

高速公路高边坡防护中预应力锚索施工技术

文 / 余尚贤 中铁二十三局集团第六工程有限公司

摘要: 预应力锚索施工技术是高速公路高边坡防护的重要技术之一。在高速公路高边坡防护中, 施工人员要想有效应用预应力锚索施工技术, 就需要认识到二者的密切关系, 并根据高速公路高边坡的角度等实际情况, 按照施工流程, 发挥预应力锚索施工技术的应用作用, 加强高边坡防护, 提升高速公路施工和通行的安全性。鉴于此, 本文将在概念概述、特点分析的基础上, 重点探究高速公路高边坡防护中预应力锚索施工技术的应用措施。

关键词: 高速公路; 高边坡; 防护预应力锚索施工; 技术应用

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 06. 048

引言

随着国内高速公路网络的不断拓展, 高速公路建设面临的地质条件愈发复杂, 尤其是高边坡的稳定性问题成为施工中的关键环节。高边坡作为灾害多发地段, 其防护工作不仅关乎施工安全, 更直接影响到高速公路的通行安全与长期使用效果。预应力锚索施工技术作为一种高效、经济的边坡加固手段, 在高速公路高边坡防护中展现出了显著优势。该技术通过锚索深入地下坚硬岩层进行固定, 有效提升了边坡的整体稳定性, 降低了滑坡、坍塌等地质灾害的风险。

一、高边坡与预应力锚索施工技术概述

(一) 高边坡概述

高边坡具体指土方开挖高度 $\geq 20\text{m}$ 的边坡, 边坡的高度、角度等会引起一定的安全问题。如, 受到自然环境这一不确定因素的影响, 容易发生滑坡、坍塌等地质灾害, 在道路工程施工过程中, 还会因受到人类施工行为的影响, 而引起工程事故, 高边坡是灾害、事故多发地段。由于受到自然环境和人类行为的影响, 高边坡处容易发生的自然灾害包括: 岩石风化、泥石流、落石、坍塌、滑坡等(如表1所示)。

表1 常见自然灾害类型

自然灾害类型	影响描述
岩石风化	导致边坡表面岩石剥落, 增加滑坡风险
泥石流	大量泥土和石块沿坡面下滑, 严重影响交通和安全
落石	岩石块从高处落下, 对车辆和行人构成威胁
坍塌	边坡整体或部分结构破坏, 可能导致交通中断
滑坡	边坡上的土壤和岩石因重力作用沿斜面下滑

在部分地区的高速公路施工中, 施工人员对当地的自然环境进行设计、改造, 建造公路, 原有环境形成的高边坡, 会在一定程度上加剧施工和通行风险, 如, 因高边坡的角度过大而出现山体滑坡等自然灾害, 严重威胁施工人员和来往车辆的安全^[1]。高边坡防护是公路施工过程中, 施工人员应着重关注的工作, 并将其作为公路施工的核心内容, 根据高边坡的角度、地质等, 对其采取针对性的防护措施。

(二) 预应力锚索施工技术概述

预应力锚索施工技术是在高速公路施工中最常用的

一种技术, 具体指在公路工程项目施工过程中, 将锚索作为重要工具, 将其贯穿底层的软弱层, 并依托地下深层的坚硬岩石层对所插入的锚索进行固定^[2]。在土地软弱层和坚硬岩石层的固定作用下, 锚索能够保持其插入位置始终稳定, 施工人员借以在锚索的另一层进行拉伸作业, 处于地下深层位置的坚硬岩石层, 在拉伸作业的影响下已经逐渐渗入了相应的张拉力, 并在此基础上逐渐向软弱层过度, 进行固定施工, 从而为高速公路的施工和项目维护养护等工作的顺利开展做好充分的准备工作。预应力锚索施工技术一般由锚头、自由端、锚固定端、各类配件组成, 各个部分在该技术应用的过程中所在的位置和起到的作用是不同的, 共同构成完整的预应力锚索施工技术, 在工程施工中凸显其防范自然风险、降低事故发生率的优势。

在夯实深层坚硬岩层和软弱层基础之后, 施工人员采用注浆方式, 以某个插入点为 midpoint 向周围锚索、地基进行灌入施工, 将各个岩层、表层的纵向、横向位置上的地基关联起来, 进一步加固边坡, 提升边坡的稳定性、坚硬性, 确保高边坡能满足后续施工需求。

二、高速公路高边坡防护中预应力锚索施工的特点分析

研究锚头、自由端、锚固定端、各类配件构成的预应力锚索施工技术, 四个构成部分均在公路施工中起到不可忽视的重要作用, 四个构成部分相互配合, 共同对高速公路的高边坡进行加固、防护, 避免出现滑坡等自然灾害。锚头是预应力锚索露出的部分, 垫板、保护帽、锚具等防护性设备是锚头的主要构成部分, 对向岩层插入的锚索起到保护作用; 自由端作为预应力锚索施工技术的重要组成部分, 能对施工过程中产生的张力、拉力等进行各个方向的延伸、传递, 将拉力、张力等从锚头传递到锚尾, 让施工产生的力均匀地分布在公路工程的各个方面, 防止力荷载等问题的出现。锚固定端以及其他配件都在预应力锚索施工技术的应用中具有突出的施工作用, 共同起到拉张力传递、施工防护等作用。将预应力锚索施工技术应用于高速公路高边坡防护中, 能有效发挥预应力锚索施工技术各构件起到的保护、防护作用, 让公路施工力进行纵向、横向延伸, 保障高速公路高边坡防护工作有序进行, 有效改善高边坡的受力情况, 防止出现滑坡等安全事故, 从整体上提高高速公路施工水平, 提升施工安全性和通行安全性^[3]。同时在

高速公路高边坡基础施工过程中应用，预应力锚索施工技术的应用还能减少工程量，达到缩短工期的目的。针对高速公路高边坡施工材料——混凝土，预应力锚索施工技术还能对施工过程中产生的混凝土裂缝、损坏等进行修补，如果在施工或通行过程中，高边坡某个位置的荷载力较大，通过设置的锚头、锚索、锚杆等，能实现将过大的荷载力进行分散化处理，防止高边坡的某个位置因受到较大的力而出现内部结构和外部遭到破坏的问题。

简而言之，预应力锚索施工技术本身具有较大的优势，将其应用在高速公路高边坡防护施工作业中，能有效凸显该技术具有的防护性、高效化、分散力、材料修补、设计科学、施工方便和经济性的特点。从整体上降低高速公路高边坡防护所需要投入的成本，提高施工水

平和质量，实现对高速公路容易发生自然灾害的高坡进行有效的安全防护^[4]。

三、高速公路高边坡防护中预应力锚索施工技术的应用措施

要在高速公路高边坡防护中有效应用预应力锚索施工技术，就要根据高速公路施工的现场环境和施工需求，在进行全面的地质勘测的基础上，对预定的锚索插入的位置和锚孔等进行测量，全面掌握施工地、施工需求等基本信息。预应力锚索施工技术的应用一般包括，锚孔测量、设备选取、钻孔选位、钻孔施工、锚孔清洁处理、锚索制作和安装，灌浆固定等流程（图1所示），施工人员需要依据施工流程，做好每个环节的准备工作 and 施工作业，加强对各施工环节的全面管理，提高预应力锚索施工技术的整体应用水平和效果，发挥其

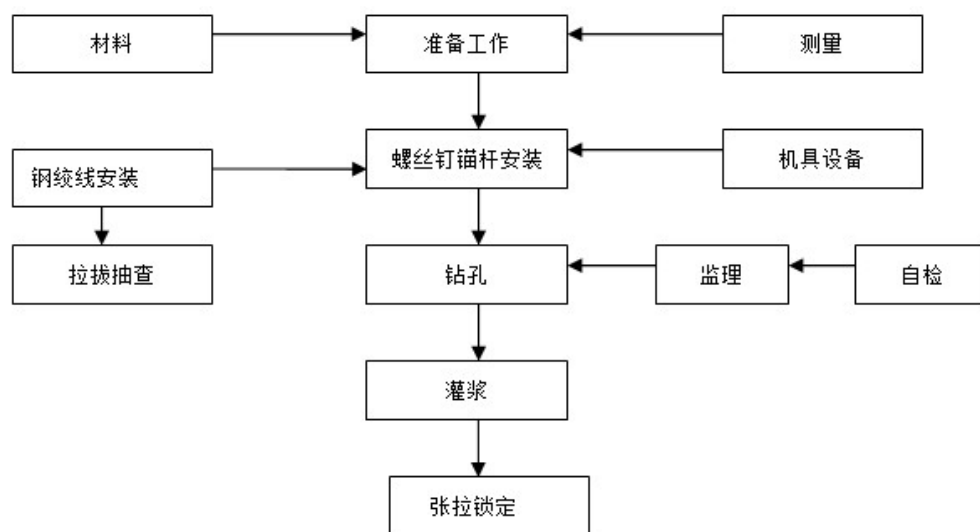


图1 预应力锚索施工流程

防护高速公路高边坡的施工作用。

（一）按照施工流程，规范施工行为

预应力锚索施工技术在高速公路高边坡防护中的施工应用，能从整体上提高防护水平，强化防护效果，降低高速公路施工过程和通行过程中的安全事故，保护施工人员和来往车辆的安全性。现场施工人员在具体应用该施工技术之前，要对现场环境进行全面的地质勘察，全面了解施工现场的地质条件以及自然环境信息等，在此基础上，进行锚孔测量，为锚杆插入和锚索安装做好充分的准备工作，保障后续施工有序进行。

1. 进行锚孔测量

高速公路高边坡的施工风险较大，如果多次对高边坡进行施工作业，则随着施工次数的增加，很容易加大滑坡等安全风险。因此在对高速公路高边坡进行加固施工的过程中，应该根据预应力锚索施工技术的施工流程和需求，事先对高边坡的相关信息进行勘察测量。施工人员对高速公路高边坡的坡度、高度等进行实地测量，并借助勘察设备对当地的岩层等地质条件进行全面勘测，对勘测得到的自然环境信息进行全面整合。在此

基础上，施工人员对高速公路的边坡进行修整处理，着重对边缘存在破碎的区域、不平整的位置进行处理，清除高边坡存在的岩渣、障碍物等，让高边坡保持坡面整洁，使得整个坡面能够平稳过渡。施工人员在正式施工之前，根据高速公路建造标准、边坡的坡度、地质环境、现场施工图，对锚索插入的位置进行设计、确定，并对锚孔等进行重点测量。施工人员根据现场勘测获取的各种信息以及施工图纸，对锚孔的位置进行合理选取和深度确定，并且保证最终设置的锚孔施工位置能够与预设的位置距离相差控制在50毫米以内，在施工之前，对锚孔的位置进行预设和测量。如果在毛孔施工的过程中遭遇特殊的地质和岩层，施工人员应该立刻停止施工，技术人员对特殊的地质、岩层等进行全面勘察，调整施工方案和施工技术，并在监理单位允许之后进行后续的施工作业。

2. 做好钻孔准备

用以锚孔钻挖的机械设备，是预应力锚索施工技术应用的重要物质基础。锚索不仅要穿透土地的软弱层，还要插入深层的坚硬岩层，单纯依靠人工钻孔，无法达

到预期的锚孔，施工人员应根据锚孔的预设位置和大小等，在钻孔施工之前，从市面上众多的钻孔设备中选择参数、规格能够满足施工需求的钻孔设备。如，单体式、钻车式、电动式、气动式、液压式、冲击式，施工人员根据设计的施工方案和测量的锚孔，选择满足施工需求的钻孔机械设备。施工人员对钻孔设备的选择还要充分考虑当地的地质条件，如，岩层厚度和坚硬度等，选择能对预设钻孔位置的坚硬岩层进行有效钻探的钻孔设备，将锚孔的位置钻入稳定的坚硬岩层，保障在施工环节，锚索深入地下坚硬岩层^[5]。在对岩层较为松散、容易发生坍塌事故的软弱层进行钻孔时，则应选择根管钻孔技术，对土地软弱层进行钻孔作业。

施工人员在设备选择的基础上，还应进行现场就位，从而为后续钻孔做好充分的准备工作。在技术人员的指导下，施工人员根据绘制的设计图纸，根据设备的参数、型号、钻孔特点等，进行脚手架在预设的钻孔位置搭设脚手架，保证脚手架能够承受机械设备的重量以及其他荷载力。搭设好的脚手架应该具有高强度的稳定性和固定性，保证机械设备在使用的过程中不会因脚手架不稳定而出现各种状况。在此基础上，施工人员调整钻孔机的位置、钻头的位置等，根据钻孔方案调整钻头倾斜角度、方向等，将误差控制在最小范围，为后续钻孔作业做好充分的准备工作。

3. 进行锚孔钻探

随着经济发展水平的不断提高，高速公路的建设逐渐地质环境较好的城市向地质环境复杂的山区过渡，山区的岩层松动、自然环境复杂，施工人员在使用对原有岩层具有一定破坏的钻孔机进行施工作业时，要加强对钻孔作业的严格控制，要求不可使用水钻等钻孔技术，防止在钻孔作业的过程中，因水流入岩层而导致岩层松动。干钻是安全系数相对较高的钻孔技术，在使用这一钻孔技术的过程中，施工人员能够根据当地的岩层情况调整和控制钻进的速度。为了防止意外的发生，施工人员在技术人员的指导下，伴随钻进的进度，全过程记录钻进情况和岩层的变化情况。如果在钻进的过程中发生岩层松动等问题，则应采取关注架构的方法，对松动的岩层进行全面加固。在结束钻孔作业之后，施工人员使用高压空气清理设备，对钻孔位置进行清理，保证孔内清洁。

4. 制作安装锚索

施工人员在安装预应力锚索时，应从四个组成部分入手，严格按照各个配件的尺寸和规格进行制作，设计压力分散型的锚索，并将各个部分组装起来，每根锚索的厚度应大于两厘米，保证锚索的结构强度和硬度，能在实现力的分散的同时，对高边坡进行整体防护，在面对外力的冲击时，能有效发挥其防护作用，

5. 浆液灌注固定

对高速公路高边坡进行预应力锚索施工，在完成钻孔、锚索制作与安装的工作之后，施工人员要对其进行灌浆加工，根据当地的岩层厚度和脆弱程度，明确岩层加固的需求，对灌注加固的浆液进行科学配比，对锚索

钻孔位置进行多次灌浆，在前一次灌浆沉降结束后进行后续的浆液灌注，直到锚索所在的钻孔浆液灌满。为了防止出现灌注分层等情况，施工人员在对钻孔进行灌注作业时，应做好过程记录。而后，根据已经确定的伸长值、张拉力，将相应的数值控制在科学的范围内，确保能对高边坡进行有效的荷载力分散和防护保护，一旦出现不良情况，锚索相互配合，能对其进行及时处理。

(二) 加强过程管理，发现处理问题

在高速公路高边坡防护施工作业过程中应用预应力锚索施工，由于涉及的工程内容相对，施工人员不仅要勘察、掌握当地的自然环境等信息，还要根据高边坡防护作业需求，科学设计并实施施工方案。在施工过程中可能会受到自然因素和人为因素的影响而出现各种问题，严重情况下还会危及施工人员的人身安全。针对这一情况，施工单位与相应的监理单位建立合作关系，监理人员全过程加强施工管理，建立施工档案，动态监督、全过程记录施工人员的施工行为^[6]。对照设计方案，加强全过程施工管理。一旦发现与施工方案不符合的施工行为，监理人员应及时与负责该项工作的施工人员进行有效沟通，让施工人员明确其在施工过程中存在的问题，约束施工人员不良的施工行为。避免各种因素，降低预应力锚索施工技术的应用质量。

结语

随着国内经济交流的加强，我国日益加大高速公路等基础设施的建设力度，满足全国经济交流的需求。在高速公路施工过程中高边坡防护是工作的重中之重，与施工人员的人身安全和通行安全息息相关。将具有分散力和防护特点的预应力锚索施工技术应用到高速公路高边坡防护作业中，能借助锚索、锚杆等构件，通过张拉力的延伸、传递，降低自然力、人为力对高边坡的冲击和损坏，降低泥石流、坍塌等安全事故的发生频率，有效提升高速公路高边坡的安全性和稳定性。因此，施工单位要加强应用预应力锚索施工技术，按照施工流程，加强全过程、动态化的监督管理，从整体上强化高边坡内部结构和外部稳定性，提升高边坡的安全防护性。

参考文献

- [1]戴湘波.高速公路高边坡防护中预应力锚索施工技术[J].交通世界,2023,(28):118-120.
- [2]杨涛.平利至镇坪高速公路高边坡防护预应力锚索施工技术[J].黑龙江交通科技,2022,45(12):37-39.
- [3]张宁宁.高速公路高边坡防护预应力锚索施工技术研究[J].交通世界,2022,(11):96-97.
- [4]冯志奎.高速公路高边坡防护中预应力锚索的施工技术研究[J].交通世界,2020,(21):46-47.
- [5]李霞.高速公路高边坡防护中预应力锚索的施工技术[J].山西建筑,2018,44(18):127-129.
- [6]夏清,蒋汶江.高速公路高边坡防护中预应力锚索的施工技术[J].建材与装饰,2016,(11):231-232.