

巷道掘进支护技术在采煤工程中的应用

周 强

国家能源集团神东煤炭布尔台煤矿 内蒙古鄂尔多斯 017000

摘 要: 综放开采技术极大的提高了我国煤矿开采的效率, 取得了较好的应用效果, 推动了我国煤炭产业向高产高效方向的发展。围岩支护技术作为综放开采技术的关键, 在保证煤矿开采过程中的安全和回采率方面具有重要的作用。由此可见结合实际的工作经验, 研究巷道掘进支护技术在采煤工程中的应用, 对于保证掘进巷道内煤炭开采安全性和稳定性具有重要的意义。

关键词: 巷道掘进; 支护技术; 采煤工程; 应用

Application of support technology of roadway excavation in coal mining engineering

Qiang Zhou

Boertai coal mine of Shendong coal mine of national energy group Ordos 017000, Inner Mongolia

Abstract: Fully mechanized caving mining technology has greatly improved the efficiency of coal mining in China, achieved a good application effect, and promoted the development of the coal industry in China towards high yield and high efficiency. As the key to fully mechanized caving mining technology, surrounding rock support technology plays an important role in ensuring safety and recovery rate in the process of coal mining. Therefore, it is of great significance to study the application of roadway excavation support technology in coal mining engineering in combination with practical work experience, for ensuring the safety and stability of coal mining in tunneling roadways.

Keywords: roadway excavation; Support technology; Coal mining engineering; application

1 巷道掘进施工和支护技术

煤矿巷道掘进施工是煤矿生产建设中的重要组成部分, 采取一定措施和伙房对岩石进行爆破, 形成合理的巷道空间, 并采取支护技术, 为采煤生产提供良好的条件。巷道掘进施工技术中通常采用钻眼爆破技术, 爆破深度由施工技术和施工组织决定。布置炮眼要注意炮眼间隔距离, 考虑煤层强度因素。掏槽作业可采用单项掏槽技术, 如果是炮眼较深的掏槽, 可采用复合式掏槽方式, 提高掏槽效率。如果遇到软煤夹层, 掏槽要在软煤带进行。如果断面过小, 减少辅助炮眼。煤矿巷道断面要满足装煤作业的需求, 采用装煤机和装载机相结合的装煤方式, 提升装煤效率。如果断面过小, 考虑到装载条件, 可选择小型装载机装煤^[1]。

煤矿巷道支护最常见的是锚杆支护技术, 锚杆支护应保证锚固区的围岩处于压力下, 减少对围岩的拉力, 防范和控制离层现象和裂缝变形。锚杆支护的强度是评

价支护质量的重要指标, 预应力应符合工艺要求。锚杆支护中, 预应力扩散是降低支护强度的主要因素之一, 采用金属网、钢带等构件, 与锚杆结合, 提升支护体系的预应力。

1.1 锚索支护

巷道支护技术的选择与巷道周边岩层地质情况有直接关系, 不同类型的岩层其结构特性差别比较大, 而且在整体应力作用类型上也有很大差异, 在这种情况下很容易出现巷道岩层坍塌的严重问题。在巷道支护作业中经常遇到软岩层, 此类岩层支护难度比较大, 因其抗形变能力比较差, 而且容易在外部环境影响下出现碎裂掉落的情况。目前针对此类岩层在支护过程中主要采用锚索支护技术, 通过锚索固定以及金属网防护来有效稳固岩层结构, 增强其对外部力学因素的抵御能力。锚索支护技术在大跨度断面支护方面有比较好的应用效果, 在冒顶区也能很好的凸显自身承载力大的特点。

1.2 锚杆、锚注支护

锚杆支护是巷道支护的常规支护技术，根据巷道周边岩层的实际情况来计算锚杆长度、直径、角度以及深度等相应参数。锚杆进入后能够增加岩层整体的密实度，进而强化岩层的承载力。一般来讲锚杆支护在软岩层有比较好的应用效果，而且可以与其他支护方式很好的结合，共同增加巷道稳固性。此外，锚杆支护整体成本较低，经济性比较好，因此在巷道支护中有广泛应用。锚注支护以喷射混凝土为主，不同岩层所使用的混凝土成分方面有一定的差异，通过打孔注浆的方式来改变航道周围的岩层整体状态。混凝土具有更好的盈利承载和抗形变能力，因此也能够更好的实现支护效果。锚注支护、锚杆支护都可以与其他支护手段共同用于巷道支护中以强化航道稳固性。煤矿巷道因为围岩本身结构不稳定，遭受浸泡软化，并且存在锚杆锚索支护技术应用方案设计的合理，支护效果大大减弱，可在研究冒顶问题解决措施的时候，加强锚固的作用。①延长锚杆的长度，根据实际将顶板锚杆进行更换，其他零件参数保持不变。②更换顶部位置中锚索的规格尺寸，在增加直径的同时，适当延长长度。此外，还要对安装施工过程进行考量，每一排锚索之间的距离设置要与更改的尺寸先适应，或在其中间增设锚索，出现冒顶现象的巷道区域要采取T型钢带来强化支护作用，保证巷道岩体遭受水浸后，锚索还能够发挥锚固作用。

1.3 U型钢支护

U型钢也是目前巷道支护的一种主要技术，应用也比较广泛，其优势在于受压后整体受力状况相对均匀，不容易出现单点受力的情况，而且一旦围岩整体作用力增加U型钢本身也能产生一定的压缩进一步适应压力。U型钢支护包括放中、腰线、挖柱窝、上梁、加固、填充几个步骤。在作业流程固定的情况下，U型钢及其构件质量过关则支护效果比较好，整体支护技术难度不是很大，也可配合其他支护技术共同完成巷道支护工作。

2 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的影响因素

2.1 围岩强度

煤炭采矿工程巷道周围岩石直接支撑起整个巷道安全通行，如果围岩强度不足则容易出现巷道塌方事故，因此围岩强度足够时则可以采用简单的支护技术和装置保证巷道负载能力符合要求即可。但是围岩强度不足时必须通过巷道支护技术保证巷道负载能力符合要求之后才能继续掘进，否则只能不断对巷道进行加固。

2.2 地质条件

伴随着我国社会的不断进步以及科学技术水平的不断提高，我国的煤矿开采行业已经进入到更进一步的发展当中，突破了深井开采阶段。根据相关数据显示，我们可以了解到我国有一半的矿井的煤炭埋深已经超过了10m之深，但是不可忽略的是，这样也更加增加了煤矿开采的危险性，导致矿井内部的地质环境也受到了十分严重的影响，进而使得我国在煤矿开采的过程中应用煤矿巷道掘进支护技术受到了阻力^[2]。

2.3 地应力

煤炭采矿工程巷道受到的最大压力就是地应力，地应力指的是煤炭矿山整体对巷道的压力。如果巷道周围山体在地应力的压力下发生岩体位移，巷道就有可能出现塌方情况。因此为了减少地应力对煤炭矿山巷道的影响，必须保证巷道支护技术能够起到足够的保护作用，否则巷道时刻处在危险之下。

3 巷道掘进支护施工的难点及要点

3.1 巷道掘进支护的施工难点

巷道所处地质条件的特殊性和复杂性，给掘进支护施工技术的应用带来了一定难度，主要体现在：软岩整体强度偏低，再加上岩体易变形破碎，难以保障支护结构的稳定性；巷道围岩正处于应力较为集中的地区，岩层在这种情况下即会变为软岩状态，且随着巷道应力值的不断增加，稳定性会由此减弱；巷道岩层中含有很多遇水易膨胀的黏土矿物质，如果不及时对其实施防水处理措施的话，可能会发生雨水坍塌事故^[1]。

3.2 巷道掘进支护的施工要点

(1) 精确把握施工时间。在巷道掘进支护施工中，围岩会有一段时间处于相对稳定的状态，虽然其自稳时间较短，但在施工中完全可以利用该时间段完成支护作业；

(2) 优化巷道位置。在施工开始前，需对巷道所处围岩的种类及分布情况进行勘察，并结合勘察结果设计合理的掘进路线，尽量避开应力高度集中区域；

(3) 选择合理的支护断面。在巷道掘进支护施工中，常采用的巷道断面有椭圆形和马蹄形两种，可结合围岩的受力情况和巷道尺寸进行选择；

(4) 提高围岩强度。为进一步增强软岩的强度，在实际施工中多采用锚杆和注浆的加固方式提升围岩自身的承载能力，以减少后期的支护维修费用；

(5) 提高围岩支护表力。巷道岩层表面的完整性直接关系到整个支护结构的稳定性，且岩层表面越完整，巷道的支护效果就越好。在巷道掘进支护施工中，可以通过喷水泥浆或锚杆增加预应力的方式，来提高围岩支

护表力;

(6) 提高围岩的自承能力。在巷道掘进支护施工中, 应充分考虑到围岩的易变性, 根据应力大小适度采用让压、卸压的方式, 以实现有效加护^[3]。

4 巷道掘进支护技术设计

4.1 支护技术设计方法

目前掘进巷道锚杆支护技术设计方法包括工程类比法、理论计算法、仿真计算法和信息化设计方法, 其中应用较为广泛的是工程类比法。此处支护技术设计方法采用工程类比法, 其主要是以支护系统和现有资料为基础, 资料包括巷道围岩的地质条件、水文情况、工程环境等, 通过类比分析已有成熟支护技术资料及经验, 进而提出巷道掘进支护技术参数。

4.2 沿空巷道围岩控制措施

(1) 巷道掘进位置及预留煤柱宽度确定。巷道掘进位置的合理与否对巷道围岩的控制稳定性起着决定性的作用, 因此巷道位置确定时需要使其避开较大的采空区侧向力的最大值位置, 以此降低围岩支护的技术要求。结合沿空巷道掘进过程中的安全稳定、工程进度、支护强度、运维成本等因素, 将预留煤柱的宽度设置为 $8\text{m}^{[4]}$ 。

(2) 巷道锚杆支护参数设计。煤矿掘进巷道的截面形状为矩形, 规格为 $2700\text{mm} \times 3000\text{mm}$, 运用工程类比法, 结合巷道围岩的非对称性的结构特点, 锚杆支护采用非对称模式。为了保证工作面的回采施工顺利进行, 巷道下帮实体煤柱的支护采用树脂锚杆支护, 主要是为了降低回采过程中对于采煤机的损伤程度。具体设计参数如下。①顶板支护参数。锚杆的排间距设置为 1m , 单排锚杆的个数为5, 各个锚杆之间的距离为 0.7m ; 要求巷帮附近的顶锚杆设计成与垂线方向呈 30° , 除此之外的锚杆与顶板向垂直即可; 锚杆的杆体采用 $\Phi 20\text{mm}$ 的左旋无纵筋高强度螺纹钢锚杆, 长度尺寸为 2.4m ; 树脂采用2个树脂药卷, 其中一个规格采用K2335, 另外一个规格采用Z2360, 锚杆固定孔的直径尺寸为 $\Phi 28\text{mm}$; 钢筋托梁采用 $\Phi 14\text{mm}$ 的钢筋通过焊接工艺完成, 最终长度尺寸为 2.7m , 宽度尺寸为 50mm ; 托板要求强度足够, 采用钢板尺寸为 $120\text{mm} \times 120\text{mm} \times 10\text{mm}$, 网片采用了孔型为菱形的金属网, 规格尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$; 锚索的排间距设置为 2m , 单排锚索的个数为2根, 二者之间的间距为 1.2m ; 锚索的长度为 5.5m , 直径尺寸为 $\Phi 15.24\text{mm}$, 要求安装外漏的长度 $\geq 250\text{mm}$; 锚索的固定运用树脂药卷进行端头锚固, 要求每个锚索采用3个树脂药卷, 其中一个规格为K2335, 其余两个规

格为Z2360, 锚固的长度尺寸为 1.5m , 锚索的托板采用了 1.1m 的工字钢, 中部开孔尺寸为 16mm 。②巷帮支护参数。锚杆的排间距设置为 1m , 单排锚杆布置6个, 锚杆之间的距离为 0.7m ; 要求上下角位置的锚杆与水平线之间的角度为 10° , 其余均设置为垂直煤帮; 上帮锚杆的杆体采用16#左旋无纵筋高强度螺纹钢锚杆, 锚杆杆端尾部螺纹长度为 180mm , 要求固定孔的直径尺寸为 28mm , 下帮锚杆使用20#的树脂锚杆, 锚杆长度尺寸为 2m ; 树脂锚杆的固定采用2个树脂药卷, 其中1个规格为K2335, 另外一个规格为Z2360, 锚固深度为 $900\text{--}950\text{mm}$; 网片运用菱形金属网护帮, 网孔的直径大小为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。

(3) 施工工艺。掘进巷道支护施工的具体工艺流程如下: 巷道的掘进→打掉巷道内部的危岩→巷道顶板与两帮金属网的铺设→前探梁的安装固定→煤炭采出→设置巷道顶板位置的锚杆→设置巷道两帮的锚杆→锚杆的安装固定→继续进行巷道的掘进。锚杆安装过程需要紧跟工作面的施工完成, 最大的空顶距离要求满足 $\leq 0.7\text{m}$, 严禁空顶进行作业, 具体工艺流程如下: 锚杆的定位放线→锚杆固定孔的钻屑→固定孔清理→树脂药卷、锚杆、托盘等归位→涂胶搅拌→拧紧螺母至预紧状态即完成锚杆的安装。锚索的安装要求在工作面施工之后的 $3\text{--}5\text{m}$ 位置完成, 要求锚索的预紧力 $\geq 100\text{kN}$, 具体安装工艺流程如下: 锚索定位放线→锚索固定孔钻屑→固定孔清理→安装树脂药卷及锚索→锚索托梁的就位→树脂药卷搅拌→锚索预紧力施加至规定值即完成锚索的安装。

5 巷道掘进支护技术在采煤工程应用中的优化

5.1 应用掘锚一体化技术、连续采煤机

开采的时候应用采掘机/锚杆机钻, 无法达到快速掘进的相关要求, 因而快速掘进过程中需确保掘进、支护的稳定性, 以此实现快速掘进的效果。掘锚一体化技术, 作为应用效果较佳技术, 采用连续采煤机、锚杆支护, 利于加强掘进工作的质量, 并充分发挥出配套技术的应用作用, 更好的适应井下环境、连续应用采煤机。

5.2 掘前勘查

为达到巷道快速掘进的目的, 应对开采区域地质状况作以勘查, 编制完善的施工计划, 如此可确保施工的质量和安, 获得最佳巷道掘进的效果。除此之外, 需完善掘进设备、掘进工艺, 然后保证掘进设备结构和特性、掘进工作面地质条件为相适应的状态。掘进设备完善阶段, 进行快速掘进配套设施优化处理, 掘进工作中提供供电、运输, 以及排水和通风等系统, 旨在切实提

升配套设备运行效率,为更好的实现巷道快速掘进工作打下坚实基础。

5.3 优化切割工序

为加快煤矿巷道掘进速度,应结合煤岩特性、煤岩结构,联系当地地质状况施行综掘机掘进顺序优化处理,这个过程若是发生煤矿掘进巷道煤岩硬度过大问题,会对整体运输效果构成直接影响,可遵循切割顺序经上一下落实工作;煤矿掘进巷道半煤岩巷时,建议遵循切割煤层、岩层的顺序、软—硬的顺序施行施工作业。在巷道掘进过程中,考虑到煤岩体节理和层理特点,避免受到横向切割层理因素影响,对切割速度构成直接威胁。

5.4 完善巷道支护工艺

使用机载临时支撑、钻臂,安装W钢带、钢筋网片,对支护工序作以优化处理,旨在严格控制钢带安装固定时间、金属网安装该固定时间。施工支护期间要求做好安全备料工作、上料工作、固定帮网工作等,要求在顶板支护前对两帮塑料网片、铅丝网作用固定处理。在此之后,使用支护锚索作以临时支撑、备料,以便缩短生产的时间、确保掘进工作质量。一般来讲60min顶板、两帮支护3排、掘进2.8m左右就可以。除此之外,应对原软帮垂直巷道实行布置,调整为巷道走向进行科学设置,为严格控制支护时间需在支护时进行钢筋网片安装、钢带安装。经优化锚杆支护注杆提高支护工作的质量,要求在锚杆钻孔过程中经备料人员进行锚杆球垫安装、垫片安装、托盘安装作业,同时做好技术控制工作,进而有效减少施工花费的时间。

5.5 做好施工材料准备与工序衔接工作

为有效减少生产准备花费的时间,日常生产前1d需编制掘进方案,在施工前以会议形式确保交接班工作质量,严格控制准备工作的时间。材料准备期间考虑到工

作面巷道因素影响,材料车和迎头需要保持一定的距离,究其原因因为生产支护材料、工作面的距离较远有关,因此会对生产掘进工作质量造成直接影响。因而,需要技术人员加工能够移动的材料架,每日使用皮带后确保材料架和破碎机间的距离控制在8m左右,旨在有效节省人力资源、运料时间,并且提升整体生产产出效率。

5.6 改善施工工序

生产阶段需严格控制施工工序,在煤矿快速掘进时认真执行安全保护工作,工作面生产时及时排除存在的安全隐患,做好相关防范工作。同时在生产过程中要求工作人员秉持以下原则落实工作:一看,认真查看工作环境有无安全隐患;二思考,为考虑自身行为是否会对自身及其他工作人员生命安全构成威胁;三执行,为认真落实前两项工作后以组织方式,从而提高巷道掘进安全性、完善施工工序。

6 结束语

综上所述,煤矿巷道掘进施工和支护施工对于技术的要求越来越严格,施工技术选择和设计是否科学合理直接影响着采矿工程的安全和效益。随着煤矿开采深度的增加,开采情况越来越复杂,技术人员必须对实际条件、因素进行全面分析,确定科学的施工技术,统筹协调各个作业环节,使巷道掘进施工和支护得到可靠保障,为采矿生产目标实现奠定良好基础。

参考文献:

- [1]项俊良.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].矿业装备,2018(1):96-97.
- [2]刘强,任光友.煤矿巷道掘进施工与支护技术研究[J].科技创新导报,2018,15(20):54,56.
- [3]肖丁.煤矿巷道掘进和支护技术的质量探讨[J].矿业装备,2020(4):122-123.