

旋挖钻机在急倾斜煤层火区治理中的取煤试验

贾学强, 张继光, 张泉波

(徐州徐工基础工程机械有限公司, 江苏 徐州 221001)

摘要:针对正晖煤业昌元煤矿火区治理的特点,提出旋挖钻机在急倾斜煤层进行取煤的试验要求。而在倾斜工况下的旋挖采煤属于非正常工况作业,试验中进行了钻机晃动量、工作时整机晃动量、各钻进参数的变化、动力头驱动键的磨损情况、钻杆桅杆的变形程度以及出煤效率的综合评估。根据4种直径钻具的试验结果,得出了常规钻具的最优直径选择,并提出了在火区煤带,利用旋挖钻机全护筒作业方式进行“微创”治理的可行性探讨。

关键词:急倾斜煤层;火区治理;旋挖钻机;取煤试验;“微创”治理

中图分类号:P634.5;TD823.21⁺3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)01-0075-04

Test of Coal Mining by Rotary Drilling Rig in Steeply Inclined Coal Seam/JIA Xue-qiang, ZHANG Ji-guang, ZHANG Quan-bo (Xuzhou Xugong Foundation Construction Machinery Co., Ltd., Xuzhou Jiangsu 221001, China)

Abstract: According to the characteristics of fire area treatment in the Changyuan coal mine of Zhenghui coal industry business, the test requirements of coal mining by rotary drilling rig are put forward in steep coal seam. But in the inclined state, auger mining is of non-normal working condition, the comprehensive assessment on rig shaking amount, shaking amount of the whole working machine, fluctuations of each drilling parameter, wear of power head drive key, deformation degree of drill mast and the efficiency of coal mining. Based on the test results of drilling tool of 4 different diameters, the optimal choice of conventional drilling tool diameter is obtained and the discussion is proposed on the feasibility of “mini-invasive” treatment by using rotary drilling rig full guard barrel operation in the coal belt of fire area.

Key words: steeply inclined coal seam; fire area treatment; rotary drilling rig; test of coal mining; mini-invasive treatment

1 试验背景

山西汾西正晖煤业昌元煤矿位于宁武县西南方向约60 km处,地方行政区划属宁武县新堡乡管辖,系宁武县煤矿企业兼并重组而成,重组后井田面积2.1731 km²,开采2、3、5号煤层,开采深度标高1690~450 m。该矿煤层倾角在68°~73°之间,属于急倾斜煤层,矿区在历史时期开采时,在浅部煤层(23~89 m)中留下多处水平巷道,导致大量采空区的出现,也滋生了火区。经探测矿区内有火区2处,煤层部分区影响面积0.24 km²。

为了消除地面裂缝、地面塌陷引起的煤层燃烧以及土地退化危害,配合恢复耕地,需对火区进行治理。考虑到区内急倾斜煤层埋藏深度较浅,且地形较为平缓,开挖剥采比为10:1,因而对区内采空区及煤柱上方的该层进行开挖灭火,回填整治。整个治理费用的支出由煤炭销售收入相抵。

在露天开挖过程中,随着开挖深度的增加,施工方发现,下部开挖工作空间逐渐减小,山体临空面支

护成本逐渐增加,如仍采取大规模爆破剥离方法继续开挖,无论是安全或者经济角度,可行性都不高。但是,如果不继续向下采煤,虽然可以完成火区治理的任务,但是期望煤炭销售来平衡治理费用的初衷就无法完成。

此外,继续向下开采也成了重点考虑问题。矿方综合考虑之后,决定采用旋挖钻机来开采。

旋挖钻机是现阶段广泛使用的桩基成孔设备,其工作原理是通过在可伸缩式钻杆下端连接集破碎、储存以及携带钻渣功能为一体的钻头,靠钻具自重及设备压力,在回转力矩作用下,切削地层,并将切削下的钻渣收入钻头内,待钻渣装到相当数量后提到孔外,卸除钻渣,然后下放钻具,重复以上过程。在倾角为90°的正常工况下,旋挖钻机最大成孔直径可达3 m,最大钻深可达120 m。

在急倾斜煤层中,为保证足够的钻进深度,钻机必须沿着煤层走向倾斜钻进,而旋挖钻机各部件的可靠性能否满足倾斜工况施工,以及旋挖采煤的效

收稿日期:2016-06-08; 修回日期:2016-12-13

作者简介:贾学强,男,汉族,1991年生,助理工程师,从事旋挖钻机施工工法研究工作,江苏省徐州市经济开发区驮蓝山路36号,761660802@qq.com。

率如何,都是未知数。因此在正式组织大规模旋挖采煤之前,提出了进行旋挖采煤试验的要求。该次取煤试验利用旋挖钻机在急倾斜煤层钻孔作业,设备在非正常工况下的结构稳定性以及取煤效率都是需要重点关注的问题。

2 试验设备选择

(1)主机:选用了XR360型旋挖钻机,其结构如图1所示;性能参数为:额定功率298 kW,最大扭矩360 kN·m,转速7~22 r/min,最大加压力240 kN,最大提升力220 kN。

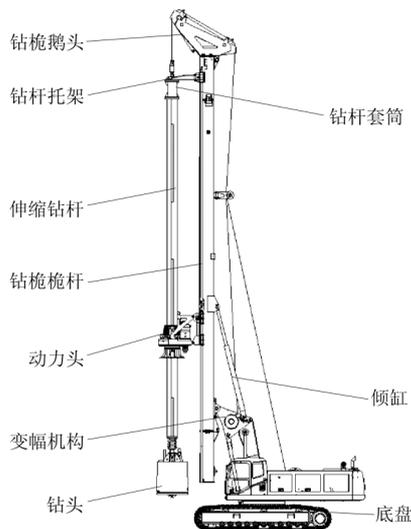


图1 XR360型旋挖钻机各部件示意图

(2)钻杆:选择JS508-3X17.0选配型号,机锁式,钻杆节数3节,单节长度17.0 m,最大钻探46 m。

(3)钻头:配置了 $\varnothing 800$ mm双底双开截齿捞砂斗、 $\varnothing 1200$ mm双底双开铲齿捞砂斗、 $\varnothing 1500$ mm双底双开铲齿捞砂斗以及 $\varnothing 1800$ mm双底双开截齿捞砂斗,各种钻头的主要性能参数如表1所示。

表1 各种钻头的主要性能参数

钻头型号	筒体高度/m	钻齿类型	筒体容量/ m^3	钻头质量/kg
$\varnothing 800$ mm 双底双开截齿捞砂斗	1.2	截齿	0.33	1151
$\varnothing 1200$ mm 双底双开铲齿捞砂斗	1.2	铲齿	0.73	1725
$\varnothing 1500$ mm 双底双开铲齿捞砂斗	1.2	铲齿	1.15	2300
$\varnothing 1800$ mm 双底双开截齿捞砂斗	1.0	截齿	1.39	3042

3 试验方案

由于倾斜钻进过程中,随着钻孔直径的增大,设备钻进的负担也会加大,设备结构遭受损坏的可能性也随之增大。因此,为了保证风险的可控性,采用

循序渐进的方法进行试验,即按钻头直径,由小到大依次试验,在试验过程中要注意以下内容的评估:工作时整机晃动量、各钻进参数的变化、动力头驱动键的磨损情况、钻杆及桅杆的变形程度,当然最重要的一点是采煤效率的评估。该次试验的地点均选择在非火区煤带。

3.1 试验情况

现场依照钻头直径大小依次进行了试验,试验施工情况见图2。

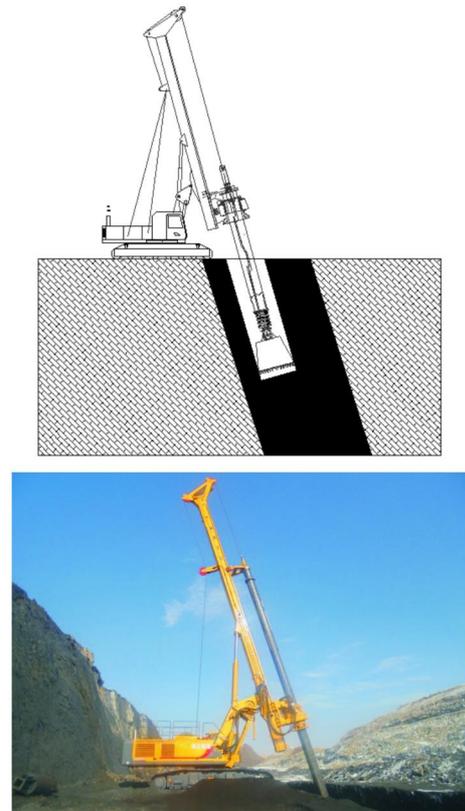


图2 旋挖钻机采煤示意与施工图

3.1.1 $\varnothing 800$ mm斜孔试验

该规格的钻具试验中发现的一个最大问题是,受进渣口大小的影响,孔内破碎下来的煤渣在底板压力下重复破碎,导致打出的钻渣颗粒太细,近乎粉状,装车时容易造成煤粉飘洒,浪费严重。还有一个问题就是效率太低,现场统计累积钻进时间近240 min,总进尺25 m,平均进尺速度大致为6 m/h,出煤量不足5 t/h。

3.1.2 $\varnothing 1200$ mm斜孔实验

该钻具使用的是铲齿,破碎出来的颗粒大小明显比 $\varnothing 800$ mm斜孔破碎出来的颗粒要大很多,可以明显观察出钻渣里的煤块。采煤效率也得到大幅提

升,钻进效率达 11 m/h,每小时出煤量可达 20 t,比 $\varnothing 800$ mm 提升了将近 4 倍。

3.1.3 $\varnothing 1500$ mm 斜孔钻进

$\varnothing 1500$ mm 钻具破碎出来的钻渣颗粒大小与 $\varnothing 1200$ mm 相差不大。试验 6 号钻孔由于试验时距离煤层底板岩石过近,导致在钻进过程中钻齿一直在接触底板岩石,因此效率较低,该数据不具有代表性。根据 5 号和 7 号钻孔的效率统计, $\varnothing 1500$ mm 钻头的进尺效率可达 14 m/h,采煤效率大致为 40 t/h。

3.1.4 $\varnothing 1800$ mm 直孔试验

现场考虑到 $\varnothing 1800$ mm 钻头装完煤渣后的质量,从保证设备安全的前提下出发,未对该型号钻具进行斜孔试验,而是进行了其正常工况下的直孔试验,通过正常工况下的试验来进行效率评估,现场统计其出煤效率在 26 t/h 左右。现场还进行了间隔试验——即两相邻开采孔之间的安全间距,试验得出安全间距可取 2200 mm(孔心距)。

表 2 为所试验各种规格钻头的出煤效率情况。

表 2 不同规格钻头的出煤效率统计表

孔号	钻头规格类型	钻进倾角/ (°)	钻深/ m	耗时/ min	出煤量/ t	出煤效率/(t·h ⁻¹)	平均效率/(t·h ⁻¹)
1	$\varnothing 800$ mm 截齿	74	25	240	16.3	4.1	4.1
2		74	15	55	25.4	27.7	
3	$\varnothing 1200$ mm 铲齿	72	25	134	42.4	19.0	20.9
4		71	30	192	51	16.0	
5		75	13	45	34	45.3	
6	$\varnothing 1500$ mm 铲齿	73	9	53	23	26.0	42.5
7		71	23	102	66	38.8	
8	$\varnothing 1800$ mm 截齿	90	29	222	96	25.9	25.9

4 钻机稳定性评估

试验过程中,对钻机整机稳定性观察,整机工作相对平稳,基本上无晃动。钻进参数方面,转速基本平稳,扭矩变化不大,但是加压力方面较为特殊,单纯依靠钻杆自重,即可获得较高的进尺效率,无需使用动力头加压。

5 出煤效率分析

5.1 钻孔直径对进尺速度的影响

对比 3 种斜孔孔径的进尺效率,可以明显发现:对于煤层,随着钻孔直径的增大,进尺速度也会随着增大, $\varnothing 1200$ mm 的进尺速度是 $\varnothing 800$ mm 的近 2 倍,而 $\varnothing 1500$ mm 的则是 $\varnothing 1200$ mm 的 1.3 倍。但并不

代表直径越大,进尺效率也就越高,在 $\varnothing 1800$ mm 钻进 8 号试验孔时,其进尺效率不足 10 m/h。虽然 $\varnothing 1800$ mm 筒体高度在 1 m 左右,如果假设该钻具高度与 $\varnothing 1500$ mm 钻具高度同样为 1.2 m,其进尺效率与 $\varnothing 1500$ mm 相比也有一定程度的下降。这种现象主要受 2 个方面的影响(在筒体高度相同的情况下):进渣口大小与转速大小。

5.2 进渣口大小对进尺速度的影响

通过 3 种直径的钻渣分析,当直径越大时,所取出的煤渣颗粒也越大。这一点主要由于直径变大时,相应旋挖钻具的进渣口也较大,破碎下来的较大粒径的钻渣更容易进入钻具内部,避免孔内二次研磨,从而有效进尺增大,速度也得到提升。

5.3 钻具转速对进尺速度的影响

对于旋挖破碎而言,在压力作用下旋转切削,是实现进尺的手段。通常意义上,当转速越大时,其进尺速度也就越快(实现同一压入深度的回转切削,大转速耗时更少)。而转速大小,受破碎扭矩影响,当直径较大时,实现回转切削,需要设备输出更大的扭矩,而对同一设备而言,当功率一定时,扭矩与转速成反比,这就导致转速下降。因此,当直径较大时,转速会下降,进而导致进尺速度下降。

因此综上所述,进尺速度与直径大小的关系,并无简单的比例关系,需要通过试验来选取最优的直径大小。

6 试验结论

通过 3 种直径钻头的斜孔试验过程中整机稳定性观察,对于煤这种强度不大的地层,旋挖钻机在 70°倾角状态下进行非常工况作业是可行的。虽然与正常工况相比,其部分结构件可能出现寿命降低的风险,但在合适的经济效益下,也是可以接受的。

另外,关于出煤效率,出煤效率由进尺效率与筒体容量共同决定。筒体容量由筒体高度以及筒体直径决定,而进尺效率有钻孔直径、进渣口大小以及筒体高度(也不排除切削齿类型)的影响。因此出煤量是由这 3 类因素决定。这是一个较复杂的比例关系,如果通过试验可以明确该关系,无疑可以找到一种最优的钻头规格,在保证筒体容量的同时,又可以获得较高的进尺效率,从而实现最大的出煤效率。当然是在所选钻具规格能够满足斜孔钻进的前提下。通过上述 4 种钻头的试验,在现有常规钻具条

件下, $\text{Ø}1500\text{ mm}$ 直径的钻头无疑是综合效率最佳的。

7 试验改进意见

7.1 主机设备改进

以目前 XR360 型旋挖钻机钻进 $\text{Ø}1500\text{ mm}$ 钻孔时的工作状态而言,其扭矩优势发挥不出来,即钻机型号可以考虑更小型号,虽然可能纯破碎钻进速度会有一定程度的下降,但是可以通过提高钻机提放钻杆以及回转动作等辅助作业的速度来弥补,从而保证合理的综合效率;另一方面还可以降低设备的油耗,从而实现更高的经济效益。

因此如不准备使用钻机进行大直径采煤作业的前提下,型号以选择配置挖机底盘的 XR280C 型为宜。

7.2 工作装置改进

虽然试验过程中最大的出煤效率可达 40 t/h ,但是施工方期望能有更高的施工效率,希望单台设备日产煤量可达 1000 t ,即要求出煤效率至少为 50 t/h 。针对这一要求,根据前面试验结果,如果依靠普通的捞砂斗,无论是加高或者加大直径,实现的可能性均不大。

因此可以考虑加长螺旋钻具,初步估算使用 $\text{Ø}1200\text{ mm}$ 直径、高度 3 m 的加长双螺旋直螺钻具应该可以满足效率要求。虽然在倾斜状态下提出孔外时会泄露部分煤渣,但是考虑到是在孔外泄露,影响不会太大。

7.3 钻齿选择优化

从对比试验的 2 种钻齿(截齿和铲齿)的结果来看,铲齿的优点在于其与煤层的接触是线接触,接触面积大,破碎下来的钻渣,在较大面积的接触下更容易被钻齿挤进筒体内部;但是这种齿也有缺点,即由于其接触面积大,导致其破碎时阻力较大,由于煤层相对较软,其破碎为体积破碎,体积破碎可以看作一种瞬间的跃进破碎,在破碎的同时,齿端的阻力被释放,导致动力头转速出现波动,这种波动导致了钻机工作时的振动,虽然这种振动与硬岩石钻进时的振动相比微乎其微,但是考虑到是在斜孔这种非正常工况下钻进的,因此这种振动后还是有影响的。

而截齿钻进时与地层是点接触,其优缺点与铲齿相反,即携渣能力较差,但是工作时相对平稳。因此可以在 2 种钻齿之间折中选择一种斗齿,可参考

挖机齿类型。

8 火区采煤可行性分析

本次斜孔试验选择在非火区煤带。对于火区煤带,考虑到煤层的不稳定性,未进行斜孔试验,但是进行了倾角 90° 的竖直孔钻进。在钻进过程中,发现在下部存在火区的煤带钻进,煤质更软,成孔效率更高,但是也伴随着孔壁不稳定的问题,在现场试验的几个钻孔中,每次刚开始钻进 $1\sim 2\text{ m}$ 深度后,就会出现孔壁坍塌现象。

因此,在火区采煤需要考虑的主要问题是钻孔孔壁的稳定性问题。而实现这一点,必须依靠全护筒跟进完成。具体操作上,可利用旋挖钻机动力头驱动装置实现全护筒跟进作业,在护筒的保护作用下,完成孔内煤渣的捞取。

9 结语

如果在火区急倾斜煤带实现旋挖钻进作业,就会从根本上改变浅埋深火区治理的模式,不需要大面积破坏地表环境,类似“微创”方式将火区上部煤层开采,或者穿越火区开采下部煤层,开采完毕后再回填治理。这样最大限度地保护了自然环境,也对资源进行了合理利用,可以进一步试验应用。

参考文献:

- [1] 刘长友,刘跃俊,黄炳香,等.斜煤层防水煤岩柱的失稳及留设[J].采矿与安全工程学报,2010,27(3):330-334.
- [2] 李永明,刘长友,李西蒙,等.水体下急斜煤层采空区矸石充填顶板控制研究[J].煤炭学报,2010,35(9):1419-1424.
- [3] 刘勇,郑伟.急倾斜煤层采煤方法优化探讨[J].煤炭工程,2009,(10):12-13.
- [4] 编委会.综采技术手册[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
- [5] 曹代勇,时孝磊,樊新杰,等.煤田火区环境效应分析[J].中国矿业,2007,16(7):40-42.
- [6] 沈少波,吴玉国,邹剑明.露天开挖法在治理浅埋藏采空区煤层自燃火区中的应用[J].山西煤炭,2010,30(1):74-76.
- [7] 高青松.简述新疆煤田火灾的治理方法[J].中国西部科技,2010,9(1):55-56.
- [8] 张建民.中国地下煤火研究与治理[M].北京:煤炭工业出版社,2008.
- [9] 陈永峰.煤矿自燃火灾防治[M].北京:煤炭工业出版社,2004.
- [10] 周红军,蒋国盛,张金昌.国产旋挖钻机市场现状分析及发展建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):6-9.
- [11] 牛庆磊,吕永亮,贾炜,等.旋挖钻机配套集束式潜孔锤硬岩施工方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):57-60.
- [12] 孔伟,段新胜,刘朝阳,等.旋挖钻机提钻速度对井壁稳定的影响分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1):55-57.