

南京水利科学研究院  
获奖成果介绍

## 码头结构病害静动态无损诊断与性能提升技术

——获 2017 年度中国航海学会科学技术奖特等奖

码头结构在长期运行过程中受环境荷载、温度等作用以及结构老化等原因,结构不可避免存在不同程度的病害(如裂缝等)。传统的码头结构病害诊断技术存在以下 4 个方面缺陷:(1)传统结构损伤单一手段方法不准确;(2)传统结构局部静态监测方法不健全;(3)码头整体分级定量评价理论与规范不完善;(4)码头结构性能提升技术不完备。因此,很有必要对码头结构病害进行诊断技术升级与性能提升,必须研究更有效的无损静动态检测技术应用到码头复杂结构的定量整体检测方法。

本研究成果具体涉及到码头结构力学、非线性动力学、断裂力学、地球物理学等多个学科分支,研究过程中,各学科理论需深入展开,又要彼此交织、融合,从而涵盖解答关键科学问题所需的核心内容,准确模拟码头结构安全实际中的技术难题,解决我国沿海码头及世界港口建设开发中的关键科学问题。项目组历时 15 年,在国家自然科学基金、西部交通建设科技项目、国际国内重大工程咨询项目等支持下,系统开展了码头结构病害局部静态无损检测技术与方法研究,提出各种码头结构病害的无损检测方法其适用性、有效性和使用范围;建立综合物探技术的联合解译步骤和具体实施过程;提出了码头结构病害整体动态检测技术与方法;首次建立了基于整体无损动态检测与局部静态检测相结合的检测新技术;提出了一系列码头结构诊断后的性能提升技术,并在 100 余座码头泊位结构中成功应用,为保障其服役安全、延长使用寿命起到了重要支撑作用;通过核心专利技术的产业化和国际、国家标准与规范的采纳,为提升我国在水运工程结构安全诊断与性能提升领域中的国际地位和市场竞争力起到了重要推动作用。

本项目具有以下创新和特色:

(1)发明了基于综合物探技术的静态检测与基于环境激励的整体无损动力检测新技术,打破了传统局部探测方法要求结构的损伤区域是已知的局限性,在不影响码头结构正常运行的条件下,实现对水工结构准确、可靠的安全检测;

(2)提出了利用环境激励进行模态参数识别和结构损伤的整体检测技术,在研究损伤时域、频域以及模态敏感性指标的基础上,建立了水工结构在线监测指标体系,可有效识别结构损伤的位置和程度;

(3)提出了码头结构整体可靠指标及安全定量分级标准,使评估方法由现阶段的构件层次上升到整体体系层次;

(4)研发了合理、经济实用的结构性能提升技术,明确了性能提升技术的机理和效果,提出了完整的结构性能提升技术要点,可以满足工程建设和港口设施安全管理的发展需要,解决了限制条件下修复加固技术实施困难的难题。

技术经济指标:(1)发明了码头结构整体无损检测新技术;(2)建立了环境激励下高桩码头全结构动力响应及参数识别新方法;(3)提出了码头结构整体可靠指标及安全定量分级标准;(4)研发了一套码头结构性能提升关键技术;(5)相关成果编入 4 项行业规程,并出版相关专著 3 部;成果发表相关论文 100 余篇,其中 SCI 收录 13 篇、EI 收录 31 篇;通过整体无损动态检测,识别结构模态参数,并进行结构整体损伤定位,再利用局部细化检测手段诊断结构损伤,预测损伤的发展趋势;并在此基础上综合各种信息系统地提出码头结构的健康状况整体分级和定量评价体系,反馈工程的实际安全度和健全度,对破损结构部位提出经济合理的修复措施,为码头工程的长期安全运行以及震后交通基础设施的检测、分析评价及修复提供新的技术手段,具有显著的社会经济效益。