



“十二五”国家重点出版规划项目

船舶设计 实用手册

(第3版)

轮机分册

中国船舶工业集团公司
中国船舶重工集团公司 编著
中国造船工程学会



国防工业出版社

National Defense Industry Press

014035437

U662-62

02-3

V2



“十二五”国家重点出版规划项目

船舶设计实用手册

(第3版)

轮机分册

中国船舶工业集团公司

中国船舶重工集团公司 编著

中国造船工程学会



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

01715280

U662-62

02-3

V2

内 容 简 介

本册为《船舶设计实用手册(第3版)》的轮机分册,内容包括了海上运输船舶轮机设计中的各个方面,如轮机总体设计、动力装置系统设计、轴系设计、机舱自动化、船舶系统、空调系统、冷藏系统、通风系统、管系设计,并新增了许多最新资料,如 ISO 2012 最新世界船用燃油标准、2011 年开始执行的 MARPOL 73/78 附则 I 的“残油(油泥)”标准、已经获得主管国权威机构型式认可的 29 家“压载水管理系统”生产厂家、船上柴油机氮氧化物排放极限值的三阶段执行要求、不久可能执行的对机舱内各场所允许最大噪声量级规定的新标准、欧盟关于自 2010 年起在欧盟港口内船上使用的燃油硫含量的新法令等。

本册不仅收录了国内外有关规范、规则和公约中对轮机系统设计的基本要求,还汇集了科技人员工作经验和科研成果,同时吸收了国外先进技术,是一本实用性工具书,可供造船、航运等部门的有关技术人员以及教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶设计实用手册:轮机分册/中国船舶工业集团公司,
中国船舶重工集团公司,中国造船工程学会编著.—3 版.
—北京:国防工业出版社,2013.8
ISBN 978-7-118-08362-0

I. ①船... II. ①中... ②中... ③中... III. ①船舶—
设计—技术手册②船用柴油机—设计—技术手册
IV. ①U662-62②U664.121-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 210547 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/16 印张 59½ 字数 1892 千字

2013 年 8 月第 3 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 530.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《船舶设计实用手册(第3版)》

编 委 会

名誉主任委员	怀国模	陈小津		
主任委员	黄平涛			
副主任委员	吴 强	李国安		
委 员	(按姓氏笔画排序)			
	马延德	王 玮	王 毅	王 麟
	邢海鹰	朱 恺	麦荣枝	李小平
	吴承业	吴晓光	陈 刚	林 焰
	林宪东	欧阳黎明	金燕子	胡可一
	饶红践	蔡大明	蔡乾亚	
办公室成员	林宪东	饶红践	王 玮	奚立康
	刘梦园	欧阳黎明	金向军	梁启康
	胡晓鸥			
办公室秘书	梁启康	胡晓鸥	刘 蕾	

《船舶设计实用手册(第3版)·轮机分册》

编写人员

主 编 黄恒祥
主 审 孙松鹤
副 主 编 张富华
编写人员 (按姓氏笔画排序)

许莲洁 孙松鹤 严利民 张富华
张富明 张雅娣 陈安扬 周师鹏
施鼎岳 黄恒祥 梅 春

序

20 世纪六七十年代,国防工业出版社出版了《船舶设计实用手册》,为我国船舶工业进入国际市场发挥了应有的作用。1993 年中国船舶工业总公司组织对手册进行了修订,于 1997 年至 2002 年出版了第 2 版。2004 年至 2008 年国际船舶市场呈现出百年不遇的黄金期,我国造船人不失时机地将造船完工量从 2004 年的 880 万载重吨提高到 2010 年的 6120 万载重吨,成为产量按载重吨计的世界第一造船大国。

在我国造船能力和完工量不断增长的同时,船舶设计技术也有较大的提高,我国现已能够完全自主设计散货船、油船和集装箱船三大主流船型,并形成系列,成为了品牌产品。其中不少工程船舶、海洋工程船舶等特种船舶都是我国自行设计制造的,性能先进,广受欢迎。这期间,手册第 2 版发挥了重要作用,功不可没。

近 10 余年来,世界相关组织十分注重海上的安全、环保及节能减排,IMO 及 IACS 等国际组织对船舶设计和建造提出了一系列新公约、新规则和新标准,对船舶设计和建造产生了重大影响,我国造船人不断地适应着这些变化,将新的要求适时地应用于船舶的设计和建造中。手册第 2 版部分内容已逐渐落后于行业发展需求,因此对其修订势在必行。

1999 年,中国船舶工业总公司分解为中国船舶工业集团公司和中国船舶重工集团公司。2011 年,受两个集团公司的委托,中国造船工程学会开始主持手册第 3 版的修订工作。

手册第 3 版的修订工作,在继承第 2 版的框架结构及经典内容的基础上,吸收了我国船舶设计技术的一些新方法、新内容、新经验和新理念,以及有关国际组织的一些新公约、新规范、新标准。参加修订工作的人员,大多是资深的船舶设计师,他们力求手册有较好的质量、较强的实用性、较高的权威性和一定的前瞻性。他们是在繁忙工作的同时,抽出时间,以认真负责的态度完成这些工作的,不少内容是他们近年来工作经验和科研成果的总结。手册适用于船舶设计、制造、修理和检验,是从事船舶设计和建造工程技术人员必备的工具书。当然对船用设备的设计者和制造者、造船和航运的管理者、有船舶和海洋工程专业的高等院校师生,手册也是十分有益的参考书。

黄平(书)

出版说明

21 世纪是海洋的世纪,海洋开发将成为世界未来经济社会发展的主要源泉和动力。我国拥有长达 18000 千米的海岸线,300 多万平方千米的海洋领土,蓝色经济对中国的和平崛起至关重要。船舶工业作为国家重要战略性新兴产业之一,是国家经济、技术、国防实力、工业化和信息化水平的重要标志。我国从自行设计、建造第一艘万吨级“东风”号货船开始,到 2010 年能设计、建造除豪华邮轮以外国内外船东所需要的所有船型,在产量、手持订单和新接合同等方面均居世界第一,成为了名副其实的世界造船第一大国,船舶工业实现了跨越式发展。但是,在技术创新、环境保护、可靠性、高附加值船舶及设备等诸多方面与建设世界第一造船强国的目标还有较大差距。要实现这一目标,一项基础性工作就是系统总结船舶工业取得的成绩和成功经验,加强全行业对国际公约、规范、规则、标准等的跟踪、整理、吸收工作,以提升从业人员整体的科技水平和业务素质,推进我国船舶工业与国际接轨。

1962 年 9 月,《船舶设计实用手册》由国防工业出版社正式出版,因其权威性和实用性,深受广大读者推崇和喜爱,为船舶工业的发展和人才的培养作出了重要贡献。1997 年,中国船舶工业总公司基于发展需求,着手组织手册的修订。主要对内容作了大量更新,使之更加适应当时船舶工业发展的需要。手册第 2 版出版以来,在人才建设和促进行业发展方面发挥了重要的作用,已成为船舶设计人员必备的案头工具书。

手册第 2 版出版至今又有 10 多年,我国船舶科技发展日新月异,硕果累累,同时,国际上越来越重视船舶的海上安全、环保及节能减排,有关国际组织对船舶设计和建造提出了一系列新的公约、规范、规则 and 标准,广大船舶科技工作者急需充分反映 10 年来科技发展新成果的高质量设计手册。2009 年,在中国船舶工业集团公司和中国船舶重工集团公司的支持下,中国造船工程学会会同国防工业出版社启动了手册第 3 版的修订工作。这次修订得到国家的认可和行业专家的高度赞誉:入选“十二五”国家重点出版规划项目,获 2012 年国家出版基金资助。

手册第 3 版在继承第 2 版框架结构的基础上,删除过时内容,增补、充实新的内容,注重设计、实用,一般不阐述原理,各部分均有最新的设计方法和有关公约、规范、规则 and 标准的要求,并有实例供参考。有关设计方法和实例分别适用于各类大、中、小型船舶设计,满足各设计单位和船厂的需要。修订后的手册将具有权威性、前瞻性、系统性和实用性,体现我国船舶设计的自主创新和在提高船舶设计附加值等方面的水平和能力。

参加本次修订的有中国造船工程学会、中国船舶工业集团公司科技部、中国船舶重工集团公司科技部、中国船舶工业集团公司第七〇八所、中国船舶重工集团公司第七〇一所和七〇二所、上海船舶研究设计院、中国船级社、上海交通大学、大连理工大学、沪东中华造船(集团)有限公司、江南造船(集团)有限责任公司、广州中船龙穴造船有限公司、大连船舶重工集团有限公司等 30 多家单位,在此对他们表示衷心的感谢。

国防工业出版社

2013 年 8 月

前 言

本册第1版出版于1962年,为《动力装置分册》。第2版于1999年出版,为《轮机分册》。

第2版出版至今也有10余年。这期间国际公约(SOLAS及MARPOL等),各国规范、规则、标准、法规,设备性能等内容均已发生很大变化,为此须对第2版中的此类内容予以修订。

本次修订保持第2版的结构框架、编写思路及章节布局基本不变,内容范围大致相同。

本次修订的内容还遵循以下原则:

(1) 对各种国际公约、规则、法规及法令等内容,基本上以2012年已经生效的为依据。

(2) 对各国规范,则以2012年的版本为准。

(3) 对标准,基本上以2012年年底为限,且对影响较大的标准予以摘录,以供设计人员参考,如“ISO 8217:2010 船用燃油标准”。如其后又有更新,也有提及。

(4) 对可以预见的不久将生效的公约,如“2004年船舶压载水和沉积物控制和管理国际公约”(The International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments, 2004),在编写时亦予以介绍。并且增加了已经获得主管国权威机构型式认可的若干“压载水管理系统”生产厂家,方便设计人员参考。

(5) 为方便读者,还列出了部分轮机设备厂商的网址,以便查询设备的最新情况。

参与本册编写的人员是:黄恒祥任主编,张富华任副主编,孙松鹤任主审。具体分工与编写如下:第1篇、第3篇、第4篇黄恒祥;第2篇张富华、张富明、许莲洁、张雅娣、黄恒祥;第5篇孙松鹤、许莲洁、梅春、张雅娣、严利民、黄恒祥;第6篇施鼎岳、陈安扬;第7篇周师鹏;第8篇张富明。

在本册编写过程中承蒙有关同行提供资料并评审指导,在此深表谢意。

有不妥之处,敬请读者不吝指教。

编 者



简介

上海船舶研究设计院 (SDARI) 成立于1964年, 隶属于中国船舶工业集团公司, 是目前我国民船设计领域规模最大、船型最丰富、市场占有率最高、人才队伍最稳定的研究设计单位之一。SDARI 现有员工500余人, 各专业人才齐全, 具备三维设计平台和各种先进软件。服务范围涵盖了可行性论证、方案设计、基本设计、详细设计、直至生产设计的全过程。设计产品主要包括散货船、集装箱船、液货船、矿砂船、滚装/客滚船、多用途船、特种工程船、海洋工程辅助船、海洋工程作业船、海洋平台等。SDARI 累计开发新船型853型。多次承担并出色完成国家重大科技攻关项目和重大技术装备攻关研制任务。截至2012年底, 共获得国家、省部级和学会科技成果241项。SDARI 遵循“精心设计、质量第一、讲究信誉、持续改进”的质量方针, 依靠科技创新牢固确立了在船型研究设计方面的国内领先地位, 鼎力支持中国成为世界第一造船强国。

Established in 1964, Shanghai Merchant Ship Design & Research Institute (SDARI), member of the China State Shipbuilding Cooperation, CSSC, stands out as China's first merchant ship design institute with the vastest variety of ship types, world's leading technical edge, the most innovative and stable technical team along with the largest market share in domestic China. SDARI today boasts a team of more than 500 state certificated intermediate and advanced ship design engineers, most of whom proficient in both 2D and 3D design and various advanced software. Providing all-rounded technical services ranging from Feasibility Study, Conceptual Design, Basic Design, Detail Design to Production Design, SDARI's products include Bulk Carriers, Container Vessels, Liquid Cargo Ships, Ore Carriers, RORO/ROPAX and MPVs, Specialized Engineering Vessels, Offshore Support Vessels, Offshore Engineering Vessels, Offshore Platforms, etc. Since her establishment, SDARI has developed a total of 853 different vessels, successfully accomplishing various state level key projects and key equipment research assignments. By the end of 2012, SDARI has received 241 awards from provincial level or above. With a concept of "Meticulous Design, Premium Quality, Trustworthy Reputation and Sustainable Improvements", SDARI's profound foundation and endless effort on technological advancements consolidated her leadership in the domestic market and recognized reputation in the international maritime industry. SDARI will continue to dedicate herself to China's ambition to become the world's number one maritime power.

上海船舶研究设计院

SHANGHAI MERCHANT SHIP DESIGN AND RESEARCH INSTITUTE

地址: 上海市浦东新区祖冲之路 2633 号

电话: +86-021-38139388-8113(市场营销部) 传真: +86-021-50172589

邮编: 201203

Add: 2633, Zu Chong Zhi Road, Pudong, Shanghai, China

Tel: +86-021-38139388-8113(Marketing DEPT) Fax: +86-021-50172589

Zip: 201203

<http://www.sdari.com.cn>

简介

广州广船国际股份有限公司于1993年在香港和上海上市，是中国第一家造船上市公司，中国船舶工业集团公司（CSSC）属下华南地区重要的现代化造船核心企业，广东省50家重点装备制造企业，中国制造业500强，中国最大的灵便型液货船制造商，国家高技能人才培养示范基地，国家高新技术企业，拥有国家级企业技术中心，公司享有自营进出口权。

公司以造船（民船和特种辅船）为核心业务，涉及大型钢结构、船舶轴舵系加工、船舶内装、防腐涂装、船舶劳务、机电产品及软件开发等，并已成功进入滚装船、客滚船和半潜船等高技术、高附加值船舶市场。公司致力于成为“全球中小型船舶市场技术领先、服务卓越的知名企业”，最终形成造船、重机、服务和海洋工程四大业务格局。

Guangzhou Shipyard International Company Limited (GSI) was listed in the Stock Exchange of Hong Kong Limited and Shanghai Stock Exchange in 1993 as the first listed shipbuilding company in China. GSI is an important modern key shipbuilding enterprise in South China parented by China State Shipbuilding Corporation (CSSC), one of the 50 key manufacturing enterprises in Guangdong Province and top 500 manufacturing enterprises and the biggest shipbuilder in the handy-size tanker segment in China, one of the national enterprises of outstanding contribution to technical talent cultivation and the national hi-tech enterprises, and enjoys autonomy in export and import operations.

GSI is basing on core business of shipbuilding and main businesses of large-size structure, marine shafting and rudder system processing, ship accommodation, anticorrosive coating, marine labor services, electro-machinery and software exploitation, and has entered into the high-tech and high value-added shipbuilding market of Ro/ro vessels, Ro/ro passenger vessels and semi-submersible heavy lift vessels. GSI engages in the goal of “to be a famous enterprise with advanced technology and excellent service in the segment of small & middle size vessels”, and wish to form four main operations of shipbuilding, heavy machinery, service industry and oceanographic engineering.

广州广船国际股份有限公司

GUANGZHOU SHIPYARD INTERNATIONAL COMPANY LIMITED

地址：广州市芳村大道南40号

电话：+86-20-81891712 传真：+86-20-81891575

邮编：510382

Add: 40, South Fangcun Road, Guangzhou, China

Tel: +86-20-81891712 Fax: +86-20-81891575

Zip: 510382

<http://www.chinagsi.com>





简介

中国舰船研究设计中心是我国唯一承担水面战斗舰艇和
水下常规潜艇研制任务的总体研究设计单位。1961年6月成
立于上海，1965年4月迁至南京，1970年4月本部迁到武汉，
在上海设有分部。曾先后隶属于国防部、国防科委、海军、
六机部、中国船舶工业总公司、中国船舶重工集团公司。

该设计中心先后为海军研究设计了近百型共千余艘战斗
舰艇，并在出口舰船、高性能船艇和民用船舶、海洋工程等
诸多领域取得显著成果。获国家和省、部级科技成果奖400
多项，为国防装备建设事业做出了突出贡献，多次受到党和
国家领导人、中央军委领导赞扬，被誉为“战舰摇篮”和海军
主战装备研制的“龙头”。曾获“全国五一劳动奖状”、“中
央企业先进集体”、“全国先进基层党组织”、“全国保密
工作先进单位”、“国防科工委质量先进单位”、连续五届
“湖北省最佳文明单位”和连续两届“全国文明单位”等光
荣称号。

经过近五十年的发展，中国舰船研究设计中心具备了雄
厚的科研开发与工程总承包实力，形成了配备合理、专业
齐全的科研设计体系。现有在职职工近2000人，其中各类
专业技术人员1400多人，硕士学位以上人员占专业技术人员的
64%以上，为国家培养和锻造了一支包括中国工程院院士、
全国杰出专业技术人才、国家级突出贡献专家等400多名高
级职称专家在内的科研队伍。下设有7个研究部（室）；同
时，依托该设计中心还建有电磁兼容性和潜艇声隐身技术两
个国防科技重点实验室、军船CAD中心及中国舰船研究设计
中心检测校准实验室；拥有博士后流动站及分站2个，博士
学位点1个，硕士学位点2个。

作为国家核心军工科研单位，中国舰船研究设计中心建
立了舰船总体及系统设计、开发和服务以及舰船辅助系统、
装置和设备设计、开发、供货与服务为一体的完善的质量体
系，是海军武器装备合格承制方和首批国家一级保密资格
单位。

中国舰船研究设计中心

地址：武汉市武昌区张之洞路268号

电话：027-88070940

传真：027-88042076

邮编：430064



中国船舶工业集团公司第一江南造船厂有限公司
地址：上海市长兴岛长兴江南大道988号 邮编：201913
电话：66993388 传真：66993488



应用“VS-Bow”隐形球艏线型技术的新船型较以往船型节省约15%燃油费。



江南造船（集团）有限责任公司
JIANGNAN SHIPYARD(GROUP) CO.,LTD.

<http://jnshipyard.cssc.net.cn>

地址：上海市长兴岛长兴江南大道988号 邮编：201913

电话：66993388 传真：66993488



目 录

第 1 篇 船舶动力装置设计总论

第 1.1 章 船舶动力装置设计的特点和主要要求	3
1.1.1 船舶动力装置设计的特点	3
1.1.2 船舶动力装置设计的主要要求	3
第 1.2 章 船舶动力装置的分类	5
1.2.1 按推进装置的形式分类	5
1.2.2 柴油机推进动力装置	5
1.2.3 汽轮机推进动力装置	5
1.2.4 其他形式动力装置	5
第 1.3 章 船舶动力装置设计的主要内容	6
第 1.4 章 船舶动力装置设计的阶段划分	7
第 1.5 章 船舶动力装置主要技术经济指标	8
1.5.1 技术指标	8
1.5.2 经济指标	9
1.5.3 性能指标	9
第 1.6 章 船舶动力装置设计的经济观念	10
参考文献	12

第 2 篇 船舶柴油机动力装置及辅助系统

第 2.1 章 主推进系统	15
2.1.1 主推进系统的类型	15
2.1.2 柴油机动力装置的类型	15
2.1.3 主机选型	17
2.1.4 低速柴油机功率点的优化选择	21
2.1.5 主机燃油消耗率的计算	22
2.1.6 减速齿轮箱的选择	29
2.1.7 船机桨匹配要求	42

2.1.8	调距桨推进系统	44
2.1.9	柴油机电力推进系统	47
2.1.10	LNG 船推进装置的选型	49
第 2.2 章	电源系统	57
2.2.1	发电机组的型式及选择	57
2.2.2	发电机组台数及容量确定	58
2.2.3	电力负荷计算实例	59
2.2.4	船舶发电机组配置实例	60
2.2.5	轴带发电机和主机功率的匹配	60
第 2.3 章	热源系统	65
2.3.1	概述	65
2.3.2	蒸汽热源系统	65
2.3.3	热媒油加热系统	79
2.3.4	热水加热系统	88
2.3.5	电伴热带加热系统	90
第 2.4 章	侧推装置	96
2.4.1	侧推装置用途及类型	96
2.4.2	侧推力计算及侧推装置应用	97
第 2.5 章	辅助动力系统	99
2.5.1	燃油系统	99
2.5.2	润滑油系统	114
2.5.3	冷却水系统	122
2.5.4	起动空气系统	132
2.5.5	控制空气系统	135
2.5.6	排气系统	136
2.5.7	机舱通风	139
2.5.8	气体燃料系统	143
第 2.6 章	振动与控制	150
2.6.1	振动类型及激振源	150
2.6.2	控制振动的方法	155
第 2.7 章	机舱噪声控制	163
2.7.1	概述	163
2.7.2	机舱内噪声的分类及标准	163
2.7.3	机舱控制室的隔声	164
2.7.4	船舶柴油机的消声器	166
参考文献		169

第 3 篇 轴 系 设 计

第 3.1 章	轴系设计总论	173
3.1.1	轴系的组成	173

3.1.2	轴系设计的任务	173
3.1.3	轴系种类及设计要点	173
3.1.4	轴线与中间轴承的设置	175
3.1.5	轴承间距	175
3.1.6	轴系传动效率概值	176
第3.2章	轴系计算	177
3.2.1	轴的基本直径	177
3.2.2	轴法兰	178
3.2.3	可拆联轴节	178
3.2.4	连接螺栓	178
3.2.5	冰区加强	179
3.2.6	螺旋桨轴尾锥部尺寸	180
3.2.7	轴套	183
第3.3章	轴系材料	184
3.3.1	钢号表示方法	184
3.3.2	轴系材料要求	184
3.3.3	轴系锻件订货要求	185
3.3.4	钢号选用	189
3.3.5	不锈钢	190
3.3.6	非金属材料	191
第3.4章	轴系轴承和尾管装置	192
3.4.1	中间轴承	192
3.4.2	油润滑尾管轴承	192
3.4.3	油润滑尾管皮碗密封	194
3.4.4	尾管润滑油系统	195
3.4.5	油润滑尾管端面密封	197
3.4.6	水润滑	197
第3.5章	联轴节	200
3.5.1	整锻法兰	200
3.5.2	液压联轴节	201
3.5.3	弹性联轴节	203
第3.6章	轴系加工要求	204
3.6.1	轴表面粗糙度	204
3.6.2	轴形状和位置公差	205
3.6.3	尾管与尾管轴承加工要求	206
3.6.4	轴法兰和连接螺栓的加工要求	206
第3.7章	轴系电化腐蚀的防止	207
3.7.1	轴系电化腐蚀	207
3.7.2	防蚀方法	208
3.7.3	轴接地装置的安装位置	208

3.7.4	轴接地装置的保养	209
3.7.5	尾管内壁的防蚀	209
3.7.6	海水中不同金属的接触腐蚀	209
第 3.8 章	轴系振动	210
3.8.1	概述	210
3.8.2	扭转振动	210
3.8.3	纵向振动	218
3.8.4	回旋振动	224
第 3.9 章	轴系校中	231
3.9.1	校中计算的准备	231
3.9.2	校中状态	232
3.9.3	校中计算结果和衡准	232
3.9.4	校中的控制和轴承反力影响系数的应用	234
参考文献		237

第 4 篇 机舱自动化

第 4.1 章	机舱自动化的基本要求	241
4.1.1	机舱自动化入级等级	241
4.1.2	无人机舱自动化的基本要求	242
4.1.3	有人机舱自动化的基本要求	245
第 4.2 章	遥控系统	246
4.2.1	主推进装置遥控系统	246
4.2.2	泵的遥控	249
4.2.3	阀的遥控	250
第 4.3 章	自动控制	251
4.3.1	温度自动控制	251
4.3.2	压力自动控制	253
4.3.3	黏度自动控制	253
4.3.4	液位自动控制	254
4.3.5	自动切换	255
4.3.6	自动清洗	255
4.3.7	自动起动	256
4.3.8	锅炉燃烧自动控制	256
4.3.9	柴油发电机组自动控制	256
第 4.4 章	监视项目	257
4.4.1	概述	257
4.4.2	主机组监视项目	257