

航道整治工程中抛石基床施工质量控制

谢立霞

广东省北江航道事务中心清远航道所 广东 清远 511515

【摘要】：本文结合已竣工北江江湾腩浅段整治建筑物维护丁坝加固扩建工程实例，项目主体为坝体抛石、护岸抛石，配套增设补强抛石基床。文章梳理基槽开挖、石料抛投、夯实整平整套施工流程，从原材料、施工过程、成品验收搭建完整质控体系，明确各项检测标准，结合同类内河航道整治工程经验，优化管控要点，为内河老旧航道抛石补强基床施工提供实操参考。

【关键词】：抛石基床；航道整治；丁坝加固；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.047

引言

本文所称“抛石基床”，系指航道整治建筑物（丁坝、护岸等）抛石结构中承担基础支撑与抗冲刷防护功能的水下抛石层，包括新建基床和既有结构底部补强基床两种工况。其内涵较港口工程中“基床”（通常指重力式结构下的厚层抛石基础）更为宽泛，更接近于“抛石基础”或“抛石垫层”的工程含义。

近年来，国内学者围绕抛石基床施工质量控制开展了大量研究，但多集中于港口重力式码头等结构性工程，对于内河老旧航道整治中丁坝、护岸等散抛结构物底部补强基床的系统性研究尚显不足。内河航运持续发展，北江航道整治、水工加固维护项目逐年递增。抛石基床是丁坝、护岸构筑物的核心承重基础，江湾腩整治维护工程施工内容以坝体抛石、护岸抛石为主，未单独设置新建抛石基床分项，但原有丁坝长期受水流淘刷、基底掏空，旧坝翻新加固扩建必须增设补强抛石基床。北江流域径流变化大，浅滩段水流紊乱，淤泥淤积严重，回淤沉积物分布广泛。本文依托已完工江湾腩丁坝修建及旧坝翻新改造工程，结合同类内河航道整治工程经验，系统剖析老旧航道改造场景下抛石基床施工工艺与全流程质量控制要点。

1 工程概况

本次整治维护河段为二期工程，位于北江江湾腩通航浅段，为北江重点浅滩治理区段，整治河段总长4.4km，航道现状技术等级为内河Ⅲ级，设计水深2.5m、通航宽度60m，适配千吨级内河船舶通航^[1]。随着北江航运的发展、大型船舶数量的增加，船舶吃水深度超过航道维护水深2.5米（部分船舶达到2.6-3.5米），而江湾腩浅段河床地形杂乱，浅滩淤积问题突出，水文条件大幅限制现场施工时长。河床覆盖层以砂土、卵砾石为主，基床加固扩建对地基的承载与抗冲稳定性提出了较高要求。本完工项目聚焦航道整治工程中水工构筑物改造及扩建，主要开展丁坝新建和旧丁坝加长加高、破损护岸修复及全域抛石施工，坝根结构按河岸地形自然坡度，抛石坝面，抛石层下设置0.2m厚碎石垫层，边坡为河岸自然坡度略加整理

平顺，护坡高程护至坝根高程以上0.5m，总抛石量1.9万m³。在坝体底部实施水下抛石基础补强，以增强基底抗冲刷能力，基床补强施工质量是工程管控的重点环节，项目已顺利完成竣工验收。

2 抛石基床施工技术

本次丁坝加固扩建工程依托原有坝体基底布设补强抛石基床，施工选用致密石灰岩块石，石料单块重量维持10~100kg，20kg以上块石占比超80%、50kg以上块石占比超50%，碎石垫层级配2~10cm，含泥量不高于5%，剔除风化及带贯通裂隙的不合格石料。施工依托定位船与GPS设备完成水上抛投，本次施工针对北江汛期水深流急的特点，采用分层分段填筑，单层填筑厚度按0.5m控制，按照护底基床补强、坝身抛石加高、坝根护脚加固、坝头拓宽加高的顺序作业，借助三点一线法校准基槽轴线与抛筑边界，规避石料漏抛、过量堆积引发的基床受力不均问题。水下整平依托专用设备配合导轨开展，粗整平、精整平标高误差分别控制在±10cm、±5cm以内。对于补抛厚度超过0.5m或连片补抛面积超过30m²的淘刷区域，采用重锤夯实进行处理，夯点搭接宽度满足规范要求，重点夯实坝头、坝根淘刷部位，保障新旧坝体衔接紧密、整体结构稳定。见图1

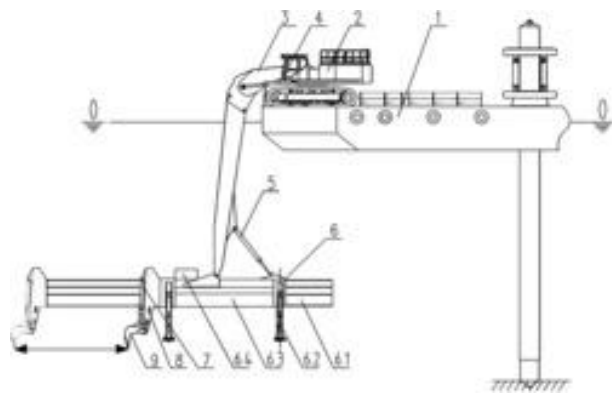


图1 水下抛石基床整平作业示意图

图注: 1-整平船船体; 2-悬吊吊架; 3-定位钢桩; 4-水下整平装置; 5-抛石基床; 6-基槽底面

3 抛石基床施工质量控制要点

3.1 原材料进场质量控制

石料进场检验工作全程依照《水运工程质量检验标准》(JTS 257-2008)执行,按规范规定的检验批次开展质量检验。厂家出具的材质检测报告需在石料进场前完成核验,施工现场对进场石料进行随机抽样检测。结合北江航道整治工程经验,对本项目补强抛石基床石料性能参数作出如下要求:坝体下部承重基床抛石饱水抗压强度不低于 40MPa,坝头、护岸等关键抗冲区域表层抛石及配套基床块石饱水抗压强度不低于 50MPa。所有进场石料均逐车次完成外观状态与质量指标核查,风化、片状、裂隙类不合格石料禁止投入施工现场。现场通过称重管控单块石料重量规格,确保满足设计级配要求。坝根护坡下部基床施工前铺设 0.2m 厚、级配 2~10cm 的碎石垫层【4+L49】。各批次碎石含泥量以水洗试验方式检测,含泥量不得超过 5%【4+L49】,超标碎石须经处理达标后方可使用。进场石料分区独立堆放,硬化防渗的堆放场地设置排水坡度,避免二次污染。现场完善进场管理台账,如实登记石料批次、数量、检测数据及对应施工区段等关键信息^[2]。

3.2 施工过程质量控制

工程基槽清淤修整、坝体与护岸水上抛石、基床补强夯实、床面整平全部施工工序,均参照《水下抛石基床振动夯实及整平施工规程》T/CWTCA10036-2024 开展质量管控。施工重点处理原有丁坝基底冲刷坑与淤泥夹层结构缺陷,清淤修整完成后可采用多波束测深设备或水准仪测量等方式检测槽底标高,按规范要求的断面间距和测点密度开展检测,槽底开挖修整误差满足设计及规范要求。作业人员通过水下全域排查方式清理坝基浮泥、硬质杂物及回淤沉积物,基底工况核验达标后开展抛石基床补强作业。石料水上抛投依托差分 GPS 定位网格开展,结合现场水深、流速调整施工用料,单层填筑厚度严格控制在 0.5m 以内。适配北江汛期水文条件,流速较大时暂停抛投作业,避免高速水流导致的石料漂移和抛投定位偏差。现场夯点采用梅花形布置(施工常用布点方式),严格把控夯击参

数与沉降指标,坝体淘刷区域补抛厚度较大或连片补抛面积较大的区域均进行二次夯实,保证抛石结构整体受力性能。基床整平分两级精度管控,粗整平误差不超过 $\pm 15\text{cm}$,精整平误差控制在 $\pm 5\text{cm}$,碎石混合料填充块石缝隙,消除基床架空、坝体脱空隐患。项目落实三级质检模式与监理旁站制度,施工方案审批完成后对接海事、航道部门布设助航设施,依规开展通航避让工作,各类施工及水文监测资料每日归档留存。

3.3 成品检测与验收控制

补强抛石基床成品检验与分项竣工验收依照《水运工程质量检验标准》(JTS 257-2008)执行。动力触探试验作为基床密实度主要检测手段,检测点位布设密度按规范要求执行,探测深度穿透填筑层抵达原始河床基面,实测指标符合设计标准即为合格。新旧坝体衔接区段填筑状态存疑时,辅以加密的动力触探检测开展复核,判断抛石分布均匀程度。床面标高借助多波束测深配合潜水水下探摸核验,按规范要求的断面间距和测点密度开展检测,顶面标高偏差控制在 $\pm 5\text{cm}$,实测标高不宜低于设计值,以降低后期沉降风险。采用 3m 水下靠尺检测平整度,测点竖向高差不大于 10cm,实测断面绘制成图,对比设计指标校核填筑尺寸与边坡形态。

基床布设观测点位实施分期沉降监测,按设计要求完成规定周期的沉降观测,实测沉降量满足设计及规范要求后方可认定基床结构稳定。项目采取工序验收、竣工验收两级管控,单道工序形成完整资料并经监理核验,方可开展后续施工。竣工验收联合多家参建及运维单位开展,整合全套施工检测资料并审核通过后完成项目竣工验收。

4 结语

抛石基床质控是航道坝体、护岸抛石施工的关键。江湾腩项目虽属旧丁坝加固扩建与新建丁坝相结合的工程,补强基床却直接决定构筑物长期稳定。本文依托已竣工江湾腩工程(二期)实践与同类内河航道整治工程经验,构建了适配北江内河工况的抛石基床质控体系。规范分层抛筑、多级检测可减少冲刷沉降病害,可为北江流域同类老旧浅滩抛石基床补强施工提供参考与借鉴。

参考文献:

- [1] 张华,罗许化.2000 吨级航道整治工程施工关键技术及质量控制[J].珠江水运,2025(16):32-34.
- [2] 黄雄飞.内河重力式码头抛石基床施工方法及质量控制[J].珠江水运,2023(19):25-28.
- [3] 张海伦.多波束扫测技术代替硬式扫床在航道整治工程中的应用探讨[J].港口航道与近海工程,2025,62(5):87-90
- [4] 中华人民共和国交通运输部.水运工程质量检验标准:JTS 257-2008[S].北京:人民交通出版社,2008.
- [5] 中华人民共和国交通运输部.航道整治工程技术规范:JTJ 312-2003[S].北京:人民交通出版社,2003.