

Application analysis of anchor support in coal mine roadway excavation

Jun Zhao Jiubin Hu Qiusheng Liu

Yanzhou Coal Industry Co., Ltd. Xinglongzhuang Coal Mine, Jining, Shandong, 272102, China

Abstract

As a cornerstone of China's energy system, coal plays a pivotal role in both economic development and daily life. With increasing mining depths and complex geological conditions, traditional support methods have become inadequate. Anchored support technology has emerged as the mainstream solution due to its superior performance, operational efficiency, and cost-effectiveness. This study systematically examines the application of roadway anchoring in coal mine excavation, identifies existing challenges, and proposes practical implementation strategies to enhance safety and operational efficiency in coal mining operations.

Keywords

Coal mine excavation; roadway anchoring; support technology

煤矿掘进巷道锚杆支护的应用分析

赵军 胡久彬 刘秋生

兖州煤业股份有限公司兴隆庄煤矿, 中国·山东 济宁 272102

摘要

煤炭是我国主体能源之一, 在我国的经济建设和人民生活中占据着十分重要的地位。随着煤矿开采深度加大和地质条件复杂化, 传统支护方式已难以满足需求, 锚杆支护技术因支护效果好、施工便捷、成本低廉成为主流。因此, 本文主要探讨了煤矿掘进巷道锚杆支护技术的应用分析, 明确锚杆支护方式的应用、存在的问题, 并提出煤矿掘进巷道锚杆支护的应用路径, 以期能够为煤矿的安全生产和高效开采提供有力保障。

关键词

煤矿掘进; 巷道锚杆支护; 支护技术

1 引言

煤矿生产主要是在巷道中进行, 而煤矿巷道承担着运输煤炭、通风供氧、排除积水、维护人员通道的作用, 其中巷道的稳定性将直接影响到煤炭的开采速度与安全水平。由于煤矿开采越深、地质条件越来越差, 煤矿掘进巷道所需要的支护要求也越来越高。由于传统的木支架或金属支架支护形式不能满足现在煤矿生产高强度高负荷的工作需要, 并且同时伴随有施工周期长, 支护力弱, 存在安全隐患等问题, 所以已经被淘汰。而锚杆支护则能够有效的克服以上不足。但是锚杆支护还存在着一些问题, 比如机械程度低, 相关的配套技术手段滞后, 锚杆支护一体化发展也受到阻碍等, 所以针对煤矿掘进巷道锚杆支护方面的应用进行分析是很有必要的。

2 煤矿掘进巷道锚杆支护方式的应用

2.1 顶板支护

顶部板保护是煤矿掘进巷道锚杆支护的关键运用之一, 在巷道开挖后没有了原生的支撑, 顶部岩石极易出现坍塌或者冒顶的情况, 在这种情况下只有采用有效的支护措施才能够确保巷道的稳定性与工作人员的安全。锚杆支护技术就是靠锚固力的作用把顶板岩石与巷道支护体系结合成整体, 然后对其进行加固。而锚固手段往往受到岩层本身的性能影响比较大, 在进行实际施工中经常会因为岩层的不同状态而选用不同种类、长短和直径大小的锚杆, 并且考虑布置方式的不同来采用锚杆固定。由于其具备较强的锚固力, 在面对岩性较好、节理不发育的顶板时, 常采用长度为 1.5 ~ 2 m 的单根锚杆。在面对岩质较差、节理发育的顶板, 需要使用长度大于 2.5 m 的长锚杆或者组合锚杆, 甚至使用预应力锚杆来提高锚固力。当进行精确、严谨的顶板支护后能使得顶板岩石的位移量 < 3 cm, 变形量 < 5 cm, 从而保证巷道的稳定与作业安全。

【作者简介】赵军 (1998-), 男, 中国辽宁昌图人, 本科, 助理工程师, 从事掘进支护研究。

2.2 侧墙支护

侧墙支护是煤矿掘进巷道锚杆支护必不可少的一个环节。在煤矿掘进时，由于煤体的采动而引起巷道两帮易发生片帮及垮塌事故，利用锚杆支护的技术，把锚杆固定在侧墙岩层中，利用锚杆与支护结构整体联结在一起的方法可有效提高侧墙的整体稳定性和抗压承载能力，并能承受超前所估的价值达两倍的力值。确定侧墙支护时，锚杆布置需要结合巷道断面、岩石情况及开采需要而定。对于直墙巷道的支护，往往采取锚杆垂直布置于巷道两侧墙面上；斜向布置于巷道两侧墙面（夹角 45° ），一般单根锚杆孔距 $1\sim 1.5\text{m}$ ；对于曲墙巷道的锚杆支护则是根据不同的曲率来布置锚杆的方向及锚杆间的距离，并让锚杆与巷道围岩贴合紧密，最终达到巷道支护的目的。除了锚杆外还可以采用钢带、网片等辅助材料同锚杆组合一起施工成更多的支护体系。由锚杆和辅助材料构成的组合支护系统，不仅可以增加系统的强度和刚度，还可使支护效果提高 30% 以上，因此可以有效提高巷道的稳定性，有利于保证煤矿的安全生产。

2.3 交叉点与断层地带支护

在煤矿掘进巷道中的交叉点和断层带是最难支护的部位，由于这些地点的地质构造异常复杂、岩石极破碎、应力高度集中，经常造成严重的变形或破坏，所以支护相当困难。在锚杆支护的应用中，这些地方支护更加复杂。在交叉点的支护过程中，使用长度大于 3m 以上的加长锚杆或预应力锚杆、组合锚杆等高强度材料都是很好的选择。使用这些支护强度加强措施后可以使交叉点处的支护强度提高百分之五十左右，抵抗地质变化的压力。此外，在断层带的支护中除用一般的锚杆支护外还要针对断层带宽度、倾角、岩性等情况进行特殊支护，如对宽度大于 2m 的断层带可以采用注浆加固的方式对裂缝灌注高强浆液填充裂缝及岩石内孔，并增加填浆加固；也可采用架立钢架形式来加强，这样不仅可以使锚杆起到良好的支撑作用，还可以有效地维持断层带的整体稳定性。

3 煤矿掘进巷道锚杆支护中遇到的挑战

3.1 设备机械化程度不足

巷道锚杆支护技术是煤矿开采过程中的一项重要技术手段，决定着煤矿开采的安全与开采效率。但是目前，大多数煤矿企业还处于机器自动化水平不足的状态，对于巷道锚杆支护技术作用发挥的空间也不大。从机械设备的使用方面看，机械设备的运转并非完全自动，在使用的过程中无法实现机械设备本身智能化程度的提高，这对于人工作业而言无疑是一项巨大的压力。如在煤矿开采过程中，对于锚杆支护技术来讲，需要用到的机械设备有掘进机和锚杆机等。如果这些机械设备不具备智能化，那么就需要相关人员投入大量的精力进行人工操作，不仅增加了他们自身的劳动强度，而且增加了事故发生的概率；其次，由于煤矿企业更新速度较

慢，并没有形成一套完善的检修体系，在更新过程中会出现浪费较多资金的情况。

3.2 相关配套技术滞后

煤矿巷道掘进工作对施工技术的要求很高，与其他行业的施工要求相比更加严格。矿井巷道掘进是由许多施工部门所完成的，只有这些部门之间紧密协作才能获得良好的施工效果，但是在目前矿井掘进巷道锚杆支护的过程中还存在着一些问题，比如：相关配套的技术相对滞后，在这种情况下就会影响到各个部门间的沟通，同时也会影响整个施工进度，并且有可能会造成挖掘速度受到影响，进而对日常施工造成不良影响。一方面，煤矿掘进巷道锚杆支护技术配套技术滞后，不利于施工部门间信息互通。煤矿巷道掘进需要地质勘查、施工设计、施工管理等部门协同配合，但由于配套技术落后，导致各部门间的信息传达不畅，无法及时传递，最终影响到了施工进度、质量等，如地质勘查部门获取的信息不能及时传递给施工设计部门，会造成施工设计方案不符合实际条件的情况发生；另一方面，配套技术落后也会使煤矿掘进巷道锚杆支护技术的掘进速度不能得到保障。因为煤矿巷道掘进的速度直接关系到煤矿开采效率。因为配套技术落后，在于井下掘进中会出现的一些问题没办法及时得到解决，就会影响掘进速度。比如在掘进的时候，有可能要用到特殊的支护材料或支护设备，但是由于配套的技术跟不上，没有及时准备好相关的材料或设备，那么就会影响掘进的速度。

3.3 锚杆支护一体化发展受阻

在煤矿掘进巷道锚杆支护过程中，一体化发展受阻是目前遇到的一大难题，其主要体现在：煤矿施工规模大、巷道多，必须将锚杆支护技术与其它施工技术相结合，形成一套完整的、相辅相成的一体化作业模式。但在实际应用过程中，一体化技术的实施效果差强人意，一是因为施工现场不可控因素较多（如：地质、施工环境）导致锚杆支护技术无法达到规定标准、规范；二是锚杆支护技术在实际应用过程中效果不及预期，最终会导致巷道难以达到稳定、安全的状态。另外，因设备体积大且多数为重型设备使得作业现场安全管理难上加难。如在掘进期间，由于设备要进行反复多次搬运，不仅耗损严重，还有可能使现场安全风险变高。同时，体积较大还会造成现场过于狭小，不利于锚杆支护技术的应用，所以就有些煤矿现场而言，难以应用这一项技术。究其原因主要还在于煤矿采掘和支护尚未实现一体化和智能化，我国现有的锚杆支护技术整体上只实现了支护与掘进的技术融合，对于煤矿采掘支护的一体化还处于初级阶段，未能突破各个部门间的协作，导致一体化作业模式难以实现。

4 煤矿掘进巷道锚杆支护过程中应用路径

4.1 强化设备机械化水平

加大煤矿掘进巷道锚杆支护设备机械化水平是提升矿

井开采效率和保证矿山安全生产的有效方式。锚杆支护技术的应用需要一系列现代化的机械装备支持,包括掘进机、锚杆机、注浆机等,若是设备机械化程度高,则更容易将锚杆支护技术运用到现场当中去。一是增加智能化水平,可以大大提高工人负担,提升安全保障性。二是加快设备更换速度,完善检修体制能提高掘进速度并降低消耗。从一定程度上讲,设备的更换频率决定着设备的损耗程度以及运行效率。对于煤矿企业而言,就需要不断更新更换设备,并将废旧设备进行淘汰掉,进一步提高设备的运行效率。并且,建立健全检修体制,能够及时排查出并处理好设备的故障问题,从而预防在掘进过程中因为设备的问题而产生中断的情形,如此便可在很大程度上提高掘进的速度。三是提高设备适应性,能够针对不同地质条件下的锚杆支护。不同的地质条件要求不同的锚杆支护技术,煤矿企业在实际工作中要根据具体情况合理选择设备。

4.2 对巷道锚杆支护配套技术进行优化

为了实现巷道锚杆支护的最佳状态,第一步就是技术研发准备阶段,要开发出综合性的掘进系统,结合智能化的管理理念,使得开采出来的煤量逐年的增加。因此需要引进先进的掘进设备,如自动化掘进机、智能化锚杆机,并且在数据的采集和监控下对掘进的各项参数进行动态的分析和调整,以此来满足自身掘进速度的要求,还能保证掘进的安全性。第二步是在施工条件和作业的地质勘测结束后,应保障地质数据的准确性,也就是借助于高精度地质勘探手段,比如使用三维地震勘探或者地质雷达获取煤矿井巷地质资料,以便给出巷道施工支护数据,并根据地质情况选择锚杆的类型、长度、直径以及布置形式,进而做好锚杆支护。第三步是在掘进作业方案编制时需要完善除尘系统的建设,因为煤矿生产会产生大量的粉尘,对于工人身体健康以及设备寿命都有着很大的危害,在使用高效除尘器来降低粉尘影响的同时,能够使得工作质量有所提升,根据一体化生产模式,将掘进—支护—运输连接起来,这样才能使井巷开拓更加顺利,也可以进行综合化的处理,来提高施工速度。

4.3 完善煤矿掘进巷道锚杆支护一体化

为促进煤矿掘进巷道锚杆支护的一体化发展,一方面应强化信息化建设,在煤矿掘进巷道锚杆支护中应用信息化管理平台采集数据,对锚杆支护各环节数据信息开展实时采

集、分析与处理工作,以便于实现对整个锚杆支护过程全面监测与控制;另一方面,在利用信息化管理平台实现与其他施工技术共享、协同工作的基础上,可大幅提高整体工程效率与工程质量。其次,优化施工工序。合理优化施工工序对锚杆支护的一体化发展具有重大作用,在针对煤矿掘进巷道锚杆支护的过程当中通过对整个工序进行统筹优化,有助于整个工序的工作开展,避免大量的重复性工作、浪费劳动力的情况发生,并且也能够避免在工作开展的过程中出现类似错误等影响工作效率的问题,进一步确保煤矿掘进巷道锚杆支护中工序更为顺畅开展。此外,优化施工工序还有利于其他施工工序的融合,以此来提高煤矿掘进巷道锚杆支护一盘棋的实施效果。同时,不断推动技术创新,创新锚杆支护技术,增强锚杆支护效果与质量的同时,降低锚杆支护施工的成本以及危险性。

5 结语

煤矿掘进巷道锚杆支护技术是煤矿开采工程中确保巷道稳定及作业安全的重要手段,根据煤矿掘进巷道锚杆支护应用情况的分析,详细阐述了锚杆支护的顶板支护、侧墙支护、交叉点、断层带锚杆支护技术;锚杆支护过程中存在的设备机械化程度低、配套的技术不到位、锚杆支护一体化难度大等问题。在煤矿掘进巷道锚杆支护期间,要提高设备机械化程度,完善巷道锚杆支护配套技术,完成煤矿掘进巷道锚杆支护一体化,并且利用智能化管理方式完善除尘系统,有效提高开采效率,以满足国家经济发展需求。煤矿掘进巷道锚杆支护技术不仅要与时俱进地革新和完善锚杆支护技术,还要注重同其他施工技术的互相衔接协调,并以此实现锚杆支护的一体化作业形式。只有这样才能切实保证煤矿开采工程的安全、高效和稳定开展,成为我国煤矿发展的坚强后盾。

参考文献

- [1] 杜建新,姜春力,黄明明.煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(12):160-162.
- [2] 余鹏祥.锚杆支护技术在煤矿掘进巷道中的应用[J].凿岩机械气动工具,2025,51(04):148-150.
- [3] 张龙宝,张金锋,徐晓燕.煤矿掘进巷道锚杆支护方式的运用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(02):158-160.