

# 定向钻进套铣打捞钻杆的设计

牟培英, 董萌萌, 许翠华, 莫海涛

(中煤科工集团西安研究院, 陕西 西安 710077)

**摘要:**通过对常用定向钻进配套钻具打捞工艺的对比分析,明确了采用套铣打捞工艺处理煤矿井下近水平定向钻进中出现的塌孔、卡钻、埋钻等孔内事故的可行性与实用性。根据其工艺施工要求,结合煤矿井下近水平定向钻进系统配套钻具具体参数,研制了能够满足额定扭矩  $6000 \text{ N} \cdot \text{m}$  钻机使用要求的定向钻进套铣打捞钻杆。成庄矿的应用表明,采用套铣打捞工艺处理近水平定向钻进时孔内事故(塌孔、卡钻、埋钻等)可行性较强,且套铣打捞钻杆结构设计合理,能满足套铣打捞工艺的使用要求。

**关键词:**近水平定向钻进;套铣打捞工艺;打捞钻杆

中图分类号:P634.4 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2013)08-0064-03

**Design of Sleeve Fishing Rod for Directional Drilling/MOU Pei-ying, DONG Meng-meng, XU Cui-hua, MO Hai-tao**  
(Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** By the comparative analysis on the common fishing technologies of matching tools for directional drilling, the feasibility and practicability of sleeve fishing technology are made clear for handling the hole accidents in nearly horizontal directional drilling. According to the requirements of the construction technology and based on the specific parameters of the drilling tools in nearly horizontal directional drilling, the sleeve fishing rod for directional drilling is developed, which can match the rig with rated torque  $6000 \text{ N} \cdot \text{m}$ . The successful application in Chengzhuang coalmine proved the feasibility of sleeve fishing technology which can satisfy the application requirement with the rational structure.

**Key words:** nearly horizontal directional drilling; sleeve fishing technology; fishing rod

近水平定向钻进瓦斯抽采技术是基于随钻测量技术发展的瓦斯抽采技术,因其具有抽采量大、衰减期长、控制区域大等优点,成为提高煤矿井下瓦斯抽采率的重要技术方法。然而钻孔施工过程中,由于人为因素或自然因素可能导致孔内事故,影响定向钻进效率,造成经济损失。

为高效地处理近水平定向钻进发生的钻孔事故,促进定向钻进瓦斯抽采技术的推广,相关科研院所展开了近水平定向钻进系统配套的打捞工艺的研究和打捞钻具的研制,并取得了成效。

## 1 定向钻进打捞工艺分析

煤矿井下定向钻进配套钻具一般由通缆送水器、通缆钻杆、测量探管、无磁钻杆及螺杆钻具等组成,如图1所示。

根据定向钻进配套钻具结构特点,借鉴石油钻井经验,研究确定适用于近水平定向钻进打捞的工艺主要有公锥、母锥和套铣打捞3种。

公、母锥打捞是较为常见的打捞工艺,它主要是打捞掉入钻孔内的钻具,或先将孔内钻具从某处

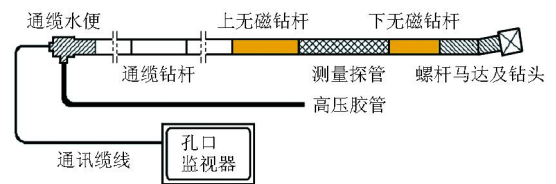


图1 随钻测量系统钻具连接示意

解扣,将解扣处至孔口段钻具提出,再根据孔内钻具情况选用反丝公锥或反丝母锥进行打捞,但是在近水平定向钻进过程中,由于配套钻具自重作用和钻孔轨迹存在弯曲,公、母锥打捞工艺方法现场施工有一定难度,对于机台人员的操作技术要求较高。

采用套铣式工艺进行打捞施工时,要求整套钻具仍全部在钻孔内,不需要将未发生事故的钻杆起钻,而是将打捞钻杆套在钻杆外端,直接将打捞钻杆下至孔内事故处,利用打捞钻头将事故处的钻屑等钻出,以减少钻屑对事故钻杆的包裹力和摩擦力,使其转动后,或将事故钻杆起钻,或使用事故钻杆继续钻进,随后将打捞钻杆提钻取出(如图2所示)。但是套铣式打捞工艺不适于断钻事故处理。

收稿日期:2013-02-26; 修回日期:2013-06-15

作者简介:牟培英(1983-),女(汉族),陕西人,中煤科工集团西安研究院,矿产普查与勘探专业,硕士,从事钻探工艺与钻具设计工作,陕西省西安市高新技术开发区锦业一路82号, mu\_peiying@126.com。

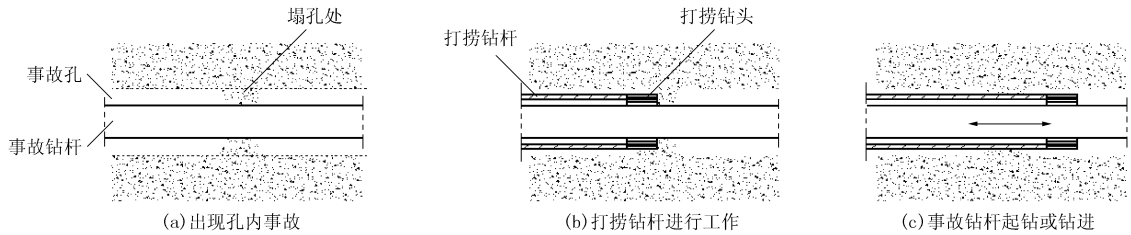


图 2 捞钻杆工作示意

对比发现,套铣式打捞工艺对于煤矿井下近水平定向钻孔施工中在较浅部位出现的塌孔引起的卡钻、埋钻等孔内事故处理可行性较强。

## 2 钻杆结构设计及选材

由套铣打捞工艺原理可知,套铣式打捞钻杆的设计应遵循以下原则:

(1) 确保套铣环状间隙。综合考虑套铣工艺对冲洗液量的要求和套铣安全要求,合理设计套铣钻杆内径与事故钻杆外径之间的环状间隙;

(2) 保证套铣钻杆内壁光滑,减小摩擦阻力,降低对事故钻杆的磨损。

### 2.1 整体结构设计

为了满足打捞工艺,套铣式打捞钻杆设计为大通孔结构(如图 3 所示)。母接头和公接头采用螺纹连接,且外径较中间杆体外径大。根据我院定向钻进系统配套的随钻测量钻杆(事故钻杆)、钻头(直径 96 mm)、钻机能力(最大额定扭矩 6000 N·m)等参数设计打捞钻杆外形尺寸参数见表 1,这些参数的选取可以在保证打捞钻杆接头强度的前提下,为套铣事故钻杆提供更大的环状间隙。



图 3 钻杆主体结构

表 1 套铣钻杆与事故钻杆外形参数 /mm

参数	杆体外径	最大外径	最小内径	定尺长度
套铣钻杆	95	96	80	3000
事故钻杆	73	75		3000

### 2.2 选材

在套铣过程中,钻杆受到拉、压、弯、扭等多种复合力的周期性作用,在钻杆连接接头部位容易发生疲劳失效,如变形、断裂等情况,因此,钻杆的选材主要是对钻杆接头的选材。

地质钻杆常用的机械性能较好的接头材料有 40Cr、42CrMo(如表 2 所示)。40Cr 材料,钢材价格

适中,加工容易,经适当的热处理以后可获得一定的强度和耐磨性。但是该材料韧性不足,钻杆使用过程中,接头容易出现粘扣等现象;42CrMo 材料相对于材料 40Cr,其强度、淬透性高,韧性好,淬火时变形小,更加适合钻杆的使用工况,且价格也比较适中。

表 2 两种接头材料机械性能对比

牌号	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	冲击功/J
40Cr	≥980	≥785	≥9	≥47
42CrMo	≥1080	≥930	≥12	≥63

### 2.3 接头螺纹设计

为了确保套铣钻杆的整体连接强度,保证钻杆连接时的密封性,并满足钻杆大通孔的使用要求,钻杆接头采用螺纹连接。同时,考虑到在公接头根部的螺纹尖底产生应力集中,反复拧卸会磨损螺纹,因此选择合理的螺纹类型和技术参数,对提高钻杆螺纹连接强度十分重要。

锯齿形螺纹兼有矩形螺纹传动效率高、梯形螺纹牙根强度高的特点,因此将钻杆的螺纹设计为锯齿形锥螺纹,并在有限的空间内确定牙高取最大值,不仅增加了螺纹强度,更降低了钻杆脱扣的危险性。套铣钻杆螺纹部分具体参数为:牙高 2.5 mm,螺距 8.467 mm,齿顶宽度 3.414 mm,螺纹锥度 1:30,工作面的牙侧角 3°,非工作面的牙侧角 30°。同时对螺纹表面进行一定的热处理,以提高螺纹的耐磨性、耐疲劳性、耐腐蚀性,防止螺纹出现粘扣等现象。

### 2.4 螺纹强度分析

采用 PRO/E 三维造型软件建立钻杆接头模型,然后利用 CAD-CAE 间的双向参数传输接口直接导入到 ANSYS Workbench 进行螺纹强度分析。设定钻杆接头材料 42CrMo 的弹性模量  $E$ 、泊松比  $\mu$ 、屈服强度为  $\delta_s$ 、切变模量  $G$  等相关参数,进行四面体单元网格划分,并在母接头非螺纹端的端面施加固定约束,在公接头非螺纹端的端面施加 6000 N·m 的扭矩进行分析(如图 4、5 所示)。

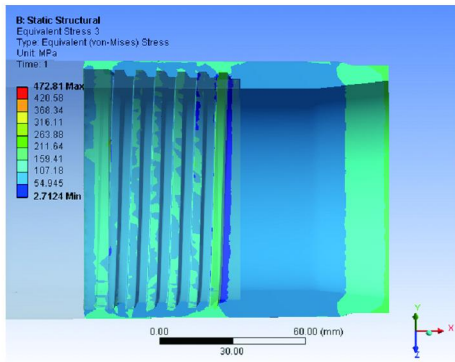


图4 母接头等效应力场

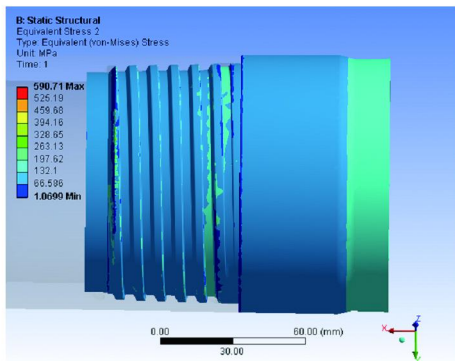


图5 公接头等效应力场

由图4、5可知,母接头最大等效应力位于母接头螺纹根部,值为472.8 MPa,且距离台肩最近的螺纹应力较大,应力值在300~400 MPa之间,小于材料许用应力;与母接头类似,公接头最大等效应力位于公接头螺纹根部,值为590.7 MPa,距离台肩最近的螺纹应力值为350~500 MPa,小于材料许用应力。可见,该套铣钻杆接头能够满足最大额定扭矩为6000 N·m钻机的使用要求。

### 3 现场试验

套铣打捞钻杆在阳泉煤业集团、晋城煤业集团等公司下属的多处矿区都取得了良好的应用。本文以晋煤集团成庄矿的事故打捞施工状况为案例进行阐述。

晋煤集团成庄矿4311工作面位于成庄矿四盘区,定向长钻孔设计钻孔深度500~600 m,终孔孔径96 mm。在定向长孔施工过程中,由于煤层松软,且具有一定破碎性,在施工6号钻孔过程中,钻进至180 m时出现憋泵现象,操作人员随即起拔钻具并相继提出2根钻杆,当钻头提至174 m时憋泵严重,冲洗液压力达到8~10 MPa,钻具起拔回转不动,孔口返水逐渐减少。现场人员由此判定,孔内发生卡钻事故,并及时采取套铣打捞工艺方法实施打捞,现

场相关数据如表3所示。

表3 套铣打捞相关数据记录

孔深 /m	冲洗液情况			备注
	待机水压 /MPa	套铣水压 /MPa	流量/(L· min <sup>-1</sup> )	
0~18	1.2	1.2	250	正常
18~144	1.4~1.5	1.5~1.8	250~230	正常
144~156	1.7	1.9	230	正常
156~162	2.0	2.3	230	排渣量大,钻进缓慢
162~173	1.9	2.1	230	正常,打捞成功

通过分析,发生卡钻事故的孔段在156~162 m,卡钻原因是由于该孔段煤层过于松散破碎,原钻孔钻进时大量煤粉突然涌向钻孔,导致钻孔阻塞,钻具被卡。套铣钻进至该孔段后将阻塞打通,顺利打出原钻具。提钻后,套铣钻杆未发现弯曲、异常磨损等现象,表明其整体性能完全能够满足煤矿井下定向钻进套铣打捞工艺施工的要求。

### 4 结语

研制成功了 $\varnothing 73$  mm定向钻进钻具配套打捞钻杆。通过强度分析,钻杆完全能够满足额定扭矩6000 N·m钻机的使用要求。

近水平定向钻进时发生塌孔、卡钻、埋钻等孔内事故在所难免,成庄矿的应用表明,采用套铣打捞工艺处理此类孔内事故的可行性较强,同时也验证了研制的配套打捞钻具结构设计合理,能满足定向钻进配套钻进套铣打捞工艺的使用要求。

随着煤矿井下随钻测量技术和定向钻进工艺技术的不断推广和发展,还需进一步研究定向钻进打捞工艺及配套钻具。并且,打捞钻具及配套打捞工艺需根据钻孔事故的实际情况进行选择,通过权衡各种打捞工艺所消耗的时间及经济,可单独使用也可考虑配合使用,为煤矿井下安全钻采提供技术保障。

### 参考文献:

- [1] 石智军. 煤矿井下千米瓦斯抽采钻孔施工装备及工艺技术研究[R]. 陕西西安: 煤科总院西安研究院科学技术报告, 2008.
- [2] 石智军, 田宏亮, 田东庄, 等. 煤矿井下随钻测量定向钻进使用手册[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [3] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 1-7.
- [4] 郝世俊. 煤矿井下瓦斯抽放钻孔孔内事故的预防及处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(6): 58-60.
- [5] 刘子龙. VLD型定向钻机在大宁矿瓦斯抽放中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(5): 34-36.
- [6] 郝世俊. 孔底马达在我国煤矿井下水平孔钻进中的应用前景[J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(S1): 64-67.