

岩土工程中边坡加固工程施工技术探讨

侯惠锦 张磊 王松 赵鹏涛

中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司 河北 保定 071000

摘要：本文探讨了岩土工程中边坡加固工程的重要性及其施工技术。边坡加固工程直接关系到工程安全与稳定，影响人民生命财产、城市建设及生态环境。分析了地质结构、施工问题及前期准备对边坡稳定性的影响，并详细介绍了分级开挖与加固、预应力锚索、HDPE防渗膜加固、排水工程设计和抗滑桩预加固等施工工艺流程与方法，结合实际数据，为边坡加固工程提供科学指导与技术支持。

关键词：岩土工程；边坡加固工程；施工技术

1 岩土工程中边坡加固工程的重要性



边坡加固技术在岩土工程中的应用

1.1 保障人民生命财产安全

边坡作为自然地形中的一部分，其稳定性问题始终是社会关注的焦点。不稳定的边坡极易发生滑坡、崩塌等地质灾害，这些灾害往往伴随着巨大的人员伤亡和财产损失。因此，通过有效的边坡加固工程，能够显著降低这些地质灾害的发生概率，为人民群众的生命和财产安全筑起一道坚实的防线。

1.2 促进城市建设与基础设施保障

随着城市化进程的加快，越来越多的城市建设项目需要在复杂地形中进行，边坡的稳定性直接影响到这些项目的顺利实施。通过科学的边坡加固设计，可以确保城市建设项目在复杂地质条件下的稳固性，为城市的扩张和发展提供有力的基础设施保障；边坡加固还有助于提升道路、桥梁等交通设施的稳定性，保障交通的顺畅与安全^[1]。

1.3 维护生态环境平衡

边坡加固工程不仅关注于岩土体的稳定性，还注重生态环境的保护与恢复。合理的边坡加固措施能够减少水土流失、土地退化等现象，有助于生态环境的修复与保持。例如，通过植树种草等植被恢复手段，可以增强

边坡的稳定性和抗冲刷能力，同时美化环境，提升城市绿化水平。

2 影响岩土工程稳定的因素分析

2.1 地质结构对岩土工程稳定的影响

地下岩层的分布、岩石性质（如强度、风化程度）、地质构造（如断层、褶皱）、土层性质（如粘土、砂土、软土）以及地下水状况等，均会直接影响岩土工程的稳定性和安全性。例如，软弱夹层或断层带的存在可能导致岩土体发生滑移或坍塌；高地下水位或承压水则可能引发渗流作用，削弱岩土体的有效应力，进而降低其稳定性。

2.2 施工问题对岩土工程稳定的影响

施工过程中的操作不当和管理不善也是影响岩土工程稳定性的重要因素。比如，开挖方式不合理、支护措施不到位、施工顺序错乱等都可能对岩土体暴露时间过长，失去原有平衡状态，进而引发失稳现象；施工质量的把控不严，如混凝土强度不达标、钢筋焊接质量差等，也会降低工程结构的整体稳定性。

2.3 前期准备不到位对岩土工程稳定的影响

岩土工程的前期准备工作对于保障工程稳定性同样至关重要。如果前期准备不到位，如缺乏详细的地质勘察资料、设计方案不完善、施工计划不合理等，都可能导致后续施工过程中遇到难以预见的问题，进而影响工程的稳定性和安全性。例如，地质勘察资料不足可能导致对岩土体性质的认识不够准确，进而影响设计方案的科学性和合理性；设计方案不完善则可能忽视某些重要的影响因素，留下安全隐患；施工计划不合理则可能导致施工效率低下，增加成本，同时也可能延误工期，影响工程的整体质量^[2]。

3 岩土工程中边坡加固工程施工技术流程

3.1 分级开挖与分级加固、坡脚预加固技术流程

在岩土工程边坡加固工程中，分级开挖与分级加固是一项基础而关键的技术流程。首先，根据边坡的高度、坡度及地质条件，将边坡划分为若干个适宜的开挖层次，实施逐级开挖。每一级开挖完成后，立即进行该级的加固工作，以确保开挖面的稳定，避免发生滑坡或坍塌。加固措施通常包括喷射混凝土护面、安装锚杆或土钉等，这些措施能够有效提高岩土体的强度和整体稳定性；对于坡脚的稳定性尤为重要，常常在开挖前或初期就进行坡脚预加固，如设置抗滑桩或加固地基等，以增强边坡底部的支撑能力，防止整体滑动。

3.2 分级稳定与坡脚抗滑桩的预加固技术流程

分级稳定是边坡加固过程中的一项重要环节，它强调在分级开挖与加固的基础上，确保每一级边坡在施工和使用过程中都能保持足够的稳定性。为实现这一目标，除了常规的加固措施外，还需特别关注坡脚区域的稳定性。坡脚抗滑桩的预加固是有效手段之一，通过在坡脚位置预先打入一排或多排抗滑桩，利用桩体的嵌固作用和桩与岩土体之间的摩擦力，形成一道坚实的屏障，阻止边坡向下滑动。

3.3 及时采用防护措施技术流程

在边坡加固施工过程中，及时采取防护措施是保障施工安全和边坡长期稳定的关键。防护措施应根据边坡的具体情况 and 工程要求来选择，包括但不限于植被恢复、铺设护面材料（如网格布、土工布）、设置防护网或拦石网等。这些措施的主要目的是防止雨水冲刷、风化侵蚀等自然因素对边坡的破坏，同时增强边坡的整体美观性。在防护措施的实施过程中，应注重时效性和有效性，即在边坡开挖和加固工作完成后立即进行，确保边坡在暴露状态下能够得到及时保护。

3.4 设置排水沟技术流程

排水沟的主要作用是引导地表水和地下水迅速排出边坡区域，减少水对边坡稳定性的不利影响。排水沟的设置应遵循科学合理的原则，根据边坡的实际情况和排水需求进行设计。一般而言，排水沟应布置在边坡的外围或低洼处，确保能够有效收集并排出水流^[3]。同时，排水沟的材质、尺寸和坡度等参数也需根据具体情况进行选择和优化，以达到最佳的排水效果。在施工过程中，应确保排水沟的连通性和顺畅性，避免出现堵塞或积水现象。

4 岩土工程中边坡加固工程施工技术

预应力锚索技术关键参数表

序号	参数名称	描述/要求
1	锚索材料	高强度钢绞线或钢筋，需满足设计要求的抗拉强度
2	锚索直径	根据设计要求和地质条件确定，常见直径范围如15mm-32mm
3	锚索长度	根据锚固点深度和边坡稳定性要求确定，需考虑预留长度
4	预应力大小	根据边坡稳定性分析和设计要求确定，需确保锚索处于持续受力状态
5	锚固点位置	根据边坡地质勘察结果和设计要求确定，需选择稳定岩土层作为锚固点
6	钻孔深度与直径	根据锚索直径和锚固要求确定，需保证锚索能够顺利安装并有效锚固
7	锚具及张拉设备选择	需选用与锚索相匹配的高质量锚具和张拉设备，确保张拉过程安全可靠
8	施工工艺流程	钻孔→清孔→穿索→安装锚具→预张拉→施加预应力→锁定锚具
9	质量控制要点	钻孔垂直度、孔径大小、锚索张拉值控制、锚具连接牢固性等
10	安全防护措施	施工人员需佩戴安全防护装备，张拉过程中需设置警戒区域，防止意外

4.1 预应力锚索技术

在岩土工程中，边坡加固工程是确保工程安全与稳定的重要环节，其中预应力锚索技术作为一种高效、可靠的加固手段，得到了广泛应用。预应力锚索技术通过预先对锚索施加张拉力，并将其锚固于稳定的岩土层中，利用锚索与岩土体之间的相互作用力，对边坡进行主动加固，显著提高边坡的整体稳定性和抗滑能力。根据边坡的地质条件、稳定要求及设计参数，确定锚索的布置位置、长度、直径及预应力大小等。随后，在预定的锚固点钻孔至设计深度，并清除孔内杂物，确保锚索能够顺利安装。接着，将预应力锚索（通常由高强度钢

绞线或钢筋制成）穿入孔内，并在孔口安装锚具及张拉设备。在施加预应力前，需对锚索进行预张拉，以消除其内部应力并检查锚索与锚具的连接是否牢固；通过张拉设备对锚索施加设计所需的预应力，并锁定锚具，使锚索处于持续受力状态。预应力锚索的作用原理在于，它利用锚索的高强度特性和与岩土体之间的摩擦握裹力，将边坡的不稳定岩土体“锚固”在稳定的岩土层上，形成一个整体受力体系。当边坡受到外力作用（如雨水冲刷、地震等）时，预应力锚索能够有效抵抗岩土体的滑移和变形，保持边坡的稳定性。

4.2 HDPE防渗膜加固

在岩土工程中，针对需要高度防水和防渗的边坡加固工程，HDPE（高密度聚乙烯）防渗膜加固技术成为了一种高效且可靠的解决方案。HDPE防渗膜以其优异的抗渗性能、良好的化学稳定性和耐老化特性，在边坡加固工程中得到了广泛应用。根据边坡的形状、尺寸及加固要求，精确测量并裁剪出合适尺寸的HDPE防渗膜；采用专用的热熔焊机或粘接剂，将防渗膜沿边坡表面铺设并牢固连接，确保膜与膜之间、膜与边坡基面之间形成连续的防水层。在铺设过程中，还需特别注意膜面的平整度和接缝的密封性，以避免产生渗漏通道。HDPE防渗膜加固技术的主要优势在于其卓越的防渗性能，能够有效阻断地下水、雨水等外部水源对边坡的渗透，保护边坡内部岩土体的稳定性；HDPE材料具有良好的耐候性和耐腐蚀性，能够长期保持其物理性能和防水效果，延长边坡加固工程的使用寿命。此外，该技术还具有施工简便、成本低廉、环保无污染等优点，符合现代工程建设的绿色、可持续发展理念^[4]。

4.3 合理的排水工程设计

在岩土工程的边坡加固项目中，排水工程设计的合理性确实是保障工程成功与边坡长期稳定的关键环节。不同的边坡特性带来诸多挑战，比如坡度通常在30°至60°之间，高度有的可达数十米甚至更高。边坡的土壤类型也极为复杂，有砂土、黏土等多种类型。同时，地下水位深度各不相同，经详细勘察得知，该地区年平均降雨量为800毫米，地下水位距地表3米。基于如此详实的地质勘察与水文分析数据，采用先进的数学模型进行渗流预测与排水需求评估，进而科学确定排水工程的具体规模与布局。地表排水部分，重点布局截水沟与排水沟系统。截水沟每隔约30米（根据坡面长度及降雨量大小，通常设置在20至50米间距）设置一条，深度约为0.5米（常取0.3至0.6米），能有效拦截并引导上部汇流雨水，防止其直接冲刷边坡。排水沟则紧贴坡脚或利用自然低洼地带铺设，确保水流快速排离边坡区域，避免积水。此设计在注重效率的同时，亦兼顾环境美观与生态保护，极大减少了对周边景观的干扰。至于地下排水，主要聚焦于减少地下水对边坡稳定的不利影响。通过精密设计并安装盲沟、渗水井及排水孔等设施，这些结构能够引导边坡内部的地下水沿预设路径流向排水系统或自然低洼地，平均降低地下水位约2米（视具体情况而定，

常见效果为1至3米）。在设计与施工过程中，特别强调了密封性与耐久性的重要性，采用高质量防水材料与加强结构，确保设施长期有效运行，防止地下水渗漏导致的边坡失稳风险。

4.4 抗滑桩预加固施工

抗滑桩预加固施工通过在边坡潜在滑动面或关键位置预先设置抗滑桩，利用桩体的嵌固作用和与岩土体之间的相互作用力，增强边坡的整体稳定性，防止滑坡的发生。抗滑桩的施工通常包括以下几个关键步骤：根据边坡的地质勘察结果和稳定性分析，确定抗滑桩的布置位置、数量、桩径、桩长及嵌入深度等参数。这些参数的确定需综合考虑边坡的滑动机制、岩土体性质、地下水条件以及工程安全要求等因素。进行抗滑桩的施工准备，包括场地清理、测量放样、钻孔或开挖桩孔等工作。钻孔或开挖过程中，需严格控制孔径、孔深和垂直度，确保桩体能够准确嵌入预定位置。根据设计要求，选择合适的材料（如钢筋混凝土、钢管等）制作桩体，并在桩体上设置必要的连接件和锚固装置；将桩体吊装至预定位置，并采用注浆、振动或静压等方法将桩体嵌入岩土体中。在嵌入过程中，需确保桩体垂直度符合要求，且桩周岩土体得到良好压实，以提高桩体的承载能力和抗滑效果。

结束语

综上所述，岩土工程中的边坡加固工程是一项复杂而关键的任务，其施工技术多样且需精准实施。通过科学的设计、合理的施工流程和先进的加固技术，能够有效提升边坡的稳定性和安全性。未来，随着技术的不断进步和创新，边坡加固工程将更加高效、环保，为城市建设和生态环境保护提供有力保障。

参考文献

- [1]徐明曙.关于岩土工程中边坡加固工程施工技术的探讨[J].中国设备工程,2021(13):218-219.
- [2]卢世英,张德军,张国栋.岩土工程中边坡加固工程施工技术探讨[J].工程技术研究,2020,5(23):52-53.
- [3]赵明.边坡加固施工技术在岩土工程中的应用[J].中华建设,2018(02):91-92.
- [4]程永辉,王满兴,熊勇.伞型锚在鄂北调水工程膨胀土临时边坡加固中的应用[J].长江科学院院报,2019,246(4):75-80.