

舰船航行性能试验

中国人民解放军海军标准化办公室 编

国防工业出版社

621.52
74

舰船航行性能试验

中国人民解放军 海军标准化办公室 编

国防工业出版社

内 容 提 要

本书详细介绍了实船航行性能试验中的快速性试验、操纵性试验和耐波性试验,包括这些试验的发展历史、试验原理、试验方法、测试手段、数据处理、结果评定及组织实施等方面的内容,还介绍了国内外有关的一些舰船规范和规程等标准,是一本很实用的舰船海上试验的参考书。

本书可供造船行业中的研究、设计、建造、使用部门的管理人员、技术人员使用,并可供大专院校有关专业的师生参考。

舰船航行性能试验

中国人民解放军 海军标准化办公室 编

*

国防工业出版社出版

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 $1/32$ 印张 $7\frac{1}{4}$ 159千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷 印数: 0,001—1,180册

ISBN 7-118-00131-7/U12 定价: 2.45元

前 言

航行性能是舰船最基本的性能，它包括浮性、稳性、不沉性、快速性、操纵性和耐波性等内容。本书是专门介绍快速性、操纵性和耐波性的实船海上（或内河、湖泊）试验的。

舰船在设计阶段对航行性能进行了预报，这种预报的依据是模型试验的结果和相关因子的修正换算。由于各种因素的影响，这些修正换算都有误差，因此预报不会十分准确。为了取得实船的航行性能数据，就必须在舰船建造完工后，进行实船海上航行性能试验。近年来，实船海上试验随着测试技术和计算机技术的发展有了很大的进步，有了很多积极的研究成果。我们在实际工作中深感应该有一本较系统的书，反映这些研究成果，指导实船试验工作。出于这样的目的，编写了这本《舰船航行性能试验》，作为执行有关航行性能试验的国家军用标准的补充。

本书由中国人民解放军海军标准化办公室组织编写，海军和中国船舶科学研究中心的同志参加编写工作。

本书第一章、第二章 § 2-6 及 § 2-7 中一、第三章 § 3-5 由原玉全编写，并负责全书的统稿工作；第二章由黄廷良、周凯传编写；第三章由徐铿、胡相鸿、周林华编写；第四章由李伯林编写。

由于我们的水平有限，本书会有错误和不足之处，欢迎读者批评指正。

海军标准化办公室

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 舰船航行性能试验的发展	1
§ 1-2 实船试验的国内外现状	3
§ 1-3 航行性能试验的组织和实施	4
§ 1-4 有关舰船航行性能试验的注意事项	24
第二章 快速性试验	27
§ 2-1 舰船快速性试验的目的和内容	27
§ 2-2 快速性试验前的准备工作	28
§ 2-3 快速性试验方法	32
§ 2-4 快速性试验用测试仪表	41
§ 2-5 快速性试验结果的分析方法	54
§ 2-6 实船试验和模型试验的相关方法	64
§ 2-7 特殊舰船的快速性试验	73
第三章 操纵性试验	104
§ 3-1 舰船操纵性试验的目的	104
§ 3-2 操纵性试验条件及要求	107
§ 3-3 操纵性试验的组织和实施	109
§ 3-4 操纵性试验	112
§ 3-5 舰船操纵性衡准	140
§ 3-6 操纵性试验的测试仪表	143
§ 3-7 舰船操纵性试验的系统识别方法	151
第四章 耐波性试验	155
§ 4-1 耐波性试验的目的	155
§ 4-2 耐波性试验筹备	157

§ 4-3	耐波性试验用测试仪表的准备和安装	161
§ 4-4	耐波性试验程序	164
§ 4-5	船体运动的测量	169
§ 4-6	波浪及其测量	177
§ 4-7	数据的统计分析及检验	193
§ 4-8	谱分析和参数选择	202
§ 4-9	时域分析	214
§ 4-10	装有减摇装置舰船的耐波性试验	218
§ 4-11	舰船在波浪中的功率特性、砰击和耐波性试验报告	220
参考文献		226

第一章 绪 论

§ 1-1 舰船航行性能试验的发展

至今，人们能建造出不仅适合在各种状况下航行，而且能完成各种使命的舰船，是很不容易的事。

在人类历史上，什么时候就有船了，说不太清楚，但我国考古学家已发现了7000年前的木桨。自从人类有了船，就在对船不断地进行改进。船要在河、湖、江、海中航行，完成各种不同的使命，它就必须能在水上浮动而不倾覆，要有适合要求的航速，要能控制和操纵，要能应付各种天气和海况变化。千百年来，人们从倾覆、沉没、破断等惨痛教训中不断总结经验，并依靠这些一代一代地流传下来的经验，使造船行业不断发展。直到18、19世纪，由于科学技术的快速进步，促使造船行业也发生了重大变化，不再完全依赖经验了。

18世纪中叶，法国天文学家、数学家和海军奠基人比尔·布盖尔(Bouguer)的《船舶原理、它的构造和它的运动》一书出版，他研究了船的浮性理论，并引入了一种稳性计算的实用方法，这就是初稳心及初稳心高的概念。从此以后，许多学者对船的浮性、稳性做了很有成效的研究，得到很多实用的计算方法。到19世纪末，以英国工程师里德(E. Reed)为代表的专家又制定了多种大倾角稳性计算方法。

随着19世纪的工业革命的发展和铁船、钢船、机械动

力的出现,使造船行业发生了根本性的变化。在这种形势下,造船开始有了预先的设计计算,英国人马修·贝克是第一位在纸上绘造船图样的人。为了设计计算能更有把握,进而有了模型试验,并进行性能预估等计算工作。英国工程师威廉·付汝德开创了水池中的模型试验工作。100多年来,模型试验也进步很大,很多国家都有了设备精良的试验水池,可以进行阻力、推进、操纵、耐波等舰船航海性能的试验,另外,还有风洞、压力桶、减压水池等设备,能进行空气动力学方面的试验、水压试验及出入水试验等,使舰船性能预报比较可靠了。但就是这样,人们并没有放弃实船试验,相反,实船试验也发展到了现代化的程度。其原因是多方面的:

第一,人们对模型试验尽管做了许多努力,对试验结果进行各种修正,但因其影响因素很多,在换算到实船上时,至今仍没有一种方法是十分满意的。如第15届国际拖曳水池会议(ITTC)上建议并推荐的“1978国际拖曳水池会议单桨船性能预估方法”,其基础是对阻力和各种推进因素进行了更详细的分析,并在计算的较早阶段就引进了尺度效应修正,而预估又依靠自航模型试验、敞水试验和阻力试验的综合结果。在进行了模型试验和实船试验结果的比较和统计分析后,发现尽管所得结果根据现有统计资料证明是最好的了,但预估值与实船试验结果间的离散度仍然是非常大的。操纵性和耐波性的模型试验与实船试验之间的误差也有同样的问题。因此,对设计部门、研究部门来说,实船航行性能试验是非常重要的,既检验了预估的正确性,又对改进预估方法提供了依据。

第二,对造船厂来说,实船航行性能试验及交船是建造一条船的最后一道工序。目的是测定舰船的航行性能,对设

计单位的设计计算进行评价, 做出新造舰船是否满足订货方要求的结论。

第三, 实船试验是有关舰船航行性能资料的主要来源, 这一点对使用方是非常重要的, 所以也把航行试验称为交接试验。

§ 1-2 实船试验的国内外现状

目前, 已有许多国家制订了有关实船试验的规程、方法标准, 加上测试技术的进步, 使舰船航行性能试验更加精确、合理。

我国也有一些有关舰船系泊、航行试验的标准, 其中有国家标准如 GB 3471-83《柴油机动力海洋船舶系泊及航行试验通则》; 有国家军用标准, 如 GJB 38.14-86《常规动力潜艇系泊、航行试验规程 操纵性试验》; 有部门标准, 如 CB 3049-78《渔船系泊航行捕捞试验通则》等等, 都对舰船的实船航行性能试验做了一些规定。我国的这些标准包括快速性、操纵性、耐波性等试验。

我国各船厂, 在新船建造完工后都要进行实船航行性能试验, 合格才能正式交船给订货方。新造舰船进行航行性能试验的项目是不一样的: 对民用运输船, 一般进行测速、制动(惯性)、回转、航向稳定性试验; 对拖船、扫雷舰、拖网渔船还需增加拖力试验。另外, 首制舰船和后续建造的舰船试验项目也不一样, 首制舰船要按专门的试验大纲进行全面的试验。一般新造的舰船究竟应进行哪些航行性能试验项目, 一般说来, 除合同有特别规定外, 均应满足相应的航行性能试验标准要求。如常规动力潜艇的操纵性试验, 应执行国家军用标准 GJB 38.14-86《常规动力潜艇系泊、航行试验规

程 操纵性试验》。首制艇应进行水面状态的回转、螺旋线或逆螺旋线、回舵、Z形操舵、制动及倒车试验，水下水平面内的回转、螺旋线或逆螺旋线、回舵、Z形操舵、制动、加速性、倒车等试验，水下垂直面内的舵力试验、测定艇的水动力系数对垂向速度导数试验、周期操舵试验、均衡试验、平衡角测定试验、测定升速和逆速试验、航向和深度保持试验、超越试验、变深度试验、空间机动试验，并检查通气管航行时保持深度的准确性及武器发射时保持深度和航向的准确性。后续艇及操纵面主体线型改变不大的后续艇仅做水面状态的回转、回舵、Z形操舵及制动试验，水下水平面内的回转、回舵、Z形操舵及制动试验，水下垂直面内的升速试验。另外，对艇体线型改变，或重新设计操纵面，或艇体有较大变动的后续艇及螺旋桨性能与动力装置种类改变的后续艇，应进行的试验项目也都做了明确规定。

国家军用标准中的这些舰艇试验规程不仅规定了应进行的试验项目，还规定了试验目的、条件、记录、试验结果评定及试验报告等内容，在舰艇航行性能试验时都应遵照执行。

苏联、日本、英国、美国等国家，都有关于实船航行性能试验的规程，严格而详细地规定了试验的条件、海区、海况、试验项目、试验程序和方法、测试手段、精度要求、数据采集、试验结果处理等内容，这是因为任何一个环节上的错误，都会使实船试验无效。这些规程中较典型的有苏联国家标准、日本造船学会的规程、美国的造船工程师和轮机工程师学会的规程、英国船舶研究协会的规程等。

§ 1-3 航行性能试验的组织和实施

舰船的航行性能试验的组织和实施是很复杂的，它周期

短、涉及面宽，需要一定的环境条件，所以为了取得可靠的数据，在组织一艘舰船进行航行性能试验时，要有符合订货方、设计方要求的试验大纲，要有详细的实施计划，要求全体人员明确任务的时间、内容、具体程序、质量要求，要有统一的实施指挥。

一、各方满意的符合需要的试验大纲

一艘新建造的舰船要进行实船航行性能试验，必须有设计部门提供的试验大纲。试验大纲应符合相应的标准要求，还需要船厂、订货方满意、舰船检验验收部门认可。

新建造的舰船的航行性能试验大纲应包括试验目的、试验应遵循的技术文件目录、试验内容、试验要求、试验结果的分析方法、参加试验的部门及其职责等内容。

二、舰船进行航行性能试验的先决条件

- ① 新建造舰船在进行航行性能试验前，应按规定进行倾斜试验，稳性应满足规范要求；
- ② 在系泊试验中中发现的缺陷均已消除；
- ③ 舰船已具备安全航行的条件。

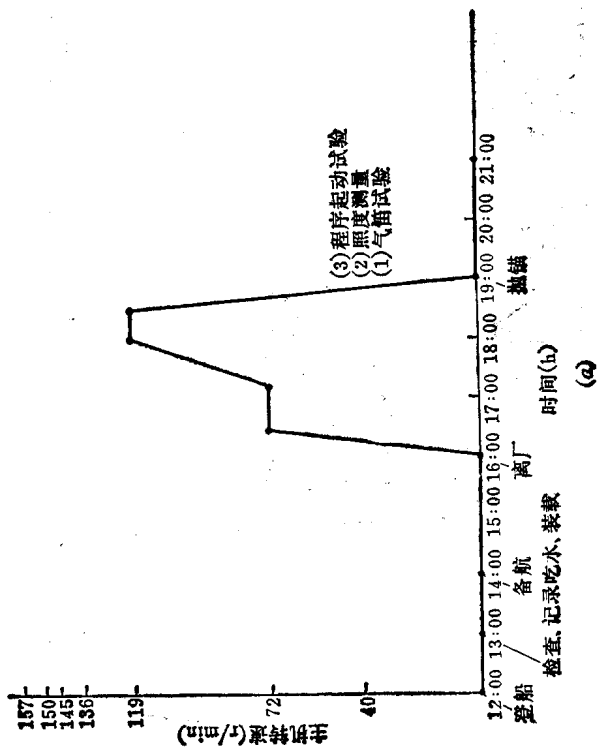
三、舰船航行性能试验计划

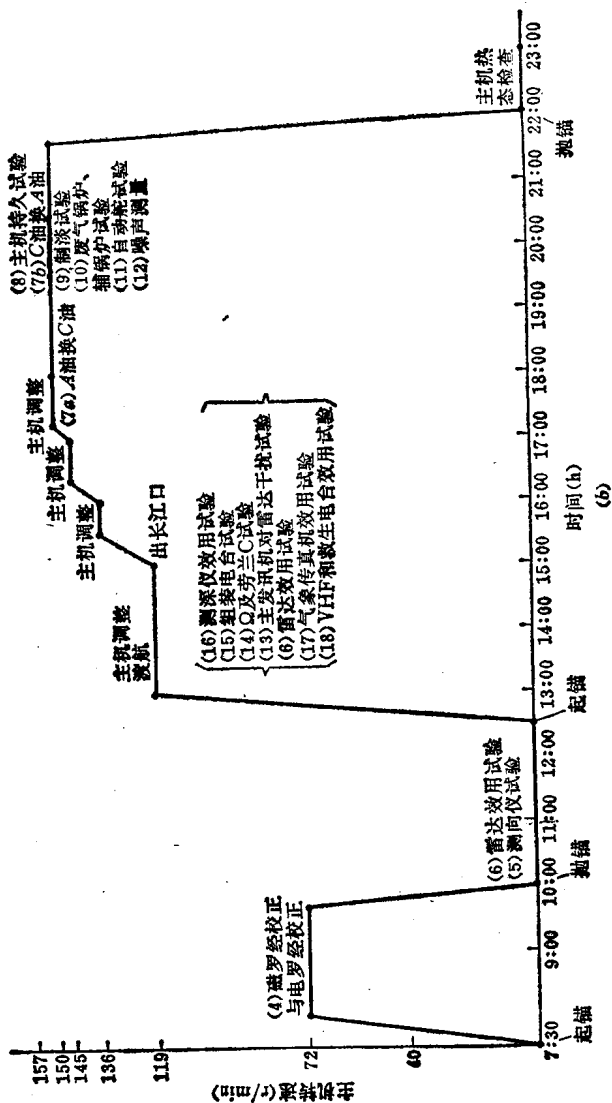
新建造舰船的航行试验包括航行性能试验、导航设备试验、通信设备试验、侦察设备试验、主机及轴系试验、辅机及系统试验、电站试验、锚系试验、舵系试验及武器系统、指挥计算中心试验等，因此航行性能的试验计划是总的航行试验计划的一个组成部分，要服从总的航行试验计划。一般推进性能试验安排在主机及轴系试验一起，而计程仪的校对试验又和测速安排在一起。潜艇等舰艇的本艇噪声测量仪的试验也和测速试验安排在一起。由此可知，一个航次可协调安排多个试验项目。航行性能试验对海区 and 海况、天气有严

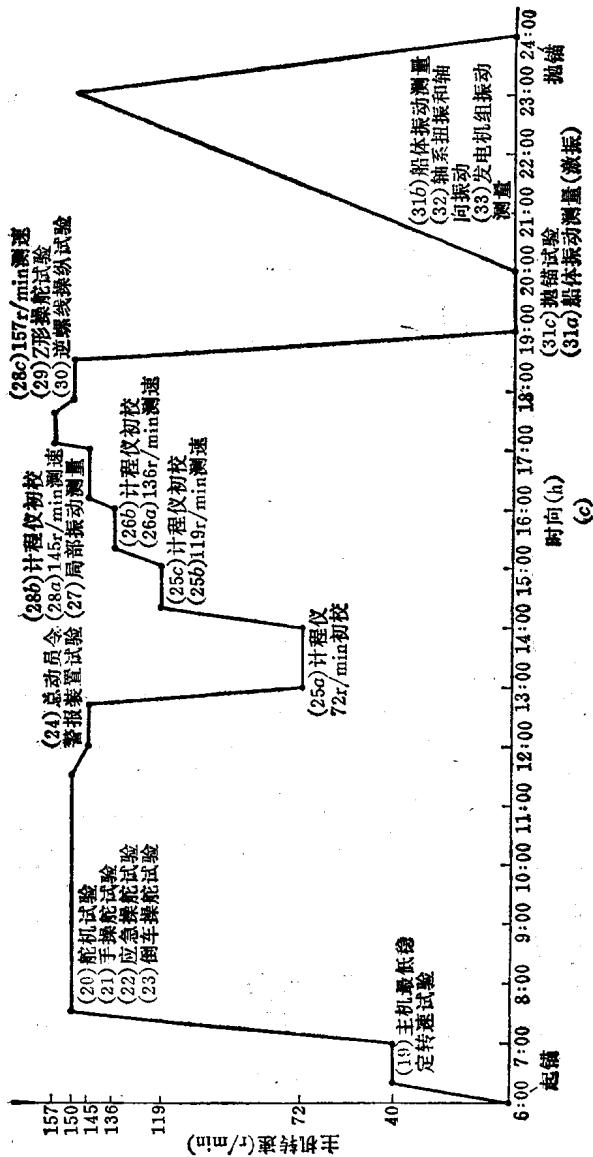
格的要求，通常快速性试验和操纵性试验都需要良好的天气和平静的水面，而耐波性试验却要求在规定的风浪条件下进行。舰船航行性能试验是综合性的作业，参加的人员多，动用的设备多，经常有其他舰船配合，有时还需要飞机配合，因此必须制订详细周密的计划，认真地处置各种配合细节问题，仔细地进行准备，并使全体参加试验的人员周知，以使计划能有效地执行。

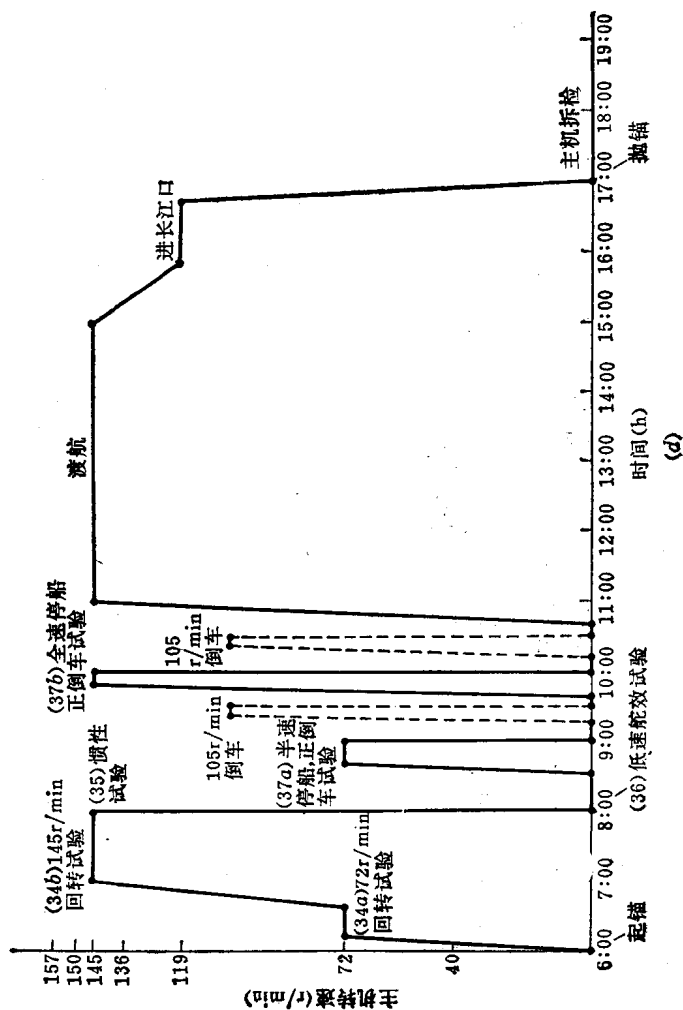
一艘新型舰船的航行试验计划制订，多采用网络分析法，时间因素是以执行合同的交船日期为限制的，因此，人力、材料、设备必须保证总进度。要使总进度是可实现的，就需要对完成每项工作所需的时间做出正确的估计，以便编制出控制网络，通过对这个网络的分析，可以推算出每个工序的起止日期，从而得到完成整个航行试验所需要的总时间，并得出主要矛盾线——“关键路径”。舰船的快速性试验、操纵性试验、耐波性试验就是航行试验网络的组成部分，也就是通常所说的子系统。它的总周期不仅由试验项目所需时间决定，还受整个试航周期的约束。编制这些子系统的计划的原则一般也采用网络分析的原则。图 1.1 是某民用船舶的航行试验计划图。表 1.1 是某常规动力潜艇试航计划表。

编制舰船航行性能试验计划的困难在于这些试验对环境条件的选择，如风力、浪级、能见度、温度、水流等，不以人的意志为转移。因此，在选择试验海区、确定试验时间时，应注意海区情况、气象资料的历年情况及统计规律，以提高计划的准确性。有时，为了保证按期用船，而在合同中明确将某些试验列到扩大航行试验范围内，在交船后的适当时机进行。









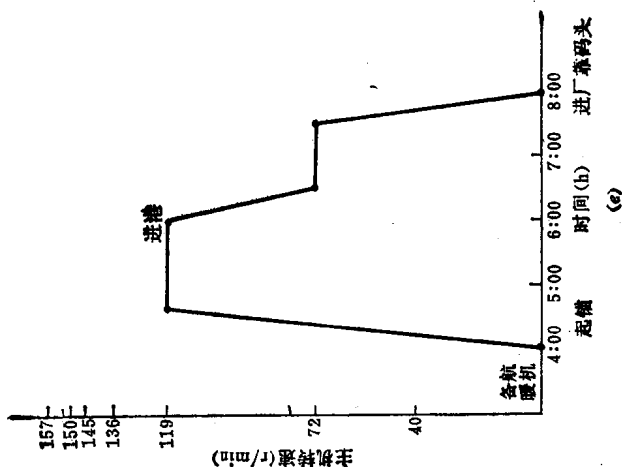


图1.1.1 某民用船舶航行试验计划图

- (a) 航行试验第一天时间安排图；
 (b) 航行试验第二天时间安排图；
 (c) 航行试验第三天时间安排图；
 (d) 航行试验第四天时间安排图；
 (e) 航行试验第五天时间安排图。