

# 我国煤矿巷道支护理论及技术的现状与发展趋势

贾军辉

永煤股份有限公司新桥煤矿 河南永城 476600

**摘要:** 煤炭资源在人类社会有着十分重要的地位,是人类生活必不可少的能源,在煤矿开采的施工过程中,巷道的掘进速度对整个工程的开展进度有着举足轻重的影响。在巷道掘进作业中,支护的建设技术又是其最主要的组成部分,牵动着整个煤炭开采工程的命运,使煤矿巷道支护技术得到关注。本文将围绕我国煤矿巷道掘进施工的支护工作理论及技术展开论述,对其技术应用要点进行现状分析,并对煤矿开采工程巷道掘进施工的支护技术的未来发展趋势进行研究。

**关键词:** 巷道支护; 技术探究; 煤矿巷道

## Present situation and development trend of roadway support theory and technology in Coal mine in China

Junhui Jia

Xinqiao Coal Mine of Yongmei Co., Ltd. Henan Yongcheng 476600

**Abstract:** Coal resource plays a vital role in human society and is indispensable energy for human life. In the construction process of coal mining, the tunneling speed of the roadway has a decisive impact on the progress of the whole project. In the roadway driving operation, the construction technology of support is the most important component, which affects the fate of the whole coal mining project and makes the coal mine roadway support technology get attention. This paper will focus on the supporting theory and technology of coal mine roadway excavation construction in China, analyze the current situation of its technical application points, and study the future development trend of the supporting technology of coal mine roadway excavation construction.

**Keywords:** roadway support; Technology exploration; Coal mine roadway

### 引言:

近年来我国大力发展经济,煤炭产业、矿产资源是人类生产生活必不可少的资源,是国民经济增长的支柱型产业,对社会的进步、经济的发展与人们的幸福影响深远。煤矿开采工程的巷道掘进与支护施工是煤矿开采的重要环节之一,对煤矿安全开采与高效生产有着重要的作用和影响。煤矿井下生产环境存在较多不可控因素,极易威胁到煤矿巷道的安全稳固性,进而加大煤矿巷道支护工作开展的难度。随着煤矿开采深度也不断加深,开采难度也越来越大,为了进一步保障煤矿支护结构的稳定性,提高煤矿生产的安全系数,积极开展高强支护技术研究具有重要意义。

### 1. 我国煤矿巷道支护理论现状

#### 1.1 悬吊支护理论

悬吊支护理论的主要内容如下:将锚杆悬吊在岩层上部较为软弱的地方,以此增强岩层的稳定性,有效提高煤矿巷道顶板的稳定性。对于锚杆的悬吊活动来讲,悬吊效果和悬吊岩层的厚度、悬吊岩层的层数、悬吊岩层弯曲时相对的刚度有着巨大的影响<sup>[1]</sup>。例如,在围岩顶层较为松软时开展巷道建设活动,围岩应力会进行分布,而围岩顶部会因为弯曲变形出现直接顶和基本顶分离的状况,这时候围岩顶部十分的危险,可能会出现破裂<sup>[5]</sup>。在这种情况下,通过锚杆的悬吊能够对巷道顶板岩层的下沉进行有效控制,从而达到支护的目的。

#### 1.2 联合支护理论

联合支护理论是指,当煤矿巷道的施工环境十分复杂、施工难度较大时,工作人员只采取支护技术对煤矿巷道围岩的强度进行加固是不够的,还需要采取其他支

护技术。例如，在煤矿巷道支护过程中采取组合拱处理方式，即在预应力锚杆的安装时对锚杆两端进行施工，在锚杆两端形成圆锥形分布的压应力。如果沿巷道周边布置的锚杆间距小，锚杆之间会产生压应力的交错，使巷道周围形成组合拱。在组合拱内，岩体处于三层应力的状态，使岩层承载能力增强，稳定性增强。这一理论也具备一定的缺陷，应用过程中需要后期大量的修正工作，使控制效果出现问题，从而影响围岩的稳定性。

### 1.3 松动圈支护理论

松动圈支护理论是指对煤矿巷道进行建设开发时，巷道周围呈现出松动圈的现象。这种现象的本质是煤炭巷道围岩的载荷量达到极限，使岩层出现碎胀性形变。这种情况就需要松动圈理论的支护，而且松动圈越大，支护难度系数就会越大。

## 2. 我国煤矿巷道支护技术的现状

图1为某一煤矿巷道掘进支护图例。

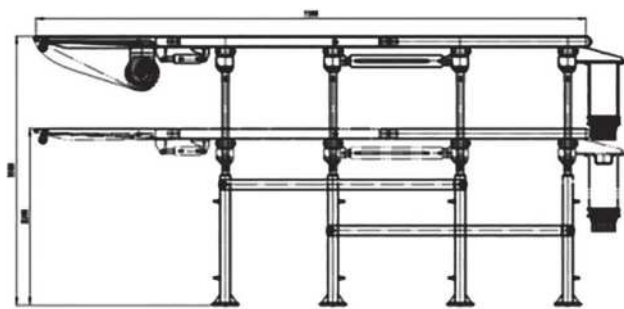


图1 煤炭掘进支护示意图

### 2.1 锚喷支护

锚喷支护技术是煤矿巷道支护技术的重要组成部分，同时也是工作人员和技术人员使用频率较高的支护技术，在煤矿巷道中得到了广泛的应用，本文对这一技术进行了深入探究。锚喷支护技术的原理是通过混凝土喷射，促进锚杆围岩形成一个支护体系。在这一过程中，通过锚杆的插入有效增强围岩的强度和稳定度，围岩未发生变形情况时会产生反向压力。在锚喷支护技术中，钢筋网和喷层具有多重性的积极作用，能够防止围岩风化，增强围岩的稳定性，分配外力，增强喷层的柔韧性，提高喷层的抗变形能力。

从护理的质量效益出发，我们可以发现，锚杆支护这一主动型支护方式主要是以提高煤矿巷道围岩的稳定性为核心，其采取的措施和策略是利用巷道围岩的自承能力，提升巷道围岩的稳定性。锚杆支护技术会对巷道围岩提供支护阻力，大大增强了巷道的稳定性和安全性；从煤矿巷道的经济效益出发，锚杆煤矿巷道支护技术的

成本要低于其他巷道支护技术<sup>[4]</sup>。因为锚杆巷道支护对钢材的使用较少，在降低钢材运输费用的同时也能够有效增强巷道的稳定性。并且锚杆支护技术不需要返修，也促进了巷道支护成本的降低。最后，锚杆支护技术已经朝着机械化方向发展，在大量节约人力资源成本的前提下也能够保证生产效率，大大提升了巷道建设的质量。

众所周知，随着煤炭这一不可再生资源的不断消耗，人类只能进行煤炭资源的深度挖掘，才能够为人类生活提供源源不断的能量支持。在深度挖掘下，挖采技术和煤炭巷道支护技术也越来越复杂。这是因为随着深度的不断增加，巷道中出现了软岩围岩，软岩围岩的承载能力差，容易受到多重因素的影响，会发生破碎现象，很容易引起安全事故，这时就需要运用巷道支护技术，增强煤矿巷道内部的稳定性，对巷道岩层进行加固，避免巷道围岩发生严重形变。在这种情况下，锚杆支护技术以其独特的优势得到了广泛的应用。锚杆支护技术能够有效增强巷道围岩的强度，控制围岩的形变。随着时代的不断发展，锚杆支护技术也在不断发展。在新时代，应该将现代测量技术和锚杆支护活动有机结合，对煤矿巷道的支护活动进行有效的监督和勘探，明确巷道应力的极值，对煤矿巷道围岩进行预应力设置，有效增强围岩的稳定性<sup>[6]</sup>。

### 2.2 锚网支护

锚网支护也是锚杆支护活动中的重要组成部分。锚网支护的技术核心在于利用围岩内部的锚杆体对围岩进行增强增固，使被锚固围岩的稳定性大大地提升，产生支护效果。对锚网的优点进行探究，我们可以发现其具备以下优点：机械化程度高、工艺简单、效率高、有效节约支护材料、支护成本较低、有较高的经济效益。凡事有利必有弊，锚网支护也存在着一些缺陷。例如，由于锚网支护的隐性支护特性，可靠性有待提升；在变形量很大的巷道内，锚网支护的效果不足。

### 2.3 锚杆桁架支护

锚杆桁架支护技术主要应用于顶板加固组合梁的构建。一般情况下，高预应力锚杆会使顶板受到挤压，能够有效增强顶板的抗弯强度，形成了组合梁。在组合梁形成之后，技术人员有效铺设桁架支护，对组合梁进行加固，通过锚杆周围的锥形压缩有效增强围岩的支撑力，把初始锚杆全部联合在一起。这样产生的积极效果是：当其中某一个锚杆失效时，其他锚杆可分担作用与压力。

### 2.4 预应力锚索支护

预应力锚索支护技术的应用过程中，锚索的作用是

增强次生承载层的稳定性。其技术应用的原理是: 锚杆支护在应用过程中会形成次生承载层, 然后通过锚索, 将其与围岩的主承载层紧密相连, 从而有效地提升围岩的稳定性和安全性。在预应力锚索支护应用过程中, 技术人员可以增大预应力, 以此加大摩擦力, 有效增强围岩的稳定性。

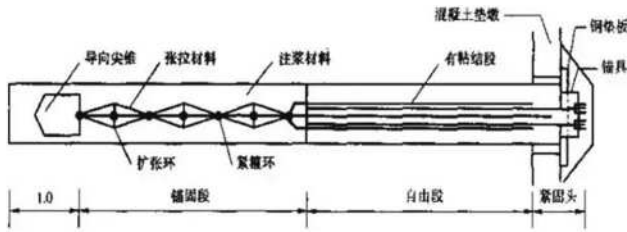


图 11-5 锚索结构示意图(尺寸单位:m)

### 3. 煤矿巷道掘进工作中存在的难点

#### 3.1 巷道地质结构

巷道地质的结构是煤巷掘进作业开展中最突出的难点问题, 其中巷道煤岩的稳定性问题是最重点的难题。在煤巷的掘进工作之下, 周边的煤岩会随着施工的程度和方向发生位移和调转。伴随着煤岩被不断破坏变形, 会经历一系列的变形转化。从最初的掌子面开始, 逐渐到缓慢变形, 进而急剧变形, 然后会变轻减缓并且最终达到一个稳定的形态。处于深层的煤岩与煤巷接触面的围岩由于结构差异, 稳定性不同, 所以在施工过程中发生的变形也各不相同。由于巷道内部的地质环境非常复杂, 煤岩的稳定性以及荷载承受能力大相径庭, 在巷道的掘进工作中很容易出现安全隐患<sup>[3]</sup>。面对如此复杂的条件, 可以采用复合拱失稳模式进行维稳, 其中包括上部垮落、下部滑移、拱脚失稳等方式, 最终通过人工手段构设支架, 帮助煤岩达到稳定平衡的状态, 确保巷道挖掘的顺利进行。

#### 3.2 支护与煤岩相互作用

隧道的支护和煤岩的动态作用关系问题也是巷道挖掘开展的重点难题, 它涉及在煤岩被破坏变形的过程中及最初未被破坏的阶段、处于掌子面前方的状态下, 获取有效的支护变形之后趋于稳定, 最终在多种复合形式的结合之下维持煤岩最终的稳定性。

支护与煤岩之间的相互作用的最终目的, 也是为了确保煤岩最终达到稳定状态并维持下去。煤岩的独立结构是无法保证长久持续的稳定状态的, 需要在煤矿开采之前, 并且煤岩仍处在最初的掌子面前方阶段时, 为其添加支护, 尽量保证支护设施与煤岩的高度契合。同时尽量缩小掘进作业对于煤岩的破坏变形效果, 确保在支

护的帮助之下煤岩在受力作用之后仍然能够达到最终的稳定态势, 保证煤矿巷道的平衡持久。

#### 3.3 掘进设备和喷浆材料

应用于煤矿巷道掘进的专业机械设备也会对煤巷的挖掘进展速度产生决定性影响。通常情况下, 煤矿巷道的挖掘以及煤矿开采需要持续数年的时间, 在这一过程中, 对巷道的支护作业以及挖掘的机械设备提出了更高的要求。在巷道挖掘后需要进行支撑保护, 支护安置完成以后要进行喷浆处理。只有采用混凝土为材料的喷浆才能够保障支护的结构稳定, 维持巷道挖掘和煤炭开采的稳步进行。如果在进行喷浆的过程中, 采用的粘连浆液偷工减料、未能达到标准, 那么巷道的支撑作业就会存在安全隐患, 支护喷浆的工作也是煤矿巷道掘进过程中的重要难点问题。

#### 3.4 掘进技术工艺

在煤巷的掘进过程中, 不仅掘进的相关机械设备和材料会对掘进进度产生影响, 作业应用的掘进工艺技术也是巷道掘进进程中急需攻克的难点。随着我国的工业不断发展, 对于煤炭的需求量增多。但我国当前采用的巷道掘进和煤炭开采的技术工艺, 还未能满足当前市场对煤炭的生产需求。从宏观上来看, 当前的掘进技术对煤炭企业的发展造成了阻碍, 无法为企业在市场当中提供竞争实力。从微观上来看, 针对位处不同地质环境里的煤层, 应当因地制宜, 采取具有针对性的先进掘进技术进行煤巷挖掘。我国当前掌握的挖掘技术虽然种类多, 但是综采机械化掘进技术、掘锚一体化掘进技术等仍然处于试验阶段, 没有完全成熟, 所以加紧掘进技术的升级优化势在必行。

### 4. 如何做好煤矿开采支护工作

煤炭支护工作关系着整个煤矿开采的安全性, 在煤矿开采过程中起着安全保障作用, 可见做好煤矿支护掘进工作的重要性不言而喻。所以, 相关单位及工作人员要切实做好煤矿开采中的支护工作, 并结合地形环境等因素, 制定相应的工作准则, 保证支护工作中每一个细节得到完善。

#### 4.1 采用吊环式前探梁

临时支护工作的重要意义就在于永久支护工程完善前, 能够确保施工人员的生命安全得到保障, 并减少因为塌方带来的各种问题。而在岩巷施工的过程中, 由于顶板容易造成碎裂, 存在安全隐患, 我们必须予以高度重视, 切实加强岩巷的临时支护工作。在工程掘进之后, 应当在第一时间把前探梁移到掌子面, 并且按照不同的

位置要求打入超前锚杆卡环, 最后将卡排进行拆卸, 从而进行永久性防护<sup>[2]</sup>。另外需要注意的是, 在做这些工程的过程中一定要及时关注锚杆出现老化失效等问题, 注意不可以上面进行吊挂卡环, 不能出现空洞的现象。还有就是施工人员一定要记得佩戴安全防护设备, 如安全帽、安全绳等, 以此保证施工人员的安全。

#### 4.2 使用吊链式前探梁

为了使施工更加便捷, 还可以使用前探式支架作为临时支架, 采用  $\pi$  型的前探梁。所选择的前探梁长度应该大于 3.5m, 以便满足我们的需求。在布置类似前探梁这样的设备的过程中, 应当严格按照所挖掘的巷道进行布置, 而且在布置中, 还要预留 1m 左右的预留空间来确保固定牢固, 所需要的的固定点最少不应少于两个。这些临时支护工作, 必须要在永久性支护工作做好之前就得到完善, 以此保障我们煤矿开采的安全性。

#### 4.3 利用混凝土进行永久支护

在做好前期的临时支护工作以后, 为了进一步提高施工的安全性, 则需要利用混凝土进行永久的支护, 这种支护方式一般用于年份较短、结构较为完整的巷道。为了确保这种巷道的岩增不会因施工造成断裂坍塌, 就要利用混凝土的坚固、耐久等特性对巷道进行永久性支护, 这种支护主要有锚网喷支护, 石碇支护等。在对煤矿挖掘到一定程度后, 还需要对混凝土支护层进行加厚处理, 以确保它的稳定性。

## 5. 结语

总之, 煤矿开采工程中巷道掘进和支护技术的合理选择与应用, 是确保煤矿工程安全生产的有效保障措施, 同时, 在促进煤矿企业的良好发展与经济效益提升方面, 也具有十分重要的作用和影响。采用合理、高效的煤矿巷道掘进与支护技术模式, 不仅具有较好的施工应用效果, 而且能够有效解决其煤矿开采工作面掘进中产生的防突问题, 促进煤炭资源的开采利用效率提升, 对煤矿企业的良好发展与经济效益提升, 也具有十分显著的积极作用和影响。

#### 参考文献:

- [1]刘德军, 左建平, 刘海雁, 洪紫杰, 文金浩, 史月. 我国煤矿巷道支护理论及技术的现状与发展趋势[J]. 矿业科学学报, 2020, 5(01): 22-33.
- [2]孟祥力, 李强, 冯乾坤, 陈勇. 煤矿巷道支护技术现状和发展趋势分析[J]. 中外企业家, 2019(09): 118.
- [3]郭国平. 煤矿巷道支护技术的应用及发展[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(02): 71-73.
- [4]王华. 煤矿巷道支护技术的研究和应用[J]. 中国高新技术企业, 2017(07): 214-215.
- [5]杨存清. 煤矿巷道支护技术现状及发展趋势分析[J]. 山东煤炭科技, 2016(08): 3-5.
- [6]吴稳. 煤矿锚杆支护现状及发展趋势[J]. 能源技术与管理, 2016, 41(02): 23-25.