

# 煤矿预应力锚杆支护研究

贾泽宇

(山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司)

**摘 要:**煤矿深层开采的危险指数非常高,需要采取特别的支护技术来提升安全支护效果。介绍了预应力锚杆支理论及其作用机理,分析了预应力锚杆支护参数设计,探讨了预应力锚杆支护技术的实际应用。

**关键词:**煤矿;预应力;锚杆支护技术

随着煤矿开采的深度不断加大,支护方式也逐渐发生改变,从原本的型钢支护逐渐发展到锚杆支护。作为煤矿开采过程中最为先进的支护技术,锚杆支护不仅达到了降低支护成本的目的,也促使煤矿深层开采的安全性增加。很多学者都投入到对预应力锚杆支护的研究当中,其分析技术应用实际效果,了解预应力锚杆支护的机理,也形成了比较丰富的预应力支理论。本文对煤矿预应力锚杆支护技术展开深入讨论,期望能提升煤炭开采的安全性。

## 1 预应力锚杆支理论

锚杆支护的主要目的是对煤矿周边的围岩进行加固处理,属于比较新型的支护方式,其和原本煤矿中所使用的限制边界位移的支护方式相比,存在原理上的差距。在深入研究锚杆构件的过程中发现,预应力锚杆支护技术将围岩的强度、结构及应力等

要素融合在一起,并且寻找其中的支护平衡点,从而达到良好的支护效果,加固围岩<sup>[1]</sup>。

在锚杆支护技术应用范围越来越广的情况下,学者们的理论研究也取得了突破性进展。在学者们的研究中,认为锚杆的刚度比锚固体的刚度更重要,其能发挥决定性作用,影响锚杆预应力。美国学者研究预应力锚杆支护技术时所得出的结论对中国预应力锚杆支护技术的应用产生明显影响。美国有学者研究表示,如果煤杆预应力为100kN,而锚杆的屈服强度处于预应力的50%~75%之间,那么此时支护效果和预应力之间存在必然联系<sup>[2]</sup>。中国在1996年开始研究预应力锚杆支护技术,并采用锚索促使预应力增加,从而提升煤矿支护效果,促使支护范围扩大。

## 2 预应力锚杆支护作用机理

预应力锚杆支护的作用可从两个层面来进行分析。

(1)锚杆的支护作用。锚杆支护本身是一种比较常见的支护方法,在本质上和木支护存在一定区别。预应力锚杆支护的效果主要体现在三方面:(a)促使围岩的弹性模量提升,强化围岩极限强度,促使围岩本身的力学特性发生改变,避免围岩在发生屈服以后出现严重变形。(b)预应力锚杆支护促使围岩的结构产生变化,结构面的强度更大。锚杆本身会让围岩受到轴向力及切向力的影响,从而使围岩自身的轴向承载力增加,其抗剪承载力也因此增加<sup>[3]</sup>。围岩的结构面在抗剪承载力的作用下避免发生较大滑移,保证围岩的完整程度。(c)预应力锚杆支护促使围岩受到一定压力,促使围岩的应力状态发生改变,围岩的支承压力在受拉区域内和拉应力相互抵消,而在受剪区域,则锚杆能在摩擦力的影响下提升抗剪承载力。

(2)预应力也会对锚杆产生作用。预应力锚杆作用到围岩中,能改善围岩的裂隙情况及变形情况,促使围岩在锚固区域范围内保持完整性,减少围岩在锚固区所受到的作用力。在锚杆支护的情况下,围岩处于锚固区时的刚度增强,极限承载力也有显著提升。预应力在施加到锚杆以后,锚杆具备较为明显的支护效果,尤其是在煤矿实际施工阶段,每根锚杆都会被施加较大的预应力,此时锚杆则会在托板等构件的辅助下将预应力扩散到围岩中,而构件也将对锚杆起到保护作用<sup>[4]</sup>。锚杆所形成的支护系统具备一定的临界支护刚度,如果支护系统的刚度比临界支护刚度小,则围岩支护效果会大打折扣,围岩也将进入不稳定状态,其载荷能力下降,从而出现裂缝。在该过程中,预应力锚杆支护对围岩变形控制所产生的作用并不明显,即便围岩出现滑移,锚杆也无法重新调整锚杆的长度<sup>[5]</sup>。因此,在设置支护系统时,需保障锚杆具备一定的冲击韧性,促使在围岩变形的情况下,锚杆有足够的变形空间,避免锚杆因围岩变形而被拉断。

### 3 预应力锚杆支护技术参数设计

#### 3.1 锚杆预应力

预应力是预应力锚杆支护技术中的重要参数,其对支护效果产生明显影响。设计锚杆支护系统需遵从支护基本原则,避免围岩出现变形或滑动情况,通过支护系统减少围岩受到的拉力作用。煤矿工程实践结果显示,调整锚杆预应力能有效控制围岩变形,促使支护系统的安全性提升。为此,在设计支护系统时都需先对锚杆预应力进行设计。根据国内外煤矿实际数据及施工经验,建议预应力在设计时处于锚杆屈服强度的30%~50%之间,且锚杆直径越大,屈服强度越高,此时设置的锚杆预应力也越高。

#### 3.2 锚杆力学参数

锚杆力学参数包含了抗拉强度、屈服强度、延伸率及抗剪切等多种参数指标。力学参数会因为锚杆材料的变化而产生变化。如果锚杆直径一样,那么在材料强度增大的情况下,锚杆所具备的载荷力也会增加。在明确锚杆材料强度的情况下,锚杆材料本身也需要具备一定冲击韧性,避免在支护过程中出现锚杆断裂的情况<sup>[6]</sup>。为此,选择锚杆时需要保证锚杆的高强度,从而提升支护效果。

#### 3.3 锚杆直径

煤矿常见的锚杆支护系统中锚杆直径主要在16~25mm。锚杆直径的设计主要考虑两个因素:a)锚杆直径需和钻孔直径保持匹配,钻孔直径和锚杆直径之差需保持在4~10mm之间。煤矿中常用的锚杆直径为28mm,但实际上其合理直径需要在20mm或22mm。

#### 3.4 锚杆长度

中国煤矿企业所应用的锚杆长度通常在2m左右,而对锚杆长度的设计需要了解锚固区范围内的承载结构,根据承载结构设计锚杆长度。如果长度

太短,则锚固区厚度则无法有效保证围岩稳定。而如果锚杆太长,又会降低锚杆承载力。

#### 4 预应力锚杆支护技术的实际应用

A煤矿为了进一步开采煤炭资源,于地下804m的位置进行施工作业。煤层埋深较大,因此需经过多条断层来开采工作面。为避免围岩出现严重变形,考虑具体施工条件,制定了预应力锚杆支护方案。

该方案应用之前,对预应力参数进行优化,并根据作业面的不同区段分别采用了两种支护方式,一种是普通的锚杆支护方式,另一种则是预应力锚杆支护,并且对围岩的变形量情况进行了测量,结果如图1所示。从图1可了解到:在普通锚杆支护方案中,围岩的变形比较明显,且后期围岩一直处于变形状态;而在预应力锚杆支护方案中,围岩两侧的变形情况均被控制在合理范围内,且后期围岩变形也得到了有效控制。

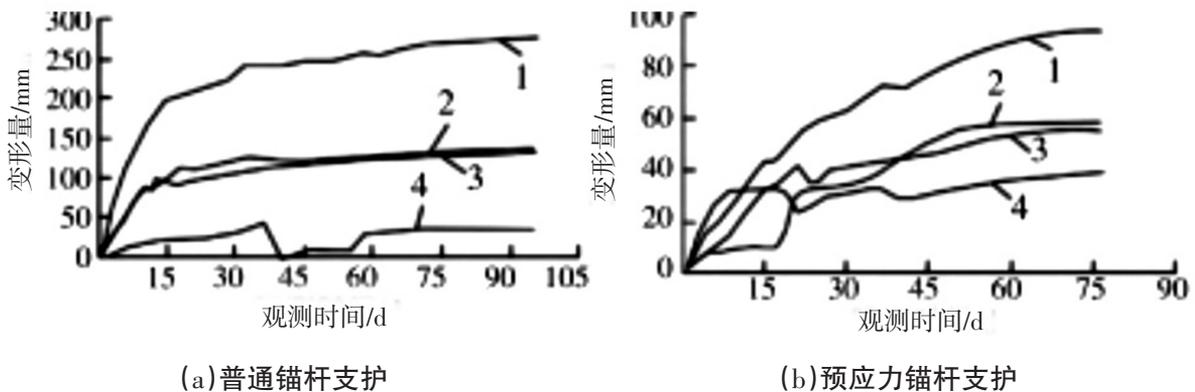
#### 5 结语

总而言之,对煤矿开展支护工作,需要保证支

护技术的安全性和经济性。预应力锚杆支护技术作为最新的支护技术,比其他的支护措施支护效果更好。在调整预应力锚杆参数的情况下,能灵活设置预应力大小,迎合煤矿围岩特性变化,促使支护效果得到优化。而预应力锚杆支护本身具备坚实的理论基础,很多学者也对该技术进行了模拟试验,能使其实际应用过程中具备科学的参考依据。

#### 参考文献:

- [1] 黄小平. 骆驼山煤矿预应力锚杆支护技术分析[J]. 陕西煤炭, 2019, 38(2): 87-89.
- [2] 崔少华. 浅析煤矿巷道预应力锚索支护技术[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(4): 46-48.
- [3] 刘洋. 煤矿巷道预应力锚索支护技术的实践应用[J]. 机械管理开发, 2020, 35(3): 139-141.
- [4] 司红勇. 高预应力锚索锚杆联合支护技术在东峰煤矿的应用[J]. 煤炭与化工, 2018, 41(2): 56-58.
- [5] 李兆来. 深部煤矿开采沿空留巷应用高预应力锚索支护技术可行性分析[J]. 消费导刊, 2019(8): 216.
- [6] 谭小康. A煤矿超深巷道预应力桁架锚索支护技术及工程实践[J]. 能源与节能, 2019(6): 166-168.



(图中:1.未采用锚杆;2.采用普通锚杆;3.采用预应力和普通混合锚杆;4.采用预应力锚杆。)

图1 不同锚杆支护方案的支护效果