

水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术

贾真

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4488

[摘要] 随着极端气候频发,水利堤防及护岸工程作为防洪减灾的核心屏障,其施工质量直接关系到流域安全。本文聚焦水利工程施工中的堤防及护岸工程施工技术。先阐述堤防和护岸工程在水利工程里的重要性,接着详细介绍堤防工程的施工技术,涵盖土料选择、堤基清理、堤身填筑、铺料施工及堤坝压实等环节;同时对护岸工程的坡式、坝式、墙式及生物护岸施工技术展开论述。因此探讨堤防和护岸工程技术的发展趋势,包括智能化监测技术、生态化材料应用以及综合治理模式创新,旨在为水利工程施工提供技术参考与方向指引。

[关键词] 水利工程; 堤防工程; 护岸工程; 施工技术

中图分类号: TV861 文献标识码: A

Construction Technology for Embankment and Revetment Engineering in Water Conservancy Engineering Construction

Zhen Jia

China Gezhouba Group Three Gorges Construction Engineering Co., Ltd.

[Abstract] With the frequent occurrence of extreme climates, water conservancy embankment and revetment engineering serve as the core barrier for flood control and disaster reduction, and their construction quality directly affects watershed safety. This paper focuses on the construction technology of embankment and revetment engineering in water conservancy engineering construction. It first elaborates on the importance of embankment and revetment engineering in water conservancy engineering. Then it details the construction technology of embankment engineering, covering aspects such as soil material selection, embankment foundation cleaning, embankment filling, material spreading, and embankment compaction. Meanwhile, it discusses the construction technology of revetment engineering including slope-type, dam-type, wall-type, and biological revetment. Finally, it explores the development trends of embankment and revetment engineering technology, including intelligent monitoring technology, application of ecological materials, and innovation in comprehensive management models, aiming to provide technical reference and direction guidance for water conservancy engineering construction.

[Key words] water conservancy engineering; embankment engineering; revetment engineering; construction technology

引言

水利工程作为国民经济和社会发展的基础设施,对保障水资源合理利用、防洪减灾等意义重大。堤防和护岸工程作为水利工程的关键组成部分,堤防能有效抵御洪水侵袭,保护周边地区安全;护岸工程则可防止河岸坍塌,维护河道稳定。二者相互配合,共同保障水利工程的正常运转与安全。随着水利事业不断发展,对堤防及护岸工程施工技术提出了更高要求。深入研究和探讨相关施工技术,有助于提升工程质量,推动水利工程可持续发展,更好地服务社会与人民。

1 水利工程中的堤防和护岸工程的重要性

水利工程关乎国计民生,而堤防与护岸工程作为其重要构成,发挥着不可替代的关键作用。从防洪安全层面来看,堤防是抵御洪水侵袭的坚固屏障。在洪水泛滥期间,它能有效约束水流,防止洪水漫溢,保护堤内广大区域的城镇、村庄、农田及各类基础设施免受洪水淹没,保障人民群众生命财产安全,维护社会的稳定与正常运转。护岸工程对于维护河道稳定至关重要。它可以防止河岸因水流冲刷而坍塌,避免河道形态发生剧烈变化,保证河道的行洪能力。稳定的河岸有助于维持河流

生态系统的平衡,为水生生物提供适宜的生存环境,保护生物多样性^[1]。

2 水利工程中的堤防工程施工技术

2.1 土料选择技术

在水利工程堤防施工中,土料选择技术是确保工程质量与长期稳定性的基础环节,需综合考量土料的物理力学性质、防渗性能及工程适应性。土料应满足防渗要求,均质土堤宜选用亚粘土或中壤土,其渗透系数需小于 1×10^{-4} cm/s,且粘粒含量控制在10%—25%之间,以形成致密结构,有效阻隔水流渗透;若用于防渗体(如心墙或铺盖),则需采用粘性更强的中壤土至重壤土,粘粒含量提升至15%—30%,并确保塑性指数在10—17范围内,避免干裂或冻融破坏。土料选择需遵循就地取材原则,优先利用工程沿线符合标准的土料场,减少运输成本,同时需清除表层杂质(如淤泥、腐殖土),并通过排水措施控制含水率在最优范围(通常为塑限含水率的 $\pm 2\%$)。此外,严禁使用冻土块、膨胀土、淤泥土及有机质含量超标的土料,以防堤身沉降或抗剪强度不足,确保堤防结构安全可靠。

2.2 堤基清理技术

在水利工程堤防施工中,堤基清理技术是确保堤身与地基紧密结合、防止不均匀沉降的关键环节,其施工质量直接影响堤防的整体稳定性与防渗性能。堤基清理需遵循“全面清除、分层处理”的原则,首先对堤基表层进行彻底清理,清除各类杂物、腐殖土、树根、草皮及建筑垃圾等有机质和软弱层,避免其腐烂后形成空洞导致堤身塌陷。对于浅层软土或淤泥质土,需根据厚度采用换填法处理,即挖除不良土层后回填透水性较好的砂砾石或碎石,分层压实至设计标高,以增强地基承载力。若堤基存在裂缝或坑洞,应采用水泥砂浆或混凝土进行灌注修补,防止渗流通道形成。同时,需对清理后的堤基进行平整和压实处理,确保表面平整度误差不超过 ± 5 cm,压实度达到设计要求的90%以上。

2.3 堤身填筑技术

在水利工程堤防施工中,堤身填筑技术是构建稳固堤防结构的核心环节,其施工质量直接决定堤防的抗洪能力与耐久性。堤身填筑需严格遵循“分层填筑、逐层压实”的原则,首先根据设计要求划分填筑单元,每层填筑厚度控制在30—50厘米范围内,以确保压实效果均匀。填筑材料应与前期选定的合格土料一致,严禁混入杂质或不同性质的土料,避免形成软弱夹层。在填筑过程中,需采用“进占法”或“后退法”铺料,保持填筑面平整,并形成2%—4%的横向坡度,利于排水。每层填筑完成后,需采用振动碾、凸块碾等机械进行压实,压实遍数根据土料性质与压实度要求确定,通常为6—8遍,确保干密度达到设计标准的95%以上。同时,需对填筑接缝处进行特别处理,采用斜坡相接或台阶式搭接方式,避免出现裂缝或渗流通道。

2.4 铺料施工技术

在水利工程堤防施工中,铺料施工技术是确保堤身填筑质量均匀、结构稳定的关键工序,其操作规范直接影响压实效果与

堤防抗渗性能。铺料前需对填筑面进行严格检查,清除杂物并平整表面,确保无坑洼或凸起,为均匀铺料创造条件。铺料时,应根据土料性质选择适宜的铺料方式:对于粘性土料,宜采用后退法卸料,即车辆沿填筑面后退卸料,避免土料与车轮过度碾压导致粘结,同时配合推土机或平地机进行摊铺,控制每层铺料厚度在30—40厘米范围内;对于砂性土料或非粘性土料,可采用进占法卸料,即车辆边前进边卸料,利用土料自然流淌特性形成均匀层厚,再通过机械整平至设计厚度。铺料过程中需保持填筑面横向坡度为2%—3%,利于排水,防止积水软化土体。每层铺料完成后,应使用核子密度仪或灌砂法检测层厚与均匀性,确保符合设计要求,为后续压实工序提供可靠基础,保障堤防整体稳定性与防渗效果。

2.5 堤坝压实技术

在水利工程堤防施工中,堤坝压实技术是确保堤身结构密实、抗渗性能达标的核心环节,其施工质量直接影响堤防的长期稳定性和防洪能力。压实作业需根据土料性质选择适宜的压实机械:对于粘性土料,宜采用凸块碾或羊脚碾,通过其强碾压力和揉搓作用,破坏土颗粒间的空隙结构,使土体达到高密度;对于砂性土料或非粘性土料,则优先选用振动碾,利用高频振动使土颗粒重新排列,填充空隙,提升压实效果。压实过程中,应严格控制压实参数,包括碾压速度(通常为2—3 km/h)、碾压遍数(一般6—8遍)和铺料厚度(30—40 cm),确保每层土料压实后干密度达到设计标准的95%以上。同时,需采用“先静后振”或“分段碾压”的方式,避免漏压或过压。压实完成后,应通过现场取样试验(如环刀法、灌砂法)检测压实度,对不合格区域及时补压,确保堤身整体密实均匀,有效抵御洪水侵蚀和渗流破坏^[2]。

3 水利工程中的护岸工程施工技术

3.1 坡式护岸施工技术

在水利工程护岸施工中,坡式护岸施工技术通过顺应自然河岸形态构建柔性防护体系,兼具稳定边坡与生态保护功能,广泛应用于中小河流及湖泊岸坡防护。其核心原理是利用缓坡结构分散水流冲刷力,结合植被根系固土作用增强岸坡稳定性。施工时,首先需对原始岸坡进行修整,清除松散土石及杂物,按设计坡比(通常为1:2—1:3)开挖或填筑边坡,确保坡面平整度误差不超过 ± 10 cm。随后铺设反滤层,采用级配良好的砂砾石或土工布,厚度控制在15—30 cm,防止水流淘刷导致土体流失。坡面防护层则根据水流条件选择:缓流区可采用三维植被网或植生袋,通过播种草籽或铺设草皮形成生物防护;强冲刷区需结合浆砌石、预制混凝土块等硬质材料,与植被形成复合防护。施工完成后,需定期养护植被,确保覆盖率达80%以上,形成稳定的生态护坡系统,有效抵御水流侵蚀与波浪冲击。

3.2 坝式护岸施工技术

在水利工程护岸施工中,坝式护岸施工技术通过构建垂直或近垂直的挡水结构,直接阻挡水流对岸坡的冲刷,适用于河道狭窄、水流湍急或受波浪影响显著的区域。其核心构造包括顺

坝、丁坝和潜坝等类型,施工时需根据水流方向与岸坡形态精准定位。首先进行基础处理,采用开挖基槽或打设桩基的方式确保坝体稳定,基底需嵌入稳定土层或岩层一定深度,防止水流掏空。随后砌筑坝体,常用材料为块石、混凝土或钢筋混凝土,通过分层砌筑或浇筑保证结构密实,坝顶宽度一般不小于1.5米,以适应检修与观测需求。坝体迎水面需设置护面层,如干砌石、混凝土板或模袋混凝土,减少水流直接冲刷。施工期间需严格控制坝轴线偏差与高程误差,确保坝体线形顺直。

3.3 墙式护岸施工技术

在水利工程护岸施工中,墙式护岸施工技术通过构建垂直或近垂直的刚性挡墙,直接抵御水流冲刷与土体坍塌,适用于城市河道、滨水景观区或空间受限的岸坡防护。其核心结构包括重力式挡墙、悬臂式挡墙及扶壁式挡墙等类型,施工时需根据地质条件与荷载要求选择合适形式。首先进行基础开挖,确保基底嵌入稳定土层或岩层不小于0.5米,并设置排水孔降低墙后水压力。随后砌筑或浇筑挡墙主体,采用C25以上混凝土或浆砌块石,分层分段施工,每层高度控制在1.5米以内,保证结构密实度。墙背需回填透水性材料(如砂砾石),分层压实至设计标高,防止积水导致墙身倾覆。施工期间严格控制墙面垂直度(偏差 $\leq 0.5\%$)与平整度,表面采用仿石饰面或绿化种植槽提升景观效果。

3.4 生物护岸施工技术

在水利工程护岸施工中,生物护岸施工技术通过利用植物根系与土工材料的协同作用,构建兼具生态修复与岸坡防护功能的柔性体系,广泛应用于生态敏感区或景观要求较高的河道治理。其核心原理是利用草本、灌木等植物的深根固土、浅根网络特性,增强土体抗剪强度,同时通过茎叶减缓水流速度,降低冲刷力。施工时,首先对岸坡进行适度修整,保留原生植被基质,按1:1.5—1:2的坡比构建缓坡。随后铺设可降解的土工格室或椰纤维毯,为植物提供生长支撑,并填充改良土壤(含有机质 $\geq 3\%$)。选择深根型植物(如狗牙根、芦苇)与浅根型植物(如狗尾草、苜蓿)混合播种,形成立体防护层。施工后需定期灌溉养护,确保3个月内植被覆盖率达70%以上。该技术可减少硬质结构对生态的干扰,促进水陆生态系统连通,同时降低后期维护成本,实现防洪安全与生态效益的统一^[3]。

4 水利工程中的堤防和护岸工程技术的发展趋势

4.1 智能化监测技术的应用

智能化监测技术正通过多传感器融合与边缘计算,实现堤防与护岸工程的实时状态感知。光纤光栅传感器可精准捕捉结构应变与温度变化,激光雷达扫描技术构建三维形变模型,结合

AI算法分析数据趋势,提前预警潜在风险。未来,5G与低轨卫星通信将提升偏远区域监测覆盖率,量子传感技术可突破传统精度极限,实现微米级位移监测。同时,数字孪生平台集成多源数据,模拟不同工况下的工程响应,为运维决策提供科学依据。

4.2 生态化材料的应用

生态化材料以环境适应性为核心,推动堤防与护岸工程向绿色可持续演进。新型生物基材料如微生物诱导碳酸钙沉淀(MICP)技术,通过微生物代谢加固土体,减少水泥使用;可降解植物纤维网与土工袋结合,形成柔性防护层,促进植被生长。复合材料领域,纳米改性土工膜提升抗老化性能,同时保持透水性;3D打印技术定制多孔结构块体,模拟自然河岸形态,增强生态连通性。

4.3 综合治理模式的创新

综合治理模式正从单一工程防护转向多维度系统整合。技术层面,融合水文模型与生态流量调控,优化防洪与水资源利用效率;工程层面,采用“刚性结构+柔性植被”复合设计,如格宾石笼与深根植物结合,兼顾稳定性与生态功能。空间层面,构建“岸线-缓坡-水体”梯度防护体系,通过透水铺装、生态浮岛等设施提升系统韧性。方法层面,引入全生命周期管理理念,利用BIM技术实现设计-施工-运维数据贯通,结合机器学习优化运维策略^[4]。

5 结束语

在水利工程中,堤防与护岸工程作为防洪减灾的核心屏障,其施工技术直接关系到工程安全与生态效益。从堤防工程的堤基清理、土料优选、分层填筑到科学压实,每道工序均需严控质量标准;护岸工程则通过坡式、坝式、墙式及生物护岸等多元技术,实现结构稳固与生态平衡的协同。随着智能化监测、生态化材料及综合治理模式的创新应用,堤防护岸工程正朝着智能化、绿色化、系统化方向演进。

[参考文献]

- [1]沈波.水利工程中堤防护岸工程施工技术的研究[J].农业开发与装备,2021,(11):123-124.
- [2]饶天龙.关于水利工程中堤防护岸工程施工技术分析[J].内蒙古水利,2021,(09):56-57.
- [3]高文鹏.水利工程堤防护岸工程施工技术分析[J].农家参谋,2021,(15):179-180.
- [4]韩桂芹.浅析水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术[J].石河子科技,2023(06):69-71.