

Meikuang Anquan Gongcheng Shiyong Jishu Xinjinzhan

煤矿安全工程 实用技术新进展

《煤炭科学技术》杂志社 组织编写

卫修君 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD7-53
W-881

煤矿安全工程实用技术 新 进 展

《煤炭科学技术》杂志社 组织编写
卫修君 主编

中国矿业大学出版社

编审委员会

主 编	卫修君				
副主编	万 昌	朱拴成	刘刚华		
编审人员	王宗禹	韩晋平	邓小红	曾康生	
	王晓珍	赵 瑞	柳玉柏	柴海涛	
	毕永华	许书阁	李欣凯	樊玉萍	
	席 波				

前 言

为了贯彻党的十七大精神、探索煤矿瓦斯治理与减排工作的有效结合、做好煤矿瓦斯治理与减排工作、促进煤矿安全生产形势进一步好转,由《煤炭科学技术》杂志社、《煤炭学报》编辑部联合国家安全生产专家组煤矿组召开的“2008年煤矿瓦斯治理与减排技术研讨会”于2008年10月20日至27日在广东省东莞市成功举办。这次会议得到了国家煤矿安全监察局及相关煤炭企业、科研院所、大专院校等单位的高度重视和大力支持。

此次会议共收到会议论文179篇,经过审核最后入选的论文共38篇,包括安全技术及工程,地质、采矿和井巷工程,机械和自动化,以及安全管理及其他等四个方面,内容丰富、观点明确,具有一定的科学性、实践性和导向性。我们将这些论文结集成书,由中国矿业大学出版社出版、发行,希望此举能对我国煤矿安全发展有一定的促进作用。

本书在编选过程中得到了上级领导的关心和支持,相关单位在经济上给予了资助,有关作者单位亦给予了多方面的帮助,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促、编者水平所限,本论文集集中难免不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年3月

目 录

安全技术及工程

- 煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工技术…………… 石智军(3)
- 低瓦斯矿井瓦斯异常涌出规律分析与综合治理技术 …… 李迎军,刘家伟(9)
- Y+Γ型通风方式在超近距离保护层开采瓦斯治理中的研究和应用 …… 李向东(16)
- 三相泡沫技术在大采长下分层综采面过断层及回收期间防火中的
应用 …… 李向东(21)
- 高瓦斯“双突”工作面高效回采技术实践…………… 李 帅,岳喜占(26)
- 重庆地区煤矿瓦斯治理的技术对策…………… 周东平,卢义玉,康 勇,陈华生(33)
- 三相泡沫防灭火新技术在彬长矿区的应用…………… 马安强,郭 媛(40)
- 近距离保护层开采瓦斯涌出规律及治理研究…………… 汪东生,杨胜强(44)
- 封孔时间与煤层瓦斯压力关系的探讨 …… 黄渊跃(49)
- 均压技术在瓦斯治理中的应用 …… 曲秀刚(54)
- 高瓦斯掘进工作面瓦斯治理技术的实践和应用 …… 张 波(58)
- 泵送混凝土施工裂缝的成因和防治…………… 蔡前进,李锦辉(62)
- 钢筋混凝土现浇楼板裂缝的成因和防治…………… 朱惠伟,朱义铁(68)
- 软弱地基上塔吊基础的处理…………… 冯利科,陈红领(73)

地质、采矿和井巷工程

- 复杂地质构造区巷道掘进综合超前物探应用…………… 王秀河,孙兴平(79)
- 人工神经网络在顶煤冒放性分类中的应用…………… 李 光,袁霄梅,王富营,程世杰(84)
- 综采工作面回撤通道使用锚网索联合支护技术的实践和
应用 …… 张拴才,于万军,陈麒麟,田荣伟,李银仁,武承胜,李玉红(90)
- T685WS快速钻机在山西煤层气勘探开发中的应用 …… 蒋 猛(94)
- 高应力构造复杂地质情况下综采工作面围岩治理和支架适应性分析 …… 张庆林(99)
- 小煤矿采空区地震反射波波场特征研究 …… 王 军,邢向荣,崔雅民,杨双安(105)
- 坚硬厚煤层放顶煤开采的矿压研究…………… 许 起(111)
- 不同含水率粉砂质泥岩微观性质演变试验研究…………… 许 起(116)
- 平煤集团朝川矿水文地质研究…………… 李庆明(121)

机械和自动化

- 瓦斯抽采钻机液压系统设计和泵控变量技术应用…………… 殷新胜,田宏亮,孙保山(131)
- 基于状态的矿用设备 MIS 的研究应用…………… 柴艳莉,王 强,厉 丹,刘春尧(138)
- 矿井通防监测综合可视化系统的开发和应用…………… 霍忠锋(144)
- 大平矿主井定量装载系统的研究和应用…………… 吴颜青(148)
- 大平矿清水泵房自动控制的设计和应用…………… 吴颜青(153)
- 汽轮机凝汽器的节能措施…………… 仝令钦(158)

管理及其他

- 强抽采重利用,实现治理和良性循环…………… 罗大贤(163)
- 推进监测监控、实施综合治理,消灭重特大瓦斯事故…………… 王建明(168)
- 综采工作面防突技术应用和劳动组织管理…………… 谢新军(172)
- “鲶鱼效应”与煤炭企业管理创新…………… 曾庆刚(176)
- 资源整合煤矿安全教育培训工作的研究和实践…………… 黄 磊(180)
- 煤矿局域网之 VLAN 管理探讨…………… 杨庆华(185)
- 浅谈新机制下煤矿班组长在安全管理中的作用…………… 陈玉华,吴清法(191)
- 煤矿安全管理与高效运行执行力的研究…………… 徐 森,米 战,刘会丽(194)
- 煤矿“三违”发生机理和应对机制分析…………… 左 宝,于占军(198)



安全技术及工程

煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工技术

石智军

(煤炭科学研究总院 西安研究院, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了保证煤矿的安全生产、获取洁净能源,煤层回采前应抽采(放)瓦斯。煤矿井下主要通过钻孔抽采瓦斯。从钻孔层位、抽采(放)目的考虑,抽采(放)钻孔主要分为顶板高位钻孔、沿煤层钻孔和穿层钻孔。不同类型的钻孔,应使用不同型号的钻机和成孔工艺。目前,国产设备的最大钻孔深度已达 865 m;我国煤矿每年瓦斯治理的钻孔工作量已超过 1.5 亿 m,对煤矿安全生产具有不可替代的作用。再经过 2~3 年努力,无论在软煤钻进还是定向钻进方面,均会取得突破性成果。

关键词: 煤矿井下;瓦斯抽采;钻孔;施工技术

1 概述

我国是一个以煤为主的能源消费大国,煤炭在我国一次能源消费构成中占 67% 以上,以煤为主的格局在今后 50 年内不会发生根本改变。而我国 95% 的煤矿是井工开采,煤层赋存条件复杂多变,重大瓦斯灾害(瓦斯煤尘爆炸、煤与瓦斯突出等)事故时有发生。近年来,随着采煤范围扩大和深度增加,一些原来的低瓦斯矿井亦变成为高瓦斯矿井,所以煤矿安全生产形势依然严峻,重特大事故时有发生。

为了确保煤矿安全生产,国家煤矿安全监察局 2002 年提出了“先抽后采,监测监控,以风定产”的瓦斯治理十二字方针,而在 2006 年国务院办公厅《关于加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的若干意见》中,再次明确提出“必须坚持先抽后采、治理与利用并举的方针”。所谓先抽后采,就是利用钻孔预抽瓦斯,降低煤层中的瓦斯含量,确保回采时瓦斯不超限,达到安全生产的目的。要达到这个目的,除少数有条件的煤矿可以在地面施工部分预抽采(放)垂直钻孔外,针对瓦斯抽采(放)的大部分钻孔必须在煤矿井下施工。而在煤矿井下针对瓦斯治理所施工的各类钻孔,其数量是非常大的。一般而言,对于高瓦斯矿井,每万吨煤瓦斯抽采(放)钻孔工程量可达 1 300 m 左右。有的年产百万吨的矿井,年钻孔工程量达到 15 万 m 以上。而我国年产 20 亿 t 煤以上,按一半产量来自高瓦斯矿井计算,每年我国煤矿用于瓦斯治理的钻孔工程量应达到 1.5 亿 m 进尺以上。

在煤矿井下,瓦斯抽采(放)常见方法有:本煤层钻孔抽采(放);开掘专用瓦斯巷道,再用穿层钻孔抽采(放)邻近层瓦斯;采用定向长钻孔抽采(放)技术,直接在采煤工作面或煤层顶板布置走向长钻孔抽采(放)本煤层和邻近层瓦斯。

而目前,从钻孔层位、抽采(放)目的等方面考虑,可将煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔分为顶板高位钻孔、沿煤层钻孔和穿层钻孔三类。而根据钻孔深度,可将瓦斯抽采(放)钻孔分为浅孔、中深孔和深孔三类。一般深度小于 300 m 的钻孔称为浅孔,300~500 m 的钻孔称为中深孔,超过 500 m 的钻孔称为深孔。从钻孔直径来分,常将孔径 <100 mm 的钻孔称为常规瓦斯抽采(放)钻孔,直径 ≥ 150 mm 的钻孔称为大直径钻孔,而介于其间的钻孔常常是大直径瓦斯抽采(放)钻孔施工过程中的工艺孔。在实际施工过程中,究竟采用多大钻孔直径和采用哪类深度钻孔,不仅要考虑到地质条件、瓦斯含量、抽采(放)方式、井下工作条件、设备能力等客观因素,还要考虑到工人的操作水平、瓦斯抽采(放)时间等人为因素,经综合考虑确定合理的瓦斯抽采(放)钻孔形式。

2 高位瓦斯抽采(放)钻孔施工技术

近年来随着工作面推进速度的加快,以及钻探工艺水平和设备能力的提高,很多矿区开始因地制宜地探索采用顶板高位水平长钻孔进行临近层瓦斯的抽采(放)工作。顶板高位钻孔抽采(放)瓦斯的理论基础是卸压抽采(放),主要抽采(放)上临近层赋存或受采动影响开采煤层涌出的瓦斯,并包括部分采空区瓦斯。

2.1 钻孔层位的选择

采场覆岩移动规律的理论分析表明,覆岩的移动破坏,在竖直方向上通常划分为“三带”,即冒落带、裂隙带、弯曲下沉带。裂隙带又可划分为严重断裂带、一般断裂带和微小断裂带。煤层开采后,覆岩的裂隙及离层的分布状态,将对瓦斯的流动产生非常大的影响。离层裂隙是瓦斯积聚的空间,也是瓦斯流动的通道。层间贯通的竖向裂隙是瓦斯进入工作面或采空区的通道,也称“导气”裂隙,其最大发育高度和密度与采高和岩性有关。当采空区面积达到一定的范围后,“导气”裂隙的分布在平面上呈“○”形圈特征,它是正常回采期间临近层卸压瓦斯流向采空区的主要通道。

顶板水平长钻孔主要抽采(放)裂隙带、部分采空区以及受采空影响的上覆临近层的瓦斯。根据上述覆岩移动规律和瓦斯流动规律,裂隙带中下部裂隙发育充分,是临近层瓦斯和冒落区瓦斯的主要聚集区,具有瓦斯含量高、浓度大的特点,是抽采瓦斯的最佳层位,也是布置高位钻孔的最佳区域。一般而言,这个位置应在 3~5 倍采高的范围以内。另外,要保证钻孔的抽采(放)效果,首先应保证成孔和后期钻孔的完整性,钻孔布置层位选择时,通过对有效区域内岩层性质和成孔性的分析,尽量使钻孔布置在相对稳定的岩层中。

2.2 钻孔参数的确定

从抽采(放)效果和生产效率来讲,一般会提倡大直径长钻孔。但是关于钻孔的深度和直径的确定,要综合考虑地层条件、抽采(放)要求和设备能力。

地层条件是确定钻孔参数的主要依据,抽采(放)要求和设备能力可根据地层条件进行调整和选择。在地层具备打深孔的条件下,可相应提高抽采(放)要求和选择适当的钻进技术施工深孔,如 1 000 m 的工作面,为使钻孔覆盖整个工作面,可设计一组 800~1 000 m 的钻孔。如果地层条件复杂,钻进成孔差,根本不具备长钻孔施工条件,要根据实际情况调整设计参数,确定更合适的钻孔深度。

钻孔直径越大,瓦斯渗透面积越大,抽采(放)效果越好,但是实际中,应综合考虑瓦斯含

量、抽放周期和施工成本问题来合理选择钻孔直径。目前水平长钻孔的设计孔径主要有 $\phi 113$ mm、 $\phi 133$ mm、 $\phi 153$ mm、 $\phi 193$ mm。其中先导孔一般采用 $\phi 113$ mm的钻头成孔,如需要扩大孔径就要用相应规格的扩孔钻头扩孔,增加工序和施工成本。因此在实际生产中,可首先因地制宜地通过采用不同孔径钻孔进行抽采(放)效果对比和分析,选择最经济有效的钻孔直径。

2.3 钻孔的布置形式

钻孔的参数确定后,根据工作面布置条件和抽采(放)要求进行合理的钻孔布置是保证钻孔取得良好抽采(放)效果的前提条件之一。以走向长1 000 m、宽200 m的工作面为例,如果顶板岩石完整、成孔性好,钻孔设计深度为800~1 000 m,可在回采终止线前10 m左右的位置,从回风巷道向顶板设置上顺抽采(放)巷,然后在工作面的中间位置向回采面方向布置一组高位走向长钻孔。另外受矿井通风压差的影响,靠近回风侧钻孔抽采(放)效果明显好于进风侧钻孔,因此钻孔布置时应尽量在靠近回风侧将钻孔加密或增大钻孔直径。在这种情况下,一般沿回风巷道一定距离设置钻窝,每个钻窝内的钻孔向回采面方向呈小扇形分布,并应覆盖靠近回风侧1/2的工作面或更多,保证钻孔具有瓦斯抽采(放)量大和抽放周期长的特点。钻孔的间距一般 ≥ 1 m,在同一平面内有一定夹角,以利于孔口密封和防止串孔。如果顶板岩石稳定性差,如含有膨胀或松软泥岩成分,钻孔布置时应尽量避开该层,且不宜设计太深,并可根据实际情况设计顺槽斜钻孔进行补充。

对于高位钻孔而言,在地层条件许可时,为了施工大直径、长深度的瓦斯抽采(放)钻孔,应选用能力大的钻机。对于800 m以上的钻孔,应选用ZDY8000/10000型全液压钻机;而500~600 m的钻孔,应选用ZDY6000S、ZDY6000L型钻机;对于300~500 m的钻孔,则应选用ZDY4000S、ZDY4000L型全液压钻机。

3 本煤层瓦斯抽采(放)钻孔施工技术

在煤矿生产过程中,尤其是高瓦斯矿井,从瓦斯治理和利用的角度出发,经常需要在煤层中布置一系列的钻孔用于抽采(放)或释放瓦斯,以确保生产安全。沿煤层钻孔,由于具有无无效进尺、钻孔进尺少、成孔速度快、抽采(放)效果好等优点,所以在施工条件允许时被作为首选的预抽瓦斯钻孔的施工方法。在沿煤层钻孔中,根据其目的不同可分为两类,一类是为巷道掘进服务的预抽瓦斯沿煤层长钻孔和释放瓦斯的防突钻孔,另一类是为煤层回采服务的用于预抽瓦斯的沿煤层走向长钻孔和沿煤层倾向钻孔。

为巷道掘进服务的预抽瓦斯沿煤层长钻孔,一般沿巷道两侧各布置两个长钻孔,两个钻孔之间间距约5 m,而钻孔距巷道的掘进边缘一般为10 m。钻孔在施工过程中,为了不偏离巷道的掘进方向,确保钻孔的瓦斯预抽范围内巷道的掘进安全,应采用保直措施,使钻孔轨迹既不偏离巷道的掘进方向,也不侵入巷道的掘进范围。而在具有突出危险的煤层中,为了确保掘进工作面的工作安全,防止煤与瓦斯的突出危险,常常会在掘进工作面上施工深度较浅的防突钻孔,以释放地层和瓦斯压力,降低掘进工作面上的瓦斯含量,确保施工安全。这类钻孔深度一般在10~30 m之间,钻孔直径一般小于100 mm,钻孔间距和排距各1 m左右。同时为了释放煤壁的瓦斯,掘进头四周的钻孔常常按外插角形式布置。在有些瓦斯含量特别高的煤层,有时也在煤巷两侧施工瓦斯排放孔,确保煤巷的正常掘进。而这类防突

钻孔,由于施工设备简单,钻孔深度较浅,所以不是我们讨论的重点。而在有些情况下,为了提高掘进工作上的防突、防喷效果,常常施工大直径的、深度超过 50 m 的瓦斯抽采(放)孔。河南焦煤集团使用 ZDY3200S 钻机、 $\phi 113\sim 250$ mm 的塔式钻头,在演马庄矿进行了大直径钻孔防突措施的试验研究,取得了良好的试验效果。在扩大钻孔直径和深度的情况下,施工了 15 855 m 预抽钻孔,瓦斯抽采(放)效果较原来提高了一倍以上,瓦斯突出区掘进速度由原来的 30~40 m/月提高到 90 m/月,并避免了瓦斯突出事故的发生。实践证明,只要地层条件合适,设备配套,方法正确,该类钻孔可起到良好的防突、防喷效果,有利于加快巷道的掘进速度。

在煤矿的实际生产中,一般各矿根据本矿区瓦斯赋存量和相对涌出量、采煤工作面长度等决定本煤层预抽钻孔的布置方式。目前所采用的钻孔布置方式主要有两种,一种是沿工作面走向布置走向长钻孔,另一种是沿工作面倾向布置沿煤层钻孔。沿工作面走向布置走向长钻孔的钻场一般设置在回采终止线或尾巷附近,钻孔深度根据工作面长度和具体的施工条件而定。现有的设备能力已经具备完成 1 000 m 钻孔的施工能力,因此一般 1 000 m 以上的工作面,如果煤层成孔条件较好,水平长钻孔的设计深度可达到 800~1 000 m,每个工作面布置 4~5 个长钻孔,覆盖整个工作面进行瓦斯预抽。如陕西铜川的陈家山煤矿,工作面长度超过 1 000 m,设计沿煤层钻孔深度 800~1 000 m,钻孔直径 153 mm,采用煤炭科学研究总院西安分院生产的 ZDY8000/10000 型钻机,完成钻孔深度达 865 m。而晋城煤业集团,使用 ZDY6000S、ZDY6000L 钻机,施工 500~600 m 的沿煤层钻孔效果良好。对于由于地层原因或设备能力问题,施工深孔的条件受到限制时,可考虑将工作面划分为几个区段,然后在分割的区段内沿工作面走向布置钻场和设计走向长钻孔,钻孔深度一般在 300~500 m。这种情况下可使用 ZDY3200S、ZDY4000S、ZDY4000L 钻机,施工沿煤层瓦斯抽采(放)钻孔。

沿工作面倾向布置沿煤层钻孔时,钻孔布置形式有斜钻孔、平行钻孔和交叉钻孔等。钻孔深度一般为 80~150 m、终孔直径 94~130 mm、钻孔间距 10~30 m。根据实践效果检验,钻孔向采煤工作面方向呈斜角布置的钻孔抽采(放)效果较好。阳泉煤业集团利用 ZDY1200L、ZDY4000L 钻机施工这类钻孔,由于搬迁方便,取得了良好的使用效果。

4 穿层瓦斯抽采(放)钻孔施工技术

穿层钻孔是解决煤矿瓦斯的另外一种途径。这类钻孔根据其用途和施工方法的不同又可分为两类:一类是在煤层底板中施工专门的瓦斯工艺巷,从该巷道中通过施工上仰钻孔,穿过具有突出危险的松散煤层,抽采(放)煤层中的瓦斯,降低其压力,为煤巷掘进和煤层回采服务。另一类是在煤层回风巷道中施工上仰钻孔,穿过煤层顶板及其上临近不可采煤层,利用煤层回采过程中的采动影响,抽采(放)临近层及部分采空区的瓦斯,降低采煤工作上的瓦斯浓度,确保煤矿的安全生产。

煤层底板施工工艺巷进行穿层钻孔抽采(放)瓦斯的方法,一般适用于具有强突出危险的松软煤层。这类煤层由于煤层松软,所以在本煤层很难施工沿煤层钻孔,而由于瓦斯含量高、压力大,如果不采取预抽采(放)的措施,则无法进行煤巷掘进。同时,由于瓦斯含量高、压力大,如果在本煤层施工瓦斯预抽采(放)钻孔,还有可能诱发瓦斯和煤的突出,所以不得

已而采用这种高成本的瓦斯抽采(放)方法。为了施工方便,这种瓦斯抽采(放)工艺巷一般布置在欲掘进煤巷的下方,离开煤巷的最小距离不少于 15 m。在工艺巷内,每隔 30~50 m 设置一个专用钻场,每个钻场内施工数量不等的钻孔,成放射状布置,不仅抽采(放)欲掘进巷道部分煤层及其影响范围内的瓦斯,也抽采(放)欲回采煤层中的瓦斯,确保煤巷掘进和煤层回采时工作面瓦斯不超限、不突出。每个钻场内的钻孔数量,根据钻场的间距、煤层的瓦斯含量、瓦斯压力的大小、煤层的透气性、巷道的面积和工作面的宽度等因素确定。一般情况下,每个钻场的钻孔数量不少于 10 个。这类钻孔的深度较浅,一般情况下不超过 100 m,而对于缓倾斜煤层,钻孔深度最大可达 150 m;钻孔直径一般不超过 100 mm。

在有些情况下,例如遇到断层带等瓦斯富集区,会在煤层底板施工一些较短的专用瓦斯巷,在其中施工数十个甚至近两百个不同方向、不同角度的钻孔,覆盖该区域,抽采(放)其煤层瓦斯。这类钻孔,一般穿过煤层,进入顶板即终孔。这类钻孔在煤层孔段,各钻孔之间孔距应尽量相近,确保在瓦斯抽采(放)时,整个欲抽采(放)区域的瓦斯能得到有效释放,保证煤层的回采安全。这类情况由于钻孔深度较小,均选用能力较小的钻机,如用 ZDY650、ZDY1200S 即可取得较好的效果。

煤层顶板施工穿层钻孔抽采(放)瓦斯的方法,一般选择在回风顺槽或专用巷道(抽采(放)巷道或注浆巷道)中进行,它适用于回采煤层顶板岩石较好,上临近层不可采但瓦斯含量高、压力大的情况。这种情况下,上临近不可采煤层有可能是一层,也可能是多层。它们的共同特点是由于距离主采煤层较近,煤层回采后处于顶板裂隙带范围以内。在采煤过程中,受采动影响,临近不可采煤层中的瓦斯沿裂隙带和冒落带大量涌入采煤工作面,使瓦斯超限,影响煤矿的安全生产,甚至会造成严重的瓦斯事故。如果我们向煤层顶板施工上仰钻孔,穿过上临近层,使钻孔进入顶板裂隙带并施以负压,受采动影响进入裂隙带中的高浓度瓦斯就会被钻孔抽采(放),使其不致涌入工作面对回采煤层造成影响。为了提高瓦斯的抽采(放)效率,抽出高浓度的瓦斯,这类钻孔的轨迹不能进入冒落带,否则会造成抽采(放)瓦斯浓度降低,起不到应有的效果。如果钻孔的轨迹设计合理,工作面回采超过钻孔位置后,依靠钻孔和裂隙带的联系,在一定时间内仍然可抽采(放)裂隙带中的高浓度瓦斯,防止其涌入采空区而威胁采煤工作面的安全。这个距离,一般在 50 m 左右。

施工时,在回风顺槽或专用巷道中,每隔 30~50 m 布置一个专用钻场,每个钻场呈扇形放射状布置 5~10 个钻孔。钻孔深度一般 100 m 左右,钻孔直径最大可到 200 mm,钻孔倾角 35~45°之间。角度的选取既要保证钻孔轨迹不进入冒落带,又要保证在裂隙带中有足够的长度。在有些情况下,当钻孔进入裂隙带后,采用降低钻孔倾角进行定向钻进的方法,以延长钻孔在裂隙带中的长度,提高抽采(放)效果。阳泉煤业集团利用 ZDY1900S、ZDY3200S 钻机,抽采(放)上临近层瓦斯,取得了良好的抽采(放)效果。

5 未来的发展方向

近 20 年来,经过广大技术人员的不懈努力,我国不仅在煤矿井下瓦斯抽采(放)方法方面,而且在瓦斯抽采(放)钻孔的施工设备和成孔工艺方面,都取得了长足的进步。专用的瓦斯抽采(放)钻孔设备从无到有、从小到大,现已具备了施工千米钻孔的能力。但我们应该看到,由于我国煤矿地质条件复杂多变,在定向瓦斯抽采(放)钻孔施工和松软煤层钻进方面,

和煤矿的实际需要相比,还有一定的差距。预计再经过2~3年的努力,在软煤钻进方面,适用于软煤钻进的中风压空气钻进及螺旋钻杆钻进方面将取得长足进步。在 $0.3 \leq f \leq 0.5$ 的煤层中,钻孔深度将会达到100 m;在 $0.5 < f \leq 1$ 的煤层中,钻孔深度将会达到200 m。在定向钻进方面,随着螺杆钻具的使用和适用于煤层井下条件的随钻测量定向仪的研制成功,在条件合适的情况下,无论沿煤层还是高位瓦斯抽采(放)钻孔,最大深度都会达到1 000 m以上,并根据不同的需要,形成500 m以下、600~800 m、800 m以上的系列配套产品和工艺方法,实现真正意义上的人工受控定向钻进。

参考文献

- [1] 石智军. 煤矿坑道近水平钻探机具与定向钻进技术[C]//煤科总院50年院庆论文集. 北京:煤炭工业出版社,2007.
- [2] 煤炭工业部安全司. 中国煤矿瓦斯抽放技术与管理的[M]. 北京:煤炭工业出版社,1996.
- [3] 张铁岗. 矿井瓦斯综合治理技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2001.
- [4] 袁亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2004.

作者简介:石智军(1955—),男,陕西富平人,研究员(硕士),博士生导师,从事地质工程和安全技术的研究及推广工作。Tel:13909254439,E-mail:shzhj-2420@263.net

低瓦斯矿井瓦斯异常涌出规律 分析与综合治理技术

李迎军, 刘家伟

(山东华泰矿业有限公司, 山东 莱芜 271106)

摘 要: 针对低瓦斯矿井瓦斯涌出异常情况, 分析生产采煤工作面和已封闭工作面采空区瓦斯涌出规律, 在此基础上提出治理工作面和采空区瓦斯涌出异常的具体技术措施, 在工程实践中取得了良好效果。

关键词: 低瓦斯矿井; 涌出规律; 综合治理技术

1 引言

南冶煤矿于 1971 年 12 月投产, 斜井多水平开拓, 设计能力 30 万 t/a, 核定生产能力 50 万 t/a。矿井采用走向长壁式后退式采煤方法、自然冒落法管理顶板, 采区双翼布置, 回采工艺采用高档普采和综采工艺。二叠系山西组和石炭系太原组为井田内主要含煤地层, 主要可采煤层为 2、4、15 层。由于断层较为发育, 采区边界多以大、中断层为界, 井田断层多, 总体平缓, 无应力构造, 同时围岩裂隙较发育、透气性强, 有利于瓦斯运移逸散, 而且在开采和揭露煤层过程中岩层裂隙淋水较多、不利于瓦斯赋存, 因此自开采以来未发现瓦斯异常地质带, 也未出现过大量瓦斯涌出的现象。历年瓦斯鉴定结果均为低瓦斯矿井。

随着开采深度的加大、综合机械化程度的提高以及上部煤层开采完毕, 生产逐渐集中在后组 15 层煤, 由于受邻近封闭采空区和采煤工作面自身瓦斯涌出的影响, 在生产过程中多次出现采煤工作面和采空区密闭墙前瓦斯涌出异常现象, 成为矿井安全生产的重大隐患。为此, 南冶矿积极研究瓦斯异常区瓦斯赋存和涌出规律, 制定科学性、针对性强的治理方案, 在实践中不断探索总结, 摸索出一套适合低瓦斯矿井瓦斯异常区的瓦斯治理技术。

2 瓦斯涌出规律分析

针对南冶矿出现的瓦斯异常区域的不同, 将瓦斯治理的重点放在采煤工作面和采空区瓦斯涌出两个方面。

2.1 采煤工作面瓦斯涌出规律

采煤工作面瓦斯涌出主要来源于煤壁、落煤和采空区。完整的煤体内, 游离瓦斯和吸附瓦斯处于动平衡状态, 煤层被采动以后, 煤岩的完整性遭到破坏, 地压的分布发生变化, 煤岩

透气性增加,游离瓦斯在其压力作用下经煤壁渗透流出,同时在采煤机采煤和爆破落煤使煤体破碎后,瓦斯赋存状态发生变化,吸附瓦斯解吸为游离状态,并迅速散逸到工作面风流中而涌向采煤工作面。因此,煤体在最初暴露和落煤时刻瓦斯涌出强度最大,以后随暴露时间增长而逐渐衰减。由于煤壁瓦斯涌出有煤层所含瓦斯源不断补给,同时受煤体裂隙以及采煤工艺的影响,因而工作面瓦斯涌出强度波动很大,因此,生产工艺是影响本煤层瓦斯涌出的重要因素。

采空区瓦斯主要来源于邻近煤层、围岩、采空区以及遗留在采空区内浮煤、煤柱所释放的瓦斯。在U型工作面,风流以—源—汇的形式流动,风流除沿工作面流动外,还有一部分漏入采空区,且采空区瓦斯与漏风流发生对流扩散进行质量交换,从而将采空区内部瓦斯从隅角带出。在漏风流的稀释作用减弱的趋势下,采空区沿走向瓦斯浓度逐渐增高,到达采空区内部时瓦斯浓度逐渐分布均匀。同时由于瓦斯密度相对较小,受到浮升力作用,采空区内的瓦斯具有上升趋势,因此大量瓦斯会聚集在采空区顶部。在上行通风工作面,沿倾向靠近回风侧采空区瓦斯浓度较高,除受采空区瓦斯自身扩散上升动力的影响外,还由于U型通风工作面在正常通风条件下漏风流携带采空区瓦斯通过上隅角涌出,与工作面回风流汇合,由于上隅角作为采空区瓦斯涌出的通道,势必使瓦斯浓度升高或超限。因此,考虑瓦斯浮力作用,采用下行通风的工作面采空区瓦斯涌出量将减少,有利于抑制采空区瓦斯涌出。

另外,从工作面风流运动状况考虑,风流经过隅角时,靠近煤壁和采空区侧的风流速度很低,从而产生涡流区。采空区漏风流携带瓦斯在隅角做循环运动,工作面风流很难稀释瓦斯,从而引起隅角瓦斯浓度超限。

上述是基于采空区漏风原理分析瓦斯涌出异常的。从稳定流角度考虑,采煤工作面通风期间,采空区与工作面之间存在一个相对稳定的压力差。在正常情况下,采空区内瓦斯在压力差的作用下以一定量向工作面涌出。当压力差发生变化时,动态平衡遭到破坏,采空区呈现类似“呼吸”运动,积聚在采空区内部大量瓦斯会涌入工作面。瓦斯涌出的通道除隅角外,还会直接进入工作面,从而引起工作面风流、回风流以及隅角的瓦斯超限。大气压力变化、通风系统调整、主通风机负压变化、采空区大面积冒顶等现象引起的瓦斯涌出异常,就是采空区内外压差变化造成的。

2.2 采空区瓦斯运移规律

瓦斯气体分子由于具有强扩散性,如果在封闭的理想环境中无瓦斯涌出源,则瓦斯气体不会因相对密度小而浮升到空间顶部,而是与空气均匀混合分布。但是,矿井封闭的采空区内,煤柱与遗留浮煤以及上覆煤层卸压后通过裂隙不断向采空区内释放大量瓦斯,由于存在瓦斯涌出源,采空区内的瓦斯分布是不均匀的——在垂直方向上,由于上覆煤层卸压瓦斯的涌入和瓦斯分子扩散的特性,采空区上部瓦斯浓度高;在倾向和走向上,瓦斯涌出源附近瓦斯浓度高。当采空区内外存在压差时,采空区气体运动规律遵循松散介质达西渗透定律。

$$q = -BK(p_1^2 - p_2^2)/S \quad (1)$$

式中 q ——采空区瓦斯涌出量;

K ——透气性系数;

p_1 ——采空区外气压;

p_2 ——采空区内气压;

S ——断面积。

由式(1)可知,决定采空区内气体运移主导地位的是采空区内外压力差和采空区的充填封闭情况——采空区冒落充填越实、密封性越好,内外压差越小,瓦斯涌出量则越小。所以,当封闭的采空区密闭墙质量差、采空区与工作面之间的煤柱存在裂隙时,在漏风通道间压差的作用下,瓦斯气体会通过上述通道涌出或进入采煤工作面,造成密闭前瓦斯积聚和采煤工作面瓦斯涌出异常。而对于矸石冒落严实和充填法管理顶板的采空区,由于瓦斯运动孔隙致密、透气性差,有利于制约瓦斯涌出。

以 315 采区为例(图 1)。在掘进 31502 东面下巷时,采用沿空掘巷工艺。31502 工作面下巷与 31503 工作面之间的煤柱只有 5 m,随着工作面的推进及初次来压,工作面采空区之间的煤柱、上覆岩层裂隙加大增多,31503 工作面封闭采空区与 31502 工作面采空区连通,由于 31502 工作面采空区气压低于 31503 工作面采空区,因此瓦斯气体会从封闭的采空区涌入 31502 工作面采空区,并成为工作面采空区的另一瓦斯源。同时上覆煤层卸压后,煤层瓦斯通过裂隙涌入工作面采空区,造成采煤工作面瓦斯涌出异常。另外,上下两巷密闭墙之间存在漏风压差,促使采空区内瓦斯通过密闭墙裂隙涌出,造成墙前瓦斯积聚。

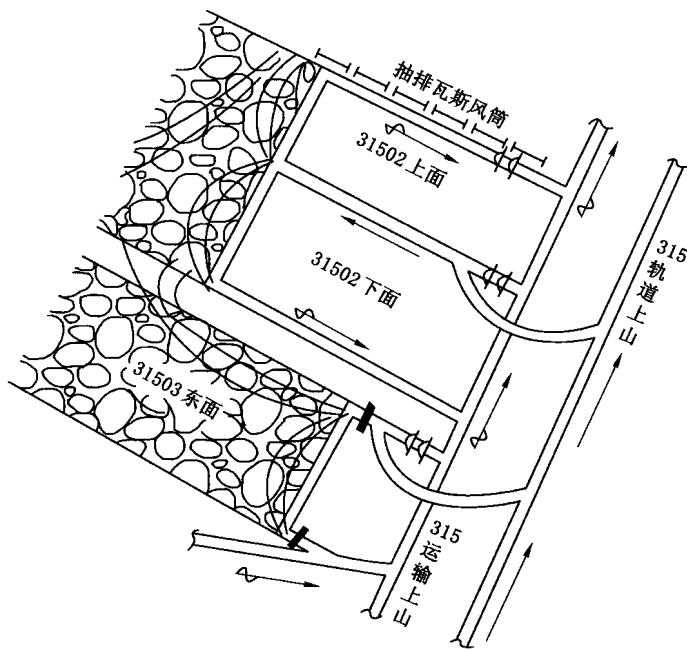


图 1 通风系统和瓦斯运移示意图

3 瓦斯综合治理技术

通过对采煤工作面和采空区瓦斯涌出规律的分析,我们在开采 315 采区过程中以及工