

水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术

汪 洋

周口市水旱灾害防御保障中心 河南 周口 466000

摘 要:堤防护岸工程作为水利水电体系中保障河道行洪与岸坡稳定的关键构造,施工技术水平直接关乎工程整体安全与使用寿命。本文围绕堤防护岸工程的结构形式与材料选用、堤身填筑施工、护岸护坡专项施工以及质量控制与特殊工况处理四个维度展开论述,系统梳理坡式、墙式与坝式护岸的构造特征,分析土料开采加工、分层填筑碾压等工艺流程,探讨护脚、墙身及坡面防护的施工要点,总结不同季节与特殊条件下的施工管控措施,为堤防护岸工程施工提供技术参照。

关键词:堤防护岸;施工技术;堤身填筑;护坡护岸;质量控制

引言: 水利水电工程建设中堤防护岸承担着约束河道行洪断面、抵御水流冲刷与保护岸坡土体的多重功能,施工质量的优劣直接影响河道防洪安全与工程服役年限。不同水文地质条件下堤防护岸的结构选型与施工工艺存在显著差异,坡式、墙式与坝式护岸各有适配场景,填筑压实、护脚砌筑与坡面防护等工序环环相扣。围绕各类堤防护岸的施工技术要点与质量管控手段展开分析,对提升水利水电工程施工水平具有实际参考意义。

1 堤防护岸的结构形式与材料选用

1.1 坡式护岸的结构构造

砌石护坡与混凝土护坡在整体布设层次与表层结构排布上存在明显区分,两类护坡依托坡面基础形成差异化的防护体系。砌石护坡依托石料堆叠形成整体防护面层,依靠石料间的咬合作用稳固坡面结构,适配常规坡面水土防护场景。混凝土护坡采用整体浇筑或预制拼装的成型方式,结构整体性更强,表层密实度更高,能够适配水流冲刷强度更高的堤岸区域。抛石护脚与堆石护脚依据堤岸水下防护需求完成形式选取,抛石护脚依托石料自然散落堆积形成防护层,适配地形起伏较大的水下堤脚区域^[1]。堆石护脚通过规整石料堆叠形成稳定结构层,整体规整度与结构稳定性更为突出。植草护坡与生态袋护坡按照生态防护需求设置多层结构体系,植草护坡依托坡面植被根系固结表层土体,构建浅层生态防护结构。

1.2 墙式护岸的结构构造

重力式挡土墙依托自身体量与自重维持整体结构稳定,断面尺寸需要结合堤岸水土荷载条件合理设定,保

证墙体具备充足的抗滑与抗倾覆能力。扶壁式与悬臂式挡墙依托钢筋混凝土结构受力特性形成差异化构造形态,悬臂式挡墙结构构造简洁,墙体竖向构件直接承接外部水土荷载。扶壁式挡墙增设竖向扶壁构件,强化墙体整体刚度,提升大高度挡土结构的受力性能。柱列式挡墙通过合理排布桩基位置优化整体受力体系,桩基布设密度与排布间距需要匹配堤岸土层受力状态,保障墙体整体承载性能。墙身排水孔与反滤层按照渗流防控需求规范布设,持续疏导墙体内部积水,规避水体淤积引发的结构形变问题,维持墙式护岸长期稳定运行状态,排水孔直径一般为 50~100mm,纵向间距不超过 2~3m,反滤层厚度控制在 30~50cm。

1.3 坝式护岸的结构构造

顺坝与潜坝根据河道水流走向与堤岸防护范围规划轴线布设位置,顺坝轴线贴合河道主流方向延伸,实现平顺导水与岸坡防护效果。潜坝整体隐于水下布设,依托坝体结构调整局部水流形态,维护河床与岸坡的稳定状态。丁坝重点优化挑流部位构造与坝头外形结构,通过差异化的坝头形态改变水流流向,削弱水流对堤岸的直接冲刷作用。丁顺坝组合体依托不同坝体的结构特性搭建空间布局体系,整合导水、挑流与固岸的防护功能,适配复杂水流条件下的堤岸防护需求。

1.4 施工材料的选用要求

块石与卵石需要遵循粒径级配相关标准完成筛选工作,合理的颗粒配比能够提升堆砌结构的密实度与稳定性,满足护岸基础防护需求。混凝土施工过程中需要把控强度等级与抗渗等级的匹配关系,根据堤岸临水工作环境确定对应参数指标,强化结构防渗与耐久性能。土

工织物与格宾石笼的选用需要贴合施工场景确定对应材料规格,依托材料自身透水、固土与抗冲刷特性完善防护体系。土料选用过程中需要严格把控塑性指数与最优含水率指标,符合标准的土料可以提升填筑结构的密实度与整体性,保障堤岸基础施工质量。

2 堤身填筑施工技术

2.1 土料开采与加工处理

堤身填筑施工开展前需要完成料场整体规划与取土方式的科学选定,结合堤身填筑体量与场地地形条件规划取土范围,规范取土作业的推进节奏,保障填筑用料的持续供应。粘性土料是堤身填筑的常用物料,天然状态下的含水数值难以适配填筑施工标准,需要通过晾晒、洒水等多种工艺手段完成含水率调控,让土料达到适宜填筑的含水状态^[2]。砂砾石料应用于填筑作业前,需开展精细化的颗粒筛选与调配作业,优化整体级配结构,严格管控石料内部裹挟的泥土杂质含量,规避过量泥质成分影响填筑体的渗透稳定与结构密实度。施工过程中需要全面筛查场地内的不良土质,及时清理冻土膨胀土等不符合施工标准的土料,从源头把控堤身填筑的基础用料质量,规避劣质土料引发的堤身变形、渗漏等施工隐患。

2.2 堤身填筑工艺流程

堤身填筑作业普遍采用进占法完成卸料与铺料作业,依托机械化设备均匀推送摊铺土料,保障铺料层面的平整均匀。填筑作业遵循竖向分层施工原则,按照标准化施工标准控制每一层填筑厚度,每层松铺厚度一般控制在 25~35cm 之间,均匀的铺料厚度可以为后续碾压作业提供良好基础。填筑施工产生的横向接缝与纵向接缝需要落实搭接处理工艺,规范搭接区域的铺料范围与衔接方式,消除接缝部位的结构薄弱层,提升堤身整体的连续性与整体性,搭接宽度不小于 50cm。大面积堤身填筑施工会划分独立作业区域推行分段流水施工模式,合理规划各区域的作业范围与施工工序,有序推进各片区填筑作业开展,提升整体施工效率,保障填筑施工的均匀性与统一性,每段流水作业长度宜控制在 200~500m。

2.3 堤身压实施工

堤身压实作业需结合填筑土料特性与施工场地条件选定适配的碾压机械,规划合理的机械行走路径,保障碾压作业全面覆盖填筑工作面。进退错距法是堤身碾压的主流操作方式,通过规范机械进退节奏与错距尺度,让填筑土层得到均匀压实处理。施工过程中严格把控碾

压作业的遍数与相邻碾压带的搭接宽度,规避漏压、欠压或过度碾压的情况,保障填筑土体密实度均匀统一。堤身坡面、边角等大型机械难以覆盖的区域,需要采用小型夯实设备开展补强夯实作业,细化特殊部位的压实工艺,消除堤身结构的压实盲区,让整体填筑质量达到水利工程施工的规范标准。

3 护岸护坡专项施工技术

3.1 护脚工程施工

水下抛石护脚作业需要遵循标准化施工流程推进各道工序,按照合理施工次序完成石料投放与坡面整形,稳固堤岸水下基础结构。河道水文状态会直接影响水下施工开展条件,施工人员依据水位变化规律规划作业时段,利用枯水期低水位环境开展大面积基础施工,借助汛期水位稳定阶段完成局部修整作业,保障施工流程有序推进^[3]。抛石作业中石料的投放顺序需先深后浅、先远后近,避免水流扰动已抛投石料的位置,确保护脚体形态与设计断面一致,抛石护脚的顶面高程一般需低于枯水位 1.0~1.5m,底宽不小于 1.5m。钢丝石笼护脚施工开展期间,需要在作业平台完成网片拼接与整体组装,保证网体结构紧实规整,再通过吊装设备完成整体投放安放,让石笼贴合水下基底形成连续防护体系。混凝土护脚施工适配深水作业环境,依托专业水下浇筑设备开展作业,把控混凝土输送速度与浇筑厚度,维持浇筑层整体均匀性,提升水下护脚结构的整体性与抗冲刷能力。水下混凝土浇筑需采用导管法或围堰法施工,浇筑过程中持续监测混凝土面标高,防止浆液扩散导致护脚体偏位或厚度不足,混凝土护脚厚度一般为 0.8~1.2m,强度等级不低于 C20。

3.2 墙式护岸施工

墙式护岸施工先开展基础开挖作业,依照设计轮廓控制开挖深度与开挖范围,对基底土层开展平整与加固处理,清除基底松散土体与杂质,营造稳定的承载基底。墙身砌筑与混凝土浇筑作业采用分层施工模式,逐层完成砌体堆叠与混凝土浇筑填充,把控每层施工厚度与成型质量,提升墙体结构的整体稳定性。每层砌筑或浇筑完成后需对墙面垂直度与平整度进行校核,偏差超出允许范围时应立即调整,避免累积误差影响墙体整体受力状态。墙体施工推进至指定高度后,开展墙背土方回填作业,分层夯实回填土体,配套布设排水管道与反滤结构,疏导墙背积水,降低水土压力对墙体的作用影响。墙体主体结构成型后开展顶部施工工序,完成墙顶压顶混凝土浇筑与养护作业,接续开展防浪墙浇筑施工,完善墙式护岸的整体防护体系。防浪墙的高度与厚

度需根据设计洪水位与波浪爬高值确定,墙体内侧应预留泄水孔,防止墙后积水过高增加墙体侧向推力。

3.3 坡面防护施工

干砌石护坡施工重点把控座浆与嵌缝工序,平整坡面基底后摆放石料,调整石料姿态与贴合度,利用砂浆填充石料缝隙,提升护坡面层的密实程度。混凝土预制块护坡施工需要规整坡面基层,按照有序排布方式铺设预制构件,把控构件平整度与缝隙间距,采用适配材料填充板块缝隙,提升坡面防护的完整性。预制块铺设应从坡脚向坡顶逐排推进,每排之间错缝搭接,避免通缝排列削弱坡面整体抗滑能力。生态护坡施工结合坡面土壤条件筛选适配植被品类,规范植被栽种间距与种植深度,通过植被生长形成的根系网络固结表层土体,提升坡面生态固土能力。格宾石笼护坡施工先完成网箱拼接组装,检查网箱结构牢固度,分层装填石料并做好箱体封盖,规整坡面整体排布形态,构建兼具透水与防护性能的坡面防护结构。

4 施工质量控制与特殊工况处理

4.1 施工质量检测与控制

堤身填筑作业完成后需开展常态化取样检测工作,针对填筑体干密度与压实度开展定点抽检,核验土层填筑的密实状态,保障堤身填筑结构的均匀性与稳定性^[4]。混凝土护岸结构成型阶段需要开展专项性能试验,针对结构强度与抗渗性能开展专业检测作业,把控混凝土成型质量,抵御河道水体长期渗透与冲刷带来的结构影响。砌石护坡施工完成后需对表层施工精度开展细致查验,重点排查坡面整体平整度与石料拼接缝隙状态,及时修整不均匀坡面与宽大缝隙,优化护坡面层的施工精度与防护性能。检测频率需根据堤段等级与填筑高度合理设定,关键部位应适当加密取样点,确保检测数据能够真实反映各部位的施工质量。工程建设过程中的隐蔽施工部位需要落实专项验收流程,全程记录各工序施工流程与检测数据,规范施工资料留存工作,为整体工程质量管控提供完整的过程依据,保障隐蔽工程施工工序符合水利施工规范标准。

4.2 汛期与雨季施工控制

河道汛期来临前需提前开展堤身加固作业,通过加高培厚的施工方式提升堤身整体防护高度与结构体量,强化堤岸抵御汛期大流量水流冲击的基础能力,加高培厚量一般为0.5~1.0m。雨季填筑施工需实时关注现场土料含水状态,结合环境湿度与降水影响动态调整含水率调控工艺,让填筑土料维持适配施工的含水标准,避免雨水浸润造成土体性能不达标。露天施工区域需要布设

完善的临时排水体系,及时疏导作业面积水,搭配坡面防冲防护措施,阻挡雨水冲刷剥离表层填筑土体与施工面层。临时排水沟的纵坡需满足自流排水要求,沟底与边坡应做好防渗处理,防止排水过程中带走堤身填筑土体。施工后期开展围堰拆除作业时,需要统筹工序衔接逻辑,适配现场度汛施工安排,合理排布拆除工序与防护工序,保障河道行洪状态稳定,维持汛期施工的整体安全性^[5]。

4.3 冬季施工控制

冬季低温环境下的土方施工需严格处理冻土物料,对施工场地内产生的冻土块进行充分破碎,通过筛分作业剔除粒径不达标的冻土物料,规避冻土掺杂影响填筑结构密实度。低温工况下的混凝土施工需要优化拌合与运输环节管控,布设配套保温防护措施,减缓拌合物料热量散失速度,维持混凝土物料稳定的拌合性能与和易性。砌石作业所用砂浆需要添加适配防冻辅料,优化砂浆低温凝结性能,避免低温环境引发砂浆冻结失效,保障砌石结构的粘结牢固度。填筑施工完成的作业面层需要及时铺设保温覆盖材料,落实常态化养护管理,阻隔低温气流对填筑土体的冻结影响,维持填筑结构成型稳定性,满足冬季堤岸施工的质量标准。

结束语

堤防护岸工程施工涵盖结构选型、材料管控、填筑压实与专项防护等多个技术环节,各工序之间紧密衔接,施工质量直接关系到河道防洪安全与工程长期运行稳定。坡式、墙式与坝式护岸各有适用条件,填筑碾压与护脚砌筑等关键工序需严格执行工艺标准,汛期、雨季与冬季等特殊工况下的施工管控尤为关键。通过落实全过程质量检测与隐蔽工程验收制度,配合季节性施工工艺的灵活调整,能够有效保障堤防护岸工程的施工品质与结构安全。

参考文献

- [1] 张钦. 水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术[J]. 工程建设与设计,2026(3):179-181.
- [2] 杨波,薛静,周洁,等. 水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术要点[J]. 水上安全,2024(6):88-90.
- [3] 韦乐旺. 水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术要点[J]. 现代装饰,2025(3):235-237.
- [4] 孙景新. 水利水电工程中的堤防护岸工程施工技术要点[J]. 城镇建设,2023(15):205-207.
- [5] 王奇锋. 水利工程中堤防护岸工程施工技术探讨[J]. 农业开发与装备,2024(5):112-114.