

穿层钻孔水力增透研究与应用

刘亮峰

(冀中能源峰峰集团新屯矿, 河北 邯郸 056000)

【摘要】 钻孔预抽煤层瓦斯一直是我国煤矿瓦斯灾害治理的最普适手段之一。随着煤炭开采资源逐步向深部转移, 煤层瓦斯压力、瓦斯含量逐渐增加, 而煤层透气性逐渐降低, 煤层瓦斯的抽采难度随之增大, 表现为预抽浓度偏低、预抽瓦斯量衰减快。众所周知, 透气性低是影响煤层瓦斯抽采效果、制约煤矿安全生产主要因素, 因此, 如何提高煤层的透气性是破解瓦斯治理难题的关键。适用坚固性系数较小的软煤, 形成的孔洞具有不可控性, 容易造成垮孔、堵孔、瓦斯积聚等现象, 适用于坚固性系数较大的坚硬煤层, 但压裂后裂缝将有不同程度的闭合; 适用于中等坚硬煤层。超高压水力割缝技术既可以减弱煤岩体中的高应力, 又可以均匀充分的卸压煤体, 提高煤层透气性和瓦斯释放效果, 能有效解决低透气性煤层高效抽采的问题, 防止煤与瓦斯突出事故的发生。

【关键词】 预抽煤层瓦斯; 提高瓦斯释放效果; 防止突出

一、概况

新屯矿经煤科总院沈阳研究院鉴定, 在-600m水平以上开拓区域范围内, -448m标高及以上区域的煤层瓦斯含量小于 $8\text{m}^3/\text{t}$, 为无突出危险区; 在-448m标高以下区域的瓦斯压力(-495m标高瓦斯压力为 0.72MPa 、-580m标高瓦斯压力为 1.18MPa)、瓦斯含量(-516m~-580m标高瓦斯含量为 $8.37 \sim 12.70 \text{m}^3/\text{t}$), 已超过《规定》临界指标值, 因此, 判定-448m标高以下区域为突出危险区; 在突出危险区开采突出煤层时采用穿层钻孔防突措施。

二、现状说明

利用穿层钻孔水力增透抽采邻近层卸压瓦斯技术目前在全国是主要区域防突措施, 在开采保护层期间钻孔同时抽采邻近层卸压瓦斯, 由于抽采钻孔不能对采空区全覆盖或围岩的导通性差, 往往使被保护层工作面卸压瓦斯不能被充分抽采, 导致围岩内裂隙内赋存大量瓦斯。

在突出煤层区域措施中或回采工作面综合瓦斯治理措施越来越广泛应用, 因此在采用穿层钻孔, 使钻孔对工作面采空区进行全覆盖, 增加了围岩导通性, 有效拦截了采空区及顶板围岩裂隙内赋

存高浓度瓦斯, 保证抽采范围内最大化, 减少风排瓦斯量。

利用穿层钻孔水力增透抽采大煤卸压瓦斯这种方案解决了工作面瓦斯抽采浓度低、抽采量小, 断层影响范围内支架顶部瓦斯浓度超限等问题得到有效治理, 现场效果良好, 安全效益和社会效益十分明显, 采用水力增透抽采钻孔治理工作面回采期间瓦斯, 大大降低了工作面风排瓦斯涌出量, 使得被保护层卸压瓦斯充分的抽采, 提高矿井抽采量, 降低了被保护层突出危险性系数。

三、研究主要方法及工作原理

水力增透由于孔道周围煤体的移动变形, 应力重新分布, 扩大卸压范围, 有效增大钻孔的直径, 增加煤体的透气性, 提高预抽钻孔单孔浓度, 强化瓦斯抽采效果, 缩短抽采时间。

通过水力增透, 在钻孔周围形成一个孔洞, 这为煤体膨胀变形提供了充分的空间, 钻孔周围煤体在地应力的作用下发生膨胀变形, 使地应力向四周移动; 同时钻孔周围煤体向孔道方向发生大幅度移动, 造成煤体顶底板间的相应位移, 引起钻在钻孔影响范围内地应力降低, 煤层充分卸压、裂隙增加。使煤层透气性增大, 促进瓦斯解吸和

排放，大幅度释放煤层和围岩中的弹性潜能和瓦斯膨胀能，提高瓦斯抽采效果。

试验方法：

1. 型号 ZLJ2350 钻机一台；
2. 采用 RB125/31.5 型乳化液泵，工作压力 31.5MPa，流量 125L/min。

3. 技术原理：

穿层钻孔施工结束后，每一排的钻孔进行水力增透，冲孔前安装防喷装置，将喷嘴送到煤层预定位置，设定泵压在 10MPa，开泵进行水力增透，然后从外向里逐渐冲孔，同时转动钻杆，并抽拉钻杆，以利于排渣，冲孔后可从里向外再冲孔，采用边进边退的方法，直至出清水为止。

(1) 冲孔钻头

钻扩一体化钻头安装变流量喷嘴，并为了冲孔需要，增加钻头径向喷嘴。当静压水打钻、施工钻孔时，水压较小，喷嘴内部多个出水孔出水，形成较大的出水口面积和出水量，保证钻孔施工排渣需要；当钻孔施工完毕、改用高压水冲孔时，关闭其他出水孔，仅留下单个出水孔出水，出水面积减小、形成高压水射流，进行水力冲孔。经过现场反复试验，喷嘴出口直径定为 3mm，既能形成较强的水射流、又不至于轻易堵塞；钻头安装喷嘴 4 个，其中正前 1 个、斜向 2 个、径向 1 个，既能满足打钻排渣、冷却钻头需要，也能满足水力冲孔需要。

(2) 冲孔钻杆

由于普通钻杆接口处及水尾无密封圈密封，经长期使用后接口缝隙较大，高压水冲孔时漏水严重，致使钻头处水压降低，不能满足水力冲孔需要。同时考虑到排渣顺畅，在普通钻杆的基础上，在接口处设计了密封，具有抗压强度高、结实耐用、密封性好的优点，在实际使用中也体现了这一点。

(3) 冲孔短节

在钻头和钻杆之间安设一冲孔短节，短节内腔安装复位弹簧、压力调节阀。冲孔短节内有导流孔，滑块与短节内腔滑动配合，短节内与外壁上设有导流通道，滑块与压力调节阀配合使用。以高压水为

工作介质，压力水作为工作状态切换的动力，不仅简化了钻头的构造，而且具有反复切换工作状态的功能，可在已有的钻孔中进行水力冲孔作业。

(4) 冲孔水尾

高压密封水尾采用不锈钢材质，优化调整密封圈结构，主要受力的前轴承加大加强，前后加盖以防煤尘进入内部，具有严密、轻便、耐用的优点。试验最高压力可抗 45MPa，做到滴水不漏。

水力冲孔动力破煤机理：

水力冲孔动力破煤的实质是水射流与煤体和瓦斯压力相互的作用，并由此引起瓦斯突出的煤体进行破坏的过程，对煤体内进行开挖，形成较大的孔洞，煤体周围应力得到有效的释放，煤层透气性大大增加，瓦斯大量的释放，达到了消除煤与瓦斯突出的危险性。煤体的破坏主要为水射流冲击作用与刮削作用造成的脆性破坏，水射流实际具体破煤过程主要取决于煤的自身因素及水射流加载参数。

(5) 冲击破坏

水体经增压设备获得一定静压能后，后经喷嘴的作用，静压转化为动压，在喷嘴出口形成高速运动的水柱，水柱作用在煤体时速度近似变为零；由动量守恒定律可知，煤体表面会受到较大冲击力，当该作用力超过煤体破坏强度时受冲击作用区域煤体发生损坏。由于煤体是孔隙、裂隙发育较充分完全的一种岩石，水射流冲击过程的破坏作用可从高压水在煤体表面形成水楔效应来分析煤体原始裂隙的发展及新裂隙的形成，来分析煤体是如何一步步发生损坏脱落的。高压水射流冲击作用在煤体表面时，将在其表面形成滞留压力，即作用区域煤体的密实核。当密实核区域压力大于煤的抗压强度时，水体克服煤体结构的内聚力、煤孔隙结构的断裂初性，并克服一定摩擦阻力使得煤体破坏；当密实核区域作用煤体压力小于煤的抗压强度时，虽然水的冲击作用力不能使煤体产生压缩破坏，但由于煤体自身结构的特点，在一定渗透压作用下，水被迫侵入煤的空隙，并在空隙的尖端形成水楔作用。由于煤的破坏强度

指标之间有如下关系,即抗压强度 $>$ 抗剪强度 $>$ 抗拉强度,故密实区冲击煤体所受压应力虽未达到其抗压破坏强度指标,但应力区煤体因形成传播拉应力与剪应力,使得煤体在剪应力或拉应力作用下形成新的裂纹或直接发生部分煤体相对应的剪应力破坏或拉应力破坏。新裂纹的形成进一步沟通与扩展了射流作用区煤体的孔隙、裂隙发育程度,以至于该部分煤体自身强度降低,水射流应力作用向深部转移,水体在空隙的水楔作用进一步加强,再加上射流反射的扰动冲刷作用,煤体一步步、一层一层完成破损。

(6) 刮削过程

水楔作用在煤体表面形成孔洞后,水射流冲击煤体表面时,切削凹凸不平的表面颗粒,在凸起颗粒的正面产生正压冲击波,背面形成负压,当水射流的冲击力超过煤体强度时,凸起部分被切削,并被水流带走。随时间推移,射流的持续冲击作用使得破碎煤体量增大,从而形成较大冲孔孔洞,故不难发现,随水射流时间的不断增加,高压射流体破煤间距增大,作用煤体表面的射流效应减弱,且因已冲孔洞的约束将逐渐在煤体受冲击表面形成水垫,阻碍水射流的破煤能力。此时,因孔洞周围煤体的束缚,水射流冲击煤体后水射流体沿孔壁流出钻孔;由于孔壁摩擦阻碍作用及逆向流体具有较大静压能,将使得水体沿水流流线方向形成较大压力梯度,故孔洞周围煤体在逆向水流的高速冲刷作用下而发生破坏并被水流带出孔洞。

四、经济效益

1. 该方法使钻孔周围形成一个孔洞,这为煤体膨胀变形提供了充分的空间,钻孔周围煤体在地应力的作用下发生膨胀变形,使地应力向四周移动;同时钻孔周围煤体向孔道方向发生大幅度移动,造成煤体顶底板间的相应位移,引起在钻孔影响范围内地应力降低,煤层充分卸压、裂隙增加。

2. 钻孔单孔甲烷浓度由5%提升至40%,钻孔抽采纯量由于 $0.01\text{ m}^3/\text{min}$ 提升至 $0.1\text{ m}^3/\text{min}$,日均瓦斯抽采量可增加 144 m^3 ,减少了钻孔补孔。若

钻孔价格110元/m,孔深45m,单孔工程量可节省4950元。

五、社会效益

通过水力增透措施,单孔浓度是普通钻孔浓度的10倍,钻孔的平均瓦斯流量是普通钻孔的2-3倍,消除工作面煤与瓦斯突出危险性更加可靠。工作面掘进期间不仅降低风排瓦斯涌出量,并且提高了掘进工作面掘进进度,对社会影响有很好的效益。

通过水力增透,在钻孔周围形成一个孔洞,这为煤体膨胀变形提供了充分的空间,钻孔周围煤体在地应力的作用下发生膨胀变形,使地应力向四周移动;引起钻在钻孔影响范围内地应力降低,煤层充分卸压、裂隙增加。使煤层透气性增大,促进瓦斯解吸和排放,大幅度释放煤层和围岩中的弹性潜能和瓦斯膨胀能,提高瓦斯抽采效果,有效的降低了煤层瓦斯含量,对下一步采用机械化采掘工艺奠定了基础,有效的降低工人劳动强度,在保证安全,提高质量和效益、降低消耗等方面做出了成绩,创造了良好的社会效益。

六、结论

煤矿在安全生产的过程中,开展创新工作,必须加大科研力度,从而保证创新技术的有效性,进而提高煤矿企业的生产效率。企业应对科研工作给予高度重视,加强科研人员的责任心,激发他们的工作激情,不忽视任何一个细节,以免阻碍工作的顺利进行。对于煤矿开采过程中出现的问题进行仔细分析,有耐心地寻求答案,从而有效解决生产过程中的各个难题,完成科研内容,进而全面改善煤矿企业的经营状态,提高经济效益。

参考文献:

- [1] 唐永志,李平,朱贵旺等.超高压水力割缝技术在中等硬度低透气性煤层的应用[J].煤炭科学技术,2022,50(12):43-49.
- [2] 李川,吕英华,梁文勳.超高压水力割缝卸压增透最优参数研究[J].煤炭工程,2022,54(S1):111-115.