

# 开闭式反循环钻头的结构与工作原理

乔慧丽<sup>1</sup>, 陈 鱼<sup>2,3</sup>

(1. 重庆理工大学机械学院, 重庆 400032; 2. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039; 3. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400039)

**摘要:** 由于煤层松软和破碎的缘故, 松软突出煤层瓦斯抽放孔易垮塌, 将导致钻孔成孔率低, 瓦斯抽放通道易堵塞, 影响了瓦斯抽采效率。为解决这些问题, 设计了开闭式反循环钻头, 并对其结构特点和工作原理进行分析。这种钻头结合了全程筛管下放和反循环钻进 2 种工艺的优势。通过降低对孔壁的二次破坏, 提高了钻孔成孔率和成孔深度; 通过全孔段下放筛管, 防止孔壁垮塌堵塞瓦斯通道, 提高了瓦斯抽放孔的利用率。介绍了该新型钻头的结构设计、工作原理和应用情况。

**关键词:** 松软突出煤层; 瓦斯抽放孔; 反循环; 钻头

中图分类号: P634.4<sup>+</sup>1 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2014)06-0053-03

**Configuration Design and Working Principles of Open-closed Reverse Circulation Bit/QIAO Hui-li<sup>1</sup>, CHEN Yu<sup>2,3</sup>**

(1. Chongqing University of Technology, Chongqing 400032, China; 2. China Coal Technology Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China; 3. Gas Disaster Monitoring and Emergency Technology National Key Lab., Chongqing 400039, China)

**Abstract:** Due to the soft and broken characteristics of soft and outburst coal seam, the gas drainage borehole easily collapses with low borehole completion rate and the blockage of gas drainage channel, which influence the efficiency of gas extraction. The open-closed reverse circulation bit was designed in order to solve these problems, and its working principle and structure characteristics were also analyzed. The advantages of full screen liner and reverse circulation drilling technology are combined with this bit, by reducing the second damage to the hole wall to improve the borehole completion rate and depth, by sending the full screen liner to the hole bottom to avoid wall collapse and gas drainage channel blockage, the utilization rate of the gas drainage borehole is increased. The paper introduces this new bit about its configuration design, working principle and the application.

**Key words:** soft and outburst coal seam; gas drainage hole; reverse circulation; bit

## 0 引言

松软突出煤层顺层钻孔高效成孔技术一直是制约我国煤矿井下瓦斯抽采的难题<sup>[1]</sup>。在松软突出煤层瓦斯抽放钻孔过程中经常发生垮孔或塌孔等异常情况, 导致瓦斯抽放孔施工周期长、成孔深度浅和成孔率低<sup>[2]</sup>。这主要有 2 方面的原因: 一方面, 煤层本身松软、破碎, 易出现塌孔; 另一方面, 在钻孔施工过程中, 高速流动的空气和煤渣会对孔壁形成二次破坏, 加剧了孔壁的垮塌。即使好不容易成孔了, 由于松软煤层裸眼孔壁的稳定性差, 在成孔提钻后, 短时间内孔壁就会坍塌堵塞钻孔, 使得大部分钻孔失效<sup>[3]</sup>, 降低了瓦斯孔的利用率, 导致瓦斯气体难以排除, 使得松软突出煤层瓦斯抽放效率很低。

为了提高松软煤层瓦斯治理效率, 必须同时解决成孔率低和瓦斯通道易堵塞这 2 个难题。中煤科

工集团重庆研究院开发了大通孔开闭式全方位钻进钻头<sup>[4]</sup>, 采用这种钻头, 钻孔完毕后, 在提钻之前, 将瓦斯筛管从钻杆内部下放至孔底, 解决了孔壁垮塌导致瓦斯抽放通道堵塞的问题<sup>[5]</sup>。

本文在借鉴大通孔开闭式全方位钻进钻头优点的基础上, 设计了开闭式反循环钻头, 利用该钻头不仅可以实现全程筛管下放, 保证提钻成孔后瓦斯通道的长期畅通, 还可以钻进过程中, 空气和煤渣对孔壁的二次破坏, 减少孔壁垮塌, 提高成孔深度和成孔率。该钻头的设计具有创新性, 对于提高松软突出煤层瓦斯治理效率具有一定参考意义。

## 1 结构设计

图 1 是开闭式反循环钻头的结构图, 主要由钻头体、横梁体、防脱装置、引射器、引射器接头和钻头体

收稿日期: 2014-04-01; 修回日期: 2014-05-29

基金项目: “十二五”国家科技重大专项基金资助项目(2011ZX05041-002)

作者简介: 乔慧丽(1980-), 女(汉族), 湖北天门人, 重庆理工大学讲师, 机械设计及理论专业, 硕士, 主要从事流场数值模拟、钻进工艺及装备的研发等工作, 重庆市巴南区红光大道, qhl\_home@163.com; 陈鱼(1976-), 男(汉族), 四川广安人, 中煤科工集团重庆研究院有限公司工程师, 机械设计及理论专业, 硕士, 主要从事流场数值模拟、钻探工艺及装备的研发等工作, 重庆市九龙坡区二郎新城科城路 6 号重庆煤科院 701, cy\_home@163.com。

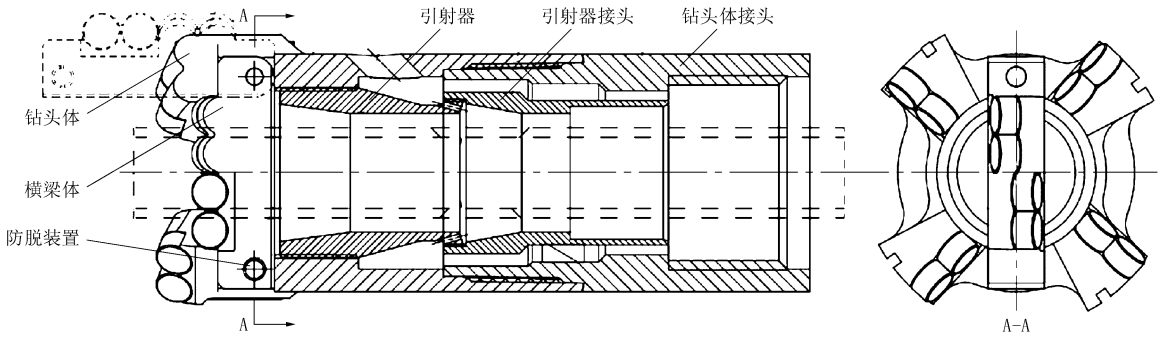


图1 开闭式反循环钻头结构示意图

接头,共6部分组成。它与普通钻头的最大区别有2处:一是在钻头的顶部有一根可以打开和闭合的横梁体,二是在钻头体的内部有一个引射器。

钻头体上有4个排屑口和4个刀片翼,每个翼上有2个复合片,共有8个PDC复合片。钻头体上还设计有4个导流孔,大部分工作介质通过导流孔后到达钻孔底部,在排屑的同时冷却钻头。钻头体上开设有用于容纳横梁体的安装槽,正常钻进时,横梁体就置于安装槽内。抽放瓦斯的筛管穿过钻头后,横梁就处于打开状态,见图1中的虚线所示。

横梁体结构见图2所示。横梁的一端含有“旋转装置”,该旋转装置由固定销、球头销和钻头体上的半球窝组成。球头销一端是平面,另一端是半球面。钻头体上相应位置处有相同直径的半球窝,装配的时候固定销将球头销顶入该半球窝中。这样,横梁的这一端就被约束在安装槽里了,横梁的另一端可以围绕球头销作旋转运动。

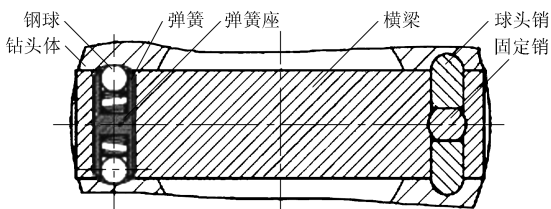


图2 横梁体结构示意图

横梁的另一端包含有2个“防脱装置”,该防脱装置由钢球、弹簧、弹簧座和半球窝组成。弹簧和钢球装在弹簧座内部,钢球只能向内移动,不能向外移动。弹簧座通过螺纹安装在横梁的内部,在钻头体上有一个半球窝状的防脱孔,其直径比钢球的直径稍大一点。正常钻进时,钢球被弹簧顶入防脱孔内,可以防止横梁意外打开。从钻杆内部下放瓦斯筛管时,筛管下放至横梁后,给横梁一个向外的推力,钢球开始压缩弹簧向内移动,直至完全缩回弹簧座内,这时横梁可以从这一端打开。

引射器上设计有多个引射孔,通过引射孔流入钻头内孔的空气会形成负压,对钻头顶部的钻屑和空气形成抽吸作用。引射孔大小与导流孔的匹配非常重要,引射孔太大的话可能导致流向钻头顶部的空气减少,从而影响钻头散热和排渣;引射孔太小的话,可能降低负压区的抽吸效果,从而影响反循环的形成。

引射器一端通过螺纹与钻头体连接在一起,另一端与引射器接头连接,引射器接头上的3个支撑翼保证了其中心线与钻头体中心线间的同轴度。钻头体接头一端通过公扣与钻头体相连,另一端与钻杆连接,传递钻进所需的扭矩、给进力和起拔力。

## 2 工作原理

图3是采用开闭式反循环钻头进行钻进时的钻具组合示意图,主要包含反循环开闭式钻头、变径接头和宽叶片螺旋双壁钻杆。宽叶片螺旋双壁钻杆一方面传递钻机动力头产生的扭矩和推/拉力,另一方面排除孔壁垮塌产生的煤/岩屑。为了叙述方便,以下将双壁钻杆与孔壁之间的环空称为“外环空”,将双壁钻杆的内管与外管之间的环空称为“内环空”,双壁钻杆内管中心孔称为“内孔”。

变径接头连接钻头和双壁钻杆,一方面传递扭矩和推/拉力,另一方面阻挡空气和钻屑流向外环空。正常钻进时,空气从内环空流向钻头,到达钻头后一部分气体从引射器的引射口流入内孔,即 $V_2$ 。进入内孔的空气会在引射口附近形成低压区,对钻头顶部的钻屑和空气形成抽吸作用,促进反循环的形成;另一部分从导流孔流入钻头与孔壁间的间隙,即 $V_1$ 和 $V_3$ ,在反循环的引导和变径接头的阻挡下,只有少量空气会流向外环空,大部分空气都会流向钻头,冷却钻头和携带钻屑进入内孔。这样,空气和钻屑就不会对孔壁造成二次破坏,从而可以大大降低孔壁垮塌的程度,有利于成孔,从而提高成孔深度和成孔率。

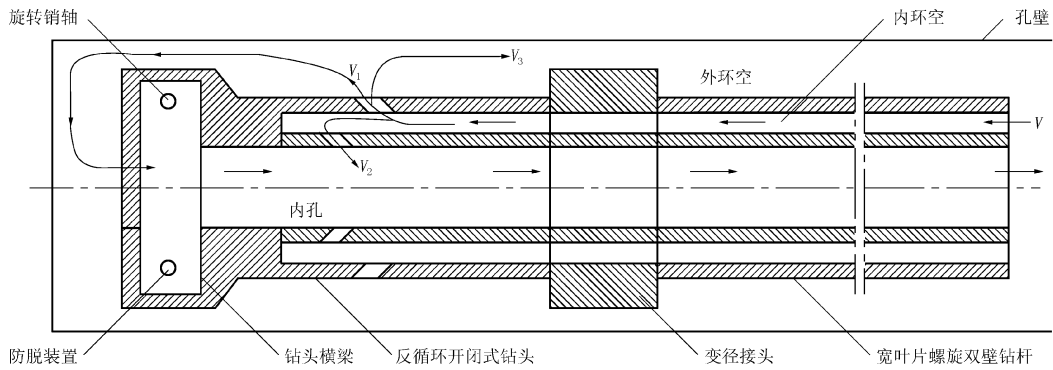


图3 开闭式反循环钻头钻进时的钻具组合示意图

$V_1$ 、 $V_2$  与  $V_3$  的匹配关系非常重要,是设计关键所在,这关系到反循环是否能顺利形成。假设钻头顶部处外环空的过流面积是  $S_1$ ,所有引射孔的过流面积合计是  $S_2$ ,变径接头处外环空的过流面积是  $S_3$ ,所有导流孔的过流面积合计是  $S_D$ ,那么孔底能形成反循环须满足如下条件: $S_2 > S_D$ , $S_1 > S_3$ 。

另外,由于煤层本身比较松软的缘故,即使没有二次破坏,孔壁也会有垮塌。钻杆外壁上的螺旋叶片会及时将垮塌产生的煤/岩块排出孔外,从而保证钻孔的正常推进。由此可见,利用反循环开闭式钻头和宽叶片螺旋双壁钻杆,在松软煤层中进行反循环钻进,可以保护孔壁免遭空气和钻屑的二次破坏,提高成孔率和成孔深度。

钻进至设计深度后,可以将瓦斯抽放筛管从钻杆内部下放至钻头处,打开横梁后,再退出钻头和钻杆,成孔退钻后,瓦斯抽放筛管已经下放到了钻孔底部。这样,瓦斯抽放通道就再也不会被垮塌的煤块或岩块堵塞,从而保持长期畅通,大大增加了瓦斯抽放孔的利用率,提高了松软突出煤层的瓦斯治理效率。

### 3 现场应用

安徽省淮南市某矿 13-1 煤层的煤体较松软,坚固性系数为 0.16~0.32,煤层原始瓦斯含量在  $5.7 \text{ m}^3/\text{t}$ ,可解吸瓦斯含量为  $4.8 \text{ m}^3/\text{t}$ 。在该矿 131309 机巷掘进中,主要采用循环预测评价方式,每轮在巷道迎头施工 12 个钻孔,控制巷道轮廓线外 15 m,前方 60 m,经预抽评价合格后(抽采率  $>45\%$  时)方可进尺,并保留 10 m 超前距。由于煤体松软,不利于成孔,采用 ZYW6000-75kW 钻机配合宽叶片钻杆进行施工,最深能钻进至 30 m,无法一次性钻进至设计深度。因而,在预抽钻孔施工前,须先施工一组注浆加固钻孔(巷道迎头施工 12 个钻孔,控制巷道轮廓线外 7 m 前方 20~30 m)对煤体进行加固,然

后再重新施工瓦斯预抽孔。这导致瓦斯预抽钻孔施工周期较长,影响了工作面交替和煤矿安全生产。

后来,采用“开闭式反循环钻头+宽叶片螺旋双壁钻杆”的钻具组合进行瓦斯预抽孔施工,一次性就钻进至了 60 m,施工完 12 个瓦斯预抽孔一共花费了 3 天半的时间。每个孔的瓦斯抽放管均从钻杆内部下放到了孔底。与普通工艺相比,新工艺不仅大大缩短了钻孔施工周期,而且由于瓦斯抽放管下放至了孔底,还大大缩短了瓦斯预抽时间,从而加快了巷道的掘进速度,促进了工作面的接替和煤矿的安全生产。由此可见,采用“开闭式反循环钻头”的新工艺适合在松软突出煤层中使用。

### 4 结语

(1) 反循环开闭式钻头内部具有可打开/闭合的横梁,保证瓦斯抽放筛管可以从钻杆内部下放至孔底,使瓦斯抽放通道长期畅通有效,提高瓦斯抽放孔的利用率。

(2) 反循环开闭式钻头设计为双壁结构,内部有引射器,配合宽叶片螺旋双壁钻杆在松软突出煤层中采用反循环钻进工艺施工瓦斯抽放孔,可以大大削弱高速流动的空气和钻屑对孔壁造成的二次破坏,增加成孔率和成孔深度,缩短施工周期,从而提高松软突出煤层的瓦斯治理效率。

### 参考文献:

- [1] 侯红,凌标灿,罗维,等. 松软突出煤层中三角形钻杆成孔技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2012, (8): 67-70.
- [2] 杨明艳. 三棱钻杆在松软突出煤层中的应用[J]. 煤矿机械, 2012, 33(5): 218-220.
- [3] 孙新胜,王力,方有向,等. 松软煤层筛管护孔瓦斯抽采技术与装备[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 374-376.
- [4] 王义红. 大通孔开闭式全方位钻进钻头: 中国, ZL 201120481198.1[P]. 2012-07-14.
- [5] 陈鱼,王义红,乔慧丽,等. 基于 CFD 的大通孔开闭式钻头流场研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(9): 52-55.