



船舶设计
实用手册

结构分册

中国船舶工业总公司 编

船舶设计实用手册

结构分册

中国船舶工业总公司 编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

船舶设计实用手册:结构分册/中国船舶工业总公司
编.—北京:国防工业出版社,2000.12
ISBN 7-118-02385-X/U·193

I. 船… II. 中… III. 船体结构-结构设计-技术
手册 IV. U662-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 45065 号

国防·航空出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

东方出版中心海峰印务公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 37 947 千字
2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月上海第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:160.00 元

总结经验，提高船舶
设计水平，为加快我国
船舶工业持续健康
发展而努力奋斗！

王崇生

一九九七年十月十八日

《船舶设计实用手册》编委会

名誉主任委员 王荣生

主任委员 黄平涛

副主任委员 张广钦 王 辉 孙松鹤 王守道

委 员 (按姓氏笔画为序)

丁 瑞	于世春	王仲正	王产良
方志良	龙正才	史正兆	朱华璋
朱英富	刘 仁	刘英贵	许学彦
李占一	李柱石	李培昌	吴有生
吴德铭	宋美纹	张金麟	陆治平
陈为铨	陈正泰	陈金海	周光霁
周振柏	郑君镛	胡万忱	胡国良
郭彦良	梁启康	程天柱	雷 电

秘 书 刘英贵 俞文元 林德辉 李招凤
邱占强

《船舶设计实用手册》(结构分册)

编写人员

主 编 赵耕贤 郑君镐

编写人员 (按姓氏笔画为序)

李小平 邹 斌 郑礼万 郑君镐

周永青 赵耕贤 唐国荣 黄芳昌

龚 恢 鲁彭年

编辑出版人员

责任编辑 胡万忱

绘图设计 鄂惠兰 杨秀茹

封面设计 施志军

版式设计 周 星

编者的话

新版《船舶设计实用手册》按船舶主要专业,分成总体性能、船体结构、舾装设备、动力装置和冷藏通风、电气装置五个分册出版。编写内容注重设计、实用,一般不阐述原理。各部分均有设计方法和有关规范、规则、公约要求的体现,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,以满足大、中、小型设计单位和船厂的需要。各分册并附列各种常用公式、数据和图表。由于船舶是一种高度综合性的产品,涉及面广,包括的专业又多,本手册篇幅有限,实难包罗万象,加之船舶本身也因类型复杂,难以全面收集,例如海洋工程类船舶、特种工程船舶、高速船(气垫船、水翼船等)、渔船和船舶技术经济论证等均未列入。同时从设计角度看主要供进行船舶合同设计或送审图纸设计参考用,有关生产设计部分将另行编写,不在本手册编写的范围内。

本手册的编写以中国船舶工业总公司第七研究院第七〇八研究所为主,有第七〇二研究所、上海船舶设计研究院、江南造船厂、大连造船厂、大连造船新厂、华海通道设备公司、华艺船舶内装公司等单位参加了部分章节的编写工作。在本手册编写过程中得到中国船舶工业总公司科技局、军工局、物资公司、贸易公司、七院和上海江南造船厂、沪东造船厂、上海船厂、上海船舶设计研究院等单位的大力资助,在此深表感谢。

由于本手册是集体编写的,时间又较仓促,而船舶产品的科技含量日益发展,要求日新月异,所选资料难免有欠妥或落后于形势之处。在出版发行以后,敬请读者批评指正,以便今后补充修改。

《船舶设计实用手册》编辑委员会

1997年6月

序

船舶工业广大科技人员盼望已久的新版《船舶设计实用手册》同广大读者见面了。这是凝聚了老一代船舶科技人员的心血,经3年辛勤工作的一个新成果,我谨向为此书编纂、出版、发行付出巨大劳动的同志们表示衷心的感谢。

由原六机部组织编写,国防工业出版社出版的《船舶设计实用手册》,共有六个分册,分别为总体、结构、舾装、动力、电气、冷藏通风。该套手册自六七十年代先后出版以来,在船舶设计建造中发挥了积极的作用。这些手册虽已售完,但仍有不少单位和个人索购。说明随着我国造船工业的发展,广大造船科技人员迫切需要一部极为实用的设计手册。

80年代以来,随着我国社会主义市场经济的发展以及改革开放政策的实施,我国建造并交付了700余万吨出口船舶,其中有不少是自行设计的。这些船舶遍及世界40多个国家和地区,满足了不同船级社的标准、规范和有关公约的要求。近年来,船舶向着大型化、高速化、自动化和高新技术化方向发展。与此同时,由于海难事故随着船舶大、新、快的发展不断增多,对船舶的安全性、防污染的要求越来越高。许多规范、公约、标准不断更新。各种新船型、新机型、新设备不断涌现,特别是计算机的广泛应用,急需一部新的《船舶设计实用手册》。为使我国能在2000年进入先进造船国家的行列,趁现在富有实践经验的船舶科技人员精力充沛之时,把他们几十年尤其是近十多年积累的船舶设计经验进行总结,传授给年轻的设计人员。为此,中国船舶工业总公司决定,编写出一部体现当代设计水平的新的《船舶设计实用手册》。

船舶设计和建造是一门综合性极强的科学技术,一艘现代化大型商船的设计和建造不仅体现了国家的造船水平,而且也体现了这个国家冶金、机械、电子、化工、新材料等领域的水平。提高造船质量,缩短造船周期,降低造船成本,提高造船的管理水平,无不与设计有关。该手册的编写出版必将有利于提高我国船舶设计水平和培养我国船舶工业的年轻科技人员,进而提高我国船舶在国际市场上的竞争力,促使船舶工业成为我国机电行业出口创汇的支柱产业之一。希望广大造船科技人员,特别是广大船舶科技工作中的年轻人,能从中吸取更多的知识,热爱船舶工业,热爱船舶设计工作,不断丰富和提高船舶设计水平,为使我国的造船事业在即将到来的21世纪中处于世界领先地位而努力。

黄平

前 言

本分册第一版是1965年出版的,曾受到广大造船工作者的欢迎。第一版出版至今已有35年历史,随着国内外航运事业的发展,新型船舶的出现,国际海事组织的国际公约及船级社规范等的日益更新,船体结构有限元分析技术的广泛采用,促使船体结构设计技术发生了巨大的变化,第一版的大部分内容已不适应于当前船舶的设计要求。为适应船体结构设计工作者的需要,及时总结经验,遵照中国船舶工业总公司总科[1995]1983号文“关于重新编写《船舶设计实用手册》”的通知精神,我们编写了这本分册。

本分册编写的原则是力求实用、先进。其设计原理不叙或少叙,公式也不作具体推导;凡引用国际海事组织的国际公约和船级社规范要求之处,尽量采用其最新版本。

本分册共有4篇;第1篇保留第一版“船舶结构力学”的名称,删除了弹性理论基础、弹性基础梁、用能量法求解直杆刚架、曲杆、圆环、椭圆环、壳以及经典力学中不常用的公式图表,增加了板的弹性—塑性公式及有限元分析;第一版的第2篇与第3篇合并,压缩并重新改写为本分册的第2篇,增加了波浪弯矩的响应预报、结构的抗疲劳设计和直接设计法;增加了6种典型船舶的结构设计特点与要求,列入本分册的第3篇;第4篇保持了第一版关于船体振动的6个章节,但在标题与内容上作了大量的修改、补充。因篇幅限制,凡涉及船体结构建造工艺的内容,本分册极少提及。所以本分册同第一版相比,既保留了原第一版的格局,又从编排形式、文字内容、图表上有较大幅度的更新与补充。

结构分析程序及其使用说明,本分册一概从略,需要者可与有关单位联系。此外有不少的设计资料,由于未见其公开发表,本分册未能编入。

本分册由赵耕贤、郑君镛担任主编。各篇章编写和校对人员如下:第1篇第1章~第4章由邹斌编写,第5章~第9章由周永青编写,第10章由唐国荣编写,第1篇各章均由龚伙校对;第2篇第1章~第13章由赵耕贤编写,黄芳昌校对;第3篇第1章由龚伙编写,赵耕贤校对,第2章由鲁彭年编写,郑礼万校对,第3章由郑礼万编写,鲁彭年校对,第4章由黄芳昌编写,鲁彭年校对,第5章由鲁彭年编写,黄芳昌校对,第6章由李小平编写,郑礼万校对;第4篇第1章~第3章由李小平编写,郑君镛校对,第4章~第6章由郑君镛编写,鲁彭年校对;附录1由赵耕贤收录,附录2由赵耕贤、龚伙、郑礼万、鲁彭年、黄芳昌共同收录,附录3由赵耕贤收录。本分册编写过程中曾邀请上海交通大学、中国船级社上海海事规范研究所、上海船舶设计研究院、江南造船厂和沪东造船厂等单位有关教授和专家进行初审。经编写人员修改以后的文稿,又请上海交通大学和中国船级社上海海事规范研究所的有关教授和专家审查。郑君镛审阅第3篇第4章~第6章和第4篇,最后赵耕贤根据国防工业出版社胡万忱编审意见进行审阅、核査、修改定稿。

本分册的重新编写,策划始于1995年,分工编写始于1996年。在策划和编写过程中得到了船舶工业总公司系统许多单位和国防工业出版社的大力支持,也得到了国内造船界许多专家的热情帮助及有益的建议,谨此表示衷心感谢。

本分册编写人员虽然做了认真的努力,但由于编者水平有限,加之资料搜集不易,难免有不当之处,诚望读者不吝指正。

本分册的编写工作,除了编写人员外,尚有徐磊、顾蓓莉、侯玉洁、陈忠慧和张玉翠参加文稿打印和绘图工作。

编 者

U662-62
ZG3A

内 容 简 介

本分册为《船舶设计实用手册》结构分册。内容包括船舶结构力学、船体结构设计、典型船舶结构设计特点、船体振动4个部分及附录。汇集了船舶结构力学的常用计算方法与图表;对船体各部分的主要结构的设计原则和计算方法作了介绍,还专门列章详述了波浪弯矩的响应预报、结构的抗疲劳设计和直接强度计算;对6种主要运输船舶,诸如油船、化学品船、液化气体船、集装箱船、散货船和滚装船的结构设计特点进行了深入的介绍;对船体振动计算提供了激振力、附连水质量、船体总振动和局部振动频率估算、船体振动响应计算公式和船体的防振设计建议。为便于设计人员使用需要,在附录中列出了用于船体结构抗疲劳计算中使用的 GAMMA 函数、典型船舶的舢剖面图和常用型材的剖面要素表。

本分册融入了编写人员数十年的设计工作经验。在阐述上述内容中,对设计原则和计算方法,简明扼要;所列出的公式、图表,力求正确。本分册是船舶设计者使用的工具书,也可供造船和航运等部门的技术人员参考。

ISBN 7 - 118 - 02385 - X/U·193

定价:160.00 元

目 录

第 1 篇 船舶结构力学

第 1 章 直梁弯曲	2
1.1.1 概述	2
1.1.2 直梁弯曲	2
1.1.3 静定梁的弯曲要素表	5
1.1.4 静不定梁的弯曲要素表	14
1.1.5 连续梁的弯曲要素表	21
第 2 章 平面刚架	25
1.2.1 概述	25
1.2.2 计算方法的一般介绍	25
1.2.3 用力法计算直杆刚架	27
1.2.4 用位移法计算直杆刚架	28
1.2.5 用计算程序计算直杆刚架	31
第 3 章 平面板架	35
1.3.1 概述	35
1.3.2 用节点挠度相等条件求解板架	36
1.3.3 将交叉构件化为弹性基础梁求解板架	37
1.3.4 用计算程序计算板架	39
第 4 章 综合应力	41
1.4.1 概述	41
1.4.2 开口薄壁杆件的约束扭转	45
1.4.3 扭、弯和拉(压)的联合作用	51
1.4.4 承受横向载荷与轴向载荷梁的复杂弯曲	52
第 5 章 杆及杆系的稳定性	58
1.5.1 概述	58
1.5.2 单跨杆的稳定性	60
1.5.3 多跨杆的稳定性	61
1.5.4 板架的稳定性	64
第 6 章 平板弯曲	67
1.6.1 概述	67
1.6.2 板的筒形弯曲	68
1.6.3 边长比有限的矩形有限刚性板	73

1.6.4	绝对刚性板	75
1.6.5	板的复杂弯曲	81
第7章	板的稳定性	84
1.7.1	双向受压板的稳定性	84
1.7.2	单向受压矩形板的稳定性	85
1.7.3	四边自由支持,单向受非均布载荷的矩形板的稳定性	87
1.7.4	受剪力作用矩形板的稳定性	87
1.7.5	受弯曲矩形板的稳定性	88
1.7.6	板的非弹性稳定性的近似计算	90
1.7.7	开孔矩形板的稳定性	91
1.7.8	用弹性加强筋加强的矩形板的稳定性	92
第8章	集中应力	97
1.8.1	概述	97
1.8.2	带有缺口的板	97
1.8.3	具有开孔的板	99
1.8.4	带有台肩圆角的板	103
第9章	梁与板的弹性-塑性弯曲	106
1.9.1	概述	106
1.9.2	理想弹性-塑性体	106
1.9.3	利用塑性较确定梁在弯曲时的极限载荷	107
1.9.4	直梁的极限载荷	108
1.9.5	板架的极限载荷	113
1.9.6	剪力对梁极限承载能力的影响	116
1.9.7	承受横向均布载荷作用的板的极限载荷	118
第10章	船体结构的有限元分析	120
1.10.1	有限元分析的基本原理	120
1.10.2	有限元法在船体结构计算中的应用	123
	主要参考文献	125

第2篇 船体结构设计

第1章	概述	128
2.1.1	结构设计的主要内容	128
2.1.2	结构设计方法	128
第2章	结构设计的一般规定	131
2.2.1	船舶形式的分类	131
2.2.2	确定构件尺度的主要要素	132
2.2.3	材料换算系数	137
第3章	总纵强度	141
2.3.1	基本理论与假定	141

2.3.2	重量分布	141
2.3.3	静水弯矩与剪力的计算	142
2.3.4	波浪弯矩与剪力的计算	149
2.3.5	最大弯矩与剪力的近似估算	153
2.3.6	影响总纵弯矩的几个主要因素	157
2.3.7	总纵强度校核	161
第4章	舫剖面设计	165
2.4.1	概念和基本要求	165
2.4.2	腐蚀余量	165
2.4.3	舫剖面模数的计算	165
2.4.4	规范对舫剖面模数要求	170
第5章	外板与甲板板	171
2.5.1	外板与甲板板的作用及受力情况	171
2.5.2	外板尺度的确定及其排板	172
2.5.3	甲板板的设计	179
第6章	底部结构	183
2.6.1	概述	183
2.6.2	外载荷	183
2.6.3	单底结构设计	183
2.6.4	双层底结构设计	186
第7章	舷侧结构	193
2.7.1	概述	193
2.7.2	外载荷	193
2.7.3	骨材间距	193
2.7.4	横骨架式舷侧结构设计	194
2.7.5	纵骨架式舷侧结构设计	198
第8章	甲板结构与支柱结构	202
2.8.1	概述	202
2.8.2	外载荷	204
2.8.3	甲板结构设计	205
2.8.4	舱口结构设计	214
2.8.5	轴向受压加强筋和支柱结构设计	220
第9章	舱壁结构	227
2.9.1	概述	227
2.9.2	舱壁设计原则	228
2.9.3	平面舱壁结构设计	231
2.9.4	槽形舱壁结构设计	235
2.9.5	非水密支承舱壁	241
2.9.6	轴隧结构设计	242
第10章	上层建筑和甲板室结构	244

2.10.1	概述	244
2.10.2	设计要点	245
2.10.3	钢质上层建筑和甲板室设计	252
2.10.4	铝合金上层建筑设计	256
第 11 章	其他结构	259
2.11.1	轴包架与轴支架	259
2.11.2	舵龙骨	268
2.11.3	舷墙和挡风板	273
2.11.4	主机基座	276
2.11.5	护舷材	280
2.11.6	舱内木作	285
第 12 章	船体结构抗疲劳设计	287
2.12.1	概述	287
2.12.2	疲劳分析方法基本内容	287
2.12.3	疲劳分析中校核部位	288
2.12.4	S—N 曲线选取	289
2.12.5	船体结构长期应力分布形状参数和许用应力范围	295
2.12.6	船体结构疲劳载荷	297
2.12.7	设计应力范围	302
2.12.8	疲劳累积损伤度计算	308
2.12.9	典型结构节点设计	309
第 13 章	直接强度计算	315
2.13.1	概述	315
2.13.2	板	315
2.13.3	普通骨材	315
2.13.4	桁材	316
2.13.5	船体板架结构二维计算模型与边界条件	317
2.13.6	舱段局部强度计算	318
主要参考文献		320

第 3 篇 典型船舶的结构设计特点

第 1 章	油船	322
3.1.1	结构布置	322
3.1.2	结构设计细则	325
第 2 章	化学品船	348
3.2.1	对货舱要求	348
3.2.2	结构设计中要注意的问题	354
3.2.3	船体构件直接计算	361
第 3 章	液化气体船	362

3.3.1	结构布置	362
3.3.2	C型独立舱设计特点	366
3.3.3	C型独立舱支承构件设计特点	380
3.3.4	直接计算	382
第4章	集装箱船	386
3.4.1	集装箱船结构特点与布置	386
3.4.2	结构设计	387
3.4.3	受力分析与计算	392
3.4.4	总纵强度和合成应力计算	393
3.4.5	局部强度计算	402
第5章	散货船	404
3.5.1	结构布置和设计	404
3.5.2	船体强度分析	409
第6章	滚装船	419
3.6.1	结构布置	419
3.6.2	车辆甲板强度	422
3.6.3	首、中和尾门设计	427
	主要参考文献	433

第4篇 船体振动

第1章	激振力	434
4.1.1	螺旋桨激振力	434
4.1.2	主机激振力	444
第2章	船体总振动附连水质量	449
4.2.1	概述	449
4.2.2	船体垂向振动附连水质量	449
4.2.3	船体水平振动附连水质量	450
4.2.4	船体扭转振动附连水质量惯性矩	451
4.2.5	浅水影响	454
第3章	船体振动固有频率	456
4.3.1	船体振动固有频率计算	456
4.3.2	载荷对船体振动固有频率影响	459
4.3.3	船体水平弯曲与扭转耦合振动	462
4.3.4	非均质船梁振动	464
4.3.5	船体振动和局部振动耦合	466
第4章	船体局部振动	469
4.4.1	梁振动	469
4.4.2	平板振动	470
4.4.3	平板在液体中振动	477

4.4.4	加强板振动	481
4.4.5	板架振动	483
4.4.6	机舱振动	484
4.4.7	上层建筑纵向振动	494
4.4.8	高腹板桁材振动	495
4.4.9	舭装件振动	497
4.4.10	轴包架、轴支架及桨叶振动	500
第5章	船体振动响应	504
4.5.1	概述	504
4.5.2	阻尼	504
4.5.3	船体振动响应计算方法	507
4.5.4	船体局部振动响应	508
4.5.5	上层建筑振动响应	512
第6章	船体防振设计	513
4.6.1	船体防振设计	513
4.6.2	船体局部结构防振设计	524
	主要参考文献	531
附录1	GAMMA 函数表	533
附录2	典型船舶舦剖面图	542
附录3	常用型材规格表	563