

# 复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理措施

田维霖

贵州中纸投资有限公司中纸厂煤矿

**摘要:**近年来,随着经济全球化趋势的蔓延,国内外市场对于煤炭的需求逐渐加大,我国在生态环境治理方面的要求越发严格,煤炭企业开始向着集约化、环保化的方向发展。在煤炭开采过程中,瓦斯治理问题一直是重中之重,稍有不慎就会引发爆炸事故,尤其以复杂地质条件下的突出煤层群的瓦斯治理最为复杂。基于此,本文对复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理措施展开了研究,并且结合了工程实例进行了分析。

**关键词:**复杂地质;突出煤层群;开采;瓦斯治理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.16.118

在我国,煤炭作为一项基础能源,其重要性不言而喻。现阶段,在冶炼、电力等行业中,煤炭的应用非常广泛,在一定程度上推动了社会经济的发展。从2000年至今,各个煤矿企业为了谋求发展,在煤矿开采过程中忽视了安全防护,导致瓦斯爆炸事故频发,而这种事故并非“天灾”,通过合理的瓦斯治理措施,可以有效地排除安全风险,避免瓦斯爆炸事故的发生。煤矿开采的地质环境大多较为复杂,尤其是突出煤层群,大多具有数米至数十米的层间距,各层含有浓度较高的瓦斯,并且透气性严重不足<sup>[1]</sup>。在开采过程中,受到采动活动的影响,上下毗邻层瓦斯将大量涌出,极易引发安全事故。因此,研究复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理措施,具有积极的现实意义。

## 一、现阶段煤矿开采瓦斯治理面临的困境

### (一)传统矿井瓦斯含量大

对于开采历史较长的矿井来说,持续开采将会导致开采的深度和强度增加,这就会造成煤层瓦斯的压力增加,瓦斯含量也越来越大。这就意味着煤炭开采企业辖区内瓦斯含量过高的矿井越来越多,管理起来难度更高<sup>[2]</sup>。然而,一些煤炭开采企业为了获取更高的经济利润,往往不会在安全防护上倾注过多的财力和精力,更忽视了先进防护科技的引入,导致矿井瓦斯治理工作只是流于表面。但是,在此情况下,一旦发生瓦斯爆炸事故,人员伤亡等方面将会给煤炭开采企业带来更高的经济损失,并造成极其恶劣的社会影响,实属得不偿失。

### (二)瓦斯抽放方式单一,管理系统不完善

一些煤炭开采企业的领导思想观念较为陈旧,没有深刻地意识到瓦斯抽放的重要作用,更没有认识到瓦斯的严重危害,在企业的日常生产过程中,存在严重的“重开采、轻防护”问题,即使市面上已经有比较成熟的瓦斯治理技术,也没有应用至矿井的瓦斯治理工作

中。除此之外,由于煤炭矿井普遍存在透气性差、瓦斯浓度高的问题,常常发生抽放钻孔坍塌事件,影响瓦斯抽放治理的时效性。并且,一些矿井的抽放管理力度较弱,不仅采用单一的抽放方式,还没有对抽放效果进行检测,导致矿井作业的安全风险极高。现阶段,我国大多数煤炭开采企业在治理瓦斯时都是进行井下抽放,很少有企业采用地面抽放、液化的方式进行处理,忽视了瓦斯的回收再利用。

### (三)检测监控系统不健全

当前,我国的科学技术水平飞速发展,这在一定程度上推动了煤炭行业的进步,很多规模较大的煤炭开采企业都开始将远程控制技术、大数据技术等先进的科学技术引入矿区的安全监管工作中。但是由于缺乏专业的技术人员,以及资金投入力度不足,一些企业虽然建立了矿井局域网,配置了井下检测监控设备,但是没有完全实现信息化、智能化、自动化管理,缺乏有效地应急处置方案。一些企业在引进远程控制系统后,并未在现场配备专业的管理人员和技术指导人员,导致系统在使用一段时间后发生一系列问题,严重影响其功能。并且,现阶段矿井的安全监控系统中的传感器技术含量较低,尤其是一氧化碳传感器数量较少,难以满足我国现行的煤炭安全规程要求。

## 二、煤炭瓦斯抽采的主要类型

煤炭瓦斯抽采根据其来源可以分为临近煤层瓦斯抽采、围岩瓦斯抽采、采空区瓦斯抽采和煤层瓦斯抽采四类<sup>[3]</sup>。其中,临近层瓦斯抽采是通过层外开采卸压,随着开采深度的增加,对临近层的卸压瓦斯进行逐步抽采;对于地质环境属于围岩的矿井,相关人员需要先了解瓦斯涌出的方式,结合实践经验,发现围岩瓦斯涌出方式主要有两种,一是开采层采动导致顶部周围岩层卸压,造成瓦斯涌出,二是压力作用在周围围岩后,瓦斯从裂缝中涌出。对于第二种情况,相关人员可以进行钻孔抽采,或者对巷道进行封闭后插管抽采;采空区瓦斯主要来源于开采层、围岩层和临近层,这部分瓦斯会向开采区流动,严重影响作业人员的生命安全,抽采时可以采用密闭抽采和巷道抽采方式进行处理。

## 三、复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理实例

某煤炭公司下属煤矿瓦斯灾害较为严重,其煤层赋存条件复杂程度较高,突出煤层群具有数米至数十米的层间距,每层煤层的瓦斯含量较高,煤层透气性较差,属于极难抽采级别。在对突出煤层群进行开采时,由于采动影响造成上、下毗邻煤层发生卸压,使上下毗邻煤

层瓦斯大量泄出,在治理回采煤层工作面瓦斯方面难度较高。结合突出煤层群瓦斯治理经验,现对该矿井的瓦斯治理措施进行分析。

### (一) 煤层群瓦斯地质条件概况

某煤矿井田范围内有11层煤发育,其中7<sub>1</sub>、8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>、10煤4层为由浅到深的可采突出每层,由于其受火成岩侵蚀的情况和构造不同,导致不同采取的煤层赋存状态存在差异。其中一采区9<sub>2</sub>、10煤是近距离层间距10.5m的突出每层,9<sub>2</sub>煤层的赋存受到火成岩侵蚀的影响极不稳定,属于不可采煤层;二采区包括8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>、10煤,层间距为33、11m,为可采煤层,8<sub>1</sub>煤无突出,但处于危险区内,9<sub>2</sub>、10煤属于近距离强突煤层;三采区包括7<sub>1</sub>、8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>、10煤,属于可采煤层,层间距为39、33、11m,7<sub>1</sub>煤无突出危险,其余三者都具有突出危险性。

### (二) 突出煤层群开采理论分析

开采突出煤层群时,首采煤层开采后会导致煤层顶板、底板的岩层出现膨胀变形和卸压情况,形成交叉的离层、穿层裂隙,这些裂隙延伸至毗邻煤层,导致瓦斯来源增加,并在卸压作用下大量卸向首采煤层,治理较为困难<sup>[4]</sup>。结合煤层瓦斯赋存规律,埋深越大,煤层瓦斯含量越大,突出危险性越大。由此可知,该煤矿对突出煤层群开采时,可采煤层随着开采深度增加,浅部突出危险区域将逐步过渡为突出危险区域,弱突出危险区域将过渡为强突出危险区域。结合煤层群开采卸压原理,该矿井可以在多煤层开采过程中进行组合布置,先对浅部无突出危险区域进行开采,对深部突出危险区域进行保护处理,并将瓦斯抽采巷设立在强突出煤层之间的坚硬岩层区域,构建出分源立体瓦斯抽采体系,即首采煤层预抽、上下毗邻层卸压抽采。

### (三) 突出煤层群开采瓦斯治理实践

#### 1. 单一突出煤层开采瓦斯治理

##### (1) 瓦斯治理方案

该煤矿一采区10煤层,坚固系数为0.16,初始瓦斯含量是每吨12.24立方米,透气性指数为0.0427m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),该煤层透气性较低,属于松软强突煤层,距离上覆9<sub>2</sub>煤层11m,9<sub>2</sub>煤层初始瓦斯含量为每吨8.3立方米,由于受到火成岩侵蚀,因此属于不可采煤层。在回采之前,在回采区段进行区域消突,具体方法是底抽巷穿层+顺层钻孔。在回采过程中,借助定向高位钻孔,对上覆9<sub>2</sub>煤层的卸压瓦斯进行抽采,同时通过采空区大孔径透孔对采空区瓦斯进行抽采治理。

##### (2) 瓦斯治理效果

采用顺层+穿层钻孔的组合抽采方式对回采区域进行了消突。其中穿层钻孔布置为8m×8m,孔径106mm的网格状;顺层穿孔布置间距5m,孔径92mm。由于回采区具有变化明显的煤层起伏,特别是褶区和断层等因素影响下,顺层钻孔覆盖区域存在一定的局限性,因此,需

要进行穿层钻孔,以达到补抽目的。该矿井治理周期为6个月,通过预抽治理,每层瓦斯含量明显降低,从最初的每吨12.24立方米,降至每吨5.9立方米,消突效果理想。

由于10煤层受到高地应力作用,且透气性低,较为松软,导致原回采区的顺层钻孔和穿层钻孔发生塌孔闭合,无法进行持续性的瓦斯抽采。在进行割煤作业时,煤体仍然会释放出大量瓦斯,经检测作业面风流中含有0.5%的瓦斯浓度,对此,在作业面机巷和风巷布置巷帮钻场,使用钻机在顺层再次钻孔抽采治理,以降低瓦斯含量。上覆近距离9<sub>2</sub>煤被作业面裂隙带覆盖,钻孔时使用定向长钻,在9<sub>2</sub>每层顶板的2-4米砂岩层中进行钻孔控高,抽采瓦斯浓度约为75%,共钻进4个钻孔,每分钟抽采瓦斯纯量约为12立方米。对本煤层进行顺层+穿层钻孔抽采,利用大孔径反井钻孔和高位定向长钻钻孔对上毗邻层和采空区进行瓦斯抽采,每分钟总抽采量超过18立方米,抽采率约为62%,回风瓦斯浓度降至0.3%,有效地对该强突出每层进行了瓦斯治理。

#### 2. 突出煤层群联合开采瓦斯治理

##### (1) 瓦斯治理方案

该矿井三采区包括7<sub>1</sub>、8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>、10可采煤层,均属于突出每层,层间距为39、33、11m,其中10煤层受到火成岩侵蚀影响,属于不可采煤层;7<sub>1</sub>煤层在标高-580m以浅属于无突出危险区,瓦斯含量为每吨6.2立方米;8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>、10煤都具有突出危险性。对此,采用联合布置方式,对上保护层逐层保护开采,在8<sub>1</sub>和9<sub>2</sub>煤之间的坚硬砂岩中布置瓦斯抽采巷,对于7<sub>1</sub>煤首采区域采用沿空留巷无煤柱方式开采,充分利用高位钻孔和留巷墙插管对采空区瓦斯进行抽采治理,同时利用其底板抽采巷,在穿层钻孔,从而对瓦斯进行卸压抽采;在开采8<sub>1</sub>煤时采用立体抽采方法,包括顺层、底板穿层和高位钻孔进行瓦斯抽采,同时8<sub>1</sub>煤底板抽采巷向被保护的9<sub>2</sub>煤和10煤钻孔,进行瓦斯抽采;最后对9<sub>2</sub>煤层进行开采,采用立体抽采方法,包括顺层、高位和下向穿层钻孔进行采空区及10煤层卸压瓦斯的抽采。

##### (2) 瓦斯治理效果分析

对于7<sub>1</sub>煤首采作业面瓦斯抽采,其瓦斯涌出绝对量为每分钟15立方米,通过采用高位钻孔、埋管的方式进行抽采治理后,高位钻孔瓦斯抽采浓度约为25%,埋管瓦斯抽采浓度约为3%,工作面每分钟总抽采量超过9m<sup>3</sup>,抽采率不低于62%;

对于8<sub>1</sub>煤卸压保护瓦斯抽采,由于开采7<sub>1</sub>煤层后8<sub>1</sub>被保护煤层的卸压角按照倾向和走向分别是76°和54°。煤层在保护范围内的最大膨胀变形大于千分之六,开采后3个月的变形控制在3.8%左右,8<sub>1</sub>煤层透气系数扩大193倍,单孔瓦斯抽采量从最初的每分钟0.03立方米增加到每分钟0.2立方米,并且在保护层作业面前7m,

后20-60m内钻孔抽采效果最为理想。经过实地考察和研究,在7<sub>1</sub>煤保护区内,8<sub>1</sub>煤的卸压瓦斯抽采半径为13米,钻孔以网格状布置,间距小于30m×30m,经过预抽治理后,8<sub>1</sub>煤残余瓦斯含量最大为每吨5.4立方米,这充分说明将中远距离上保护层开采与穿层钻孔抽采相结合,区域消突效果最佳;对于9<sub>2</sub>煤卸压保护瓦斯抽采,对8<sub>1</sub>煤层进行开采后,9<sub>2</sub>被保护煤层的卸压角按照倾向和走向分别是76°和54°,煤层在保护范围内的最大膨胀变形超过千分之六,开采后3个月的变形控制在3.8%左右,9<sub>2</sub>煤层透气系数扩大202倍,单孔瓦斯抽采量从最初的每分钟0.03立方米增加到每分钟0.3立方米左右,并且在保护层作业面前方7m,后方25-75m内钻孔抽采效果最为理想。经过实地考察和研究,在开采8<sub>1</sub>煤时保护区内9<sub>2</sub>煤层布置网格状钻孔,间距小于25m×25m,瓦斯含量明显下降,约为每吨4.89立方米,9<sub>2</sub>煤卸压瓦斯抽采效果较好。采用中远距离上保护层开采与穿层钻孔抽采相结合,达到了区域消突目的;对于8<sub>1</sub>、9<sub>2</sub>煤回采期间瓦斯抽采治理,在回采8<sub>1</sub>煤作业期间进行立体式集中瓦斯抽采治理,针对本煤层瓦斯采取顺层钻孔方式抽采,采空区瓦斯采用高位定向钻孔方式抽采,下覆9<sub>2</sub>煤采用穿层钻孔方式进行抽采。作业面抽采率超过41%。回风瓦斯浓度不超过0.4%。在9<sub>2</sub>煤作业面回采过程中进行立体式集中瓦斯抽采治理,对本煤层瓦斯采用顺层钻孔方式抽采治理,对采空区瓦斯采用高位定向钻孔方式进行抽采治理,对于下覆10煤瓦斯采用穿层钻孔方式进行抽采治理,作业面总抽采率超过50%,回风瓦斯浓度不超过0.4%。总而言之,三采区采用中远距离上保护层开采突出煤层群,进行了联合布置,构建立体式瓦斯抽采体系,实现了突出煤层群区域消突,提升了作业面回采的安全性。

#### (四) 突出煤层群开采瓦斯治理管理策略

##### 1. 完善瓦斯治理管理组织架构

针对复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理管理,煤炭开采企业应当对瓦斯治理管理组织架构进行完善,充分协调、组织各级生产部门和人员,提升瓦斯治理的实效性<sup>[5]</sup>。煤炭企业应当结合煤层群的实际情况,突出瓦斯治理重点,制定出科学、合理的适合本矿井作业面瓦斯抽采治理的方案,并且建立瓦斯治理责任制度,切实将瓦斯治理方案落实到位。同时,煤炭企业还要强化与其他煤炭企业的交流和沟通,彼此之间取长补短,建立起长期的瓦斯抽采治理机制。

##### 2. 增加瓦斯治理资金投入,健全安全防护

煤炭企业在瓦斯治理过程中,不仅要针对复杂地质条件下突出煤层群的实际情况,采用恰当的瓦斯治理技术,还要结合生产需要,加大瓦斯治理和安全防护方面的资金投入,完善生产安防设施和装备,比如矿井通风系统、防灭火装置、瓦斯监测系统和安全防护用品等,

全面提升矿井作业的安全性。

##### 3. 突出治理重点,切实落实瓦斯抽采措施

由于瓦斯具有较高的危险性,很容易引发火灾和爆炸事故,煤炭企业应当提升自身对于瓦斯危害的认识,在进行安全管理制度的制定时,要综合考虑多种影响因素,充分利用现有的瓦斯治理技术和设备,明确矿区开采规模和程度。值得注意的是,瓦斯抽采治理应当在建设矿井和开采作业之前进行,预留出一定的预抽时间,从而降低瓦斯含量,提升作业的安全性。

##### 4. 强化人员培训,树立安全生产意识

首先,煤炭企业对于下井作业的人员要严格审查其岗位资格证书,尤其是煤矿专业技术岗位和技术工种,必须做到持证上岗<sup>[6]</sup>。并且对各技术岗位和工种进行合理的人员配置,提升煤炭开采作业的技术性;其次,煤炭企业要建立匹配自身发展战略的人才培养计划,扩大社会招聘渠道,聘用在瓦斯治理方面具有高技术、高素养的人才,并且对一系列人力资源机制进行完善,如激励制度、晋升制度等,吸引高技术人才入职;最后,煤炭企业要建立自己的职工培训组织,对技术人员和各工种定期进行技术和安全培训,全面提升职工的专业技术水平和安全意识,使“安全生产”意识深入人心。

#### 结束语

综上所述,在煤矿开采作业中,突出煤层群开采的瓦斯治理一直是技术性难题,经过国内外众多专家学者的研究和探索,结合实践经验,现阶段可以采用保护层开采、作业面高位钻孔、顺层和穿层钻孔、采空区埋管等方式进行瓦斯治理。在实际应用中,技术人员要结合矿井的实际情况,采用适宜的治理方法进行抽采治理,从而满足安全生产的需要。

#### 参考文献

- [1] 柴卫军. 基于漏风规律的采空区瓦斯的治理[J]. 山西化工, 2023, 43(05): 152-154.
- [2] 赵和平, 王向东. 基于“三区联动”的近距离突出煤层群区域瓦斯治理技术体系研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(09): 138-142.
- [3] 胡晓兰, 宋伟, 彭传圣, 李博, 蒋礼宏, 肖朝晖, 洪克岩. “双碳”目标下煤矿瓦斯治理与利用[J]. 华电技术, 2021, 43(12): 52-59.
- [4] 何清波, 卓日升, 黄义通, 杨俊生. 综采工作面多措并举强化瓦斯治理技术[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (18): 38-39.
- [5] 郑卿. 浅析煤矿瓦斯治理及防治措施[J]. 当代化工研究, 2021, (15): 115-116.
- [6] 赵文斌, 苏强, 王强, 刘正超, 刚静. 复杂地质条件下突出煤层群开采瓦斯治理研究[J]. 能源技术与管, 2021, 46(03): 49-51.