

公路工程中的边坡稳定性问题及治理措施

赵 康

新疆生产建设兵团交通建设有限公司 新疆 乌鲁木齐 832017

摘 要：随着公路工程建设的不断深入，边坡稳定性问题日益突出。边坡的失稳不仅威胁着工程的安全，还对环境造成严重影响。本文旨在探讨公路工程中边坡稳定性问题的成因，并提出相应的治理措施，包括：工程措施、植被防护、土质改良、监测与维护，以期为类似工程提供理论参考。

关键词：公路工程；边坡稳定性；治理措施

引言

公路工程中的边坡稳定性问题是一个复杂而重要的问题。边坡的失稳可能导致滑坡、崩塌等地质灾害，对工程安全、环境保护和人民生命财产安全构成严重威胁。因此，研究边坡稳定性问题及其治理措施具有重要意义。

1 公路工程边坡稳定性问题成因

1.1 自然因素：地质、地形与气候的综合影响

自然因素是影响边坡稳定性的基础且不可忽视的要素，它涵盖了地质条件、地形地貌特征以及气候和水文条件等多个方面。地质条件是边坡稳定性的决定性因素之一。地层岩性的差异直接决定了岩土体的抗压、抗剪强度等物理力学性质。例如，软弱岩层、风化严重的岩石或土层，其抗剪强度较低，易于发生滑坡或塌方。地质构造如断层、节理等，则是边坡岩土体中的潜在弱面，它们可能降低岩土体的整体稳定性，成为边坡失稳的导火索。坡体结构，包括岩土体的层理、节理、裂隙等，也直接影响着边坡的稳定性。当这些结构面与边坡坡面倾向一致时，边坡失稳的风险将显著增加。地形地貌特征同样对边坡稳定性产生重要影响。坡度是反映边坡倾斜程度的重要指标，坡度越大，边坡岩土体所受的重力分量越大，稳定性越差。坡向则决定了边坡接受阳光照射和雨水冲刷的程度，进而影响岩土体的风化速度和水分含量。高度则与边坡所受的地球引力直接相关，高度越高，边坡失稳的风险通常也越大。此外，地形地貌的复杂性，如沟壑纵横、山脊陡峭等，也可能增加边坡失稳的风险。气候和水文条件是边坡稳定性问题的另一大自然因素。降雨量是影响边坡稳定性的关键因素之一。大量降雨会导致岩土体含水量增加，降低其抗剪强度，同时增加岩土体的重量，从而增加边坡失稳的风险。地下水位的变化也对边坡稳定性产生重要影响。当地下水位上升时，岩土体中的孔隙水压力增加，可能导

致边坡岩土体发生松动或位移。此外，气候的极端变化，如干旱与暴雨的交替，也可能加速岩土体的风化速度，降低其稳定性。

1.2 人为因素：设计、施工与养护的综合作用

除了自然因素外，人为因素也是导致边坡稳定性问题的重要原因。这主要包括设计因素、施工因素和养护管理因素三个方面。设计因素在边坡稳定性问题中占据重要地位。边坡的设计应充分考虑其地质条件、地形地貌特征以及气候和水文条件等因素。然而，在实际设计中，有时由于设计人员的经验不足或对相关因素的考虑不周，可能导致边坡设计不合理。例如，坡形、坡率的设计不当，排水系统的不完善等，都可能降低边坡的稳定性，增加失稳的风险。施工因素也是影响边坡稳定性的关键因素之一。在施工过程中，开挖方式、爆破震动、施工顺序等都会对边坡稳定性产生影响。不合理的开挖方式可能导致边坡岩土体受到过度扰动，降低其稳定性。爆破震动则可能破坏岩土体的内部结构，使其变得松散易滑。而施工顺序的不当，如未按照设计要求先进行支护再进行开挖等，也可能导致边坡失稳^[1]。养护管理因素同样不容忽视。边坡的养护管理对于保持其长期稳定性至关重要。然而，在实际运营过程中，有时由于养护管理不到位，如未及时对边坡进行维护、排水系统堵塞等，都可能导致边坡失稳的风险增加。此外，缺乏对边坡稳定性的定期监测和评估，也可能使得潜在的边坡失稳问题得不到及时发现和处理。

2 公路工程边坡稳定性治理措施

2.1 工程措施

2.1.1 支撑性建筑物：提供额外支撑，增强边坡稳定性

支撑性建筑物作为边坡稳定性治理的重要手段，通过构筑物本身的重量和结构强度，为边坡提供额外的支撑力，从而有效抵抗边坡岩土体的下滑力。常见的支撑

性建筑物包括锚杆挡墙和抗滑明洞等。锚杆挡墙是一种利用锚杆将挡墙与边坡岩土体紧密连接在一起的支护结构。锚杆深入岩土体内部,通过注浆等方式与岩土体形成牢固的黏结力,从而增强挡墙的抗滑能力。锚杆挡墙具有结构简洁、施工方便、造价相对较低等优点,适用于中小规模的边坡稳定性治理。抗滑明洞则是一种在边坡前方开挖的洞室结构,通过洞室顶部的回填和侧墙的支撑,为边坡提供稳定的支撑力。抗滑明洞不仅能够直接抵抗边坡的下滑力,还能通过其内部的排水系统,有效排除边坡内的地下水,降低边坡因水湿而降低的抗滑力。抗滑明洞适用于地质条件复杂、边坡稳定性较差的情况,但其施工难度和造价相对较高。

2.1.2 削坡与填方:改变边坡结构,提高稳定性

削坡与填方,即“削头补足”,是治理大规模滑坡的有效方法。通过上部刷方减少边坡的高度和坡度,降低边坡岩土体所受的重力分量;同时,在下部进行填方,增加边坡的宽度和底部支撑力,从而提高边坡的整体稳定性。在实施削坡与填方时,需根据边坡的地质条件、地形地貌特征以及滑坡的规模等因素,制定合理的削坡和填方方案^[2]。削坡时应避免过度扰动边坡岩土体,保持其原有的结构完整性;填方时应选择合适的填料,确保填方的密实度和稳定性。此外,还需对削坡和填方后的边坡进行定期监测和评估,确保其长期稳定性。

2.1.3 排水措施:降低水湿影响,保障边坡稳定

水是导致边坡失稳的重要因素之一。因此,采取有效的排水措施,防止地表水和地下水渗入边坡岩土体,是保障边坡稳定性的关键。天沟和侧沟是常见的地表水排水措施。天沟位于边坡顶部,用于拦截和引导山顶的雨水流向边坡两侧;侧沟则位于边坡两侧,用于收集和排放边坡表面的雨水。通过修筑天沟和侧沟,可以有效减少地表水对边坡的直接冲刷和渗透,降低边坡失稳的风险。盲沟和支撑渗沟则是针对地下水的排水措施。盲沟是一种埋设于边坡内部的排水管道,通过管道内的水流将地下水引出边坡;支撑渗沟则是一种结合了排水和支撑功能的结构,既能够排除地下水,又能为边坡提供额外的支撑力。这些排水措施能够显著降低边坡岩土体的含水量,提高其抗滑能力。此外,对于边坡上出现的裂缝,应及时进行堵塞处理,防止雨水通过裂缝渗入边坡内部。堵塞裂缝时,应选择合适的堵塞材料,确保堵塞的密实性和耐久性。

2.2 植被防护

2.2.1 植被覆盖:构建生态与稳定的双重屏障

植被覆盖是边坡防护中一种常见且有效的手段。它

通过在边坡表面种植草皮、灌木或乔木等植被,形成一层天然的保护层,以抵御大气降水对边坡面的冲刷和岩石风化。这种防护方式不仅能够减少水流对边坡的直接冲击,还能通过植被的根系固定土壤,增加边坡的抗滑能力。在实施植被覆盖时,可以根据边坡的地质条件、气候条件以及植被的生长习性,选择适宜的植被种类。例如,在干旱地区,应选择耐旱、根系发达的植被;在湿润地区,则可选择生长迅速、覆盖度高的植被。同时,为了促进植被的生长和成活,还需要对边坡进行必要的土壤改良和施肥处理。除了直接种植植被外,还可以结合其他工程措施进行植被覆盖。例如,在边坡表面局部或全部用灰浆或沥青进行抹面,以增加边坡的平整度和保水性;或者喷射水泥砂浆、修筑浆砌石或混凝土护坡,为植被提供稳定的生长基础^[1]。这些措施不仅能够增强边坡的稳定性,还能为植被的生长创造良好的条件。植被覆盖的优势在于其生态性和可持续性。植被能够吸收二氧化碳、释放氧气,改善边坡周边的生态环境;同时,植被的生长和更新也能够持续地为边坡提供保护,减少维护成本。

2.2.2 三维植被网植草:科技与生态的完美结合

三维植被网是一种新型的边坡防护材料,它以热塑性树脂为原料,经过特殊工艺加工而成。这种三维结构的植被网能够紧密地贴合边坡表面,为植被的生长提供稳定的支撑。同时,植被网的网孔结构还能够降低雨滴的冲击能量,阻挡坡面雨水的流速,有效抵御雨水的冲刷。在三维植被网上种植草皮时,可以选择适应性强、生长迅速的草本植物。这些草本植物能够通过其根系与植被网紧密地结合在一起,形成一个整体稳定的防护层。草根系统不仅能够固定土壤、增加边坡的抗滑能力,还能通过其枝叶的蒸腾作用调节边坡的湿度和温度,为边坡创造一个更加适宜的生长环境。三维植被网植草的优势在于其结合了科技与生态的双重优势。植被网的应用使得植被的种植更加便捷和高效,同时也能够减少土壤侵蚀和水土流失的风险。而植被的生长则能够为边坡提供长期的保护,降低维护成本。此外,三维植被网植草还能够提升边坡的景观价值,使得公路沿线更加绿色、生态和美观。

2.3 土质改良

掺砂翻夯是一种简单且经济的土质改良方法。它通过将适量的砂土与原有土体混合,并利用机械或人工方式进行翻夯,使砂土与土体充分融合,形成更加均匀、密实的土层。掺入的砂土能够填补土体中的孔隙,增加土体的密实度和内聚力,从而提高其抗剪强度和抗滑能

力。这种方法特别适用于土质较为松散、孔隙率较高的边坡，能够显著改善其力学性能。硅化法则是一种利用化学反应来增强土体强度的方法。它通过将硅酸钠溶液注入土体中，使土体中的土壤颗粒与硅酸钠发生化学反应，生成硅胶并填充土体孔隙。这种化学反应不仅能够增加土体的黏结力和内聚力，还能提高其抗压强度和抗剪强度。硅化法适用于多种土质类型，尤其是对那些含有较多黏土矿物的土体，效果尤为显著。焙烧法则是一种通过高温处理来改良土质的方法。它将土体置于高温环境中进行焙烧，使土体中的有机质和水分得以挥发和分解，同时使土体颗粒之间发生熔融和黏结，形成更加坚硬、密实的土层。焙烧法能够显著提高土体的抗压、抗剪和抗渗能力，使其更加适应边坡稳定性的要求^[4]。然而，由于焙烧法需要消耗大量的能源，且可能对周边环境产生一定影响，因此在应用时需谨慎考虑。土质改良作为边坡稳定性治理的重要手段，通过掺砂翻夯、硅化法和焙烧法等方法的应用，能够显著提升土体的力学强度和抗滑能力。在实际工程中，应根据边坡的具体情况 and 土质特点，选择合适的土质改良方法，并结合其他治理措施，共同构建稳定、安全的边坡防护体系。

2.4 监测与维护

在公路工程边坡稳定性的长期管理中，监测与维护工作扮演着至关重要的角色。它们不仅是预防边坡失稳的第一道防线，也是确保已实施治理措施持续有效的重要保障。定期监测是边坡稳定性管理的基础。通过采用专业监测设备和技术手段，如测斜仪、水位计、裂缝计等，对边坡的位移、变形、地下水位变化及裂缝发展等关键参数进行实时监测。监测数据的定期分析能够及时发现边坡的微小变化，为潜在问题的早期预警提供科学依据。一旦发现异常数据或边坡出现失稳迹象，如位移加速、裂缝扩大等，应立即启动应急响应机制，进行现场勘查和评估，确保问题得到及时处理。维护排水系统的畅通是边坡稳定性维护的重要一环。排水系统作为边

坡防护体系的重要组成部分，其有效运行对于防止水对边坡的侵蚀和破坏至关重要。因此，应定期对排水沟、排水管、集水井等设施进行检查和清理，确保无堵塞、无破损，保证水流顺畅排出。特别是在雨季或极端天气条件下，应增加检查频次，及时发现并处理排水系统存在的问题，防止因排水不畅导致的边坡失稳。及时加固处理是对于已经出现失稳迹象边坡的必要措施^[5]。根据边坡失稳的具体情况和原因，采取针对性的加固措施，如增设支挡结构、进行削坡减载、加强排水系统等。加固施工应遵循科学、严谨的原则，确保施工质量，并在施工完成后进行效果评估，确保加固措施的有效性。监测与维护工作是确保边坡长期稳定的关键环节。通过定期监测、维护排水系统的畅通以及及时加固处理，我们能够及时发现并处理边坡潜在的问题，确保公路工程边坡的安全稳定，为公路交通的顺畅运行提供有力保障。

结语

公路工程中的边坡稳定性问题是一个复杂而重要的问题。通过深入分析边坡稳定性问题的成因，并采取有效的治理措施，我们可以显著降低边坡失稳的风险，确保公路工程的安全和稳定。未来，随着技术的不断进步和经验的不断积累，我们有望在边坡稳定性治理方面取得更加显著的成效。

参考文献

- [1] 张晓燕, 姬俊慧. 公路工程中边坡稳定性分析与加固技术[J]. 汽车周刊, 2024, (10): 118-120.
- [2] 王拓. 基于高边坡稳定性及治理的公路工程设计[J]. 大众标准化, 2020, (01): 53-54.
- [3] 周伟. 公路工程岩土边坡稳定性研究[J]. 广东建材, 2023, 39(08): 101-104.
- [4] 幸瑞. 国道310南移新建公路工程典型黄土高边坡稳定性分析[D]. 重庆大学, 2021.
- [5] 洪渊. 公路工程深挖路堑边坡稳定性控制研究[D]. 浙江大学, 2018.