

水利工程施工中土石方开挖技术优化研究

张桥¹ 刘鑫² 赵亮³ 戴兴奇⁴

1. 徐州市贾汪区水务保障中心 江苏 徐州 221000

2. 徐州市铜山区水务工程有限公司 江苏 徐州 221000

3. 徐州市水利工程建设管理中心 江苏 徐州 221000

4. 徐州市泓瑞水利工程建设有限公司 江苏 徐州 221000

摘要: 水利工程施工中,土石方开挖技术是关键环节。本文概述了水利工程土石方开挖技术的基本内容,包括钻孔爆破、机械开挖和水力开挖等主要技术。针对当前存在的地质勘察精度不足、施工设备适配欠佳及施工管理与安全防控短板等问题,提出了深化地质勘察与信息化应用、精准适配设备与强化维护管理、精细化施工管理与筑牢安全防线等优化策略,旨在提升土石方开挖效率与安全性,为水利工程建设提供技术参考。

关键词: 水利工程施工;土石方开挖技术;优化

引言

水利工程建设对于国家经济发展和民生改善具有重要意义。土石方开挖作为水利工程施工的重要组成部分,其技术水平和实施效果直接影响工程进度和质量。随着科技的进步和工程实践的深入,土石方开挖技术不断优化和创新。本文将对水利工程土石方开挖技术进行深入探讨,分析现存问题,并提出相应的优化策略,以期为水利工程建设提供有力支持。

1 水利工程土石方开挖技术概述

水利工程土石方开挖,在水利项目这幅宏大画卷里,是浓墨重彩的开篇之笔,有着基石般关键且不可撼动的地位。它恰似一场匠心独具的“大地重塑行动”,紧紧围绕工程设计精心勾勒的蓝图,像能工巧匠般驾驭各式各样的机械设备,施展五花八门的施工工艺,向土体与岩石发起“攻坚”,精准挖掘、妥善装卸、有序运输,全力雕琢出与后续水利设施完美适配的作业场地。其作业跨度极大,大坝基础开挖如同地下探秘,持续深挖,直至触碰到坚实可靠的岩层,筑牢大坝安稳“根基”,扛住滔滔江水的汹涌冲击;河道的拓宽疏浚似给河道“舒筋活络”,清理淤积泥沙、搬走阻碍行洪通航的礁石,让河道重现宽阔通畅;渠道的成型开挖仿若绘制输水“专线”,细致切割、规整成型,确保水流平稳前行。但施工场地宛如“荆棘满布”的险途。地质状况复杂多变,软土地层似“温柔陷阱”,承载弱,易引发边坡垮塌、地基沉降;坚硬岩石如“顽固堡垒”,极难突破,考验着施工手段;断层破碎带更是隐藏“危机”,涌水、塌方随时可能来袭。水文情形也棘手,水下开挖要对抗水压“刁难”、水流“干扰”,高水位渗

漏像“慢性杀手”,悄无声息破坏场地稳定。施工质量关联水利工程“寿命”,大规模土石方作业效率如同“引擎”,把控工期与成本,主宰项目推进步伐。

2 水利工程主要土石方开挖技术

2.1 钻孔爆破技术

(1) 钻孔爆破技术在坚硬岩石开挖领域地位关键。施工前,专业人员依工程规模、岩石特性与周边环境,严谨规划孔网参数,启用潜孔钻、凿岩机精准打孔,严控孔位精度与孔深,契合设计要求,打牢爆破根基。装填炸药、雷管时,依安全规范与技术标准,参考岩石硬度、孔距核算装药量,保障爆破威力合理分布。起爆阶段,精心编排顺序,常借助毫秒延期雷管分段起爆,有效破碎岩石,把控飞石和地震波危害。(2) 这项前沿破岩技术宛如工程建设的“利器”,在大规模石方开挖中尽显神通。运作时,其强大力量高效击碎岩石,快速开拓出作业空间,如打通工程“任督二脉”,相较常规机械破碎,省时省力还省钱,成本效益突出。然而,爆破作业是把“双刃剑”,潜藏诸多忧患。失控飞石似“暗器”,会砸毁建筑、危及生命;超标地震波如“隐形杀手”,能震裂周边设施,防护屏障与警戒区不可或缺。爆破后石块杂乱,二次破碎、防滚落清运得跟上,还得靠大型通风机排烟通风,净化空气,筑牢安全防线^[1]。

2.2 机械开挖技术

(1) 机械开挖依赖挖掘机、装载机与自卸汽车协同作业。挖掘机选型至关重要,依据土方量、挖掘深度、物料硬度等,匹配适宜斗容量与工作臂长型号,保障挖掘高效、灵活。在土方作业中,凭借灵活操作,快速铲除、转运物料;软岩挖掘时,以斗齿破碎、挖取,降低

施工难度。装载机与挖掘机紧密配合，迅速收拢、转装物料至自卸汽车，自卸汽车依运输距离、路况规划运输路线，保障物料及时运离。施工现场依进度灵活调配设备，土方多区域同步开挖，软岩地段重点攻坚，有序高效。（2）此技术在土方与风化软岩工程优势突出，作业连贯性强，人员经简单培训即可熟练操控，设备配合默契，施工效率颇高。面对坚硬岩石，机械力难破岩，强行挖掘致斗齿、铲斗磨损加剧，设备故障率上升，维护成本飙升。狭窄场地内，机械伸展、回转空间受限，操作不慎易碰撞，损坏机械外壳、液压部件等，不仅延误工期，还增添维修开支，场地规划时要预留充裕运转空间、设置警示标识，保障机械安全作业。

2.3 水力开挖技术

（1）水力开挖核心是高压水枪与泥浆输送系统协同运作。高压水枪依据土质状况，调节水压、水流量，水流以强劲冲击力切削、破碎松软土体，使之化为泥浆态。泥浆泵及时抽吸泥浆，经输泥管道平稳输送，管道铺设依地形规划最优路径，减少弯折、保障通畅。在河道疏浚场景，精准定位水枪喷射角度、位置，自河底逐层清理淤泥，作业全程近乎无扬尘，噪音亦低，契合环保要求，作业后土体经沉淀处理还可再利用。（2）水力开挖虽有独特优势，却深受诸多因素掣肘。水源是其“命门”所在，缺水之地如同无水之鱼，根本无法施展拳脚。供水设备作为“动力心脏”，需稳定输出高压水，一旦功率“掉链子”，水枪便成“软脚虾”，威力大打折扣。远距离施工时，输泥管道成本随长度直线攀升，还常被杂物、黏稠泥浆“使绊子”，堵塞后只能停运拆解清理，耗时又费力。严寒天气下，水结冰、设备冻坏；暴雨洪涝时，管道被冲毁、场地“变了天”，所以施工前须综合考量气象、水源，备好应急防护预案，筑牢施工“稳定墙”。

3 水利工程施工中土石方开挖技术的现存问题

3.1 地质勘察精度不足

（1）勘察点分布不合理。水利工程前期勘察，常因勘察点稀疏，在大面积施工区域“挂一漏万”，比如多溶洞地带，应加密查地下岩溶，实际间距大，隐伏溶洞成“漏网之鱼”。开挖时戳破溶洞顶壁，地下水携泥沙喷涌，作业面被淹，工程抢险，设备泡坏、基础泡软，工期延长，投入资金排水加固，施工方案也得重拟。（2）手段单一且浅显。侧重地表测绘与简单钻探，对深层地质洞察有限，如山地水利工程，山体断层、裂隙多，简单钻探深度不够、覆盖面窄，难摸清走向规模。按常规开挖触及断层，岩体坍塌，巨石砸坏设备、掩埋

作业区，前期开挖作废，要重新设计支护、调整路线，开挖量与支护成本大增，人员遇险。（3）信息整合应用差。勘察得来的数据本应是施工的“导航图”，可如今部门间沟通似有堵墙，信息交流不畅，对数据解读又浅尝辄止，使其难以助力施工。设计仅凭残缺资料布局，施工碰上软土地层沉降、硬岩滑落，开挖不合理，只能中途整改，费人费力，工期延误，工程陷入困局^[2]。

3.2 施工设备适配欠佳

（1）选型凭“老经验”。施工现场挑设备常主观臆断，不考量工程细节，小型水利修缮，场地窄小却引入大型笨重设备，运转空间受限，操作笨拙，挖掘作业磕磕绊绊，效率低还浪费燃油，且施展不开只能部分施工，还得另配小设备补漏，成本无端增加；大型枢纽工程，复杂地质、海量土石方，普通设备功率小、掘力不足，故障频出、停工维修多，拖慢整体进度。（2）衔接“掉链子”。挖掘机与运输车辆协同作业问题突出，卸料装车环节矛盾重重。车辆与挖机斗容不匹配，要么挖机卸料慢等车，要么车辆装不下溢出，清理再装耗时费力；作业流程混乱，车辆未及时就位，挖机空转，施工现场“黑烟”滚滚、噪声嘈杂，燃油与工时在无序衔接中白白损耗。（3）更新“慢吞吞”。老旧设备超期“服役”普遍，尾气弥漫污染环境，能耗比新设备高得多，同样作业量燃油超耗。关键部件磨损老化，液压系统常漏油、机械臂颤抖，在精细平整、深挖作业中精度差，难以契合高标准施工要求，影响工程品质与效率。

3.3 施工管理与安全防控短板

（1）进度计划缺“弹性”。水利施工受气候、地质突发因素制约大，可进度计划常刚性执行。雨季一到，土方区泥泞不堪，运输瘫痪，按计划后续工序不停，物料、人员积压现场，一片混乱；工序衔接无序，开挖超量、运输滞后、支护不及时，边坡失稳、基础泡毁，频繁返工整改，工期严重滞后。（2）安全执行“软绵绵”。防护制度形同虚设，工人安全帽不戴、安全带不系，监管不管不问；高边坡、深基坑边防护栏残破、警示标识模糊，成“隐形杀手”；爆破作业警戒范围随意缩窄，盲炮排查敷衍，稍有震动未爆物就可能引爆，危及全员生命安全。（3）培训排查“走过场”。在安全培训方面，多是枯燥乏味的理论知识满堂灌，PPT讲解一讲了之，实战演练环节却严重“缩水”，工人缺乏切身实操体验。一旦遭遇火灾，浓烟滚滚中，面对灭火器却因从未上手实操而手忙脚乱，不知如何操作；坍塌突发时，更是慌了神，找不到逃生路径。隐患排查同样敷衍，检查人员匆匆而过，对小裂缝、松动支护等隐患视

而不见,日积月累,小患终成大祸,致使安全防线脆弱得不堪一击^[3]。

4 水利工程施工中土石方开挖技术的优化策略

4.1 深化地质勘察与信息化应用

(1)在水利工程施工前,加密勘察网点至关重要。传统勘察间距大,易遗漏关键地质信息,加密后能捕捉细微地质变化。融合三维地震勘探、地质雷达探测等先进手段,多维度收集数据,构建高精度三维地质模型,这一模型仿若透明“地质地图”,地层岩性、构造分布一目了然,不良地质体无处遁形,精准预测其位置与规模,提前规划应对策略,避免开挖遇突发难题。(2)施工期间,实时监测系统是“安全卫士”。在边坡、坝基等关键部位安设位移、应力、渗流传感器,不间断采集数据并回传分析,一旦数据波动超阈值,即刻预警,施工方据此灵活调整开挖与支护参数。比如某水利枢纽工程,依监测预警及时加固边坡,防坍塌事故,借信息化全程护航,开挖作业稳而有序,确保工程根基牢固。

(3)数据利用暗藏乾坤。平日里积攒的海量地质资料、施工监测数据,绝非束之高阁的“故纸堆”。运用数据分析技术深度挖掘其中价值,提取关键信息,为后续同类工程呈上详实参考,助力开挖技术迭代,于循环往复间拔高行业施工水准。

4.2 精准适配设备与强化维护管理

(1)设备选型精准契合工程需求是高效施工前提。土方作业选小型灵活设备,像小型挖掘机、装载机,机动性强,适应狭窄场地与复杂地形,或串起挖掘、运输作业链,“无缝衔接”提效。石方施工则围绕爆破与破碎核心,配大功率钻孔机、破碎机,攻坚坚硬岩体。以大型水电站建设为例,适配设备让石方开挖月进尺远超预期,保障工程按时推进。(2)引入智能管理系统,给设备安上“智慧大脑”。实时监控运行工况,从油温、转速到关键部件振动频率,全方位监测,依大数据分析、机器学习预测故障,变被动维修为主动维护。按磨损、能耗规律制定科学维护周期,及时换新易损件,并设场内维修站,“一站式”解决故障,缩短停机时长。

(3)建立设备定期“体检”机制至关重要。细致比对旧设备与新型设备各项参数,权衡作业成本、产出效率间差距,果断将那些高耗能、效能低下的旧机器淘汰出局,积极引入契合环保标准的新型设备。此举在削减成

本、提升效益同时,紧跟绿色施工步伐,深挖设备潜能,赋能土石方开挖作业。

4.3 精细化施工管理与筑牢安全防线

(1)施工进度计划当告别“一刀切”的刻板刚性模式,转而拥抱柔性规划思路。前期借助专业风险评估,精准锁定诸如高边坡开挖、地下洞室施工等高风险工序,为之特设弹性时段,以从容应对突发降雨、地质异样等状况。同时,依据现场土石方实时开挖进度与运输效率,巧妙穿插混凝土浇筑等工序,优化衔接,规避施工“拥堵”,高效推进工程。(2)施工现场标准化是有序作业“定海神针”,明确各岗权责,从挖土工、爆破手到运输司机,各司其职、流程清晰,开挖、运输、支护协同“作战”。设交通指挥、调度专员,疏导场内车辆,规划运输路线,避免碰撞、堵塞,保障物料高效流转,恰似精密齿轮组,环环相扣推动工程前行。(3)安全是施工“生命线”,严抓制度落地,监督人员依规佩戴防护装备,从安全帽到安全绳,一丝不苟。加固高边坡防护网、深基坑支撑,抵御坍塌风险。爆破环节严守流程,从装药、连线到起爆,专人把控。定期实景演练应急预案,模拟火灾、坍塌等事故,全员参与,提升应急处置能力,为施工全程筑牢安全屏障^[4]。

结语

综上所述,土石方开挖技术在水利工程施工中占据重要地位。针对当前存在的问题,通过深化地质勘察、精准适配施工设备、加强精细化施工管理与安全防控等措施,可以有效提升土石方开挖技术的效率和安全性。未来,随着技术的不断进步和工程实践的积累,土石方开挖技术将继续优化和创新,为水利工程建设提供更加高效、安全的支持。

参考文献

- [1]段志伟,杨寿碧,何斌.水利水电工程土石方施工技术分析[J].科技创新与应用,2022,12(08):138-140.
- [2]李文华.试析水利水电工程中土石方施工技术[J].中国新技术新产品,2020(09):106-107.
- [3]张磊.水利水电工程施工中土石方调配方法及其施工工艺[J].水电水利,2021,5(1):110-111.
- [4]陈金.某水利工程土石方开挖稳定支护施工技术[J].河南水利与南水北调,2023,52(12):51-52.