螺旋钻进技术在杉木树煤矿强突出煤层中的应用

王　毅，李乔乔，贾明群
(煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所，陕西 西安 710077)

摘　要：通过目前瓦斯抽放孔成孔工艺的比较，介绍了杉木树矿强突出煤层采用螺旋钻进工艺试验的工艺过程及其优势，并介绍了在该煤矿的具体试验情况。

关键词：螺旋钻进；强突出煤层；瓦斯抽放孔
中图分类号：P634.5　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1672-7428(2008)10-0011-03

芙蓉集团杉木树矿为高瓦斯矿井，防止瓦斯突出、加大瓦斯抽采力度是该矿每年安全工作的主要任务。随着该矿煤炭开采技术的快速发展，高产高效综采生产技术逐步推广，瓦斯抽采的矛盾越来越凸显。为此，探讨高效快速且经济有效的高瓦斯抽放孔钻探工艺，解决上述矛盾问题就显得非常必要。

1　钻进工艺确定

根据钻进过程中所采用的排粉介质及排粉方式的不同，钻进工艺可分为水循环钻进、空气循环钻进、螺旋钻进 3 种钻进工艺方法，受煤矿井下巷道、煤层条件等因素的限制，需根据各煤矿条件选择适应的钻进工艺方法。

1.1　水循环钻进

水循环钻进有以下优点：洁净，污染小，巷道煤尘少，工作面环境好；工艺比较成熟，操作简单；排渣效果好，钻进效率高。

但由于煤层松软，孔内循环水的漏失严重，严重时甚至造成煤层注水，加之循环水在成孔过程中对孔壁的浸泡和冲刷，钻进过程中钻孔孔壁掉块、钻头糊钻、甚至出现塌孔、喷孔等现象。

1.2　空气循环钻进

空气循环钻进工艺在强突、松软、破碎的煤层进行成孔时，体现出很大的优势：有利于成孔过程中瓦斯的释放，减少对孔壁的冲刷，避免了喷孔、塌孔等严重孔内事故现象，特别对于煤层中夹有水敏性岩层，相对于水循环成孔可以减少孔内事故发生的机会。

但该工艺目前在煤矿使用也存在一些问题，致使其在松软煤层中钻进成孔也受到了局限。

(1)由于目前各矿多是利用矿井压风站直接供应的系统压风进行空气钻进，经过多次分支后，压风到达试验工作面时压力很难达到 0.4 MPa 以上，且极不稳定，无法满足钻进成孔时冷却钻头和排粉的需要。

(2)试验现场粉尘比较大，工作环境条件恶劣，特别是煤尘有爆炸危险的矿井，后果更加严重。

1.3　螺旋钻进

螺旋钻进属于干式钻进成孔工艺。它是将钻机在孔口所产生的扭矩、推进力通过主动钻杆传递给螺旋钻杆至钻头转化成钻具在钻进过程中的扭矩、给进力，钻进中产生的钻屑(岩粉)则由螺旋钻杆排至孔外，实际上螺旋钻杆和钻孔之间组成了一个“螺旋运输机”。螺旋钻进具有以下优点：

(1)钻头切削的岩粉通过螺旋钻杆机械式的排出钻孔，孔内无重复破碎现象；

(2)钻进过程中，不需要任何的循环介质，减少了很多辅助设备及工作；

(3)螺旋钻具对孔壁扰动小且螺旋钻杆叶片具有阻挡作用，所以在松软突出煤层钻进过程中，其在一定程度上可以减少塌孔等孔内事故的发生。

由于杉木树矿区此采区为强突出煤层，井下风压有限，钻场在机巷中频繁移动，为了减少辅助设备及工作，节约成本，决定采用螺旋钻进工艺。

2　钻进工艺参数

2.1　钻压

在松软突出煤层钻进过程中，钻进压力有一个

收稿日期：2008-03-28

作者简介：王毅(1968-)，男(汉族)，陕西富平人，煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所高级工程师，探矿工程专业，从事煤矿井下钻探技术研究及钻具设计等工作，陕西省西安市锦业一路 82 号；李乔乔(1983-)，男(汉族)，湖北荆门人，煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所助理工程师，勘查技术与工程专业，从事煤矿井下钻探技术研究工作，qiaoqiao9804@163.com；贾明群(1984-)，男(汉族)，黑龙江鸡西人，煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所助理工程师，勘查技术与工程专业，从事煤矿井下钻探技术研究工作。

万方数据

最优区段:当转数一定时,给进压力过大,由于软煤硬度较低,螺旋钻头还来不及切削便被压入煤层中,钻压越大,钻头被压入越深,切下的煤屑颗粒就越大,单位时间里螺旋钻杆的排粉量就越大,当切削下的煤屑大于螺旋钻杆的排粉量时,煤屑易在孔底堆积形成煤屑楔,使钻孔轨迹有上仰的趋势,甚至造成抱钻等孔内事故;反之如果给进压力太小,由于钻杆自重作用,螺旋钻杆刮削孔壁下部,造成钻孔轨迹向下倾斜,钻进效率低。另外螺旋钻杆本身在旋转过程中,由于螺旋叶片排粉时与煤粉相互作用而使螺旋钻杆产生一个向孔底方向的反作用力,随着钻孔的深度的增加,螺旋钻杆承受的反作用力增加,此时钻机的给进压力应适当减小。所以在钻进过程中,钻机的给进压力要适当,这样才能控制好螺旋钻杆的产粉量和排粉量的平衡。

在此次试验中,开孔时给进表压控制在 2 ~ 3 MPa,钻进深度 >50 m 时,表压控制在 3 ~ 7 MPa。

2.2 转速

在松软强突出煤层中,转速也应有个极限值 n_{max}:当钻压一定时,转速过高,虽然产生的煤粉颗粒很细,排粉阻力减少,但此时煤颗粒就会产生垂直于输送方向的跳跃式翻滚,这时螺旋钻杆主要起搅拌而不再起轴向推进作用;当转速过低,煤粉颗粒的水平运移速度也相应降低,这样就降低了螺旋钻杆的排粉效果,煤粉易在孔底堆积,形成卡钻、埋钻事故。所以在钻进的过程中,在不超过转速极限值 n_{max} 的情况下,应尽量增加转速。通过理论和实践总结,可确定钻杆转速的极限值 n_{max}:

$$n_{max} = A/\sqrt{D_y}$$

式中:A——常数,在松软煤层中,A 取 50 ~ 70;D_y——螺旋叶片的外径。

此次试验中,由于地层为强突出煤层,通过控制转速充分排渣以减少沉渣,钻机转速控制在 60 ~ 80 r/min。

3 钻进设备和钻具的选择

根据杉木树煤矿施钻煤层的具体地质条件和巷道的布置情况,本次钻进采用的设备、钻具为:我院研制的 ZDY4000S 型钻机,插接式 Ø110 mm/Ø73 mm 螺旋钻杆,插接式 Ø130 mm 三翼硬质合金螺旋钻头。

3.1 ZDY4000S 型钻机(图 1)

在松软突出煤层钻进成孔过程中,由于煤层煤质松软且透气性差,为了达到理想的瓦斯抽放及防

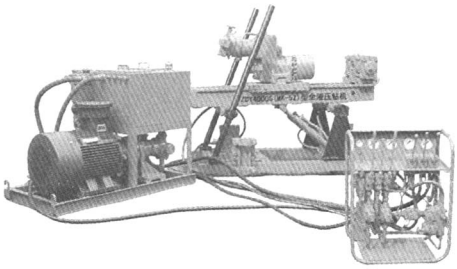

图 1 ZDY4000S 型钻机

突效果,要求钻孔深度深,钻孔直径大。而且在利用螺旋钻具进行松软突出煤层钻进过程中很容易发生卡钻和埋钻事故,为了能够有很好的处理钻孔事故的能力,因此,要求钻机的旋转扭矩和给进力必须比现在煤矿常用钻机有大幅度提高,加之钻进过程中孔内排粉完全依赖螺旋钻杆,则要求螺旋钻杆必须有一个比较适合的转速,这样才能保证能及时排出煤粉。因此,螺旋钻进必须选用大扭矩、转速范围调节宽的大功率钻机。我院研制的 ZDY4000S 型钻机在松软强突出煤层钻进中显示了巨大的优势。其技术参数为:钻孔深度 200 m,终孔直径 200 mm/150 mm,转速 10 ~ 220 r/min,螺旋钻杆直径 Ø110 mm/Ø73 mm,钻孔倾角 ±45°,最大扭矩 4000 N · m。

3.2 螺旋钻杆(图 2)

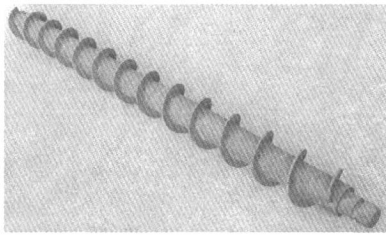

图 2 螺旋钻杆

Ø110 mm 螺旋钻杆采用"U"卡插接,可实现正反转,能便捷地处理孔内事故,螺旋叶片的参数可以利用水平螺旋钻杆的设计原则得出。此次采用的螺旋钻杆为单螺旋钻杆,其主要参数为:钻杆外径 110 mm,心杆直径 73 mm,螺旋叶片厚度 6 mm,螺距 100 mm,钻杆长度 1.5 m。

3.3 钻头(图 3)

用螺旋排粉的方式钻进松软煤层时,三翼螺旋硬质合金钻头使用效果较好。螺旋钻头由钻头体、翼片、螺旋带和连接部分组成。由于螺旋排粉钻头冷却效果差,所以常采用硬质合金作为钻头的切削齿。螺旋钻头翼片上镶有阶梯状布置的硬质合金切

万方数据

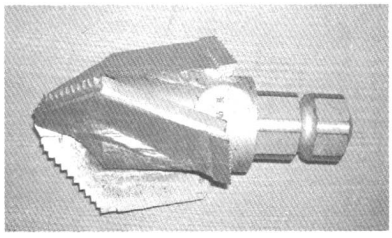

图3　螺旋钻头

削具,在外径上也镶有保径的硬质合金片。钻头体上一般焊有一段螺旋带,与钻杆螺旋带衔接,便于输送岩粉。钻头直径应比钻杆直径大 10 ~ 20 mm,以减小钻杆柱与孔壁的摩擦力。

4　应用效果

4.1　试验点煤层地质条件

杉木树煤矿的试验点在 N24 采区,该采区地层为二叠系上统宣威组,平均厚度 129 m,由灰色砂岩、砂质泥岩、泥岩和粘土岩、煤层、泥质灰岩组成。含煤层 7 ~ 14 层,其中可采 2 层,此次钻孔布置在 B3 +4 煤层,煤层埋深为 180 ~ 500 m,厚 3.5 m,层间夹矸厚 0.5 ~ 0.8 m,平均厚 0.65 m。煤层倾角为 6°,其硬度性系数 f = 2 ~ 4,解理裂隙发育,煤层中瓦斯压力较大,瓦斯含量高。煤层结构复杂,煤厚变化大,上薄下厚(1.62 ~ 5.45 m),西薄东厚(2.3 ~ 4.5 m),中间厚两边薄(6.59 ~ 1.62 m)。煤层直接顶为深灰色砂质泥岩,中间夹一层炭质泥岩,厚 1 ~ 3.6 m,平均 2.5 m。

4.2　现场试验情况

试验钻场在 N2452 机巷,巷道宽 4.4 m,高 2.5 m,沿机巷布置钻孔,钻孔在本煤层中延伸。

由于煤层顶板构造起伏比较大,且夹矸比较厚,钻孔轨迹要控制在煤层中比较难。在试验时,初定钻孔倾角为 7°,钻进至 22.5 m 时因进尺缓慢,提钻观察,发现钻头已因钻进顶板砂岩而损坏,经分析、研究决定将钻孔倾角调整为 3.5° ± 0.5°,此后 9 天成孔试验了 12 个钻孔,累计进尺 940 m,循环钻速达到 6.8 m/h,很好的满足了矿上对瓦斯抽排钻孔成孔速度的要求。试验钻孔的具体参数如表 1。

4.3　试验过程中的事故分析及处理

4 ~ 9 号孔钻进至 43.5 m 时,钻机系统压力急剧升高,煤渣将螺旋钻杆"抱死"。经过分析,造成抱钻事故有以下 3 个原因。

(1)钻机未固定好。当钻机旋转时,钻杆与孔壁互相摩擦,由于作用力与反作用力的相互作用,加之钻机未固定好,钻机偏移了原来的位置,造成钻杆在孔内不同心,致使在加接钻杆时,主动钻杆和螺旋钻杆六方接头处不能很好的吻合,缩短了主动钻杆的寿命;此外,钻杆在孔内发生弯曲过大,在钻进旋转时,钻杆刮削孔壁,造成孔径扩大,也易导致塌孔等孔内事故。

(2)煤层含水。钻头和钻杆糊钻,导致排粉受限,将钻杆抱住。

(3)操作工人一味追求进尺,在排渣不畅的情况下,仍保持较大的给进压力,单位时间螺旋钻杆输送煤粉量小于钻头切削下来的煤粉量,导致煤粉堆积在孔内而形成抱钻事故。

由于 ZDY4000S 型钻机旋转能力比较大,螺旋钻杆为插接式连接,可正反转,为处理钻孔事故提供了很大方便。孔内煤粉抱住钻杆后,通过钻杆反转,钻杆螺旋叶片将煤粉向孔内输送,根据力的相互作用关系,孔内煤粉对钻杆的螺旋叶片有向外的推力,通过各个螺旋叶片上作用力的叠加,加之钻机的起拔力,使孔内钻具向孔外缓慢移动,在移动的过程中扰动煤粉,再通过正转排出煤粉,这样反复几次就可将钻杆拔出。

表1　试验钻孔参数表

孔号	孔深 /m	倾角 /(°)	孔径 /mm	平均机械钻速 /(m·h⁻¹)	循环钻速 /(m·h⁻¹)
4-1	108	3	130	13.5	7.2
4-2	108	3	130	11.1	5.3
4-3	105	4	130	12.8	6.4
4-4	105	4	130	12.5	6.8
4-5	73.5	3.5	130	12.4	7.0
4-6	69	3	130	13.3	7.2
4-7	60	3	130	13.2	6.8
4-8	73.5	4	130	12.6	6.4
4-9	54	3	130	13.2	7.1
4-10	60	3.5	130	11.8	5.8
4-11	84	3	130	13.7	7.2
4-12	90	4	130	12.8	7.6

5　结语

利用螺旋钻进工艺钻进瓦斯抽放孔在芙蓉集团尚属首次,实践表明,螺旋钻进具有成孔口径大,抽放效率高、有效抽放周期长、试验成本低等特点,是解决采煤工作面瓦斯超限问题的一种经济有效的方法。

这次试验证明:针对杉木树煤矿的这种高瓦斯煤层,螺旋钻进工艺能很好地解决成孔过程中的塌孔、喷孔等现象,也为该集团其它矿区的瓦斯治理提供了一种比较好的钻进工艺方法。

万方数据