

岩土工程地质灾害防治技术及预控分析

李杰豪¹, 董思萌²

1. 四川省第一地质大队, 四川 成都 610000

2. 四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 618000

DOI: 10.61369/SSSD.2025200003

摘要：岩土工程地质灾害防治是保障工程建设安全、维护生态环境稳定的关键环节。我国西南地区地质条件复杂，四川、西藏更是地质灾害的高发区域，滑坡、泥石流等地质灾害频发，严重威胁人民生命财产安全与基础设施建设。本文简要阐明岩土工程领域中地质灾害的主要类型及成因机制，重点分析适用于复杂地质环境的观测手段，深入探讨滑坡、泥石流等核心灾害的针对性防治技术，并构建涵盖工程预控、政策保障与群防群治的综合预控体系。文中结合四川阿坝州、西藏察隅地区等典型案例，为岩土工程地质灾害防治提供实操性参考，对提升区域地质灾害防控能力具有重要现实意义。

关键词：地质灾害防治；滑坡；泥石流；观测手段；群防群治

Prevention and Control Technology and Pre-Control Analysis of Geotechnical Engineering Geological Disasters

Li Jiehao¹, Dong Simeng²

1.Sichuan First Geological Brigade, Chengdu, Sichuan 610000

2.Sichuan Vocational College of Architecture and Engineering, Deyang, Sichuan 618000

Abstract : The prevention and control of geological disasters in geotechnical engineering is a key link to ensure the safety of engineering construction and maintain the stability of the ecological environment. The southwestern region of China has complex geological conditions, with Sichuan and Tibet being high-incidence areas for geological disasters. Geological disasters such as landslides and debris flows occur frequently, posing a serious threat to people's lives and property safety as well as infrastructure construction. This paper briefly clarifies the main types and genetic mechanisms of geological disasters in the field of geotechnical engineering, focuses on analyzing observation methods suitable for complex geological environments, deeply discusses targeted prevention and control technologies for core disasters such as landslides and debris flows, and constructs a comprehensive pre-control system covering engineering pre-control, policy support, and mass prevention and control. Combined with typical cases in Aba Prefecture of Sichuan and Zayu County of Tibet, this paper provides practical references for the prevention and control of geotechnical engineering geological disasters, which is of great practical significance for improving the regional geological disaster prevention and control capabilities.

Keywords : geological disaster prevention and control; landslides; debris flows; observation methods; mass prevention and control

一、岩土工程地质灾害主要类型及成因机制

岩土工程地质灾害类型多样，其中滑坡、泥石流在我国分布最广、危害最大，其形成是自然因素与人为因素共同作用的结果^[1]。四川、西藏地区的灾害案例，集中体现了不同因素叠加下地质灾害的形成规律，为分析灾害成因提供了典型样本。

(一) 主要地质灾害类型

1. 滑坡

滑坡是岩土体在重力作用下沿软弱面发生的整体滑移现象，

是西南地区最常见的地质灾害之一。四川阿坝州的滑坡多是因为地震的原因。“5·12”汶川地震后，当地山体岩体破碎，形成大量松散堆积体，在降雨的影响下频繁发生滑坡。西藏察隅地区的滑坡以土质滑坡为主，坡体岩性多为第四系残坡积碎石土、粉土，结构松散，在雨季的时候容易失去稳定性。

2. 泥石流

泥石流是由于暴雨、冰雪融水等引发的含有大量泥沙石块的特殊洪流，在高山峡谷地区尤为多发^[2]。四川阿坝州部分矿山周边，因为无序开采而导致弃渣随意堆积，在强降雨时极易形成泥

石流灾害。西藏察隅地区沟壑纵横、地形坡度大，雨季集中降雨会快速汇聚成流，携带坡面松散物质形成泥石流，威胁沿线村庄与基础设施。

(二) 灾害成因机制

1. 自然因素

地质构造是地质灾害频发的根本原因。我国西南地区地处板块交界活跃带，地壳运动活跃便会导致岩体破碎、裂隙发育，导致滑坡、泥石流等灾害频发^[3]。四川阿坝州所处的龙门山断裂带，历经多次强震后，岩体破碎程度更甚，松散堆积体大量分布，成为灾害易发的区域；西藏察隅地区位于冈底斯—念青唐古拉板块碰撞挤压带，新构造运动引发山岭强烈抬升与河谷深切，局部区域高差可达3600米，形成陡峭地形，坡体自然稳定性极差，崩塌灾害隐患突出。

气象因素是灾害发展的主要诱因，集中降雨与短时强降雨的影响最为显著。在降雨作用下，雨水渗入岩土体内部，会使得土体含水量饱和，降低土体抗剪强度，破坏坡体力学平衡；同时，还会形成地表径流冲刷坡体，增加岩土体孔隙水压力，打破原有应力平衡，进而诱发滑坡、泥石流^[4]。西南高原高海拔区域还受冰雪冻融的影响，进一步削弱了边坡稳定性。

2. 人为因素

人类工程活动在一定程度上也会加剧地质灾害，其中基础设施的建设与不合理的资源开采影响最为深远。建设公路、开采矿山，切坡、填方等作业会直接改变原始地形地貌与地质结构，破坏坡体自然平衡^[5]。如果工程支护防护措施不及时、不到位，极易引起大规模滑坡。

同时，部分区域存在的过度放牧、森林砍伐等行为，会导致地表植被覆盖率下降，加剧水土流失，减弱山体的抗灾能力。

二、岩土工程地质灾害核心观测手段

(一) 专业仪器观测技术

1. 常见专业观测设备及工程应用

地质灾害频发威胁人类生命财产安全，在科技飞速发展背景下，精密的监测技术可以更精准、及时监测、预警地质灾害。滑坡灾害的监测是需要地表位移、深层变形等指标构建监测网络，常用到的设备包括GNSS定位仪、倾斜仪、裂缝计以及深部位移监测设备等，同时结合遥感技术进行大规模、非接触式检测^[6]。四川阿坝州是滑坡的高发区域，在部分重点滑坡隐患点，将遥感技术与GPS/GNSS定位技术相结合，对地震后形成的大量松散堆积体进行持续监测，有效追踪滑坡体变形趋势。而西藏察隅地区针对高山峡谷地带的危岩体，采用地质雷达和三维激光扫描技术开展精细化探测，清晰获取危岩体的具体位置、内部结构及裂缝发育参数，帮助技术人员精准防治崩塌灾害^[7]。

在泥石流监测方面，雨量计可以检测总雨量、瞬时雨量、当前雨量等，泥位计可跟踪沟谷内泥沙堆积与水流变化，搭配高清摄像机可以监控灾害发展过程。一旦监测数据突破预设预警阈值，系统可自动触发警报，为应急处置争取时间。

2. 自动化监测平台

数字化、智能化是岩土工程观测的发展趋势。四川建立了省级地质灾害监测预警平台，整合全省各地的监测数据，可对阿坝、甘孜、凉山等多地灾害隐患点的集中管控，该平台可自动分析数据并发布预警信息；西藏依托自然资源部门的信息化建设，在林芝、日喀则等地搭建区域监测平台，将遥感数据、地面监测数据与气象数据融合分析，可以精准预判灾害。

(二) 群防群测观测手段

岩土工程地质灾害群防群测观测手段以广泛发动群众为核心，通过构建层级化监测网络、培育基层监测力量、配套信息传递机制及开展应急演练，实现灾害隐患的早发现、早上报、早处置。该手段注重结合区域实际适配具体措施，如四川构建县、乡、村、社、监测点五级监测体系，培育村民监测员用简易工具监测坡体裂缝等隐患，同时开展大规模应急演练。针对牧区与边境特点，西藏则用微信群、对讲机快速传递信息，通过村庄观测点巡查、乡镇监测员培训及高发季避险演练，筑牢基层灾害防线。

三、岩土工程地质灾害针对性防治技术

(一) 滑坡防治技术

1. 抗滑加固技术

抗滑桩、预应力锚索、锚杆加固等是滑坡治理的常用技术，其原理是通过增强坡体抗滑能力，稳定岩土体结构。例如，西藏林芝市在公路沿线滑坡治理中，运用锚杆加固与主动防护网结合的方式，既可以稳定危岩体，同时也可以防止小块岩石坠落；江达县白格滑坡治理中，采用削坡减载与抗滑键结合的技术，降低滑坡体下滑力，保障金沙江沿岸安全。

2. 排水减载技术

排水工程的作用是降低地下水位，减小孔隙水压力，提升岩土体抗剪强度。四川汶川地震灾区的滑坡治理中，广泛采用截水沟+排水盲沟的组合方案，截水沟拦截坡面雨水，排水盲沟排出坡体内部地下水，提升滑坡体稳定性。西藏察隅地区在国道边坡治理中，结合高原气候干燥的特点，设计经济型排水系统，通过截水沟与渗沟配合，有效减少雨水对坡体的侵蚀^[8]。

(二) 泥石流防治技术

1. 拦挡疏导技术

拦挡坝与排导槽是泥石流治理的核心工程措施，前者用于拦截固体物质，后者用于引导泥石流顺畅排泄^[9]。四川龙门山沿线的泥石流治理中，修建了多座重力式拦挡坝，拦截矿山弃渣与山体风化物质；西藏波密县在泥石流高发区，采用格栅坝与排导槽组合方案，格栅坝拦截大块岩石，排导槽引导泥石流至安全区域。

2. 生态修复技术

生态修复是指通过植被固土、涵养水源，从源头减少泥石流物源。四川甘孜州在泥石流流域大规模种植高山松、沙棘等乡土树种，提升了植被覆盖，有效遏制水土流失；阿坝州在灾后恢复中，结合生态移民，对泥石流源头区域实施封山育林，恢复山体

植被^[10]。西藏林芝市在雅鲁藏布江沿岸，种植了大面积的防护林带，增强了坡面稳定性；察隅地区在公路边坡采用植生袋技术，快速恢复植被，减少坡面侵蚀，降低了泥石流物源供给。

四、岩土工程地质灾害综合预控体系构建

（一）工程预控措施

1. 前期勘察与设计优化

岩土工程施工前，需开展全面的地质勘察工作。通过地质测绘、钻探等手段，掌握区域地质构造、岩土体性质与地下水情况。在工程设计中，充分考虑地质灾害风险，采用抗滑桩、锚固等防护结构，提升工程抗灾能力。施工单位需严格执行施工规范，避免违规切坡、填方作业，施工中，安全员要每日巡查。

2. 工程运维管理

建立工程长期运维机制，保障防治工程持续发挥效用。对地质灾害监测设备实行三年运行维护期，汛期每月巡查巡检一次，非汛期每季度巡查一次，确保设备正常运行；对治理工程定期开展健康评估，针对出现的裂缝、沉降等问题及时整改。针对设备供应商过多导致的运维困难问题，全面摸底排查供应商，筛选符合技术要求的企业承担运维工作。

（二）政策保障预控

政策法规是地质灾害防治的制度保障。国家层面，《地质灾害防治条例》对灾害防治规划、监测预警、应急处置等作出明确规定；各地需要国家政策引导下，根据自身情况，出台相关政策，构建完善的防治工作体系，规范防治工作流程。

资金保障方面，积极争取中央补助资金，同时通过发行地方

政府债券、引导社会资本参与等方式拓宽资金来源，保障了重点区域的防治工程顺利实施；依托国家的扶持政策，加大地质灾害防治资金投入，保障铁路、公路等重大基础设施沿线的灾害治理工作。

（三）群防群治预控

高度重视地质灾害宣传培训工作，构建全方位的宣传体系。例如，四川省在全省范围内开展“地质灾害防治知识进乡村、进学校、进企业”活动，阿坝州、凉山州等地邀请专家深入基层，通过现场讲解、发放手册等方式普及防灾知识，近五年累计开展培训超2万场，参训人次达30余万。西藏在林芝、日喀则等地通过电视、广播、微信群等渠道发布防灾知识。

灾害防治中还要发挥广大人民群众的力量。四川建立了地质灾害监测员制度，全省配备专职监测员万余名，覆盖所有隐患点，监测员负责日常巡查、信息上报，成为灾害防治的“前哨”；西藏组建了乡村应急志愿队伍，林芝、江达等地的志愿者参与隐患巡查、应急演练等工作。此外，还需定期开展应急演练，提升群众的互救自救能力。各地结合灾害特点，开展针对性演练，模拟灾害发生、人员转移、应急救援等全过程。

五、结论

我国西南地区，尤其四川、西藏地区具有复杂的地质环境与气候条件，其地质灾害防治工作更加艰巨和漫长。地质灾害防治需坚持技术创新与制度保障相结合，专业防治与群众参与相结合。未来，岩土工程技术人员需不断总结实践经验，优化防治方案，为西南高原山区地质灾害防治提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 王云. 岩土工程地质灾害防治技术及防治措施 [J]. 四川建材, 2024, 50 (03): 57–59.
- [2] 左江博. 岩土工程地质灾害防治新技术及防治探讨 [J]. 工程建设与设计, 2024, (21):37–39.
- [3] 袁军会. 岩土工程中的地质灾害防治与治理 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集. 陕西铭新瑞元地质勘察设计有限公司, 2024:79–81.
- [4] 李远娟. 土质滑坡地质灾害形成机理与防治 [J]. 中国金属通报, 2024,(10):240–242.
- [5] 席轩. 地质灾害防治工程勘查与设计质量控制 [J]. 四川建材, 2024, 50(10):44–45+51.
- [6] 卫璐宁, 郭永刚. 西藏崩滑流地质灾害孕灾环境分区及形成机制 [J]. 西藏科技, 2024, 46(09):25–36.
- [7] 高延超, 龚凌枫, 曹佳文, 等. 西藏边境地区地质灾害分布规律与危险性分析 [J]. 沉积与特提斯地质, 2024, 44(03):467–477.
- [8] 张瀛玉龙. 西藏东部典型的大型滑坡、泥石流灾害重复发生规律研究 [D]. 西藏大学, 2024.
- [9] 董坤, 陈东海. 分析地质灾害防治技术在岩土工程中的运用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (12):166–168.
- [10] 刘盈盈. 阿坝州地质灾害防治的问题及对策研究 [D]. 四川大学, 2023.