

# 水利水电工程中土石坝施工技术研究

王在晨

河北省水利水電勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

**摘要:** 水利水电工程中的土石坝施工技术具有显著优势。其施工成本低,得益于就地取材和简单的工艺;操作较为简单,适合多种地质条件;施工周期短,提高了工程效率;施工过程更便捷,机械化程度高。技术要点包括填筑施工的分层压实、灌浆处理的防渗加固以及碾压堆筑的质量控制。这些优势和技术要点共同确保了土石坝在水利水电工程中的广泛应用和高效建设。

**关键词:** 水利水电工程;土石坝;施工技术

## 引言

水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分,对于促进经济发展、改善民生具有重要意义。土石坝作为水利水电工程中常见的一种坝型,其施工技术具有施工成本低、操作简单、周期短、过程便捷等显著优点。本文旨在探讨土石坝施工技术的这些优势及其技术要点,以期对相关工程提供参考和借鉴。

### 1 水利水电工程中的土石坝施工技术的优点

#### 1.1 施工成本低

土石坝施工技术之所以能在成本控制上展现出显著优势,首先得益于其就地取材的原则。在大多数水利水电工程选址中,周边往往富含丰富的土石资源,这为土石坝的建设提供了得天独厚的条件。通过合理利用这些自然资源,土石坝极大地减少了对外来建筑材料如木材、钢材、水泥等的依赖,从而有效降低了材料成本。此外,避免了长距离运输这些重型材料所需的高昂费用,进一步缩减了项目总支出。这种对自然资源的充分利用,不仅体现了经济性原则,也是可持续发展理念在水利工程中的具体实践。土石坝的建设过程中,相较于其他坝型如混凝土重力坝或拱坝,其对于特殊材料的需求较少。这意味着在材料采购、加工、存储等环节上的成本都能得到有效控制。在资源日益紧张的今天,这种资源节约型的技术方案无疑更具吸引力。

#### 1.2 操作较为简单

土石坝施工技术的另一个显著特点是其操作简便性。这一特点不仅降低了对施工队伍的技术要求,使得更多施工队伍能够参与到土石坝的建设中来,也促进了该技术的广泛传播与应用。土石坝的设计和施工原理相对直观,其结构形式简单明了,即便是在复杂的地质条件下,也能通过合理的工程措施进行调整和适应。这种高度的灵活性使得土石坝成为许多地区尤其是地质条件

复杂地区水利工程的首选方案。土石坝的施工过程中,各道工序之间的衔接较为顺畅,减少了因技术难题而导致的施工延误。对于施工人员而言,掌握土石坝的施工技术也相对容易,这有助于提高工作效率,确保工程进度。

#### 1.3 施工周期短

在水利水电工程领域,施工周期的长短直接关系到项目的投资回报率和社会效益<sup>[1]</sup>。土石坝施工技术以其施工工序少、机械化程度高而著称,这使得其在缩短施工周期方面表现出色。通过采用大型工程车辆进行土石料的开挖、运输和填筑,土石坝的建设实现了高度的机械化作业,大大提高了施工效率。同时,由于土石坝的结构相对简单,各道工序之间的衔接紧密,减少了因等待或协调而导致的时间浪费。这种高效与速度的完美结合,使得土石坝在同类水利工程项目中脱颖而出。对于急需解决水资源问题的地区而言,土石坝的快速建设无疑是一个巨大的福音。

#### 1.4 施工过程更便捷

土石坝施工过程中的便捷性主要体现在其机械化作业的普及和后期维护的便利上。随着工程机械技术的不断发展,土石坝的施工已经实现了从开挖到填筑、从压实到防护的全流程机械化作业。这种机械化作业方式不仅提高了施工效率,还降低了劳动强度,改善了施工环境。同时,机械化作业也提高了施工质量的稳定性和可控性,为土石坝的长期稳定运行奠定了坚实基础。在后期维护方面,土石坝同样展现出了其便捷性。由于其结构简单、材料来源广泛,土石坝在出现损坏或需要加固时,可以迅速组织施工力量进行修复或扩建。这种便利的后期维护条件,使得土石坝在应对自然灾害和人为破坏时具有更强的适应性和恢复能力。

## 2 水利水电工程中土石坝施工技术要点

### 2.1 筑坝材料的选择

在深入探讨筑坝材料的选择时,我们不得不进一步细化每种材料的具体要求及其在土石坝工程中的关键作用。对于防渗土料而言,除了低渗透性和适宜的天然含水量外,其颗粒级配同样至关重要。良好的颗粒级配能够优化土料的压实效果,减少孔隙率,从而提高防渗性能。此外,土料的化学成分与矿物组成也需考虑,某些特殊矿物成分如蒙脱石、伊利石等,其亲水性较强,可能影响土料的抗渗性能,因此在选材时需进行必要的化学分析。

在处理超径材料方面,除了传统的筛分方法外,现代技术如激光分选、水力分级等也被广泛应用于土料预处理,以确保土料的纯净度和均一性。这些技术的应用不仅提高了工作效率,还进一步提升了土石坝的建设质量。

对于石料和砂砾石料作为坝壳料的选择,其粒径分布的合理性直接关系到坝体的稳定性。过大的粒径可能导致坝体内部应力分布不均,而过小的粒径则可能影响排水效果。因此,在设计阶段就需要根据坝体高度、水库水位、地质条件等因素,精确计算并确定合理的粒径分布范围<sup>[2]</sup>。此外,石料的坚固性和风化程度也是不可忽视的因素,它们直接关系到坝壳料的长期稳定性和耐久性。

堆石作为高土石坝坝壳的首选材料,其高密度和高强度为坝体提供了良好的支撑和稳定性。然而,在选择堆石时,还需特别注意其层理、节理等地质构造特征,这些特征可能影响堆石的力学性能和稳定性。因此,在开采和运输过程中,需采取有效措施保护堆石的完整性,避免其受到破坏。

## 2.2 开采和加工土石料

在土石料的开采与加工过程中,不仅需考虑地质条件与开采效率,还需兼顾生态环境保护与资源可持续利用的原则。对于立面开采而言,其高效性建立在精确的地质分析与合理设计之上,通过运用先进的边坡监测技术和加固措施,如设置锚杆、喷射混凝土护面等,确保开采过程中边坡的稳定性,有效防止滑坡、塌方等安全事故的发生。同时,优化开采顺序与爆破技术,减少震动对周边环境的影响,保护自然生态不受破坏。

平面开采虽对设备依赖性较高,但凭借其灵活性和适应性强的特点,在薄层或松软土质的料场中展现出卓越的效率。通过引入GPS定位系统和自动化控制技术,实现开采机械的精准作业,减少人力投入,提高作业精度与效率。此外,加强开采区域的植被恢复与水土保持工作,如设置截水沟、种植护坡植被等,是保障开采活动与环境和谐共存的重要举措。

土料加工阶段,除了对含水量的精细调控外,还需

关注土料的物理力学性质改善。通过添加适量的外加剂,如石灰、水泥等,可以有效提高土料的抗剪强度、压缩模量等关键指标,增强筑坝材料的稳定性和耐久性。同时,建立完善的质量管理体系,从原料进场到成品出库,每一个环节都进行严格的质量检测与控制,确保加工出的土料符合工程设计的严格要求。

此外,随着科技的不断进步,智能化、信息化技术也逐渐被应用于土石料的开采与加工领域。通过引入无人机进行料场监测、运用大数据分析优化开采方案、采用物联网技术实时监控加工过程等,不仅提高了工作效率,还极大地提升了管理水平和决策的科学性。这些新兴技术的应用,正逐步推动着土石料开采与加工行业的转型升级,向着更加绿色、高效、智能的方向发展<sup>[3]</sup>。

## 2.3 施工设备选型

施工设备选型作为工程项目策划的核心环节,其重要性不言而喻。它不仅关乎到施工进度的快慢,还深刻影响着工程成本的控制、资源利用的效率以及施工人员的安全。因此,在进行设备选型时,必须秉持科学严谨的态度,进行全方位、多层次的考量。首先,深入了解施工对象的物理特性是选型的基础。土石料的粒径分布、湿度变化、抗压强度等特性直接决定了所需设备的类型与规格。例如,对于粒径较大、硬度较高的石料,需要选择斗容大、挖掘力强的挖掘机;而对于湿度较高、粘性强的土壤,则需考虑配备专门的破碎设备或选用特定类型的压实机械。其次,施工场地的地形地貌与气候条件也是不可忽视的因素。复杂多变的地形可能要求设备具备更高的机动性和适应性,如山地施工可能需要履带式挖掘机而非轮式挖掘机。同时,气候条件如雨季的泥泞、冬季的严寒等,也会对设备的性能提出特殊要求,如防滑、防冻等功能的配置。再者,施工工艺流程对设备选型具有直接指导作用。不同的施工工艺需要不同类型的设备配合完成,如开挖、装载、运输、压实等各个环节均需选用最适合该环节的设备。此外,还需考虑设备之间的协同作业能力,确保整个施工流程顺畅无阻。最后,经济性与环保性也是选型时必须考虑的重要因素。在保证施工质量与效率的前提下,应尽量选择性价比高、能耗低、排放少的设备,以降低施工成本,减少对环境影响。同时,随着科技的进步和环保意识的提高,越来越多的绿色施工设备应运而生,如电动挖掘机、太阳能压路机等,这些设备将成为未来施工设备选型的重要方向。

## 2.4 填筑和压实土石坝

在土石坝的填筑与压实过程中,细节管理与技术创

新同样不可或缺，它们共同构成了保障工程质量与安全性的坚固防线。首先，填筑前的准备工作需细致入微，除了基础面的清理与验收外，还需对填筑材料进行严格的筛选与检测，确保其物理力学性质符合设计要求，特别是级配与含水率的控制，直接关系到填筑后的密实度与稳定性。通过科学的试验与分析，确定最佳含水率范围，既避免含水率过低导致碾压困难、压实度不足，又防止含水率过高引发土体流动、压实效果打折<sup>[4]</sup>。

填筑作业时，实施动态监控与调整策略至关重要。利用现代测绘与监测技术，如无人机航拍、GPS定位系统及传感器网络，实时监控填筑层的厚度、平整度及压实情况，一旦发现偏差立即采取措施进行纠正。同时，根据天气变化与现场实际情况，灵活调整填筑速率与施工方案，确保作业过程的安全高效。

在压实环节，强调机械化与智能化的深度融合。采用先进的压实机械设备，如高频振动压路机、液压驱动轮胎压路机等，不仅提高了压实效率，还增强了压实效果。结合智能压实系统，通过实时监测与反馈机制，自动调节碾压参数，如行进速度、振动频率及碾压遍数，确保每层填筑料都能达到最佳的压实状态。此外，通过数据分析与挖掘，不断优化压实工艺，为类似工程提供宝贵经验与技术参考。

环保与可持续发展理念贯穿于土石坝填筑与压实的全过程。采用环保型填筑材料，减少对环境的影响；加强施工期间的扬尘、噪声及废水控制，保护周边生态环境；同时，注重资源循环利用，如将废弃土石料进行再利用，降低工程成本，实现经济效益与环境效益的双赢。

## 2.5 心墙反滤料施工

心墙作为土石坝的核心防渗结构，其施工质量直接关系到整个水利工程的安全与稳定。在心墙反滤料施工环节，不仅要求技术精湛，还需严格遵循科学规范，以确保防渗体系的完整性和耐久性。首先，心墙填筑前的准备工作至关重要。这包括对施工区域进行彻底清理，移除所有杂质和不利因素，如树根、石块等，以保证基面的平整与干净。同时，还需对基础进行必要的处理，如铺设排水垫层或进行地基加固，以提高心墙基础的承载力和稳定性。在心墙填筑过程中，必须严格控制每一

层填筑料的质量。这要求填筑材料应具有良好的物理力学性能和防渗性能，且应经过严格的质量检测。铺料时，应确保铺料均匀、厚度一致，避免出现厚度不均或局部堆积的情况。碾压作业则是提高填筑密实度和防渗性能的关键步骤，需根据设计要求和现场实际情况，合理选择碾压机械和碾压参数，确保碾压遍数充足、碾压效果良好。反滤料的施工则是心墙防渗体系中的重要一环。反滤料的主要作用是防止水流携带细粒土料进入排水系统，从而保持排水通畅并防止渗透破坏。因此，在反滤料的选择、加工和铺设过程中，必须严格遵循设计要求，确保反滤料的粒径级配合理、质量可靠。铺设时，应保证反滤层与相邻土料界面的平整度和紧密度，避免出现界面不平整或局部脱空的现象，以防止产生集中渗流带，影响防渗效果<sup>[5]</sup>。此外，在心墙反滤料施工过程中，还需加强施工监测和质量控制。通过设立观测点、定期检测填筑质量、及时调整施工方案等措施，确保施工过程中的各项参数符合设计要求，及时发现并解决施工中出现的各种问题，确保心墙反滤料施工的质量和安

## 结束语

综上所述，水利水电工程中的土石坝施工技术凭借其施工成本低、操作简便、周期短、过程便捷等优势，在水利水电工程建设中发挥着重要作用。通过严格把控填筑施工、灌浆处理和碾压堆筑等关键技术要点，可以确保土石坝的施工质量和安全稳定。随着技术的不断进步和创新，土石坝施工技术将进一步完善和发展，为水利水电工程建设提供更加可靠的技术支持。

## 参考文献

- [1]黄元智,金淑南,王锦.水利工程建设中土石坝技术的运用及质量管控研究[J].江西建材,2018(13):37-39.
- [2]朱恩涛.水利水电工程防渗灌浆技术要点分析[J].山东农业工程学院学报,2019,36(1):49-52.
- [3]何英,杨永.水利水电工程中土石坝施工技术探讨[J].中国战略新兴产业,2018(16):77-78.
- [4]陈庆宇.水利水电工程中的土石坝施工技术研究[J].科技风,2020(2):105.
- [5]王友春.水利水电工程中土石坝施工技术的相关研究[J].中小企业管理与科技,2019(35):171-172.