

井下水射流切割装备的研究与应用

汪洪奎 王建龙 张旗磊 刘晓军

国家矿山应急救援平顶山队

一、技术特点

1. 研究背景

由于救护大队救援功能的拓展，集团可燃可爆危险源增多，尤其是在煤矿、井下高危环境中，现有的切割救援方法已经不适于形势的发展，在施工安全性上存在一些亟待解决的安全隐患。基于此需求本项目研发了一种安全的、不产生火花、静电的水切割装备。

2. 主要研究内容

(1) 该项目着重研究前混式磨料水切割机，能在低压的情况下即可实现切割作业，工作压力在 25-70MPa，在低压、低速的情况下可将危险性降到最低，操作简便，可适应于各种复杂环境和工况，且体积小，灵活性较强，可进行快速转移。对于采购和维修成本，前混式水切割机成本更加低廉，维修保养更加简便。

(2) 根据矿下作业环境可针对性的采用多种工装结构,简化作业难度,缩短作业时间。

(3) 多种管路规格,快速连接结构,适应矿下远距离作业需求。

(4) 利用乳化液泵站提供动力,简化设备结构,与磨料供给系统分体设计,便携移动,且可根据作业要求选用不同规格磨料供给系统。

(5) 研究磨料供给结构,为水切割系统提供稳定、连续的磨料。

(6) 研究水切割系统控制系统，对系统压力、流量进行控制，确保系统有安全泄压装置，快速泄压装置，无极调压装置。

3. 技术经济指标

(1) 系统主机的额定压力为 40-50MPa、额定流量为 20L/min；

(2) 切割 10mm 厚钢板，切割速度可达 30mm/min；

(3) 系统主机重量约为 70kg；

(4) 高压管路连接部分设置安全防护；

(5) 利用煤矿下现有液压源提供动力或者利用自备动力源。

二、创新性

1. 研究了水射流切割磨料加入方式。磨料水射流切割根据磨料加入方式的不同又分成前混和后混两种。前混磨料射流切割是在水射流形成前，使水、磨料均匀混合，之后

在高压下水和磨料从喷嘴中高速喷出。后混磨料射流切割是在高压水射流形成后，依靠高压水流经过水喷嘴时所产生的负压来吸卷和加速磨料，之后水和磨料便从磨料喷嘴中喷出。

2. 利用井下采掘工作面常用的乳化液泵和抗磨油液压泵的动力源研究了对正常供水水源水压进行增压技术，取得增压 2 至 3 倍的效果，实现在 25-70MPa 的工作压力下切割。根据矿下作业环境可针对性的采用多种工装结构，简化作业难度，缩短作业时间。利用乳化液泵站提供动力，简化设备结构，与磨料供给系统分体设计，便携移动，且可根据作业要求选用不同规格磨料供给系统。采用多种管路规格，快速连接结构，适应矿下远距离作业需求。

3. 利用水射流切割实现了安全、高效切割。通过分析煤矿井下切割作业环境、研究冷切割技术、开展对水切割主机系统结构、射流切割系统、研究控制系统等进行综合研究、设计，开发出井下水刀设备，使本项目的研究成果不仅具备高压水切割技术独特的“冷切割”安全特性，也具备高效、便捷等特点。

4. 实现了装备的轻量化处理。利用井下现有的液压动力源，实现了装备的轻量化处理。井下水刀装备领先技术的应用使得水切割作业变成两人即可轻松运转，并且突破了超高压水切割设备无法应用的特殊场所。本项目前期已经掌握低压前混便携式水切割技术，并建立了良好研发及产业化基础。而本项目产品井下水刀装备充分利用了现有设备，管路集成度高，便于维修，功率高，切割速度快。

本项目研制的井下水射流切割是一种新型的前混式磨料水射流切割设备，属于冷切割范畴，具有体积小、无火花及热效应等优势，可安全有效地切割作业，避免燃爆事故。主机一体化与模块化多种考量设计，针对不同作业环境和切割要求，实用工装为手持切割枪，可对各种固态材质进行切割加工，可在各种环境、工况下作业，真正实现一机多能。井下水射流切割装备的出现具有较强的实际应用意义，为水切割技术在救援领域的发展掀开了历史性的一页，是水切割技术领域的又一新突破。

三、实践应用成效

第一，切割方式采用较高压水射流水切割，磨料等工作介质具有普通性。第二、水切割要有足够的切割能力，能够切割钢材，切割 10mm 厚度钢板切割速度不低于 30mm/min；第三、所研制的水切割设备在结构及原理上能够在井下安全使用，需要满足煤安要求；第四、水切割系统主机需做到体积小、重量轻，灵活轻便，具有一定的机动性能；第五、水切割终端即执行机构需结构简单，操作便捷、灵活。

该项目针对煤矿、井下、地面可燃可爆高危环境中，现有的切割方法已经不适用于在救援、施工，安全性上存在一些亟待解决的问题。基于此需求，本项目研究了水射流切割、磨料前混合与后混合、水力增压、高压水射流切割技术，在后磨料混合及水力增压方面取得了突破和技术创新，研发了一种安全的、不产生火花、静电的水切割装备。

四、推广应用情况

本项目研制的井下水射流切割装备为保证切割能力的同时减轻设备体积和重量，采

用前混合水射流切割技术，但是相对传统前混合水切割设备相比，体积更小，重量更轻，系统主机重量目标控制在 70Kg 左右，灵活轻便，能够在矿下复杂情况下进行灵活搬运，同时为提高设备通用性，采用液压驱动，能够使用自配液压站工作，又能使用矿下液压站工作。

井下水射流切割装备的出现具有很强的实际应用意义，为水切割技术在救援领域的发展掀开了历史性的一页，是水切割技术领域的又一新突破。水射流技术和装备可以应用到国民经济中的众多部门和行业，水切割机切割过程无明火、无静电、无有害气体产生，相对于传统的切割方式更加安全环保，优势突出，适合在煤矿救援、安全生产上广泛的推广与应用。如井下切割回收变形的钢梁；切割变形锚索等。

五、成果产出情况

第一、经过现场试验，该装备作业过程中无高温、火花、静电，在高浓度瓦斯环境下可以安全的对待切割物体进行切割作业；

第二、针对不同规格的锚索、锚杆等固件，均能达到切割的要求，与传统退锚工具相比，在安全性和实用性方面，具有很大优势；

第三、装备体型小，去电化，压力低（相对超高压水刀），分体式设计，能很好的适用于井下受限空间的作业使用；

第四、设备运行安全、稳定，维保周期长，易损件品类少，可作为日常维检修工具使用；

第五、切割直径 18mm 的钢绞线索切割平均时间为 3min 左右，每根锚索用磨料 140g，成本为 0.28 元，具有较高的工作效率及实用性。

获得中国平煤神马集团 2021 年度科技项目三等奖。

六、代表性图片





七、成果联系人

姓名：王建龙

邮箱：43795281@qq.com

座机：0375-3562257

手机：13592152492

地址：河南省平顶山市平煤大道与东环路交叉口东 500 米