

水利工程

水利工程施工中的土石方施工技术优化策略探究

刘涛

贵州水利实业有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i4.8862

[摘要] 施工作为建筑行业的基础环节，在技术层面的要求更加明确，与此同时，土石方工程作为水利工程施工的基础，整体施工质量与后续工程的运行与安全紧密相关。本文基于水利工程施工中的土石方施工技术优化策略展开深入探究，并且针对现阶段施工过程中存在的不足进行综合分析，确保土石方施工技术优化逐步突破单一技术局限，走向系统集成优化，同时也为智能监管奠定坚实基础。

[关键词] 水利工程；土石方施工；开挖技术；填筑碾压；技术优化

Exploration of Optimization Strategies for Earthwork Construction Technology in Water Conservancy Projects

Liu Tao

Guizhou Water Conservancy Industry Co., Ltd.

[Abstract] As a fundamental component of the construction industry, construction projects impose clearer technical requirements. Meanwhile, earthwork engineering serves as the cornerstone of water conservancy projects, with its overall quality directly impacting the subsequent operational efficiency and safety. This paper conducts an in-depth investigation into optimization strategies for earthwork construction technology in water conservancy projects, comprehensively analyzes existing deficiencies in current construction practices, and ensures that technological advancements in earthwork construction gradually transcend individual technical limitations toward systematic integration. These efforts also lay a solid foundation for intelligent supervision systems.

[Key words] Water conservancy engineering; Earthwork construction; Excavation technology; Filling and compaction; Technical optimization

水利工程贯穿日常生活的方方面面，无论是大型水库枢纽，还是农田灌溉渠道，都属于水利工程的一部分。而良好的工程施工离不开最基础的开挖、运输、填筑、碾压等环节，每一个环节的实施情况都影响到整个工程的质量。近年来，部分水利工程施工中频繁出现边坡失稳等问题，其根源在于土石方施工技术方案与现场条件匹配度不足，再加上技术执行环节精细化程度不够，导致相应情况屡见不鲜。因此，结合水利工程的特殊性，对土石方施工技术进行全面优化，已经成为当下保障工程质量安全重要前提。

一、水利工程施工中的土石方施工技术基础

(一) 水利工程土石方施工概念

土石方施工主要是对固定区域的土体和岩石进行挖掘、运输、填筑和压实的综合性工程活动，不同环节对具体的施工情况也有所变化。在开挖环节中，该过程需要将工程不需要的土

石搬离原位，由于该过程大多依靠机械作业，因此在实际施工过程中，挖掘机与自卸车相互配合已经成为当下行业内常见的作业组合。与此同时，石方挖掘计划需根据岩石硬度灵活调整，对于风化软岩，可采用大型挖掘机直接挖掘的方式，而坚硬岩石的开采则需要借助爆破方式。运输环节则是将挖掘出来的土石料转运至指定地点，在此过程中，运距长短、运输设备等会直接影响运输成本。填筑是将符合质量要求的土石料铺设至需要填高的部位，随后进行连贯的碾压工作，提高填筑体密实度的同时，也能减少工程完工后的沉降量。

在完成上述四个流程的同时，施工人员还要关注水利工程土石方施工的特殊性。由于水利工程受水文条件影响，施工过程中常面临地下水位偏高、渗流作用较强的问题，进而因排水措施不到位产生不良影响。再加上雨季、冬季施工均需采取针对性的特殊技术措施，给整体施工环节带来较大压力。

(二) 水利工程土石方施工核心技术

在开挖方面，石方开挖分为两类情况，具体情况需具体分析。第一种情况是挖掘岩体为风化软岩，这种岩体可直接使用大型挖掘机，也可以使用裂土器预先裂解后再开挖，两种方式均可使用。第二种情况是挖掘岩体为坚硬岩石，这种情况必须通过爆破开挖，具体的爆破情况依然需要视情况而定，深孔爆破适用于大规模开挖作业，浅孔爆破则更适合小范围或边角部位的开挖，当前大部分开挖情况会采用两种爆破形式，避免岩体因爆破不充分而遗留隐患。

在填筑与碾压维度上，工程施工的填料需严格筛选，确保材料严格符合级配、含水量、含石率等指标要求。而在填筑过程中，利用分层施工的方式，对铺土厚度、碾压遍数等进行有效监管，便于工程项目的推进。水利工程边坡往往因地势影响而整体风险度高，在常用防护技术上需使用喷锚支护的方式，通过打入锚杆、喷射混凝土形成防护层，确保水利工程得到有效推进^[1]。

(三) 技术维度对水利工程的影响

技术作为水利工程开展的基础所在，实用性原则要求优化策略需要满足水利工程实际施工条件，更加注重实际效益。因此，技术方案需充分考虑施工队伍的装备水平、操作人员技能水平、现场条件限制等因素，突出技术在施工环节中的重要性。此外，经济性原则强调优化方面聚焦于降低施工成本，同时通过优化开挖方案减少超挖欠挖现象，并且优化运输路线缩短运距，通过优化碾压参数提高施工工效，确保水利工程施工得到有效开展。质量与安全作为技术优化的重点，但也不能凌驾于工程质量和施工安全之上，如何平衡质量与技术成为当下施工关注的重点。最后，随着生态友好理念的深入贯彻，环保型原则也成为当下工程施工关注的重点，通过减少施工对周边生态环境破坏的方式，逐步解决土石方施工产生的扬尘、噪声、弃渣等问题，并且在优化方案中重点考量。

二、当前水利工程土石方施工技术存在的问题

(一) 开挖技术不足

从现阶段水利工程土石方施工技术层面来看，部分施工项目未结合现场地质勘察资料，导致边坡应力释放不均匀，甚至出现裂缝、滑塌隐患，给整体施工流程带来隐患。而且爆破开挖的精度控制较为薄弱，炸药单耗、孔距、排距等参数多依赖施工人员经验确定，主观性较强，难以针对施工具体情况进行动态调整，影响后续施工质量，同时也对施工质量带来更大的隐患^[2]。

(二) 运输技术不足

运输设备选型与施工场景需要相互匹配，才能更好地管控施工成本。结合当前施工情况来看，部分水利施工的材料运距较短，但是在运输上却频繁使用大吨位自卸车，车辆频繁启停、

发动机长期低负荷运行，不仅运输效率不高，燃油消耗率反而大幅升高。运距较长且坡度较大的工况下，选用普通后翻自卸车，爬坡动力不足，运输效率低下，甚至存在安全隐患。此外，部分施工材料因运输路线规划不合理，导致运力进一步浪费^[3]。最后，施工场地内临时道路缺乏系统规划，多台设备共用狭窄通道，施工高峰期车辆拥堵严重，卸料等待时间甚至超过运输行驶时间，再加上部分运输路线经过软土区却未做路面硬化处理，车辆陷入泥泞的情况频繁发生，严重影响正常施工节奏，延误工期。此类问题不仅局限于对资源的浪费，更是对工程进度以及土石方运输等工作带来较大的障碍，制约施工路径的深入推进。

(三) 填筑与碾压技术不足

部分工地未按规范要求，对填料进行级配分析和含水量检测，直接从料场取料进行填筑作业。这一行为的影响主要涉及以下两个方面，第一，含石率过高会导致填筑体孔隙率大，结构稳定性差。第二，含石率过低则无法形成有效骨架，承载能力不足。这两种影响会给水利工程的开展带来严重影响，若填料过干则会降低压实效果，过湿会导致“弹簧土”现象，给水利工程的开展带来严重影响。而且部分施工记录与现场实际情况存在偏差，且碾压速度控制不规范，导致同一区域的压实效果不统一，给水利工程的开展带来诸多挑战。

(四) 边坡防护技术不足

边坡的防护技术会受到坡度、高度、岩土性质等因素的限制，因此不同条件下的水利工程需要制定个性化方案，避免采用同一种方案导致管理工作存在停滞。部分项目未根据现场实际条件调整设计方案，容易出现设计图纸与现场地质情况不符的情况，现场施工人员在面对此类情况时未及时调整设计细节，导致土石方施工技术难以发挥作用，无法有效保障边坡稳定。最后，实际水利工程中还存在喷射混凝土厚度不足、锚杆长度和锚固力达不到设计要求等现实问题，此类问题不仅会影响整体流程的施工效果，而且因为隐蔽性强不易及时发现，但是一旦边坡因此类问题出现变形或破坏，相关隐患会集中爆发，且补救难度大、成本高，不利于水利工程土石方施工技术的使用。

三、水利工程土石方施工技术优化策略

(一) 持续优化开挖技术

开挖方案并不是一成不变的，而是需要根据工程的实际情况进行创新与优化，从而确保方案的科学性与适配性。施工队伍进场后，需要对施工区开展地质勘查等活动，全面调查施工范围内岩土分层、地下水位等信息点，并且在此基础上，对开挖方案进行优化。此外，如果在施工过程中，遇到高边坡等情况，需采用“自上而下、分层开挖”的方式，每开挖一层，随即完成该层边坡防护，避免边坡长时间暴露，减少风化和失稳

风险^[4]。

在爆破优化维度上，施工人员需要在边坡设计线位置采用预裂爆破，并且先打密集炮孔，同时在孔内塞入小药量起爆形成预裂缝，为主体爆破奠定基础。具体的爆破参数需通过现场试验确定，同时根据岩石类型、节理发育程度，灵活调整炸药单耗和装药结构，确保岩体结构不受到损坏。除上述路径，智能化开挖技术在当下的工程施工当中也已经发挥出积极作用，例如无人机能够有效搭载摄影测量设备，对开挖区进行三维建模，并且在电脑端同步生成数字地形图，不仅大幅节约人力资源，同时也能提供更加精准的水利工程土石方施工数据，更有利于工程方案的制定。

(二) 注重填筑与碾压技术

填筑作为水利工程的重点环节，填料的选择以及质量需要得到着重管理，基于此，在实际施工以及监管流程中，管理人员需开展料场补充勘察，查明不同层位土料性质的差异，实行分类堆放等方式，避免不同质量的填料混合使用^[5]。

例如，在水利工程填料开采过程中，按试验结果控制取料范围，严格剔除不合格料源，确保材料层面的可用性。在此过程中，材料含水量需要得到有效控制，若材料过干，则需要使用洒水车采用均匀洒水的方式湿润，反之，若填料含水量过大，需要采用翻晒方式降低含水量，确保填料含水量符合压实要求。除材料维度，碾压参数也需要得到进一步优化，并且进行碾压试验确保碾压工作得到落实。为确保碾压工作效果，管理人员可采用控制变量法的方式取样检测压实度，绘制压实度与各参数的关系曲线，为水利工程土石方施工技术的推进指明方向。相比于其他方面的工程，水利工程对于碾压工艺的要求更加严格，因此，管理人员在实际施工以及监管的过程中，需要进一步强化施工过程，确保压实质量均匀。

(三) 生态化边坡防护

边坡的防护工作需要按需分类，实现因地制宜，当前大多采用生态防护形式优化水利工程边坡防护工作，以保证整体防护工作的有效性。

例如，在坡度小于30度的土质边坡，主要采用喷播植草、挂网客土喷播等形式，更有利于推进生态绿化工作。在坡度30至50度的岩质边坡防护中，喷锚支护是更为常见的方式，管理人员借助锚杆打设等方式，对防护层进行优化。若坡度大于50度或存在不利结构面，则需要运用预应力锚索、抗滑桩、重力式挡土墙等形式，对边坡稳定性进行全面强化，避免水利工程施工进程受到影响。边坡优化不仅能够起到防控作用，有效的监测工作也是早期识别隐患的关键手段。例如，管理人员可以在边坡关键部位布设位移监测点，使用GPS定期测量的方式

进行实时监管。若水利工程存在土质疏松等需要持续监控的边坡，可布置自动化监测系统，同时安装固定式测斜仪、孔隙水压力计、雨量计等传感器，进一步强化水利工程土石方施工技术的综合性发展。

(四) 配套管理流程细化

除了技术维度要与施工流程相配套，人员、质量监控等维度也是不可忽视的维度。基于此，在当下的水利工程土石方施工当中，整体操作流程以及路径需要得到细化，避免出现发展不协调的情况，降低整体监管效果。

例如，在人员培训层面，施工方需实施分类培训，提升施工人员专业素养，同时针对不同岗位人员制定差异化培训方案，满足工程不同施工维度的有序结合与协调。此外，在质量管控优化路径中，管理人员需要针对水利工程土石方施工技术层面，构建全流程管控体系，筑牢质量防线。从料源检验、工序验收到最终验收，设置关键质量控制节点，层层把关。建立质量追溯机制，详细记录填筑料源、碾压设备、操作人员等关键信息，实现质量问题有效管控，确保技术层面的深入优化。

结束语：

综上所述，水利工程土石方施工技术的优化，需要从多个角度进行综合考量，进而在开挖、运输、填筑、碾压等环节，进一步优化各个环节的协作关系，确保整体施工环节得以落实。在当前以及后续水利工程土石方施工当中，技术与管理需要得到协同推进，确保智能化监测手段与传统施工工艺相协调，保障工程施工更有利于实现精细化控制，全面保障施工质量，同时也为其他建设工程提供借鉴价值。

[参考文献]

- [1]张丽丽,张光宝.水利工程土石方施工技术的应用及管理[J].珠江水运,2020,(15):107-108.
- [2]杨希圣.水利施工中水坝堤防堵口施工技术应用与优化分析[J/OL].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(9)[2025-08-15].<https://www.cqvip.com/doc/journal/1000004432067>.
- [3]高媛.水利工程中大型土石方施工的优化策略与技术研究[J].城市地理,2020,(21):115-117.
- [4]霍苏薄.水利工程施工中的土石方回填技术研究[J/OL].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(11)[2024-11-01].<https://www.cqvip.com/doc/journal/1000004212931>.
- [5]宋国峰.水利工程土石方施工技术的应用及管理[J].科技成果纵横,2020,29(1):255-255.

作者简介：刘涛（1993-10-11），男，苗族，贵州凯里黄平人，本科，助理工程师，主要从事水利水电工程技术工作。