水利工程建设过程中边坡加固的处理路径探讨

李　海

摘　要：本文深入探讨了水利工程建设中边坡加固的处理路径。首先，对边坡加固的基础理论进行了阐述，包括边坡稳定性分析原理和边坡加固的力学原理。接着，详细介绍了水利工程边坡加固的常见技术与方法，包括传统加固方法和现代加固技术。最后，对边坡加固的具体方法进行了深入探讨，以期为水利工程建设提供有益的参考。

关键词：水利工程；边坡加固；加固技术

前言

在水利工程施工过程中边坡的稳定性问题是重点研究的问题。受地质条件，气候变化及人类活动诸多因素影响，边坡会存在失稳，滑坡等隐患。所以边坡的有效加固处理非常关键。文章旨在对水利工程施工期间边坡加固治理路径进行探究，以期能够提升边坡稳定性，保障水利工程安全运营。

一、水利工程边坡加固的基础理论

1.边坡稳定性分析原理

边坡稳定性分析是评估边坡安全性的重要环节，它综合考虑了多种因素来确定边坡在特定环境下的稳定状态。在进行这一分析时，地质结构、土壤力学特性、水文条件以及外部作用力等都是不可忽视的考量点。这些要素共同影响着边坡的稳固性，因此，必须对它们进行全面细致的研究。通过深入剖析地质构造，了解土层的分布和岩性，可以初步判断边坡的自然稳定性。同时，土壤的抗剪强度、内摩擦角等力学参数也是评估边坡稳定性的关键指标。此外，地下水的活动情况和外部荷载如降雨、地震等对边坡的影响也不容忽视。

为了量化这些影响因素，通常会采用诸如毕肖普法、简化毕肖普法等计算方法，通过公式 $Fs=\Sigma c\beta R/\left(\Sigma Wsin\theta+Qe\right)$ 来确定边坡的安全系数，式中：Fs 为安全系数，c 为粘聚力，β 为土条宽度，R 为圆弧半径，W 为土条重量，θ 为土条底部中点切线与垂直线的夹角，Qe 为水平和垂直地震惯性力之和。这一系数能够直观地反映边坡的稳定程度，从而为后续的加固设计提供科学可靠的依据。

2.边坡加固的力学原理

边坡加固力学原理核心是用力学手段调节边坡应力分布及变形行为进而提高边坡稳定性。在加固措施实施过程中，着重提高边坡抗滑能力，一般是采取增加支挡结构，加固土体或者提高土体内聚力等措施。与此同时，下滑力的减小至关重要，可通过减小坡顶荷载，改善地下水条件或者对边坡形态进行优化来实现。此外，还可通过对边坡形态与结构的调整，例如削坡，马道设置等措施来进一步改善边坡应力状态并增强边坡整体稳定性。这几种加固措施结合使用可有效改变边坡力学特性、预防边坡失稳、保证边坡长期安全和稳定。

二、水利工程边坡加固的常见技术与方法

1.传统加固方法

（1）挡土墙加固：挡土墙加固作为边坡稳定的有效措施，它的原理是通过修筑牢固的挡土墙直接承受边坡所引起的土压力以阻止土体滑动。该方法对土质边坡有较好的适应性，特别是当坡高适中、土质条件较好时效果较好。进行挡土墙加固需要考虑边坡高度（H），土质种类及其内摩擦角（ϕ），粘聚力（c）等主要参数。设计挡土墙时，必须确保其具有抗倾覆和抗滑动的稳定性，这通常需要对墙体的厚度（t）、埋深（D）以及墙背的倾斜角度（α）等关键设计因素进行精确的计算。挡土墙经过合理设计后，既可以有效地阻止边坡土体滑动，又可以增强整体边坡稳定性，从而为水利工程施工提供了安全保障。（2）锚杆（索）加固：该项技术采用深入到稳定岩层中的锚杆或者锚索来牢固固定住不稳定土层，以提高土体整体的稳定性。尤其是岩层与土层相间的复杂边坡环境，该方法效果明显。锚杆（索）加固既可以有效地传递拉力又可以通过施加预应力来调节边坡应力分布进而阻止土层滑移保证边坡长期安全。（3）排水固

作者简介：李海（1990.12——）男，汉族，本科学历，中级工程师，主要从事水利工程施工、水利工程现场管理。

结法：通过设置排水设施，降低地下水位，减少土体中的水分，从而提高土体的强度和稳定性。这种方法在水分含量较高的边坡中效果显著。

2.现代加固技术

（1）微生物加固技术：利用微生物诱导碳酸钙沉淀（MICP）的原理，通过注入特定的微生物和营养物质，使微生物在土体中产生碳酸钙结晶，从而提高土体的强度和稳定性。这种方法具有环保、可持续等优点。（2）植被护坡技术：通过在边坡上种植植被，利用植被根系的固土作用，提高边坡的稳定性。同时，植被还可以减少雨水冲刷和侵蚀，有助于保护边坡。（3）高分子材料加固技术：将高分子材料注入边坡土体中，通过化学反应或物理作用，增强土体的粘结力和内摩擦力，从而提高边坡的稳定性。这种方法施工简便、效果显著。

三、边坡加固的方法

1.土石工程结构加固

土石工程结构加固，是实现边坡稳定最主要的方法。该方法是通过修建例如挡土墙和护坡等结构物来直接承担和抵抗边坡所引起的滑动力或者土压力来保证边坡安全和稳定。设计与施工时需考虑诸多参数，主要有边坡高度，坡度，土质条件及地下水情况。针对这些特定情况可定制设计合适结构物。如挡土墙高（H）、厚（t）需依据边坡土压力及滑动力才能保证稳定。同时护坡在坡度（α）及材料选择上亦结合边坡实际状况进行设计，以防水土流失及边坡侵蚀。在这些建筑结构的施工过程中，必须严格监控混凝土的强度（fc）、钢筋的配筋率（ρ）等关键的施工参数，以确保建筑结构的承载力和稳定性。通过准确定制设计及严格施工过程对土石工程进行结构加固，可有效增强边坡稳定性并预防滑坡等地质灾害。

2.深层加固技术应用

采用例如桩基，注浆等先进技术对边坡实施深层加固处理可显著增强边坡整体稳定性及承载能力。桩基技术通过将桩体打入边坡深层土壤，借助桩侧阻力及桩端阻力提高土体承载能力，从而有效地阻止边坡深层滑动。注浆技术涉及将特定种类的注浆材料注入到边坡的裂缝或疏松的土壤中，通过浆液的渗透和固化作用，可以改善土壤的物理和力学性质，从而增强边坡的整体性和稳定性。这些深层加固技术在提高边坡抵抗滑移与变形能力的同时，还加强边坡抗震性能与使用寿命。在实践中，可依据边坡地质条件及稳定性要求灵活选用合适的深层加固技术来保证边坡长期的安全与稳定。通过采用深层加固技术，可以对边坡稳定性进行有效解决，从而为水利工程安全运营提供了坚实保障。

3.改变边坡环境

改变边坡环境，是边坡稳定工程的综合策略。通过排水、植被覆盖等系列措施可有效改变边坡水文环境、生态环境，继而减小边坡滑动风险。采取排水措施非常关键，因为水是造成边坡不稳定的一个重要原因。通过建立排水管，渗水井或者排水沟等合理排水系统可以及时排除地下水或者雨水，降低水对于边坡稳定的影响。同时植被覆盖是生态加固的有效途径。通过边坡栽植适应性好，根系发达植被既能增加边坡土壤凝聚力又能降低雨水冲刷和增加边坡抗侵蚀能力。这些植被根系能深入到土壤中形成自然加固体帮助固定土壤和吸收过多水分。另外，植被覆盖可改善边坡生态环境和生物多样性。这些建议的边坡环境改善措施并不是孤立的，它们需要与其他的加固技术相融合，从而构建一个全面的边坡稳定策略。通过将多种加固技术与边坡环境变化策略结合起来，可以更加有效的促进边坡稳定，保障边坡的长远安全。

结论

水利工程中的边坡加固，是保证工程安全运行至关重要的环节。实际工程中要结合边坡具体情况及工程需求，选用适宜的加固方法与工艺。今后在科学技术不断进步以及创新应用不断推进的情况下，相信还会出现更多的高效环保边坡加固技术，给水利工程建设带来更多的可靠保证。

参考文献

[1]赵飞.水利工程建设过程中边坡加固的处理措施探讨[J].四川建材，2023，49（2）：119-120.

[2]倪文馨.水利工程建设过程中边坡加固的处理措施探讨[J].水电水利，2023，7（3）：16-18.DOI：10.12238/hwr.v7i3.4738.

[3]刘燕.水利工程建设过程中边坡加固的处理措施[J].科学技术创新，2023（9）：168-171.

[4]金先龙.水利工程中高边坡加固处理措施[J].建材与装饰，2019（2）：2.DOI：CNKI：SUN：JCYS.0.2019-02-208.