

水利水电工程土石方开挖施工技术探讨

熊 港 袁 野

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610213

摘 要: 在水利水电工程建设中,土石方开挖施工对工程整体质量与安全意义重大。文章围绕土石方开挖施工技术展开探讨,详细阐述其勘察、测量、支护、排水等核心技术体系,分析土方、石方、水下及边坡等主要施工工艺,介绍开挖坡度深度、顺序分层等关键管控技术,以及轮廓精度、平整度等施工质量控制技术,为提升水利水电工程土石方开挖施工质量与效率提供参考。

关键词: 水利水电工程;土石方开挖;施工技术;质量控制;安全管控

引言: 水利水电工程作为基础设施建设的重要组成部分,对保障水资源合理利用、防洪减灾及发电等意义重大。土石方开挖是水利水电工程的关键环节,其施工质量直接影响工程的整体稳定性与安全性。随着工程规模不断扩大、地质条件日益复杂,对土石方开挖施工技术提出了更高要求。深入研究并应用先进的开挖施工技术,对于提高工程质量、确保施工安全、推动水利水电事业发展具有不可忽视的作用。

1 水利水电工程土石方开挖施工核心技术体系

1.1 土石方开挖施工勘察技术

土石方开挖施工勘察技术是开挖施工的前提基础,聚焦开挖区域地质条件精准探测,为开挖方案制定与技术实施提供可靠数据支撑。在勘察工作中,不仅要运用先进的物探、钻探等综合勘察手段,还要结合地质遥感技术,全方位、多角度地获取地质信息^[1]。勘察工作需采用专业勘察技术,全面探测开挖区域地层分层情况、厚度、颗粒组成及透水性,细致排查裂缝、断层破碎带、软弱夹层等地质缺陷。勘察过程中需细化数据采集流程,绘制开挖区域地质编录图,对比分析实际勘察与设计地质资料差异,及时反馈地质条件变化,为开挖方案优化调整提供依据。勘察完成后需开展声波测试等检测工作,验证基础地质性能,确保勘察数据能够真实反映现场实际,契合水利水电工程开挖施工的源头技术管控需求。

1.2 土石方开挖施工测量技术

土石方开挖施工测量技术承担开挖精度把控的核心任务,贯穿开挖施工全过程,确保开挖轮廓、高程、坡度等参数符合设计要求。测量工作要紧跟施工进度,在每个关键节点都进行精准测量,同时建立测量数据动态管理系统,实时更新和分析数据。测量工作需选用适配的专业测量设备,遵循水利水电工程测量规范,精准布设测量点位,开展开挖前的初始测量、施工中的实时测

量及开挖后的复核测量。测量过程中需细化测量流程,做好测量数据的详细记录与整理,及时修正测量偏差,避免测量误差导致开挖质量隐患。测量工作需与勘察数据联动,结合地质条件变化调整测量方案,确保测量结果精准可靠,为开挖施工的精准实施提供技术支撑。

1.3 土石方开挖施工支护技术

土石方开挖施工支护技术是防范开挖过程中边坡坍塌、岩体失稳的关键保障,需结合开挖区域地质条件、开挖深度及施工工况合理选用。支护技术要根据不同的施工阶段和地质变化情况,灵活调整支护参数和方式,确保支护效果始终满足要求。支护技术需遵循“开挖与支护同步推进”的原则,针对不同地质类型选用适配的支护方式,松散地层可采用喷锚支护,岩体破碎区域可采用锚杆锚索支护,确保支护结构能够有效约束岩体变形。支护施工需严格把控支护材料质量与施工工艺,确保支护结构与岩体紧密结合,提升支护强度与稳定性。支护完成后需定期检查支护结构状态,及时处理支护破损、松动等问题,保障开挖施工过程中的结构安全。

1.4 土石方开挖施工排水技术

土石方开挖施工排水技术聚焦开挖区域积水与地下水管控,避免积水浸泡基坑、边坡导致土体软化、岩体失稳,保障开挖施工顺利开展。排水技术要充分考虑季节变化和降雨情况,制定相应的应急排水预案,确保在突发情况下也能有效排水。排水技术需结合开挖区域水文条件,合理选用明沟排水、井点降水等方式,明沟排水适用于浅层积水排出,井点降水可有效降低地下水位,适配深层开挖需求。排水系统需科学布设,优化排水坡度设计,确保排水顺畅,同时定期清理排水通道,避免堵塞影响排水效果。排水过程中需实时监测地下水位与积水情况,根据水位变化调整排水方案,确保开挖区域处于干燥施工环境,为开挖施工质量与安全提供保障。

2 水利水电工程土石方开挖主要施工工艺

2.1 土方开挖施工工艺

土方开挖施工工艺需结合开挖区域土层特性、开挖深度及施工环境,遵循分层分序开挖的核心原则有序开展^[2]。开挖前需清理作业面杂物,平整作业场地,根据土层类型选用适配的开挖设备,松散土层可选用挖掘机配合装载机作业,粘性土层需优化开挖坡度,防止土层坍塌。开挖过程中控制开挖速度与分层厚度,分层开挖厚度需适配土层稳定性,开挖至设计标高前预留一定保护层,避免机械扰动基底土层。开挖完成后及时平整基底,清理浮土与杂物,同步做好边坡修整,确保基底平整度与边坡坡度符合设计要求,为后续施工奠定基础。

2.2 石方开挖施工工艺

石方开挖施工工艺核心在于岩体破碎与开挖作业的协同推进,需结合岩体硬度、完整性选用适配的破碎方式。对于硬度较高、完整性较好的岩体,采用爆破开挖工艺,精准控制钻孔深度、间距及装药剂量,确保岩体破碎均匀,避免过度爆破对周边岩体造成扰动。对于不宜爆破的区域,采用静态破碎工艺,通过注入破碎剂使岩体产生裂隙,再配合机械开挖作业。开挖过程中及时清理破碎废渣,修整开挖轮廓,确保开挖尺寸与设计参数一致,同时做好岩体表面清理,排查破碎后岩体的稳定性隐患。

2.3 水下土石方开挖施工工艺

水下土石方开挖施工工艺需重点解决水下作业视野受限、水体干扰等问题,适配水下地质与水文条件开展作业。水下开挖要配备专业的潜水员进行水下作业指导和监督,确保施工安全和开挖质量。开挖前需探测水下地形、水深及土层或岩体特性,选用适配的水下开挖设备,常用设备包括水下挖掘机、吸泥船等。开挖过程中控制开挖深度与范围,采用分层开挖方式,避免水下土体或岩体坍塌导致开挖区域淤积。水下开挖需做好排水与清淤工作,及时清除开挖过程中产生的泥浆与废渣,确保开挖断面清晰,同时监测水下水位变化,根据水位波动调整开挖节奏,保障水下开挖施工的安全性与精准性。

2.4 边坡开挖施工工艺

边坡开挖施工工艺聚焦边坡稳定性管控,需结合边坡高度、坡度及地质条件制定专项开挖方案。在边坡开挖过程中,要设置边坡位移和沉降监测点,实时掌握边坡的变形情况,及时采取应对措施。开挖采用自上而下分层开挖方式,分层修整边坡,确保边坡坡度符合设计要求,避免一次性开挖过深导致边坡失稳。开挖过程中及时清除边坡表面松动土体与岩体,对开挖后的边坡进

行及时防护处理,衔接支护工艺提升边坡稳定性。开挖过程中需监测边坡位移与沉降情况,根据监测数据调整开挖速度与坡度,优化开挖工艺,确保边坡开挖过程中不出现坍塌、滑坡等隐患,保障边坡开挖质量与施工安全。

3 水利水电工程土石方开挖施工关键管控技术

3.1 开挖坡度与深度控制技术

开挖坡度与深度控制技术是防范边坡坍塌、保障开挖质量的核心管控要点,需结合开挖区域地质条件、土层或岩体特性精准把控。坡度控制需根据地层稳定性优化设计,松散土层需放缓坡度,坚硬岩体可适当加大坡度,确保边坡在开挖过程中始终保持稳定^[3]。深度控制需严格遵循设计参数,分层开挖深度需适配地质条件与设备性能,避免一次性开挖过深导致土体或岩体失稳。开挖过程中需实时核查坡度与深度,采用专业测量工具精准检测,及时调整开挖偏差,确保坡度顺直、深度均匀,契合开挖施工的精度管控要求。

3.2 开挖顺序与分层控制技术

开挖顺序与分层控制技术核心是规范开挖流程,避免无序开挖对施工质量与安全造成影响。开挖顺序和分层要根据施工现场的实际情况进行灵活调整,确保施工的连续性和高效性。开挖顺序需遵循自上而下、分区分段的原则,优先开挖边坡轮廓,再推进内部开挖,规避先挖内部导致边坡失稳。分层控制需结合开挖深度与地质条件划分合理分层,每层开挖完成后及时修整边坡、清理废渣,再开展下一层开挖作业。分层厚度需兼顾设备作业效率与地质稳定性,优化分层衔接流程,避免分层过厚导致坍塌隐患,分层过薄影响施工效率,确保开挖过程有序推进。

3.3 开挖设备选型与调试技术

开挖设备选型与调试技术直接影响开挖施工效率与质量,需结合开挖介质类型、开挖规模及施工环境合理选型。设备选型要考虑设备的可靠性和维修保养的便利性,确保设备在施工过程中能够稳定运行。土方开挖优先选用挖掘机、装载机等设备,石方开挖需搭配破碎机、钻机等专用设备,水下开挖则选用适配水下作业的专用设备。设备选型需兼顾性能稳定性与工况适配性,避免设备型号与施工需求不匹配导致施工延误。调试工作需在施工前全面开展,精准校准设备核心参数,排查设备运行隐患,优化设备作业状态,确保设备开挖精度与效率达标,为开挖施工顺利开展提供设备保障。

3.4 开挖过程安全管控技术

开挖过程安全管控技术聚焦施工全过程安全防控,覆盖边坡稳定、设备运行、作业人员防护等关键环节。要建

立安全管控的应急响应机制,在发生安全事故时能够迅速采取有效的救援措施,减少事故损失。安全管控需建立常态化排查机制,定期检查边坡位移、沉降情况,及时清理松动土体与岩体,防范坍塌事故。设备运行安全管控需规范设备操作流程,严禁违规作业,定期对设备进行维护保养,排查设备故障隐患。作业人员需配备专业防护装备,开展安全作业培训,规范作业行为,规避高空坠落、机械伤害等安全风险。同时优化作业区域安全防护措施,设置警示标识,划分安全作业区域,保障开挖施工全过程安全可控。

4 水利水电工程土石方开挖施工质量控制技术

4.1 开挖轮廓精度控制技术

开挖轮廓精度控制是开挖质量控制的核心环节,直接影响后续结构施工的适配性与稳定性^[4]。控制工作需依托专业测量技术,在开挖全过程开展精准监测,根据设计图纸明确轮廓参数,优化测量点位布设,确保测量数据精准可靠。开挖过程中需根据测量反馈及时调整开挖轨迹,避免超挖、欠挖现象出现,超挖部位需采用适配材料回填修整,欠挖部位需进行补充开挖,确保轮廓线顺直、尺寸精准,贴合设计要求,同时兼顾开挖面与后续支护、结构施工的衔接性。

4.2 开挖面平整度控制技术

开挖面平整度控制技术重点解决开挖面凹凸不平导致的支护受力不均、结构贴合度不足等问题,需结合开挖设备性能与介质类型优化控制措施。开挖过程中选用适配的开挖设备,优化作业方式,避免机械作业导致的开挖面起伏过大。开挖完成后采用专业检测工具对开挖面平整度进行全面检测,对凸起部位进行削平处理,对凹陷部位进行填补修整,确保开挖面平整度符合规范标准。修整过程中需注重开挖面的整体性,避免局部修整导致新的平整度偏差,为后续支护与结构施工提供平整基础。

4.3 开挖后基底处理技术

开挖后基底处理技术是保障工程基础承载力的关键,需结合基底地层特性、设计要求开展规范化处理。基底开挖至设计标高后,及时清理表面浮土、废渣及杂物,避免

杂质影响基底承载力。针对不同地层基底采用适配处理方式,松散土层基底需进行夯实处理,提升土层密实度;岩体基底需清理表面松动岩块,对裂隙部位进行封堵处理,防止雨水渗透导致基底失稳。基底处理完成后需检测承载力,确保基底性能符合设计标准,避免后续工程出现沉降、变形等质量隐患。

4.4 质量缺陷防控与修复技术

质量缺陷防控与修复技术聚焦开挖施工全过程的质量隐患排查与处置,建立常态化防控机制,提前规避常见质量缺陷。防控工作需优化施工工艺,规范操作流程,针对超挖、欠挖、平整度不达标、基底扰动等常见缺陷,制定针对性防控措施,从源头减少缺陷产生^[5]。对于已出现的质量缺陷,需根据缺陷类型、严重程度制定专项修复方案,采用适配材料与工艺开展修复作业,修复过程中严格把控修复质量,修复完成后进行全面检测,确保缺陷彻底消除,保障开挖施工质量整体达标。

结束语

水利水电工程土石方开挖施工涉及多环节、多技术,需综合运用勘察、测量、支护、排水等核心技术,结合土方、石方、水下及边坡等施工工艺,严格把控开挖坡度、顺序、设备选型及安全等关键管控点,并注重开挖轮廓精度、平整度、基底处理及质量缺陷防控修复等质量控制技术。通过系统实施这些技术与措施,可有效提升水利水电工程土石方开挖施工质量与效率,为工程整体质量与安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1]柏淑霞,郭瑜瑜.水利水电工程中土石方施工技术要点分析[J].水上安全,2025(8):196-198.
- [2]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.
- [3]涂小龙,董晔,胡胜.水利工程的土石方开挖与填筑施工[J].建筑与装饰,2025(16):142-144.
- [4]梁小香.探析土石方施工技术在水利水电工程施工中的应用[J].建筑工程技术与设计,2021(22):275.
- [5]王浩然.大型水利工程基坑开挖土石方平衡技术研究[J].水利水电施工,2025(3):52-57.