

顶驱车载钻机空气潜孔锤钻进用低压防喷装置的研制

赵江鹏, 王四一, 张 晶, 刘 祺

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要:在空气潜孔锤钻进时,孔口安装防喷装置可将高速返出的粉尘或泥浆导离孔口,防止喷向工作台而污染孔口工作环境。综合考虑 ZMK5530TZJ60 型车载钻机孔口工作台结构特点、配套的斜坡钻杆外形特征、钻进工艺特点以及装卸操作环境等因素,设计了一款适用于顶驱车载钻机的空气潜孔锤钻进用低压防喷装置。该低压防喷装置具有结构简单、安装方便;通过胶芯与钻具之间的过盈实现孔口密封,密封胶芯补偿量大,可密封外径变化较大的斜坡钻杆;可在加接钻杆时更换密封胶芯;设置了 2 个导流口,上返流体在此压降变化小,有利于排渣的通畅等优点。现场试验表明,该低压防喷装置能够有效密封粉尘泄漏,明显改善孔口施工环境,达到了设计的目的。

关键词:车载钻机;空气潜孔锤钻进;密封胶芯;低压防喷装置

中图分类号: P634.3; TE921⁺.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)07-0038-04

Development of Low Pressure Blowout Preventer for Air DTH Hammer Drilling Used on Top Drive Truck Driller/
ZHAO Jiang-peng, WANG Si-yi, ZHANG Jing, LIU Qi (Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: In order to prevent working environment pollution, a blowout preventer is necessary to carry high-speed upward downhole dust or slurry away from the hole top during DTH hammer drilling. Comprehensively considering the main factors of the structure characteristics of hole top workbench for truck driller, the shape features of matched drill pipe with taper at the joint, the drilling process characteristics and the mount-dismount operating conditions, a low pressure blowout preventer for air DTH hammer drilling used on top drive truck driller was designed with the advantages of simple structure and convenient installation. The borehole entrance sealing was conducted by interference fit between rubber sealing plug and drilling pipes, the sufficient compensation quantity of rubber sealing plug is effective for sealing of those pipes with large outside diameter difference; the rubber sealing plug can be easily replaced while adding drilling pipes; 2 diversion ports were set up to reduce returned fluid pressure drop. It is showed by the field application that the blowout preventer can effectively prevent the dust or slurry leakage and obviously improve the construction environment.

Key words: truck driller; air DTH hammer drilling; rubber sealing plug; low pressure blowout preventer

0 引言

顶驱车载钻机的主机、操控系统、动力泵站和冷却系统集成于车载底盘上,具有事故响应速度快、施工占地面积小等突出优势,近年来,在矿山地面应急救援孔、煤层气井、水井施工中得到较为广泛的应用。

空气潜孔锤钻进具有高效的钻进速度,为矿山地面应急救援孔、煤层气井和水井等施工中重点考虑的工艺方法。在空气潜孔锤钻进过程中,压缩空气作为循环介质携带孔底随钻头钻进产生的大量岩

屑、粉尘(钻遇地层水时,固液两相混合成糊状物)经钻杆柱与孔壁间的环状间隙高速上返至孔口,如果任其自由喷出,则会严重污染钻场环境,对现场施工人员身体健康构成威胁,同时给施工作业带来不利影响。孔口防喷装置是实现孔口密封净化并将返出的粉尘或水泥浆导向远离孔口方向的关键装置。

1 空气钻进用低压防喷装置

目前,国内空气钻进时,由于所选用钻机类型的差异性,孔口防喷装置结构存在较大的差别,对其称

收稿日期:2015-01-05

基金项目:国家科技重大专项资助项目“中硬煤层大功率定向钻进技术与装备”(编号:2011ZX05040-004-003);第一批安全科技“四个一批”项目“煤矿快速救援关键技术与装备研发”;中煤科工集团西安研究院技术创新项目“煤矿区应急救援大直径钻孔成孔工艺技术研究”(编号:2014ZD004)

作者简介:赵江鹏,男,汉族,1983年生,工程师,地质工程专业,博士,从事钻井工艺与配套装备的技术研发工作,陕西省西安市高新区锦业一路82号,zhaojiangpeng@cctegxian.com。

呼也不统一。采用小型立轴式钻机在浅孔进行空气钻进时,通常是由箍套在钻柱上的橡胶密封和柔韧性护罩来阻止环空岩屑冲向钻台^[1-2];史兵言等(2009)设计的旋转式孔口密封导流装置密封部分可随钻杆一起转动以减少对橡胶密封件的磨损,该装置设计用于密封六方主动钻杆^[3];范黎明等(2011)研制的隔板式和流线型2种空气潜孔锤用孔口密封装置设置了双层橡胶密封,设计用于密封 $\varnothing 89$ mm外平式钻杆^[4]。上述装置其密封件补偿量小,对于外径变化大的斜坡钻杆则密封性较差。魏晓东等(2010)研制的用于煤层气欠平衡钻井专用的低压旋转控制头,主要由旋转控制头本体和润滑冷却系统组成,密封件采用锥形胶芯,设计用于 $\varnothing 88.9$ mm斜坡钻杆,现场试验时,锥形胶芯平均寿命达80 h^[5-8];石油钻井采用的孔口旋转防喷器结构复杂,压力级别高,整体高度大、质量大,不易搬迁运输^[8]。

2 顶驱车载钻机空气潜孔锤钻进用低压防喷装置设计

ZMK5530TZJ60型钻机为一款全液压力头车载钻机,针对该钻机空气潜孔钻进用低压防喷装置的设计,应综合考虑其孔口工作台结构、空气潜孔锤钻进工艺、所配套 $\varnothing 127$ mm斜坡钻杆外形特征以及装卸操作环境条件等多方面因素。

2.1 密封件的选型

该钻机配套的 $\varnothing 127$ mm斜坡钻杆本体外径127 mm,钻杆接头外径168 mm,这就要求密封件径向压缩性好,补偿量大。目前很多空气钻井用低压防喷装置密封件采用盘根和橡胶圈,其缺陷非常明显,一是易磨损,使用寿命短;二是密封压力小,常常出现泄漏现象。石油钻井孔口旋转防喷器中采用的锥形胶芯具有较高的密封压力,锥形胶芯与钻具之间的密封主要靠两者之间的过盈来实现,魏晓东等引用于其设计的低压旋转控制头中,取得较好的现场试验效果^[5-8]。

锥形胶芯材料为丁腈橡胶和氯丁橡胶,都属于一种超弹性材料,具有一定的流动性,受力后变形大,能充填并阻塞介质泄漏的通道,并与密封面形成接触压力实现密封。锥形胶芯利用橡胶这种显著特性,通过变形区的挤压和回弹密封不同直径的钻杆^[9]。图1为锥形胶芯结构示意图及实物外观图,其

变形区内径尺寸105 mm。

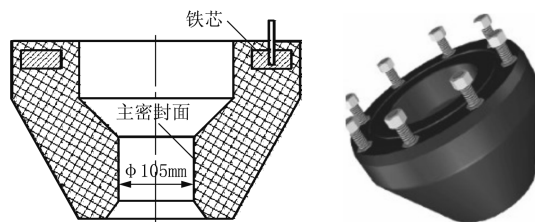


图1 锥形胶芯结构示意图及外观

2.2 密封形式的确定

目前,防喷装置设计有2种思路,一种是密封件固定于外壳上,钻进时密封件不会随着钻杆转动^[1-2,4];另一种是钻进时密封件随钻杆一起转动,以减少两者之间的相对转动摩擦损伤^[3,5]。前者结构简单,成本低,后者增加了旋转总成和轴承润滑冷却系统,在现场应用中获得了较好的效果,然而密封件与钻杆相对转动现象经常发生,还需进一步改进^[7-8]。

空气潜孔锤钻进方法是以高频冲击和慢回转方式碎岩,其回转速度与机械钻速有关,回转速度确定推荐的经验公式为: $1.6 \times \text{机械钻速 (m/h)}$,与常规回转钻进方法相比,其回转速度较低,因此,该防喷装置可不设计旋转总成,即在空气潜孔锤钻进时,钻杆与锥形胶芯变形区内表面直接产生回转摩擦和轴向摩擦,由于锥形胶芯具有较大的补偿功能,可确保可靠的密封性和较长的使用寿命。

2.3 防喷装置总高度和径向最大尺寸的确定

ZMK5530TZJ60型钻机的工作台高度一般将高度调至1.5 m左右,安放补心后,补心底端面距地面高度1.2 m,因此,防喷装置总高度受到此限制,且要考虑上、下端部法兰安装拧卸的操作空间。

防喷装置质量较大,需借助钻机绞车起吊从工作台孔口通过来安装。ZMK5530TZJ60型钻机工作台孔口可通过最大直径为711 mm钻具,通过油缸打开前推和后推板,亦可通过局部宽度 ≥ 820 mm的装置。因此,防喷装置径向结构尺寸需考虑该工作台孔口结构特点。

2.4 导流口的设计

防喷装置通过胶芯的弹性变形密封钻杆以迫使孔内上返压缩空气和携带的岩屑(岩粉)从侧部导流口流出,确保孔口和司钻台的干净、安全。通过计算和对比上返流体通道截面积与导流口截面积,为使两者面积较为接近,设置了2个导流口,当气压量

大时,两导流口都接上管道排渣,以减小防喷装置密封胶芯根部压力;当压出气量较小时,可只接入一侧导流口排渣。

3 防喷装置的结构及其基本技术参数

防喷装置结构如图 2 所示,主要由锥形胶芯、上部管体、下部管体、快接夹等组成,法兰与法兰连接处用石棉垫密封。其实物照片见图 3,其主要技术参数为:总高度 735 mm,总质量 452 kg,额定转速 40 r/min,设计密封压力 1.6 MPa,上部管体通径 406 mm,下部管体通径 331 mm,排渣口连接法兰外径 345 mm,底部连接法兰外径 520 mm,胶芯适合钻杆规格 Ø127 mm,过最大钻头规格 Ø311.14 mm。

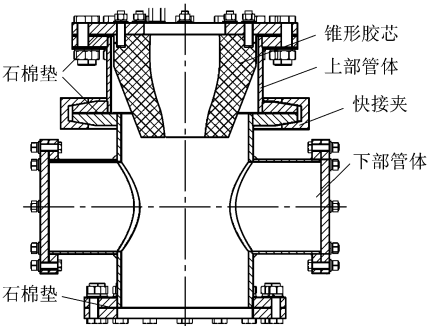


图 2 防喷装置结构示意图



图 3 防喷装置实物照片

4 现场试验

采用 ZMK5530TZJ60 型车载钻机施工完成的一口煤层气水平对接井,在直井岩石段的空气潜孔锤钻进过程中,对该防喷装置进行了现场试验。

4.1 钻孔概况与钻进工艺

在一开 0 ~ 49.2 m 土层段,采用泥浆正循环钻进完成后,下入 Ø351 mm × 10 mm 无缝钢管;在二开 49.2 ~ 306.69 m 岩石孔段,采用 Ø311 mm 空气潜孔锤钻进。图 4 为防喷装置在孔口的安装与连接图,表 1 为 Ø311 mm 空气潜孔锤钻进参数,表 2 为钻进统计。



图 4 防喷装置的安装与连接

4.2 防喷装置使用效果

在干空气钻进时,孔口无岩粉灰尘弥散,环境良好,粉尘全部导向远离孔口处开始弥漫,见图 5 所示现场照片;在孔内出水后,孔口无泥浆喷出和渗漏;提钻后,检查锥形胶芯主密封面磨损较小、划痕较少。

现场试验证明该装置起到了孔口防喷、密封和导流的作用,锥形胶芯补偿量大、寿命较长,达到了设计的目标。该装置完全满足了 ZMK5530TZJ60 型钻机空气潜孔锤钻进的需要。

5 结语

由于不同类型钻机的结构差异,其空气钻进用

表 1 Ø311 mm 空气潜孔锤钻进参数

孔段/m	钻进工艺	供风量/ (m ³ · min ⁻¹)	供气压力/ MPa	注水量/ (L · min ⁻¹)	注水压力/ MPa	钻压/ kN	动力头转速/ (r · min ⁻¹)
49.2 ~ 65.53	干空气钻进		1.6	—	—		
65.53 ~ 117.73	分段注水除尘钻进	60 ~ 70	1.7 ~ 1.9	30	1.8		
117.73 ~ 163.69	纯空气钻进,注泡沫排渣		钻进时:1.9;注泡沫时:2.1	38	2	20 ~ 30	25 ~ 36
163.69 ~ 306.69	纯空气钻进	钻进时:60 ~ 70; 排渣时:80 ~ 90	钻进时:1.9;排渣时:1.4	—	—		

表 2 空气潜孔锤钻进钻速统计

钻进工艺	孔段/m	孔段长度/m	平均钻速/ ($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)
干空气钻进	49.20 ~ 65.53	16.33	18.26
分段注水除尘钻进	65.53 ~ 117.73	52.20	17.89
纯空气钻进,注泡沫排渣	117.73 ~ 163.69	45.96	14.14
纯空气钻进	163.69 ~ 306.81	143.12	19.46



图 5 干空气钻进时现场照片

防喷装置也具有不同的特征,最主要体现于密封件和密封形式的选取上。针对 ZMK5530TZJ60 型顶驱车载钻机特点,研制了一款用于空气潜孔锤钻进的低压防喷装置。

现场试验表明,该防喷装置在干空气钻进时明显改善孔口操作环境,满足空气潜孔锤钻进孔口

密封、防喷、导流的需要,防喷器锥形胶芯补偿量大、寿命较长,结构设计简单、安装方便和经济实用,达到了设计的目标。

参考文献:

- [1] 李强(译). 空气钻进用的孔口装置[J]. 国外地质勘探技术, 1987, (2): 14-15.
- [2] 邝光升,陈绍清,陆文凤. 潜孔锤钻进孔口铺尘装置的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(S1): 74-75.
- [3] 史兵言,许刘万,李洪,等. 旋转式孔口密封导流装置:中国, 200920218257.9[P]. 2009-10-16.
- [4] 范黎明,殷琨,张晓光,等. 潜孔锤钻进孔口密封器流场数值模拟及优化设计[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 4(2): 511-517.
- [5] 魏晓东,王国荣,王斌,等. 煤层气欠平衡钻井专用旋转控制头方案设计[J]. 石油矿场机械, 2010, 39(9): 29-33.
- [6] 袁光杰,魏晓东,王国荣,等. 低压小型旋转控制头设计与试验分析[J]. 石油矿场机械, 2011, 40(6): 66-69.
- [7] 王国荣,雷中清,成兵,等. 煤层气欠平衡钻井专用旋转控制头在郑试平 4H 井的应用[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(3): 87-90.
- [8] 魏晓东,刘清友,王国荣,等. 煤层气欠平衡钻井旋转控制头胶芯密封特性分析[J]. 石油钻采工艺, 2012, 34(4): 111-113.
- [9] 余长柏,费根生,王海峡,等. 高压大通径旋转防喷器胶芯有限元仿真研究[J]. 江汉石油科技, 2012, 22(2): 54-57.

“2015 年度《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志优秀作者”评选结果揭晓

本刊讯 根据“《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志优秀读者和优秀作者申报评选活动细则”,并结合中国知网文献评价指标,《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志社近日评选出

“2015 年度《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志优秀作者”,获奖名单如下:

作者姓名	论文名称	年,(期)	作者单位
王 胜	水泥-水玻璃浆液凝固特性试验研究	2012,(4)	成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室
雷 静	国内外旋转导向钻井系统导向原理	2012,(9)	中国地质大学(北京)科学钻探国家专业实验室
王三牛	科学深钻扩孔钻头及钻进技术研究	2012,(3)	中国地质科学院勘探技术研究所
许刘万	我国地热资源开发利用及钻进技术	2013,(4)	中国地质科学院勘探技术研究所
刘翠娜	盐水钻井液配制方法对其性能的影响	2012,(1)	中国地质大学(北京)工程技术学院
吴 浩	YSZ-50 型声频振动钻机的研制	2012,(1)	中国煤炭地质总局第二勘探局
毛志新	保德区块煤层气丛式井快速钻井技术研究	2012,(2)	中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司钻井完井所
李欢欢	扭力冲击器在大庆油田肇深 17 井的试验应用	2013,(4)	大庆钻探工程公司钻井工程研究院设计中心
首照兵	攀西钒钛磁铁矿整装勘查复杂地层钻探护壁堵漏技术	2012,(2)	四川省煤田地地质局一三七队
陆建生	基于环境控制的深基坑工程管井回灌设计分析	2014,(1)	上海广联建设发展有限公司

请获奖作者尽快与《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑部联系,提供最新地址和联系方式,编辑部将免费邮寄奖品和证书。

联系方式:0316-2096324

Email:879017787@qq.com

《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑部