

# 关于铁路工程路基边坡变形防护施工方案的研究

谭和平

中国葛洲坝集团股份有限公司

**摘要：**本文深入探讨了路基边坡变形防护工程的实施策略与效果评估。首先，分析了边坡变形的主要原因及其对铁路工程安全运营的影响，进而提出了针对性的防护技术与方法。在设计阶段，通过综合考虑地质条件、环境因素及工程需求，制定了科学合理的防护方案。施工过程中，严格遵循施工规范，确保加固结构、排水系统及植被防护等各项措施的有效实施。最后，通过现场检查评估与监测数据分析，验证了防护工程的有效性，并总结了工程实施过程中的经验教训。本文的研究成果对于提高边坡防护工程的施工质量、保障铁路工程的安全运营具有重要的指导意义。

**关键词：**路基边坡；变形防护；加固结构；排水系统；植被防护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.054

## 一、引言

随着国家基础设施建设的快速发展，铁路作为国民经济的大动脉，其安全性和稳定性直接关系到社会经济的平稳运行。然而，在铁路工程建设中，路基边坡变形问题日益凸显，成为影响工程质量和运营安全的关键因素。因此，开展对路基边坡变形防护施工方案的研究，对于保障铁路工程的长期稳定运行具有重要意义。

## 二、路基边坡变形原因分析

在铁路工程建设中，路基边坡的稳定性是确保铁路线路安全运营的关键因素之一。然而，边坡变形作为一种常见的地质灾害，其发生往往由多种复杂因素共同作用所致。本章将从自然因素、人为因素以及综合因素三个方面，对路基边坡变形的原因进行深入剖析。

### （一）自然因素

自然因素是导致路基边坡变形不可忽视的重要方面，它们主要包括地质条件、气候条件和水文条件等多个方面。

地质条件是边坡稳定性的基础，不同的地质构造和岩土性质对边坡的稳定性有着直接的影响。土壤类型是决定边坡稳定性的重要因素之一。例如，黏土和粉质土由于其颗粒细小、黏性大，在水分作用下容易发生膨胀和软化，导致边坡土体抗剪强度降低，从而引发滑坡或坍塌。相反，砂土和碎石土等粗粒土则具有较好的排水性和较高的抗剪强度，边坡稳定性相对较好。地质构造的复杂性也增加了边坡变形的风险。断层、褶皱、节理等地质构造面的存在，使得边坡岩体内部存在大量的不连续面和软弱带，这些区域在外部力作用下容易发生破坏，导致边坡整体失稳。

气候条件对边坡稳定性的影响主要表现在降雨、温

度变化和风化作用等方面。降雨是引发边坡变形的主要因素之一，特别是长时间的强降雨或暴雨，会导致地表水和地下水位的急剧上升，增加土体重量，降低土体的抗剪强度，同时还会冲刷坡面，破坏植被和土壤结构，加剧边坡的变形。温度变化也会对边坡稳定性产生影响。在寒冷地区，冻融作用会导致土体体积膨胀和收缩，产生裂缝和冻胀力，破坏边坡的完整性。而在炎热地区，长时间的暴晒会导致土体干燥收缩，降低土体的凝聚力和内摩擦角，降低边坡的稳定性。

水文条件是影响边坡稳定性的另一个重要因素。地下水位的变化会直接影响土体的有效应力和抗剪强度。当地下水位上升时，土体中的有效应力减小，抗剪强度降低，容易发生滑坡或坍塌。此外，河流、湖泊等水体对边坡的冲刷和侵蚀作用也不容忽视，它们会不断侵蚀坡脚，破坏边坡的平衡状态。

### （二）人为因素

人为因素是导致路基边坡变形的另一个重要方面，它们主要包括工程设计、施工过程和后期维护等多个环节。

工程设计是确保边坡稳定性的前提和基础。然而，在实际工程中，由于设计人员的经验不足、对地质条件了解不够深入或设计标准偏低等原因，往往会导致边坡设计不合理，如边坡坡度设置过陡、加固措施不足等，从而增加了边坡变形的风险。施工过程中的疏忽或错误操作也是导致边坡变形的重要原因之一。例如，在施工过程中没有按照设计要求进行开挖和填筑，导致边坡形状和尺寸不符合要求；或者在施工过程中没有采取有效的排水措施，导致雨水积聚在边坡上，增加了边坡的重量和滑动力。此外，施工过程中的爆破作业、机械振动等也会对边坡的稳定性造成不利影响。后期维护管理是确保边坡长期稳定性的关键。然而，在实际工程中，由于维护资金不足、管理人员素质不高或维护制度不健全等原因，往往会导致后期维护管理不到位，如排水系统堵塞、加固结构损坏等，从而加剧了边坡的变形和破坏。

### （三）综合因素分析

路基边坡的变形是一个复杂的过程，涉及自然与人为因素的交织影响。地质构造、岩土性质、地下水文条件等自然因素构成了边坡稳定的内在基础，而气候变化、降雨强度等则作为外部动力，加剧边坡的不稳定。同时，工程设计中的参数选择、施工过程中的质量控制、以及后期维护管理的缺失等人为因素，亦不容忽视，它们可能直接诱发或加剧边坡的变形。因此，在进行边坡稳定性分析时，必须采取综合因素分析方法。这

要求工程师不仅要深入了解边坡所在区域的地质、气候和水文特征，还需全面审视工程的设计、施工与后期维护流程，运用多学科知识，结合现场实际与工程经验，对边坡稳定性进行精准评估和预测，以确保边坡工程的安全与可靠。

#### （四）外部荷载与交通因素

除了自然因素和人为因素外，外部荷载与交通因素也是导致路基边坡变形不可忽视的原因。随着铁路交通量的不断增加，列车运行产生的动荷载对边坡土体的长期作用会逐渐累积，导致土体结构发生变化，降低其稳定性。特别是在重载列车频繁通过的路段，这种影响更为显著。交通事故如列车脱轨、撞击等也可能对边坡造成直接冲击，引发边坡的突然变形或破坏。在设计 and 施工过程中，必须充分考虑交通因素对边坡稳定性的影响，采取相应的加固和防护措施，确保边坡在长期使用过程中能够保持稳定。

### 三、路基边坡变形防护施工方案

在铁路工程建设中，针对路基边坡变形的防护施工方案是确保工程质量和运营安全的关键环节。本章节将从勘察与设计优化、边坡加固技术、排水与监测系统以及施工管理四个方面，详细阐述路基边坡变形防护的具体施工方案。

#### （一）勘察与设计优化

施工前的详尽地质勘察是制定有效防护施工方案的基础。通过地质勘探、原位试验、室内试验等手段，全面了解边坡的地质条件，包括岩土性质、地下水位、地质构造等，为设计提供准确依据。在设计阶段，需充分考虑地质勘察结果，结合工程特点、使用要求及环境条件，优化设计方案。

合理确定边坡坡度是防止边坡变形的重要措施之一。坡度设计应遵循“安全、经济、合理”的原则，既要保证边坡的稳定性，又要避免浪费土地资源。同时，还需考虑边坡的排水性能，通过设置坡面排水沟、截水沟等，有效排除地表水，减轻雨水对边坡的冲刷和侵蚀。排水系统的设计也是设计优化的重要内容。应建立完善的排水网络，包括地表排水和地下排水两部分。地表排水主要通过设置截水沟、排水沟等，将雨水迅速引导至边坡以外；地下排水则通过盲沟、渗沟等结构，降低地下水位，减少地下水对边坡的侵蚀和软化作用。此外，加固措施的选择也是设计优化的关键环节。根据边坡的地质条件和变形特点，合理选择挡土墙、抗滑桩、锚杆（索）等加固措施，提高边坡的整体稳定性。在设计过程中，还需充分考虑各种加固措施的优缺点和适用条件，进行经济性和技术性的综合比较，选择最优方案。

#### （二）边坡加固技术

挡土墙和抗滑桩是边坡加固中常用的结构形式。重力式挡土墙依靠墙身自重抵抗土压力，适用于高度较小、地基承载力较好的边坡；悬臂式挡土墙则通过墙身悬臂部分的抗弯作用来抵抗土压力，适用于高度较大、

地基承载力较差的边坡。抗滑桩则通过打入稳定岩层中的桩体来提供抗滑力，适用于滑坡治理等复杂工程。在施工过程中，需严格控制挡土墙和抗滑桩的施工质量，确保其满足设计要求。特别是对于抗滑桩的施工，需严格控制桩身垂直度、桩顶标高和桩身质量等关键指标，确保桩体能够充分发挥其抗滑作用。

锚杆和锚索是通过将边坡土体与稳定岩层相连来提高土体抗滑能力的有效手段。锚杆（索）的施工需经过钻孔、清孔、注浆、安装锚杆（索）体、张拉锁定等步骤。在施工过程中，需严格控制钻孔的孔径、孔深和倾斜度等参数，确保锚杆（索）能够准确锚入稳定岩层中。同时，还需严格控制注浆质量，确保浆液能够充分填充钻孔并与岩土体紧密结合。

植被防护是一种既经济又环保的边坡加固方式。通过种植适宜的植被，可以固结土体、增强土体的凝聚力和抗冲刷能力，同时美化环境、改善生态。在植被防护施工过程中，需根据边坡的土质条件、气候条件和使用要求等因素，选择合适的植物种类和种植方式。同时，还需加强后期养护管理，确保植被能够正常生长并发挥防护作用。

#### （三）排水与监测系统

排水系统是防止边坡变形的重要措施之一。在边坡防护施工中，需建立完善的排水系统，包括地表排水和地下排水两部分。地表排水主要通过设置截水沟、排水沟等结构来排除雨水等地表水；地下排水则通过盲沟、渗沟等结构来降低地下水位。排水系统的设计和施工需充分考虑边坡的地质条件和排水需求，确保排水畅通无阻。边坡变形监测系统则是及时发现并处理潜在问题的关键手段。通过设置位移监测点、应力监测点等监测设施，可以实时监测边坡的稳定性状态。一旦发现边坡出现变形迹象或异常情况，应立即采取措施进行处理，防止变形进一步发展并造成严重后果。

#### （四）施工管理

施工管理是边坡防护工程成功的基石。在施工过程中，必须强化质量控制与安全管理，确保施工方案精准落地。建立严格的质量管理体系，从材料采购到施工细节，层层把关，确保每项施工活动均符合设计要求。对关键施工节点实施旁站监督，确保隐蔽工程质量无虞。同时，注重施工人员的技术培训与安全教育，提升队伍专业素养与安全意识，为施工安全奠定坚实基础。安全管理方面，制定详尽的安全管理制度与应急预案，定期组织安全演练，提升应急响应能力。加强现场安全巡查，及时发现并消除安全隐患，为施工人员营造安全、有序的作业环境。通过这一系列管理措施，不仅保障了边坡防护工程的质量与安全，也彰显了企业对社会责任的担当与践行。

#### （五）环境保护与可持续发展

在路基边坡变形防护施工过程中，环境保护与可持续发展同样不可忽视。随着社会对环境保护意识的增强，工程建设必须遵循绿色、低碳、循环的原则。因

此,在边坡防护施工中,应采取有效措施减少对环境的影响,实现工程建设与生态环境的和谐共生。

一方面,要合理选择施工材料和施工方法,减少对环境的污染。例如,采用环保型建筑材料,减少废弃物和有害物质的排放;采用先进的施工技术,降低施工噪音和粉尘污染。另一方面,要加强施工过程中的生态环境保护工作。施工前应对施工区域进行生态环境评估,明确环境保护目标和要求;施工过程中应严格控制施工范围,避免对周边生态环境造成破坏;施工结束后应及时进行生态修复和绿化工作,恢复生态环境的功能和价值。此外,还应注重边坡防护工程的可持续发展。在设计和施工过程中,要充分考虑工程的长期效益和社会效益,确保工程在保护边坡稳定的同时,能够为经济社会发展提供有力支撑。同时,要加强工程后期的维护和管理,确保工程能够持续发挥防护作用,为铁路工程的长期安全运营提供有力保障。

#### 四、实施效果评估与反馈

在路基边坡变形防护施工方案实施完成后,进行全面的评估与反馈是确保工程质量和后续维护管理的重要环节。这一过程不仅有助于验证设计方案的合理性和施工质量的达标情况,还能为后续类似工程提供宝贵的经验和参考。以下将从监测数据分析、现场检查评估、社会经济效益分析三个方面进行详细阐述。

##### (一) 监测数据分析

监测数据分析是评估边坡防护效果最直接、最科学的方法之一。在施工过程中及完成后,通过预先设置的监测点,定期收集位移、应力、渗流等关键参数的数据,利用专业的监测软件或模型进行处理和分析。

对位移数据进行分析,可以直观反映边坡的整体稳定性和变形趋势。通过对比施工前后的位移数据,可以评估加固措施的有效性,判断边坡是否处于稳定状态。若发现位移数据异常,需及时采取补救措施,防止变形进一步发展。应力监测数据也是评估边坡稳定性的重要依据。通过分析锚杆(索)、挡土墙等加固结构的应力分布和变化情况,可以了解它们的工作状态和受力性能,从而判断其是否满足设计要求。渗流监测数据对于评估边坡的排水效果和水稳定性至关重要。通过监测地下水位和渗流速度等参数,可以评估排水系统的有效性,及时发现并解决潜在的渗流问题。

##### (二) 现场检查评估

现场检查评估作为边坡防护工程的重要环节,不仅是对监测数据的实地验证,更是对工程质量的一次全面审视。在这一阶段,专业团队深入边坡现场,通过细致入微的检查,确保加固结构的每一处细节都符合设计要求,无损坏、无变形,从而保障边坡的整体稳定性。同时,对排水系统的检查同样不容忽视,确保所有排水设施畅通无阻,有效防止水患对边坡的侵蚀。此外,植被生长情况也是评估边坡防护效果的重要指标之一。检查团队会仔细评估植被的覆盖率、生长态势及根系固土效果,以判断植被在防止水土流失、增强边坡稳定性方

面的作用是否达到预期。最后,对周边环境的评估同样重要,旨在确保施工活动未对生态环境造成不可逆的损害,体现了工程建设的绿色与可持续发展理念。综上所述,现场检查评估通过一系列详尽而严谨的步骤,确保了边坡防护工程的高质量完成,为后续的维护管理和长期效益的发挥奠定了坚实基础。

##### (三) 社会经济效益分析

社会经济效益分析是评估边坡防护工程综合效益的重要方面。从社会效益来看,边坡防护工程的实施有效保障了铁路工程的安全运营,减少了因边坡变形引发的安全事故和损失,提高了交通运输的可靠性和效率。同时,通过植被防护等措施,还美化了环境,提升了沿线地区的生态质量。从经济效益来看,虽然边坡防护工程需要一定的投资成本,但其带来的长期效益是不可忽视的。一方面,它减少了因边坡变形而进行的维修和加固费用;另一方面,它保障了铁路工程的安全运营,提高了运输效率和经济效益。此外,边坡防护工程还带动了相关产业的发展,如建筑材料、施工机械、环境监测等行业的市场需求增加,为地方经济发展注入了新的活力。

综上所述,实施效果评估与反馈是路基边坡变形防护施工方案不可或缺的一环。通过监测数据分析、现场检查评估和社会经济效益分析等多方面的综合评估,可以全面、客观地评价工程效果,为后续的维护管理和类似工程提供有力支持。

#### 五、总结

综上所述,路基边坡变形防护工程是一个涉及多方面、多环节的综合项目。从设计方案的制定、施工过程的实施到效果评估与反馈,每一个环节都至关重要。通过科学合理地选择防护技术和措施,确保加固结构的稳定性和排水系统的有效性,同时注重植被保护的生态效益和周边环境的保护,实现了边坡防护与环境保护的和谐统一。最终,通过现场检查评估与监测数据分析的结合,验证了防护工程的有效性,确保了铁路工程的安全运营和可持续发展。这一项目的成功实施,不仅为类似工程提供了宝贵的经验,也为推动交通基础设施建设的绿色化、智能化发展贡献了力量。

#### 参考文献

- [1]曹海莺.边坡工程灾害防治技术研究[J].四川水泥,2017(12):128.
- [2]吴明辉.边坡工程长短组合抗滑桩的简化模拟与快速优选[J].矿业研究与开发,2017,37(11):46-50.
- [3]向国泽.浅谈不确定方法在边坡工程中的应用[J].江西建材,2018(02):179.
- [4]杨淑萍.边坡工程地质灾害隐患探测方法研究[J].世界有色金属,2017(20):192-193.
- [5]龚放.边坡工程地质灾害隐患探测方法研究[J].四川水泥,2018(03):271-272.