

大口径气举反循环牙轮钻头改造

赵后明 牟海萍 武程亮 陈仕刚 侯卫卫

国家矿山应急救援山东特勘队

一、研发创意

国内外矿山钻探救援常采用气举反循环钻井技术，通过地面施工大口径救援钻孔解救井下被困人员，但该技术要求高、施工难度大，设备配套非常关键，特别是对选用的破岩钻头同气举反循环钻井技术的搭配有着更高要求。

（一）存在主要问题

气举反循环钻井技术兼具空气钻井、冲击旋转钻井、反循环钻井三者的优点，钻遇大裂缝也不会因出现漏气而终止钻井，循环介质上返速度快、携带岩屑能力强，对地层出水问题不敏感，具有常规水钻、空气锤钻不可比拟的优势，是施工大口径救援钻孔，提高钻井效率的有效方法。在国内的应急救援行动中，大口径气举反循环牙轮钻头的使用面临以下主要问题：

1. 岩粉堵导向钻头，导向钻头严重泥包，不进尺；
2. 返渣口太多，多口进渣汇入一个返渣通道，返渣通道不通畅，返渣流速小，携渣能力小，大块渣子堵渣口；
3. 返渣口口径分配及返渣口的位置不合理，造成返渣口被卡，不能正常钻进，需要提钻清理返渣系统；
4. 钻头无护筒，易造成所钻钻孔螺旋，套管、救生舱下入困难，甚至不能顺利地下入，还需要顺孔器顺孔。

（二）创新改进思路

1. 优化钻头结构：通过改进牙轮布局 and 材料，提升钻进效率和耐磨性。
2. 增强排渣能力：优化气举反循环系统，确保在高粘度泥浆和大颗粒岩屑条件下排渣顺畅。
3. 提升适应性：设计多功能钻头，使其能适应不同地层，减少更换频率。
4. 提高使用寿命：采用高强度、耐磨材料（如硬质合金、陶瓷复合材料）延长钻头寿命。

通过优化钻头结构、增强排渣能力、提升适应性和引入智能控制，预计研制的新型大口径气举反循环牙轮钻头将显著提升救援效率，降低成本，并增强在复杂地层中的适应性。

二、成果简介

（一）装备细分及功能

通过对大口径气举反循环牙轮钻头的改造创新，研制出以下细分装备，各自具有特定的功能和适用场景：

装备	功能	应用场景
高效耐磨牙轮钻头	采用高强度硬质合金或陶瓷复合材料，提升钻进效率和耐磨性。	硬岩地层、破碎带等复杂地质条件下的快速钻进。
气举反循环排渣系统	优化气举反循环设计，提升排渣效率，确保高粘度泥浆和大颗粒岩屑的顺畅排出。	泥浆层、砂砾层等高粘度或大颗粒岩屑地层的钻进。
多功能钻头适配器	可快速更换不同规格的钻头，适应多种地层条件。	多种地层交替出现的复杂救援场景，减少设备更换时间。
高强度双壁钻杆组件	采用大直径双壁钻杆，提升钻杆的抗扭性和抗压性，适应深孔钻进。	深孔钻进场景，如地下矿井救援、隧道坍塌救援等。

（二）装备使用条件

为了确保装备的高效运行，需要满足以下条件：

1. 动力供应：需配备稳定的动力源，钻机提升能力一般需要大于 100 吨，钻机动力头扭矩需要大于 30000N·m。
2. 钻井深度：为使反循环能够顺利进行，需要在一定深度的井内使用，开孔使用反循环钻井工艺效果较差。
3. 操作人员：需要经过专业培训的操作人员，熟悉钻机操作和地质条件分析。钻进过程中一般采用轻压慢转的方式。
4. 维护保养：定期对钻头、钻杆、动力系统等进行维护保养，确保设备处于最佳状态。

大口径气举反循环牙轮钻头可以适应多种救援场景，显著提升救援效率和成功率。同时，装备的使用需要满足动力供应、操作人员、地质数据、环境适应性和维护保养等条件，以确保其高效运行。

三、技术特点

（一）技术路线

1. 采用高强度、耐磨性好的材料，如硬质合金、金刚石等，提高钻头的使用寿命和钻进效率。
2. 设计可更换式钻齿结构，根据不同地层条件快速更换钻齿，提高地层适应能力。
3. 优化钻头流道设计，提高排渣效率，防止堵孔、埋钻等事故的发生。
4. 利用压缩空气将钻渣从钻杆中心孔排出，实现连续排渣，提高钻进效率。
5. 采用双壁钻杆结构，内管输送压缩空气，外管输送钻渣，实现气举反循环。

（二）改造内容及使用效果

本次改造主要有以下几个方面：一是导向牙轮钻头打中心孔，焊裙板；二是合并返渣口，保留两个主返渣口；三是对两个主返渣口加焊加长导引管；四是钻头加焊护筒，护筒外加焊耐磨筋条。

本次改造与原有钻头相比较，该钻头克服了原有钻头的存在的糊钻头、返渣口及返渣

通道经常被卡等缺点和不足，把不能正常使用的钻头，通过创新改造后，不仅能够正常使用，而且施工钻效较常规钻进有了质的飞跃，钻效得到了3倍以上的提高。经过创新改造后的钻头进尺效果明显，钻进持续，不再出现返渣被卡的现象，钻进时效高。

四、实践应用成效

该改造后钻头在2021年度山东省地勘基金项目“矿山应急救援大口径定向快速钻探技术研究及应用”项目大口径钻探工程中得到了应用。这也是将气举反循环钻头通过改造后，首次利用到大口径抢险钻孔施工中，通过使用该钻头，克服了鲁西南灰岩地层岩石破碎、涌水量大等问题，取得了超常规泥浆钻进3倍以上效率，成果在工程施工中得到了真实检验。

2023年在山东省枣庄市某煤矿大口径投料孔施工中，采用该改造成果，克服了地层坍塌、破碎、漏失等不利条件，仅用一个半月就完成了该钻孔的施工。较旁边相同井9个月工期，效率提升6倍多。

五、代表性图片



图1 大口径气举反循环牙轮钻头实用新型专利



图 2 初始购置的原钻头



图 3 导向换成中心钻孔的三牙轮钻头



图 4 返渣口改造



图 5 导向钻头加装裙板（防止导向钻头被卡）

六、成果联系人

姓名：赵后明

联系方式：15953469486

地址：山东省济宁市任城区任城大道 120 号煤田地质大厦

