

正循环潜孔锤实现反循环钻进双壁钻具配套研制

李艳丽, 王振志, 李晓晖, 程林, 满国祥, 孔令沪, 王克虎, 杨宏伟

(河北省地矿局国土资源勘查中心石家庄探矿机械厂, 河北 石家庄 050080)

摘要:空气潜孔锤反循环钻进因其具有较强的携屑能力、上返冲洗液不冲刷孔壁、钻进速度快等优势,是施工大口径钻孔和抢险救援孔的首选方案。但由于反循环潜孔锤技术还不够成熟,制造成本高,使用寿命短,因此开展了用正循环潜孔锤实现反循环钻进工艺方法的研究。研制了这种工艺配套的钻具,包括大口径双壁钻杆、双壁稳定器、阻风环、正反接头等。研制的钻具在山东平邑石膏矿坍塌事故处理中得到了实践验证,完全能够达到预期目标,能够为大口径潜孔锤反循环钻进工艺推广提供硬件支撑。

关键词:正循环潜孔锤;双壁钻具配套;大口径反循环钻进

中图分类号:P634.4⁺2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)02-0052-04

Development of Double-wall Drilling Tools Matching for Reverse Circulation Drilling by Positive Circulation DTH/LI Yan-li, WANG Zhen-zhi, LI Xiao-hui, CHENG Lin, MAN Guo-xiang, KONG Ling-hu, WANG Ke-hu, YANG Hong-wei (The Center of Land and Recourse Exploration, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shijiazhuang Hebei 050080, China)

Abstract: Air DTH hammer reverse circulation drilling technology is often taken as the first scheme in large diameter boreholes and rescue holes construction because of its advantages of rapid drilling and strong cuttings carrying capacity without borehole wall being washed out. However because reverse circulation DTH technology is not enough mature with high manufacturing cost and short service life, the research on reverse circulation drilling technique with normal circulation DTH hammer is carried out and the process matching drilling tools are developed, including the improvement of the large diameter double-wall drill rod and the development of double-wall stabilizer, wind resistance ring and positive & negative joints. The practice of collapse accident treatment in Pingyi gypsum mine shows that the developed drilling tools can reach the expected goal and provide hardware support for the promotion of air reverse circulation drilling technology.

Key words: positive circulation DTH hammer; double-wall drilling tool matching; large diameter reverse circulation drilling

1 研制背景

空气潜孔锤钻进是利用高压空气驱动潜孔锤破碎岩石,同时兼做冲洗介质的钻进方法,是一种高效的钻进方式,被越来越多的应用于施工中。空气潜孔锤钻进按冲洗介质的循环方式可以分为正循环钻进和反循环钻进。正循环钻进是高压空气经由钻柱内孔输入入井底,携带岩屑经由钻柱和钻孔壁之间的环空上返,这种工艺的优势是钻具配置简单,使用正循环潜孔锤配套相关单壁钻具即可实现,耐用性好、使用维护成本低,但劣势也很明显,就是冲洗介质从钻孔直接上返,其上返速度受钻孔口径的影响,一般成孔直径较小,上返介质不能有效收集、施工环境较差,而且遇破碎、坍塌地层或者环空有大的裂隙,无法顺利实现正循环钻进;反循环钻进是高压空气从双壁钻杆的环空通道输入入井底,携带岩屑钻

渣后冲洗介质从双壁钻杆的中心通道上返,这种工艺冲洗介质的上返速度与钻孔的口径是没有关系的,另外孔壁不受到上返介质的冲刷,即使遇到破碎和坍塌地层,也可以顺利实施钻进,所以在施工大口径钻孔、抢险救援孔时具备高效安全的特性,是首选方案。钻具选配的常规思路是要使用双壁钻杆、反循环潜孔锤及其他相关钻具组合实现,双壁钻杆携带岩屑钻渣的冲洗介质直接由反循环潜孔锤导入钻具的中心通道上返,经双通道气水龙头鹅颈管进入除尘器,集中排放,施工现场环保干净,但是由于目前反循环潜孔锤技术还不够成熟,制造成本高,使用寿命短,制约了这种工艺的推广。基于此,为了既有效利用反循环钻进工艺的优势,又降低潜孔锤利用的成本,本文结合案例阐述了用正循环潜孔锤实现反循环钻进的工艺方法,并着重介绍这种工艺配套

收稿日期:2017-08-29

作者简介:李艳丽,女,汉族,1979年生,高级工程师,机械设计与制造专业,从事钻探机械的技术研发及质量管理工作,河北省石家庄市中山西路800号,li_yan_li668@126.com。

钻具的研制。

2 配套钻具的研制

为了用正循环潜孔锤实现反循环钻进工艺,就要确保配套的双壁钻具的可靠性,既能使用双壁钻具环空通道向下输送冲洗介质,又能利用钻具中心通道向上携带岩屑。其钻具主要包括双通道气水龙头、大口径双壁钻杆、双壁稳定器、阻风环、正反接头、减震器、正循环潜孔锤和锤头。本文着重对大口径双壁钻杆、双壁稳定器、阻风环和正反接头的研制情况进行介绍。

2.1 大口径双壁钻杆的研制

大口径双壁钻杆是进行反循环钻进必备的钻具,它由内管、外管和定位装置三部分组成;外管由管体和焊接在管体两端的内外螺纹接头组成;内管由管体和焊接在管体两端的密封接头组成,内管悬挂于外管内,通过定位装置与外管装配为一支完整的钻杆。

钻杆进行钻进工作时,外管的内外螺纹互相配合旋紧,内管的密封接头插接、密封圈密封,形成具有独立双通道的钻杆柱,内外管环空用来向孔底输送高压空气,内管内孔向地表上返携带岩屑渣渣的冲洗介质,从而实现反循环钻进。

2.1.1 规格参数

SG219/152 钻杆是我厂研制的大口径双壁钻杆(见图 1、图 2),主要用于施工大口径钻孔以及抢险救援孔,参数见表 1。



图 1 SG219/152 双壁钻杆局部剖开图



图 2 SG219/152 双壁钻杆实物图

表 1 SG219/152 大口径双壁钻杆技术参数

类别	外径/ mm	壁厚/ mm	管体 钢级	接头直 径/mm	接头钢级	连接型式
外管	219	12.7	G105	244	4137H	螺纹连接
内管	168	8	ZT520		35CrMo	插接

2.1.2 性能参数

钻杆外管及接头选用符合 API SPEC 5DP《钻杆规范》的 G105 钢级管体和 4137H 材质的接头原材料,内管选用符合《地质岩心钻探钻具》(GB/T 16950—2014)中的 ZT520 钢级管体。内外管性能参数见表 2,外管接头性能参数见表 3。

表 2 内外管性能参数

类别	钢级	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%
外管	G105	724~931	≥793	≥13
内管	ZT520	≥520	≥780	≥14

表 3 外管接头性能参数

材质	屈服强度/ MPa	抗拉 强度/ MPa	夏比 V 型缺口纵 向吸收冲击功/J		伸长 率/ %
			平均最低	试样最低	
4137H	827~1138	≥965	54	47	≥13

依据《钻柱设计和操作限度的推荐做法》(SY/T 6427—1999)进行计算,SG219/152 钻杆整体性能参数如下:钻杆采用 G105+4137H 钢级/材质;接头螺纹拉伸屈服 7386 kN,扭转屈服 176459 N·m;双壁外管焊缝拉伸屈服 3682 kN,扭转屈服 215266 N·m;双壁外管拉伸屈服 4070 kN,扭转屈服 237943 N·m;新接头旋接扭矩 105881 N·m。

2.1.3 关键技术

确保双壁钻杆内管密封可靠、内管与外管不发生相互转动和相互窜动是确保钻杆性能和使用寿命的关键所在,如果钻杆在钻进时内管密封不可靠,会产生漏气泄压,高压空气从内外管环空直接进入内管,这样内外通道就会联通,无法形成独立的双通道,进而形不成反循环;另外,如果内外管发生了转动或者窜动,内外管相互碰撞和摩擦,很容易导致内管损坏、密封失效,从而减少钻杆的使用寿命。为此,我们对大口径双壁钻杆做了以下改进。

(1)在内外管接头上设置了防转动销轴,并安装防窜动挡圈,有效防止了内外管之间的相互转动和窜动,降低密封圈的磨损速度,提高钻杆的工作性能,增加使用寿命。

(2)改进密封圈的结构,定制方形密封圈,增加接触面积,使密封可靠性增加。

(3)将内管的密封结构置于内管母接头内,方便检查密封圈的损坏与否及磨损程度。

2.2 双壁稳定器的研制

双壁稳定器由外管(性能参数见表 4)、内管和

稳定翅片板组成(如图3所示)。它具备双通道,其中外管与稳定翅片板焊接为一体,内管装配悬挂于其中,外管为两端车制螺纹的厚壁管,内管结构同双壁钻杆的内管,稳定翅片板外部直径依据钻孔的大小确定,通常比孔径略小,既起到钻孔扶正、保直作用,又可作为钻柱配重钻铤。稳定翅片板呈竖直状或螺旋状分布焊接于外管外圆周面上,稳定翅片板外端面上均匀分布若干合金头,为了保证翅片板的稳定度,相邻的稳定翅片板之间设有加强板。

表4 稳定器外管的性能参数

材质	抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	夏比V型缺口纵向吸收冲击功/J		伸长率/ %
			平均最低	试样最低	
4145H	≥931	≥689	54	47	≥13

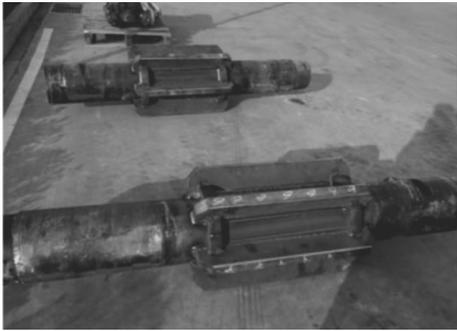


图3 双壁稳定器实物图

2.3 阻风环的研制

阻风环包括阻隔内管、阻隔外管和安装在阻隔外管外部的阻风盘组成,具备双通道。阻风盘由法兰板和阻隔垫叠加形成,相邻阻隔垫之间有间隔垫,间隔垫直径小于阻隔垫,使叠加后的阻隔垫外边呈凹凸齿状(如图4所示);法兰盘与阻隔垫、间隔垫通过螺栓连接为一体,并将阻隔垫和间隔垫固定在阻隔外管外部;阻隔垫要具备耐磨性和柔韧性,它的直径与钻孔直径相同或略大于钻孔直径,用于阻挡

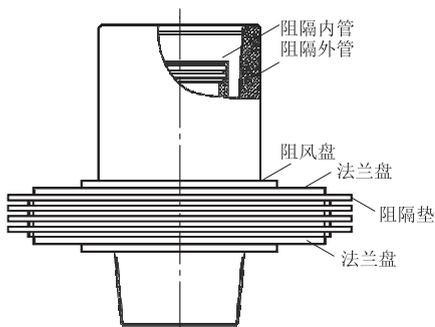


图4 阻风环结构图

高压介质和钻渣岩屑沿正循环潜孔锤和钻孔的环隙上返,保持高压介质压力,使高压介质和钻渣岩屑由下述正反接头的导流孔钻柱中心通道上返,从而实现用正循环潜孔锤实施反循环钻进。

2.4 正反接头的研制

正反接头(见图5)在本套钻具中起非常重要的作用,不仅是承上启下,还是正反循环转换的关键部件。它的作用一是将高压空气通过介质输送孔向下输送至潜孔锤,二是和阻风环配合使用将携带岩屑钻渣的高压介质向上通过导流孔导入中心通道,介质输送孔和导流孔是相互独立、互不联通的,介质输送孔的大小和数量要与输入高压空气气量相匹配,导流孔的直径要与上返通道的直径相匹配。

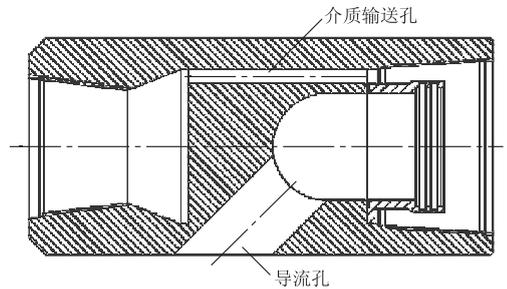


图5 正反接头结构图

3 应用实例

2015年12月25日山东省临沂市平邑县保太镇玉荣商贸有限公司石膏矿发生坍塌事故,致使29名作业人员被困井下,在井下坍塌十分严重、地层应力持续释放的情况下,无法开展井下救援工作,最终从地面施工大口径垂直救生井成为救援的唯一可选方案。在这种情况下用正循环钻进工艺显然是行不通的,原因有两方面。

一方面井下坍塌严重,正循环冲洗介质遭遇坍塌层无法顺利上返,而且对坍塌的地层会形成冲刷,导致重复坍塌,后果更是不堪设想。

另一方面使用正循环工艺时,大口径的救生孔需要的气量是非常大的,如果要施工 $\varnothing 711$ mm口径的钻孔,需要的气量如下:

$$Q = 47.1K(D^2 - d^2)V$$

式中: Q ——空气压缩机供气量, m^3/min ; D ——钻头直径, m , 取 0.711 m ; d ——钻杆直径, m , 取 0.219 m ; V ——空气钻进排渣通道的空气上返速度,一般取值范围为 $15 \sim 25$ m/s , 取 20 m/s ; K ——考虑漏失及涌水情况的系数,取值范围为 $1.0 \sim$

2.5,取 1.0。

则:

$$Q=47.1 \times 1.0 \times (0.711^2 - 0.219^2) \times 20 = 431 \text{ m}^3/\text{min}$$

而一台寿力 900XHH-1150XH 型双工况空压机最大气量 32.6 m³/min,相比于正循环施工所需要的气量过于悬殊,根本无法实现。

使用反循环工艺时,供气量只需满足潜孔锤所需工作风量和岩样上返所需风量即可。由于阻风环以下仍为正循环钻进,所以要满足阻风环以下正循环钻进所需风量,同样施工 $\varnothing 711 \text{ mm}$ 口径的钻孔,需要的气量:

$$Q_1 = 47.1K(D^2 - d_1^2)V$$

式中: Q_1 ——空气压缩机供气量, m³/min; K ——考虑漏失及涌水情况的系数,取值范围为 1.0~2.5,取 1.0; D ——钻头直径, m,取 0.711 m; d_1 ——24 in 空气潜孔锤直径, m,取 0.610 m; V ——空气钻进排渣通道的空气上返速度,一般取值范围为 15~25 m/s,取 20 m/s。

则:

$$Q_1 = 47.1 \times 1.0 \times (0.711^2 - 0.610^2) \times 20 = 126 \text{ m}^3/\text{min}$$

使用 4 台寿力 900XHH-1150XH 型双工况空压机即可满足要求。

基于此,本次救援工艺中在三开阶段选择了用正循环潜孔锤实施反循环钻进的工艺。施工现场见图 6。一开二开均使用旋挖钻机配套旋挖钻头,分级下入套管,三开采用宝峨 RB-T 90 型钻机配套我厂生产的 SG219/152 型双壁钻具,4 台寿力 900XHH-1150XH 型双工况空压机进行潜孔锤空气反循环钻进。钻具组合见图 7,钻具组合为: $\varnothing 711 \text{ mm}$ 锤头+24 in 空气潜孔锤+减震器+正反接头+ $\varnothing 711 \text{ mm}$ 阻风环+2 支 $\varnothing 680 \text{ mm}$ 扶正器+2 支 $\varnothing 650 \text{ mm}$ 扶正器+SG219/152 双壁钻杆。成功钻进至 170 m。四开采用宝峨 RB-T 90 型钻机配套 SG219/152 型双壁钻具,4 台寿力 900XHH-1150XH 型双工况空压机进行牙轮钻头空气反循环钻进。钻具组合为: $\varnothing 565 \text{ mm}$ 组合牙轮钻头+正反接头+ $\varnothing 565 \text{ mm}$ 阻风环+2 支 $\varnothing 540 \text{ mm}$ 扶正器+2 根 $\varnothing 279 \text{ mm}$ 双壁钻铤+SG219/152 双壁钻杆。最终成功营救出被困井下 220 m 深处长达 850 h 的 4 名矿工,成为世界第三例、亚洲首例地面大口径钻井成功救援的实例,创造了我国矿山事故救援的新奇迹。



图 6 施工现场图

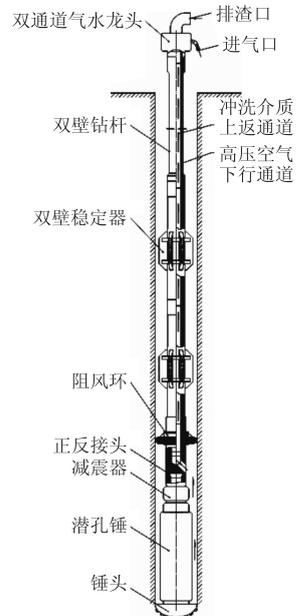


图 7 钻具组合示意图

4 结语

(1)本套钻具的研制在设计和强度上都经过严格的计算,性能可靠、结构合理,能够充分发挥出反循环钻探工艺的优势。

(2)在合理的钻具配置条件下,用正循环潜孔锤实施反循环钻进既经济环保,又安全高效,经过实践验证,完全能够满足施工要求。

参考文献:

- [1] DZ/T 0304—2017,多工艺空气钻探技术规程[S].
- [2] GB/T 16950—2014,地质岩心钻探钻具[S].
- [3] SY/T 6427—1999,钻柱设计和操作限度的推荐做法[S].
- [4] 周全兴.钻采工具手册[M].北京:科学出版社,2002.
- [5] 程林.平邑石膏矿坍塌事故 5 号孔救生孔施工工艺与钻具配置[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):13—16.
- [6] 孙明光.钻井、完井工程[M].北京:中国石化出版社,2002.
- [7] 赵金洲,张桂林.钻井工程技术手册[M].北京:中国石化出版社,2004.
- [8] 秦庚.矿井施工组织设计指南[M].北京:煤炭工业出版社,2002.