

水利施工中的土石坝施工技术

王晓霞

新疆维吾尔自治区金沟河流域水利管理中心 新疆 塔城 832103

摘要: 水利工程建设在国家经济发展和社会稳定中占据着举足轻重的地位, 而土石坝作为水利枢纽工程中常见且重要的坝型, 其施工技术水平直接影响着工程的质量与效益。本文围绕水利施工中的土石坝施工技术展开探讨, 阐述了土石坝施工技术的特点与原则, 包括材料来源广泛、工艺灵活适应性强、过程复杂质控难, 以及安全性、经济性、质量可靠性原则。分析了施工前期准备、坝基处理、坝体填筑、防渗处理、施工质量控制和安全保障等技术要点。并以新疆金沟河红山水库工程土石坝施工为例, 介绍项目背景与概况, 分析施工特点与挑战, 阐述施工策略与技术措施, 总结施工成效与经验, 为类似工程提供参考。

关键词: 水利施工; 土石坝施工技术要点; 措施

引言: 随着水利事业的不断发展, 对土石坝施工技术的要求也日益提高。在实际施工中, 土石坝施工面临着诸多复杂因素, 如地质条件差异、气候影响、材料特性等, 这些都对施工技术的选择和应用提出了挑战。深入研究水利施工中的土石坝施工技术, 掌握其关键点, 对于提高工程质量、保障工程安全、推动水利事业发展具有重要意义。

1 水利施工中土石坝施工技术的特点与原则

1.1 土石坝施工技术的特点

土石坝施工技术显著特点有: (1) 材料来源极为广泛。天然的土料、石料均可作为筑坝材料, 在多数水利工程建设区域周边, 通常能够便捷获取所需土石料, 极大地减少了材料运输成本。(2) 施工工艺灵活且适应性强。可根据不同的地质条件、工程规模和施工设备, 选择合适的施工工艺。在地质条件复杂的区域, 如存在软弱地基或不良地质体时, 土石坝能够通过合理的坝基处理和坝体结构设计, 适应不同的地形地貌和地质状况。土石坝施工对气候条件的适应性也较强, 在雨季或冬季等不利施工季节, 通过采取相应的施工措施, 如防雨、防冻等, 仍可继续施工, 保证工程进度。(3) 施工过程复杂且质量控制难度大。土石坝施工过程从场开采、运输、坝体填筑到压实等, 每个环节都相互关联, 任何一个环节出现问题都可能影响坝体的整体质量。土石坝填筑材料的性质存在较大差异, 其物理力学性能受含水量、颗粒级配等因素影响显著, 这使得施工过程中的质量控制难度增大。

1.2 土石坝施工技术的原则

土石坝施工技术的原则如下: (1) 安全性原则。在施工过程中, 必须确保坝体结构稳定, 能够承受各种荷

载作用, 如自重、水压力、渗透力等。通过合理的坝体设计、坝基处理和施工工艺选择, 提高坝体的抗滑、抗渗和抗震能力。建立完善的施工安全管理体系, 加强对施工人员的安全教育和培训, 确保施工过程中人员和设备的安全。(2) 经济性原则。通过优化施工方案, 选择合适的施工工艺和材料, 减少不必要的工程措施和费用支出。充分利用当地资源, 降低材料采购和运输成本, 提高建设的经济效益。(3) 质量可靠性原则。在施工过程中, 要严格按照设计要求和施工规范进行操作, 加强对原材料、施工工艺和成品质量的检测和控制^[1]。建立健全质量保证体系, 对施工全过程进行质量监督和管理, 确保土石坝的各项质量指标符合设计标准。

2 水利施工中的土石坝施工技术要点

2.1 施工前期准备技术要点

施工前期准备是土石坝施工顺利开展的前提, 以下料场勘察与规划以及施工组织设计是其中的核心内容。

(1) 料场勘察与规划。料场勘察是需采用地质测绘、钻探、物探等多种手段, 详细查明料场的地质结构、岩性、储量、开采条件等。在储量方面, 要保证料场储量满足工程需求, 且留有一定富余量; 在岩性方面, 准确鉴别土石料的类别和性质, 确保符合设计要求。规划时综合考虑运输距离、地形条件等因素, 合理确定料场的开采范围和开采顺序, 减少运输成本和二次搬运, 提高施工效率。对于距离坝址较近的料场, 优先规划开采, 降低运输能耗。(2) 施工组织设计。科学的施工组织设计要根据工程规模、工期要求、施工条件等, 合理配置施工设备和人员。确定合适的挖掘机、装载机、运输车辆等设备的型号和数量, 确保各工序之间衔接顺畅。制定详细的施工进度计划, 明确各阶段的施工任务和时间

节点，并制定相应的保障措施，以应对可能出现的工期延误因素，如恶劣天气、设备故障等。

2.2 坝基处理技术要点

坝基处理是保证坝体与地基良好结合、确保坝体稳定性的重要环节，坝基清理和加固与防渗处理是其中的关键技术，具体如下：（1）坝基清理。坝基清理需彻底清除坝基范围内的杂物、草皮、树根、淤泥等，直至露出新鲜基岩或密实土层。对于岩石地基，要将表面松动岩石撬除，对裂隙进行处理；对于土质地基，要将表层软土挖除，达到设计要求的密实度。清理过程中，要严格控制清理范围和深度，避免超挖或欠挖。（2）坝基加固与防渗处理。根据坝基地质条件，选择合适的加固和防渗方法。对于软弱地基，可采用换填法、强夯法、桩基法等进行加固，提高地基承载力。在防渗处理上，常见的有设置防渗墙、帷幕灌浆等技术。防渗墙施工时，要控制墙体的垂直度和厚度，确保墙体连续、完整；帷幕灌浆要严格控制灌浆压力、灌浆量和灌浆时间，保证灌浆效果，形成有效的防渗屏障，防止坝基渗漏。

2.3 坝体填筑技术要点

坝体填筑是土石坝施工的核心环节，以下土石料运输与卸料、铺料与平整、压实作业等技术要点直接影响坝体的质量。（1）土石料运输与卸料。土石料运输过程中，要采取措施防止土料颗粒分离和水分散失。卸料时，根据填筑部位和施工工艺，选择合适的卸料方式，如进占法、后退法等。进占法卸料有利于减少推土机平料工作量和防止颗粒分离，适用于防渗体填筑；后退法卸料则便于控制铺料厚度，适用于坝壳料填筑。同时控制卸料高度，避免土石料产生大的跌落，影响填筑质量。（2）铺料与平整。铺料应分层进行，每层厚度要符合设计要求，一般控制在30-50厘米。铺料过程中，保持层面平整，避免出现凹凸不平和积水现象。采用推土机或平地机进行平整，确保铺料均匀，为后续压实工作创造良好条件。对于防渗体，铺料厚度和均匀性要求更高，以保证防渗效果。（3）压实作业。压实要根据土石料的性质、含水量等因素，选择合适的压实机械和压实参数，如碾压遍数、行驶速度等。一般来说，黏性土料采用凸块碾或羊足碾进行压实，非黏性土料采用振动碾压实。在压实过程中，要控制土料的含水量在最优含水量附近，以达到最佳压实效果^[2]。同时保证碾压搭接宽度，避免出现漏压或欠压区域。

2.4 防渗处理技术要点

防渗处理是土石坝施工中不可或缺的一环，以下防渗材料选择和防渗体施工是其中的关键点。（1）防

渗材料选择。常见的防渗材料有黏土、土工膜、沥青混凝土等。黏土作为传统防渗材料，具有取材方便、成本低等优点，但施工受含水量影响较大；土工膜具有防渗性能好、质量轻、施工方便等特点，适用于多种地质条件；沥青混凝土防渗性能优异，耐久性好，常用于高坝防渗。选择防渗材料时，要综合考虑工程要求、地质条件、施工条件和成本等因素。（2）防渗体施工。以黏土心墙为例，施工时要控制土料的含水量和铺土厚度，采用分层填筑、分层压实的方法，保证心墙的密实度和防渗性能。每层填筑完成后，要进行取样检测，合格后方可进行下一层填筑。对于土工膜防渗，要注意土工膜的铺设质量，避免出现褶皱、破损等情况，铺设完成后要及时进行锚固和保护。沥青混凝土防渗层施工时，要严格控制沥青的配比和施工温度，保证沥青混凝土的浇筑质量和防渗效果。

2.5 施工质量控制技术要点

施工质量控制是土石坝施工的重要环节，以下原材料质量控制、施工过程质量检测和成品质量验收是其中的关键点。（1）原材料质量控制。对进入施工现场的土石料、水泥、沥青等原材料，要严格进行质量检验。检验内容包括材料的物理性能、化学性能等指标，确保原材料符合设计和规范要求。对于不合格的原材料，坚决不予使用，并进行退场处理。同时建立原材料进场台账，记录原材料的来源、数量、检验结果等信息，实现可追溯管理。（2）施工过程质量检测。如在坝体填筑过程中，采用环刀法、核子密度仪法等检测压实度；在防渗体施工过程中，检测防渗材料的厚度、密实度等指标。检测频率要符合规范要求，对于关键部位和薄弱环节，要加大检测力度。一旦发现质量问题，及时采取整改措施，确保施工质量。（3）成品质量验收。土石坝施工完成后，进行成品质量验收。验收内容包括坝体的外观质量、尺寸偏差、防渗性能、坝体稳定性等方面。通过现场检查、测量、试验等手段，对土石坝的整体质量进行全面评估。

2.6 施工安全保障技术要点

施工安全保障是土石坝施工过程中不可忽视的重要环节，以下人员安全培训与管理、施工设备安全操作、施工现场安全防护是其中的关键点。（1）人员安全培训与管理。在施工前，对所有参与施工的人员进行全面的培训，培训内容包括施工安全规范、应急处理措施、个人防护用品的正确使用等。培训结束后，进行考核，只有考核合格的人员才能上岗作业。施工过程中，要加强对人员的管理，规范作业行为，严禁违规操作。

定期组织安全会议，总结安全工作经验，分析存在的安全隐患，并制定相应的预防措施。为施工人员配备齐全的个人防护用品，如安全帽、安全带、防护手套等，并监督其正确佩戴和使用。（2）施工设备安全操作。在设备使用前，要进行全面的检查和维护，确保设备性能良好。操作人员必须经过专业培训，熟悉设备的操作规程和安全注意事项，严格按照操作规程进行操作。在设备运行过程中，要安排专人进行监护，及时发现和处理设备故障。定期对设备进行保养和维修，延长设备使用寿命，降低设备故障率。（3）施工现场安全防护。施工现场要设置明显的安全警示标志，划分安全作业区域和危险区域。在危险区域周围设置防护栏杆、安全网等防护设施，防止人员和设备误入。对于高处作业、爆破作业等危险作业，要制定专项安全施工方案，并采取相应的安全防护措施^[3]。加强施工现场的消防安全管理，配备足够的消防器材，确保施工现场的消防安全。建立应急救援机制，制定应急预案，定期组织应急演练，提高应对突发事件的能力。

3 新疆金沟河红山水库工程土石坝施工案例分析

3.1 项目背景与概况

新疆金沟河红山水库工程作为自治区重点水利工程，被评定为Ⅲ等中型项目，其设计目标明确，旨在通过综合水利设施建设，实现灌溉、防洪、工业供水及发电等多重功能。工程核心组成部分包括一座由主坝与副坝共同构成的大坝体系，以及导流兼泄洪冲沙洞、发电引水洞、电站厂房和溢洪道等关键结构。其中，大坝采用粘土心墙坝型，这种设计既考虑了坝体的稳定性，又兼顾了防渗性能，是确保水库长期安全运行的关键。

3.2 土石坝施工特点与挑战

红山水库土石坝施工面临诸多挑战。首先，粘土心墙的施工对材料质量要求极高，需严格控制土料的含水量、颗粒级配等参数，以确保心墙的防渗效果。其次，施工期间需应对新疆地区特有的气候条件，如大风、温差大等，这对施工工艺和进度管理提出了更高要求。此外，工程地处复杂地质环境，需采取有效措施处理地基问题，防止不均匀沉降影响坝体安全。

3.3 施工策略与技术措施

为确保工程质量和进度，项目团队采取了一系列针对性措施。在材料选择上，严格筛选粘土料场，采用先进的土工试验方法确定最优含水量和压实度标准。施工过程中，引入大型土方机械进行高效开挖与回填，同时采用振动碾压技术提高坝体压实度。针对气候条件，施工团队合理安排作业时间，利用早晚温差较小的时段进行关键工序施工，减少环境因素对施工质量的影响^[4]。对于地基处理，采用了强夯、换填等综合方法，有效提升了地基承载力。

3.4 施工成效与经验总结

经过精心组织与科学施工，红山水库土石坝工程顺利完成，各项技术指标均达到设计要求。工程不仅显著提升了区域水资源调控能力，还为当地经济社会发展提供了坚实的水利支撑。回顾整个施工过程，项目团队深刻认识到，科学规划、精细管理、技术创新是保障复杂水利工程建设成功的关键。加强与地方政府的沟通协调，确保施工期间的环境保护与民生保障，也是项目顺利实施不可或缺的一环。

结束语：水利施工中的土石坝施工技术是一个复杂而系统的工程领域，涉及多个环节和要点。通过对土石坝施工技术特点与原则的剖析，以及对施工前期准备、坝基处理、坝体填筑、防渗处理、质量控制和安全保障等关键技术要点的深入探讨，能够更加全面地认识和掌握土石坝施工技术。新疆金沟河红山水库工程土石坝施工案例提供了宝贵的实践经验，展示了科学规划、精细管理和技术创新在复杂水利工程建设中的重要作用。

参考文献

- [1]吴晓春.水利施工中的土石坝施工技术[J].建筑与装饰,2024(22):169-171.
- [2]李涛.水利施工中的土石坝施工技术[J].中国新技术新产品,2021(13):119-121.
- [3]刘振家.水利水电工程中的土石坝施工技术研究[J].建筑与装饰,2021(17):135-136.
- [4]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(23):92-93.