

模袋混凝土护坡技术在港口航道整治工程中的应用

孟帮鹏

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610036)

摘要 港口航道作为水上运输的核心基础设施, 其岸坡稳定是保障通航安全的前提条件。在各类护坡工艺中, 模袋混凝土施工简便, 抗冲刷能力优异, 十分适配航道复杂的水文环境, 在港口航道整治工程中应用广泛。基于港口航道现场施工实际情况, 本文阐述了模袋混凝土护坡的实际应用价值, 归纳了整套现场施工操作流程, 以期为同类型水运护坡施工提供参考, 进一步优化航道整治施工质量, 保障岸坡长期稳固, 降低后期运维风险。

关键词 模袋混凝土; 港口航道; 整治工程; 护坡技术

中图分类号: U656.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.22.039

0 引言

伴随国内水运交通不断扩容升级, 行业对于港口航道通航承载力、通航安全性的管控标准愈发严格。天然状态下的航道岸坡裸露在外, 长期经受波浪拍打、水流冲刷, 土体容易出现松动、渗漏, 严重时会发生坍塌病害, 直接缩减航道使用年限。以往航道整治常用干砌片石、预制混凝土块、现浇硬护坡等工艺, 这类老式护坡普遍存在拼接缝隙大、整体性差、水下施工难度高、造价偏高的问题, 尤其在水位变动频繁、水流紊动明显的港口区域, 传统护坡极易出现砌块松动、坡面掏空等病害, 后期维护压力极大。模袋混凝土护坡采用柔性土工模袋作为外壳, 现场泵送混凝土成型, 整体性良好。该技术适配野外复杂施工环境, 无需大规模围堰截流, 水上水下均可连续施工, 施工节奏快, 人为可控性强, 能够有效抵御水流、波浪对坡体的侵蚀破坏, 综合使用效果较好, 也是目前港口航道改建、升级工程中主推的护坡工艺。

1 模袋混凝土护坡技术在港口航道整治工程中的作用

1.1 提升岸坡整体稳定性

对比传统护坡方式, 模袋混凝土成型后整体连贯性更好, 能够切实提高岸坡稳定性。模袋多采用高强度聚酯土工织物织造, 编织结构致密且具备适度透水性, 灌注混凝土过程中, 多余水分可透过织物缝隙向

外渗出, 有效降低混凝土内部水灰比, 加快凝固速率, 进一步提升混凝土密实度与后期强度。模袋对内部混凝土形成约束包裹, 固化后在坡面形成坚固防护层, 可有效分散波浪荷载与水流冲击力, 减少外力对坡体的直接破坏。不同于硬性混凝土护坡, 土工模袋自带柔性, 即便岸坡出现微小沉降、形变, 护坡结构也不会轻易开裂脱落, 最大程度保持坡面完整, 适配航道土体自然沉降特性。航道水域流速不定, 波浪反复冲刷坡脚, 若无防护措施, 很容易出现土体流失、局部塌方。模袋混凝土可以对坡脚形成持续性防护, 保障通航船舶行驶安全。同时, 该结构抗压能力较强, 能够承受船舶航行产生的侧向水压, 长期抵抗水流冲刷, 维持岸坡原有形态, 从运维角度来讲, 也能减少后期修补频次, 节约工程养护成本。除此之外, 模袋混凝土能够紧贴原始岸坡土体, 和地基形成统一受力整体, 避免局部受力过大造成的破损问题, 延长工程使用年限。该工艺一次性成型、无拼接缝隙, 能阻碍水体渗入坡体内部, 防止土体泡水软化诱发滑坡。针对我国多数水位季节性波动较大的航道, 该护坡可以耐受干湿交替环境, 适应水位变动带来的结构应力, 坡面稳定性表现优异。

1.2 增强防渗性能

本次工程选用的土工模袋材质致密, 具备不错的隔水能力, 可阻隔地表水、地下水渗入坡体, 防止土体软化、承载力衰减^[1]。再加上内部灌注的密实混凝土

作者简介: 孟帮鹏 (1991-), 男, 本科, 研究方向: 港口与航道工程。

土层,两种材料相互配合构成双重防渗屏障,大幅提高岸坡防渗能力。实际施工中发现,岸坡渗漏不仅会弱化坡体结构,还会扰动周边地下水位,对沿线植被、临建设施造成不利影响,而模袋混凝土可以较好地解决这类渗漏通病,延长工程使用寿命。施工过程中,技术人员通过把控铺设平整度、控制混凝土灌注密实度,减少空洞、缝隙等施工缺陷,从源头降低渗漏概率。密实的防护层能够牢牢固定坡脚土体,避免水流掏空基底。对于沿海航道工程,模袋混凝土还能抵抗海水盐分侵蚀,降低海水倒灌、地下水污染等问题,兼顾工程防护与生态保护,综合效益更高。除此之外,模袋织物本身耐腐蚀、抗老化,长期浸泡在淡水、海水中不易发生材质劣化,适配港口高盐、高湿的恶劣施工环境,对比普通砖石护坡,使用寿命可延长 2 倍以上,长期经济性优势十分明显。在现场实操中,岸坡防渗最容易忽略坡脚衔接位置,此处常年被水体淹没,渗水隐患最高。施工人员需针对性加强坡脚模袋密封处理,压实周边封堵材料,避免形成渗水通道。良好的防渗结构不仅保护岸坡,还能减少水体杂质沉积,维持航道水质干净,贴合当下水运工程生态施工的基本要求。

2 模袋混凝土护坡技术在港口航道整治工程中的应用方法

2.1 精准测量放样,做好施工前期准备

正式动工前,技术人员需要熟读施工图纸,明确护坡施工范围、坡度、高程等核心参数,反复核对确保数据无误^[2]。提前清理作业区域内的石块、杂草等障碍物,平整场地,规避杂物干扰测量精度。本次测量选用全站仪、水准仪等专业设备,结合现场地形布设控制点,点位要求均匀分布、基础牢固,为后续放样工作提供精准基准。控制点布设完成后,逐一放出坡脚线、坡顶线以及护坡边线,采用木桩做好标记,同时标注高程数据,保证放样位置贴合设计图纸。坡面坡度采用水准仪搭配卷尺校核,逐点测量比对,及时校准偏差。放样工作完成后,做好数据记录与归档,为后续施工、验收提供参考依据。除测量放样以外,前期还需做好材料筛查、设备检修工作。所有进场模袋、辅助材料必须符合施工标准,优先选用抗拉伸、耐老化、透水性适中的工业土工模袋,进场前抽检外观厚度、抗拉强度,杜绝残次品入场。提前调试搅拌、泵送等机械设备,排查故障隐患,防止施工中途停机误

工。同时,结合施工工期、水文潮汐情况编排施工计划,尽量避开汛期、大风大浪天气,选择水流平缓的窗口期开展坡面施工,最大限度降低自然水文条件对施工质量的干扰。

2.2 基底整平压实,强化岸坡基础处理

放样验收合格后,着手开展基底修整和压实作业,优化坡面基础条件,为模袋铺设、混凝土灌注打下良好基础^[3]。基底施工质量直接决定护坡成型效果,施工流程必须严格遵从行业规范。首先清理坡面范围内的树根、淤泥、腐殖土等劣质土层,彻底清除不稳定杂质。清理方式采用人机配合,平缓区域人工精细化处理,陡坡及大面积区域使用挖掘机施工,在不破坏原状土体的前提下,提升清理效率。杂质清理完毕后,按照设计高程修整坡面,去除凸起部位、填补凹陷区域,保证坡面平整无积水。整平过程中持续检测坡度、高程,发现偏差立刻调整。针对松散浮土,采用人工夯实加固,保证基底密实度达标,整平验收合格后方可进入压实工序。结合土质差异选用压实设备:黏性土地基采用压路机低速碾压,均匀压实,严控漏压、重压;砂性土基底适配振动压路机,利用振动挤压缩小砂土孔隙,提高基底密实程度,保障地基承载力。压实过程中随时抽检压实度,一旦出现弹簧土、翻浆等不良土质,必须挖除换填,重新碾压,坚决杜绝隐蔽质量隐患,为后续模袋铺设打造稳定、均匀的土质基底。

2.3 规范模袋铺设,确保定位牢固可靠

基底验收合格后,开始铺设模袋。施工前先检查模袋外观,排查破损、漏孔等问题,结合护坡实际尺寸裁剪,合理预留搭接长度,保证切口平整。结合岸坡坡度确定铺设顺序,工程内一般采用自上而下铺设方式,规避模袋下滑错位。铺设时将模袋平铺贴合坡面,人工调整平整度,消除褶皱、悬空问题;陡坡地段增设固定构件,专人旁站把控铺设质量。严格把控模袋搭接宽度,采用高强度绑绳、缝合线加固搭接位置,绑扎力度适中,既要防止灌注漏浆,也要保留模袋柔性。模袋摆放到位后,在坡顶、坡面、坡脚布设钢筋桩或木桩,利用绳索拉紧固定,杜绝松动位移。坡面边缘缝隙采用黏土、水泥砂浆封堵,进一步规避漏浆隐患。铺设完工后,全面核查模袋位置、搭接长度、固定情况,但凡出现破损、褶皱、松动问题,必须当场整改返工,验收合格才能进行混凝土灌注。施工现场常见模袋滑移、起鼓、贴合度差等问题,大多是固定桩间距不合理、

铺设拉力不足导致,现场需结合坡面坡度微调固定密度,在陡坡位置加密锚固点位,保证整体铺设稳定性。在实际施工现场,还要格外注意施工时段的风力影响,露天岸坡作业风荷载较大,大风天气容易吹起轻薄模袋,造成贴合错位。施工人员可选择无风或微风时段铺设,铺设过程中多人配合牵拉,均匀把控模袋张力。另外,铺设时要避开尖锐石块、硬质凸起,防止模袋被硬性划破。全部铺设完成后,技术人员要逐段排查边角、搭接处等薄弱位置,这类区域最容易出现密封不严的情况,提前做好加固封堵,能从源头规避后期灌注漏浆、坡面空鼓等质量通病,为后续混凝土灌注施工筑牢基础。

2.4 优化砼配合比,严控灌注施工质量

模袋铺设验收通过后,开展混凝土泵送灌注作业。为保障成型质量,需提前优化混凝土配合比,在试验基础上确定原材料掺量。模袋混凝土区别于普通现浇混凝土,要求流动性高、黏度适中、不易离析,因此通常掺入适量引气型高效减水剂,在不增加用水量的前提下提升流动性能,同时强化混凝土抗冻、抗渗耐久性能,适配港口干湿交替、海水侵蚀环境。施工人员平衡流动性和易性与结构强度,同时满足防渗要求,避免出现离析、泌水等不良现象。搅拌时严格遵循投料顺序,先干拌砂石、水泥,再加水与外加剂,把控搅拌时长^[4]。搅拌完成后检测坍落度,不达标的混凝土需及时调整配比,严禁不合格用料进场施工。合格混凝土利用泵送设备输送至作业面,泵送前疏通管道、检查设备工况。泵送过程放缓输送速度、控制输送压力,防止模袋受压破裂或是混凝土离析。出料口对准模袋进料口缓慢注浆,及时排出内部气泡,保证填充密实。工作人员全程盯控模袋膨胀状态,灵活调整灌注节奏。陡坡区域采用分层灌注,待下层混凝土初凝后再浇筑上层,保证层间黏结牢固。灌注期间搭配振捣棒轻微振捣排气,注意振捣棒不得直接触碰模袋,防止刺破土工材料。灌注达到设计高程后,清理表面多余混凝土,人工修整坡面外观,保障护坡成型规整美观。

2.5 加强成品养护,严格落实验收标准

混凝土灌注完成后,需第一时间开展养护作业,结合现场气温、湿度制定养护方案,保障混凝土强度稳步增长。在模袋表层铺设土工布保湿隔热,减少水分蒸发,预防收缩裂缝。天气高温干燥时,增加洒水频次;低温环境下加盖保温棉被防冻,洒水时降低水

流冲击,避免破坏未固化的坡面结构。养护期间封闭施工区域,设置警示标识,禁止人员、车辆碾压坡面。定期制取混凝土试块,检测抗压、抗渗指标,确保强度满足设计要求。严格按照规范把控养护周期,混凝土强度达标后,拆除固定构件与养护覆盖材料^[5]。清理坡面污渍、杂物,保持护坡外观整洁。工程验收前,整合测量记录、材料检测报告、施工日志等全套资料,参照行业验收标准逐项核查,确保工程质量合规达标。结合本人多年航道施工经验,模袋混凝土护坡施工虽工艺简单,但对细节管控要求极高,放样精度、基底压实、模袋锚固、灌注压力、养护保湿任一环节把控不到位,都会造成后期坡面起鼓、开裂、渗漏。因此在实际工程中,必须强化现场技术交底,落实全过程质量管控,依托精细化施工方式,最大化发挥模袋混凝土护坡的工程优势,为港口航道长期安全通航提供坚实保障。验收时全面检测护坡外观质量及混凝土强度及防渗性能,外观上检查表面平整光滑,无裂缝破损和漏浆,并对强度与防渗性能采用专业设备抽样检测。对验收中发现的问题及时整改,施工人员要在整改完成后重新验收直至合格,验收合格后形成验收报告留存归档,确保工程质量可追溯。

3 结束语

在实际工程施工中,施工人员需全面踏勘工程现场,精准掌握地形地貌、水文条件、周边环境等实际情况,以此为基础灵活调整模袋混凝土护坡技术的施工参数与作业方式,严格遵循施工规范和设计要求,严控施工质量,规避各类施工隐患。未来,随着工程技术的不断发展,模袋混凝土护坡技术将进一步优化完善,为港口航道整治工程的高质量发展提供更有力的技术支撑,推动我国水上交通运输事业持续健康发展。

参考文献:

- [1] 周宏.航道整治工程中模袋混凝土护坡施工技术分析[J].运输经理世界,2025(24):151-153.
- [2] 朗正泽.基于生态理念的河道防护工程加固技术研究[J].珠江水运,2025(06):56-58.
- [3] 刘曼曼.航道治理工程中模袋混凝土护坡施工技术的应用[J].四川水泥,2025(02):123-125.
- [4] 冯德新.模袋混凝土护坡技术在南江河道整治中的应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(11):105-108.
- [5] 刘振平.模袋混凝土护坡技术在某河道加固工程的应用研究[J].产业科技创新,2024,06(03):50-53.