



基于船池拖车系统的大型仪器管理方法探讨

宋磊^{1,2,3}, 向先波¹, 李威¹, 冯大奎¹, 姚朝帮^{1*}

(1. 华中科技大学 船舶与海洋工程学院, 武汉 430074;

2. 船舶数据技术与支撑软件湖北省工程研究中心, 武汉 430074;

3. 华中科技大学 船舶和海洋工程水动力湖北省重点实验室, 武汉 430074)

摘要: 以“船池拖车系统”大型仪器为研究对象, 阐述了其基建要求高、现有数量少、行业背景强的特征与现状。针对高校中“船池拖车系统”试验安排矛盾大、专业队伍缺乏、维护保养费用高昂等普遍存在的问题, 提出了若干经验及方法: 完善制度体系、夯实管理基础, 加强队伍建设、跟进服务质量, 优化收费标准、提升造血能力, 拓展教学功能、促进能力培养等。使用经验表明, 上述方法有利于提高“船池拖车系统”使用效益, 充分发挥了仪器服务于教学和科研的价值。

关键词: 拖车系统; 大仪共享; 实验教学

中图分类号: U661

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230260

Discussion on Large-scale Instrument Management Method Based on Towing Tank Trailer System

SONG Lei^{1,2,3}, XIANG Xianbo¹, LI Wei¹, FENG Dakui¹, YAO Chaobang^{1*}

(1. School of Naval Architecture and Ocean Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Hubei Provincial Engineering Research Center of Data Techniques and Supporting Software for Ships (DTSSS), Wuhan 430074, China;

3. Hubei Key Laboratory of Naval Architecture & Ocean Engineering Hydrodynamics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Taking the large-scale instrument of “boat pool trailer system” as the research object, the characteristics and current situation of high infrastructure requirements, small existing quantity and strong industry background are expounded. In view of the common problems such as the contradiction in the test arrangement of the “boat pool trailer system” in colleges and universities, the lack of professional teams, and the high maintenance costs, several experiences and methods are proposed: improving the institutional system, consolidating the management foundation, strengthening the team building, following up the service quality, optimizing the charging standard, improving the hematopoietic ability, expanding teaching functions, and promoting the ability training. The use experience shows that the above methods are conducive to improving the use efficiency of the “boat pool trailer system” and giving full play to the value of the instrument to serve teaching and scientific research.

Key words: trailer system; large-scale instrument sharing; experimental teaching

高校中大型仪器是开展教学和科研工作的重要条件保障, 提升其使用效益关乎学生培养质量, 关乎高校科研能力提升, 是所有高校实验室建设管理的重要组成部分^[1]。“船池拖车系统”是船舶与海洋工程专业类高校重要的大型仪器, 具有行业性强、数量稀少、经验要求高等特性, 其

使用过程涉及试验前期准备、试验中人员协调、试验后数据分析与处理等环节, 且各个环节耗时长、复杂性高, 其使用管理与通用型大型仪器设备有明显区别^[2-3]。

本文以华中科技大学的“船池拖车系统”大型仪器设备为例, 阐述了其行业背景与特征, 分

收稿日期: 2023-05-17; 修回日期: 2023-07-07

基金项目: 国家自然科学基金联合基金(U2141228); 华中科技大学实验技术研究项目(2023140001)。

作者简介: 宋磊(1991-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事船舶实验技术方面的研究。

*通信作者: 姚朝帮(1987-), 男, 博士, 副教授, 主要从事船舶在波浪上的运动理论、多船/多浮体水动力干扰、船舶静水及波浪中操纵性等领域的教学和科研工作。E-mail: yaochaobang@hust.edu.cn

析了使用管理过程中普遍存在的问题,结合近几年的使用感悟,在基础制度完善、人才队伍建设、共享收费管理、教学功能拓展等方面探讨方法、总结经验。

1 船池拖车系统大型仪器特点

船池拖车系统大型仪器设备作为船舶类专业重要的教学科研设备,与通用类大型仪器相比具有如下特征。

1) 建设投入大,难度高^[4]

拖车系统用于拖曳水面船舶或水下航器进行匀速运动,需要依托拖曳水池基础设施,如图1所示,水池建设面积大,涉及土地规划、地质要求勘察等工作,高校中新建或购置拖车系统的数量极少,一般是在已有水池实验室进行部分设备更新。



图1 拖车系统及水池基建

2) 数量少,国内高校更是稀缺

船池拖车系统主要服务于船舶设计与研究,

即使在全球范围内拖车系统一般存在于造船大国和强国,国际拖曳水池会议 ITTC(International Towing Tank Conference)是船舶水动力学研究最权威的组织,其成员国分布有^[5]:日本 20 座,韩国 10 座,中国 11 座,美国 6 座,英国 5 座,德国 5 座,意大利 6 座,其他国家一般 1~2 座。统计到国内高校就更加稀缺了,一方面由于国内高校设有船舶与海洋工程专业数量较少(第四轮学科评估中参评高校共 18 所);另一方面若建校初期未规划拖车系统,后续基本上不具备规划与购置的条件。国内部分学校具备水池和拖车系统^[6]情况如表 1 所示。

3) 功能复杂,专业性强

船池拖车系统虽为单一大型仪器,其核心功能为拖曳模型航行,结合不同的教学实验和科学研究需求,可开展服务内容较多^[7],包含传统的船舶快速性试验、船舶耐波性试验、水下模型拖曳试验以及以实际需求为导向的非标拖曳试验等,找到合适的相似准则、结合已有条件设计试验、对试验数据分析处理等需要极强的专业知识和经验。同时针对不同的试验内容,以船池拖车系统为平台还会搭建其他大型仪器配合试验,如与造波机仪器使用完成耐波性试验,与水下阻力测试装置配合完成水下航行器拖曳试验,与平面运动机构配合完成水动力导数测试试验,与 PIV、LDV 等配合完成流场测试等等。

表 1 部分高校拖车及水池情况

单位	初建年代/年	车速/(m·s ⁻¹)	长(m)×宽(m)×深(m)
上海交通大学	1958	10.0	300.0×16.0×7.5
华中科技大学	1972	9.0	175.0×6.0×4.0
大连理工大学	1984	8.0	170.0×7.0×4.0
武汉理工大学	1985	7.0	132.0×10.8×2.0
哈尔滨工程大学	1987	6.0	108.0×7.0×3.5
浙江海洋大学	2006	6.5	115.0×6.0×3.5

2 船池拖车系统管理普遍存在的问题

高校中船池拖车系统大型仪器设备其管理使用除满足相关专业课程教学工作外,还需要扩大开放、服务科研、提升使用效益,普遍存在如下 3 方面的问题。

1) 试验安排矛盾大

船池拖车系统服务于本科的船舶与海洋工程

实验技术和研究生的船舶水动力性能实验技术等课程^[8],实验教学一般每学期持续一个月,一周进行两次授课,算上课程准备时间,每次授课约需占用船池拖车系统一整天。而在利用拖车系统进行科研活动时,通常一个模型涉及试验工况较多,得连续做若干天,因此在进行实验教学阶段,科研项目进行试验安排矛盾较大,一般难以及时安排。

2) 人员配备不足

船池拖车系统虽为单一大型仪器，但区别于单一样本独立测试，使用船池拖车系统完成测试时需要多个技术人员协调完成^[9]：一方面是复杂的前期准备工作，准备工作量甚至比试验测试工作量更大，以搭载 LDV 装置进行模型流场测试为例，将试验装置安置于拖车上并完成调试大概需要 3 个专业人员耗费 2 天时间；另一方面，使用拖车系统开展试验时，如造波系统、波浪采集系统、模型安全防护等需专业人员现场进行保障。

3) 日常维护费高昂

船池拖车系统为定制化产品，包含高压电轨、驱动系统、控制系统、测速系统、制动系统，对系统稳定性要求较高，日常使用过程中若出现故障，需要设计生产厂商进行专项维护，价格高昂。同时，对于拖车系统开展常规试验的一些仪器设备一旦涉及更换，费用都很昂贵，如螺旋桨动力仪更换、造波机电机更换等。另一方面，船池拖车系统日常使用中需进行定期小维护，包含拖车轨道维护、刹车系统维护、水池水面维护等，以及试验准备工作所需耗材购置，其开销也较大。

3 现有经验及管理办法探讨

3.1 完善制度体系，夯实管理基础

“船池拖车系统”是船模拖曳实验室核心仪器设备，是实验室进行开放服务的主体，依托该

设备的实验室管理主要分为安全管理、开放管理和收支管理^[10]，如图 2 所示，在管理与使用过程中形成了若干规章制度：《船模拖曳水池实验室预约制度》《船模试验水池收费标准》《船模拖曳水池实验室安全管理制度》《船模拖曳水池实验室设备使用制度》《船模拖曳水池实验室收支管理制度》和《船模拖曳水池实验室耗材管理制度》。上述制度对机组管理全过程形成闭环管理，恪守“收支两条线”原则，可有效保证拖车系统日常使用维护规范有序进行。



图 2 船池拖车系统管理体系

尤其对船池拖车系统开放共享方面，结合信息化手段^[11]，在校级大型仪器共享网站开通预约通道，结合试验需求沟通试验方案，开展试验后完成缴费，使用示意图及典型预约记录如图 3 所示。



图 3 船池拖车系统开放使用情况

3.2 加强队伍建设, 跟进服务质量

机组人员积极向学院和学校申请扩大队伍规模, 近3年引进高水平工程技术人员2名, 为提升服务质量提供了队伍保障。在扩充了人员的基础上按照任务需求将工作落实到人: 试验准备工装人员、拖车系统驾驶人员、试验数据采集人员、试验录像人员, 各环节人员的相对固定, 有利于对各分项工作的熟悉掌握, 保证基本试验的融洽配合; 同时鼓励相关技术人员积极申报学校实验技术项目, 撰写实验教改论文, 其版面费可由共享收费中校级管理费提供, 极大激励了拖车项目组人员的自我能力提升热情^[12]。

船池拖车系统开放共享所开展试验具有很强的工程性, 试验对象一般很快会在船厂完成建造, 并在实际海域完成海试。机组人员积极跟进服务效果, 分析误差来源并广泛开展学习与调研, 形成针对本拖车系统的工程处理经验。譬如针对不同船舶类型选用“二因次”或“三因次”换算方法, 根据模型加工情况确定合理粗糙度补贴系数, 根据模型大小尺寸确定阻塞效应处理等, 紧密结合工程需求, 提升共享服务水平。

3.3 优化收费标准, 提升“造血”能力

船池拖车系统由于其实验复杂性, 需建立较为细致的收费条目, 设备机组经学校报备并审批后, 按照常规试验(流线、阻力、敞水、自航、耐波、水下阻力、伴流测试)和非标准试验分类制定详细条目, 其中非标准试验按照测试仪器使用、造波机使用、人员协助等进行不同条目制定价格, 并按照“教学任务、院内科研、校内科研、校外科研”四级制定不同收费系数^[13]。

结合近几年收费情况, 对收费条目中不合理的部分进行充分分析, 并优化调整后报备学校审批。如通过对收费数据分析发现非标准试验收费在总收费中占比较高, 究其原因是非标准试验收费单价相对较低造成, 机组成员在调研国内相关高校院所后, 于2021年对其收费单价进行了调整, 图4为调整前后收费组成占比, 可看出自2021年相关条目调整后, 各项收费组成占比更趋合理。

船池拖车系统在2020-2022年不同月份收费情况如图5所示, 7-9月和12月收费占明显较多, 分析可知上述时间均发生在寒暑假前后, 其原因一方面开放共享与课程冲突造成, 另一方

面也与使用者习惯造成。作为高校大型仪器设备, 其开放对象大部分为本校教师, 寒暑假期间教师可开展科研活动的时间相对集中, 间接促进了大型仪器的使用增多。针对这种情况, 机组人员总结经验, 主动与相关使用老师协商沟通, 合理把握使用节奏, 避免扎堆。

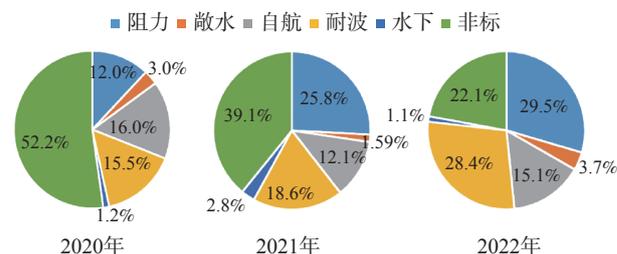


图4 2020-2022年收费组成

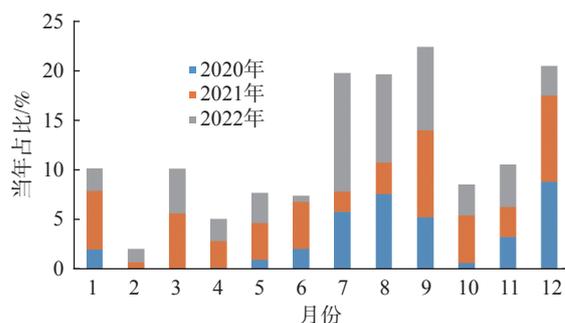


图5 2020-2022年不同月份收费情况

3.4 拓展教学功能, 促进能力培养

依托船池拖车系统开展教学项目较多, 包含阻力实验教学、敞水实验教学、自航实验教学、耐波性实验教学等, 共约12学时内容。由于设备数量仅1台, 准备过程包含重物吊装, 实验过程航速变化较快等原因, 现场教学学生以现象认知和数据测试观摩为主, 动手参与度不高。机组成员在多年教学经验总结基础上, 以拖车系统为主体建设了虚拟仿真教学平台^[6,14], 开展了静水阻力虚拟仿真教学实验, 如图6所示。使用该平台学生可自主选择船舶类型, 选定合适缩尺比设计实验, 对实验中如“激流丝作用”“传感器量程预估”“粗糙度补贴”和“二因次或三因次换算”等知识点设置交互性步骤, 学生最终提交基于自主设计的实验开展的实验报告, 促进了学生对知识的掌握与运用。

船舶水动力相关教学实验重点研究水流和船体相互作用彼此影响, 为了夯实流体力学部分基础知识, 依托船池拖车系统已有条件, 开发研制

了圆柱绕流实验教学装置^[15]。该装置采用模块化设计,可将便携架置于拖车系统中央测桥,完成单/双圆柱绕流教学实验,如图 7 所示。单圆柱绕流教学时学生观测不同雷诺数下绕流现象并测量其阻力数据,将无因次化结果与理论值对比完成实验验证;双圆柱绕流教学时,调整圆柱间距,观测不同间距比下绕流场的现象和力学特性。该教学装置巧妙利用了船池拖车系统的拖曳能力和已有的水池条件,拓展了实验教学的广度与深度。



图 6 拖车系统虚拟仿真平台



图 7 圆柱绕流教学装置

4 结束语

自 1872 年傅汝德在英国建造世界上第一个船模拖曳水池实验室以来,船池拖车系统为船舶设计与研究提供了重要的试验保障,为船舶与海洋工程专业学生及工程技术人员的培养提供了重要的教学支撑,对于船舶类专业的高校拖车系统而言,提升使用效益服务教学与科研显得尤为重要。以华中科技大学“船池拖车系统”大型仪器为研究对象,分析了其普遍存在的问题与矛盾,在制度建设、人才建设、收费管理、教学拓展等方

面总结了若干解决办法,有效促进了该仪器使用时、服务质量、产出成果等方面稳步提升,近 3 年取得了明显效果:2020-2022 年连续 3 年获得校大型仪器设备管理(效益)优秀机组、获得校级实验技术成果二等奖 2 项、虚拟仿真实验平台获批省级一流课程、培育学生科创获奖十余项等。

参考文献

[1] 宋楠,朱学栋,周兴贵,等.促进大型仪器共享服务及可持续发展的研究与实践[J].实验科学与技术,2022,20(3):155-160.

[2] 石变芳,宋楠,常静,等.大型仪器的资源共享建设及在教学科研中的应用[J].实验室研究与探索,2019,38(9):271-274.

[3] 杨少龙,向先波,李志恒,等.船用电机启动控制电路故障诊断虚拟仿真实验,实验科学与技术,2021,19(5):1-7.

[4] 郭欣,李广年,劳展杰.船模水池拖车系统设计分析[J].船海工程,2013,42(3):64-66.

[5] ITTC. (n. d.). Member Organisations [EB/OL]. [2022-11-21]. <https://www.ittc.info/members/member-organisations/>.

[6] 宋磊,冯大奎,姚朝帮,等.船模阻力教学虚拟仿真实验设计[J].实验技术与管理,2021,38(10):157-161.

[7] 胡学聪.基于实际海浪大尺度模型试验的舰船航行性能综合评估[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2020.

[8] 王立,余杨,余建星.船舶与海洋工程专业新工科培养体系[J].天津大学学报(社会科学版),2021,23(1):25-30.

[9] 吴传涛.船舶试验数据处理平台的开发与应用[D].武汉:华中科技大学,2012.

[10] 王刻铭,刘浩源.高校大型仪器管理制度建设困境与对策[J].实验技术与管理,2022,39(4):245-248.

[11] 王松梅,赵举忠,胡雪梅.“互联网+”助推大型仪器设备高效使用[J].实验科学与技术,2017,15(2):152-154.

[12] 宣瑛,赵月琴,沈舒敏,等.高校大型仪器实验技术队伍的建设与实践[J].实验室研究与探索,2022,41(7):264-266.

[13] 张林,张乐,段伦超,等.反思与探索:高校大型科学仪器共享的内卷化困境和破解之路[J].实验技术与管理,2022,39(7):1-9.

[14] 韩阳,郭春雨,赵大刚,等.基于虚拟仿真的船模阻力实验系统设计与应用[J].实验科学与技术,2022,20(3):21-25.

[15] 宋磊,刘曾,孙江龙,等.基于直立圆柱的水动力实验教学设计与实践[J].实验技术与管理,2021,38(9):198-203.