

高速公路路基防护施工技术分析

吴 侠

(中铁二十三局集团第三工程有限公司, 四川 成都 610072)

摘 要 随着高速公路建设规模的不断扩大, 路基工程的结构复杂性日益提升, 对施工安全也提出了更高要求。本文着重探讨了清云高速公路路基防护施工方面的技术措施, 通过对不同类型路基防护要求进行分析, 提出了对应的施工技术方案, 以期为促进高速公路施工提供有益参考。实践表明, 清云高速公路路基防护施工中运用多种防护措施, 如填方路堤喷播植草、骨架植草、浆砌片石护坡等, 结合生态恢复与景观美化要求, 最大程度地减少传统防护措施的应用, 提高边坡生态效益。挖方路堑防护依据土质和岩质情况, 采用植草、防护墙、锚杆框架梁等技术, 以保证施工的安全、环保。清云高速公路借助多项技术综合运用, 高效地完成了路基防护施工。

关键词 清云高速; 路基防护; 填方路堤; 挖方路堑

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.08.029

0 引言

交通运输业快速发展的同时, 高速公路建设也面临着越来越多的工程技术难题, 路基防护施工尤为突出。路基防护不仅与道路的长期稳定性、安全性息息相关, 甚至关系到环境保护。在清云高速公路的建设之中, 路基防护施工技术对诸多技术手段加以集成, 如土壤加固、植被恢复、结构防护等方面均已涵盖。清云高速公路路基防护施工中, 应用了各种创新技术、生态防护手段, 提高了边坡的稳定性, 有效减少水土流失, 保护了生态环境。因此, 分析清云高速路基防护施工技术, 有益于推动高速公路建设的科技进步, 为高速公路路基防护施工积累经验。

1 工程概况

清云高速公路 TJ12 合同起始号桩号为 K16+30 至 K123+40, 路线全长达 7.287 km, 途经都杨镇, 主要控制性工程项目包含将军山隧道 1 座 (单洞 1 835 m)、梅坑大桥与格塘大桥等桥梁工程, 主线桥梁总长为 890.7 m/3 座, 桥梁总长 961.36 m/4 座, 且设置都杨互通 1 处。本合同段路基工程分布、类型复杂, 主线路基占路线总长的 63%, 共 2 963.5 m, 受 3 个桥梁和 1 个隧道分隔, 形成多段施工单元。结合土石方调配与现场管理需求, 将路基划分为起点至将军山隧道进口、梅坑大桥至格塘大桥、格塘大桥至都杨互通、都杨互通至终点四个施工段。路基工程量大, 挖方以利用土石方为主, 挖弃土方 196 124 m³、挖利用土方 1 627 268 m³, 挖弃石方 50 853 m³、挖利用石方 208

709 m³; 填筑工程中利用土方 1 200 719m³、利用石方 226 846 m³, 并配套台背回填 47 599.45 m³ 及锥坡填土 6 600.6 m³。工程同时包含双向格栅 194 529 m²、换填石屑 46 882 m³ 等特殊地基处理措施, 以及 359 137 m² 喷播草灌护坡、10 093 m³ 骨架浆砌片石护坡和 5 334.4 m³ 混凝土挡土墙等防护结构。受桥隧交叉、软基处理和高填深挖段落集中影响, 路基施工组织协调难度较大, 深路堑最高边坡达 59.1 m, 高填路基最高达 28.1 m。

2 路基防护施工技术

2.1 填方路堤边坡防护施工

2.1.1 防护要求

填方路堤的边坡防护设计需要根据路基边坡的高度、地质条件及水文条件来选择合适的防护形式^[1]。对于高度不超过 6 m 的边坡, 主要采用喷播植草防护 (见图 1)。该种防护方式成本较低, 施工简单, 且具有良好的生态效果, 通过喷播草种、覆盖土壤表面, 草根可扎根固定土层, 防止水土流失。

对于高度在 6~8 m 之间的边坡, 采用骨架植草防护, 骨架结构可以增强边坡的稳定性。骨架植草防护一般采用钢筋混凝土或钢结构骨架, 主骨架净距一般为 4 m, 确保草种覆盖面积足够, 骨架也能提供稳固的支撑。

对于填方高度超过 8 m 的路堤边坡, 防护形式的选取需结合填土自重、坡面附加荷载及潜在滑动面的受力特征进行综合分析。根据施工组织设计及现场地

作者简介: 吴侠 (1986-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 公路工程。

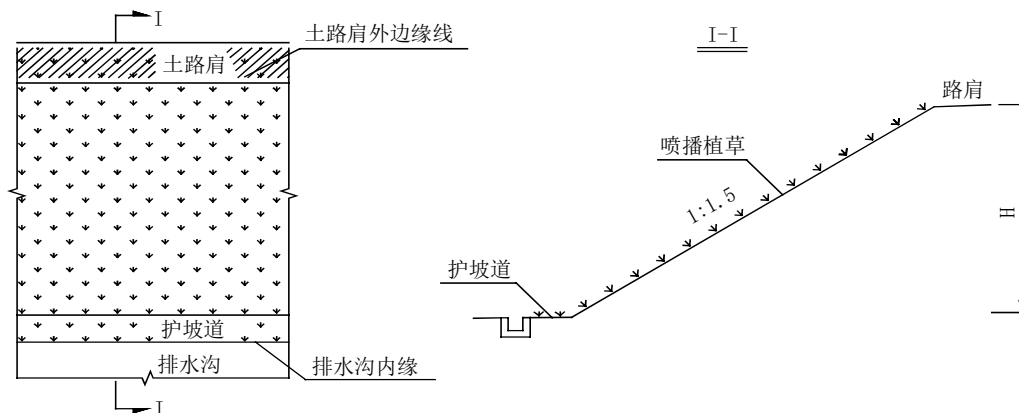


图1 喷播植草防护图

质条件，高填路堤填料以土石混填为主，其单位体积重约为 $18 \sim 20 \text{ kN/m}^3$ ，在重力作用下边坡内部易形成以坡脚为控制点的圆弧滑动趋势。通过分级放坡与设置平台，可有效降低单级边坡高度，减少滑体自重产生的下滑力矩，使坡体稳定安全系数显著提高。分级边坡长度控制在 2.5 m 以内，可使坡面法向应力重新分布，减小坡脚集中剪应力。同时，在平台位置设置检查踏步并兼作急流槽，有利于迅速排除坡面径流，降低雨水入渗引起的孔隙水压力，从受力机理上削弱滑动面的不利工况，提升高填路堤边坡整体稳定性。

2.1.2 施工工艺与材料控制

在填方路堤边坡防护的施工过程中，骨架植草的工艺要求必须严格控制。骨架植草的设计净距为 4 m ，骨架的稳固性直接关系到植草效果，因此骨架的材料选择至关重要。常见的骨架材料有钢筋混凝土和钢结构，材料选择要确保强度高、耐久性强，能够经受住风雨侵蚀^[2]。施工时，应在各级别边坡上设置检查踏步，检查踏步不仅有益于后期维护检查还有助于急流槽使排水，防止水流冲刷边坡。浆砌片石是常见防护材料，尤其在护脚和护肩施工时，用 M7.5 浆砌片石，其砌体强度高，施工方便。浆砌片石表面以 C25 砼预制块镶面，能增加防护的坚固性，防止石材被风化或其他外力破坏。施工期间，砂浆使用须饱满，缝隙应错开，避免出现空隙或通缝，以保障整体结构完整。操作过程中，选择立杆挂线以保证线形平顺，施工时砌体的平整度也得以保证。

同时，在骨架植草和浆砌片石护坡施工过程中，还应重视施工过程中的质量控制。施工单位在施工前应对基底进行清理和整平，确保坡面稳定、无松散土体，以保证防护结构与坡体紧密结合。在骨架结构浇筑完成后，应及时进行养护处理，避免混凝土在早期出现

开裂或强度不足的情况。对于浆砌片石护坡，应严格控制石料尺寸及摆放方式，使石料相互咬合、结构稳定，从而提升整体防护效果。此外，在边坡施工过程中还应同步设置临时排水措施，避免雨水直接冲刷未完成的坡面结构，以减少施工期间边坡失稳的风险。

2.1.3 特殊路段防护

对于路堤边坡中的浸水区域、桥台锥坡等特殊路段，防护措施应做到更精细。针对水浸润的路堤边坡，采用 30 cm 厚的 M7.5 混凝土砂浆砌片石加以防护，以阻止被水流侵蚀，保障边坡免受水流直接冲击，维持土壤稳定^[3]。桥台锥坡的防护应采用预制六棱块，既方便了施工，又可提供较高的抗压强度，保障桥台稳定性。在桥头路段设置检查踏步，既方便日常检查，又能充当急流槽，可有效助排水，防止水流集中桥面，导致桥台不稳定。对于受地形地貌影响的路段，尤其填方路基较薄路段，应采用护肩、护脚或挡墙来压缩坡脚，以减少坡脚的松动与滑移，提升边坡稳定性。

2.2 挖方路堑边坡防护

2.2.1 土质或类土质路堑边坡防护

对土质或类土质挖方路堑边坡，防护施工首要任务是保证边坡稳定，应尽量采用生态化防护措施，以减少圬工防护工程量，让边坡景观与周边环境相协调。当路堑边坡高度不超过 6 m 时，以植草防护为主要防护形式。植草防护方法简单，施工方便，生态效果较好，把草种覆盖在边坡表面，草根可有效固定土壤，防止水土流失。土质路堑边坡高度超过 6 m 时，应采用骨架植草防护。此方法可增强边坡稳定性，提供足够支撑力，利于草种生长并固定土壤。骨架植草施工应先设置钢结构或混凝土骨架，然后把草种和土壤覆盖在骨架上，保障草种与土壤紧密相连，提高防护效果^[4]。骨架设计规定主骨架净距通常为 4 m ，且需在各边坡平

台处检查踏步,以满足日常检查及排水需求。这类防护主要应用于高土质边坡,可有效防止雨水冲刷导致的土壤滑坡。

2.2.2 岩质路堑边坡防护

岩质路堑边坡防护,应考虑岩层产状、节理裂隙发育状况及水文地质条件。在强风化花岗岩等岩质路边坡,必须依据具体坡率、岩石风化程度及冲刷风险决定。若边坡坡率不陡于 1:1,可采用骨架植草防护法,在边坡上设置骨架结构,使其具备支撑作用,在骨架内部种植草皮,靠草根固定增强土壤稳定性。其他强风化岩段、中风化岩质边坡,客土喷播植草防护是首选。客土喷播时,要将改良土壤喷洒在边坡表面,养护后草种可在此处生长,形成有效的植被覆盖层,防止水流冲刷,使边坡土层保持稳定。岩质边坡若出现小规模崩塌、碎落等不稳定状况,需采用锚杆框架梁植草进行防护。锚杆框架梁把锚杆打入岩体后,再靠钢筋框架加固边坡,最后与植草层整合起来,形成一道强大的防护屏障,防岩块滑落、崩塌。

2.2.3 深路堑边坡防护

深路堑边坡高度若超 20 m,防护施工就必须依据工点的实际情况来专门处理。在这种情形下,边坡防护的主因是确保大规模采挖后边坡的稳定,防止大气降水、地下水渗透、风化等自然因素对边坡造成过大影响。深路堑边坡的防护,一般会采用更精细的施工方,如分级边坡设计、加固结构以及完善的排水系统^[5]。在防护方式的选取上,一般会依照岩质和土质路的特性,采用骨架植草、防护墙及喷播植草等综合防护手段。特别深且稳定性不佳的路堑,应采用锚杆支护或钢架结构支撑加固措施来强化边坡稳定性。深路堑边坡防护施工中,工程技术必须精细,而且应配合施工现场的水文地质条件来实时监测,保证防护措施在施工全时段和后期运营时有效。施工管理应确保土石方及时调配并实施分段作业,以降低对周边环境的影响,保障工程顺利开展。

2.2.4 路基防护结构受力分析与稳定性验算原则

清云高速公路 T12 合同段路基工程中的高填、深挖段落较为集中,边坡高度大,工作状况复杂,路基防护结构选型与施工安排不能仅依经验,还必须依据边坡受力状况及稳定性验算来确定。在施工组织设计阶段,针对不同类型的路基边坡,以及岩土体自重、坡面附加荷载、地下水及降雨入渗等不利情况,对潜在滑动面进行稳定性分析,进而确定相应的防护形式与结构参数。

对于高填路堤边坡,主要受力特征为填土自重造

成的下滑力和坡脚区域剪切破坏风险。对填筑高度超 12 m 的路段进行稳定性判别,采用放坡分级与平台设置的方法,降低单级滑体高度,减小滑动力矩,提升整体抗滑安全系数。在此基础上,对骨架植草、防护墙或护脚结构加以配置,让坡面荷载能分散传递,形成由坡体自稳与结构约束共同承担的受力体系。

挖方路堑与深路堑边坡开挖后,原应力平衡被破坏,边坡稳定性主要靠岩土体抗剪强度和节理裂隙发育程度控制。深挖路段最大边坡高度达 59 m,施工时遵循“分级开挖、分期支护”原则,采用锚杆、锚索及框架梁等加固手段,对潜在滑动体实施受力约束。锚杆与锚索把滑动体和后方稳定岩体连接起来,以承担主要的拉力作用,框架梁可用来分配坡面荷载、限制局部变形,从受力方面改善了边坡的整体稳定性^[6]。

在挡土墙与护脚等防护结构设计及施工时,要重点校核其抗滑、抗倾覆以及地基承载力。要确保在长远荷载与不利水文状况下,结构能一直稳定工作,就必须靠结构自重以及基底摩擦力来抵抗填土侧向压力,防护结构设置位置和规模应依据现场地形、填挖状况及稳定性计算结果综合判定。

3 结束语

清云高速公路路基防护施工技术以综合性、生态化为特色,通过多层次、多手段的防护方案,有效应对不同地质条件和复杂的气候环境。施工中不仅考虑到安全稳定,还注重对环境的影响,确保生态系统得以恢复并强化保护。通过合理选择防护形式和施工工艺,保证工程质量的同时可提升公路沿线的生态环境质量。未来,随着环保要求的不断提升,路基防护施工技术将继续朝着绿色、可持续发展的方向发展,推动高速公路建设在环境保护方面的创新发展。

参考文献:

- [1] 胡莉.影响高速公路路基防护质量关键因素及解决措施[J].产品可靠性报告,2025(12):68-69.
- [2] 徐正.高速公路高填路基及边坡防护施工技术探讨[J].交通科技与管理,2025,06(07):152-154.
- [3] 张梦柯.高速公路路基边坡防护及支护施工技术研究[J].工程建设与设计,2025(06):184-186.
- [4] 王军.高速公路路基高边坡防护施工技术研究[J].运输经理世界,2024(28):47-49.
- [5] 李锦.高速公路路基防护与加固处理技术研究[J].汽车周刊,2024(10):255-257.
- [6] 赵丽.高速公路路基防护的施工技术探讨[J].交通科技与管理,2024,05(16):150-152.