

水运工程项目安全管理工作难点及解决策略

庞丽雯

连云港市港航事业发展中心，江苏连云港，222000；

摘要：水运工程作为国家基础设施建设的关键领域，在推动经济发展、促进区域交流以及保障能源运输等方面发挥着不可替代的重要作用。凭借其运能大、成本低、污染小等显著优势，水运成为综合运输体系中至关重要的一环。在水运工程项目中，安全管理处于核心地位，是项目顺利推进、人员生命财产安全得以保障的基石。基于此，本文就水运工程项目安全管理工作难点及解决策略进行简要探讨。

关键词：水运工程；安全管理；难点

DOI：10.64216/3080-1508.25.12.074

1 研究背景

水运工程具有交通基础设施建设投资规模大、建设周期长、作业环境复杂等特点，同时还涉及的水运工程项目种类较多，诸如港口码头、航道疏浚、跨海桥梁、船闸枢纽等。近年来，由于国家积极推进“交通强国”与“海洋强国”战略，我国水运工程项目建设方面也有很大的成绩表现出来，在此期间全国水运建设固定资产投资总额突破 1.2 万亿元，增长幅度为 8.5% 左右，还有一大批超深水码头和大型航道整治工程等项目均陆续开工建设。但是随着我国水运工程项目建设进展的不断深入，我国水运工程建设存在的安全问题仍是制约我国交通运输事业发展的顽疾。据交通运输部发布《2024 年交通运输行业发展统计公报》中，近五年间，我国全国各类水运工程建设共计发生生产安全事故 132 起，死亡 156 人；从事故的主要类型来看，高处坠落、物体打击、溺水以及船舶碰撞事故占到了将近 70% 的比例；具体到其中一方面的直接原因就是项目生产环节出现故障。

2 水运工程项目安全管理的核心难点

2.1 作业人员在工作中安全意识不足，常出现违章行为

水运工程项目的作业人员众多，包含了农民工、技工、船员以及特种作业人员（起重工、潜水员）等等。其中农民工占大多数。农民工的文化程度普遍较低，且安全培训的覆盖面不够广，“三违”现象突出（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律），比如码头梁板吊装作业，有些工人为了省事省力在起吊作业过程中不按照规程系挂安全带或者私自拆除了相应的安全防护设施；还有例如航道疏浚作业过程中，个别船员超载运输或者驾驶无证船舶造成船舶倾覆事故等问题频发。

2.2 自然环境恶劣，安全风险不可控性强

1) 气象因素。沿海地区每年遭遇 6-8 次台风袭击，强风会导致起重机械倾覆、施工船舶漂移；内陆航道项目则面临暴雨引发的洪水、雷电灾害，某航道整治项目曾因雷电击中临时用电线路，引发配电箱起火，烧毁 3 台施工设备。

2) 水文因素。潮汐、水流、波浪对水上作业影响极大，在码头沉桩作业中，突发涌潮会导致桩身倾斜，增加沉桩难度；在水下开挖作业中，水流速度超过 1.5m/s 时，会导致泥沙回淤过快，引发基坑坍塌。

3) 地质因素。沿海地区多软土地基，在码头岸壁施工中，易出现基坑边坡失稳、桩基沉降超标；内河航道项目常遇到溶洞、孤石等复杂地质，钻孔灌注桩施工中因未提前探明地质情况，导致钻头卡钻、孔壁坍塌事故。

2.3 技术管理难点：技术复杂性高与风险管控滞后

随着水运工程向“深水化、大型化、智能化”发展，新技术、新工艺、新设备广泛应用，但与之配套的安全风险管控技术尚未成熟：

1) 深水码头建设。超深水集装箱码头（水深超 20 米）采用沉箱重力式结构，沉箱单体重达 5000 吨，吊装过程中需精准控制潮汐、水流对沉箱姿态的影响，若吊装模拟计算不准确，易导致沉箱倾斜、缆绳断裂。某深水码头项目曾因未考虑突发涌浪影响，沉箱在吊装就位时发生侧移，撞击岸壁结构，造成沉箱裂缝。

2) 智能化施工设备。随着无人疏浚船、BIM 技术、无人机巡检等智能化设备被项目广泛使用，操作人员对设备的安全控制逻辑仍很陌生，极易造成安全控制盲区。如某航道项目使用无人疏浚船进行作业过程中由于操作人员没有及时更新电子航道图，致使无人疏浚船偏离

航线碰撞水下礁石从而损毁挖泥机具的情况出现。

2.4 管理体系难点：制度不健全与执行不到位双重制约

1) 防护设施方面。某航道项目约 35% 的项目临边防护栏杆采用废旧钢管焊接，强度不足；码头作业平台的防滑垫磨损严重，未及时更换，导致工人滑倒摔伤；潜水作业使用的空气压缩机未配备压力安全阀，存在高压空气泄漏风险。

2) 应急装备方面。某航道项目的 40% 未按要求配足相应的水上救生设施（救生艇、救生筏、救生圈）；某港口项目仅仅配备了 2 艘救生艇，不能满足 50 人的应急撤离需要；应急通信设备（甚高频对讲机、卫星电话）不到位，在台风期间，手机信号中断后，现场和指挥部之间无法取得联系。

3) 监测设备方面。某航道项目中只有不到四分之一的项目有起重机械的安全监控装置（如力矩限制器、高度限位器）并且有些设备没有经过校准，所以无法保证数据的准确性；另外没有水下机器人（ROV）探查水下障碍物，使得不能提前排障，对潜水员带来危险。

3 水运工程项目安全管理难点的解决策略

3.1 通过构建“分层分类”的安全培训体系来加强工作人员的安全意识

1) 针对农民工，运用“理论+实操+案例”的培训方式：理论培训中将“三违”行为危害及个人防护用品（安全带、救生衣）的正确使用方法（安全带的系挂、救生衣的穿戴）作为重点，实操培训以模拟作业场景为例，在模拟环境搭建中开展演练（如：模拟码头临边、船舶甲板），案例培训以播放事故发生案例视频或邀请事发现场人员分享，使培训具有强烈感染性。每月进行一次培训考核，通过后才可以顶岗；若培训不合格，则暂不允许上岗作业，直至补考合格为止。对于特殊工种人员可以邀请专业培训机构来进行培训，例如登高车特种作业等。

2) 针对特种作业人员，设置“资质审核-专项培训-定期考核”的管理体系，资质审核采取“线上查询+现场核验”，经由国家政务服务平台查询证书真伪，坚决杜绝无证上岗现象；专项培训主要针对新技术、新设备操作进行培训，对于起重机械操作员需要学会使用 BIM 技术进行吊装模拟操作，潜水员需要进行开展水下应急救援演练，例如：鱼网缠绕的脱困和应急供气中断处置等等；定期考核时间为每年两次，每次考核时间为期一

天。考核内容主要包括：理论知识、实操技能、应急处置能力等。未通过考核的人员暂停特种作业资格，重新参加培训取证。

3) 针对管理人员，开展“安全管理能力提升”专项培训，进行安全法律法规的学习（《水运工程施工安全标准》），学习风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制、应急指挥等内容；安排培训后的管理人员参与事故应急演练（如台风应急撤离，船舶碰撞救援），以提高自身的实战能力；同时将安全管理绩效纳入到管理人员绩效中，并实行“安全一票否决制”，即发生安全事故管理人员取消当年评优资格。进一步强化施工现场各项工作的监督管理，在扬尘、噪声等环境风险方面严格执行政策要求。

3.2 优化环境风险管控，实现“主动预警+精准应对”

1) 气象水文监测。在项目现场布设自动气象站（监测风速、风向、降雨量）、水文站（监测水位、流速、潮汐），数据实时传输至项目安全管理平台，平台结合国家海洋预报台、气象局发布的预警信息，生成“红、橙、黄、蓝”四级预警；当达到橙色及以上预警时，自动向管理人员、作业人员发送短信、APP 推送预警信息，明确停工范围、人员撤离路线、设备防护措施。例如，某沿海港口项目在台风“泰利”来临前 48 小时启动橙色预警，提前将施工船舶转移至避风港，拆除码头临边防护设施，避免设备损坏。

2) 地质监测。针对软土地基、基坑边坡、码头岸壁等重要部位，在本工程当中运用自动化监测技术（全站仪、测斜仪、沉降仪）监测地表及地下水位情况，软土地基每 2 小时测一次，稳定地层每 12 小时测一次，当超过警戒值（基坑边坡位移超过 5mm/天），则发出预警通知，由平台工程师结合相关背景信息并研判，做出调度指令，派技师下现场。某船闸项目监测中通过测斜仪检测到闸室边坡偏移过大，及时采取用沙袋反压堤脚的方式，确保边坡不会发生坍塌。

3.3 技术管理：数字孪生与智能监测的深度应用

1) 数字孪生技术实现新型工艺的风险管控。例如在超深水码头沉箱吊装时，建立“沉箱-潮汐-水流”数字孪生模型，现场实时采集潮汐数据（每隔 10 分钟采集一次）和水流速度（精度达到 0.1m/s），不同工况下进行沉箱姿态计算分析，提前判别“涌浪导致沉箱侧移”的危险性，并且自动生成调节方案（调节缆绳拉力大小或推迟吊装时间）。2024 年在建设深海码头过程中，采

用该项技术后，沉箱吊装成功率达到 100%，并且没有出现因为姿态偏差带来的沉箱修复费用。

2) 利用 AI 智能监测预警隐患。面对安全监测滞后的问题，可选用 AI 监测系统：如在座塔式起重机上安装高清摄像头和传感器，通过 AI 算法能够实时地对“斜拉吊装”、“钢丝绳断丝”等隐患进行识别，并且正确率达到 98%，在发现隐患以后会马上触发声光报警，同时推送给相关管理人员的手机端；一是在施工水域布置 AI 水质监测浮标，对泥沙浓度、pH 值等进行实时检测，一旦超标便可以关闭疏浚设备，在某内河航道工程运用以后环保违规次数减少 60%。

3.4 增强外部协同，降低通航与渔业间的相互干扰程度

可设置“警示区-警戒区-作业区”三级防护，设置通航警示标志（如浮标、灯桩）或人员值守，警戒区安排通航指挥船，配备甚高频对讲机和 AIS 系统，在作业区安装视频监控设备；施工单位应提前报备当地海事部门，并提供过往船舶航行资料，同海事部门协调并配合进行通航秩序维护，根据船舶高峰期(如货运旺季)情况，在海事部门许可下可采用“错峰施工”的方式。如：某内河航道项目在与海事部门沟通后，确定将每天 8：00

至 18：00(船舶通行高峰期)为水上开挖封存时段，以保障通航安全。

3.5 应急管理：构建智慧应急体系并开展实战演练

1) “空天地”一体应急指挥平台。将无人机、卫星通讯、应急指挥车集成起来：台风预警时刻用无人机航拍施工船舶避风点，信息经由卫星上传到指挥平台，平台自动生成人员撤离路线（避开积水区、高边坡），并用北斗终端给施工人员下发信息。“海燕”年，某沿海项目遇到台风“海燕”，该平台实现了该项目 50 名作业人员、8 艘施工船舶 100%的安全转移，设备损失下降了 70%。

2) 开展沉浸式应急演练以提高应急处置能力。采用 VR 技术开展“船舶倾覆救援”“水下人员失联”等场景的应急演练。参演人员佩戴 VR 眼镜模拟救生艇靠近倾覆船舶状态，并按照相关要求操作救生设备开展施救工作，最后由系统对应急救援时间与应急救援操作是否符合规定两项进行打分。某港口项目每月组织一次 VR 沉浸式演练，提高了员工应急处置响应速度，缩短了从命令下达开始到第一艘救生艇到达的时间，由原先的 15 分钟缩减为 8 分钟，2024 年成功处置一艘船舶搁浅事故，无人员伤亡，见表 2。

表 2 “空天地”一体化及沉浸式应急演练成效

类别	具体内容	细节描述	实际案例/成效
“空天地”一体化应急指挥平台	资源整合	整合无人机、卫星通信、应急指挥车资源	2024 年某沿海项目遭遇台风“海燕”时投入使用
	功能作用 1：数据获取与传输	台风预警时，无人机航拍获取施工船舶避风情况，数据通过卫星实时传输至指挥平台	实现对施工船舶动态的实时掌握，为后续决策提供数据支持
	功能作用 2：指令生成与发送	平台自动生成人员撤离路线（避开积水区、高边坡），并通过北斗终端向作业人员发送短信指令	确保人员撤离路线安全，指令精准传达至作业人员
	案例成效	50 名作业人员、8 艘施工船实现 100%安全转移，设备损失减少 70%	有效保障人员生命安全，大幅降低财产损失
沉浸式应急演练	技术与场景	利用 VR 技术，开展“船舶倾覆救援”“水下人员失联”等场景演练	某港口项目每月开展 1 次
	演练过程	参演人员通过 VR 设备模拟驾驶救生艇靠近倾覆船舶，操作救生设备救援落水人员，系统实时评分（如救援时间、操作规范度）	提升参演人员实战模拟体验，明确操作标准与评分依据
	演练成效	员工应急处置响应时间从 15 分钟缩短至 8 分钟；2024 年成功处置 1 起船舶搁浅事故，未造成人员伤亡	显著提升员工应急处置效率，在实际事故中有效保障人员安全

4 结论

水运工程安全管理是一项长期系统工程，需持续关注行业发展新动态，不断创新管理理念与技术手段，才能为我国水运事业的高质量发展保驾护航。未来将进一步推动“数字孪生+物联网+AI”的深度融合，推动安全文化与绿色施工、智慧建造结合，实现“安全-环保-效率”的协同发展。

参考文献

[1] 马杰. 浅析现代水运工程项目施工安全管理[J]. 居舍, 2022, (01): 124-126.
[2] 唐婷. 水运工程项目安全管理工作难点及应对[J]. 砖瓦世界, 2022 (9): 174-176.
[3] 李晓磊. 水运工程项目安全管理工作难点及解决策略[J]. 设备管理与维修, 2020 (16): 17-18.