 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v7i3.5255

Application and practice strategy of support structure in geological disaster management of collapse and landslide

Fei Hao

Sichuan Geological Engineering Investigation Institute Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

Collapse and landslide have the characteristics of sudden strong, wide harm range and large destructive, and pose a serious threat to the safety of people's life and property. Therefore, it is of great practical significance to study the effective governance measures. This paper aims to explore the application strategy of support structure in the management of collapse and landslide, in order to provide scientific guidance for related projects. Through the literature research method, the technical types and application conditions of the current support structure are systematically combed, and the applicable scenarios and construction key points of different support structures are analyzed based on the engineering practice cases. It is proposed that the reasonable selection and combination of the support structure can effectively reduce or avoid the occurrence of collapse and landslide disasters, and provide a reliable engineering guarantee for the prevention and control of geological disasters.

Keywords

disaster management; support structure; technology selection; technology application

崩塌、滑坡地质灾害治理中支挡结构的应用实践策略

郝飞

四川省地质工程勘察院集团有限公司，中国·四川 成都 610000

摘　要

崩塌和滑坡具有突发性强、危害范围广、破坏性大的特点，对人民生命财产安全构成严重威胁。因此，研究有效的治理措施具有重要的现实意义。本文旨在探讨崩塌、滑坡地质灾害治理中支挡结构的应用实践策略，以期为相关工程提供科学指导。研究通过文献研究法，系统梳理了当前支挡结构的技术类型及其应用条件，并结合工程实践案例，分析了不同支挡结构的适用场景和施工要点。研究提出，通过合理选择和组合支挡结构，能够有效减轻或避免崩塌、滑坡灾害的发生，为地质灾害防治提供可靠的工程保障。

关键词

灾害治理；支挡结构；技术选择；技术应用

1 引言

根据地质灾害类型，常见的地质灾害有：崩塌、滑坡、泥石流、地表塌陷、地裂缝和地面沉降等。多数地质灾害（占总灾害约 90%）属于崩塌、滑坡、泥石流类型，其影响范围广泛，通常突然发生不易发现，因而破坏程度大，造成的人员财产损失巨大。对具有严重的塌坡或滑坡险情，甚至会对附近群众安全及产生巨额经济损失的危险陡坡，需结合崩塌、滑坡的诱因、位置、危害对象以及危害程度，采用相应技术措施来减轻或避免这类灾害发生。工程治理的方法很多，比如支挡结构、排水工程等[1]。在工程实践中，需要因地制宜，因质而定，因地而用，因形就势，一患一策，选用最合适的治理方法，以获得最理想的治理效果。下面就崩塌、滑坡地质灾害治理中支挡结构的应用做具体分析。

2 崩塌、滑坡地质灾害治理中支挡结构的选择

很多山体的崩滑现象都有着相近的特性，如先崩后滑或者先滑后崩，这是一种统称“塌滑”或者是“滑塌”。针对崩塌滑坡的治理方式一般都采取减少滑动力与抗滑动力两方面手段，前者主要通过减小边坡质量并加入堆载材料实现，后者主要通过修建能对抗滑动行为作用的建筑物从而制止崩滑现象的出现，倘若不能够仅通过减小边坡体质量并排泄水的方法得到稳定性保证，则应该采取支挡结构的方法来解决崩滑问题。常用的支挡结构类型包括抗滑挡墙、抗滑桩、锚杆等。

在工程实践中，需根据具体场地条件选择具体的支挡结构，特别注意考察场地地形地貌条件、崩塌或滑坡体体积大小、工程危害程度等。

对斜率较小（i≤40° ）并有较滑区的小微滑坡，宜采用钢筋混凝土重力式挡墙。对于斜面坡度较缓（i≤40° ）而滑

【作者简介】郝飞（1984–），男，中国安徽蚌埠人，硕士，高级工程师，从事水文地质、工程地质与环境地质研究。

动段较明显的大型滑坡，则采用抗滑桩 + 锚索抗滑桩 + 锚杆 + 钢筋混凝土框架。

针对局部滑动、局部崩塌和危岩等大陡度边坡，宜进行适当放缓，然后采用砌体勾缝加固保护与现场浇筑混凝土网格结构或者预应力混凝土网格结构（PC 网格结构）与锚杆 / 锚索加固稳固。这种处理方法即网格加固方法，其基本思想就是网格节点处的锚杆或者锚索为骨架，承受边坡的潜在下滑力或土压力，将其转化为锚杆或锚索产生的咬合力后传递到稳定的地层里，达到稳定边坡的目的。网格加固模式主要有菱形、曲线型、人字型等多种形式，如图 1 所示。

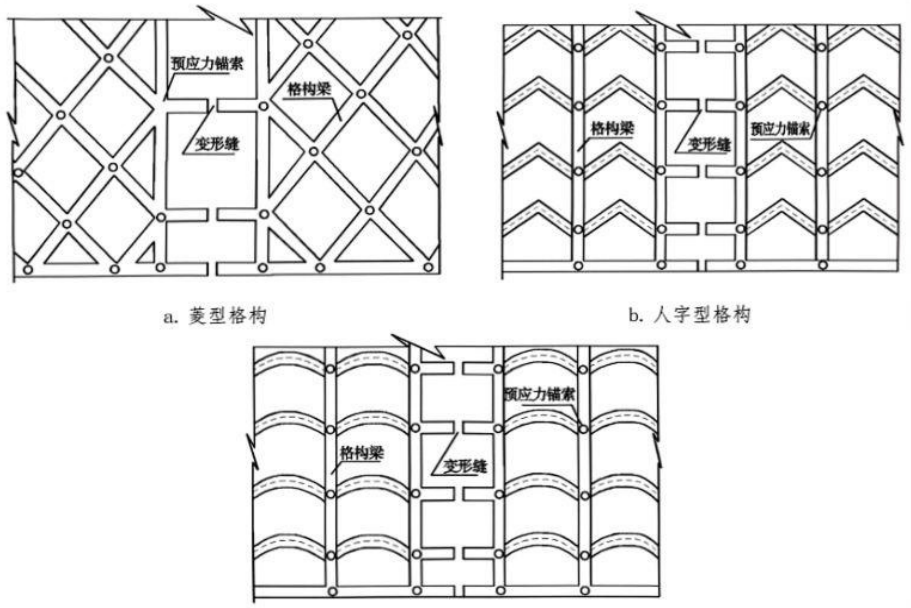

图 1 格构的几种形式

3 崩塌、滑坡地质灾害治理中几种主要支挡结构的应用

3.1 复合土钉墙加固

在崩塌、滑坡地质灾害治理中，采用复合土钉支护是一种经济、有效的方法。复合土钉墙是一种集深层搅拌桩、旋喷桩、预应力锚杆为一体的新型复合基坑支护系统，可有效地改善边坡的稳定与变形性能（如图 2 所示）。

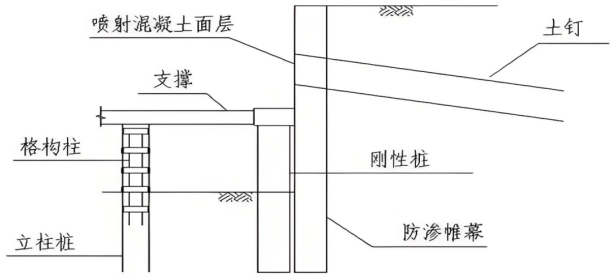

图 2 复合土钉墙结构示意图

施工中，土钉支护必须按照设计要求分层挖入，并与土钉垂直距离相配合，不能出现超挖现象。在每一层挖完后，要及时清除坡面，并用小机械或铲刀清除坡面，保证坡面符合设计要求。土钉采用 16~32mm 的 HRB400 型。加强筋的接头宜为叠合或侧条焊，以保证接头的质量。为了确保土钉支护的保护范围不少于 20mm，应在整个土钉支护中采用 1.5~2.5 米对中支撑。钻孔完成后，要立即将桩头锚杆插进，遇到坍方或缩径的情况，必须先进行治理，然后才能下桩[2]。

在复合土钉墙支护中，灌浆是一个非常重要的步骤。注浆体的抗压强度一般不小于 20MPa，水灰比宜在 0.5~0.6 之间。在灌浆之前，先将钻孔中剩余的虚土清理干净，把注浆管插入钻孔底部，然后在孔底进行灌浆。灌浆时，灌浆管的出浆口要一直埋在灌浆表面，以保证新的灌浆水满后终止灌浆。在喷射混凝土面层设置钢筋网，网布的材质为 HPB300，直径 6~10mm，间距 150~250mm。边坡混凝土中应设置 14~20mm 的纵向、横向、全长度的加强筋，加筋应采用搭接焊接方式。

3.2 抗滑桩加固

抗滑桩的加固原理是：在坡体中植入抗滑桩，发挥桩的锚固作用力，以抗衡滑动土体的推移力，进而增强坡面的稳固性。

在进行抗滑桩设计时，应从滑体厚度、推力大小、防水要求和施工情况等方面进行分析。抗滑桩的选材也很关键，一般有混凝土桩、钢桩、钢筋混凝土桩等，根据实际情况及实际情况选用。对于软弱地层，防滑桩的锚固深度通常是其设计长度的 1/3。同时，为保证滑体不发生滑移，桩柱之间的距离通常为 3~5 倍。

滑桩的主要施工工序包括钻孔、施工护壁、钢筋笼吊装和护壁浇筑四个部分，为保证支护效果，需对桩孔的深度和垂直度进行准确的监测，在施工过程中，需保证抗滑桩将孔置入坚实地质中。在钻孔过程中，需注意将桩孔内的水抽干，以防孔内水过多导致土体出现塌孔的情况。另外，为提高边坡支护的效果，采用了混凝土作为护壁材料，其壁厚为

100~200mm，混凝土强度为 C20~C30；同时设置桩顶锁扣，高度范围为 200~500mm，采用 C20 强度的混凝土对其进行填充，同时掺入钢筋，以便将上下部的护壁联结在一起，确保支护体系的完整性[3]。

在一些情况比较复杂的地区，可以将抗滑桩与其他支挡结构结合使用。如与水泥土搅拌桩结合使用，于治理点外周设置水泥土搅拌桩，将抗滑桩的延伸端锚固在水泥土搅拌桩内，能够更好地支护基坑边坡，防止边坡失稳。还可采用防滑桩和预应力锚杆组合而成的桩 - 锚复合支护系统，以抵抗滑坡的发生。这样的结合形式可以有效地改善斜坡的稳定，特别是对岩石滑坡更为明显。

3.3 预应力锚杆加固

在崩塌、滑坡地质灾害治理方面，预应力锚杆、预应力锚索也有着重要作用其治理原理是：是将预应力锚杆嵌入土（岩）中，张拉并将其锚固于深坑内或周围的岩体或水泥构筑物内，借助预应力理论提高其抗剪切、抗滑性能。

应用该项技术有以下要点需注意。首先是在工程实施之前，应对锚杆的布置形式、间距、倾角、锚杆的长度等进行详尽的地质调查与设计。通常情况下，锚杆可分为外部锚碇段（锚头）、张拉段（自由段）以及锚固段（内锚固段）。内锚固段一般布置于良好的岩石或土壤中，利用水泥浆和孔壁胶结形成预应力，实现对锚杆的张拉。在工程中，先进行钻探工作。在进行钻探作业之前，必须先对工地进行清扫，将工地进行平整，并设置牢固的支架。在钻探过程中，要注意地层的变动，以保证锚固段长度满足设计的需要。

在进行预应力锚索加固时，需要重视锚索的设计和安装。一般而言，锚索主要由强度高且延性小的钢绞线构成，需将自由端做好防腐保护处理，使用聚乙烯管隔离。在安装过程中，需保证锚索竖直，不可进行转动和缠绕等动作，在锚索锚固后，迅速进行灌浆操作。主要的灌浆材料是水泥浆，灌浆压力大致在 0.6 ~ 0.8MPa 之间。在进行灌浆时，应当保证注浆可灌满锚索与孔壁之间的间隙，加强锚杆与土的粘结强度。在进行张拉过程中，采用分级施压，使其达到设计的预应力数值，然后利用锚碇进行预压。施工时应保持动态观测锚索预应力状态，当锚索预应力损失超出要求值时，应适时进行拉力调整，应增设高压旋喷锚头锚杆增强其锚固功能。通过高压旋喷形成大直径水泥土桩体，让松散软土的强度、抗渗能力、粘聚力等得到增强，进而使边坡的稳定性得到增强。

3.4 格构加固

浆砌片石挡墙 + 现浇混凝土格构 + 锚索固定能够形成稳定的防护格构系统，有效控制滑坡体变形和下滑。

在开展格构加固前，全方位勘察地基并进行实地考查。通过钻孔、物理等手段了解其滑动的岩土体类型、地下水情况以及潜在滑移的主溜线位置。同时对滑动形态变化以及现状稳定状态进行评估，为设计措施提供有效数据依据[4]。

浆砌片石挡墙施工，首先根据设计标准挖掘出挡墙的地基沟槽，确保沟槽深度及宽度达到挡墙承受载荷的承载标准，且保证沟槽底部的平整性以及夯实性。选取用的片石材料要确保坚固性，不允许风化和断裂。采用坐浆施工工艺进行施工，确保两片片石之间的砂浆填充充分，且紧密贴合。挡墙施工要分层进行，每层厚度约为 20~30cm，两片片石之间的缝隙要错落设置，以保证没有连贯的缝隙出现。同时，在挡墙内预留排水孔，以将墙后积水排出，减小水分对挡墙带来的危害性。排水孔每两到三米一孔，按照梅花式排布，并且每个出口处均设置过滤层，以免被堵塞[5]。

现浇混凝土格构需要按照设计图纸正确设置，且格构基底必须保证牢固，不能位于不稳定的砂石层或淤积层。此外，在架设过程中需要架设脚手架和模板，模板要具有足够的强度和刚度，在混凝土浇灌过程中不能变性，不能漏浆。混凝土浇灌宜分层进行，每次浇灌混凝土的厚度应不超过 0.3m，在振动器反复振捣混凝土的过程中，避免出现孔洞的情况，还要确保混凝土充分的密实度。在浇灌完成后，进行及时的养护，防止混凝土的表面出现裂缝。

锚索施工应严格按照设计要求，首先按照设计要求确定位置并进行钻孔，钻孔应达到设计要求的深度并符合孔径、倾角的要求。锚索应选用高质量的钢丝绳，不得有任何锈蚀，也无破损，考虑下料长度，锚索长度应根据要求孔的深度以及张拉要求确定。锚索安装时要将钢丝绳缓慢放入孔中，避免出现扭曲和折叠现象。

格构加固体系施工完成后可以在格构内填充土地并种上根系发达的植物，例如草或是灌木等，由于植被的根部会随着时间慢慢加大土地的牢固性，还能改善周围环境美观性。还可以在滑坡表层铺设一层土工格栅或是土工布，增大土地的完整性并减少雨水所带来的泥沙侵蚀和流失情况。

4 结语

综上所述，支挡结构的选择需综合考虑地质条件、灾害类型、工程规模等因素，因地制宜地采用抗滑挡墙、抗滑桩、锚杆、复合土钉墙、格构加固等技术手段。其中，复合土钉墙适用于中小规模滑坡治理，抗滑桩适合大型滑坡，预应力锚杆则可有效增强岩土体的抗滑性能，而格构加固则能通过植被恢复进一步提升边坡稳定性。通过合理选择和组合支挡结构，能够有效减轻或避免崩塌、滑坡灾害的发生。

参考文献

[1] 詹同安,何瑜,邓思勉,等.某二元结构边坡病害分析及治理措施探讨[J].成都大学学报(自然科学版),2024,43(04):437-442.

[2] 孟宝华,马京京,邓宇,等.成都某膨胀土地区支挡结构受力特征研究[J/OL].岩土工程技术,1-10[2025-02-24].

[3] 钟永彬.软土地区填方边坡支挡结构方案探讨[J].江西建材,2024,(08):250-252.

[4] 梁立,马志林,周靖杰,等.复杂场地下主体结构兼支挡的山地建筑分析[J].四川建筑科学研究,2024,50(04):48-55+62.

[5] 段鹏.支挡结构在崩塌、滑坡地质灾害治理中的应用[J].华北自然资源,2023,(02):102-105.