

高速公路边坡路堑施工风险与稳定性评估探讨

林剑锋 杨春明

云南建设基础设施投资股份有限公司, 云南保山, 678000;

摘要: 为了保障高速公路边坡路堑项目施工安全实施, 降低事故发生率, 保障工程建设质量。本文基于路堑施工这一核心背景, 分析了施工过程中存在的典型风险, 进一步评估施工风险对边坡路堑稳定性的影响, 最终提出风险控制策略, 力求维持施工效果的稳定性。通过本文分析可知, 高速公路边坡路堑施工中的典型风险有边坡坍塌、滑坡风险、岩崩风险。在执行高速公路边坡路堑稳定性评估工作时, 应当做到及时勘察测绘, 做好资料收集、科学选取评估参数, 做好数据标定、构建稳定性评估模型, 精确计算关键数据、科学判定评估结果, 及时跟进验证。在经过评估明确高速公路项目边坡路堑施工稳定性水平后, 需进一步以此为依据, 做好分级防控, 实施动态调整、落实靶向治理, 推进综合防控、实现源头清除, 做到主动防护, 为从根本上保障高速公路边坡路堑施工质量提供支持。

关键词: 高速公路; 边坡路堑; 施工风险; 稳定性评估

DOI: 10.64216/3104-9664.25.03.029

引言

高速公路边坡路堑施工在道路建设中, 属于关键环节, 其施工质量会直接影响道路工程的整体稳定性, 也会影响工程使用寿命。在施工过程中, 地形地质条件、气候环境变化都会影响边坡路堑稳定性。因此, 应当科学选择施工工艺, 并且对可能影响稳定性的因素进行综合分析, 科学评估, 力求精准判断风险, 明确项目施工效果稳定性状态, 进一步基于防控风险提出有效策略。从逻辑上来讲, 稳定性评估能够为风险管控提供科学的依据, 评估结果可以指导风险控制策略的制定与实施。因此, 明确典型风险, 梳理评估流程, 才能进一步根据评估结果提出有效的风险控制策略。

1 高速公路边坡路堑施工的典型风险

1.1 边坡塌陷

边坡坍塌对于高速公路边坡路堑施工来讲, 是最为典型的一种风险。在沙质土、粉质土这类松散土体边坡中比较常见。在开挖施工阶段, 边坡应力的平衡状态会被打破, 边坡的主体或掩体内部会产生剪应力。当剪应力超过抗剪强度, 就会引发周边整体坍塌。此类风险的引发原因有, 开挖坡度过大、未严格遵循开挖流程等。这种风险会使边坡自重增加, 导致边坡的抗滑能力下降。若出现了连续降, 地下水渗透的现象, 还会导致土体饱和度和升高, 影响边坡的稳定性。若施工扰动因素的影响产生叠加效应, 还可能直接破坏土体的原有结构, 使松

散的堆积体面临更大的失稳风险^[1]。

1.2 滑坡风险

滑坡风险一般发生在软弱夹层区或断层破碎带区域。在上述区域进行边坡路堑施工时, 需要重点关注滑坡风险。这种风险的特点是, 滑动体会沿固定滑动面产生整体滑动, 形成一种缓慢的位移。若不及时发现并采取措施, 就可能引发更大规模的滑坡。而分析这种风险的引发原因, 与边坡开挖导致软弱夹层裸露有直接关系。软弱夹层的抗剪程度低, 容易形成自然滑动面。在滑动面下, 地下水的活动频率会升高。软弱夹层会由于水源侵蚀出现软化现象, 滑动面的抗滑能力会进一步下降。地下水压逐步增大后, 还可能产生浮托力, 导致边坡的有效自重减小。若施工中出现了加载异常的现象, 还可能导致边坡抗滑平衡体系遭到破坏, 造成更大范围的负面影响。总的来讲, 滑坡风险隐蔽性强, 影响范围广, 一旦出现不仅会破坏路线结构, 还可能影响周边建筑物的安全, 引发连锁性的灾害。

1.3 岩崩风险

岩崩风险是坚硬岩层区域的边坡路堑施工中常见的风险。尤其是接近垂直的岩质边坡开挖段, 这种风险的发生率很高^[2]。由于岩体受到地质构造作用的影响, 容易存在节理和裂隙。施工开挖的过程中, 由于爆破振动、机械扰动的影响, 这些裂隙会进一步扩展, 形成贯通结构, 导致岩体支撑力有所下滑, 进一步引发岩块坠落、岩体崩塌风险。分析这种现象的引发原因, 与施工

参数缺乏合理性,岩体本身的原生裂隙或风化裂隙程度高有直接关系。在施工扰动和重力作用下,这些裂隙会不断处于状态,导致岩块脱落。除此之外,天气因素也是非常重要的一项风险因素。一旦出现降雨、大风等极端天气,就会对人体造成风化侵蚀,且这种侵蚀具有很大的冲击性破坏力,不仅会影响施工进度,也可能造成人员安全方面的威胁。

2 高速公路边坡路堑稳定性评估流程

2.1 及时勘察测绘,做好资料收集

勘察测绘工作对于高速公路的边坡路堑稳定性评估来讲,是重要的基础性环节。及时而全面的勘察测绘主要是为了掌握评估对象的地形、地质条件和施工环境状态,进一步明确工程设计的基本参数,为后续一系列的评估工作提供有效参考。在勘察测绘和资料收集工作中,首先应当针对现场地形地貌进行测绘。获取边坡路堑的坡高、坡角、坡向等关键地形参数,以此为基础,绘制定型坡面图和平面图。其次,应当做好地质勘察工作^[3]。利用物探或钻探的方式对边坡岩土体的类型和分布状态进行明确,进一步判断其物理力学性质,识别其中是否存在软弱夹层断层或节理裂隙不良的地质构造,为后续采取有效的稳定性控制措施,预防相关风险提供依据。再次,应当从气象变化的角度入手收集相关资料,从施工区域的降雨量、降雨强度等多项参数入手进行采集分析,进一步明确不同类型的因素对于边坡稳定性的影响。最后,要做好各类工程设计文件、施工方案的整合分析,对开挖施工的深度、支护结构选型和施工工艺应用等关键信息进行全面了解。保证利用上述数据信息,为后续的稳定性评估做好准备。

2.2 科学选取评估参数,做好数据标定

选取评估参数,进行数据标定时,应当根据前期所获得的基础数据筛选出对边坡路堑稳定性影响系数最高的关键参数,并且启动室内试验、现场试验和工程试验三种模式,对参数进行协同标定。具体操作时,应做到明确核心评估参数的类型。具体来说,关键参数应包括岩土体的物理参数(重度、含水率、孔隙比)、力学参数(抗剪强度指标、弹性模量、黏聚力)、水文参数以及施工参数等。在此基础上,可启动室内试验,选取岩土体的试样,启动三轴压缩试验,测定岩土体的基本物理、力学参数。遇到特殊岩土体时,需要加强专项试验来明确其特殊的工程性质,进一步把控特殊性质对边坡稳定性的影响。随后,结合现场园内试验结果,对室

内试验的参数进行验证和调节,避免出现试样扰动的现象。同时,尽可能控制试验条件差异带来的负面影响。最后,应积极参考同类工程案例的参数比选经验,结合评估区域的地质条件情况做好参数的最终标定工作,确保所选择的参数可反映边坡路堑的稳定状态。

2.3 构建稳定性评估模型,精确计算关键数据

稳定性评估模型的构建和数据计算工作是进一步深化前期数据采集和分析工作的重要步骤。首先,在构建模型时,应当根据边坡路堑的地形状态、地质条件以及岩土体类型判断可能出现的失稳模式。随后,选择适当的评估理论辅助模型构建。例如,对于土质边坡或者松散堆积体边坡,可选用极限平衡法来进行建模分析。这种方法的重点是计算滑动体的抗滑力矩和滑动力矩,最终得到稳定安全系数。而遇到严重边坡时,则需结合岩体结构面的分布状态,选用块体平衡法或有限元法进行建模分析,通过观察岩体稳定性与边坡应力变化之间的关系,来确定是否有失稳风险。其次,应当根据勘察资料,进一步落实构建几何模型的过程。设置科学的边界条件和荷载条件,将前期标定过的评估参数直接输入模型,完成数据计算工作,为了保证数据计算结果更具说服力,可针对有失稳风险的不同场景进行综合分析,设置不同的工况或极端条件,进行计算和观察,以便更加全面地评估边坡路线的稳定性状态。若施工区域的地质条件复杂,则可联合应用多种评估方法进行交叉验证,通过对比计算结果来保证评估可靠性。

2.4 科学判定评估结果,及时跟进验证

评估结果的判定和验证是稳定性评估的收尾环节,其主要任务是,根据模型计算得出稳定性指标,并且对照标准规范,结合项目实际,来判定边坡路堑的稳定状态。在评估时,首先需根据边坡路线的重要程度、地质地形条件确定稳定安全系数的数值范围。以高速公路边坡路线的正常工况为例,安全系数应达到1.25。而在暴雨地震等极端工况下,安全系数也不能低于1.15。计算得出安全系数指标后,与限值进行对比分析,判定边坡路线是否处于稳定状态。分别按照完全稳定、基本稳定、失稳三个层次来判定稳定程度,并为不同的边坡路堑区域设置对应的风险等级。为保证验证结果能够为后续的风险评估工作提供依据,需要进一步落实结果验证工作。在施工现场布设监测点,对边坡的位移、沉降和应力指标进行全面监测。对照评估模型的计算结果,分析两组数据出现偏差的原因。若发现评估结果与监测数据的偏

差过大,则需要考虑是否要重新评估,或重新核查勘查资料,最终,形成一套具有实践参考价值,能够为后续施工风险防控提供依据的评估报告。

3 基于稳定性评估的施工风险防控策略

3.1 做好分级防控,实施动态调整

所谓分级防控动态调整是指,在基于评估得到边坡稳定性安全系数,分析了潜在坍塌区域和影响因素后,应当首先根据评估结果明确风险的严重程度,一旦发现稳定安全系数低于限值,处在高风险水平。则应当按照先支护、后开挖的原则,选用锚杆支护、土钉墙支护等更加主动的支护方式,来强化边坡岩土体的抗剪强度。另外,还需要根据评估结果确定岩土体的参数,以便精准计算锚杆、土钉长度、间距指标和锚固力数据,这是为了确保支护结构可抵御边坡坍塌风险。若发现风险等级处于中级,则应当启动升级开发方案,并且对应落实支护措施,对开挖坡度和深度进行严格控制,并且保证开挖与支护同步推进,避免边坡出现长时间暴露的情况。根据评估结果中的地下水影响程度数据,还需有效推进排水措施。可在边坡坡脚区域设置排水沟,并且在边坡内部布设排水盲沟,来降低地下水位,提高边坡的稳定性。完成基础支护后,还要实时监测边坡的整体状态,针对边坡路堑项目的施工流程和可能出现的风险因素进行实时监测。通过布设位移、沉降等多项指标的监测点,对边坡变形数据进行实时把控。一旦发现监测数据超过预估水平,即需要停工查验,从源头上降低坍塌风险^[4]。

3.2 落实靶向治理,推进综合防控

滑坡风险也需要以稳定性评估的结果做指导,采取防控措施。通过分析评估结果,可进一步确定存在潜在滑动面的区域。这时,可用抗滑桩、抗滑挡墙等支护结构直接作用于滑动面,提升边坡的抗滑能力。在设计支护或挡墙结构时,要根据滑动体的重量和抗剪强度等参数,来计算结构尺寸、结构埋深,并且确认其承载力,保证支护结构能够控制滑动体的位移。对于滑动面处于地下水位以下的情况,则应当根据评估结果中显示的地下水对稳定性的影响程度,将降水和排水两项措施联合应用。通过深井降水控制地下水水位,并且在滑动面附近布设排水盲管,疏导地下水,避免地下水压力过大的浮托力过大,影响滑动面状态,提升滑动面的抗剪强度。在此基础上,应当积极优化施工工艺,根据评估结果确定好开挖顺序、开挖范围,按照“分层确认、从上到下”

的基本逻辑进行开挖施工。尤其要关注坡角区域,应避免开挖速度过快,影响到滑动体的稳定性。针对滑坡风险较高的地区,应当避免使用爆破施工方式。而选用机械开挖这种静态破碎工艺,避免对滑动面造成过大的扰动。除此之外,还应构建完善的风险监测预警体系,及时发现超标风险,并处置滑坡隐患。

3.3 实现源头清除,做到主动防护

针对岩崩风险的防控,需重点关注危险岩块的分布状态、岩体裂隙的发育情况和诱发因素。保证从源头清除风险,主动防护。技术人员需根据评估结果精确定位危险岩块的位置,并了解其覆盖规模。若发现风险覆盖面区域较小,且容易清除,则可适当考虑选用人工与机械相结合的方式进行处理。若发现覆盖区域较大,无法直接清除岩块,则应当应用锚杆、锚索等工具进行主动防护。在主动防护实践中,还应当参照岩体物理、力学参数和裂隙分布特征,精确计算锚杆、锚索的锚固操作深度、操作间距和拉力水平,保证取得良好的防护效果。另外,爆破施工方案也需要同步进行优化,精确把控炸药使用量,爆破孔间距和启动顺序。同时,选择爆破工艺时,也应当优先考虑光面爆破和预裂爆破技术,避免爆破震动对人体造成过大的破坏。在坡脚区域,则可设置被动防护网或缓冲垫层,达到拦截效果。

3.4 结束语

综合本文分析可知,在高速公路边坡路堑施工中,滑坡、坍塌等一系列风险都会对边坡稳定性造成直接的影响。技术人员应当严格执行施工风险评估流程,评定边坡稳定性水平。在此基础上,采取更有针对性的风险防控措施,提升高速公路边坡路堑施工质量,维持稳定的施工状态。

参考文献

- [1] 饶纪锋. 既有公路路堤稳定性风险识别和筛查综合法[J]. 工程建设与设计, 2025, (23): 103-105.
- [2] 杨龙, 何林城. 强风化极破碎岩体路堑边坡失稳处治研究[J]. 建筑安全, 2025, 40(12): 31-35.
- [3] 李泉泉. 高边坡开挖及防护技术在高速公路改扩建工程中的应用研究[J]. 时代汽车, 2025, (23): 184-186.
- [4] 熊鹏飞. 截挡排水结合的路堑高边坡治理策略模拟对比分析研究[J]. 城市道桥与防洪, 2025, (11): 27-33+70.