

# 土质边坡崩塌因素剖析与稳定性及危险性防治措施研究

谭明钱<sup>1</sup> 罗国栋<sup>2</sup> 廖晓盈<sup>3</sup>

1.广东省环境地质勘查院 广州 510080; 2.广东省环境地质勘查院 广州 510080; 3.广东省环境地质勘查院 广州 510080

**【摘要】**本文以粤东某土质边坡崩塌为例,通过实地调研、数据分析及理论探究,深入分析了崩塌的成因机制。结合边坡稳定性与危险性评估结果,提出了针对性的防治措施。研究揭示了土质边坡崩塌的发育特征及多重影响因素,包括地质结构、降雨条件及人类活动等。研究成果不仅为该项目的灾害防治提供了科学依据,也为同类地质灾害的预防与治理工作提供了实践指导和参考。

**【关键词】**土质边坡崩塌; 实测剖面、成因分析; 稳定性评估; 危险性防治

Analysis of soil slope collapse factors, stability and risk prevention measures

Tan Mingqian<sup>1</sup> Luo Guodong<sup>2</sup> Liao Xiaoying<sup>3</sup>

1.Guangdong Institute of Environmental Geology Exploration, Guangzhou 510080;

2.Guangdong Institute of Environmental Geology Exploration, Guangzhou 510080;

3.Guangdong Provincial Institute of Environmental Geological Exploration Guangzhou 510080

**【Abstract】**This paper takes the collapse of a soil slope in eastern Guangdong as an example, and deeply analyzes the cause mechanism of the collapse through field research, data analysis and theoretical exploration. Based on the results of slope stability and risk assessment, the targeted prevention measures are put forward. The study reveals the developmental characteristics and multiple influencing factors of soil slope collapse, including geological structure, rainfall conditions and human activities. The research results not only provide a scientific basis for the disaster prevention and control of the project, but also provide practical guidance and reference for the prevention and control of similar geological disasters.

**【Key words】**soil slope collapse; measured profile and cause analysis; stability assessment; risk control

## 引言:

在粤东花岗岩地区进行大规模工程建设时,土质边坡崩塌作为一种常见的地质灾害,往往会对工程安全、人民生命财产安全构成严重威胁。粤东xx村位于花岗岩丘陵区,丘间沟谷较多,地质条件复杂,土质边坡崩塌问题尤为突出。所以,本文以该项目为例,通过综合勘查手段,对土质边坡崩塌的成因、稳定性及危险性进行深入研究,旨在提出有效的防治措施,为类似地质条件下的工程建设提供借鉴。

## 一、研究区概况与研究方法

### (一) 研究区概况

本研究区域位于粤东丘陵地带,沟壑交错,研究区域地势波折显著。在该区域,气候湿润多雨的特征,恰恰为土质边坡的崩塌创造了有利的环境条件。项目区地质基础以花岗岩为主体,其岩土结构在遇水时极易膨胀、软化,进而发生崩解,形成了不稳定的工程地质岩组。

### (二) 研究方法

本研究旨在详尽剖析研究区土质边坡的崩塌特性,进行现场踏勘,后进行实测剖面及钻探等多元化勘查技术。综合考量地形地貌、地层岩性、气象状况及人类工程活动等多重维度,对土质边坡崩塌的成因及其演化规律进行了深入剖析<sup>[1]</sup>。全面评价崩塌体稳定性及危险性,本研究采用定性定量评估方法,并据此提出防治策略。

## 二、土质边坡崩塌成因剖析

本研究分析一处典型的崩塌点,该点坐落于xx村后山边坡,属削坡建房区域引发之崩塌现象。

在xx村后山边坡,村民为了修建民居,对山坡进行了大规模的开挖作业,这不仅直接破坏了原始地形山坡的稳定性,还形成了众多高陡的不稳定边坡。更为严重的是,这些边坡在开挖后并未得到有效的护坡工程措施保护,也未建立

完善的截排水系统。因此,在雨水冲刷和重力作用的双重影响下,边坡坡面的松散岩土体极易发生失稳现象,进而引发崩塌等地质灾害。

表1与图1是崩塌点的基本情况概览:

表1 崩塌点基本情况一览表

参数项	数值或描述
坡向(°)	170
坡高(m)	4~6
坡长(m)	5~7
坡宽(m)	70
厚度(m)	0.3~0.5
体积(m <sup>3</sup> )	60
崩塌方向(°)	170
规模	小型
灾害类型	滑移式崩塌
灾发时间	2023年9月15日
人员伤亡	未造成人员伤亡
威胁对象	13户41人



图1 航拍崩塌点范围图

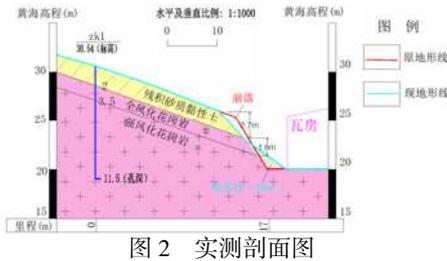


图2 实测剖面图

### (一) 地形地貌条件

从地形地貌条件来看,研究区内的丘陵地貌特征显著,这为边坡崩塌的形成提供了自然条件。然而,更为关键的是村民依山切坡建房的行为。这种人为活动直接改变了原有的地形结构,形成了高陡的人工开挖边坡。这些边坡往往坡角陡峭,与民房的距离极近,为崩塌的发生埋下了隐患<sup>[2]</sup>。特别是在xx村后山边坡,削坡建房活动尤为频繁,导致大量不稳定边坡的形成,成为了崩塌灾害的高发区域。

### (二) 地质条件

地质条件也是导致土质边坡崩塌的重要因素。研究区内的岩土体具有特殊的物理性质,即遇水膨胀、软化崩解。这种特性使得岩土体在雨水的作用下,稳固性大幅降低,抗剪强度减弱,从而增加了崩塌的风险。在xx村后山边坡的崩塌点,出露的岩性主要为坡残积砂质粘土和全-强风化花岗岩。这些岩土体不仅具有上述不良特性,而且其工程地质特征也较差,易于发生变形和破坏。在雨水的持续冲刷和渗入下,这些岩土体的稳定性进一步降低,最终导致了崩塌的发生。

### (三) 气象因素对土质边坡崩塌的影响分析

气象因素,特别是极端天气事件,对土质边坡的稳定性构成了重大威胁。在研究区内,台风等极端天气频发,往往伴随着长时间的连续降雨过程。这种强降雨天气对地表土体产生了显著的影响,使得土体长时间处于过饱和状态。在水分的作用下,岩土体易发生软化、崩解现象,其物理力学性质发生显著变化,稳固性大幅降低。

以xx村后山边坡的崩塌事件为例,双台风“苏拉”和“海葵”带来的强降雨成为了崩塌发生的重要诱因。降雨导致边坡土体含水量急剧增加,土体内部应力状态发生改变,抗剪强度减弱,进而引发了边坡的失稳和崩塌。这一事件充分展示了气象因素在土质边坡崩塌中的关键作用。所以,在土质边坡崩塌的防治工作中,必须充分考虑气象因素的影响。

### (四) 人类工程活动对边坡稳定性的影响

实地考察发现,崩塌发生地位于低矮丘陵,这里植被茂盛,竹木丛生,山体高度介于10至12米,坡度则多在15至30度之间。此次房屋后坡的人工开挖导致陡峭边坡崩塌,该边坡垂直高度介于4至6米,水平延伸5至7米,宽度达70米,厚度在0.3至0.5米不等,崩塌体总体积估算约60立方米<sup>[3]</sup>。

民居后墙遭受了崩塌引发的岩土体大量坠落并堆积于坡脚的严重冲击(见图2、图3和图4)。边坡崩塌事件致使坡上树木倾覆,其断裂枝条撞击房屋,导致屋顶瓦片损毁严重。人类工程活动再度暴露了对边坡稳定性具有不利影响。



图3 崩塌点坡脚现状图1



图4 崩塌点坡面现状2



图5 侧面航拍崩塌点坡脚现状

## 三、土质边坡崩塌稳定性及危险性评估

### (一) 稳定性深入剖析

针对研究区域内的土质边坡崩塌现象,本研究进行了详尽的实地勘查与数据分析工作。结果揭示,崩塌主体部分已滑落至坡脚区域,形成了显著的临空面,这一现状直接反映出边坡结构的脆弱性。进一步观察发现,坡肩部位呈现出明显的位移特征,这是边坡稳定性受损的直接证据。同时,坡脚区域的岩土体呈现出潮湿且饱和的状态,这进一步加剧了边坡的不稳定性。尤为关键的是,坡顶区域缺乏有效的截排水设施,导致雨水无法及时排出,进而加剧了边坡土体的软化和崩解过程。综合以上因素,可以得出结论:当前崩塌点的稳定性状态较为脆弱,存在持续恶化并引发更大规模崩滑现象的风险。所以,必须高度重视并采取切实有效的措施来加强边坡的稳定性。

### (二) 危险性全面评估

土质边坡崩塌的危险性评估工作同样至关重要。本研究基于崩塌体的规模、实际影响范围以及潜在威胁对象等多个维度进行了深入的分析。研究结果显示,崩塌体不仅体积较大,而且其影响范围广泛,直接威胁到了周边村民的生命财产安全。

具体来说,人工开挖边坡崩塌体一旦失稳,将可能引发连锁反应,导致更大范围的岩土体滑动和堆积。这不仅会对周边民居造成直接冲击和破坏,还可能引发次生灾害,如堵塞排水系统、影响交通等。更为严重的是,崩塌灾害的突发性强,往往难以预测和防范,给周边村民的生命安全带来了极大的威胁。所以,必须充分认识到土质边坡崩塌灾害的严重性和紧迫性,采取积极有效的防治措施来降低其发生概率和危害程度。

## 四、土质边坡崩塌防治措施研究

土质边坡崩塌作为自然灾害中的一种,其防治工作不仅关乎人民生命财产的安全,也是推动地区经济社会可持续发展的关键环节。基于前文对粤东某土质边坡崩塌成因的深入剖析,以及稳定性与危险性的全面评估,本部分将着重探讨土质边坡崩塌的综合防治策略与实践措施,旨在构建一个全方位、多层次的防灾减灾体系。

### （一）强化监测预警机制，提升应急响应能力

土质边坡崩塌防治的首要任务是构建高效的监测预警与应急响应机制。鉴于崩塌灾害的突发性和破坏性，必须采取科技手段强化边坡状态的实时监控。运用遥感技术、无人机定期巡查以及安装自动化监测设备，能够精准捕捉边坡位移、裂缝发展及渗流变化等关键信息，确保数据实时且精确<sup>[1]</sup>。在此基础上，建立一套科学的预警系统至关重要，该系统需能依据监测数据的动态变化，迅速分析并预测边坡稳定性趋势，及时发布预警信号，为政府决策和村民避险提供可靠依据。

特别是在雨季或预测到极端天气时，应大幅提升警戒级别，严格限制非必要人员进入潜在危险区域，确保民众安全。政府与村委需指定专人负责日常巡查，对边坡出现的任何异常迹象，如新裂缝的出现、原有裂缝的拓宽等，保持高度警觉。一旦发现险情，应立即启动紧急预案，组织力量迅速疏散坡脚附近受威胁的居民，确保人员能够安全、有序地撤离至安全地带。

### （二）实施清理疏通工程，恢复边坡自然排水功能

在土质边坡崩塌的防治工作中，清理疏通工程是恢复边坡自然状态、减少雨水侵害的关键步骤。当天气条件转好，应立即着手对边坡坡脚处的崩落体、倾倒的树木以及因灾害或长期忽视而堵塞的排水沟进行全面清理。这一举措旨在恢复边坡原有的自然排水系统，确保雨水能够顺畅流走，减少对边坡土体的冲刷和长时间浸泡，从而降低边坡失稳的风险。

清理作业必须将安全放在首位，事先制定详尽的作业方案，明确清理顺序、方法以及所需的安全措施，确保每一位参与清理的人员都能得到充分的安全培训和装备保障。在清理过程中，应派遣专人负责现场巡查和警戒，时刻关注边坡的稳定状况，及时发现并报告任何可能的安全隐患，以便迅速采取措施进行处理。

清理作业的质量监控同样重要。应确保清理工作彻底、全面，不留死角，避免在清理过程中因疏忽或不当操作而引发新的安全问题。对于清理出的崩落体和树木，应妥善处置，防止其成为新的边坡不稳定因素。还应定期对排水沟进行仔细检查，确保其畅通无阻，能够有效发挥排水作用。

### （三）采取护坡加固措施，提高边坡稳定性

针对研究区内高陡且不稳定的土质边坡，采取科学合理的护坡与加固措施是提升边坡稳定性的关键。为了有效应对边坡失稳的风险，可以综合应用多种技术手段。一是锚杆格构梁加固技术是一种高效的方法。该技术通过锚杆将边坡的土体与格构梁紧密地联结在一起，从而构建一个稳固的整体结构。这种结构能够有效地增强边坡的抗滑移和抗倾覆能力，提高边坡的整体稳定性。在实施过程中，需要根据边坡的具体地质条件和形态特征，合理设计锚杆的布置、长度和直径等参数，以确保加固效果。二是喷射混凝土护坡技术也是一种常用的方法。该技术通过在边坡表面均匀喷射一层混凝土，形成一层坚固的保护层。这层保护层能够有效地防止边坡土体的风化、剥落和侵蚀，从而延长边坡的使用寿命。在喷射混凝土时，需要控制混凝土的配合比、喷射厚度和喷射压力等参数，以确保护坡层的质量和效果。

三是除了上述两种技术外，设置合理的排水设施也是提高边坡稳定性的重要措施。通过在边坡顶部和坡面设置截水沟、排水沟等设施，可以将雨水有效地引离边坡，减少雨水

对边坡的冲刷和渗透作用。这不仅可以降低边坡的孔隙水压力，还可以减少土体的软化现象，从而提高边坡的稳定性。四是在实施护坡加固工程时，必须充分考虑边坡的地质条件、形态特征以及环境因素。例如，对于岩土体性质较差的边坡，可能需要采用更为复杂的加固方法；对于形状不规则或存在特殊地质构造的边坡，则需要根据具体情况进行个性化设计。选择高质量的加固材料和专业的施工队伍也是确保工程质量和效果的关键。通过科学合理的护坡加固措施，可以有效地提高土质边坡的稳定性，保障人民生命财产的安全。

### （四）优化居民安置方案，提高避险自救能力

在应对土质边坡崩塌带来的威胁时，优化居民安置方案与提升村民的避险自救能力显得尤为重要。针对坡脚区域易受灾害影响的村民，必须精心规划并实施一套科学、合理的安置策略，以确保在灾害预警或实际发生时，村民能够迅速且安全地撤离至安全地带。特别是在强降雨等极端天气条件下，应强烈建议村民暂时撤离至预先设定的安全避难所。

在日常居住安排上，应遵循“避低就高，远离边坡”的原则，鼓励村民优先选择位于边坡上方、地质结构相对稳定的房屋居住，而避免选择边坡下方或紧邻边坡的住所，以减少因边坡失稳而导致的直接威胁。这一措施虽简单，却能在关键时刻发挥至关重要的作用。与此同时，政府及相关部门需加大对村民的地质灾害防治知识普及力度，通过多样化的渠道和方式，如举办防灾减灾知识讲座、发放图文并茂的宣传手册、组织应急演练等，切实提升村民对地质灾害的认识和理解。重要的是，要让每一位村民都深刻意识到地质灾害的严重性与紧迫性，掌握基本的预防、识别及初期应对措施，以便在灾害面前能够迅速做出反应，实现自我保护。

培养村民的自救互救能力同样关键。通过专业的培训和指导，让村民学会如何在灾害发生时迅速判断形势、寻找安全避难所、使用简单的救援工具，以及如何在等待救援期间进行基本的自我保护和相互救助。这些技能的掌握，将极大地提升村民在灾害中的生存几率，减轻灾害造成的损失。通过科学合理的安置规划、深入人心的防灾知识普及，以及实用的自救技能培训，可以构建起一道坚实的防灾减灾屏障，为村民的生命财产安全提供有力保障。

## 结论：

综上所述，经过对粤东某土质边坡崩塌的深入研究，本文揭示了其成因的复杂性，包括地形地貌的天然条件、地质基础的脆弱性、气象因素的诱发作用以及人类工程活动的直接影响。通过综合勘查与稳定性、危险性评估，发现土质边坡崩塌不仅受单一因素驱动，而是多种因素相互作用的结果。所以，防治工作需从多方面入手，既要加强监测预警与应急响应，又要实施清理疏通与护坡加固等工程措施。同时，提高居民的地质灾害防范意识与能力也至关重要。本研究提出的防治措施综合考虑了边坡崩塌的成因机制与影响范围，旨在为同类地质灾害的防治提供科学指导和实践参考。通过实施这些措施，可以有效降低土质边坡崩塌的发生概率和危害程度，保障工程安全与人民生命财产安全，促进地区经济的可持续发展。未来，应继续深化对土质边坡崩塌成因与防治措施的研究，以适应不断变化的地质环境与工程建设需求。

## 参考文献

- [1]刘建峰王刚段世铭刘士岳王其昂张明昊.路堑边坡稳定性分析方法研究综述[J].交通科技与管理, 2024.
- [2]齐永正, 张航, 马文刚, 等.复杂工况土质边坡的失稳破坏特征[J].科学技术与工程, 2023, 23(14): 6190-6196.
- [3]刘楚晴, 温锦昌.汕尾城区某边坡地质灾害稳定性分析研究[J].2021.
- [4]胡海超.某土质边坡崩塌隐患的普遍性特征及问题思考[J].冶金丛刊, 2020, 005(016): 255-256.