

实船 试验



徐顺棋 徐振宇 编著

SHI CHUAN SHI YAN



海潮出版社

实 船 试 验

徐顺棋 徐振宇 编著

海 潮 出 版 社

二〇〇六年六月

图书在版编目(CIP)数据

实船试验/徐顺棋,徐振宇编著. -北京:海潮出版社,2006

ISBN 7-80213-242-8

I. 实… II. ①徐…②徐… III. 船舶-试验
IV. U661.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 058246 号

实 船 试 验

徐顺棋 徐振宇 编著

☆

海潮出版社出版发行 电话:(010)66969736
(北京市西三环中路 19 号 邮政编码 100841)

海军工程大学印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32(16) 印张:15.125 字数:364 千字
2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印数:1-500 册

ISBN 7-80213-242-8

定价:29.00 元

前 言

实船试验是评估一艘舰船性质优劣的重要手段,是舰船从论证、设计、建造、使用、维修、直至舰船退役的全过程中的重要环节。实船试验的结果能真实的表现舰船的战术和航行性能,为舰长的指挥和操纵、为领导分配使命任务提供性能数据;实船试验是对舰船科研设计、设备配置、建造维修、改装质量、设备可靠性、可维可用性的全面检验验收、质量评价;实船试验能验证理论设计计算和船模试验的正确性,发现和解决理论分析和其它试验的正确性,发现和解决理论分析和其它试验发现不了或解决不了的问题;实船试验结果为新型舰船的研制提供重要的参考依据。实船试验的重要意义是不言而喻。

我国的舰船研制工程,从无到有,从仿制到自行设计,形成自己的舰船研制体系,并向规范化、标准化的道路迈进。与此相适应,实船试验也有了很大的发展。在 50 年代到 60 年代的仿制阶段,按照苏联的技术文件组织实船试验,船厂制定试验计划,交船队长由船厂派员担任,舰面及有关武器系统由舰方担任操纵,机舱操纵由船厂担任,交船前与交船后的试验无明确划分,试验结果由海军基地、舰方和军代表组成的国家验收委员会审查和验收。60 年代中后期开始自行设计舰船,实船试验则区分为交船前的工厂试验和交船后的试航(有时称专项试验),工厂试验由承建船厂负责组织和实施、并支付全部费用,交船后的试航由军方负责组织和实施、并支付全部费用,但均以舰船设计部门编制的试验大纲和各种试验册作为试验的技术要求和依据。试验测试由 702 所、701 所、708 所等专门的实船试验队承当,设计方以技术责任单位和技术顾问的身份参加试验,设备研制和制造单位则作为保障力量派员参加试验,整个试验工作均在海军代表的监督和认可下进行,试验结果全部报军方作为验收、评审和定型的依据。 $\times\times\times$ 型首制舰确定 308 项实船试验(交船前试验 190 项,交船后试验 118 项),历时四年半。80 年代以来,在以往实船试验的一定数量的实践基础上,制定了大量的标准、规范、程序、规程,如制定了 GJB38《常规动力潜艇系泊和航行试验规程》、GJB164《登陆舰艇系泊和航行试验规程》、GJB350《水面战斗舰艇系泊和航行试验规程》、GJB524《快艇(滑艇)系泊和航行试验规程》以及《军用辅助船系泊和航行试验规程》等共百余种,使实船试验向标准化、规范化、科学化方面迈进。

因此,对大量的实船试验的实践进行总结,对百余种实船试验的标准、规程等的具有共同性的内容加以概括和说明就显得十分重要和迫切了。同时,对于舰船工程、舰船管理工程的本科生和研究生们,他们今后工作所面临的,大都是整条船的各种各样内容的实船试验,有必要把分散在结构强度和原理性能等课程中零散的试验加以集中,形成一个整体的概念。为此,作者期望本书能为舰船工程、舰船管理工程的本科生和研究生提供一个较为系统的有实用价值的教材,为舰船设计、监造、维修、管理人员提供一本有关实船试验的总体概念并能在实际工作中方便地应用的参考书。

全书共分十五章,第一章阐述实船试验的目的、意义、任务、分类、实船试验的组织 and 过程,第二章至第十二章分别介绍稳性、快速性、操纵性、适航性、水面舰艇强度、潜艇的

液压试验及深潜、振动，脉动压力、空气噪声、水噪声、结构射击试验及抗爆试验等，从试验的目的、试验所用的设备仪器、试验的组织实施、试验结果的分析处理、以及衡准等方面加以阐述。第十三章是从实船试验的特点出发，介绍需要特别注意的技术问题，如抗干扰、防护等问题。第十四章专项试验，介绍专项试验项目，试验基地的组织及试验勤务保障，试验坐标系及轨迹摄录，靶场试验的一般程序，靶标、时统与通信，舰炮武器、导弹武器、水中兵器系统试验，电子对抗试验等。第十五章主要介绍美国的有关实船试验的指令标准、管理和实施，以及国外的阻力、伴流、推进、耐波性、破坏性试验的典型实例。

本书由熊鹰教授主审，海军驻 436 厂军代表室总代表高峰高级工程师、海军驻 438 厂军事代表室副总代表叶剑平高级工程师认真审阅了全书，对全书的编排、内容以及文字等提出了十分宝贵的意见和建议，使本书避免了许多错误。作者深深感谢冯文山教授，他在百忙之中，对本书原稿作了详尽而细致的审阅，他的严谨学风使本书少犯许多错误。感谢徐秉汉院士所给予的帮助。本书引用了许多试验报告和论文资料，参考文献中不能一一列入，在此一并致谢。朱红英同志对本书的插图和文字录入做了许多工作，在此表示感谢。

本书内容牵涉较广，著者学识和实践经验有限，因此，谬误、疏漏之处在所难免，恳切希望读者给予指正。

作者

2006. 3. 30

目 录

第一章 实船试验概论	1
§ 1-1 舰船研制一般过程	1
§ 1-2 什么是实船试验	3
§ 1-3 实船试验的地位和作用	4
§ 1-4 实船试验的内容	7
§ 1-5 实船试验的分类	8
§ 1-6 实船试验的组织	10
§ 1-7 实船试验的一般过程	12
第二章 舰船稳性试验	17
§ 2-1 试验的目的	17
§ 2-2 倾斜试验的基本原理	17
§ 2-3 倾斜试验的实施	18
§ 2-4 自由横摇周期测定试验	24
§ 2-5 试验报告内容和误差分析	24
§ 2-6 稳性衡准	27
§ 2-7 潜艇试潜定重试验	28
第三章 舰船快速性试验	30
§ 3-1 试验的目的要求	30
§ 3-2 测速试验条件	30
§ 3-3 测速试验前的准备工作	31
§ 3-4 测定航速的方法	32
§ 3-5 测速线测速试验	34
§ 3-6 测速试验时船在测速线上的往返次数	35
§ 3-7 轴功率的测量	36
§ 3-8 拖曳阻力试验	40
§ 3-9 测速试验测量记录内容	40
§ 3-10 试验数据的整理、修正和结果表达形式	41
第四章 舰船操纵性试验	46
§ 4-1 舰船操纵性试验的目的和项目	46
§ 4-2 航行轨迹的测量方法	47
§ 4-3 操纵性试验使用的其他测量仪器	50
§ 4-4 操纵性试验方法和数据处理	51
§ 4-5 操纵性衡准	64
第五章 实船适航性试验	65

§ 5-1	海浪的测量	65
§ 5-2	适航性试验条件和试验方案	69
§ 5-3	适航性测试仪器	70
§ 5-4	适航性测量及记录项目	71
§ 5-5	适航性试验的组织实施	72
§ 5-6	适航性试验结果及表达	74
§ 5-7	实例	77
§ 5-8	舰船耐波性要素的衡准	80
第六章	实船结构强度试验	83
§ 6-1	概述	83
§ 6-2	实船静载荷总强度试验	84
§ 6-3	实船破坏性试验	86
§ 6-4	实船航行总纵强度试验	89
第七章	潜艇船体液压试验和深潜试验	98
§ 7-1	潜艇船体液压试验	98
§ 7-2	深潜试验	100
第八章	实船振动试验	108
§ 8-1	实船振动试验的目的	108
§ 8-2	实船航行振动的测试条件	108
§ 8-3	实船振动测试系统及选择	109
§ 8-4	实船振动测试的几个问题	112
§ 8-5	激振试验	115
§ 8-6	振动测量结果的分析及表示	119
§ 8-7	振动衡准	121
第九章	脉动压力的测量	126
§ 9-1	脉动压力测量的条件	126
§ 9-2	脉动压力测点的布置	126
§ 9-3	脉动压力测试系统	127
§ 9-4	脉动压力测点安装	129
§ 9-5	脉动压力测量的实施	131
§ 9-6	脉动压力测量结果的分析处理	131
§ 9-7	砰击压力的测量	135
§ 9-8	脉动压力衡准	136
第十章	实船的噪声测量	142
§ 10-1	噪声的基本参数	142
§ 10-2	噪声测量的基本设备	145
§ 10-3	实船的噪声测量	147
§ 10-4	船舶噪声的衡准	155
第十一章	水噪声的测量	157

§ 11-1	有关水声的基本知识	157
§ 11-2	舰船的水噪声量	158
§ 11-3	水声测量设备	159
§ 11-4	舰船水下自噪声的测量	162
§ 11-5	舰船辐射噪声测量	164
§ 11-6	舰船辐射噪声测量的其他问题	167
§ 11-7	舰船辐射噪声测量的实例	169
§ 11-8	辐射噪声和自噪声衡准	171
第十二章	结构射击响应试验及抗爆性试验	178
§ 12-1	结构射击试验	178
§ 12-2	结构抗爆试验	182
第十三章	实船测试中几个应注意的技术问题	194
§ 13-1	实船测试的特点	194
§ 13-2	测试大纲的编制	194
§ 13-3	测试的一般过程	196
§ 13-4	防潮及防护	199
§ 13-5	现场标定	199
§ 13-6	噪声的抑制	200
第十四章	专项试验	204
§ 14-1	概述	204
§ 14-2	专项试验项目	205
§ 14-3	试验基地的组织及试验保障勤务	207
§ 14-4	试验坐标系及轨迹摄录	208
§ 14-5	靶场试验的一般程序	209
§ 14-6	靶标	211
§ 14-7	试验的时统与通信	212
§ 14-8	舰炮武器系统试验	213
§ 14-9	战术导弹试验	213
§ 14-10	战略导弹试验	216
§ 14-11	水中兵器试验	218
§ 14-12	电子对抗试验	220
第十五章	国外实船试验概况	222
§ 15-1	美国海军有关装备研制和使用的试验与鉴定的指令、指示和标准状况	222
§ 15-2	美国海军实船试验的管理和实施	224
§ 15-3	国外一些典型的实船试验概况	226
	参考文献	232

第一章 实船试验概论

§ 1-1 舰船研制一般过程

凡列入舰船研制中长期计划或已按计划程序批准的各种类型舰船, 均应根据批准下达的主要作战使用性能进行战术技术指标论证、初步确定战术技术指标; 进行技术、经济可行性研究及必要的验证试验, 确定初步总体技术方案, 提出对研制经费、保障条件、研制周期预测的报告。舰船论证工作结束提交舰船论证工作报告, 其主要内容包括:

- (1) 研制舰船在未来海上作战中的地位、作用、使命、任务和作战对象分析;
- (2) 国内外同类舰船的现状、发展趋势及对比分析;
- (3) 主要战术技术指标确定的原则和主要指标计算(估算)及实现的可能性;
- (4) 初步总体技术方案论证情况;
- (5) 继承技术和新技术采用比例, 关键技术的成熟程度;
- (6) 研制周期及经费分析;
- (7) 初步的保障条件要求;
- (8) 舰船编配设想及目标成本;
- (9) 任务组织实施的措施和建议。

舰船论证工作结束同时编制研制总要求报批稿。

研制总要求报批稿由使用部门会同研制主管部门上报总装备部等上级主管部门。需要国家解决的保障条件, 由研制主管部门提出解决意见, 报国家有关综合部门。

研制总要求是舰船进行方案阶段工作和制定研制任务书的依据, 是确定舰船战术技术性能指标的关键文件。根据批准下达的研制总要求进行研制方案论证、设计和验证。

研制方案切实可行, 关键技术已经解决或已找到可靠的技术途径, 保障条件已基本落实, 提出研制方案论证报告和研制任务书。研制方案论证报告是研制任务书的附件, 其主要内容包括:

- (1) 概述;
- (2) 论证与设计的指导思想;
- (3) 总体技术方案及系统组成;
- (4) 对主要战术指标和使用要求调整的说明;
- (5) 可靠性、维修性的控制措施;
- (6) 关键技术解决情况及进一步解决的措施;
- (7) 质量与标准化的控制措施;
- (8) 舰船性能及研制成本、进度风险分析说明;
- (9) 产品成本、价格估算和效费比分析;
- (10) 研制方案论证结束编制研制任务书。

舰船研制任务书的主要内容应包括：

- (1) 概述；
- (2) 主要战术技术指标和使用要求（含可靠性、维修性和保障性）；
- (3) 总体技术方案；
- (4) 主要系统和配套设备、保障设备方案；
- (5) 研制总进度及分阶段进度安排意见；
- (6) 研制数量；
- (7) 研制经费概算（附成本核算依据和方法说明）；
- (8) 需要补充的主要保障条件及资金来源；
- (9) 研制任务分工和生产定点及配套产品的安排意见；

(10) 试验任务分工，主要包括：系泊和航行试验的主要项目、承担单位和时间安排；专项试验的项目、承担单位和时间安排，并视需提供专项试验补充条件；需试验基地和部队提供的特殊试验的补充条件，主要包括：技术引进、试验测试手段、技术改造、人员培训。

研制任务书是舰船研制过程中的关键性文件，上报批准后签订舰船工程研制阶段研制合同，并且是舰船检验验收和定型的主要依据。

复杂新型舰船应开展初步设计工作。按研制任务书深化方案设计，提出舰船设计所采取的各种技术措施和由此进一步确定的舰船性能，提出为证实这些性能得以实现的各种计算（估算）、试验结果，完成初步设计的图样和技术文件。初步设计通过审查，图样和技术文件经审图机构复审认可，初步设计完成。

按研制任务书和审图机构审查认可的方案设计、初步设计，及可靠性大纲、维修性大纲、安全性大纲、标准化大纲及综合保障计划等要求，进一步深化设计和模型（模拟）试验、验证，完成技术设计图样和技术文件，编制舰船技术规格书，完成技术设计。

技术设计通过审查，图样和技术文件经审图机构复审盖章认可，开始施工设计。按照施工设计合同的要求，绘制和编写供舰船建造、检验验收所需的图样和技术文件，完成全部施工设计图样和技术文件的绘制和发送任务。

承造船厂在舰船建造合同签订后开始编制舰船建造大纲、建造计划。建造计划包括总进度表、主日程表和月度计划表等。总进度表主要包括主要节点、材料设备订货、大型铸锻件订货、舾装件订货、船体结构和舾装的工艺设计、系泊试验和航行试验等的日程安排。驻承造船厂军事代表室应根据军检工作的有关规定，对建造全过程实施质量监控。

承造船厂在建造阶段应根据建造进度和系泊、航行试验大纲要求分别编制系泊、航行试验计划，进行系泊和航行试验，验证达到技术规格书要求并完成合同规定的所有交船前工作，交付部队使用。

由舰船试验单位组织舰船专项试验。

新型、改型和改装的舰船，均应进行设计定型。依据系泊试验、航行试验和专项试验结果不另进行定型试验。舰船经批准定型后，其图样和技术文件不得随意更改，如需要更改定型的状态，应按规定办理审查批准手续。

舰船批量较大时，如有必要可对生产条件进行全面考核，确认其符合批量生产标准，可进行生产定型（鉴定）。

§ 1-2 什么是实船试验

没有科学试验就没有科学的发展。通过试验而发现问题；通过试验而简化次要因素，突出主要矛盾，从而建立理论，创建学说；通过试验而验证理论，获得各种参数的量值、使理论分析计算成为可能；通过试验而发现新的问题、修正错误，进一步发展科学；最后、通过试验而解决问题。

什么是实船试验？首先，实船试验是相对模型试验而言的，其试验对象是实船而不是模型，是构成实船的一切。不是指在快速性水池中的船模阻力试验，不是在水洞中的螺旋桨模型试验，也不是在结构平台上的舱段模型试验或是在压力筒中的环肋圆柱壳的稳定性试验，而是一条实实在在的船，是装在船上的主机、轴系、武器装备。其次，在实船试验中我们也可能涉及某些设备和装备，例如，主机运转产生的振动，在工厂的台架上要测量其振动，而我们所谈到的则是装在船的结构上、成为船的一部份的主机在船体结构的基座上的振动。再如，装在舰上的火炮，在陆上试验场上要进行射击精度的试验和后座力及对基础的冲击的测试，而我们所讨论的则是装在军舰上的炮下加强结构上的火炮射击精度及炮口气浪和后座力对舰船结构的冲击等等，也就是说，我们所讨论的也可能是实船的某一部份，但已经是组成实船的一部份，是从实船的一部份上来研究其试验问题。

对于以实船为对象而言，可以有不同的范围。例如：造船的材料的物理化学试验，舷梯、跳板、吊艇架、索具、滑车的强度试验，门窗盖的冲水试验，电机的绝缘测量，等等。这些材料确确实实是用来造船的，这些舷梯、跳板、吊艇架、索具、滑车，门窗盖、电机也确确实实是装在船上的，而且其性能是与船密切相关的，机械性能很差的钢材造不出能经受大风大浪的舰船，绝缘不良的舵机电机可能在关键时刻使舵失灵，舷梯、跳板、吊艇架、索具等强度不足，可能使舰船人员上下船发生困难等等。但这不都是我们所讨论的内容，我们讨论的范围要窄得多。我们在本书中所要讨论的是指直接（而不是间接）形成舰船总体性能的实船试验，诸如有关作战能力、生存能力、机动性、隐蔽性、兼容性、安全性、可靠性等总体性能的试验。

任何一个装备都具有许多性能，舰船当然也不例外。对于舰船而言，其总体性能的含义和内容至今尚未见到权威性的定义。

首先从海军装备的研究设计院——中船重工集团和中船工业集团各研究院的组成来看，主要是由总体所和设备所所组成的。因此，从直观的理解，总体所研究与设计的应该就是舰船总体的性能。

再从系统工程的角度来看。舰船有机整体的本身构成了舰船的全系统（见图1-1）。

整条舰船本身是一个完整的有机实体，不是几个独立内容的简单叠加。故而进行总体设计时，首先由全舰系统的设计者作出构思、形成模型，充分地考虑到全舰系统间功能的匹配。这种匹配包括：有效载荷与舰船特性的匹配、武器结构与总体布局的匹配、快速性与飞行器的匹配、运动与武器的匹配、动力与舰船特性的匹配、保障与战斗力的匹配等等。这种匹配还包括：全舰内在特性的贯穿，如全舰可靠性设计（这里涉及可靠性指标分配，器件的组成等），操舰中心与武器指控中心的贯穿，全舰物理场的调配与控制，造型艺术与舰容修

饰等等。所有这些，只有总体设计者才能、也才会考虑，这也正是系统工程的特色和要求，使全舰系统成为具有理想的综合作战功能的有机整体的要求获得基本保证。因此，总体是指全舰系统。

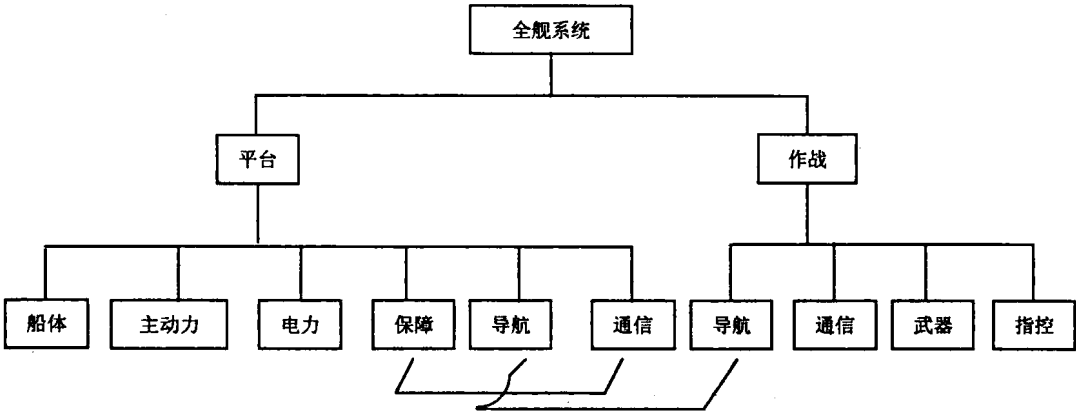


图1-1 全舰系统

总之，本书中涉及的实船试验主要是指总体性能。

§ 1-3 实船试验的地位和作用

实船试验在论证、研究、设计和建造中，在对新舰种战斗功能水平的评定中，在验收舰船、鉴定定型中，在数据、资料积累中都起着十分重要的作用，占有十分重要的地位。

《舰船通用规范》中规定，舰船特性设计应采用优化设计、权衡设计等方法使舰船的各类特性互补、综合最优。舰船模型试验是舰船特性设计评估、特别是总体运动性能等方面的设计评估的基本手段，在方案设计阶段和初步设计阶段一般应按有关标准进行舰船模型试验，并预报实船性能。舰船实船试验是检验舰船特性、评估舰船特性设计的重要依据。

一、实船试验在论证、研究和设计中的作用

(1) 实船试验是对新舰种战斗功能水平的评定

作为舰船的总体性能，诸如耐波性、快速性、机动性、适航性、振动特性、续航力等等都是判定新舰种战斗功能的重要内容。其中有许多总体性能本身就与战术性能密切相关的，如：作战半径（续航力）、出海概率（耐波性）、战术机动性（操纵性）、航速（快速性）等，它们都是进行战略战术决策的重要因素。此外，舰船的有些战斗功能是由这些总体性能与武器装备性能相配合才能构成的。例如航母上的飞机必须与舰的航速相配合，反潜战中的搜潜与攻潜也需与航速和机动性相配合，直升机的起降须与舰的航速相配合，武器系统的打击精度必须与结构刚度相配合，武器装备的使用及人员战斗力的发挥必须与总体环境的配合等等。再者，在生命力方面，破损稳性、抗沉性、结构强度、抗冲击性能等等均是舰船生命力的重要内容。需要指出的是，舰船对上述这些总体性能的要求有别于对民用船舶的要求，正如对坦克的要求有别于对通常车辆的要求一样，这些要求的本身已纳入了战斗功能的范畴。当然战斗功能的另一重要组成部分是武器系统本身的功能。

总之，舰船的战斗功能是由三个内容组成，即总体性能、武器系统性能及这二者的综合。故而可以认为，实船总体性能试验是对舰艇战斗功能判定的重要组成部分。

(2) 实船试验是对技术风险度的评定

人类对自然的认识是逐步深化的。在进行研究设计时，人们为了弥补认识上的不足，往往会引进不少人为的假定和近似处理，从而使工程带上一定的风险度。

例如，当理论计算还难以提供可信的依据时，人们往往通过模型试验（这可以是流体力学方面，或是结构力学方面）来提供资料。此时又存在一个模型与实船的相关处理问题，即相似性与换算问题。可惜的是严格的相似和精确的换算在技术上往往也还办不到。于是处理的办法上只能是作些让步，放宽甚至部分地放弃应有的相似约束条件。这就必然带来误差，甚至潜伏着风险。在气垫船的研制中，这一问题尤其突出，船模试验的模拟条件和测试设备复杂，风扇比转数、围裙布单位面积重和弹性模量、气垫的刚度系数等均很难做到相似，从而影响耐波性、阻力、围裙成形特性，加上直观性差，不能暴露工程问题，美国的穿浪艇研究者洋恩（PETER PAYNE）提出直接进行这种尺寸较小的艇型的实艇试验而不是模型试验，实船试验也是我国的气垫船整个研究发展过程中的关键环节。再如象舰船的总强度，难以用模型试验来解决，只能在一定的试验基础上再借助数学工具进行推断来预报，这里的风险也是显而易见的。此外，在设计中还往往会碰到各家争论不休的问题，或是尚无明确标准的问题，如振动问题中频率储备选取就是如此，此时起决定作用的是设计者的主观意向。这种设计实为试探性设计，风险当然也就随之而来了。如此种种都将给舰船的设计带来一定的风险。

实际上，舰船的研究设计水平至今还未能走上自由王国的境地，可以说现在的设计既有理论也还有一种半经验、半实验性的，而最终的权威就是实船试验，故而是一个型号的研究、设计和制造的最后技术结论和风险度的评定就有赖于实船试验来作出。

(3) 实船试验是数据、资料积累的有效途径

数据可以说是科技工作的血液，它把技术领域中的各种隐含关系送到了各个需要的地方，正确可靠的数据是工程设计和理论分析的依据。技术高度发展的国家均建立有许多庞大的数据库，这里浓缩着人类知识的结晶。一旦有了这些数据，并且能很方便地使用这些数据，将有助于人类更系统地更有效地认识自然和改造自然，极大地减少科研和生产中的盲目性和重复劳动。例如，在舰船的研究设计中常会用到所谓图谱（如线型系列谱、螺旋桨设计图谱、风浪谱等），它们本身就体现一个小型数据库。它们乃是将许多次的试验结果（包括实船试验），经规律性的分析比较计算后汇总得出的。在研究设计中有了这种图谱，科技人员可以迅速地作出各种判断，使用方便，在技术上还能起到一种指导作用。

自然界中各种现象均有其内在规律。遵循客观规律来进行我们的论证、研究、设计和判断是我们主观的愿望。但是，不能设想为了某一个型号的论证研究和工程设计而安排大量的试验，从这些试验获得的数据中来找规律。而只能从常年累月积聚起来的数据资料中去找。当然，这些数据资料必须是正确的、可靠的、有权威性的。实船试验就当然成为权威数据的主要来源。数据库的建立、数据库中数据的充实程度是一个国家或部门科研水平、管理水平的重要标志，具有着深远的意义。它是科研园地上极为重要的基础设施。我们必须高度重视。

(4) 实船试验是研究设计的有效补充

应该说任何型号的研制, 尽管作了许多理论计算包括不少模型试验, 甚至仿真试验, 但终究未能完全掌握住研制对象的所有特性。因为不少问题是无法进行模型试验和通过计算研究的, 在设计图面上也是看不出、也无法发现的。这些问题恰恰会直接影响到舰船的作战功能。其中, 有些问题设计者可能已经注意到了, 只是难以通过理论计算或模型试验来摸清它, 仅只在可能条件下采取一些定性的措施而已, 如舰船的倒车性能、航行惯性等就属于此类。有些问题设计者并没有意识到, 那就只能在实船试验时逐个发现之, 再逐个解决之。如某远洋航天测量船建造结束后, 电子设备调试中发现雷达天线由于振动过烈而无法正常工作, 经过实船试验摸清了天线工作频率与基座的横向固有频率发生共振, 其振动幅值达0.5米, 从基座固有振动波形衰减缓慢说明基座的阻尼系数较小, 刚度不足, 设计部门对基座作了适当加固才消除了共振, 保证了天线的正常工作。某型登陆舰采用压浪船首, 在风浪中航行, 船首产生强烈的砰击, 造成船体颤振, 船体甲板室前壁角隅处及主甲板产生裂缝和焊缝开裂现象, 严重影响船体的总强度, 舰艇的安全航行受到威胁。对该型登陆舰组织了在风浪中的实船船体应力试验测量, 测量数据表明在四级海况下, 前甲板室围壁角隅处的应力达200MPa以上, 已超过材料屈服强度, 这样势必造成焊缝拉开及甲板裂缝, 设计单位根据测试结果对原设计作了修改, 在舰首加装分水踵以减少首部的砰击, 同时将甲板室前围壁转角由原来的折角改为圆角并加复板, 并在围壁上加装几道弹性结构, 避免应力集中。经改进后再次组织实船抗风浪强度试验, 在五级海况下测量的结果表明, 甲板室前围壁角隅处的应力降为70MPa以下, 收到了满意的结果。某远洋打捞救生船, 交船试验时, 对船体振动做了详尽的测量, 获得了大量的测试数据。测试结果表明, 当主机转速为105r/min和150r/min时, 由主机产生的激振频率分别与船体垂向首阶固有频率1.75Hz和横向首阶固有频率2.5Hz相同, 此时船体总振动明显出现峰值, 进而确定主机常用转速应避开上述两处共振区。对于船体固有频率的实船测量结果与计算值比较, 可见两者间存在一定差别, 尤以二阶和三阶差得比较多, 对以后船体振动计算的修正提供了依据。另一艘远洋打捞救生船的一个减压舱, 其椭圆封头在加工制造过程中有明显凸起现象, 使用部队对其强度提出疑虑。为了保证减压舱的使用安全, 制造厂请有关部门对其强度作出鉴定, 经实船试验, 测得减压舱的正常部位和凸起部位的应变值基本一致, 未发现任何异常变化, 完全满足强度要求, 使该减压舱及时投入了使用。再如螺旋桨与舵的剥蚀问题, 舰船结构的抗冲击性能, 无论是上层建筑的抗核爆炸冲击波的冲击强度, 还是船底结构抗水下爆炸冲击波的冲击强度均是无法在试验室定论的, 只能实船到现场试验决定。

很显然, 上述例子中所提到的问题大多涉及舰船的战斗力、生命力和使用性能。因而, 实船试验对型号研究设计的补充作用是至关重要的。

二、实船试验是舰船验收的唯一标准

从某种意义上说, 人类的社会生产活动的根本目的不是为了要获得硬件, 要获得设备本身, 其实质是要获得某种功能, 以及与之相适应的操纵方式。硬件与设备仅只是一种功能的寄生实体。故而生产活动中形成了某实体后并不表明生产活动的终结, 此时人们尚须检查是否因此已获得了要求的功能(性能)。

实船试验(船厂交货试验)正是如此。这种试验是在用户方的参与和监督下进行的一系列实船性能试验, 从而向用户方表明已建造的舰船不仅在研究设计中获得各种功能(性

能),符合合同规定的技术要求、标准、规范等等要求,而且在建造工艺和按图施工等方面也合乎要求,已达到用户要求的性能,故而可以提请验收交船。

实船试验是一个节点,对整个建造过程各路计划的实施起到监督作用。

由于技术上的复杂性,涉及的专业面又广,有时这种试验不是一试即成的。为此无论是舰船的承造厂,还是设计方和用户方均十分重视这实船试验,为之设有专门机构来组织和实施这项活动。组织有大批人员(包括设计、生产和使用各方面的人才)参与试验。

总之,实船试验验证舰船理论研究、模拟试验、设计计算与实船试验之间的符合程度,并分析其相关关系,提高理论计算和模型试验预报的正确性;

实船试验解决目前舰船理论研究、模拟试验、设计计算难以解决和正确计算的技术难题;

实船试验是检验交付部队的舰船是否达到<研制任务书>和<合同规格书>的要求,考核舰船安全航行和正常使用的能力,评定舰船研制设计和建造的质量和完善程度唯一标志;

实船试验评价舰船的作战有效性和作战适用性,及舰船的研制是否达到预期目标;

实船试验为后续舰船建造提出需要改进的项目,并为下一代舰船研制提供母型技术数据;

实船试验提供部队作战、训练、后勤、维修所需的战术技术资料;

实船试验为部队培训舰员提供实操机会;

实船试验为创造新型舰船的战术研究提供条件;

实船试验为制订和完善舰船规范、标准提供依据。

通过总体性能试验将使舰船技术状态逐步达到一定稳定状态,为舰船的研制成功、鉴定工作和批量生产打下基础。通过实船试验结果与理论研究、设计计算、模拟试验的统一分析、研究、整理,对发展舰船科学技术和提高舰船研制设计和建造水平有重要意义。

§ 1—4 实船试验的内容

实船试验根据其目的不同,是为了检验其航行使用性能和战术技术性能,或是为了获得实际性能资料为后续舰和新型舰的论证、设计、建造提供依据,或是为了获得力学性能等技术资料发展舰船科学等不同而有不同的试验内容,有的多一些,有的少一些,有的深一些,有的浅一些,概括起来,主要有下列一些:

- 舰船稳性试验(倾斜试验),一般在系泊试验时进行,其目的是检查舰船的初稳性,在倾斜试验基础上,还应进行静水横摇试验,测定舰船横摇周期。

- 舰船快速性试验(深水),其目的是测定舰船在各种主机工况下的静水航速,测出正常排水量情况下整个航速变化范围内螺旋桨转速与航速的关系,螺旋桨轴功率与推力和转速关系,在主机额定功率下舰船的实际最大航速和各种规定工况下的航速值。

- 惯性试验,惯性试验的内容是测量全速正车至停车,巡航航速正车至停车(及刹车停)、全速正车至全速倒车等工况下舰船的惯性冲程、时间、舰首偏航角,以及停车令至螺旋桨转速为零的时间,并力求获得螺旋桨转速和航速随时间变化的数据,以供舰长在实际操舰过程中遇到紧急情况时做到心中有数。

- 操纵性试验,试验的目的是为了确定在不同舵角下的最大航速和各种航速下的舰船回

转性能，以及判断舰船的航向稳定性。试验内容主要有：在全速、巡航航速、最低航速下进行Z形操纵试验，测定舵角、首向角及初转期。全速、巡航航速下，分别操左右满舵各一次，操左右15度舵角各一次进行回转试验，测定舰的回转直径及有关运动要素（如回转航速、横倾角、稳定回转角速度等）。航向稳定性试验，在全速和巡航航速时采用保持舵角不变法和保持航向法进行试验，等等。

- 续航力试验

在测速试验的同时，测定技术经济航速和作战经济航速时的油耗、轴功率、主机转速、航速等数值，由此计算求得在满载排水量下的技术经济航速和战术经济航速时的续航力值。

- 实船耐波性试验 低、中、高海情适航性试验

耐波性试验（包括实船结构强度试验）的目的是研究舰船在波浪状态中的各种性能，包括船体在风浪中的稳性、横摇、纵摇与垂荡，以及相关的速度、加速度，还有风浪中的快速性和失速、偏航、甲板及上层建筑上浪与飞溅、砰击与首尾端出水、船体结构强度等内容。通过实船试验可以弄清舰船的航行性能是否符合设计数据以便评价其耐波性；试验中获得的数据还可以用来校验和修正耐波性预报的方法，并为采用计算机进行舰船运动仿真提供依据。

- 噪声测量 分别测量舰船在停泊状态及锚泊状态下、在最大航速、巡航航速下以及各种设备、系统正常工作时的各舱室空气噪声、自噪声和辐射噪声。

- 激振试验 通过激振机激振测出舰船的垂向1至5谐调和水平1—3谐调的总振动及局部结构振动的频率、振形及阻尼系数。

- 航行振动试验 测试几个航行工况下的船体总振动频率、位移和加速度；螺旋桨正上方船底脉动压力及底板应力；桅杆振动频率、振幅；雷达室、作战指挥室、驾驶室、报房以及主机基座、武器基座等处的局部振动；船尾底部板架的振动。

- 强度试验 结合耐波性试验进行总强度和局部强度的应力、应变测量，并结合舰上武器发射试验测量发射装置基座及其附近船体结构的应力和应变。

- 潜艇液压及深潜试验 这是对潜艇的特殊试验，通过船台潜艇船体液压试验，检验耐压船体的结构、装配和焊接的正确性及坚固性。深潜试验是考核潜艇艇体的安全可靠性和各种装置及设备在大深度工作的正常可靠性。

- 结构射击试验 检验舰载武器（主要是火炮）在实弹射击时结构的可靠性，各种设备装备的工作环境，同时检验由于结构的振动变形对武器射击精度的影响。

- 脉动压力和砰击压力的测量 这是舰船强度和振动试验的一个组成部分，通过压力测量，确定作用于舰船的载荷，以改进舰船结构及设备的设计。

- 实船抗爆炸冲击试验 通过不同距离、不同当量炸药的爆炸试验，测量舰船周围的水压场，结构的各种响应，舱室、设备等的冲击振动环境，以确定舰船在不同爆炸物情况下的安全半径及改进结构、提高抗爆性的措施。

§ 1—5 实船试验的分类

实船试验的分类，目前尚无统一的规定，这里提出一种分类方法，将实船试验分为科研性试验、交船性试验和使用性试验。

科研性实船试验主要是为了进一步研究舰船的流体力学、结构力学等性能的影响因素、变化规律,研究新材料、新工艺、新技术等在舰船上的适用性及应用条件而进行的试验,其目的在于提高研究设计水平,改进和提高产品性能。科研试验一般由设计研究论证部门和有关院校,根据型号预研、研制、重点科研攻关项目的需要提出并纳入相应的科研计划,经上级机关批准,下达试验计划并落实组织实施的试验。

交船性试验是为了确保舰船的设计和建造质量,更好地满足使用部门的要求而进行的实船试验,是舰船检验的一部分。舰船检验是从舰船生产准备开始至合同终止过程中质量考核的统称。除了建造检验、系统陆上联调试验外,主要包括系泊和航行试验、专项试验、最终合同试航等。

系泊试验 (mooring trial) 是舰船在系泊条件下,对装舰的系统和设备等按规定要求所作的一系列质量考核验证的统称,包括检验舰船的建造质量及装舰系统、设备的安装质量,主要技术指标和工作的可靠性。系泊试验适用于所有新造舰船、修复舰船、改装舰船和启封舰船。舰船系泊试验由承造船厂按试验大纲和试验册组织实施,各有关部门参加。试验大纲由总体设计单位编制,经研制、使用主管部门批准。系泊试验应检验舰船建造质量、系统和设备安装质量、主要技术性能。试验结束后,承造船厂应提交试验报告,由驻厂军事代表检验合格后在验收文件上签字。总体设计单位应在首制舰船有关试验文件上签字。系泊试验条件一般应包括船体建造完工,设备、系统正确安装结束,试验文件齐全,测试仪器、仪表和设备符合精度要求,油、水以及备配件等保障条件具备。

航行试验 (seatrial) 舰船在符合技术要求的水域环境条件下航行,对其总体性能、舰体结构、推进系统、电力系统、电子信息系统、辅助系统、船体属具和舱室设施、武器发射装置及保障系统所作的一系列质量考核验证的统称。舰船航行试验,在舰船系泊试验结束认可后进行。航行试验由承造船厂按试验大纲和试验册组织实施,各有关部门参加。试验大纲由总体设计单位编制,经研制、使用主管部门批准。航行试验应全面检验舰船总体和系统及设备的工作性能,确认设计、建造是否满足研制任务书和合同的要求。试验结束后,承造船厂应提交试验报告,由驻厂军事代表检验合格后在验收文件上签字。总体设计单位应在首制舰船有关试验文件上签字。航行试验适用于所有的新造舰船、修复舰船、改装舰船和启封舰船。航行试验条件一般应包括系泊试验结束,倾斜试验合格,试验文件齐全,测试仪器、仪表和设备符合精度要求,油、水以及备配件等保障条件具备,安全措施落实。

专项试验 (specific trial) 舰船交付后由舰船试验单位组织的舰船总体、电子及武器系统等特种项目质量考核验证过程的统称。试验大纲由试验基地或试验承担单位编制,经使用部门批准。试验结束后由试验基地或试验承担单位提出试验报告和结论。专项试验适用于首制或首次加装、改装重要设备的主要战斗舰艇及有特殊要求的舰船。专项试验项目为专项试验大纲规定的检验项目和真实目标试验。

最终合同试航 (final contract seatrial) 舰船在质量保修期行将结束前,针对使用中提出的质量问题,进行旨在办理合同终止手续的勘验性试航和修复后的验证性质量考核过程的统称。舰船在交付部队一年,保修期满前,应进行最终合同试航。试航项目由驻承造船厂军事代表室、承造船厂协商确定,按合同规定进行修复并检验合格后,办理合同终止手续。试验项目为保修期内使用部队提出的质量问题,进行相应的运作试验,以确定修理范围;凡经保修的系统、设备,修复后均应进行验证性试验。