

公路边坡稳定性分析与防护技术研究

郭帅帅

延安市公路局 陕西 延安 716000

摘要: 本文综述了边坡稳定性理论与分析方法,以及公路边坡防护技术。边坡稳定性受地质、气候、水文和人类活动等多种因素影响,评估方法包括定性分析、定量分析和综合分析。在公路边坡防护方面,采用边坡加固技术如锚杆加固、土钉墙加固和挡土墙加固,以增强边坡稳定性;通过地表排水和地下排水技术,有效排除积水,减轻水对边坡稳定性的影响;利用边坡植被恢复技术,通过植被的自然生长,提升边坡稳定性并防止水土流失。这些技术为公路边坡的防护与治理提供了科学依据和实践指导。

关键词: 公路边坡;稳定性分析;防护技术研究

引言:边坡稳定性是公路工程中不可忽视的关键问题,它直接关系到公路的安全性和使用寿命。地质条件、气候条件、水文条件及人类活动等多种因素均对边坡稳定性产生显著影响。为了准确评估边坡稳定性,需要综合运用定性分析、定量分析和综合分析方法,全面考虑各种因素。同时,边坡防护技术的研究也至关重要,包括加固技术、排水技术和植被恢复技术等,这些技术的应用能有效提升边坡的稳定性,防止水土流失,保障公路的安全运行。本文将对边坡稳定性理论及分析方法,以及公路边坡防护技术进行综述,以期为相关工程实践提供理论指导和技术支持。

1 边坡稳定性理论概述

边坡稳定性是指边坡在受到各种外力作用时,能够保持其原有形态而不发生失稳破坏的能力。这是边坡工程设计和施工中的一个核心问题,直接关系到公路的安全性和使用寿命。边坡稳定性的评估需要综合考虑多种因素,包括地质条件、气候条件、水文条件以及人类活动等。(1)地质条件是边坡稳定性的基础影响因素。边坡的地质构造、岩性、土壤类型、岩层产状和节理发育程度等都会对其稳定性产生显著影响。例如,软弱岩层、断层和节理发育的岩层更容易发生滑坡和崩塌。此外,土壤的物理力学性质,如抗剪强度、抗压强度和渗透性等,也是影响边坡稳定性的重要因素^[1]。(2)气候条件对边坡稳定性的影响主要体现在降雨和温度两个方面。降雨会增加边坡土体的含水量,降低其抗剪强度,增加边坡失稳的风险。而温度的变化则会影响边坡土体的热胀冷缩,导致其内部应力的变化,进而影响稳定性。特别是在极端气候条件下,如暴雨、干旱和高温等,边坡的稳定性问题更加突出。(3)水文条件也是影响边坡稳定性的重要因素。地下水位的升降、水流冲刷

和渗透作用都会对边坡的稳定性产生显著影响。地下水位上升会增加边坡土体的重量和孔隙水压力,降低其抗滑力。而水流冲刷则会直接破坏边坡的土体结构,增加其失稳的可能性。(4)人类活动也是导致边坡失稳的重要原因之一。例如,公路建设和运营过程中产生的开挖、填筑和排水等活动都会对边坡的稳定性产生影响。不合理的施工方法和设计缺陷都可能导致边坡失稳。此外,人类活动还可能改变边坡的自然环境,如植被破坏、水土流失等,进一步加剧边坡的不稳定性。(5)稳定性分析的基本原理则是基于力学原理,通过计算边坡内部的应力分布和变形情况来评估边坡的稳定性状态。这需要对边坡的几何形状、材料性质和外部荷载等进行详细调查和分析。常用的稳定性分析方法包括极限平衡法、有限元法和离散元法等。这些方法能够综合考虑多种因素,对边坡的稳定性进行定量评估,为后续的防护设计提供科学依据。此外,边坡稳定性的评估还需考虑时间效应。随着时间的推移,边坡的土体材料可能因风化、侵蚀等自然作用而逐渐弱化,导致其稳定性下降。因此,在边坡工程设计和施工过程中,必须充分考虑时间因素对边坡稳定性的影响,采取相应的预防措施和长期监测手段,以确保边坡在长期使用过程中的安全性和稳定性。同时,也需不断研发新的评估技术和方法,以适应复杂多变的边坡环境。

2 边坡稳定性分析方法

2.1 定性分析方法

定性分析方法在边坡稳定性评估中具有重要地位,它主要依赖于观察、描述和比较等途径,从而对边坡的稳定状况展开初步评价。(1)地质历史分析法是一种重要的手段。该方法通过深入研究边坡所在区域的地质演变历程,包括地层的沉积顺序、构造运动的影响以及

以往可能发生过的地质灾害事件等。例如,若某边坡所处地区在地质历史时期频繁遭受地震、火山活动等强烈地质作用,或者地层中存在明显的褶皱、断层等构造特征,那么这些历史信息都能为判断当前边坡稳定性提供有力线索。通过分析这些地质历史遗迹,可以推断出边坡岩土体可能受到的长期应力作用情况,以及潜在的薄弱环节^[2]。(2)工程类比法也是常用的定性分析方法之一。它主要是依据已有的大量边坡工程实例,这些实例涵盖了不同地质条件、地形地貌、工程规模等多种情况。在对目标边坡进行分析时,将其地质、地形、水文等条件与已知的边坡工程进行对比。比如,若新的边坡在岩土类型、坡高、坡度等方面与某个曾经发生过滑坡的边坡相似,那么就需要高度警惕其稳定性问题。这种方法能够快速根据相似案例给出对边坡稳定性的初步判断。(3)专家经验法在定性分析中也不可或缺。经验丰富的地质、岩土工程师可以根据自己长期积累的实践经验,对边坡的稳定性进行直观判断。他们通过现场考察,观察边坡的坡面形态、岩土体颜色、植被覆盖情况以及是否存在裂缝、渗水等现象,综合这些因素来评估边坡的稳定性。不过,这些常用的定性分析方法虽然操作相对简便、直观,但它们都存在一定的局限性,即缺乏精确的计算和量化的评估标准,只能作为边坡稳定性分析的初步环节。

2.2 定量分析方法

定量分析方法是边坡稳定性评估中更为深入和精确的手段,其核心是依据力学原理开展工作。这种方法致力于对边坡内部复杂的力学状态进行剖析,通过精确计算和深入分析应力、应变以及位移等关键参数,从而实现边坡稳定性的精准评估。(1)极限平衡法是常用的定量分析方法之一。它以静力学平衡原理为基础,假定边坡岩土体处于极限平衡状态。在此方法中,通过严谨的力学计算,分别衡量抗滑力和滑动力,然后以二者的比值(即安全系数)作为评判边坡稳定性的关键指标。(2)有限元法在边坡稳定性分析领域也占据重要地位。它能够把边坡岩土体离散为有限个单元,通过建立这些单元的力学模型,考虑岩土体的非线性特性、复杂的边界条件以及实际施工过程等多种因素。利用有限元软件,可以模拟边坡在不同工况下,如不同荷载、不同水位等情况下的应力应变状态,为工程师提供详细且准确的边坡内部力学信息,进而对其稳定性做出精确判断。(3)离散元法同样是极具价值的定量分析方法。它将边坡视为由离散的块体组成,重点关注块体之间的相互作用和运动规律。这种方法尤其适用于分析存在大量裂

隙、节理等不连续结构的边坡,能够很好地模拟块体在各种外力作用下的移动、转动等行为,从而为评估边坡稳定性提供有力依据。不过,这些定量分析方法虽然具有更高的准确性和可靠性,但由于其计算复杂,需要专业的计算软件和相应的设备支持,对操作人员的专业素质要求也较高。

2.3 综合分析方法

综合分析方法是一种更为科学全面的边坡稳定性评估手段,它巧妙地融合了定性分析方法与定量分析方法。在实际应用中,一方面运用定性分析方法,如通过地质历史分析法追溯边坡所在区域的地质变迁过程,了解地层在漫长时间里所受的各种内力和外力作用,包括构造运动、风化侵蚀等对边坡稳定性的潜在影响;利用工程类比法,参照大量相似工程案例,从宏观角度初步判断边坡可能面临的稳定性问题;借助专家经验法,依靠专业人员长期积累的实践知识,通过现场观察边坡的外观特征,如坡面植被、裂缝发育、岩土体颜色和质地等情况,快速识别可能的风险迹象。另一方面,结合定量分析方法,像极限平衡法通过精确计算抗滑力和滑动力比值来确定安全系数,有限元法和离散元法利用专业软件模拟边坡内部应力、应变和位移等参数,从微观力学层面深入剖析边坡的稳定性。综合分析方法将这两种类型方法的优势互补,充分考虑诸如地质条件、地形地貌、水文情况、荷载分布以及施工影响等多种因素,全方位地对边坡稳定性进行评估。这种结合使得评估结果更能准确反映边坡真实状态,大幅提高了评估的准确性和可靠性,为边坡治理和防护提供坚实依据。

3 公路边坡防护技术研究

3.1 边坡加固技术

边坡加固技术在公路建设与维护中有着至关重要的作用,其核心目标是增加边坡的抗剪强度和整体稳定性,从而有效预防边坡出现失稳破坏的情况,保障公路的安全运行。(1)锚杆加固是一种广泛应用的加固手段。它是通过在边坡岩土体中钻孔,然后将锚杆插入其中,并灌注水泥砂浆等粘结材料,使锚杆与周围岩土体紧密结合。锚杆一端锚固在稳定地层中,另一端通过施加预应力等方式对边坡岩土体施加拉力,从而平衡一部分下滑力,增强岩土体的稳定性^[3]。就像在一些岩石边坡中,锚杆能够深入岩石裂隙,将可能松动的岩石块体与稳定岩体连接起来,提高整个边坡的抗滑能力。(2)土钉墙加固也是常用的方法之一。它是在边坡中设置一定密度的土钉,土钉通常采用钢筋等材料。通过在土中钻孔置入土钉,并在坡面喷射混凝土面层,使土钉、混

凝土面层与土体共同作用。土钉能够限制土体的侧向变形,提高土体的抗剪强度,增强边坡的稳定性。在土质边坡防护中,土钉墙加固可以有效防止坡面土体的坍塌。(3)挡土墙加固在公路边坡防护中同样不可或缺。挡土墙可分为重力式、悬臂式、扶壁式等多种类型。重力式挡土墙依靠自身重力来抵抗土压力,适用于填方边坡或地形受限的挖方边坡。悬臂式和扶壁式挡土墙则通过钢筋混凝土结构抵抗土压力,常用于墙高较大的情况。这些挡土墙能够有效阻挡边坡土体的滑动,显著提高边坡的稳定性和安全性,保护公路不受边坡失稳的威胁。

3.2 边坡排水技术

边坡排水技术对于保障边坡的稳定性至关重要,其原理是通过合理设置排水设施,及时将边坡内的积水排出,从而有效降低水对边坡稳定性产生的负面影响。

(1)在常用的排水技术中,地表排水是第一道防线。地表排水主要借助设置排水沟、截水沟等设施来达成排水目的。其中,截水沟通常设置在边坡顶部的适当位置,其功能是拦截从边坡上方流下来的地表水,防止水流直接冲刷边坡坡面。例如在山区公路边坡防护中,截水沟可以阻止山坡上的雨水汇聚后冲向公路边坡,避免雨水大量渗入边坡土体。而排水沟则分布在边坡的坡面或坡底等位置,其作用是将边坡范围内的地表水有序地疏导出去,避免积水在边坡上形成径流,减少对坡面的冲刷侵蚀。(2)地下排水作为另一种关键的排水方式,主要通过设置盲沟、渗水井等设施来实施。盲沟一般由碎石、砂等透水性材料组成,它能收集并排出边坡浅层的地下水,使地下水在盲沟内流动并最终排出边坡范围,降低地下水位对边坡土体的浸泡。渗水井则主要针对深层地下水,它可以将深层地下水汇集起来,并引导其渗入更深的地层或通过管道排出,有效减轻地下水对边坡稳定性的破坏,保障边坡的长期稳定。

3.3 边坡植被恢复技术

边坡植被恢复技术,作为公路边坡防护的重要手段之一,旨在通过植被的自然生长和生态功能,有效提升边坡的稳定性,并有效防止水土流失现象的发生。这一技术不仅环保可持续,还能显著改善边坡的生态环境,

增强边坡的自然防护能力。植被在边坡防护中发挥着多重作用。首先,植被的根系能够深入土壤,起到固定土壤颗粒、增加土壤凝聚力的作用,从而有效防止边坡的表层土壤被雨水冲刷走。其次,植被的枝叶和地表覆盖物能够减缓水流速度,降低水流对边坡的冲刷力,进一步保护边坡的完整性。此外,植被的生长还能逐渐改善边坡的土壤结构,提高边坡的抗剪强度,使其更加稳定。在边坡植被恢复技术的实践中,常用的方法包括植草、植树和铺设植被网等^[4]。植草适用于坡度较缓、土壤条件较好的边坡;植树则更适用于土壤深厚、水分充足的边坡;而植被网则能在坡度较陡、土壤贫瘠的边坡上提供更好的植被生长环境,帮助植被更好地扎根生长,发挥防护作用。

结束语

公路边坡的稳定性分析与防护是保障公路安全运营的关键环节。通过对边坡稳定性理论的深入理解,我们明确了地质、气候、水文和人类活动等多种因素对边坡稳定性的影响。在稳定性分析方法上,定性分析可初步评估,定量分析能精确剖析,综合分析则取长补短,使评估结果更可靠。而防护技术方面,加固技术可增强边坡抗剪强度和稳定性,排水技术能降低水对边坡的不利影响,植被恢复技术在环保的同时提升边坡的自然防护能力。多种方法和技术相互配合,为公路边坡的稳定和安全提供了全方位保障。未来,随着科技发展和实践经验的积累,边坡稳定性分析与防护技术将不断优化和创新,进一步提高公路建设与运营的安全性和可持续性。

参考文献

- [1]毕聪.公路高边坡稳定性分析与加固措施研究[J].交通世界(上旬刊),2021(2):99-100.
- [2]马海霞.公路边坡稳定性的影响因素及防护措施[J].交通世界,2021,(29):72-73.
- [3]季丹.公路路基边坡稳定性分析及锚固优化设计[J].工程技术研究,2023(8):163-165.
- [4]陈瑞春,赵德平,袁梦,等.降雨入渗的道路边坡稳定性分析及防治措施[J].施工技术(中英文).2023(5):140-145.