

掘进巷道破碎顶板注浆加固技术应用研究

郭 君 (汾西矿业集团基本建设管理部, 山西 介休 032000)

摘 要: 矿山开采作业是一项对技术要求较高的工作, 在具体开采过程中经常会遇到不同类型地质, 如果不采取合理措施进行处理, 势必会引发安全事故, 不仅会造成巨大经济损失, 甚至会造成人员伤亡, 危害巨大。本文在对注浆加固作用机理进行介绍基础上, 依据工程实例, 对掘进巷道破碎顶板注浆加固技术应用进行探讨, 希望文中内容对相关工作人员, 以及采矿行业健康发展能够有所帮助。

关键词: 矿井开采; 巷道掘进; 注浆加固; 破碎顶板

掘进巷道过程中如果遇到破碎顶板, 煤岩体原始状态将会遭受破坏, 巷道围岩应力状态将会发生改变, 这将导致围岩弱面会不断扩展, 并且会出现裂隙、松动、围岩膨胀等多项问题。因此, 在实际开采期间, 需要采取合理措施进行维护, 常用的方式有改善围岩结构及性能, 以及支护方式两种。同时, 为了提高维护效果, 增强围岩强度, 要做好破碎顶板对加固技术对矿山开采时围岩内出现的裂隙进行填补, 再利用锚杆支护, 提高锚杆锚固力, 保证围岩稳定性, 确保整个矿山顺利开采。

1 注浆加固的作用机理

1.1 破碎围岩强度

对于围岩来说, 如果围岩存在大量的裂隙、节理、较弱岩面, 围岩的整体变形和强度主要由弱面控制, 相关工作人员在具体工作开展时需要注意的是, 考虑到弱面的变形模量和强度两项内容都较低, 这也就导致破碎围岩会发生严重变形问题, 维护难度较大, 在矿山开采时容易引发事故^[1]。

1.2 提高围岩弱面强度与变形模量

通过注浆固化方式进行处理可以使围岩弱面刚度和强度能够得到显著提高, 这也就为后续矿山开采作业的进行提供一个稳定空间, 降低了事故发生几率。在注浆加固中采用高水速凝材料, 其在应用过程中会发生较大变形, 如果荷载较大, 固结体会发生较为严重变形问题, 但是整体并不会遭受到严重破坏, 荷载主要由强度相对较高的围岩承担^[2]。围岩破坏由原强度较小弱面控制转变为强度相对较高的围岩进行控制, 弱面围岩的变形模量和强度力学性能也得到了明显改善, 提高了围岩强度, 改善了围岩维护, 使其能够满足矿山开采作业开展需求^[3]。

1.3 充填压密裂隙

工作人员利用泵对浆液进行挤压, 将浆液压入到裂隙中, 而且通过挤压方式处理, 能够实现对一些无法充填所达到的裂隙中, 从而大幅度削弱裂隙端部应力集中情况, 甚至能够让端部应力消失, 改变巷道围岩破坏机制, 例如, 可以从原来拉伸破坏转变为压缩破坏, 降低危害^[4]。除此之外, 在矿山开采期间, 如果发现围岩中

出现了较大的裂隙, 这会导致裂隙周围岩体将会处于双向应力状态, 将加固材料加入到裂隙中, 或者通过加密方式处理, 转变为三向应力状态, 在该状态下, 围岩体的整体塑性得到了显著增强, 而且脆性而得到了减弱^[5]。

1.4 提高锚杆锚固力

通过对锚杆支护进行应用, 能够施加较大预紧力, 从本质上来说, 这是一种主动支护方式, 通过该支护方式能够使围岩强度得到显著提高, 改善围岩用力状态, 提高承载力。需要注意的是, 围岩出现破碎之后, 破碎的围岩相互之间会发生离层、错动等多项问题, 树脂锚固剂与围岩间粘结力相对较小, 也就是说将锚杆安装在破碎围岩中, 受周围环境影响, 锚固力较小, 而当围岩受外力影响发生严重变形之后, 锚固力将会发生快速衰减问题, 这会降低围岩加固作用, 导致围岩发生严重变形现象, 危害巨大。而通过注浆固化方式进行处理, 一方面能够使围岩强度和锚杆锚固力得到显著提高, 另一方面大量浆液渗入到锚杆孔中, 能够延长锚杆锚固长度, 使锚杆锚固力得到进一步提高, 从而改善受力情况, 为后续开采作业稳定开展保驾护航。破碎围岩注浆加固实际上就是一种提高围岩性能、改善围岩性质与结构、提高支护效率、降低作业成本的合理方法。工作人员在具体工作开展期间, 通过对浆液进行应用, 充实巷道中存在的各种弱面, 从而交结到一起, 提高围岩整体性能, 以及围岩自身承载力。将围岩注浆加固合理结合锚固支护, 一方面可以改善围岩用力分布和力学性能; 另一方面也可以使采用的锚杆锚固力和围岩承载力得到进一步提高, 进而大幅度降低巷道围岩在矿山开采期间发生变形的问題, 使巷道维护状况能够得到显著改善^[6]。

2 工程概况

某 16321 运输顺槽在井田三采区, 巷道北部为 16320 运输顺槽, 南部为 16321 工作面, 西部为矿山开采时的掘进区域, 而东部则三采区大巷。

16321 运输槽整体设计长度为 886.5m, 巷道掘进煤层为 14# 层, 倾斜角度为 5°, 厚度平均值为 4.22m。16321 巷设计断面规格为宽 5.2m, 高 4.2m, 在巷道掘进过程中, 在综合考虑施工环境基础上, 为了确保掘进速

度, 决定采用综合机械化工工艺进行掘进。在掘进作业开展时, 16321 运输顺槽掘进区域地质构造主要是断层, 在巷道巷道掘进到 452.5m–485.5m 段过程中, 一共揭露了 4 条正断层, 平均倾斜角度为 44° , 断层平均落差约为 1.18m, 受多断层应力影响, 将巷道掘进到 448.5m 处时, 顶板发生了下沉、破碎等各种不良现象, 巷道掘进到 452.5m 处时, 出现了局部冒落现象, 顶板锚杆支护难以实现对破碎顶板的合理保护。针对这一现象, 相关工作人员通过对施工现场具体情况进行分析, 最终决定采用注浆加固技术处理 16321 运输顺槽应力破碎顶板。

3 破碎顶板注浆加固施工作业

巷道附近采空区地质构造存在较大夹缝, 并且在采空区内周围围岩都是泥岩, 对泥岩性能进行分析可以发现, 泥岩十分柔软, 一旦遇水, 将会发生一系列反应, 将会发生较为严重膨胀问题, 从而将会导致周围岩体不断膨胀。受上述因素影响, 在进行巷道掘进时, 施工人员容易遭受到巷道顶板、顶板下沉、侧帮膨胀等各项问题影响, 这会对后续掘进工作顺利进行造成不良严重制约。在掘进工作面期间, 如果遇到的上层岩体为塌陷采空区, 经常会导致掘进工作面顶板发生随掘进随塌问题^[7]。在巷道掘进期间, 随着掘进工作面不断深入, 掘进巷道顶板、煤壁承载压力也会越来越大, 如果发现围岩无法承载压力, 将会导致工作面发生大面积垮落问题。因此, 在具体施工作业开展时, 工作人员要采取注浆加固方式进行处理, 保证掘进作业可以顺利进行^[8]。

3.1 加固注浆材料

①一般来说, 泥岩时决定工作面岩层的主要材料, 而对泥岩情况进行分析可以发现, 泥岩间会存在大量微小裂缝, 施工人员在对该一现象进行分析之后, 最终决定采用漏必堵、固安特材料对岩层中出现的各项缝隙进行加固处理。漏必堵是现代矿井下作业开采中常用的一种填充与密封材料, 其是高分子聚合泡沫材料, 具有良好的柔韧性和隔气性, 并且采用物质可燃性低, 作为一种性能良好的封堵材料, 适合应用在火灾及瓦斯密闭环境中, 同时, 该类型物质还具有反应速度快, 抗压能力强等特点^[9];

②固安特主要是采用体积相同的催化剂和树脂材料相互混合而成, 是一种高强度、性能良好的加固材料。作为一种高分子双液型材料, 固安特主要适合应用在煤壁及井下顶板破碎严重, 或者松散岩体加固, 通过对其进行应用, 能够实现对顶板下沉、破碎等各项问题的解决。因为该类物质自身具有很强黏合性, 其能够随着环境不同而快速发生相应改变, 可以黏合破碎岩体, 并且机械性强。针对井下岩体中存在的缝隙, 其具有很强渗透性, 特别是针对遭受到破坏顶板的加固, 以及煤壁缝隙封堵取得的效果都十分显著, 确保能够满足作业需

求;

③在施工中采用的漏必堵与固安特材料都具有快速反应速度, 在施工时, 能够在短时间内快速固结, 可见, 施工人员要在不对正常生产工作开展造成影响基础上, 快速完成注浆作业。注浆施工中采用的设备具有重量轻、体积小等特点, 而且施工步骤十分简单, 可以最大程度避免对掘进作业开展造成的不良影响。注浆作业开展期间采用的注浆材料较少, 这主要是用于注浆加固采用漏必堵具有很强膨胀性和黏合性, 因此, 采用较小材料就能够达到加固作用, 适合应用在巷道冒顶区内, 完成填充作业。考虑到漏必堵抗压性强, 而且材料用量低, 因此, 适合应用在破碎顶板, 而固安特作为一种绝燃性较好的材料, 适合在大工作面生产中应用。

3.2 科学布置注浆孔

①施工人员要采用三花孔模式在回风巷断层位置处注孔, 将回风巷作为中心, 巷道两侧要以 1.2m 距离为标注, 依次施工三个钻孔, 为了保证施工作业顺利进行, 避免发生安全事故, 孔方向需要顺着顶板方向进行, 倾斜角度为 29° , 而对于钻孔深度, 要将其控制在 3.4m–4.6m 之间。第 2 排浆孔要采取插花方式进行布置, 具体位置应当在第 1 排注浆孔下方 0.6m 处, 倾斜角度为 22° , 将孔深控制在 3.4m–4.6m, 注浆孔排距大小为 5.2m;

②施工人员以及施工现场具体情况对循环封孔位置进行修正, 具体注浆期间, 在确保注浆质量基础上, 缩短施工工期, 应当以 3.5m/ 次循环推进, 第一次注浆施工作业完成后, 施工人员要对煤壁和顶板进行加固, 完成上述作业后, 循环作业, 进行超前加固即可。

3.3 注浆工艺的选择

注浆工艺可以分为单液注浆和双液注浆两种方式。其中单液注浆工艺在具体应用过程中的主要特点就是采用的工艺相对简单, 而且应用设备少, 需要注意的是在采用该项工艺时, 要适当延长浆液初凝时间, 这主要是为了避免搅拌后浆液在采用泵送方式运输时, 由于凝结而发生管路堵塞问题。而双液注浆作业就是让两种浆液在各自管路中都不发生凝结, 经过混合之后, 将其注入到围岩中, 注入之后快速凝结, 浆液快速凝结能够大幅度降低浆液发生大范围内渗透, 以及过多浆液流入到巷道内, 而发生材料浪费, 降低经济效益情况的发生。针对 16321 运输顺槽情况进行分析, 最终决定采用双液注浆工艺。施工开展时, 施工人员要严格依据事先规定好的水灰比上水, 搅拌作业必须充分、均匀, 然后上料, 达到固定注浆量之后, 施工人员利用布袋堵孔进行封堵, 注浆封孔长度为 1.58m。

3.4 施工作业需要注意内容

为了提高煤壁围岩及巷道顶板承载力及稳定性, 确

保岩体结构稳定不会遭受破坏,施工开展时,施工人员要对注浆后的煤壁及顶板设置临时支护。具体需要注意的内容如下:

①严格依据注浆工艺的具体要求,科学设计钻孔孔径和深度,针对钻孔的孔径、钻孔深度、倾斜角度等各项内容都要严格依据巷道地质情况进行调整,在具体调整时,为了确保调整合理,每次调整不得过大,要进行微调,避免出现一次调整过大,需要重新调整现象,保证整体调整合理性,达到最终调整目的;

②对于施工中采用的注浆机、注浆材料桶,可以采用吸料管将两者连接到一起,完成连接后,施工人员要对连接紧密性进行检查,确保整体连接紧密,如果发现出现了漏气情况,必须第一时间调整,保证连接紧密,不会由于漏气问题而对后续工作开展造成不良影响。施工作业开展时,利用启动压力活塞作用,将原材料注射到地层中,并让其深入到缝隙之中,由于注入到缝隙中的浆液会快速凝固,因此施工人员要保证施工过程紧凑,而且必须保证注浆压力始终保持在 3MPa 以上,确保注浆压力能够达到要求标准;

③为了保证煤壁缝隙填充紧密,需要在确保采用的注射枪应用时不会吸取浆液之后,才能停止注入浆液作业,保证注浆质量能够得到要求标准;

④完成注浆作业之后,相关工作人员要采用树脂材料全面清洗管路、注射枪,清洗必须要彻底。完成清洗后,工作人员要对清洗效果进行查看,如果通过查看发现清洗不到位,要再次清洗,直到清洗效果能够达到要求为止。开展下一轮注浆作业时,施工人员要重复上述步骤,完成全部注孔作业作业后,要清洗作业中采用的多功能泵及附件。

4 破碎顶板注浆加固效果分析

① 16321 运输顺槽掘进到 452.5m 处,施工人员要对顶板进行注浆加固作业,而在巷道掘进到 485.5m 处时,停止注浆施工作业,一共施工了 12 个注浆钻孔。采取注浆方式对巷道顶板进行加固,经过加固后工作人员要对作业现场具体情况进行全面观察,通过观察能够发现,注浆后,顶板煤岩体单体轴抗压强度有所提高,整体强度达到了 48.5MPa,这大幅度提高了岩体胶结稳定性,煤岩体韧得到了提高,而且与注浆前进行对比,煤岩体韧性提高了 2~3 倍左右,针对顶板破碎岩体 3.2m 范围内出现的裂隙进行了填充,保证巷道顶板锚杆支护效果良好,能够达到预期,同时,在作业现场采用的锚杆锚固失效率降低显著,由原来 13.5% 失效了降低到了 3.2%;

②采取注浆加固方式处理了破碎顶板后,安装顶板离层仪,应当每间隔 16.5m 安装一台,完成安装之后,要指派专人对现场情况进行勘查,观察需要持续 30d。

通过观察可以发现,采取注浆加固处理后,能够大幅度提高破碎顶板力学性能,减少甚至规避顶板破碎现象的发生,顶板并未发生离层现象。但是,从具体情况来看,遭受到顶板蠕变变形影响,顶板随着时间推移,局部发生了较为显著下沉现象,通过量测可以确定,下沉量约为 0.13m,利用注浆液将破碎顶板黏结合到一起,采取超前注浆方式处理,可以大幅度提高作业面中围岩整体性,以及巷道岩体承载力;

③掘进巷道破碎顶板注浆加固,能够使锚杆支护初始条件能够得到大幅度改善,提高巷道顶板稳定性,这为后续相关工作开展提供了一个安全作业环境,一方面加快了巷道掘进速度,降低了巷道支护费用,确保了掘进作业施工安全性与可靠性,另一方面巷道受到采动压力影响,保证巷道具有良好支护效果,为日后破碎顶板下掘进工作开展提供了一条合理途径。

5 结语

总而言之,矿山开采是一项复杂过程中,在具体开采作业时,巷道掘进期间经过断层应力区时,顶板围岩力学结构在巷道掘进时会遭受到破坏,这会导致巷道顶板出现冒落、破碎现象,从而诱发严重安全事故。因此,为了确保矿山开采作业顺利进行,需要采取注浆加固技术对巷道顶板进行处理,使岩体能够重新组合,提高围岩稳定性,实现对围岩破碎、下沉等各种不良现象的有效控制。

参考文献:

- [1] 陈跃朋,程宝军,张天山.超前注浆加固技术在工作面断层中的应用研究[J].技术与市场,2021,28(09):92-93.
- [2] 陈建明.高地应力掘进工作面过地质构造带超前注浆加固技术[J].山东煤炭科技,2021,39(03):12-14+16.
- [3] 赵志超.注浆加固在强动压软岩巷道支护中的作用[J].矿业装备,2021(04):18-19.
- [4] 张勇.注浆加固技术在综采工作面过断层时的应用[J].江西煤炭科技,2021(03):69-71.
- [5] 杨志磊,汪鹏,胡海永.弱面影响下深部大断面巷道修护加固技术研究[J].山东煤炭科技,2021,39(07):104-106+109+112.
- [6] 龙凯,孙启博,韩长乐,陈生坤,孙晨科.浅埋卵石土层隧道地表注浆加固技术数值模拟分析[J].西安工业大学学报,2021,41(03):280-284+299.
- [7] 耿耀强,赵腾飞,陈建明,胡国和.复杂地质条件下综放工作面过断层注浆加固技术[J].煤矿安全,2021,52(06):117-122+128.
- [8] 张占峰.注浆加固技术在综采工作面过断层中的应用研究[J].山西化工,2021,41(03):168-170.
- [9] 郭鹏.大采高工作面煤壁片帮机理与采后注浆加固技术研究[J].煤,2021,30(05):48-49.