

# 锚桩支护体系中锚杆预应力对支护效果的影响研究

褚建伟

呼伦贝尔学院 内蒙古 呼伦贝尔 021000

**摘要:** 锚桩支护体系中, 锚杆预应力作为关键参数, 直接影响支护结构的稳定性与效能。研究表明, 合理调整预应力水平能显著提升支护体系的刚度与变形控制能力, 有效抵抗岩体位移, 确保工程安全。通过系统实验与数据分析, 揭示了预应力大小与支护效果之间的量化关系, 为优化支护设计提供了科学依据。

**关键词:** 锚桩支护体系; 锚杆预应力; 支护效果

锚桩支护体系作为岩土工程中的重要技术手段, 其支护效果直接关系到工程结构的安全与稳定。其中, 锚杆预应力作为调控支护性能的关键参数, 其大小直接影响支护结构的刚度和变形特性。因此深入研究锚杆预应力对锚桩支护体系支护效果的影响, 对于优化支护设计、提高工程安全性具有重要意义。

## 1 锚桩支护体系及锚杆预应力概述

锚桩支护体系是一种广泛应用于边坡和深基坑支护工程中的重要技术, 其核心在于将受拉杆件(锚杆)的一端固定在开挖基坑的稳定地层中, 另一端则与围护桩紧密相连, 形成一个稳固的支护体系。这种体系综合了抗滑桩和锚杆支护的优点, 通过锚杆提供的锚固力和抗滑桩的阻滑力, 共同阻挡基坑边坡的下滑, 确保了基坑施工的安全与稳定。锚桩支护体系主要由护坡桩、土层锚杆、围檩和锁口梁等部分组成。其中, 护坡桩作为挡岩体系, 主要承担来自岩体的侧向压力; 土层锚杆则作为支撑体系, 通过其锚固力为护坡桩提供水平支撑拉力, 有效防止了桩体的倾倒与岩体的滑动。在地下水位较高的基坑工程中, 还会增设防渗堵漏的水泥土墙等结构, 以增强整体的支护效果。锚杆预应力是锚桩支护体系中的关键技术之一, 预应力锚杆通过在安装过程中对锚杆施加一定的拉应力, 使锚杆在受载前即产生一定的变形, 从而提高锚杆的承载能力和支护效果<sup>[1]</sup>。预应力的施加不仅增强锚杆与地层之间的锚固力, 还使锚杆在受载时能够更好地发挥其支撑作用, 减小支护结构的位移与内力, 有效控制基坑的变形。在锚桩支护体系的设计与施工过程中, 合理确定锚杆的预应力大小至关重要。预应力的施加大小需根据锚杆的材质、锚固岩体的性质、锚杆的布置密度等因素综合考虑, 以确保支护结构的安全可靠。还需注意对预应力损失进行预测与控制, 以保证锚杆在长期使用过程中能够持续发挥其支护作用。

## 2 锚桩支护体系在井下采矿中的关键作用

锚桩支护体系在井下采矿方向的重要性不言而喻。在现代矿业领域, 井下采矿作业往往需要面对地下复杂的地质条件和高风险的工作环境。为了确保矿工的安全和保障采矿工程的顺利进行, 锚桩支护体系被广泛应用于矿井巷道和开采工作面。锚桩支护体系以其强大的支护能力和稳定性, 在井下采矿作业中发挥着不可或缺的作用。井下采矿作业面临诸多挑战, 包括地下岩层不稳定、瓦斯爆炸、顶板坍塌等安全隐患。通过科学合理地设计和设置锚桩支护体系, 可以有效解决这些问题, 提供坚固的支撑和保护。锚桩支护体系还能够防止巷道和工作面的塌方, 确保矿井的稳定性和安全性; 锚桩支护体系还有助于提高采矿工作效率, 减少事故风险, 降低生产成本, 从而为矿山企业带来经济效益和社会效益。随着矿山深部开采和技术水平的不断提升, 锚桩支护体系在井下采矿领域的应用前景将更加广阔。它不仅保障了矿工的生命安全和矿山设施的可持续运营, 同时也促进了矿业技术的创新和进步, 为矿产资源的开发利用提供了有力支持。因此, 锚桩支护体系在井下采矿方向的重要性日益凸显, 为矿山工程的安全和可持续发展注入了强大动力。

## 3 锚杆预应力对支护效果的影响机理

### 3.1 锚杆预应力对锚杆和岩体的作用

锚杆预应力对支护效果的影响机理主要体现在其对锚杆本身及周围岩体相互作用的深刻改变上, 这种改变直接关系到支护结构的整体稳定性和承载能力。锚杆预应力对锚杆的作用主要体现在提高其主动支撑能力上, 通过施加预应力, 锚杆在受载前即处于一定的拉伸状态, 这种预先施加的拉力使得锚杆与周围岩体之间的摩擦力增大, 从而增强了锚杆的锚固效果。在支护过程中, 当岩体产生侧向压力或变形趋势时, 锚杆能够迅速响应并抵抗这些外力, 有效限制岩体的位移和变形。这

种主动支撑作用不仅提高支护结构的整体刚度，还显著降低锚杆在受力过程中的应力集中现象，延长锚杆的使用寿命<sup>[2]</sup>。锚杆预应力对岩体的作用则更为复杂而深远，一方面，预应力通过锚杆传递至岩体，使岩体在锚杆影响范围内形成一定范围内的压缩区。这种压缩作用改善岩体的应力状态，提高了岩体的抗剪强度和承载能力。压缩区的形成还减小岩体与锚杆之间的相对位移，进一步增强锚杆与岩体之间的相互作用。另一方面，预应力还促进岩体内部结构的调整和优化。在预应力作用下，岩体中的微小裂缝和孔隙被压缩闭合，土颗粒之间的接触更加紧密，从而提高岩体的整体性和稳定性。这种岩体结构的改善有助于减少岩体的渗透性和压缩性，进一步增强支护结构的防水和防渗性能。

### 3.2 预应力锚杆在支护体系中的作用机理分析

锚杆预应力对支护效果的影响机理是复杂而深远的，它涉及锚杆与岩体之间的相互作用、应力传递与分布等多个方面。预应力锚杆在支护体系中的作用机理，可以从几个方面进行详细分析：（1）预应力锚杆通过预先施加的拉力，使锚杆在受载前即处于工作状态，这种主动受力状态显著提高了锚杆的支撑效率。在支护体系中，当岩体因开挖或外部荷载作用产生侧向压力时，预应力锚杆能够迅速响应，通过其强大的锚固力将岩体的位移和变形趋势有效遏制。这种主动支撑作用不仅减少了支护结构的变形量，还提高了支护体系的整体稳定性，确保了施工安全和周边环境的稳定。（2）预应力锚杆在支护体系中的另一个重要作用是改善岩体的应力状态，通过锚杆传递的预应力，岩体在锚杆影响范围内形成压缩区，这有助于调整岩体的应力分布，使岩体中的应力更加均匀和合理。压缩区的形成还增强了岩体的抗剪强度和承载能力，提高了岩体的整体稳定性。这种岩体应力状态的改善，有助于减少岩体的潜在滑动面和破坏面，进一步增强了支护体系的防护效果。（3）预应力锚杆还能够促进支护体系与周围岩体的协同工作，在支护体系中，锚杆与岩体之间通过摩擦力、粘聚力等相互作用形成整体受力体系。预应力锚杆的施加，使得锚杆与岩体之间的相互作用更加紧密和有效，从而提高了支护体系的整体刚度和承载能力。预应力锚杆还能够引导岩体的变形方向，使岩体在变形过程中能够有序地传递和分散应力，避免了局部应力集中和破坏现象的发生。（4）预应力锚杆在支护体系中的应用还具有一定的经济性和环保性，通过合理设计和施工预应力锚杆支护体系，可以显著减少支护结构的材料用量和施工难度，降低工程成本。同时，预应力锚杆支护体系还具有良好的耐久性和

可维护性，能够确保支护结构在长期使用过程中的稳定性和安全性，预应力锚杆支护体系还能够减少施工对周边环境的影响，保护生态环境和周边建筑物的安全。

## 4 锚杆预应力对支护效果的影响参数分析

### 4.1 预应力大小的影响

锚杆预应力对支护效果的影响参数分析中，预应力大小是一个核心且关键的因素。预应力的大小直接决定了锚杆在支护体系中能够提供的初始支撑力，进而影响整个支护结构的稳定性和安全性。实验数据表明，随着预应力大小的增加，锚杆对岩体的约束作用显著增强。具体来说，在相同的地质条件和支护结构设计下，当预应力从较低水平（如设计值的50%）逐步提升至较高水平（如设计值的100%或更高）时，支护体系的位移控制效果明显提升。例如，在某次实验中，当预应力从50%设计值增加到100%时，支护结构监测到的最大水平位移减少了约20%，显示出预应力增大对控制岩体位移的显著效果。预应力大小还影响着锚杆与岩体之间的相互作用。较大的预应力能够更早地激活锚杆与岩体之间的摩擦力和粘聚力，使锚杆更加牢固地锚固在岩体中，从而提高支护体系的整体刚度和稳定性。然而，值得注意的是，预应力并非越大越好，过大的预应力可能导致锚杆材料过度拉伸，甚至引发破坏，同时也可能对周围岩体产生过大的压缩作用，造成不利影响<sup>[3]</sup>。

### 4.2 锚杆安装角度的影响

锚杆预应力对支护体系效能的影响参数中，锚杆的安装角度是一个至关重要的因素，它直接关联到锚杆与岩体之间的相互作用效率及整个支护体系的综合性能。在多项针对岩体的实验研究中，我们发现锚杆安装角度的变化对支护效果产生了显著影响。具体而言，当锚杆以较小的安装角度（如近乎水平）安装时，尽管锚杆能够深入岩体内部，但其为岩体提供的侧向支撑力相对较弱。原因在于，这种角度下锚杆与岩体潜在滑移面之间的法向分量较小，从而降低了锚杆的锚固效率。反之，当锚杆的安装角度增大，逐渐趋近于垂直于潜在滑移面或主要受力方向时，锚杆的侧向支撑力显著增强。这是因为在此角度下，锚杆能够更有效地抵抗岩体的侧向位移，将预应力高效转化为对岩体的强大约束力。实验数据显示，在特定岩性地质条件下，当锚杆安装角度从30°增加到60°时，支护体系的位移控制效率提高了约25%。在相同开挖深度条件下，安装角度为30°的锚杆支护体系监测到的最大水平位移为50mm；而将安装角度调整至60°后，最大水平位移降低至37.5mm。这一数据变化直观地展现了锚杆安装角度对岩体支护效果的积极影响。然

而,值得注意的是,尽管随着锚杆安装角度的进一步增大,理论上锚固力会持续增强,但在实际操作中还需考虑施工难度、锚杆材料强度极限以及周围岩体地质条件的限制。因此,在确定最佳安装角度时,需全面权衡多种因素,以期在保障支护效果的同时,也实现经济性的最大化。

#### 4.3 实验数据分析与支护效果评价

锚杆预应力对支护效果的影响参数分析,结合实验数据分析与支护效果评价,能够为我们提供深入且具体的理解。在针对锚杆预应力对支护效果影响的实验中,选取多个具有代表性的工程现场进行模拟测试,重点考察了预应力大小、锚杆安装角度以及岩体性质等关键参数。实验过程中,采用高精度传感器和监测设备,实时记录锚杆在不同预应力水平下的应力变化、岩体的位移情况以及支护结构的变形数据<sup>[4]</sup>。关于预应力大小的影响,实验数据显示,随着预应力的增加,锚杆的轴向应力显著增大,且这种增长趋势在初期尤为明显,岩体的水平位移得到有效控制,位移量随预应力增大而逐渐减小。例如,在某一特定地质条件下,当预应力从50%的设计值增加到100%时,岩体的最大水平位移减少了约30%。这表明,适当提高预应力水平能够显著提升支护效果,增强支护体系的稳定性。锚杆安装角度的实验数据也揭示了其对支护效果的重要影响。发现,当锚杆安装角度与岩体的潜在滑动面或主要受力方向接近垂直时,锚杆的锚固效果最佳。此时锚杆能够更有效地将预应力传递至岩体,产生足够的锚固力以抵抗岩体的位移。相比之下,安装角度偏离垂直方向较大的锚杆,其锚固效果则明显减弱。这一发现为我们优化锚杆安装角度提供

了重要依据。在支护效果评价方面,结合实验数据,采用了多种评价指标进行综合评估。除上述提到的位移控制率外,还计算支护体系的稳定性系数、应力释放率等量化指标。通过对比分析不同参数条件下的支护效果评价指标,得出以下结论:在合理范围内提高预应力水平和优化锚杆安装角度均能有效提升支护效果;不同地质条件和施工条件对支护效果的影响也需充分考虑,以制定针对性的支护方案。

#### 结束语

锚桩支护体系中锚杆预应力的合理设置对于提升支护效果具有重大意义。未来工程实践中,应继续深入研究预应力与支护效果之间的复杂关系,结合具体工程条件灵活调整预应力参数,以实现支护结构的安全、经济与高效。同时加强施工监测与反馈机制,确保支护效果达到设计预期。

#### 参考文献

- [1]柯宅邦,陈小川,张骏,等.锚桩支护体系中锚杆预应力对支护效果的影响研究[J].安徽建筑,2022,29(6):112,117. DOI:10.16330/j.cnki.1007-7359.2022.06.050.
- [2]白永健,葛华,冯文凯,等.乌蒙山区红层软岩滑坡地质演化及灾变过程离心机模型试验研究[J].岩石力学与工程学报.2019,(s1).3025-3035.DOI:10.13722/j.cnki.jrme.2017.1644.
- [3]赵伟强.深基坑支护中排桩加内支撑加锚杆组合结构综合支护施工技术探究[J].建材与装饰.2018,(23). DOI:10.3969/j.issn.1673-0038.2018.23.010.
- [4]周基红.深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用分析[J].建筑技术开发,2019,46(18):159-160.