

# 高速公路路基边坡防护探析

许强 胡绪龙

湖北江汉工程咨询有限公司 湖北武汉 430000

**摘要:**在经济不断发展以及城市化进程不断加快的背景下,高速公路是现代社会中一种重要的交通方式,高速公路的建设和养护对国家基础设施建设以及区域经济发展都有着至关重要的作用。但是高速公路路基边坡稳定性一直以来都是公路工程建设的技术难点。受自然环境及人为因素影响,路基边坡易发生损坏,坍塌等病害,不仅危及道路交通安全,而且还会影响到高速公路的正常运营及使用寿命。所以,对于高速公路路基边坡防护问题进行深入的研究与探讨,并找出科学高效的防护措施是非常关键的。文章旨在通过对高速公路路基边坡主要破坏原因的分析,探索各种行之有效的边坡防护措施以对高速公路安全稳定运行提供强有力的保证。

**关键词:**高速公路;路基边坡;防护措施

## 引言

高速公路的建设被视为国家的基础项目之一,其中路基边坡的保护和支撑施工是核心的施工环节,其结构的稳定性对整体的施工品质起到决定性的作用。通过对路基边坡防护和支护施工技术的合理运用,我们可以进一步增强后续施工的稳定性和确保其在使用过程中的安全性。在开始施工之前,必须对施工地点进行详细的考察,这样可以更深入地掌握附近的建筑基础种类和水文地质状况。基于调查和分析的结果来选择施工技术,不仅可以增强高速公路施工的可行性和可靠性,还有助于推动高速公路工程朝着健康的方向发展。

## 一、高速公路路基边坡滑塌形式及原因

### (一) 滑塌形式

滑塌形式主要包含滑动型、落石型、流动型等。滑动型滑塌主要是由于边坡岩石受到施工爆破等外力作用而导致滑塌事故。落石型滑塌通常由大块落石导致,其中软弱岩层或坡面陡峭处为多发部位,这主要是因为软弱岩石层内部岩石容易受到影响,其在各因素作用下,慢慢被分割,最终形成差异明显的块石,此时若有外力驱动,则极易从边坡上滚落下来,造成坍塌,从而危及行车安全。流动型坍塌主要是指细小碎石、砂石等滑落,其中土质边坡或风化严重的岩石边坡为多发部位。

### (二) 边坡滑塌的原因

一方面,内部因素。通常情况下,土质边坡周围会有大量砂土,受表面及内部砂土较为脆弱的影响,高速公路施工期间极有可能发生边坡滑塌事故;在长期风化的影响下,一些岩石边坡可能产生大量裂隙,从而分裂

岩石,导致出现滑塌事故。同时,施工外力的影响,也会提高滑塌事故风险;对于地质脆弱的边坡,施工及自然因素极易对其造成干扰,如地震等,当地质的惯性受到影响后,就会发生失稳或滑塌事故等;地下水是导致路基边坡失稳的常见因素,一些地区的地下水位比较高,施工时如果未做好降水排水工作,地下水将冲刷岩石缝隙,从而造成岩石剪切力的增加,以及岩石缝隙扩张、加深等问题,最终导致发生滑塌事故。

另一方面,外部因素。部分施工单位由于安全意识薄弱,将施工材料等随意堆放在路基边坡的外部,当外力超出边坡坡面的整体荷载时,极易引发相关安全事故;高速公路施工中,可能涉及爆破环节,受冲击力较大的影响,岩石易被击碎,导致边坡岩石出现松动,这不仅会降低路基边坡稳定性,还会给高速公路埋下安全隐患;此外,车辆压力、自然环境等因素也会影响边坡稳定性,甚至导致边坡滑塌。

## 二、边坡防护措施

### (一) 植被防护

#### 1. 植被防护的原理

植被防护主要通过种植草类、灌木和乔木等植物来稳定边坡。植物根系可以有效增强土体的抗剪强度和抗侵蚀能力。具体来说,植物根系通过与土壤的摩擦和粘结作用,提高了土壤的凝聚力,形成了一个天然的加筋材料。植被的茂密程度、根系的深度和密度直接影响边坡的稳定性。根据研究,植被根系可以增加边坡土体的抗剪强度约20%~30%。此外,植被能够有效减少降雨对土壤的冲刷作用,降低地表径流速度,防止水土流失。据统计,植被覆盖率每增加10%,地表径流量可减少

15%~30%。通过这些机制,植被防护在边坡稳定中起到了重要的作用。

## 2. 植被防护的优势和适用范围

植被防护具有显著的环境效益和经济效益。首先,植被防护有助于改善生态环境,增加生物多样性。植被可以通过光合作用吸收二氧化碳,释放氧气,起到净化空气的作用。同时,植被覆盖的边坡区域可以为多种生物提供栖息地,增强区域的生态功能。其次,植被防护的经济成本较低,维护费用也相对较少。与传统的工程防护措施相比,植被防护无需大量的建筑材料和复杂的施工工艺,降低了初期建设成本。根据相关数据,植被防护的成本通常比工程防护低20%~40%。

植被防护适用于多种类型的边坡,尤其是在中低陡坡和土质较好的区域表现尤为突出。对于坡度在30度以下的土质边坡,植被防护效果最佳,因为在这样的坡度条件下,植物根系能够充分扎根,发挥最大效益。在气候适宜、降雨量充沛的地区,植被防护的效果更为显著。此外,对于生态敏感区和自然保护区,植被防护因其对环境的友好性,成为首选方案。

## (二) 工程防护

### 1. 重力式挡土墙

重力式挡土墙在高速公路路基边坡防护及支护施工中得到广泛应用,其可以基于墙体自身重量的前提下,实现土压力平衡的控制。重力式挡土墙大多会使用毛石砌筑形式,此形式具有操作简单、取材方便等特点,多用于一些规模较小的路基边坡施工。

### 2. 锚杆式挡土墙

锚杆式挡土墙属于轻型工艺,由钢筋混凝土管、罐杆构成,施工中通过应用锚固岩土层中的锚杆水平拉力,可以分析判断挡土墙具体结构或功能。此施工工艺主要适用于墙体较高等施工场景中。

### 3. 加筋土挡土墙

在高速公路路基边坡防护及支护施工中,加筋土挡土墙是较为常见的工艺。在土体内加入拉筋,基于拉筋和土体间摩擦力的前提下,不断强化土体特性,有利于减少或避免土体变形,同时稳固土层。该方法被广泛应用于地形较为平坦的填方路段。

此外,借助加筋土结构自身柔性特点,可以更好地适应地基变化,从而提高高速公路路基边坡稳固性及安全性。

### 4. 格构梁预应力锚杆支护技术

该技术主要由格构梁、挡土板、锚杆等组成,其具备明显的应用优势。在高速公路路基边坡防护及支护施

工中,实施格构梁预应力锚杆支护技术,可进一步改变土体的力学性能,从而有效强化主动挡护的稳固性。

## 5. 拱形骨架支护技术

在高速公路路基边坡防护及支护施工中,拱形骨架支护也是常见工艺,其主要适用于砂岩填料路段的边坡防护。

第一,施工过程中,需对坡面进行整修处理,并结合各项参数,包括边坡坡度、基础高度等,固定好样板挂线位置,同时,应及时清理表面附着尘土或杂物,以保证坡面平整度符合施工要求及后续顺利施工。

第二,对于骨架砌筑,施工前需基于设计图纸落实拱形骨架轮廓放样工作,并通过使用钢尺,在基槽处明确开挖位置。基坑开挖施工结束后,需展开基础及护坡位置的放样、放线工作,并夯实基底,将压实度控制在合理范围内。此外,对于基础、护脚的砌筑,需使用M10浆砌片。

第三,预制块槽开挖需由人工完成,同时开挖时要严格控制几何尺寸位置的精准性,以尽可能减少误差。

第四,在骨架施工中,应基于挖槽法的前提下,将混凝土预制块的安装位置预留出来,并将人字形混凝土砌块与边坡表部对齐。

第五,在设置勾缝、伸缩缝时,需应用现浇混凝土对拱圈之上的空隙部位进行填充密实,抹平处理后,还需在平面上勾勒出混凝土砌块所对应的假砌缝隙,以改善其美观性。

第六,铺砌施工完成后,可将种植土填入骨架空隙中,并播种适宜生长的草种。

## (三) 复合防护

### 1. 植被与工程结合防护

植被与工程结合防护是一种将自然植被与人工工程相结合的方法,利用两者的优势来增强边坡的稳定性。此方法通过在边坡表面覆盖植物,同时设置工程结构如格构梁、锚杆、挡土墙等,形成综合防护体系。植被能够有效防止土壤侵蚀,增加土壤的抗剪强度,而工程结构则提供了额外的物理支撑,防止边坡滑动。研究表明,采用植被与工程结合防护的边坡,其抗滑动能力可提高30%~50%。

例如,在施工过程中,可以先在边坡表面铺设土工布,再在其上种植适合的草种或灌木,同时设置格构梁以提供额外支撑。这种结合防护方法在实际应用中表现出了显著的效果。在我国某高速公路项目中,采用这种方法对边坡进行防护,结果显示,边坡的稳定性明显增强,且植被覆盖率达到了95%以上,大大减少了土壤流失和水土流失。

植被与工程结合防护不仅提高了边坡的稳定性，还兼具环境友好性和经济效益。其施工相对简单，维护成本低，适用于各种坡度和土质的边坡，特别是在降雨量大、土壤易冲刷的地区表现尤为突出。通过这种复合防护方法，可以实现工程安全与生态保护的双重目标。

## 2. 新型复合材料的应用

新型复合材料在边坡防护中展现了极大的潜力。这些材料通常具有高强度、耐腐蚀、轻质等优点，能够在恶劣环境下长期使用，极大地提高了边坡防护的效果和寿命。常见的新型复合材料包括玻璃纤维增强塑料（GFRP）、碳纤维增强塑料（CFRP）以及各种复合土工合成材料。

玻璃纤维增强塑料（GFRP）因其高强度和耐腐蚀性，常用于制造边坡防护结构如锚杆和格构梁。相比传统钢材，GFRP的重量仅为其四分之一，但抗拉强度却高出2-3倍。据实际应用案例显示，使用GFRP锚杆的边坡，其抗滑动能力提高了40%以上，且在恶劣环境中耐久性表现优异。

碳纤维增强塑料（CFRP）则以其超高强度和轻质著称，常用于高要求的边坡防护工程。CFRP材料的抗拉强度是钢材的10倍，但重量仅为其五分之一。在一些特殊工程中，如高陡边坡和桥梁护坡，CFRP材料的应用显著提高了结构的稳定性和安全性。例如，在某高陡边坡防护工程中，使用CFRP材料后，边坡的整体稳定性提高了50%，使用寿命延长了至少20年。

此外，各种复合土工合成材料如土工格栅、土工膜等也被广泛应用于边坡防护。这些材料能够有效增强土体结构，防止土壤侵蚀和滑动。例如，土工格栅通过其网格结构提供额外的土体加固，研究表明，使用土工格栅的边坡其抗剪强度提高了20%-30%。

## 三、未来发展趋势

### （一）新材料新技术的发展

在未来，随着科技的不断进步，新材料和新技术将在边坡防护中发挥更加重要的作用。新型复合材料如纳米材料、智能材料将逐步应用于边坡防护工程中。纳米材料由于其优异的力学性能和环境耐受性，可以显著提高边坡防护结构的强度和耐久性。例如，纳米增强聚合物复合材料（NEPC）具有优异的抗拉强度和抗冲击性能，研究表明，其抗拉强度比传统材料提高了40%-60%。

此外，智能材料如形状记忆合金（SMA）和自修复材料在边坡防护中的应用也备受关注。形状记忆合金能够在温度变化或外力作用下自动恢复到原始形状，适用于动态环境中的边坡防护。据实验数据，SMA材料在受

力变形后可以恢复原状，恢复力达到原始力的90%以上，极大提高了边坡的抗变形能力。自修复材料则可以在受到损伤时通过自身的化学反应自动修复裂缝和损伤，延长防护结构的使用寿命。

### （二）智能监测系统的应用

智能监测系统在边坡防护中的应用将进一步推动边坡稳定性管理的智能化和精准化。智能监测系统通过传感器网络、无人机、物联网和大数据技术，实现对边坡状态的实时监测和预警。例如，利用高精度GPS、倾斜传感器和应变计等传感器，可以实时监测边坡的位移、倾斜和应力变化，精度达到毫米级别。研究显示，智能监测系统可以提前2-4小时预警潜在的滑坡风险，为应急处理争取宝贵时间。

无人机技术的发展为边坡监测提供了便捷、高效的手段。无人机可以快速获取边坡的高分辨率影像和三维地形数据，通过图像处理 and 地理信息系统（GIS）分析，生成边坡的精细模型和风险评估报告。此外，物联网技术使得各类传感器数据能够实时传输和整合，大数据分析则能够对监测数据进行深度挖掘和趋势预测，提高边坡防护的科学性和准确性。

## 结束语

综合考虑，高速公路的路基边坡防护和支护施工容易受到周围环境因素的干扰。为了进一步提升施工的效率和质量，并确保路基边坡的稳定性，加强边坡的防护和支护施工显得尤为关键。在实际的建设过程中，我们需要根据施工现场的实际情况和环境特点，将防护和支护施工技术紧密结合起来，这样可以进一步增强路基边坡的稳定性，并为高速公路工程的持续发展提供动力。

## 参考文献

- [1] 吴丽珍, 周灵波. 公路边坡防护设计与施工管理[J]. 科技创新与应用, 2019(8): 29-32.
- [2] 楚二红, 李卫兵. 公路边坡防护施工工艺[J]. 技术与市场, 2019(11): 68-71.
- [3] 黄飞. 高速公路路基边坡防护及支护技术探讨[J]. 建材发展导向, 2021(4): 64-65.
- [4] 张子贵. 高速公路路基边坡防护及支护技术探讨[J]. 交通世界, 2021(12): 159.
- [5] 万才勋. 高速公路路基防护工程施工技术及质量控制[J]. 消费导刊, 2021(12): 21.
- [6] 张扬. 路基高边坡防护工程施工技术分析[J]. 居业, 2021(3): 112-113.