

河道护底软体排铺设施工工艺优化与结构设计

赵永刚

上海东华工程咨询有限公司 上海 200083

摘要:河道护底软体排属柔性复合水工防护结构,兼具挡冲、反滤与抗滑功能。本文围绕软体排多层复合构造的力学与耐久特性展开分析,梳理传统铺设工艺在基底处理、定位展铺、拼接锚固等环节的技术短板,系统提出基底分层预处理、定位铺设精细化管控、拼接锚固协同强化及配套设备升级等优化路径,并从整体构型、单元模块、防护加固及复杂工况适配四个维度开展结构设计,为河道护底工程施工品质与结构服役可靠性的同步提升提供技术支撑。

关键词:河道护底;软体排;施工工艺优化;结构设计;铺设技术

引言:河道护底工程关乎河势稳定与堤防安全,软体排凭借柔性贴合、反滤固土等特性已在多种河床防护场景中得到广泛运用。但传统铺设工艺受人工操作精度低、基底处理粗糙、拼接锚固薄弱等问题制约,防护体系整体性能难以充分释放。围绕软体排基础构造与适配特性展开分析,并针对施工全流程实施系统性工艺优化与结构设计,对于提升河道护底工程施工品质与结构服役可靠性具有现实意义。

1 河道护底软体排基础构造与适配特性

1.1 软体排基本构造组成

河道护底软体排为复合型水工防护结构,整体结构依托多层材料复合成型,各结构层承担专属防护与受力功能。排布表层采用高强度织物材料,整体结构具备致密的纤维编织肌理,能够阻隔河道水流直接冲刷河床土体,削弱水体紊动对基底泥沙的扰动作用^[1]。中间填充层依托颗粒或絮状填充材料提升整体厚度与自重,有效增加结构稳定性,抵御水流冲击带来的结构位移。底层选用透水反滤织物材料,可实现水体正常渗透排出,阻挡河床细小土体颗粒流失,维持河床基底土体结构的完整性。边缘设置连续式连接结构,保障单片软体排可实现有序拼接,形成整体连片防护体系。配套锚固构件与主体结构紧密结合,辅助整体结构贴合河床基面,保障防护结构整体成型效果。

1.2 软体排材料力学与耐久特性

软体排制备所用材料需适配河道长期水下服役环境,具备稳定的力学性能与耐久性能。材料拉伸强度可抵御水流剪切力与河床形变产生的拉扯作用,结构受力过程中不会出现撕裂与破损问题。材料整体韧性表现良好,可顺应河床轻微形变调整自身形态,维持结构整体完整性。抗磨损性能可应对河道泥沙长期摩擦冲刷,延缓结构表层损耗速度。耐老化性能适配自然环境温度与

湿度变化,降低长期水下浸泡、紫外线交替作用带来的材料性能衰减。抗腐蚀性能可规避河道水体中各类杂质对材料的侵蚀破坏,长期服役过程中保持稳定的结构形态与防护性能。

1.3 河道护底工况下软体排适配要求

河道水流运动状态与河床地形条件对软体排应用状态形成直接约束。软体排结构形态需要适配河道不同区段的基面形态,贴合凹凸变化的河床基底,消除结构悬空空隙。防护体系需要适配河道常态水流与动态水流变化,依托自身结构自重与整体强度维持铺设状态的稳定性。反滤性能需要匹配河床土体颗粒粒径特征,平衡透水与固土的功能需求,杜绝基底土体渗漏流失。结构整体柔性需要适配河道水文周期变化,应对河床轻微冲刷与淤积形变。拼接与锚固结构需要适配大面积铺设施工需求,保障连片防护结构的整体性与密闭性,持续维持河道基底防护体系的稳定运行状态。

2 河道护底软体排传统施工工艺剖析

2.1 软体排铺设常规施工流程

河道护底软体排传统铺设施工依托固定工序循序推进,整套作业体系贴合常规河道基底防护作业模式。施工前期开展河床基面处理作业,清理作业区域内淤积杂物与凸起土体,清理深度一般控制在100~200 mm,规整河床表层形态,营造平整的施工基底环境^[2]。基面处理完成后开展测量放线作业,标定软体排铺设范围与作业基准,定位偏差允许范围为 ± 300 mm,为后续铺设作业提供作业依据。施工设备进入预定作业区域完成就位调试,保障作业设备运行状态适配现场施工条件。软体排材料完成现场规整与展开作业,按照预设铺设方位完成初步摆放调整。开展逐层铺设与对位调整作业,让防护结构贴合河床表层形态。完成结构拼接与固定作业,强化整体结构的连接紧密程度。作业收尾阶段开展表层修整作

业,规整整体铺设形态,保证防护结构贴合河道基底布设标准。

2.2 传统铺设施工关键工序技术要点

河床基面修整作业把控基底平整度与密实度,控制表层土体松散程度,降低基底形变对防护结构铺设状态的干扰。测量放线作业依托常规水工测量方式把控布设精度,保障铺设区域边界与轴线位置符合施工布设标准。设备调试作业校准作业参数,稳定设备运行状态,保障铺设作业的平稳推进。软体排展铺作业控制展铺速度与舒展程度,避免结构出现褶皱、扭曲等形态问题,维持结构铺设的平整状态。结构拼接作业把控搭接宽度与贴合程度,提升结构衔接的紧密性,减少缝隙空洞产生。锚固固定作业把控布设位置与紧固力度,让防护结构与河床基底保持贴合状态,提升整体布设稳定性。表层修整作业微调局部结构形态,消除布设偏差,统一整体铺设施工质量标准。

2.3 传统施工工艺存在的技术短板

传统施工工艺整体作业精度把控水平有限,人工干预环节较多,容易产生布设位置偏差,难以适配精细化河道防护施工需求。基面处理作业仅完成表层规整处理,无法改善深层基底土体稳定性,后期河道水体作用下易出现基底变形问题,影响防护结构服役状态。展铺作业对水流环境适配能力较弱,水体流动会干扰结构舒展过程,造成表层褶皱与局部悬空问题。拼接施工精度管控水平不足,搭接区域密实度存在差异,容易形成薄弱区域,降低防护体系密闭性能。锚固布设方式较为单一,固定力度难以适配复杂河床工况,结构抵御水体冲刷的能力存在局限。整套作业流程精细化程度不足,各工序衔接质量缺乏精准管控,整体施工质量均匀性难以得到长效保障。

3 河道护底软体排铺设施工工艺优化

3.1 基底预处理工序优化

基底预处理作业是保障软体排铺设贴合度与服役稳定性的基础环节,针对传统表层规整模式的不足开展系统性工艺升级。优化作业模式摒弃单一表层清理方式,对河床作业区域开展分层规整处理,清除表层浮动淤泥与松散土体的同时,对基底松软土层进行压实固化处理。细化河床坡面修整标准,平缓局部突兀地形,弱化基底地形起伏对铺排结构的牵拉作用^[3]。引入精细化清污作业标准,彻底清除河床内部残留杂质与硬质凸起物体,规避硬质结构挤压造成的软体排破损问题。调整基底处理作业时序,结合河道水文变化规律选定适宜作业时段,降低水体扰动对基底规整效果的干扰。优化后的

预处理模式能够提升河床基底整体均匀性,为后续软体排铺设提供稳定平整的作业基面,从源头减少铺排悬空、褶皱等施工问题。

3.2 软体排定位与铺设工序优化

定位与铺设工序的优化聚焦提升布设精度与环境适配能力,弥补传统施工精度不足、抗干扰能力薄弱的问题。升级现场定位作业模式,细化平面布设与高程控制标准,提升整体布设规整度,弱化人工操作带来的位置偏移问题。调整软体排进场与摆放方式,根据河道作业区域形态调整材料展放姿态,让结构形态适配河床基面走势。改良水下展铺作业方式,适配浅水区与深水区不同作业环境,降低水流扰动对展放作业的影响。规范铺排作业节奏,稳定展放速度,让软体排逐步贴合河床基面,有效规避结构扭曲、堆积等施工缺陷。精细化管控铺设全过程的平整状态,及时修正细微偏差,保障整体铺设形态均匀规整。

3.3 软体排拼接与锚固工艺优化

拼接与锚固结构决定软体排防护体系的整体性与抗冲稳定性,针对性优化施工操作标准与作业模式。统一拼接施工操作规范,细化搭接施工的工艺标准,均衡各拼接区域的贴合紧密程度,消除局部薄弱结构区域。改良拼接贴合处理方式,强化拼接位置的密封性能,阻断水体渗透通道,提升整体防护体系的密闭性。升级锚固施工体系,丰富锚固布设形式,结合河床地形与水流环境调整锚固布设密度与施工方式。强化锚固施工的紧固管控,提升锚固结构与河床基底、软体排主体的结合强度,降低结构位移与脱空风险。优化后的工艺模式可有效提升连片软体排的整体协同受力性能,适配长期河道水流冲刷环境。

3.4 施工配套设备与操作方式优化

施工设备与操作模式的升级能够全面提升铺排施工的精细化水平与作业效率。更新传统简易施工设备体系,适配精细化铺排施工需求,提升设备作业平稳度与操控精准度。调整设备作业参数适配不同河道工况,优化水下作业设备运行状态,提升复杂河床环境的作业适配性。改良现场人工辅助操作模式,规范设备操作流程,统一现场作业执行标准,降低人为操作误差带来的施工质量问题。优化设备组合作业模式,匹配各施工工序的作业需求,提升各施工环节的衔接流畅度。设备与操作方式的整体优化可有效改善传统施工质量参差不齐的问题,持续提升软体排铺设施工的整体品质。

4 河道护底软体排新型结构设计

4.1 软体排整体结构构型设计

软体排整体结构构型依托河道护底的长期防护需求开展创新设计,突破传统单一平面结构的布局局限。结合河床基底自然形态走势调整整体结构轮廓,优化平面布设形态,提升结构与河道基面的贴合程度。合理分配结构各区域厚度与自重配比,平衡整体荷载分布状态,让防护结构均匀承接水体冲刷作用力^[4]。优化多层复合结构的叠加形式,理顺各功能层的排布逻辑,强化结构整体协同工作能力。调整外轮廓边角的结构形态,弱化水流绕流产生的局部负压作用,减少水流对结构边缘的淘刷影响。全新构型设计能够适配常规河道基底的平整布设场景,提升基础防护体系的结构稳定性与形态完整性。

4.2 软体排单元模块结构设计

单元模块是软体排连片布设的核心组成部分,模块化结构设计侧重提升施工灵活性与结构适配性。规范单体模块的尺寸规格,统一标准化结构形制,满足规模化铺设施工的装配需求。优化模块内部纤维编织肌理,提升单体结构的整体致密性与受力均匀度,规避局部受力不均引发的结构变形。调整模块边缘连接构造,优化衔接部位的结构形态,为连片拼接提供稳定的结构基础。细化模块功能分区设计,让单一体块兼顾透水反滤、抗冲防护与形态适配的多重功能。标准化模块结构可以降低现场布设难度,提升多块体组合铺设的规整度,保障整体防护体系的成型质量。

4.3 软体排防护与加固结构设计

防护与加固结构设计聚焦提升软体排抗冲刷能力与长期服役耐久性能,弥补传统结构抗磨损、抗变形性能不足的短板。增设表层耐磨防护构造,提升外层织物的抗撕裂、抗摩擦性能,削弱水流裹挟泥沙持续摩擦冲击带来的结构损耗。调整内部加筋构件的布设密度与排布路径,强化结构整体抗拉与抗变形能力,抵御河床轻微形变、水流剪切荷载带来的结构破坏。强化结构边缘防护构造,提升边界区域的结构强度,减少水流侧向淘刷引发的结构脱空、翻卷、移位等常见病害。优化压载加固结构的布设形式,提升整体自重稳定性,增强结构在动态水流环境中的贴合状态。多重加固结构相互配合,全方位提升软体排在复杂水文环境中的服役能力,有效

延长防护结构的服役年限,维持河道基底防护效果的持续性。

4.4 适配复杂河道工况的结构改良设计

复杂河道区域存在地形起伏多变、水流动力较强的作业环境,常规软体排结构难以适配特殊工况条件。针对性改良结构柔性适配性能,优化整体形变调节能力,顺应不规则河床的地形变化,减少结构悬空与应力集中问题。强化结构抗冲击性能,调整关键受力区域的结构配置,适配强水流动力作用的作业场景。优化特殊区域的密封防渗构造,提升复杂工况下防护体系的密闭性,抑制基底土体渗漏流失^[5]。改良局部补强结构设计,针对河道弯道、深浅交接等特殊区段优化结构形制,提升特殊部位的防护适配能力。改良后的结构体系能够覆盖多样化河道工况,拓宽软体排护底技术的适用场景。

结束语

软体排铺设施工工艺的优化涉及材料、结构、工序与设备多个维度,是一项需要系统推进的技术工程。围绕基底预处理、定位展铺、拼接锚固及配套设备等关键环节实施针对性改良,能够有效弥合传统工艺中精度管控不足、环境适配能力薄弱等技术缺口,使防护结构整体性能获得实质性改善。结构设计与施工工艺的协同推进,构成软体排在复杂河道工况下长期稳定服役的根本保障,也是河道护底技术持续精进的核心方向。

参考文献

- [1]黄柏雄.水下不分散混凝土修复河道护底应用技术探讨[J].珠江水运,2023(23):18-20.
- [2]李齐林.河道底泥原位改性固化土生态护岸施工技术[J].建材与装饰,2024,20(16):157-159.
- [3]孙即梁,田旭,董家晏,等.原位固化技术在河道底泥资源化建设生态护岸中的应用[J].净水技术,2022,41(z1):226-230,295.
- [4]徐一尧.疏浚底泥的原位生态护岸技术在河道治理中的应用研究[J].城市道桥与防洪,2025(5):192-196.
- [5]邹晓华,汤利成,朱文博,等.生态护坡技术在河道堤防中的应用与效果评估[J].工程机械与维修,2025(6):77-79.