量由 $7.9\text{m}^3/\text{t}$ 显著下降至 $4\text{m}^3/\text{t}$ 以下。此措施还成功揭示了掘进方向上的地质结构和瓦斯状况，确保了生产期间回风瓦斯浓度低于 0.5% ，从而为快速掘进提供了有力的支持。同时，通过对工作面的具体条件进行优化分析，有效地提升了水力冲孔技术的有效影响半径，确定了最佳钻孔产煤量为 $1\text{t}/\text{m}$ 和最优的水压为 15MPa ，其影响范围可达 6m 。因而，15249N工作面的日进尺从 4m 增加至 7.2m ，月总进度也提高了 60m ，这为15249N工作面的顺利过渡奠定了坚固的基础。

结语：该研究项目精炼出一整套针对九龙矿中突出危险区域的有效瓦斯治理技术，核心在于通过穿层钻孔预抽技术，以消除瓦斯突出的威胁，进而实现快速掘进。这套方法不仅开辟了一条高效的瓦斯管理新径，也为未来采用穿层钻孔预抽技术，实现快速掘进的作业提供了稳固的理论和实践基础。项目通过深入分析瓦斯在工作面的生成、移动和聚集规律，采用了科学且合理的抽采措施。实施了层面交错、三维立体、全方位的瓦斯抽采方案，构建起了一个全面、多角度的瓦斯综合治理技术体系。

参考文献

- [1]刘承宇,李贤忠.深部突出区域回采工作面不同层位瓦斯抽采技术[J].煤炭科技,2023,44(04):84-88.
- [2]郭鑫.寺河煤矿东井3号煤层突出预测敏感性指标研究[J].煤炭与化工,2023,46(06):114-119.
- [3]冀占强.平煤六矿丁组煤高效开采区域瓦斯治理技术研究[D].河南理工大学,2015.
- [4]唐耀才.鹤壁矿区严重突出矿井始突瓦斯含量研究[D].河南理工大学,2010.
- [5]李振福.豫西“三软”煤层突出区域预测瓦斯地质方法及指标研究[D].河南理工大学,2007.