

水利施工中土石坝施工技术运用

韩明川

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：随着水利工程建设规模的持续扩大与要求的不断提升，土石坝施工技术作为其中核心组成部分，其合理运用与高效实施成为确保工程质量与安全的关键。本文深入探讨了水利施工中土石坝施工技术的全方位应用，涵盖从料场规划与土石料加工，到填筑施工、渗流控制与地基处理的各个环节。同时，针对施工前的细致准备、施工过程中的严格质量控制及季节性施工的特殊应对策略进行了全面阐述，旨在为土石坝施工技术提供系统性指导和优化策略。

关键词：水利施工；土石坝施工技术；运用

引言：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对于水资源的调控、防洪减灾及灌溉发电等方面具有不可替代的作用。土石坝作为水利工程中常见的挡水建筑物，以其广泛的材料适应性、经济性和施工灵活性而备受青睐。然而，土石坝施工技术的复杂性和对地形地质条件的严格要求，也对施工质量和安全管理提出了更高挑战。本文旨在深入探讨水利施工中土石坝施工技术的运用，以期对相关工程提供有益参考和借鉴。

1 土石坝施工技术概述

1.1 土石坝的概念与分类

(1) 定义与特点。土石坝，作为水利工程中常见的挡水建筑物，主要由土料、砂砾、石料等天然散粒材料经过压实、抛填等工艺堆筑而成。其最大特点在于材料的广泛适用性和经济性，能就地取材，减少运输成本，同时结构简单，施工灵活，对不同地形地质条件具有较强的适应性。土石坝能够随着地基的微小变形而调整自身形态，保持稳定性，这是其另一显著优势。(2) 主要分类。土石坝依据施工方法和材料特性的不同，主要可分为以下几类：首先是碾压式土石坝，通过机械碾压使土石料达到一定的密实度，形成坚固的坝体；其次是抛填式土石坝，直接将土石料抛入指定位置，经自然或人工压实后形成坝体，适用于机械难以到达或运输不便的地区；最后是定向爆破式土石坝，利用爆破技术将山体或岩石破碎后定向堆积成坝，虽施工速度快，但对技术要求较高，应用相对较少。

1.2 土石坝的优缺点分析

(1) 优点：就地取材。减少了材料运输的成本和时间，提高了经济效益；节省材料。充分利用了工程所在地的自然资源，降低了建设成本；结构简单。便于施工和后期维护，降低了技术难度；适应变形能力强。能够适应地基和库水的变形而不发生破坏，提高了工程的安

全性。(2) 缺点：施工条件影响大。天气、地形、地质等因素对施工过程有较大影响，需采取相应措施应对；结构质量问题。由于土石料性质的不均匀性，易导致坝体出现裂缝、滑坡等问题，需严格控制施工质量；渗流控制难度大。土石坝存在渗流问题，需采取有效的防渗措施，否则将影响工程的安全性和稳定性。此外，渗流还可能加剧结构质量问题，需引起重视。

2 水利施工中土石坝施工技术的关键环节

2.1 料场规划与土石料加工

(1) 料场的选择与勘探。料场的选择是土石坝施工的首要任务，它直接影响到坝体材料的质量和工程成本。在选择料场时，需综合考虑材料的储量、质量、开采条件以及运输距离等因素。勘探工作则是对选定料场的进一步了解，通过地质勘探、土工试验等手段，确定土料的物理力学性质、含水率、颗粒级配等关键参数，为后续的加工和使用提供依据。(2) 土料的含水率控制。土料的含水率是影响坝体压实质量的重要因素。含水率过高或过低都会导致压实效果不佳，进而影响坝体的稳定性和耐久性。因此，在施工过程中，需对土料的含水率进行严格控制。通常采用晾晒、洒水等方法调节土料的含水率，使其保持在最佳含水率范围内，以确保压实效果^[1]。(3) 超径石的清除与筛分。超径石是指粒径超过设计要求的石料，它们的存在会影响坝体的均质性和压实效果。因此，在土石料进入填筑现场前，需进行超径石的清除与筛分工作。通过筛分设备将超径石分离出来，保证进入坝体的土石料粒径符合设计要求。

2.2 填筑施工技术

(1) 坝面作业施工程序。坝面作业是土石坝填筑的核心环节，包括铺料、摊铺、洒水、压实和质检等步骤。铺料时需保证层厚均匀、表面平整；摊铺时采用机械或人工方式将土石料均匀分布在坝面上；洒水以调节

土料含水率；压实则是通过机械碾压使土石料达到一定的密实度；质检则是对填筑质量进行全面检查，确保各项指标符合设计要求。（2）平起填筑施工技术。平起填筑是土石坝常用的一种填筑方式，它要求从坝体的最低部位开始逐层向上填筑。这种方式有利于保证坝体的均质性和稳定性，同时便于施工管理和质量控制。在平起填筑过程中，需严格按照设计要求和施工规范进行操作，确保填筑质量。（3）分层强夯填筑施工技术。分层强夯填筑是一种特殊的填筑技术，特别适用于对密实度要求较高或地质条件较差的坝体。该技术通过分层填筑并在每层进行强力夯实，以达到更高的压实密度和更好的抗渗性能。在施工过程中，需严格控制每层填筑的厚度和夯实遍数，确保夯实效果和填筑质量。（4）填筑过程中料场的合理调配。料场的合理调配是确保土石坝连续施工的关键。在施工过程中，需根据坝体填筑的进度和需求，提前规划好料场的开采计划和运输路线。同时，还需关注天气变化和施工条件的变化，及时调整料场的开采量和运输量，避免材料短缺或积压，确保填筑工作的顺利进行^[2]。

2.3 渗流控制与地基处理

（1）渗流产生的原因及危害。渗流是土石坝中普遍存在的现象，主要是由于坝体材料的不均匀性、裂缝或接缝处理不当以及地基条件不佳等原因造成的。渗流不仅会造成水资源的浪费，还可能引发管涌、滑坡等安全问题，对坝体的稳定性和耐久性构成威胁。（2）渗流控制的基本理论与技术。渗流控制是土石坝设计与施工中的重要环节。其基本理论包括渗流场的分析、渗透系数的确定以及渗流控制措施的制定。技术上，常用的渗流控制措施有灌浆、反滤层设计、土工膜应用等。灌浆通过在坝体或地基中注入水泥浆等材料，填充裂缝和空隙，提高防渗性能；反滤层则通过设置多级粒径的砂石层，引导渗流方向并防止土料流失；土工膜则以其优良的防渗性能，直接铺设在坝体迎水面，形成一道可靠的防渗屏障。（3）地基处理的必要性与技术方法。地基处理是确保土石坝稳定的基础。由于地基的地质条件复杂多变，可能存在软弱层、透水层或不良地质现象，如不进行处理，将对坝体的安全和稳定造成严重影响。因此，必须进行地基处理，以提高地基的承载力和抗渗性能。常用的地基处理技术包括防渗墙施工、帷幕灌浆等。防渗墙是通过在坝基中开挖槽孔并浇筑混凝土或塑性混凝土等材料，形成一道连续的防渗屏障；帷幕灌浆则是在坝基岩石的裂隙中注入水泥浆等材料，形成一道幕帘状的防渗体，有效阻止渗流通道的形成。

3 水利施工中土石坝施工技术的运用策略

3.1 施工前的准备工作

（1）合理安排工期与施工进度。施工前，需根据工程规模、施工条件、资源配置等因素，科学合理地安排工期与施工进度。通过制定详细的施工计划，明确各阶段的目标任务和时间节点，确保施工活动有序进行。同时，要充分考虑天气、季节变化等不可预见因素，预留一定的缓冲时间，以应对突发情况。（2）施工现场规划与勘察。施工现场的规划与勘察是施工前的重要工作。需对施工现场进行全面细致的勘察，了解地形地貌、地质条件、水文气象等情况，为施工方案的制定提供依据。同时，根据勘察结果，合理规划施工区域、道路、临时设施等，确保施工活动的顺利进行。（3）施工材料与设备准备。施工材料与设备是土石坝施工的物质基础。需提前进行市场调查，选择质量可靠、价格合理的材料供应商，确保施工材料的充足供应。同时，根据施工需要，合理配置施工机械设备，包括挖掘机、装载机、压路机、灌浆机等，并进行必要的维护和保养，确保设备处于良好状态^[3]。（4）应急预案制定。针对施工过程中可能出现的各种风险和问题，需提前制定应急预案。预案应包括应急组织机构、应急响应流程、应急资源调配等内容，确保在突发事件发生时能够迅速、有效地进行应对，减少损失和影响。

3.2 施工质量控制

（1）料场质量控制。料场是土石坝施工的重要材料来源。需对料场进行严格的质量控制，包括土料的含水率、颗粒级配、杂质含量等指标。通过定期检测和分析，确保土料质量符合设计要求。同时，要加强料场管理，防止土料受到污染和破坏。（2）坝体填筑质量控制。坝体填筑是土石坝施工的核心环节。需严格控制铺土厚度、压实度等关键参数，确保坝体填筑质量。在填筑过程中，要采用先进的施工技术和设备，如分层填筑、强力夯实等，提高坝体的密实度和稳定性。同时，要加强施工过程中的质量监测和检查，及时发现并纠正问题。（3）施工过程中的质量监测与调整。施工过程中的质量监测与调整是确保施工质量的重要手段。需建立完善的质量监测体系，对关键工序和部位进行实时监测和记录。通过数据分析，及时发现施工质量问题，并采取相应的调整措施。同时，要加强施工人员的质量意识培训，提高全员质量意识和管理水平^[4]。

3.3 季节性施工措施

（1）雨季施工措施。雨季施工是土石坝施工中的难点之一。需采取有效措施控制土料含水量，防止因雨水

浸泡导致土料质量下降。可通过搭建遮雨棚、覆盖防雨布等方式保护土料。同时,要加强排水设施建设,确保施工现场排水畅通,防止积水影响施工。(2)冬季施工措施。冬季施工需特别关注土料的防冻问题。可采取加热土料、添加防冻剂等措施提高土料的抗冻性能。同时,要合理安排施工强度和时

4 案例分析

4.1 典型土石坝工程案例介绍

4.1.1 工程概况

以黄河流域上的大型土石坝工程为例,该工程位于山谷地带,总库容达数亿立方米,主要用于防洪、灌溉及水力发电。坝体采用碾压式土石坝结构,坝高超过100米,坝顶宽度满足交通及检修需求。工程自开工建设以来,历经数年,克服了地形复杂、地质多变等难题,最终成功建成并投入使用。

4.1.2 施工技术运用

在施工过程中,该工程充分利用了土石坝施工技术的优势。首先,在料场规划与土石料加工方面,通过详细的勘探和试验,选择了质量优良、储量充足的料场,并采用先进的筛分设备清除了超径石,确保了土料的质量。其次,在填筑施工技术上,采用了分层强夯填筑的方法,通过严格控制铺土厚度、压实遍数及洒水量等参数,确保了坝体的密实度和均质性。同时,利用平起填筑技术,从低处逐层向上推进,提高了施工效率并保证了坝体的稳定性。此外,针对可能出现的渗流问题,工程还采取了灌浆、设置反滤层及铺设土工膜等综合防渗措施,有效防止了渗流对坝体安全的威胁。

4.1.3 遇到的问题与解决方法

在施工过程中,该工程也遇到了不少挑战。例如,地质条件复杂多变,部分区域存在软弱夹层,给坝基处理带来了困难。为此,工程采用了帷幕灌浆技术,通过高压注入水泥浆等材料,加固了软弱夹层并提高了坝基的承载能力。另外,雨季期间土料含水率难以控制的问题也一度困扰施工队伍。为此,工程采用了遮雨棚、快速排水系统等措施,有效降低了雨水对土料质量的影响。

4.2 案例分析与启示

4.2.1 成功经验总结

该土石坝工程的成功建设,得益于科学合理的施工规划、严格的质量控制和先进的技术应用。通过精心选择料场、优化填筑工艺、强化渗流控制及地基处理等措施,工程克服了重重困难,确保了坝体的安全和稳定。

4.2.2 存在的问题与不足

尽管该工程取得了显著成就,但在施工过程中仍存在一些不足之处。例如,对地质条件的勘探深度不够,导致部分隐蔽工程处理不够彻底;部分施工环节的质量监控存在疏漏,影响了整体工程质量等。这些问题需要在今后的工程中进行改进和完善。

4.2.3 对未来施工的启示与建议

针对上述案例中的经验教训,对未来土石坝施工提出以下建议:一是加强前期勘探和试验工作,深入了解地质条件和土料性质;二是完善施工质量管理体系,确保每一道工序都符合设计要求;三是积极引进和应用新技术、新工艺和新材料,提高施工效率和质量;四是加强施工队伍建设和管理,提高施工人员的专业技能和责任意识;五是建立健全应急响应机制,及时应对突发事件和异常情况。通过这些措施的实施,可以进一步提升土石坝工程的施工质量和安全水平。

结束语

综上所述,土石坝施工技术在水利工程建设中占据举足轻重的地位,其合理运用不仅关乎工程的安全稳定,也直接影响到工程的经济性和社会效益。通过本文的探讨,我们深刻认识到土石坝施工技术的复杂性和重要性,以及施工前准备、施工质量控制和季节性施工措施对确保工程质量与安全的关键作用。未来,随着科技的不断进步和工程实践的深入,土石坝施工技术将不断得到优化和创新,为水利事业的持续发展贡献更大力量。

参考文献

- [1]张岩.浅析土石坝工程的施工及质量控制[J].农业科技与信息,2020(11):123-124.
- [2]于莉丽.水利水电工程中的土石坝施工技术研究[J].中国科技纵横,2020(13):92-93.
- [3]李涛.水利工程土石坝施工的技术及趋势探讨[J].住宅与房地产,2020(17):219-220.
- [4]唐经华.浅析水利水电工程中的土石坝施工技术[J].人民黄河,2020,42(S2):198-199.