

水利施工中的土石坝施工技术

吕超

宜兴市水利工程有限公司 江苏 无锡 214200

摘要：土石坝施工技术是水利工程施工中的关键技术之一，具有成本低、施工周期短、能有效提高施工质量的特点。该技术主要通过就地取材，利用土料、石料等经过抛填、碾压堆筑成挡水坝。施工前需科学规划料场，合理选择和调配施工机械设备及人员。施工过程中需注意土石料的含水量控制、开挖运输方案的选择、坝体填筑与压实等关键环节。正确应用土石坝施工技术，可以确保工程质量，提高施工效率，对水利工程的安全运行具有重要意义。

关键词：水利施工；土石坝施工；技术要点

引言：土石坝作为水利工程中不可或缺的重要组成部分，其施工技术的优劣直接关系到整个工程的稳定性、安全性和经济性。土石坝以其就地取材、结构简单、施工便捷、成本较低等优势，在水利工程施工中占据了重要地位。随着科技的进步和工程实践的不断深入，土石坝施工技术也在不断发展和完善。本文将全面探讨土石坝施工过程中的关键技术环节，旨在为相关从业人员提供科学的指导和实践参考，推动土石坝施工技术水平的持续提升。

1 土石坝概述

1.1 土石坝的定义与分类

(1) 土石坝的定义。土石坝泛指由当地土料、石料或混合料，经过抛填、碾压等方法堆筑成的挡水坝。当坝体材料以土和砂砾为主时，称土坝；以石渣、卵石、爆破石料为主时，称堆石坝；当两类材料均占相当比例时，则称为土石混合坝。这种坝型充分利用了当地的自然资源，因此也被称为当地材料坝。(2) 土石坝的主要类型。土石坝依据不同的分类标准有多种类型。按施工方法可分为碾压式土石坝、抛填式土石坝、水中填土坝和定向爆破堆石坝等，其中应用最为广泛的是碾压式土石坝。按照土料在坝身内的配置和防渗体所用的材料种类，碾压式土石坝又可分为均质坝、土质防渗体分区坝（包括黏土心墙坝和黏土斜墙坝）以及非土料防渗体坝（防渗体由沥青混凝土、钢筋混凝土或其他人工材料建成）。

1.2 土石坝的特点与优势

(1) 施工材料就地取材，节约成本。土石坝能够充分利用当地丰富的土料和石料资源，大大节约了水泥、钢材等重要建筑材料，同时减少了材料的长途运输费用。(2) 对基础要求低，适应能力强。土石坝坝身是土石散粒体结构，具有良好的适应变形性能，因此对地基的要求相对较低，能够在各种地形和地质条件下建设。

(3) 施工工序相对简单，周期短。土石坝的施工方法灵活，工序简单，机械化施工范围大，能够显著提升施工效率，缩短工期。

1.3 土石坝在水利工程中的应用

(1) 应用范围与条件。土石坝因其独特的优势和特点，在水利工程中得到了广泛应用。它适用于各种地形和气候条件，特别是在缺乏优质混凝土材料的地区，土石坝成为首选的坝型。(2) 土石坝与混凝土坝的比较。与混凝土坝相比，土石坝无需大量的混凝土浇筑，施工成本相对较低。然而，土石坝坝顶不能溢流，需另设泄洪设施，且施工导流难度相对较大。

2 水利施工中的土石坝施工技术要点

2.1 料场规划与布置

(1) 料场选择的原则与方法。料场的选择是土石坝施工的首要任务。在选择料场时，需综合考虑地质条件、材料性质、施工条件、环境保护及经济性等因素。地质勘察是基础，应详细分析料场的岩土构成、物理力学性质、含水量等，确保所选料场材料满足设计要求。同时，料场应尽可能靠近施工现场，以减少运输成本和对环境的影响。此外，还需考虑料场的可持续性，避免过度开采导致生态破坏。(2) 料场高程与空间布置的优化。料场的高程与空间布置需考虑土石料的开采、加工、运输及储存需求。高程布置应便于土石料的开采和运输，减少垂直运输成本。空间布置则需合理规划堆料区、加工区和运输通道，确保作业面宽敞、流程顺畅。同时，应设置排水系统，防止积水影响土石料质量^[1]。

(3) 土石料的分类储存与调配。土石料应根据其性质进行分类储存，如按粒径、含水量、强度等分类。这有助于后续填筑施工时根据坝体结构要求灵活调配。储存过程中，应采取防止土石料变质措施，如设置遮阳棚、排水沟等。调配时，需根据施工进度和坝体填筑计划，

合理安排土石料的开采、加工和运输,确保填筑施工连续、高效。

2.2 土石料的开采与加工

(1) 土料与石料的开采方法。土料的开采通常采用挖掘机或推土机配合装载机进行。对于较硬的石料,可采用爆破法开采。爆破时应严格控制炸药量和爆破参数,确保安全、高效。同时,应做好爆破后的清渣工作,保持开采面的平整。(2) 土石料的加工处理。加工处理包括筛分、掺和、调整含水量等步骤。筛分可去除超粒径颗粒,保证土石料的粒径分布均匀。掺和则是将不同性质的土石料按一定比例混合,以满足设计要求。调整含水量是通过洒水或晾晒等方式,使土石料达到最佳压实含水量,提高压实效果。(3) 机械设备在开采与加工中的应用。机械设备的选用应根据土石料的性质、开采量及加工需求来确定。挖掘机、装载机、推土机等用于土石料的开采和运输;振动筛、破碎机、搅拌机用于土石料的加工处理。机械设备的高效利用可显著提高施工效率,降低成本。

2.3 土石料的运输方案

(1) 运输设备选型原则。运输设备的选型应遵循高效、经济、可靠的原则。应考虑土石料的性质、运输距离、地形条件及施工环境等因素。自卸汽车适用于短距离、大量运输;胶带机则适用于长距离、连续运输;斗轮式挖掘机则适用于大型土石坝工程的开采和短途运输。(2) 常见运输方式及其特点。自卸汽车灵活性强,适应性强,但运输成本相对较高;胶带机连续运输,效率高,但受地形限制较大;斗轮式挖掘机集开采、运输于一体,适用于大型土石坝工程,但设备投资较大。(3) 运输方案的优化与效率提升。运输方案的优化应从多个角度入手,如合理规划运输路线、减少转运次数、提高装载效率等。同时,应加强对运输设备的维护和保养,确保其处于最佳工作状态。此外,还可采用先进的运输管理系统,实现运输过程的实时监控和调度,提高运输效率^[2]。

2.4 坝体填筑与压实

(1) 填筑施工前的准备工作。填筑施工前,应完成料场的规划与布置、运输方案的制定、填筑面的清理与整平等准备工作。同时,应对填筑材料进行检测,确保其质量满足设计要求。此外,还需建立严格的施工管理制度和质量监督体系,以确保填筑施工的顺利进行。(2) 填筑施工的组织与规划。填筑施工的组织与规划应综合考虑施工进度、填筑材料供应、机械设备配置以及天气条件等因素。制定合理的填筑计划,明确各阶段的

任务和目标。同时,应建立有效的协调机制,确保各工种之间的密切配合,提高工作效率。(3) 压实施工的方法与质量控制。压实施工的方法主要包括静压法、振动压实法和冲击压实法等。应根据土石料的性质、填筑部位以及压实要求来选择合适的压实方法。在压实过程中,应严格控制压实设备的行走速度、振动频率和振幅等参数,以确保压实效果。

2.5 坝基与岸坡处理

(1) 坝基处理的原则与方法。坝基处理应遵循“安全可靠、经济合理、技术可行”的原则。具体方法包括清除表面杂物、整平坝基、设置排水系统、进行固结灌浆或帷幕灌浆等。清除表面杂物是为了确保坝基与土石料的紧密接触;整平坝基则有利于土石料的均匀分布和压实;排水系统可以防止积水对坝基的侵蚀;固结灌浆和帷幕灌浆则可以增强坝基的承载力和抗渗性能。(2) 岸坡清理与坡度调整。岸坡的清理与坡度调整是坝基处理的重要步骤。在清理过程中,应去除岸坡上的植被、土壤和其他杂物,确保其与土石坝的结合面干净、平整。同时,应根据设计要求调整岸坡的坡度,以满足土石坝的稳定性和抗滑要求。在调整坡度时,应注意保持坡面的平整和顺直,避免出现凹凸不平或陡坎等情况^[3]。(3) 坝体与防渗体间的密封性保障。坝体与防渗体间的密封性对于土石坝的抗渗性能至关重要。为了确保密封性,可以采取多种措施。首先,在填筑防渗体前,应对坝基和岸坡进行严格的检查和处理,确保其表面平整、无裂缝和渗水通道。其次,在填筑过程中,应严格控制土石料的含水量和压实度,以确保防渗体的密实度和抗渗性能。此外,还可以在防渗体与坝体之间设置止水带或止水帷幕等构造措施,进一步增强密封性。在施工过程中,还应加强对防渗体的检测和监控,及时发现和处理潜在的渗漏问题。

3 土石坝施工中的关键技术与创新

3.1 土石坝防渗技术

(1) 防渗体的设计与施工。防渗体的设计需根据坝体的结构要求、水文地质条件以及防渗材料的性能进行综合考虑。常用的防渗材料包括黏土、沥青混凝土、土工膜等。在设计过程中,需明确防渗体的尺寸、形状、材料以及与其他结构部分的连接方式。施工时,应严格按照设计要求进行,确保防渗体的连续性和完整性。同时,还需加强施工过程中的质量监控,确保防渗体的密实度和抗渗性能满足设计要求。(2) 反滤层的作用与施工要点。反滤层是土石坝防渗体系中的重要组成部分,其主要作用是防止坝体内部颗粒的流失,同时允许水

分通过,保持坝体的排水性能。反滤层的施工要点包括材料的选择、粒径的配比、铺设厚度以及与其他结构部分的连接方式。在施工过程中,应确保反滤层的材料清洁、无杂质,粒径分布均匀,铺设厚度满足设计要求。同时,还需加强反滤层与坝体其他部分的连接,确保整体结构的稳定性和抗渗性能。(3)防渗墙及其坝体坝基加固技术。防渗墙是土石坝中常用的防渗结构,其主要作用是切断坝体内部的渗漏通道,提高坝体的抗渗性能。防渗墙的施工方法包括塑性混凝土墙、高压喷射灌浆墙等。在施工过程中,应根据地质条件和设计要求选择合适的施工方法,并严格控制施工质量。此外,对于坝体和坝基的加固,可采用帷幕灌浆、固结灌浆等技术,增强坝体的承载力和抗渗性能^[4]。

3.2 土石坝压实技术

(1)压实设备选型与操作要点。压实设备的选型应根据土石料的性质、压实要求以及施工条件进行综合考虑。常用的压实设备包括振动碾、凸块碾、气胎碾等。在操作过程中,应严格控制压实设备的行走速度、振动频率和振幅等参数,确保压实效果。同时,还需加强设备的维护和保养,确保设备处于最佳工作状态。(2)压实度的实时监测与控制。压实度的实时监测是确保土石坝压实质量的重要手段。常用的压实度监测方法包括核子密度仪法、灌砂法等。在施工过程中,应定期对压实度进行检测,及时发现和处理压实不足的问题。同时,还需建立压实度与施工参数之间的关系模型,为施工参数的调整提供依据。(3)提高压实质量的方法与途径。提高压实质量的方法与途径包括优化压实设备的选型与组合、调整压实参数、改善土石料的性质等。例如,可采用高频振动碾进行压实,提高压实效率;调整土石料的含水量至最佳压实状态,提高压实效果;对土石料进行预压实处理,增强其压实性能等。

3.3 土石坝成墙施工技术

(1)成墙施工的主要方法与特点。成墙施工的主要方法包括塑性混凝土墙施工法、高压喷射灌浆墙施工法等。塑性混凝土墙施工法具有墙体连续性好、抗渗性能高等优点;高压喷射灌浆墙施工法则具有施工速度快、适用范围广等优点。在施工过程中,应根据地质条件、设计要求以及施工条件选择合适的施工方法。(2)成墙施工的质量控制与效果评估。成墙施工的质量控制是确保墙体质量和抗渗性能的关键。在施工过程中,应严格控制原材料的质量、施工参数以及施工工艺。同时,还需加强施工过程中的质量监控和检测,确保墙体的连续性和完整性。效果评估方面,可采用钻孔取芯、注水试验等方法对墙体的质量和抗渗性能进行检测和评估。通过质量控制和效果评估,可以及时发现和处理施工中的问题,确保土石坝成墙施工的质量和安全性。

结束语

综上所述,土石坝施工技术是水利工程建设中的关键环节,其质量和效率直接影响着整个工程的成败。通过科学规划、精细施工以及严格管理,我们可以确保土石坝工程的稳定性和安全性。同时,随着科技的进步和工程实践的积累,土石坝施工技术也在不断发展和完善,向着更高效、更环保、更智能的方向发展。展望未来,我们有理由相信,土石坝施工技术将在水利工程建设中发挥更加重要的作用,为人类的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]黄林喜.水利工程土石坝标准施工技术探讨[J].水上安全,2023,(03):35-36.
- [2]蒋昆明.水利施工中土石坝施工技术研究[J].中国高新科技,2022,(07):75-76.
- [3]朱衍贺.水利工程土石坝施工技术要点及质量控制措施[J].四川水泥,2023,(10):102-103.
- [4]赵晓晖,魏福生.水利工程土石坝施工的技术探讨[J].河北水利,2023,(05):46-47.