

附件 1

中国造船工程学会标准制修订项目立项申请书

项目名称（中文）	聚焦波实验室造波方法		
项目名称（英文）	Focused Wave Generation Method in the Laboratory		
制修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订标准号	
被修订标准名称	/	编制周期	☒ 12 个月 ☐ 18 个月 ☐ 其他_____
起草单位 （不少于 3 家）	哈尔滨工业大学、大连理工大学、水利部 交通运输部 国家能源局 南京水利科学研究院		
联系人	方庆贺	地址	山东省威海市文化西路 2 号研究院 1 号楼北 603
电话	19963169632	邮箱	qinghefang@hit.edu.cn
技术与市场 发展背景	在全球气候变化的大背景下，以畸形波等为代表的极端海浪的发生频率和破坏烈度呈上升趋势，这对船舶安全航行、海洋平台稳定运行、海上风电设施以及跨海桥梁等重大海洋工程结构的安全性和可靠性构成严重威胁，因此，准确认识极端波浪的形成机理及其作用特征，并建立可靠的实验室模拟技术体系，已成为船舶与海洋工程领域的重要研究方向和关键技术需求。 聚焦波（focused wave）作为一种由多个频率的规则波在同一点、同一时刻发生波峰相遇并产生相位叠加，从而表现出极大波幅的非线性波浪，是目前在物理水池和数值水池中科学复现、模拟极端非线性波浪应用最广泛的技术方法之一。近年来，聚焦波技术已广泛应用于船舶耐波性研究、海洋结构物极端载荷分析、波浪能装置性能评估以及海洋工程安全设计等领域，并成为国内外高校、科研院所、检测认证机构和工程设计单位开展模拟极端波浪试验研究的重要基础技术。 随着海洋工程结构安全设计和极端海况评估需求的不断增长，聚焦波模拟技术的应用范围持续扩大，对模拟结果的准确性、可重复性和可比性提出了更高要求。建立统一的聚焦波实验室模拟技术规范，对于提升试验质量、促进数据共享和支撑海洋工程创新发展具有重要意义。		
标准必要性和 可行性	目前，聚焦波已成为实验室模拟极端波浪的重要技术手段，但在实际应用过程中尚缺乏统一的技术规范和评价标准。 从必要性方面看，不同实验室在目标波谱选取、频率离散方式、频带截断范围、聚焦位置与聚焦时间设定、造波理论选用、二		

	阶修正方法、消波边界处理以及试验验证指标等方面存在较大差异，导致聚焦波模拟结果在波面形态、聚焦精度、能量分布及高阶谐波特征等方面存在明显偏差。由于缺乏统一的技术要求和评价标准，不同实验室获得的试验数据和数值模拟结果难以实现有效对比与相互验证，在一定程度上制约了聚焦波技术的工程应用和行业发展。因此，有必要建立覆盖目标波谱构建、频谱离散、造波信号生成、试验验证、数据处理及结果评价等环节的统一技术规程。 从可行性方面看，聚焦波理论体系经过多年发展已较为成熟，形成了以相位聚焦理论、NewWave 理论、二阶造波理论及高阶非线性波浪理论为代表的研究基础。国内外相关单位已积累大量物理水池试验和数值模拟经验，形成了较完善的造波、测量和数据分析技术体系。同时，相关研究成果已为聚焦波模拟精度评价和关键参数选取提供了充分依据，为本标准的制定提供了良好的理论基础和工程实践基础。本标准将填补国内该领域的标准空白，为我国船舶与海洋工程水动力试验的高质量发展提供强有力的技术支撑。
国内外情况 简要说明	<i>（相关国内外标准的情况及本标准与其中的联系和区别）</i> 在国内，我国交通运输部发布的《水运工程模拟试验技术规范》（JTS/T 231-2021）整合了原《波浪模型试验规程》（JTJ/T 234-2001），是我国水运工程领域波浪模型试验的主要技术依据。但其技术内容未涉及聚焦波（极端波浪确定性生成）的模拟方法、试验流程及精度控制要求。 在国外，国际拖曳水池会议（ITTC）发布的推荐规程《Laboratory Modelling of Waves: regular, irregular and extreme events》是当前聚焦波实验室模拟领域最具代表性的技术文件。该规程第 2.3 节“极端事件”明确指出，可采用基于弱非线性公式及非线性薛定谔方程（如 Peregrine breather 解）的方法，在实验室中确定性生成聚焦波（极端波浪），并强调需通过幅值与相位的迭代修正来控制非线性效应、提高聚焦精度；第 2.4 节建议波浪校准容差为有效波高和谱峰周期的$\pm 5\%$。但在该规程中，该文件属于学术性推荐指南，侧重于原则性框架和定性描述，未就频谱离散参数、频带截断范围、多阶造波理论选用、迭代收敛准则及试验验证指标等给出具体、可量化的操作规范，不同实验室在执行中仍存在较大差异。 此外，国际标准化组织（ISO）的 ISO 19901-6、国际电工委员会（IEC）的 IEC TS 62600-103、国际船级社协会（IACS）的 Rec. No. 34 Rev. 2 以及国内船舶行业标准 CB/T 3471-1992 等，或关注极端波浪载荷的计算与结构设计，或适用于波浪能装置早期研发，均未针对聚焦波的实验室生成与验证技术提出专门的规范性要求。 综上所述，目前国内外尚无统一、专门规范聚焦波实验室模拟技术的标准或规程。本标准拟在吸收 ITTC 推荐规程技术原则的基础上，制定一套涵盖频谱离散、多阶造波、迭代修正、精度评价等全链条的可操作技术规范，填补该领域的标准空白。

标准适用范围 和主要技术内容	本标准适用于船舶耐波性研究、海洋结构物极端载荷分析、波浪能装置性能评估以及海洋工程安全设计等相关研究与工程设计中的聚焦波实验室造波模拟； 主要技术内容包括：聚焦波实验室造波模拟的一般要求、水池要求、精度要求、试验准备要求、造波控制修正方法、试验程序、试验结果的整理和表达、试验报告等。
工作进度安排	1、筹备与草案编制（3个月）：组建标准起草组，明确分工，收集国内外相关标准及文献，分析技术差异，编制标准草案框架及核心条款，形成标准草案初稿、技术差异分析报告。 2、试验验证与修订（5个月）：联合大连理工大学等单位开展多尺度实验室造波交叉试验，验证试验方法普适性，优化参数阈值，修订草案技术细节。 3、征求意见与评审（4个月）：通过学会平台公开征求意见，组织专家研讨，根据反馈完善标准文本，提交中国造船工程学会审查。 4、发布与宣贯（6个月）：标准正式发布，举办标准解读会及技术培训，建立首批试点应用单位。
标准预期实施 应用方案	推广策略 1、行业渗透：通过中国造船工程学会官网、期刊及行业会议发布标准全文，覆盖海工院所、军工企业、检测机构等目标用户； 2、培训赋能：依托学会及领域内相关学术会议平台举办年度“聚焦波造波模拟技术培训班、研讨会”，提供标准实操指导与案例解析。 3、认证服务：与权威的第三方检测机构合作，推动标准纳入相关专业认证体系。 应用场景 1、设计优化：为聚焦波造波模拟提供标准化试验流程，缩短试验周期。 2、质量评价：作为企业产品验收、竞标测试的参考依据，提升数据公信力。 3、学术研究：支持高校及科研机构发表高可信度试验数据，促进学术成果转化。 长期维护 1、每3年组织一次标准复审，根据技术发展动态更新试验方法及参数要求； 2、建立标准应用反馈机制，通过线上平台收集用户问题并发布修订说明。
经费保障	单位自筹：依托我校船舶与海洋工程学科建设经费（占比30%）、相关平台类建设项目经费（占比30%）。 企业支持：寻求造波设备供应商等相关合作企业提供试验资源及技术协同（占比20%）。 政府资助：申请山东省海洋强省、新旧动能转换领域的标准补贴等（占比20%）。

技术基础及 研究团队	1、完备的硬件水槽设施群 哈尔滨工业大学水池实验室在国家“双一流”建设经费支持下，面向国家“海洋强国”战略和山东省“海洋强省”发展规划，打造了涉海学科重点科研教学平台。实验室建筑面积 4429.17 m²，占地面积 3846.64 m²，主要包括海工综合水池、拖曳水池和循环水槽，其中综合水池长 35 m、宽 25 m、深 6 m；拖曳水池长 117.8 m、宽 6.5 m、水深 3.5 m，配备有中国船舶科学研究中心（702 所）设计研发的多板摇板造波机一部，可以产生规则波、不规则波、高阶 Stokes 波或用于自定义波。 哈尔滨工业大学风洞与浪槽联合实验室是国家“211 工程”和“985 工程”联合资助的重点建设项目，占地面积 3400 m²，并集成大级别的大气边界层风洞、浪槽、深井和降雨系统于一体。该试验平台具有两个试验段，小试验段尺寸为 4.0 m 宽、3.0 m 高、25 m 长；大试验段为风浪联合试验段，单独作为风洞试验段时其尺寸为 6.0 m 宽、3.6 m 高、50 m 长，水槽的尺寸为 5.0 m 宽、4.5 m 高、50 m 长，水槽中段有一个 5.0 m 宽、5.0 m 长、22 m 深的深井。在同类边界层风洞中目前仅加拿大西安大略大学和香港科技大学拥有造波系统，是国内风洞中极少数能够实现风浪联合作用以及深海结构模型试验的大型试验平台。同时在大试验段安装了人工模拟降雨系统，可进行风雨联合试验以及风浪雨联合试验。实验室还拥有一座长 44 m、宽 0.8 m、深 1.0 m 的小型波流水槽，可以产生最大 0.3 m 波高的波浪和 0.8 m/s 的正向或逆向水流。 2、试验经验 实验室拥有了具备了与本标准编制研究相关的测量仪器，包括 3 套高频 PIV 系统，5 台 CCD 相机、完备的加速度、位移测试系统和相应的基于 NI-PXI 硬件建立的数采系统。实验室还拥有完善的技术人员队伍和试验方案体系，近 3 年累计完成 20 余项多类型波浪造波测试相关的试验。 3、研究成果 发表造波模拟分析与结构波浪作用试验相关 SCI/EI 论文 100 余篇，授权发明专利 10 余项。与本标准编制直接相关的代表性成果有： [1] Qinghe Fang, Jiabin Liu, Anxin Guo*, and Hui Li (2020). Methodology and Experimental Validation for Generating Periodical Focused Waves in a Wave Flume. Ocean Engineering, 210, 107394. [2] Hui Wang, Qinghe Fang*, Zaixian Chen, Kwang HyoJung, and Anxin Guo (2024). Experimental and Numerical Study on the Temporal and Spatial Nonlinearity Evolution of Focused Wave. Ocean Engineering 311, 118840. [3] 方庆贺; 郭安薪; 李惠, 一种短时间内在波浪水槽中产生连续聚焦波浪的造波方法. (专利号:ZL201710324574.8; 授权时间:2018 年 10 月 23 日) [4] 方庆贺; 郭安薪; 李惠, 一种基于二阶造波理论产生连续聚焦波的方法. (专利号:ZL 201910033452.2; 授权时间:2020 年 07 月 15 日)
-----------------------	---

	[5] 方庆贺、吴永福、陈再现、郭安薪、李俊、张纪刚、刘鹏飞、刘清君、余海堂、何震、李素超、李惠. 风浪联合作用下的流固耦合波浪水槽的建立方法.(专利号: 202610030478.1; 授权时间: 2026 年 04 月 29 日) [6] 方庆贺; 陈芳; 哈尔滨工业大学(威海). 连续聚焦波造波机位移计算软件. 2021SR1654676, 登记时间: 2021 年 11 月 05 日 4、研究团队 标准编制牵头团队为哈尔滨工业大学智慧基础设施研究团队, 团队负责人为中国科学院院士李惠教授, 在李惠院士的带领下, 智慧基础设施研究团队以国家杰青郭安薪教授为带头人, 致力于涉海工程结构防灾减灾领域的基础科学和工程应用研究与人才培养, 面向海洋强国国家战略实施, 聚焦海洋工程基础设施结构安全与防灾需求开展研究工作。始终保持对海洋能源基础设施结构安全与防灾领域基础科学问题和前沿进展的追踪, 在国家自然科学基金面上项目、重点项目课题、青年基金、国家重点研发子课题等项目的资助下, 在极端海洋环境模拟、海工结构波浪砰击、海工结构防灾控制等方面取得了突出研究成果。积累了丰富的聚焦波造波模拟相关的理论基础与技术储备。 牵头单位还将联合国内知名的涉海高校和实验室, 充分发挥协作攻关, 优势互补的合作机制, 高质量完成标准编制工作。 5、合作机制 成立“标准联合工作组”, 每月召开技术协调会, 共享试验数据与仿真资源, 标准编制各单位分别开展聚焦波造波测试实验工作, 充分验证标准的科学性与可实施性, 支撑标准编制与应用。
申请立项单位 意见	同意申请立项, 请学会审核。  (盖章) 2026 年 6 月 22 日

注: 如本表空间不够, 可另附页。