

煤矿瓦斯抽采钻进钻具级配技术

马沈岐, 吴雅丽, 任瑞玲

(煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 瓦斯地质钻探中, 由于采用的排渣介质不同、应用的工艺方法不同、处理事故的方法较多, 钻具级配关系也呈现多样化。针对这些问题, 结合在多年煤矿工作的经验, 对煤矿常用的钻具级配关系进行了总结, 并对钻具级配中遇到的一些常见问题进行了分析并对处理问题的方法进行了解答, 对现场选用最佳钻具级配具有指导意义。

关键词: 松软喷突煤层; 非平衡钻进; 钻具级配

中图分类号: P634.4² **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)09-0028-04

Drilling Tool Grading Technique for Gas Drainage Drilling/MA Shen-qi, WU Ya-li, REN Rui-ling (Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an Shaanxi 710054, China)

Abstract: The drilling tool grading presents diversification in gas geological drilling technology in soft outbursting coalbed just because of different drilling medium, technology and accident treatment method. According to these characteristics, drilling tool grading was summarized with working experience for years, and analysis was made on some common problems of drilling tool grading with solutions.

Key words: soft outbursting coalbeds; non balanced drilling; drilling tool grading

随着瓦斯抽采钻进工艺的快速发展, 为适应不同的瓦斯地质条件, 开发研制出了不同类型的钻具, 在很大程度上解决了瓦斯地质钻进困难的问题。在新技术、新工艺的推广应用, 常会因为对钻具级配关系没有系统的了解, 不能做到根据地层条件、设备能力、工艺水平、排渣介质等综合因素来确定使用相应的钻具级配, 满足瓦斯地质钻探工艺的要求。笔者根据多年从事瓦斯地质钻探工艺的研究和实践工作经验, 针对钻具级配中相关的技术, 对煤矿瓦斯抽采钻进中有关钻具级配的技术问题进行讨论。

1 目前煤矿瓦斯抽采钻进工艺中使用的钻杆类型

目前, 煤矿瓦斯地质抽采钻探中使用的钻杆有 6 种结构形式: (1) 外平式钻杆 (根据设备加接钻杆的结构形式不同, 又分为通孔式外平钻杆和定长式外平钻杆); (2) 螺旋式钻杆 (根据螺旋钻杆的排渣功能不同, 又分为采用丝扣联接的空芯螺旋钻杆和采用接头插接、销钉销紧联接的螺旋钻杆); (3) 等边三角形钻杆; (4) 来复线型钻杆; (5) 接头卡槽式钻杆; (6) 通缆式钻杆。

2 不同类型钻杆的适用条件

根据非平衡钻探工艺理论基础, 在瓦斯地质钻

探工艺中, 每一种结构形式的钻杆, 其使用条件要从以下几个方面考虑: 一是煤(岩)地层的结构形式和构造特征; 二是瓦斯地质条件下钻孔施工的难易程度; 三是钻探设备对钻杆的限用条件; 四是瓦斯地质钻探工艺对钻杆的具体要求等。

2.1 外平钻杆

2.1.1 适用的工艺条件

(1) 煤(岩)层的坚固性系数 $>f_1$, 地层结构相对较稳定, 没有较大的构造, 地层受地应力作用相对较小等;

(2) 适应煤系地层较大的钻进工艺参数范围, 能钻进深孔, 孔内相关测量定向等技术条件的实施较为方便;

(3) 适用清水泥浆钻进工艺、风动潜孔锤钻进工艺等, 综合阻力小, 排渣效果好;

(4) 处理孔内事故可使用的方法较多。

2.1.2 不适用的工艺条件

(1) 煤层坚固性系数 $<f_1$ 的松软煤层中采用清水钻进工艺;

(2) 松软煤层中采用低~中风压钻进工艺;

(3) 采用低~中风压进行中深孔钻进工艺。

2.2 螺旋钻杆

2.2.1 适用的工艺条件

收稿日期: 2009-02-06; 改回日期: 2009-05-18

作者简介: 马沈岐(1957-), 男(汉族), 山西人, 煤炭科学研究总院西安研究院高级工程师, 钻探工艺专业, 从事煤矿瓦斯地质钻探工艺研究与技术推广工作, 陕西省西安市锦业一路 82 号, mashenqi168@163.com。

- (1) 松软煤层中进行干钻工艺;
- (2) 软煤层中采用低~中风压与干钻混合的钻进工艺;
- (3) 对起拔钻进工艺参数要求大,即钻机的能力参数要求大,适应钻进浅~中深钻孔。

2.2.2 不适用的工艺条件

- (1) 具有动力倾向的松软煤层;
- (2) 有结核和夹矸层的煤(岩)层;
- (3) 小构造较多的煤层;
- (4) 含水煤层或者是极硬煤层;
- (5) 复杂地层所导致的孔内事故处理的难度较大等。

2.3 三角钻杆

2.3.1 适用的工艺条件

- (1) 软~中硬稳定的煤层;
- (2) 中~高风压正循环钻进,悬浮排渣的工艺;
- (3) 适应浅~中深孔钻进。

2.3.2 不适用的工艺条件

- (1) 松软煤层;
- (2) 含水煤层或使用清水钻进;
- (3) 具有动力倾向的煤层;
- (4) 具有构造因素和含有结核、夹矸的煤层;
- (5) 钻进工艺参数适用范围窄。

2.4 来复线钻杆

2.4.1 适用的工艺条件

- (1) 煤系地层条件下进行小孔径、浅孔深的快速钻进;
- (2) 清水排渣钻进工艺或低~中风压排渣钻进工艺。

2.4.2 不适用的工艺条件

- (1) 粗径钻具、低转速钻进工艺;
- (2) 松软煤层采用清水钻进工艺;
- (3) 低~中风压进行中深孔钻进。

2.5 接头卡槽式钻杆

2.5.1 适用的工艺条件

- (1) 在煤矿使用开槽式钻杆,一般情况下均为定长式钻杆,重点应用在大角度仰角孔钻进上;
- (2) 使用中~高压进行冲击回转钻进;
- (3) 在巷道窄小的条件下具有使用价值。

2.5.2 不适用的工艺条件

- (1) 近水平中深孔钻进;
- (2) 孔内事故较多的瓦斯地质条件;
- (3) 孔内事故较多的复杂地层。

2.6 通缆式钻杆

2.6.1 适用的工艺条件

- (1) 在较稳定的煤(岩)层中进行定向中~深孔钻进;
- (2) 进行中~深孔的分支导向孔钻进。

2.6.2 不适用的工艺条件

- (1) 松软喷突煤层;
- (2) 不能用清水钻进的工艺;
- (3) 孔内事故较多的煤系地层等。

3 煤矿常用不同类型钻杆级配构成关系

第一种:送水器+外平钻杆+钻头

这是最简单的钻具级配形式,在煤(岩)层条件相对较好,对钻孔成孔参数要求不太高时,这种钻具级配形式最常采用,适用于各种孔深、钻孔环状间隙较小的钻进要求。

第二种:送水器+外平钻杆+扶正器+外平钻杆+钻头

这是要求刚性保直钻进的钻具级配形式,在煤(岩)层条件相对较好,对钻孔参数有一定保直要求时,常选用这种钻具级配形式,适用于中深孔、大孔径的钻进要求。

第三种:送水器+外平钻杆+防喷组合钻具

针对突出煤层钻进时常选用这种钻具级配形式,适用于大孔径、浅~中深孔,一次性成孔的钻进要求。

第四种:送水器+外平钻杆+多功能扶正器+正反向一体化钻头

对于复杂地层的钻进,孔内事故较多,处理难度较大,从起拔钻进工艺出发,可以使用这种钻具级配形式。

第五种:送水器+通缆钻杆+上无磁钻杆+测量探管+下无磁钻杆+孔底马达+钻头

作为深孔定向钻进和分支孔定向钻进的工艺要求,选择这种钻具级配形式。这种钻具级配对地层的安全性要求很高,孔内事故率要求较低,对操作工艺水平要求很高,相对技术含量也较高。

第六种:送风器+主动钻杆+螺旋钻杆+钻头

针对松软煤层的条件,选择这种钻具级配,适用螺旋钻具级配要求钻机的能力较大,钻进的孔深适于浅~中深孔。

第七种:主动钻杆+螺旋钻杆+钻头

适用于松软煤层钻进,孔深较浅,在干钻的情况下要注意排渣情况。

第八种:送风器+三角钻杆+钻头

在煤层相对较稳定的条件下,压力风钻进排渣较困难时,选用这种钻具级配,要注意孔内事故情况,在孔内事故率较低的情况下适合使用。

第九种:送风器(或送水器)+来复线钻杆+钻头

适用于小孔径、浅孔深的快速钻进工艺,来复线槽有利于刮削起钻渣,形成一定的旋风快速排渣效果。

第十种:送风器+外平钻杆+潜孔锤

针对“三硬”煤层或硬岩顶板来说,使用潜孔锤钻进效果最好,钻进速度快、效率高、孔径大,适用于浅~中深孔,尤其是大角度的仰角钻进工艺。空气动力钻进,粉尘污染较大,采用孔口二次集尘装置处理粉尘污染效果较好。

第十一种:送风器+定长钻杆+钻头(或潜孔锤)

这种钻具级配形式适应巷道较窄、竖直向上钻进或大角度仰角孔钻进工艺,整机工作状态所占空间较小,便于加接和拆卸钻杆。处理粉尘污染采用孔内反向风力雾化水雾方式,能起到一定的降尘作用,若采用孔口二次集尘装置处理粉尘污染情况会更好。

第十二种:送风器+主动钻杆+螺旋钻杆+潜孔锤

这种钻具级配形式适用于煤系地层软硬互层的地层钻进,钻进和排渣的效果较好,适应浅~中深孔、大孔径的钻进工艺。采用孔口二次集尘装置处理粉尘污染。

第十三种:风水混合器+外平钻杆+潜孔锤

这种级配方式可以简化除尘装置,并且除尘效果很好,但是对冲击器的使用有一定的不利因素。这种级配方式在针对极硬岩的钻进中,取得了较好的效果。

4 煤矿常用钻具级配关系表

煤矿瓦斯地质钻探工艺中钻具级配关系参见表1。

表1 钻具级配关系(环隙比)参数表 /%

钻杆直径/mm	钻头直径/mm									
	42	50	60	75	95	110	130	150	170	200
36	14	28	40							
42		16	30	44						
50			17	33	47					
63.5				15	33	42				
73					23	34	44			
89						19	31	41	48	56

表中显示在非平衡钻探工艺条件下,正常数字区的环隙比值较小,适用于金刚石钻头钻探工艺;粗体字区的环隙比值适中,适用于复合片钻头钻进工艺,对于粗径钻具适应的环隙比值可以适当加大;斜体字区的环隙比值较大,在选择钻具级配时应该尽量避开,尤其是细径钻具不适宜选用斜体字区的钻具级配值。

5 不同钻具级配关系在应用中遇到的问题和解决办法

在煤矿瓦斯地质钻探中,确定钻具级配关系的基础,是从“三软”、“三硬”煤系地层出发的。

“三软”煤系地层在目前的瓦斯抽采钻探中难度较大,尤其是受构造影响的“三软”煤系地层存在着成孔困难,即使成孔,其钻孔通道的维持时间也较短,瓦斯抽采受阻严重。为了解决“三软”煤系地层成孔问题,在钻具级配的设计上,主要采用了多种螺旋钻具;在排渣介质上应用了干式钻进法和中风压钻进法。在采用螺旋钻进工艺方法中,钻具级配上最常遇到的问题主要有如下几种。

(1)因操作中工艺参数掌握有误,造成排渣不畅,导致螺旋钻进中发生自吸现象,即在不加压的情况下,螺旋钻具自行钻进,大量的积渣会挤住钻具形成事故。针对这类问题,解决的方法首先是要掌握螺旋钻进中回转参数和给进压力参数的变化,正常情况下回转参数是匀速的,随着钻深的增加,给进压力值也逐渐增加,受煤层硬度变化的影响,给进压力值也随之产生相应变化,一般在4~16 MPa之间。螺旋钻进的给进压力值变化不大,一般在3~6 MPa之间。螺旋钻进中的起拔压力值变化较大,主要受孔内积渣多少、孔内是否发生坍塌等的影响,最大起拔压力值达到23 MPa时,已接近极限参数值范围,这时处理孔内事故的难度已经比较大了。在螺旋钻进中,要避免形成这类事故,通过掌握正常工艺参数的范围值,在发生事故钻头时,及时处理确保正常钻进的进行。

(2)因螺旋钻具受力过大,导致螺旋钻具连接丝扣端发生断裂,或是插销轴连接销轴底被扭断,U形卡磨损脱落等。这类事故主要是由于使用强行回转方法处理孔内事故、螺旋钻杆受力超出了安全值范围所致;另外,同一批的螺旋钻杆要尽量同时使用,在钻具级配中,一般不允许新旧螺旋钻杆混搭配合使用,旧螺旋钻杆在使用中形成的残余应力,是钻具级配系统中最薄弱的环节,断钻杆的问题常发生

在此处。在实际生产中常会因钻杆损失不够时进行混搭使用。在这种情况下,应该选择近似条件下的同类旧钻杆进行级配使用,同时,在钻进中应对钻进参数进行调整,一般要小于新钻杆使用的钻进参数,在煤系地层的选择上,也要确定相对条件较好的煤系地层,这样在使用旧螺旋钻杆时,就能获得安全的钻进,延长螺旋钻杆的使用寿命。

“三硬”煤层的钻进采用空气潜孔锤钻进工艺比较好,其钻具的级配设计上,主要采用粗径、加厚、大通孔的外平钻杆,应用中风压潜孔锤钻进方法;在除尘问题上采用了风水混合全孔段方法,达到了很好的除尘效果。在采用空气动力潜孔锤钻进中,钻具级配上常遇到的问题如下。

(1)空气压力能达到0.5 MPa时,满足中风压潜孔锤的工作压力,而风量达不到启动粗颗粒钻渣的初速度,致使大量的钻渣沉积在孔内。解决这一问题主要采取了增大钻杆通径,增强钻杆抗冲击强度,使钻杆过风量增大,同时,采用风水混合法进行除尘和水力携渣,解决了中风压排渣积渣多的问题。

(2)中风压空气动力风水混合潜孔锤钻进中,钻具级配上尽量不使用扶正器之类辅助器具,以免钻孔环状间隙缩小而增大阻力,影响钻渣的排除。

(3)钻进工艺参数采用低转速、大扭矩、适中给进压力,例如,在新疆托克逊雨田煤矿,顶板为抗压强度170.6 MPa的石英砂岩,采用的钻进工艺参数为:转速 ≤ 50 r/min,最小钻压 ≥ 5 MPa,钻速0.1~0.3 m/min,风压0.6~1.2 MPa,风量约 17 m³。在钻进中适当调整钻进参数,达到理想的钻进效果。

上面列举的常用的13种钻具级配形式,根据不同的设备、工艺条件,在实际钻进中选择使用。不同的钻具级配在使用中会产生不同的孔内事故,解决这些孔内事故,分别有相应的解决办法,这些方法在其他专项论文中已有阐述,这里不再赘述。

6 钻具级配中辅助工具的应用

瓦斯地质钻探工艺中,较常使用的扶正器类型大致分为3种:第一种是固定筋板式,扶正器与钻杆同时回转;第二种是中轴回转式,即扶正器的固定筋板不参与钻具回转;第三种是多功能式,即扶正器不但参与钻具回转,同时还具备修复孔壁和发生埋钻等事故时对所埋钻渣进行正反方向的切削松动。

在松软煤层的钻进中孔内放置辅助器具应以越少越好为原则,在确定放置扶正器时,针对喷突煤层,扶正器直径尺寸的设计必须小于钻头尺寸5~

20 mm,具体尺寸根据钻头级配确定。例如,在淮北某矿进行瓦斯喷突煤层钻进中,选配的钻头为 $\varnothing 113$ mm,扶正器为 $\varnothing 113.5$ mm,由于钻头与扶正器尺寸选配基本一致,导致孔内喷突瓦斯和煤渣严重受阻,造成无法钻进的情况,后将扶正器尺寸降低一个级别,改为 $\varnothing 100$ mm尺寸,使孔内排渣通道畅通,释放了钻孔前端瓦斯煤渣聚积的能量,实现了顺利钻进的目的。

新设计的多功能扶正器,在孔内发生埋钻事故时,能起到正反方向的加压钻进效果,对坍塌的煤渣进行切削松动,配以风力排渣,能顺利地解决该类事故。在处理松软煤层坍塌问题时,操作工艺上一般不允许使用强力起拔方法,而以反复疏通孔内埋渣方式进行处理孔内事故为主。

在顶板硬质砂岩钻进中,为了减少钻杆与砂岩之间的磨削,实现保直钻进的效果,采用外筋板固定、中轴回转的扶正器,能满足上述要求。在阳泉某矿进行顶板硬质砂岩钻进中,由于采用牙轮钻头钻进,致使钻具整体质量较大,钻孔仰角 $> 30^\circ$,造成钻孔偏斜严重,采用中轴式回转扶正器解决了钻具跑偏问题。但在实际操作中,孔内扶正器的放置比较麻烦,一是扶正器自身质量大,在井下搬运麻烦;二是扶正器主轴上的轴承不能承受径向力,当扶正器遇到孔壁卡碰时,易将轴承损坏,所以,这种扶正器的使用范围被限制得较小。

7 结语

在瓦斯地质钻探中钻杆、钻头以及辅助器具的损耗是较大的,造成这种损耗的原因包括:瓦斯地质复杂的地层原因、由非平衡钻探工艺理论基础决定的瓦斯地质钻探工艺、煤矿钻探工人技术水平等诸多因素。为了提高煤矿瓦斯喷突煤层的钻进效果,减少煤矿瓦斯地质钻探中材料损耗严重,从钻具级配的技术角度来提高解决这些问题的方法,分析、解决实践中遇到的一些实际问题,实现煤矿井下瓦斯喷突煤层安全、高效、低耗、科学的钻探工作。

参考文献:

- [1] 马沈岐. 瓦斯地质钻探工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(2).
- [2] 马沈岐, 刘桂芹. 煤矿瓦斯地质起拔钻探工艺[J]. 煤炭科学技术, 2008, (9).
- [3] 马沈岐, 刘凤琴, 张艳菊. 大口径瓦斯地质孔钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(11).