

Safety and Stability Study of Linshan Project Based on Alum Mountain Cultural Tourism Project

YANG Fu-xiong, ZHANG Shuang-long, WANG Song, Cao Qi
(CHINA CONSTRUCTION EIGHTH ENGINEERING DIVISION CORP., LTD)

Abstract: This paper takes Alum Mountain Cultural Tourism Project as an example to study in depth the safety and stability problems of the project in the pro-mountain. The project is located in Fanshan Town, Lujiang County, Hefei City, facing the mountain on the west, which is greatly affected by landslides. The study is mainly carried out from two aspects of mountain crack management and slope stabilization. Through the drone aerial photography and field investigation, it is found that there are many cracks in the mountain, the maximum width of 30 mm, the causes of cracks include geological structure, climatic factors, groundwater activities and engineering construction, etc., and the treatment measures include grouting reinforcement and vegetation restoration. For slope stabilization, various support methods, such as frame beams, gravity retaining walls, supporting piles and steel sheet piles, are used to ensure the stability and safety of the slope. This paper puts forward the control principles of safety and stability of the Linshan project, including the principle of safety, the principle of minimum intervention, the principle of monitoring and early warning, and the principle of quality first, which provides an important reference basis for similar projects.

Key words: Linshan Engineering; safe and stable; crack in the mountain; slope support

Date of Submission: 12-04-2025

Date of acceptance: 23-04-2025

0 引言

在现代化城市持续发展的推进下，土木工程施工技术不断提升，城市建筑的安全和质量得以保障，但临山工程的安全问题仍然严峻。

山体斜坡经历雨水的不断冲刷，发生山体滑坡的危险概率增大。位于山体周围的工程项目遭受巨大的安全威胁，还会对土木工程工期产生滞后影响。此外地震频发也会造成滑坡问题。因此，临山工程的安全稳定不容乐观，有待深入研究。

临山工程的安全取决于山体稳定，可将其化为山体裂缝问题和边坡稳定问题。其中，山体裂缝是指山体岩石或土壤在各种自然或人为因素作用下产生的裂缝，会破坏岩土体的完整性和受力状态，降低其强度和稳定性，对工程整体稳定构成威胁。故需关注山体裂缝的治理，程宏浩等[1]于山体裂缝检测方面提出了一种基于视觉和深度信息的裂缝宽度监测方法，可有效预测山体滑坡的产生。张斌权[2]介绍了因地震产生的山体裂缝的分布特征，并总结出演化机理。王刚等[3]以煤矿开采为例，阐述了山体开裂机制并分析了其开裂稳定性，基于此提出了防止措施与建议。

边坡稳定是土木工程中的一个重要课题，其维护对于防止地质灾害、保障工程安全和生态环境的可持续发展具有重要意义。陈林[4]分析了工程地质特征和原因，解决了某工程边坡因连续降雨而失稳滑塌的问题。胡维[5]以圆形抗滑桩设计原则为基础，利用传递系数法计算滑坡推力，提高了圆形抗滑桩设计的适用性，保障了边坡治理效果。王永康等[6]采用 ABAQUS 数值模拟软件对不同岩质边坡的稳定性进行分析，得到相应稳定系数，以研究其稳定性。

本文结合矾山文旅项目工程实例，通过山体裂缝治理和边坡稳定两大方面，对临山工程的安全稳定进行概括和研究。

1 工程概括

矾山片区文旅综合体老街片区项目位于合肥市庐江县矾山镇杨山路与庐南川藏线交口西南角，如图 1 项目效果图所示。占地面积 142 亩，建设内容包括民宿、商业、酒店及其他配套，总建筑面积约 6 万 m²。项目整体共分为三个片区，分别为雅宋商街片区、过渡山街片区、野奢精品客栈片区。主要类型为沿街商业、酒店、休闲文娱、网红打卡点、文化商业街。

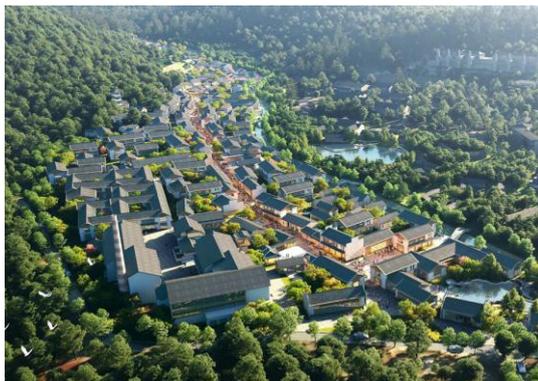


图 1 项目效果图

项目西面临山，其安全受山体滑坡影响较大，需要解决山体裂缝埋藏的隐患。山脚边坡稳定问题主要通过边坡支护方式治理。

2 山体裂缝研究



(a) 裂缝宽度



(b) 高低裂缝

图 2 裂缝示意图

山体裂缝是指山体表面或内部因外界因素产生的裂缝。

2.1 裂缝位置

使用无人机对山体进行航拍，位于独轮巷山腰部分发现多处裂缝，如图 2 所示。分为纵向高低裂缝和横向开裂裂缝，裂缝最大宽度可达 30 mm。图 3 为裂缝走势图，呈不规则波纹型。



(a)



(b)

图 3 裂缝走势

2.2 裂缝成因

山体裂缝的成因可以归结为多种自然和人为因素的综合作用，本项目的山体裂缝成因主要如下：

2.2.1 自然因素

①地质构造因素：断层是地壳运动过程中形成的地质构造，断层的活动会导致山体的破裂和错动，从而形成裂缝。

②气候因素：温度的周期性变化会引起岩石的热胀冷缩，长期的热胀冷缩作用会导致岩石内部产生应力集中，矾山昼夜温差变化较大，岩石表面的温度变化尤为显著，容易产生裂缝。此外，矾降水也会渗入岩石的裂隙中，随着水的渗透和侵蚀作用，岩石的强度会逐渐降低，裂隙也会逐渐扩大，形成裂缝。降水还会导致岩体的风化作用加剧，进一步加剧裂缝的形成。

③地下水因素：地下水的渗流和侵蚀作用会破坏岩石的完整性，导致山体裂缝的形成。地下水在岩石裂隙中的流动会产生水压，这种水压会进一步扩大裂隙，形成裂缝。同时，地下水的化学成分也会对岩石产生溶蚀作用，进一步加剧裂缝的形成。

2.2.2 人为因素

工程建设中，开挖和填筑作业会改变山体的地形地貌，破坏山体的原始结构，导致山体的稳定性降低，容易形成裂缝。还会对山体的植被和土壤产生影响，进一步加剧山体的侵蚀和风化，促进裂缝的形成。

2.3 裂缝影响与危害

山体裂缝的存在和扩展会对自然环境工程建设的多个方面产生一系列的影响和危害：

①引发地质灾害：山体裂缝会降低山体整体稳定性，增加山体滑坡、崩塌等地质灾害的发生概率。例如，裂缝中的水分在冻结或膨胀时会产生更大的压力，进一步扩大裂缝，最终导致山体失稳。

②增加维护和修复工作量：山体裂缝会增加工程结构的维护和修复工作量。需要定期对裂缝进行监测和处理，以防止其进一步扩展和对工程结构造成更大的危害。

③增加施工难度和成本：在山区裂缝发育的地区进行工程建设，会增加施工的难度和成本。施工过程中需要采取特殊的支护和加固措施，以确保工程的安全和稳定。

④影响工程结构的稳定性：山体裂缝会降低工程结构的稳定性，增加其在使用过程中发生变形或破坏的风险。

由此，山体裂缝对自然环境和工程建设都具有显著的影响和危害，必须采取有效的监测和防治措施，对山体裂缝加以治理，才能降低其带来的风险和损失。

2.4 裂缝治理

山体裂缝治理是一个复杂的过程，首先应做好监测和预警。采用先进的仪器设备及技术手段，对容易发生山体裂缝的地段进行有效监测，建立监测分析系统。一旦发现裂缝有扩展趋势或出现其他异常现象，及时发出预警，并启动应急预案，采取相应的应急措施。

当裂缝发生后，本项目及时决策，收集与裂缝相关的工程地质数据、地形测绘图、变形监测数据等，并对裂缝的位置、形状、走向、宽度、变形速度等进行实地勘察。获取变形数据并分析和研判，以确定具体治理措施选择。项目采用了注浆加固和植被修复两种措施。注浆加固是通过向裂缝中注入水泥砂浆，使其在裂缝中扩散、凝固，从而加固土体结构，提高整体强度。山体稳定与植物覆盖率直接关联，植被修复即通过人工种植植物来恢复山体的植被覆盖，提高植被覆盖率，增强山体的抗侵蚀能力。

植被修复有直接植被和覆土植被两种方式。直接植被是指在不改变原有地形和土壤结构的情况下，

直接在地表种植植物或撒播种子的方法。通常用于土壤条件相对较好的地区，或者在经过一定的基质改良后，能够直接支持植物生长的环境中。覆土植被是在地表覆盖一层土壤，然后在覆盖的土壤上进行植被种植。适用于土壤条件较差或需要改善土壤结构的地区。本项目山体土壤条件不同区域不尽相同，采用两种方式结合的方法进行植被修复，以提高山体稳定，保障临山工程安全。

3 边坡稳定研究

第二章对山体裂缝的成因和治理展开了阐述，本章将通过边坡稳定的阐述对临山工程的安全稳定作进一步研究。

边坡稳定对建筑工程具有至关重要的意义，不仅关系到工程安全性和可靠性，还直接影响到经济效益及周边环境稳定。工程中主要通过边坡支护的方式来保证边坡稳定。

3.1 边坡支护意义

边坡支护是保障工程安全的基础。本项目建设与山体一侧，如果边坡失稳，发生滑坡或崩塌，将对工程结构造成严重破坏，甚至导致工程的完全失效。地基的不均匀沉降，也会影响建筑物的结构稳定和使用寿命。

边坡支护有助于提高工程的经济效益。合理的边坡支护设计和施工可以有效减少工程的维护和修复成本。边坡失稳往往需要进行大量的修复和加固工作，这不仅增加了工程的直接费用，还可能导致工程的延误，影响工程的经济效益。而稳定的边坡可以延长工程的使用寿命，减少后期的维护工作量和费用，从而提高工程的经济效益，缩短工期，进一步节约工程成本。

边坡支护对边坡及周边环境的稳定具有重要作用。边坡失稳可能会引发一系列的环境问题，如水土流失、河流改道、土地破坏等。而稳定的边坡可以有效防止水土流失，保护土壤资源，维护生态环境的稳定。此外，边坡稳定还可以减少对项目建筑物和基础设施的影响，保障周边地区的安全和稳定。

边坡支护有助于提升工程的美观性和景观效果。通过合理的边坡支护设计和施工，可以将工程与周边环境有机地融合在一起，形成和谐的景观。本工程中，通过边坡绿化和美化，不仅可以提高道路的美观性，还可以改善文旅建筑的观赏度，提升旅游片区的整体形象。

综上所述，边坡支护对工程建设具有多方面的积极意义。它不仅保障了工程的安全性和可靠性，还提高了工程的经济效益，维护了周边环境的稳定，提升了工程的美观性和景观效果。因此，在工程建设中，必须高度重视边坡支护问题，采取科学合理的措施。

3.2 边坡支护方式



图4 支护位置平面图

将支护位置划分为多个区域，如图4所示，不同位置采用表1中不同的支护方式。对于坡度相对较缓的位置采用放坡方式；对于高度较高、土体较为松散易发生滑动、稳定性较差的边坡，采用框架梁的支护方式；对于稳定性较高的边坡则采用支护桩的方式。钢板桩顶部位移相对较大，适用于对变形控制要求不严格的区域。

区段号	支护方式	安全等级
AB/CD/DE/EF /FG/HI/JK	框架梁+重力式挡墙	二级
BC/LM	框架梁	三级
IJ/KL	支护桩+锚索	二级
NO/PQ	放坡	三级

3.3 支护技术工艺要求

对本项目所采用的支护方式进行简要的技术介绍。

3.3.1 重力式挡墙

重力式挡土墙能够利用墙体自身的重力提供整体结构的稳定性。挡土墙在材料的选择上通常为石质材料或者混凝土材料，其主要形状为梯形，可以有很强的稳定性，在支护技术施工过程中，选择就近取材，提高对挡土墙的加工制造效率，并且具有很好的经济效果。

按设计要求将坡前地表从现有标高挖至设计标高，采用 1:1 的比例进行临时性放坡。选用直立式重力式挡墙，挡墙型号为 ZJDB5~7，挡墙材料采用毛石混凝土挡墙，如图 5 所示。混凝土强度不低于 C25，毛石强度等级不低于 MU30，毛石必须合格，无风化，无裂纹，中部最小厚度不宜小于 200 mm，挡墙顶用不小于 M10 级水泥砂浆抹平，厚度不小 20 mm。

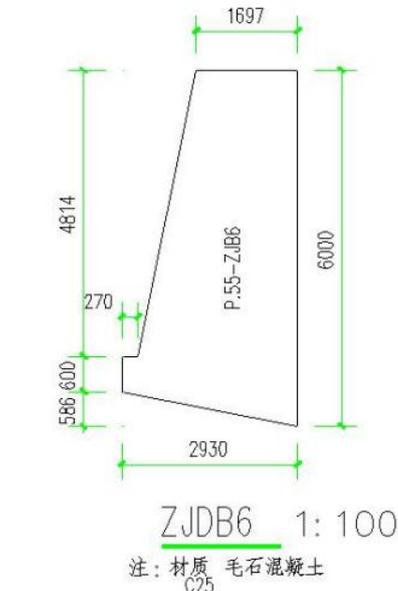


图 5 毛石混凝土挡墙大样

挡墙每隔 10~15 m 设置一道变形缝(伸缩、沉降缝)。另在地基岩性变化较大处、墙高突变处和其他建筑物、构筑物连接处设置沉降缝。变形缝宽度为 20 mm。缝内沿墙的内、外、顶三边填塞沥青麻筋，塞入度不小于 150 mm。

挡墙完成后进行土方回填，填料根据附近土源、墙背填料根据附近土源，选择抗剪强度高的和透水性强的砾石或砂土等，不得选用膨胀土、淤泥质土、耕填土做填料。当选用粘性土作填料时，宜掺入适量的砂砾或碎石。挡墙结构的混凝土强度等级达到设计强度的 70% 时方可进行填料的施工。施工时应控制填料对挡土墙的不利影响。

回填土应分层夯实或压实，压实度不低于 94%，每填一层应检测土体的参数，等效内摩擦角达 35 度以上时方可回填下一层。

3.3.2 放坡

开挖大于 5 m 的工作面宽度，人工修理边坡自上而下分层分段进行。边坡坡度不大于 1:1。土方开挖应严格实行“超前支护、分层分段、逐层操作、限时封闭、严禁超挖”的原则。工作面外侧土方可自由开挖，开挖深度以坡顶设计标高为基准。每层从一点开始，按顺时针或逆时针方向进行，完成一层后方可进行下一层。面层喷射混凝土，强度不低于 C20，喷射厚度 500 mm。钢筋网片采用镀锌铁丝网，网孔标准 50x50 mm，线径标准 2.2 mm，网宽 2 m，网长 10 m。面层背后存在滞水时，应在含水层部位设置泄水孔或其他排水措施。

3.3.3 支护桩

本项目支护桩施工采用以下步骤：

①将坡前地表从现有标高挖至设计标高，清理出打桩工作面。

②钢筋笼制作与施工符合下列要求：钢筋笼外箍筋为螺旋箍。主筋采用双面搭接焊接，焊缝长 5 d，加劲筋与主筋点焊连接。钢筋笼分段制作时钢筋接头应采用焊接。钢筋笼吊装时应防止变形、碰撞，就

位后立即固定。固定钢筋笼必须校正桩位及垂直度。图 6 为钢筋笼配筋图。

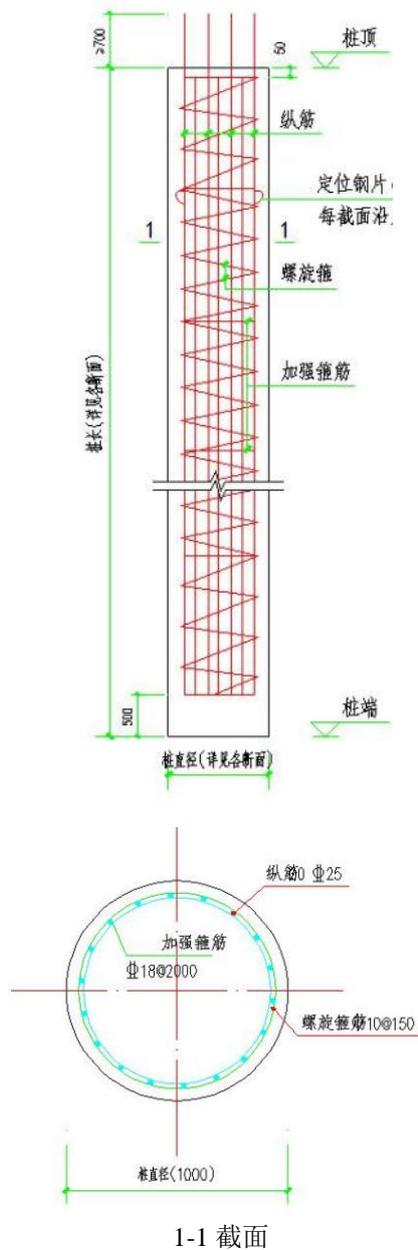


图 6 钢筋笼配筋图

③旋挖桩施工。成孔施工采用跳钻方式，每隔 2 根桩跳钻。桩芯砼灌注后达到设计强度的 80% 方可开钻相邻桩孔。成孔施工时应制备泥浆。钻孔取土钻至设计标高时应采取有效措施防止塌孔、缩径。

④桩身砼浇筑。成孔完毕，岩土层性质、桩长、桩顶桩端标高、孔底沉渣等经验收合格后，方可进行桩身砼浇灌。桩身塌落度宜为 160~200 mm，桩要振捣密实，每根桩的桩身砼必须连续浇灌，不得留施工缝。

⑤支护桩之间通过冠梁施工进行连接，冠梁每一支护段应一次性浇灌完成。施工时应注意转角的钢筋连接。主筋锚固长度 35d，且应穿过节点中心线。

3.3.4 预应力锚索

预应力锚索技术是一种通过预应力技术固定在岩体内部的索状结构，常用于边坡支护，如图 7 所示。预应力锚索主要由锚索体、锚头、自由段以及锚固体组成。它通过锚头穿过岩体的软弱结构面，进入岩体内部，将滑动体与稳定岩层连接起来，改变边坡的受力状态，从而提高边坡的稳定性。

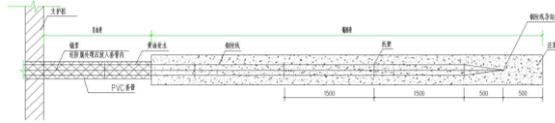


图7 预应力锚索大样图

其施工工艺包括钻孔、注浆、张拉和锁定等步骤。在施工过程中，需要严格按照设计要求进行操作，确保锚索的预应力达到设计值，并进行有效的锁定和封锚处理。预应力锚索技术在高边坡支护领域得到了广泛应用。

4 临山工程安全稳定控制原则

本节以矾山工程为基础，总结了临山工程安全稳定的控制原则。

①安全性原则：临山工程的首要任务是确保结构的安全性，防止因边坡失稳导致的滑坡、崩塌等灾害，保障人员和财产的安全。施工过程中要充分考虑施工现场的安全因素，制定相应的安全措施和预案，确保施工过程中的安全。

②最小干预原则：在进行临山工程时，应尽量减少对自然环境的干预，特别是在文物保护等特殊工程中，要贯彻“修旧如旧”的原则，保持原有的自然和人文景观。坚持最小干预原则，以消除危岩体安全隐患为主，严格控制工程规模和工程量。

③监测与预警原则：对临山工程进行长期监测，获取变形数据，并进行分析和研判，及时发现潜在的不稳定因素。一旦发现边坡有变形或失稳迹象，及时发出预警，并启动应急预案，采取相应的应急措施。

④质量第一原则：临山工程的质量直接关系到工程的使用性能和寿命，因此质量管理是临山工程管理的核心。在施工过程中，要明确质量控制措施和标准要求，确保施工质量。施工完成后，进行严格的验收，确保工程质量符合设计和规范要求。

5 结语

本文以矾山项目为例，通过山体裂缝的边坡稳定两大要点，对临山工程的安全稳定进行了概述和研究，提出了相应控制原则，为工程研究提供了重要参考依据。

参考文献：

- [1] 程宏浩, 尚俊娜, 施浒立. 一种基于视觉和深度信息山体裂缝宽度测量方法仿真研究[J]. 传感技术学报, 2019, 32(10): 1583-1588.
- [2] 张斌权. 震后山体危岩发育特征及变形机制分析[J]. 矿山测量, 2013, (06): 30-32+56+8.
- [3] 王刚, 王洪峰, 王刘文, 等. 某煤矿开裂山体稳定性评价及防治措施建议[J]. 西部资源, 2023, (05): 36-38.
- [4] 陈林. 路堑边坡施工期间失稳原因分析与治理[J]. 市政技术, 2024, 42(12): 123-130.
- [5] 胡维. 建筑边坡加固治理工程中圆形抗滑桩的设计[J]. 四川水泥, 2024, (10): 118-120.
- [6] 王永康, 刘杉, 冯维哲, 等. 基于 ABAQUS 有限元模拟的岩质高边坡稳定性分析[J]. 交通世界, 2024, (31): 47-49.