

定向钻机在厚煤层综放工作面瓦斯治理的实践与应用

Practice and Application of Directional Drilling Machine in gas Control of Fully Mechanized Top Coal Caving Face in Thick Seam

申海洋(山西石泉煤业有限责任公司,山西 长治 046299)

摘要:为解决石泉煤业综放工作面回采期间上隅角瓦斯浓度高的问题,开展大功率定向钻机顶板走向高位钻孔抽采裂隙带瓦斯应用实践。实践表明:定向钻机施工顶板走向高位钻孔具有抽采效果持续时间较长、钻孔利用率较高的优势;通过30108综放工作面布置煤层顶板走向长钻孔,钻孔长约400 m,钻孔垂深36~48 m,各钻孔内瓦斯浓度基本控制在20%以内;抽采钻孔前后工作面上隅角瓦斯浓度分别为0.78%和0.57%,瓦斯浓度降低26.9%。试验成果为同类瓦斯治理技术提供了有意义的参考和借鉴价值。

关键词:定向钻机;顶板走向高位钻孔;抽采瓦斯;技术保障

中图分类号: TD724 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2022)06-0050-05

Abstract: Aiming at the practical problem of high gas concentration in the upper corner during the mining period of the fully mechanized caving face in Shiquan Coal Industry, the application practice of high-power directional drilling rig roof strike high-level drilling to extract gas in fracture zone is carried out. The practice shows that the directional drilling rig has the advantages of long duration of extraction effect and high utilization rate of borehole. Through the 30108 fully mechanized caving face layout coal seam roof to long drilling, drilling length of about 400 m, drilling depth of 36~48 m, the drilling gas concentration within the basic control of 20%; the gas concentration in the upper corner of the working face before and after the drilling is 0.78% and 0.57% respectively, and the gas concentration is reduced by 26.9%. The test results provide meaningful reference and reference value for similar gas control technology.

Key words: directional drilling rig; high level drilling along roof strike; gas extraction; technical support

1 前言

我国是世界最大的煤炭生产国和消费国,近年来煤炭产量虽存在下降趋势,但其作为能源开发和消费的主体地位仍未改变。随着煤矿开采不断向深部延伸,地应力、瓦斯含量及瓦斯压力都将不断增大,导致煤层瓦斯灾害日趋严重。我国煤炭资源的开发以地下开采为主,煤矿厚煤层开采技术以综采放顶煤开采技术为主,具有高产、高效、低耗等优点。然而,当煤层开采后,由于煤层遭受破坏,所受应力降低,内部瓦斯大量涌出,不仅在煤层的顶板裂隙带中聚集,还可能造成工作面和采空区瓦斯超限,一旦

通风能力不能满足要求,便容易造成瓦斯聚集及次生瓦斯灾害事故^[1-3]。高瓦斯矿井在综放时期的瓦斯治理技术,时至今日仍是煤矿安全生产亟需解决的难题。在高瓦斯厚煤层综放工作面所采取的瓦斯治理措施中,顶板裂隙带瓦斯抽采技术是较为行之有效的措施,可以有效降低回采期间上隅角瓦斯浓度^[4-5]。要使工作面回采期间上隅角瓦斯浓度处于可控低值状态,必须高效抽采裂隙带瓦斯,从而减小工作面瓦斯含量、最大化抽采涌出瓦斯,保证回采工作面安全稳定,实现煤矿瓦斯灾害的治理^[6];同时,选取终孔位置合理性、控制抽采范围的有效度均能直接影响到裂隙带瓦斯的抽采效果^[7-8]。

30108综放工作面位于石泉煤业井田中部,该层位为二叠系下统山西组,该层位主要由3#煤层及其顶底板泥岩、砂质泥岩及砂岩组成。煤层赋存平缓、平均厚度为6.11 m、走向角度10°左右、煤层结

[作者简介] 申海洋(1987-),男,河北邯郸人,学士,工程师,主要从事矿井“一通三防”工作。

[引用格式] 申海洋. 定向钻机在厚煤层综放工作面瓦斯治理的实践与应用[J]. 中国矿山工程,2022,51(6):50-54.

构简单。通风方式为“U”型通风,工作面瓦斯治理措施主要包括本煤层钻孔边采边抽、上隅角埋管抽采采空区、普通钻机顶板高位钻孔抽采裂隙带(未施工定向钻孔前)瓦斯,30108综放工作面围岩及特征见表1。

表1 30108综放工作面围岩及特征表

顶板名称	岩石名称	厚度/m	岩性特征
基本顶	细粒砂岩	2.5~16.2	深灰色,中厚层状,矿物质成分以石英为主,长石次之,含云母,硅铁质胶结,夹泥岩纹层
直接顶	泥岩	2~2.7	深灰色,块状,含少量云片,水平纹理,具擦痕,见植物化石碎片
伪顶	软质泥岩	0.3	黑色块状松软,见丰富植物化石
煤层	3#煤	5.75	黑色,条痕褐黑色,参差状断口,以亮煤为主,暗煤次之,属半亮型煤
直接底	泥岩	0.9~1.7	深灰色,块状,含云母,断口平坦,裂隙面见黄铁矿散晶
基本底	细砂岩	0.8~1.7	灰黑色,薄煤层,断口平坦,含云母

2 大功率定向钻机性能优势

2.1 大功率定向钻机性能要求

由于地质条件的差异,裂隙带钻孔过程中,普通短钻孔布置易出现位置选择不合理、钻孔抽采效率低、钻孔留存时间短等问题,尤其是普通高位钻孔因施工角度受限,随着工作面回采推进过程,终孔高度不断发生变化,导致钻孔有效瓦斯抽采段过短。必须对普通钻机改进升级,增大钻机功率,使钻机可以在原煤层、高瓦斯压力、长距离钻进情况下正常使用。因此,只有大功率钻机才能符合长距离布孔的现实需求。同时为避免轨道偏移事故,要耦合使用钻孔轨迹控制和复合定向钻进这两种技术,提高大功率钻机的开采及使用效果。配备大功率钻机后,通过滑动钻机设备或者回转钻进设备为其提高动力来源。煤矿井下情况较为复杂,要处理各种突发情况,因此大功率钻机必须具备十分灵活的功能切换装置,以解决各种突发情况。比如,钻机在较长距离的水平定向钻孔工作时,钻头容易卡钻或者掉钻,需要合理设置钻头位置。同时,由于每个煤矿施工环

境不同,应根据煤矿具体情况选择不同功率、不同型号的钻机。大功率定向钻机必须配套钻杆,钻杆的选择根据钻机的型号和功率而确定。钻杆和杆体的接头处必须采用双顶结构后精密的焊接在一起,一般都会选用合金钢,通过热处理工艺后使其紧密相连。在煤矿瓦斯抽采过程中,经常会遇到超长工作面,钻机的钻孔深度应在1500m时才能够正常进行瓦斯抽采工作。在钻机前进过程中,钻头卡住的事故频发,将扭矩的设置宽大可减少此类事故的发生,同时应该设置起拔能力,如果钻头被卡住,能够及时拔起。大功率钻机的钻进对象是煤层顶板,不同的煤层顶板应通过不同钻进方式进行钻进作业,钻进破碎岩层时,应采用回转钻的方式;在煤层枝状钻孔群作业时,应采用复合定向钻进的方式,极大的提高了钻进的工作效率,同时具备复合钻进和定向钻进两种功能就可以有效地解决岩层适应性问题。

石泉煤业在充分分析综放工作面顶板岩性的基础上,选用的大功率定向钻机为ZDY12000LD型煤矿用履带式全液压坑道钻机,该钻机是一种适用于大直径近水平深孔复合定向钻进的大扭矩定向钻机,具备施工1500m定向长钻孔的能力,满足本煤层和顶板高位瓦斯抽采钻孔施工需要。该钻机属于履带自行式、低转速、大转矩类型,用于中硬岩煤层的大功率深孔定向钻机,使用孔底马达定向钻进、孔口回转钻进以及复合定向钻进等多种施工工艺,可用于煤矿井下大直径瓦斯抽采钻孔及其他各类工程钻孔的施工。

2.2 大功率定向钻机结构特征

钻机的大小、性能、动力来源会对其整体设计和运动方式造成极大影响,同时决定着它的设计成本和安全性能。根据钻孔作业的实际需求,设备的动力来源方式为全液压,采用履带式两列的布置结构,达到紧凑布置的效果。采用液压管路把主机和操作台以及其他功能区域连接起来。平行设计的双履带使前进效率较高,设备通过地锚和液压油缸进行全方位固定。通过电脑数据采集,可及时查看钻机钻孔数据,分析钻机的井下钻孔作业情况。钻机采用钻车和泵车两体式布局结构,分别具备独立行走能力,主机、泵车、操纵台三大件集中布置在自行履带车体之上。电脑信息技术可明确分析钻机的应用特点,根据分析结果构建功能化模块,提高钻机的实用性和效率。

3 顶板走向高位钻孔参数的确定

要高效抽采上覆岩层,不仅需要掌握煤层地质、瓦斯赋存条件及涌出特点规律,还要对钻机选型、钻孔布置位置及高度进行分析。顶板高位钻孔抽采瓦斯技术是基于采动覆岩裂隙理论,在顶板裂隙带钻孔,能够有效拦截和导流瓦斯,将抽采钻孔布置在距煤层顶板一定距离的岩层中,顶板裂隙和采空区内的瓦斯流入钻孔中从而被抽采,减小涌入采煤工作面的瓦斯量降低工作面风险,该技术能有效解决采空区和上隅角瓦斯问题。顶板走向高位钻孔瓦斯抽采技术的关键就是钻孔终孔层位选择及钻孔布置参数确定,也就是确定工作面顶板覆岩瓦斯的集中区域以及抽采钻孔型号、位置、方位等参数。

通过对周边矿井顶板走向高位钻孔终孔高度布置位置进行调研及钻孔效果分析,根据瓦斯抽采最佳效果及对上隅角瓦斯浓度降低的有效性,确定试验布置不同终孔高度的钻孔,钻孔沿倾向控制范围多以1/3-1/2的工作面长度为佳^[9],通过抽采参数试验分析,探索适合石泉煤业的顶板走向高位钻孔布置参数。

3.1 顶板走向高位钻孔参数的确定

根据试验地点煤层地质结构以及以往普通高位钻孔抽采参数分析,结合其他矿井高位钻孔终孔位置参数^[10-13],确定了以下钻孔布置方案:钻场内施工4个定向高位钻孔,距离轨道顺槽左(西)帮10m布置第一个钻孔(1号钻孔),2号、3号孔、4号孔分别位于煤层顶板20m、30m、40m处,间距10m,孔径为120mm,平面及剖面布置如图1、图2所示。30108工作面定向高位钻孔参数设置见表2。

表2 30108工作面定向高位钻孔参数表

钻孔编号	1	2	3	4
开孔方位角/(°)	355	349	345	340
开孔倾角/(°)	15	18	20	22
孔径/mm	120	120	120	120
孔深/m	405	405	405	405
钻孔投影长度/mm	400	398	397	395
钻孔垂深/m	36	42	48	54

3.2 钻孔施工技术要求

1) 移机定位

根据钻孔设计的相关要求和操作规定,将钻机搬移至开孔位置^[14-15],按照表2中方位角和倾角固

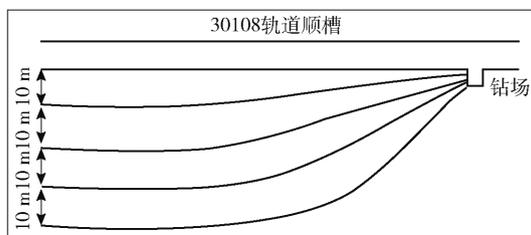


图1 30108轨道顺槽顶板走向高位钻孔平面布置示意图

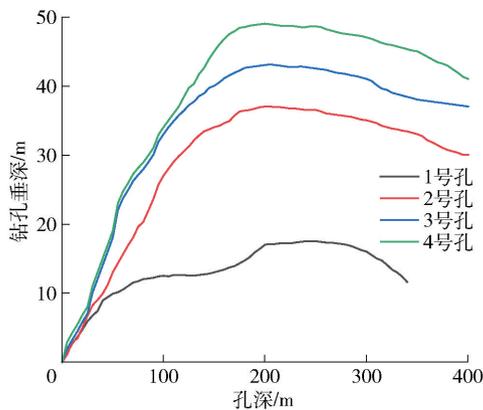


图2 30108工作面顶板走向高位钻孔终孔位置剖面图

定钻机,钻机前方距离开孔点煤壁的距离介于1~3m,开孔高度不得小于1m。

2) 开孔和扩孔操作

移机定位完成后即可进行开孔扩孔操作。钻孔开孔之前,为便于下钻开孔,在开孔位置将网片剪开,形成400mm×400mm的开口。ZDY12000LD钻机使用 $\phi 120$ mm钻头旋转钻进的方式直接开孔,然后用 $\phi 153$ mm、 $\phi 193$ mm、 $\phi 250$ mm扩孔钻头依次扩孔,钻到合适位置停止钻进^[16]。

3) 开孔后封孔注浆

钻孔开孔扩孔完成后,钻孔采用 $\phi 200$ mm,长12m的PVC封孔管,用“两堵一注”囊袋式带压注浆封孔,封孔完成凝固8h后,方可连接气水分离器开始转进施工钻孔;为确保钻孔气密性完好,钻孔施工完毕后,再次采用直径 $\phi 108$ mm PVC封孔管,用“两堵一注”囊袋式带压注浆封孔,封孔段不小于8m,钻孔必须越过煤体在钻孔岩石段进行封孔。

4) 安装孔口装置

在孔口封孔管外端加装导引四通,导引四通前端接钻机,后端接封孔管,上端接抽采管路,下端接排水、排渣侧。孔口四通上口与抽采管间应安装四

寸控制阀门。并将抽采管串联除渣放水装置后连入抽采管路。钻孔施工过程中根据现场瓦斯大小,调节阀门,一边钻孔,一边抽采。孔口四通下端与气水分离器相连。气水分离器上端应加设四寸控制阀门、蛇形管、放水器后连入抽放系。具体安装孔口装置如图3所示。

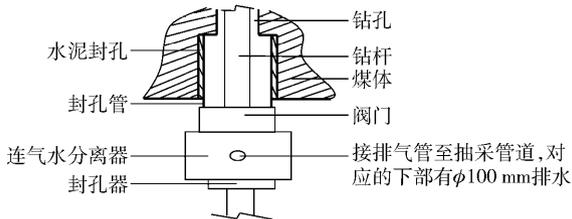


图3 定向钻孔汽水分离器示意图

5) 钻孔施工

(a) 钻孔开孔选择

所选钻孔施工地点巷道空间必须满足钻机打钻需要,处于巷道断层破碎带的必须进行喷、注浆处理后才能施工。

(b) 校正工具面向角

将马达放入孔内,连接孔底探管及配套无磁钻杆;退回钻杆使弯头方向标记露出孔外,并将弯头方向设置为 360° ,同时进行一次检查测量确认方向;加上钻杆直到确认孔内马达、孔底工具以及无磁钻杆全部进入孔内。

(c) 开新孔操作

将马达送入已扩好孔的孔底,启动水泵,待孔中返出水,确认返渣正常后,用孔内马达钻进至9 m处;按复位按钮进行检查测量,记录方位角读数,并进行第一次测量,记录数据。

(d) 正常钻进操作

每钻入3 m进行一次测量,并与设计轨迹进行对比;每个孔工作结束将数据存入U盘存档。

(e) 钻孔验收

依据验收标准,对钻孔施工倾角、方位及终孔位置进行验收,倾角、方位角误差不得超过 $\pm 1^\circ$,与设计孔位误差不得超过 ± 100 mm,并确保孔内畅通。

4 顶板走向高位钻孔抽采效果分析

在采煤工作面回采期间,通过对抽采参数的跟踪测定分析,在上隅角瓦斯浓度控制效果、持续高效抽采裂隙带瓦斯方面成效显著。

定向钻孔单孔浓度变化如图4所示,各钻孔内瓦斯浓度基本控制在20%以内,稳定时瓦斯浓度按

钻孔序号依次为12%、3%、3%、9%。定向钻孔抽采前后上隅角浓度变化如图5所示,钻孔前后采空区上隅角瓦斯平均浓度分别为0.78%和0.57%,可以看出,进行顶板走向高位钻孔抽采瓦斯后,工作面瓦斯浓度降低了26.9%,具有显著效果。

通过顶板走向高位钻孔的抽采,30108工作面回采期间上隅角浓度得到有效降低,保障了工作面回采期间采空区上隅角瓦斯浓度可控,为工作面安全回采奠定基础保障。

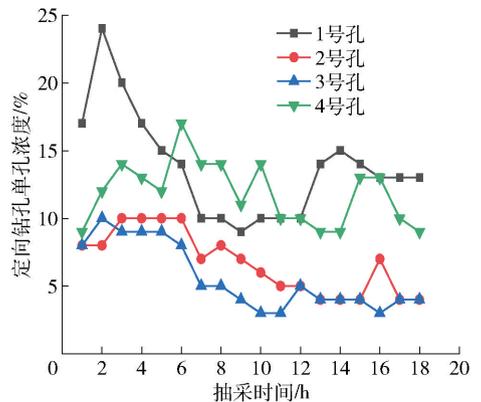


图4 定向钻孔单孔浓度曲线图

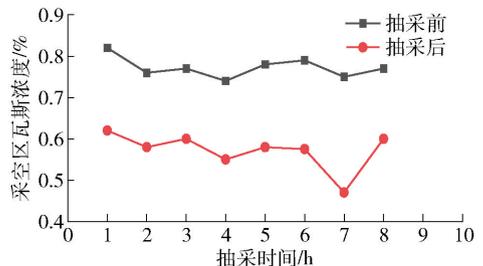


图5 定向钻孔抽采前后上隅角浓度变化图

5 结论

(1) 定向钻机施工高位钻孔,除开孔段以外,钻孔均固定位于预定层位,终孔高度基本保持不变,避免了普通高位钻孔因施工角度受限,随着工作面回采推进过程,终孔高度不断发生变化的缺点,具有抽采效果持续时间较长,钻孔利用率较高的优势。

(2) 30108综放工作面采用大功率定向钻机施工煤层顶板走向长钻孔,钻孔长约400 m,钻孔垂深36~48 m,施工过程中使用孔内马达定向钻进、孔口回转钻进以及复合定向钻进等多种施工工艺,克服了普通钻机施工孔径、深度均为有限的困难。

(3) 定向钻机在高瓦斯厚煤层综放工作面施工顶板走向高位钻孔抽采裂隙带瓦斯,各钻孔内瓦斯

浓度基本控制在20%以内,稳定时瓦斯浓度按钻孔序号依次为12%、3%、3%、9%,钻孔前后工作面上隅角瓦斯浓度分别为0.78%和0.57%,瓦斯浓度降低26.9%。该技术可高效降低回采期间采空区上隅角瓦斯浓度,在综放工作面瓦斯治理取得较好的效果。

[参考文献]

- [1] 王金华. 特厚煤层大采高综放开采关键技术[J]. 煤炭学报, 2013(12): 2089-2098.
- [2] 孙珍平, 李杰. 特厚煤层大采高综放面“远场”瓦斯治理技术研究[J]. 煤炭工程, 2018, 50(3): 67-70.
- [3] 于长林, 何正勇. 大采高、高瓦斯综采面瓦斯综合治理技术[J]. 安徽建筑工业学院报(自燃科学版), 2007, 15(4): 74-76.
- [4] 谭永福, 刘明洋, 靳维民. 高瓦斯厚煤层综放工作面初采期间瓦斯综合治理技术[J]. 煤炭工程, 2018, 50(7): 67-69.
- [5] 张怀利. 拓宽综放采煤工艺适应性的探讨[J]. 中国矿山工程, 2009, 38(4): 35-37.
- [6] 周文龙. 地面L型钻井在屯兰矿12408工作面顶板裂隙瓦斯抽采中应用[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(5): 42-44+59.
- [7] 李泉新, 王鲜, 许超, 等. 瓦斯抽采顺煤层超长距定向孔钻进关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(12): 168-174.
- [8] 刘永苍. 采煤工作面上隅角瓦斯影响因素探讨[J]. 中国矿山工程, 2006(5): 31-32.
- [9] 段启兵. 某煤矿保护层开采卸压瓦斯抽采研究[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(2): 74-75+80.
- [10] 王洪斌. 3401放顶煤工作面瓦斯防治技术研究[J]. 中国矿山工程, 2019, 48(4): 23-25.
- [11] 崔鹏飞, 陈向军, 李新建, 等. 成庄矿4321工作面瓦斯治理技术研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(11): 143-147.
- [12] 陈春春, 吴正海. 基于顶板“三带”特征的扇形高位钻孔治理上隅角瓦斯技术[J]. 能源技术与管理, 2022, 47(2): 49-50.
- [13] 尉瑞, 龚选平, 程成, 等. 基于采动覆岩裂隙特征的高位钻孔优化与分析[J]. 煤炭工程, 2021, 53(6): 118-123.
- [14] 郝少楠. ZYWL-6000DS定向钻机大倾角机架结构设计及稳定性研究[J]. 煤矿机械, 2021, 42(7): 113-116.
- [15] 唐敏. 自动钻机集群作业线在Ⅲ1022底抽巷的研究与应用[J]. 煤炭技术, 2022, 41(8): 115-118.
- [16] 解北京, 钟诗晴, 曹筱. 石门揭煤瓦斯抽采钻孔参数自动优化设计及应用[J]. 矿业科学学报, 2021, 6(6): 678-687.
- (上接第49页)
- [5] 张益, 王建伟. 掘进工作面瓦斯涌出量及来源精准预测技术研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(24): 13-15.
- [6] 邓成均. 突出矿井煤层群开采瓦斯联合抽采技术研究[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(1): 79-81.
- [7] 张羽, 郝富昌. 基于瓦斯解吸规律的掘进落煤瓦斯涌出量预测[J]. 煤矿安全, 2021, 52(4): 20-24.
- [8] 杜江江. 下组煤“一通三防”安全管理措施研究[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(4): 77-79.
- [9] 刘阳, 张树海. 阳泉矿区内石灰岩对瓦斯涌出量预测影响研究[J]. 测试技术学报, 2017, 31(2): 170-174.
- [10] 黄娜. 山西官庄河煤矿矿井瓦斯含量与赋存特征及瓦斯涌出量预测[J]. 华北自然资源, 2021(4): 15-16.
- [11] 齐建军, 王岩. 三软煤层深部掘进工作面瓦斯抽放技术[J]. 中国矿山工程, 2010, 39(2): 36-38.
- [12] 龚占亮. 紫晟煤业2-101综采工作面上隅角瓦斯治理技术[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(5): 38-40.
- [13] 马文伟, 付巍, 薛彦平. 近距离煤层群开采工作面瓦斯涌出量预测方法研究[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(7): 104-109.
- [14] 马瑞帅, 许石青, 林华颖. 不同突出情况下钻孔下斯涌出规律研究[J]. 采矿技术, 2021, 21(2): 118-123.