

高压水力射流煤层钻割卸压技术

中矿冲击矿压防治工程研究中心
徐州弘毅科技发展有限公司

一、高压水力射流煤层钻割卸压技术的产生

目前，在冲击地压防治措施上，对煤体高应力区域卸压普遍采用煤体爆破、大直径钻孔和动静压注水等手段，取得了一定的效果，但这些措施还不能满足冲击地压防治的需要，防治手段还存在一定的不足，大直径钻孔卸压钻孔施工后，坚硬煤层，塌孔时间较长，煤体中的高应力得不到及时转移和释放，钻孔布置密度过大，卸压效果明显，但破坏了巷道周围支护的整体性，以及降低了支护强度；深孔卸压爆破，孔深 10-15m，弱化范围有限，且只能在低瓦斯区域使用，深孔装药、封孔等工艺施工速度慢，工程质量管控难，成本高，施工危险性大，增加了安全管理难度，炸药雷管使用制约因素多；煤体动静压注水，适用条件有限，不宜在裂隙、断层发育和含水高的煤层中实施，卸压效果不明显。为此，亟需改进传统防治方法，开发新的矿压防治手段，提高防治效率与效果。

针对以上措施的缺陷，中国矿业大学冲击地压科研团队提出采用高压水力射流煤层钻割技术，弱化煤体，进行新卸压技术的探索，取得了良好的卸压效果。煤层的高压水力射流煤层钻割卸压技术有其独特的优势：施工工艺简单；通过对不同的孔深段位采用不同钻割方式，提高了对卸压区域的卸压效果，保持了巷道周围煤体对巷道的支护作用；不需要装药爆破，节省了防治材料，降低了防治费用，节约了放炮过程所需的时间，弥补了炸药雷管供应紧缺、使用不便的局限。

二、高压水力射流煤层钻割卸压技术理论基础

高压水力射流钻割技术，是在不破坏支护体系的完整性和支护强度的基础上向煤层施工钻孔，在钻孔内运用高压水射流对钻孔周围的煤体进行切割，在钻孔周围形成一系列具有一定深度的螺旋缝槽，利用水流将切割下来的煤体带出孔外，在钻孔内部形成可控的空间，实现高应力转移，达到煤体卸压的目的。

三、高压水力射流煤层钻割卸压技术原理

高压水力煤层钻割卸压是以一种具有脉冲特性、自激空化特性和切割破碎煤

岩特性的新型射流形式，能以高度聚能的射流束在煤岩上产生冲蚀、空化来实现对煤岩体的切割破碎。当在煤岩层中钻进一定直径和深度的钻孔后，将安装好喷头的高压管沿钻孔送到指定位置。高压泵启动后，从喷嘴射出的高压水射流冲击煤层表面，煤屑不断剥落，裂隙不断加深。射流进入煤层裂缝中，对缝隙底部的煤体进行冲击。由于射流随喷头后退式移动，因而射流是紧贴着割开的煤层的壁面而流动的，将受到固壁摩擦阻力的作用，在壁面上形成边界层。射流前部是冲击缝底部而折回的液体，与射流产生掺混作用。高压水力钻割的压力脉动冲击在钻孔、煤缝隙周围煤体中产生交变应力，促使煤体动力致裂，激发裂隙联通，达到进一步卸压效果。

四、高压水力射流钻割技术主要作用

1、可控性的排出大量煤体，为煤体膨胀变形提供了充分的空间，周围煤体在地应力作用下发生了膨胀变形，使地应力向四周移动，即起到局部地应力转移作用。

2、利用煤体的流变作用，增加煤体中新生裂隙并使之联通，实现高应力集中区域整体卸压的效果。

3、湿润煤体，使煤体脆性减弱，增加了煤体塑性，降低煤体弹性势能；

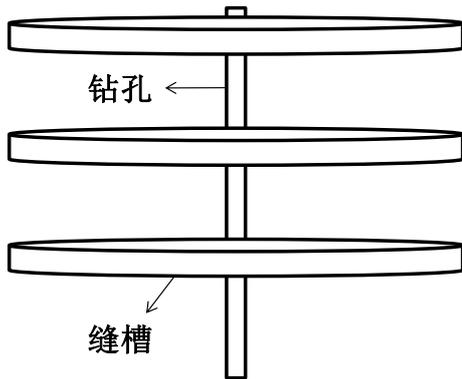
4、可以实现小孔径钻进并在超过锚杆支护段进行切割，从而达到保护支护体系的完整性和支护强度。

5、润湿的煤体在掘进或回采期间会有大大改善巷道粉尘问题。

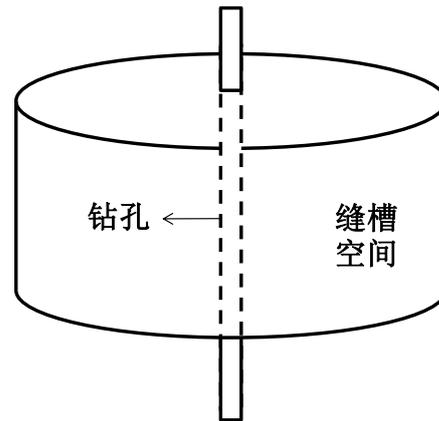
该技术先后平顶山、淮北、重庆天弘、义马、华亭、芙蓉矿业等集团公司运用，在冲击地压治理中取得了较好的应用效果。

五、高压水力射流钻割方法

高压水力射流钻割技术是利用水射流的切割能力，对孔内煤体进行切割，从而将一定煤体排出孔外，人为制造一定的卸压空间，实现煤体的整体卸压。割缝方法主要有以下两种：



水射流割缝方法一



水射流割缝方法二

方法一：钻杆轴向运动与径向射流钻割相结合，在一定位置进行径向运动，旋转切割周围煤体，形成圆盘状卸压空间；通过钻杆的轴向运动和一定间距的分段切割，可以形成多段圆盘状卸压空间。

方法二：钻杆轴向运动与径向射流钻割相结合，对一段煤体持续割缝，形成具有一定直径的孔洞。

对钻孔割缝方法进行如下设计：

①在钻孔的 15~20 米范围内使用割缝方法二进行割缝，形成孔洞式卸压空间，在煤层内形成半径为 300~400mm 的孔洞。

②对 8~15 米范围使用割缝方法一进行割缝，形成圆盘状卸压空间，圆盘间距，根据现场作业情况，进行检验确定。

在割缝过程中要避免严重的喷孔、堵孔现象发生，保证施工过程的安全高效。

六、高压水力射流钻割设备及连接

（一）设备

1、钻割泵及水箱：钻割泵采用型号为 CBLQ200/31.5 型矿用乳化液泵，额定压力 31.5Mpa、额定流量 200L/min。（水箱：铁质，容积 3m³）

2、管路：选用内径分别为 $\Phi 32\text{mm}$ 和 $\Phi 19\text{mm}$ ，耐压强度不低于 35MPa 的高压胶管。

3、钻具：钻机为履带式液压钻机（钻杆 $\Phi 50\text{mm}$ 、钻头 $\Phi 94\text{mm}$ ），用于钻割钻孔的施工。

4、钻割高压射流器及喷嘴：高压射流器（ $\Phi 50\text{mm}$ 、 $\Phi 75\text{mm}$ 、 $\Phi 94\text{mm}$ ）喷嘴选

择三种，孔径分别 2.0mm、2.5mm、3.0mm。

5、高压密封水辨：耐压 35Mpa

6、液压安全控制装置：实现打钻和钻割状态的切换；调节总装置的钻割作业压力。



高压密封水辨



液压控制装置



高压射流器



高压射流器喷嘴



履带式冲孔泵车

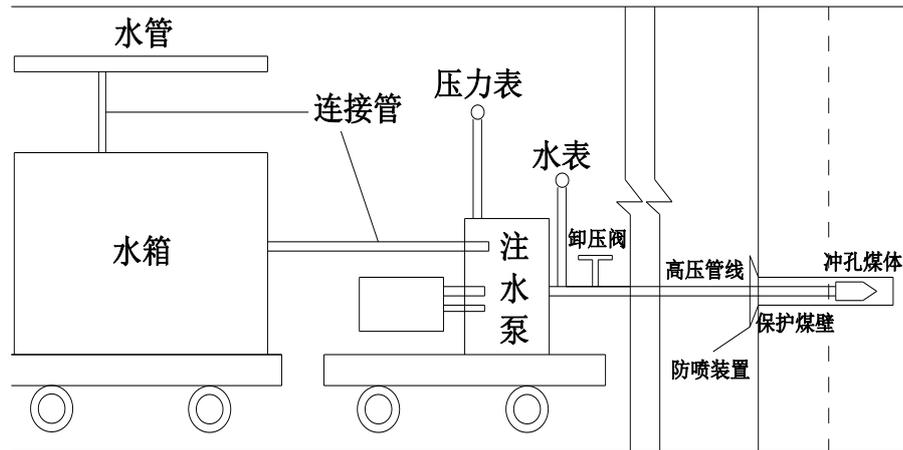


高压密封钻杆



履带式液压钻机

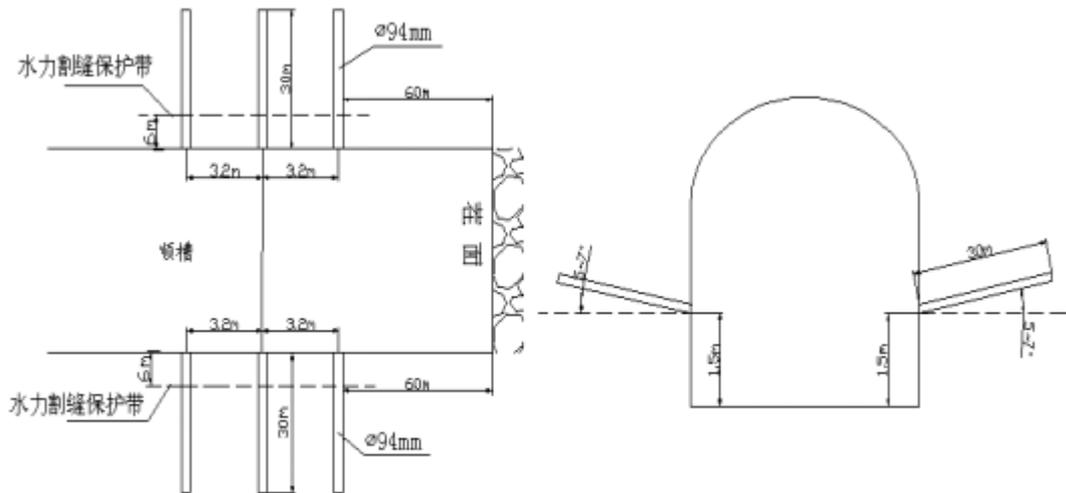
(二) 供液系统连接形式：供水管→水箱→连接管→注水泵→高压水管→防喷装置→钻杆→煤体冲孔钻头。



七、高压水力射流煤层钻割卸压方法具体实施方案

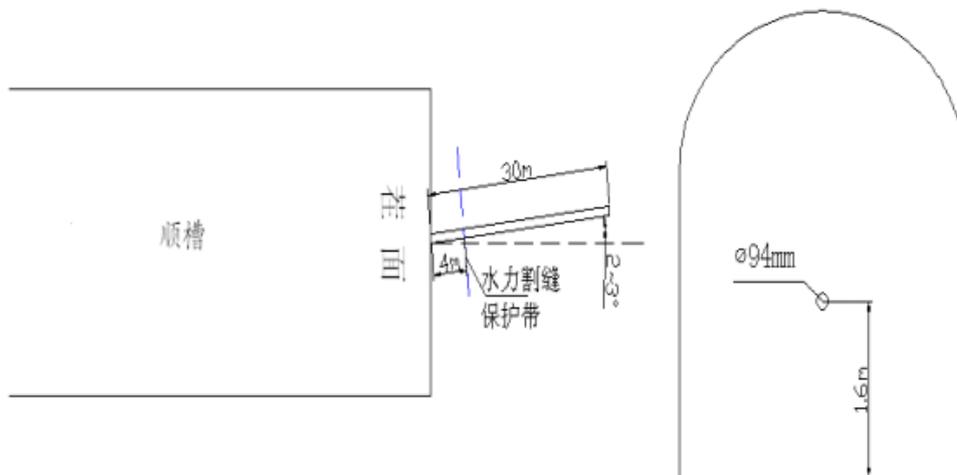
(一) 高压水力射流煤层钻割钻孔布置及施工参数

1、巷帮：在顺槽高应力集中区域两帮布置（根据巷道布置情况，小煤柱侧不施工）施工煤层钻孔，间隔 3.2 米垂直巷帮沿倾向布置，巷道两帮对称布置，钻孔直径 94mm，深度 30m，仰角 5~7 度，水力钻割保护带为 6 米{钻孔 0~6 米范围不钻割}，钻割方式为定点静态钻割和前后反复动态钻割相结合，定点钻割时间为每米 15 分钟（每米均分为 3 段，每段 5 分钟，钻割时间和分段可根据现场施工效果检验情况调整），前后反复动态钻割时间为 10 分钟，在进行钻割时，钻割压力必须达到 28MPa。



两帮高压水力钻割钻孔布置示意图

2、掘进巷道迎头：在掘进工作面迎头施工煤层孔，垂直迎头沿走向布置，钻孔直径 94mm，深度 30m，仰角 2~3 度，水力钻割保护带为 4 米（钻孔 0~4 米范围不钻割），钻割后掘进施工至上次钻割有效卸压孔剩余 5m 时进行下一次钻割施工，钻割方式为定点静态钻割和前后反复动态钻割，定点钻割时间为每米 15 分钟（每米均分为 3 段，每段 5 分钟，钻割时间和分段可根据现场施工效果检验情况调整），前后反复动态钻割时间为 10 分钟，在进行钻割时，钻割压力必须达到 28MPa。



迎头高压水力钻割钻孔布置示意图

（二）水力射流钻割施工工艺

1、现场施工时，先利用 $\Phi 94\text{mm}$ 水力射流一体化钻头按设计进行打钻（两帮30m、迎头30m）。

2、连接好高压管路，开启高压乳化液泵，旋转钻杆实施水力钻割作业。具体钻割作业方式如下：

①优先采用退钻连续钻割方案；

②水力钻割压力根据现场情况而定，初始压力不宜大于8MPa，当孔内流出主要为清水，表明钻割能力较小，此时可以依次增大压力强化钻割，增压幅度为5MPa；

③每根钻杆钻割出煤量控制在0.1吨左右。

3、在升高压力对煤体钻割之前，应保证钻机旋转，以防止钻割产生的大量煤粉堵塞钻孔而造成抱钻。

4、每钻割完成一根钻杆后，应先调节溢流阀将管路压力降为0MPa，并关闭水辫管路上的球阀，确保管路中没有水流经过，才能进行拆卸钻杆作业。拆下一根钻杆，并连接水辫，检查确认安装紧密后，打开管路中球阀和调节溢流阀给管路升压，进行第二根钻杆的高压水力钻割作业。严禁在管路中有高压水时进行钻杆拆卸作业，严禁在管路没有连接好之前给管路升压。

5、每次水力钻割时，在钻进钻杆前要对钻杆清洗一遍，以保证钻杆内部不可以有颗粒状的煤体。钻割后卸下的钻杆要堆放在架子上，摆放整齐。

（三）高压水力煤层钻割卸压现场实施要求

1、对每孔冲孔情况进行详细记录，包括冲孔编号、钻孔深度、钻孔角度、冲孔时间、每孔出煤量、冲孔期间动力效应等。

2、通过窥视仪观测孔内的卸压空间。

八、卸压效果检验分析

1、通过电磁辐射仪监测冲孔前后电磁辐射值变化；

2、通过打钻孔对比钻屑量变化情况；

3、通过微震监测系统分析震动次数、震动能量和震动分布情况；

4、通过钻孔窥视仪观测冲孔后孔内成像情况；

5、通过统计实施高压水力煤层钻割卸压前后来压次数等指标，对卸压效果进行检验。