

中国电气工程大典编辑委员会



CHINA ELECTRICAL

中国电气工程大典

ENGINEERING CANON

第 12 卷

船舶电气工程

主编 马伟明 张晓锋 焦 依 邹孟奇
李杰仁 周 平 陆嘉明



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



CHINA ELECTRICAL

中国电气

工程大典

ENGINEERING CANON

中国电气工程大典编辑委员会

第 12 卷

船舶电气工程

主编 马伟明 张晓锋 焦 依 邹孟奇
李杰仁 周 平 陆嘉明



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《中国电气工程大典》是由中国电工技术学会、中国机械工程学会、中国电机工程学会、中国动力工程学会和中国水力发电工程学会共同组织全国电气工程各领域的著名专家、学者编纂而成的。它是一部全面系统反映电气工程各领域最新成就和技术水平的综合性工具书。《中国电气工程大典》包括现代电气工程基础、电力电子技术、电气工程材料及器件、火力发电工程、水力发电工程、核能发电工程、可再生能源发电工程、电力系统工程、电机工程、输变电工程、配电工程、船舶电气工程、交通电气工程、建筑电气工程、电气传动自动化等15卷。

本书为第12卷，船舶电气工程卷。主要内容包括船舶电机与电器、船舶电站、船舶电力系统、船舶电力推进、船舶机械电气控制、综合船桥系统、船舶电磁防护技术、船舶电磁兼容、船舶电气工艺。

本书主要供从事船舶电气设计、制造、安装、运行维护的工程技术人员使用，也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国电气工程大典. 第12卷, 船舶电气工程 / 马伟明等主编; 中国电气工程大典编辑委员会编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-7044-6

I. 中… II. ①马…②中… III. ①电气工程-中国②船用电气设备-电气工程-中国 IV. TM U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 055325 号

中国电力出版社出版发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年1月第1版 2009年1月北京第1次印刷

880mm×1230mm 1/16 · 57.5印张 · 2574千字 · 1插页

定价 280.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

中国电气工程大典

编辑委员会

- 主任：**陆燕荪 原机械工业部副部长、教授级高级工程师
中国机械工程学会名誉理事长
- 陆延昌 原电力工业部副部长、教授级高级工程师
中国电机工程学会理事长
- 执行主任：**周鹤良 原机械工业部电工局局长、教授级高级工程师
中国电工技术学会名誉理事长
- 宋天虎 原机械工业部科技司司长、教授级高级工程师
中国机械工程学会常务副理事长
- 副主任：**潘崇义 中国电工技术学会副理事长、教授级高级工程师
- 吴玉生 中国电机工程学会秘书长、教授级高级工程师
- 邴凤山 中国水力发电工程学会副理事长、教授级高级工程师
- 严宏强 中国动力工程学会秘书长、教授级高级工程师
- 宗 健 中国电力出版社有限公司董事长、总经理、编审

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁杰	卜广全	于龙	于坤山	于明	于新颖	马小亮	马文忠	马伟明	马伟斌
马旭东	马济泉	马晓茜	马隆龙	丰镇平	王之杰	王为民	王正鸣	王占奎	王永骥
王成山	王兆安	王志峰	王作民	王国海	王明渝	王金元	王学伟	王泽忠	王建生
王建华	王绍武	王春华	王厚余	王炳忠	王勇	王素英	王振铭	王乘	王维洲
王景芹	王强	王锡凡	王新新	王黎明	王德宽	王赞基	文习山	文劲宇	方晓燕
方磊	尹天文	邓长胜	孔力	孔伯汉	孔昭年	石萍萍	卢强	卢澎湖	叶奇蓁
田东强	田培斌	史进渊	史毓珍	白少林	白俊光	白晓民	白继彬	冯江华	司马文霞
邢馥吏	戎一农	吕征宇	吕鸿达	朱庆明	朱英浩	朱宝田	朱晓明	朱家驹	朱耀泉
仲明振	任兆宏	任修明	任俊生	危师让	邬雄	刘大明	刘广峰	刘卫宁	刘友梅
刘公直	刘文华	刘平安	刘伟	刘仲儒	刘希清	刘杰	刘尚明	刘国林	刘泽洪
刘建飞	刘建明	刘屏周	刘璞岩	刘德志	齐剑波	关志成	江秀臣	江哲生	池涌
汤涌	汤蕴林	祁恩兰	许江宁	许忠卿	许洪华	阮江军	阮新波	阮毅	孙才新
孙凤杰	孙成群	孙林	孙牧海	严宏强	严陆光	严俊杰	严萍	苏秀莘	杜正春
杜毅威	杨玉岗	杨守权	杨寿敏	杨其国	杨奇逊	杨奇娟	杨怡元	杨俊智	杨耕
杨维迅	杨雯	杨道刚	杨德才	李卫	李文健	李永东	李成榕	李旭	李兴源
李安定	李农	李若梅	李杰仁	李宝树	李定中	李奎	李彦明	李晓明	李颂哲
李朗如	李培植	李盛涛	李崇坚	李道本	李道林	李鹏	李新	李肇林	李耀星
邴凤山	肖立业	肖昌汉	肖辉乾	肖湘宁	肖耀荣	吴正国	吴剑之	吴运东	吴志坚
吴国平	吴质根	吴晓波	吴培豪	邱爱慈	何木云	何阿平	何金良	何梓年	何湘宁
何瑞华	佟为明	余志	余贻鑫	邹云屏	邹金昌	邹孟奇	应百川	辛德培	辛耀中
汪继强	汪集旻	汪樵生	汪德良	沈小宇	沈江	沈兵	沈邱农	沈梁伟	宋文武
宋汉武	宋哲仁	迟速	张艺滨	张文才	张玉花	张业广	张乔根	张仲超	张兆鹤
张伯明	张冶文	张启平	张波	张亮	张洪钟	张祖平	张勇传	张晓江	张晓锋
张敏	张望	张景洲	陆永平	陆宠惠	陆俭国	陆剑秋	陆祖良	陆家榆	陆嘉明
陈汉民	陈伟根	陈仲	陈众励	陈庆国	陈坚	陈伯时	陈国柱	陈治明	陈建飏
陈星	陈思琦	陈勇	陈哲良	陈恩鉴	陈雪梅	陈清泉	陈超志	陈敬超	陈辉明
陈黎平	陈德昌	陈德胜	陈德桂	邵岚	苟锐锋	林云生	林公舒	林集明	易学勤
罗永浩	罗景华	金如麟	周小谦	周以国	周双喜	周平	周仲仁	周远翔	周孝信
周建中	周思刚	周家启	周娟	周锡生	郑小康	郑云之	郑永红	郑克文	郑明光
宗建华	宓传龙	孟庆东	赵玉文	赵光宙	赵伟	赵红一	赵昌宗	赵治华	赵宗让
赵荣祥	赵相宾	赵洁	赵敏	赵婉君	赵琨	赵毅	赵黛青	荣命哲	胡方荪

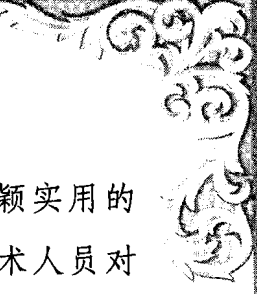
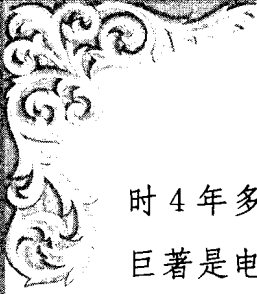
胡安	胡学浩	胡振岭	胡鉴清	段善旭	段献忠	侯子良	俞忠德	俞智斌	饶芳叔
施围	施鹏飞	洪元颐	姚本荣	姚尔昶	姚家祎	姚福生	贺建华	贺益康	贺湘琨
贺德馨	骆仲泱	秦和	秦裕碧	袁余军	袁建生	袁建敏	都兴有	耿英三	莫会成
贾东旭	夏立	夏祥贵	顾四行	顾国彪	钱昌燕	钱宝良	钱照明	倪维斗	徐元辉
徐凤刚	徐永法	徐兆丰	徐国政	徐洪海	徐殿国	徐铄	徐德鸿	殷禄祺	奚大华
高子瑜	高文胜	高庆国	高京生	高理迎	高培庆	郭天兴	郭国顺	郭保良	郭洁
郭振岩	郭灏	唐任远	唐炬	唐春潮	陶星明	黄少锋	黄仁乐	黄妙庆	黄其励
黄国治	黄学清	黄宝生	黄晓丽	黄崇祺	黄景湖	梅生伟	曹一家	曹惠彬	戚庆成
崔志强	崔翔	康勇	章名耀	章定邦	梁维宏	梁维燕	梁曦东	彭宗仁	葛大麟
葛少云	葛诗慧	葛蓉生	葛溪亭	葛增茂	董卫国	蒋洪德	蒋善定	韩民晓	韩英铎
惠世恩	覃大清	程天麟	程均培	程时杰	程树康	程浩忠	傅书遏	焦侬	焦树建
舒惠芬	曾文星	曾正中	曾明富	曾南超	曾雁鸿	曾嵘	游亚戈	谢开贵	谢秋野
雷银照	雷清泉	满慧文	蔡崇积	管瑞良	廖胜松	廖瑞金	缪鸿兴	黎晓晖	颜渝坪
薛以太	戴先中	戴庆忠	戴慧珠	魏光辉					

序

电气工程包括发电工程、输配电工程和用电工程，是为国民经济发展提供电力能源及其装备的战略性产业，是国家工业化和国防现代化的重要技术支撑，是国家在世界经济发展中保持自主地位的关键产业之一。电气工程的产业关联度高，对从原材料工业、机械制造业、装备工业以及电子、信息等一系列产业的发展均具有推动和带动作用，对提高整个国民经济效益，促进经济社会可持续发展，提高人民生活质量有显著影响。

经过改革开放 30 年来的发展，我国电气工程已经形成了较完整的科研、设计、制造、建设、运行体系，成为世界电力工业大国之一。至 2007 年底，我国发电装机容量达 7.13 亿 kW，三峡水电及输变电工程、百万千瓦级超超临界火电工程、百万千瓦级核电工程，以及正在建设的交流 1000kV、直流 ±800kV 特高压输变电工程等举世瞩目；大电网安全稳定控制技术、新型输电技术的推广，大容量电力电子技术的研究和应用，风力发电、太阳能光伏发电等可再生能源发电技术的产业化及规模化应用，超导电工技术、脉冲功率技术、各类电工新材料的探索与应用取得重要进展。特别是进入 21 世纪以来，电气工程领域全面贯彻科学发展观，新原理、新技术、新产品、新工艺获得广泛应用，拥有了一批具有自主知识产权的科技成果和产品，自主创新已成为行业的主旋律。我们的电气工程技术和产品，在满足国内市场需求的基础上已经开始走向世界。

电气工程技术的快速发展和巨大成就，要求对原有知识的不断更新，广大电气工程领域的工作者们对新的知识愈加渴求。在原机械工业部陆燕荪、电力工业部陆延昌两位老部长的倡议和领导下，由中国电工技术学会、中国机械工程学会、中国电机工程学会、中国动力工程学会和中国水力发电工程学会五个全国性学会，联合组织了电气工程各领域近 2000 位专家和学者，历





时4年多，编撰的《中国电气工程大典》现在出版了。这套内容新颖实用的巨著是电气工程领域一项重要的基础性工作，也是我国电气工程技术人员对社会的一项公益性奉献。这部鸿篇巨著不仅具有电气工程技术的知识魅力，同时也具有鲜明的时代特色，相信会为广大读者营造一个开卷有益的氛围。

电能作为目前使用最方便的二次能源，在推动社会进步、促进科学技术发展和提高人民生活质量方面发挥着越来越重要的作用。随着社会的不断进步和人民生活水平的不断提高，电气工程任重而道远，需要依靠科技进步，并用更新的科学知识武装每一位电气工作者，所以，希望这套著作能对电气工程的教学、科研、设计和管理人员有所裨益。

徐匡迪

二〇〇八年八月十二日



前 言

电的产生和应用是人类有史以来最伟大的科学技术成就之一。电力作为目前最清洁和使用最方便的二次能源，在推动社会发展、促进科学技术进步和提高人民生活质量方面发挥着越来越重要的作用。一个多世纪以来，电气技术的不断发展，电力生产及应用的日益增长，迅速改变了人类社会的面貌，也深深影响着人们的生活方式。电气化的程度已成为国家文明程度的重要标志之一。

改革开放 30 年来，我国科学技术取得了突飞猛进的发展，科技创新已成为国家发展的重要战略。在电气工程领域，新原理、新技术、新工艺、新材料得到了广泛应用，涌现出一大批具有自主知识产权的科研成果和产品。三峡电站的建设，大容量高效清洁超临界和超超临界压力机组的迅速发展，特高压交直流输电技术和灵活交流输电技术的发展和运用，先进的核能发电厂及可再生能源发电厂的成功建造，大电网智能化动态稳定监控系统和信息管理系统的广泛应用，具有先进水平的电气装备制造业的高速发展，大容量电能变换与节能节电技术，风力发电、太阳能光伏发电等资源节约、环境友好的新技术的大量应用，计算机和信息网络技术在电气领域的普及，明显改变着电气工程领域技术发展状况。超导电工技术、脉冲功率技术，纳米材料、永磁材料、有机硅材料等各类电工新技术和新材料的探索与应用，都充分展示了中国电气工程领域所取得的骄人业绩，引起了世界的高度关注。其中许多科研成果和产品，已达到国际先进水平。

电气工程从业人员多，涉及面广，技术进步快，科研成果多，许多科研成果需要总结和积累，许多新的知识需要普及和传播。盛世修典，素有遗风。为反映电气工程领域最新的发展成就，总结已有的科研成果，传播工程领域最新的科学技术知识，中国电工技术学会、中国机械工程学会、中国电机工程学会、中国动力工程学会和中国水力发电工程学会五个学会，联合组织了电气工程各领域的约 2000 位专家和学者，编撰了《中国电气工程大典》。

本套书的编写工作于2004年开始启动，编委会多次召开工作会议，精心组织，按照“取材突出新原理、新技术、新工艺、新材料；内容体现新颖性、先进性、实用性；表达力求简明扼要、深入浅出、直观易懂”的原则，反复讨论并修改编写大纲，确定编写内容。经过4年磨砺，数易其稿，终于付梓出版。《中国电气工程大典》共15卷约5000万字，包括《现代电气工程基础》、《电力电子技术》、《电气工程材料及器件》、《火力发电工程》、《水力发电工程》、《核能发电工程》、《可再生能源发电工程》、《电力系统工程》、《电机工程》、《输变电工程》、《配电工程》、《船舶电气工程》、《交通电气工程》、《建筑电气工程》和《电气传动自动化》。

所有组织者和编著者都把编撰本套书当作电气工程领域建设的一项重要的基础性工作，他们认真负责，辛勤耕耘，倾注了大量心血。本套书在编写出版过程中，得到参与编写的各科研院所、企业、高等院校等单位的大力支持，还得到业内有关院士和专家、学者的热心帮助。正是大家的积极参与和无私奉献，才使得这部大典能顺利编写出版，编委会对他们的奉献和支持表示衷心感谢。

这部鸿篇巨著，涉及电气工程设计制造、建设施工、生产运行、科研教学、工程管理等领域，总结了改革开放30年来电气工程各领域的技术发展与成功经验，展示了各专业领域的最新技术数据、设计经验、科技成果和发展动态，汇集了国内外相关的先进理念和成熟经验，体现了科学性、先进性和实用性的结合，是一套可供电气工程领域专业技术人员和管理人员使用的综合性工具书，也可供高等院校相关专业师生参考。

《中国电气工程大典》的编撰出版工作涉及面广，参与人员多，写作难度大。尽管编撰人员尽心尽力，倾注了无数心血，但书中难免存在缺点和不足之处，恳请读者指正。

中国电气工程大典编辑委员会主任

陆燕荪 陆延昌

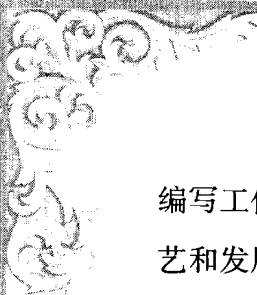
本卷前言

船舶电气工程是关于船用电气设备和船舶电气与控制系统的的设计建造理论、运行控制方法以及工程应用技术的专业学科，是电气科学与技术的重要组成部分。船舶电气工程领域涉及从设备到系统、从控制到运行、从顶层设计到安装工艺的全面、系统的专门知识，同电气科学与技术的各个领域既有联系又有区别。船舶电气工程主要研究对象为船舶以及海洋结构物（如海上石油钻井平台等）上所有与电气有关的基础理论、工程技术与运用方法，在诸如电机、电能变换、电气自动化以及电力系统保护等技术领域与陆用电气系统联系紧密，而在船舶电力推进、综合船桥系统以及船舶电磁防护等方面具有自己鲜明的特色。

我国是一个造船大国，航运大国。造船业与航运业已逐渐成为支撑我国国民经济和地区经济社会发展的支柱性产业。同时，进一步提高军用舰艇和船舶的现代化水平，建设一支强大的海军，是维护国家安全、促进社会主义建设与发展的迫切要求。电气系统是船舶的“血液系统，是船舶赖以生存的基础，船舶电气工程领域科学技术的进步将极大地促进我国造船和航运行业的发展，进一步提高海军的综合作战能力。

近年来，我国船舶电气工程领域获得了很大的发展，自主创新能力得到了很大提高。大容量、高功率密度、新型供配电网形式船舶电力系统的研制和应用，多相整流型同步发电机、交直流混合供电双绕组发电机、高速异步发电机等船用特种电机的出现，采用现代电力电子变流技术的船舶电力推进系统的发展和应用，船舶能量管理系统及智能化能量调度技术的研究与应用，高度自动化、智能化船舶操控系统的广泛应用，以及船舶电磁兼容分析与电磁兼容设计理论的丰富，明显地提升了船舶电气工程领域的技术水平。


为充分反映船舶电气工程领域的技术进步，总结已有科研成果，普及并传播新的理论、方法和科学技术知识，《中国电气工程大典》编委会安排《船舶电气工程》作为其中一卷，组织国内十余家长期从事船舶电气领域研究或船用电气设备研制生产的高等院校、科研院所、工厂企业的百余位知名专家参与编写并完成了



编写工作。全书充分展示了船舶电气领域最新科研成果、技术数据、设计制造工艺和发展动态，可以作为船舶电气工程领域专业技术人员和高等院校相关专业师生的综合性参考书。

由于本书涉及面广，编写难度较大，虽经编写人员辛勤耕耘、认真校核，亦难免有错误疏漏之处，恳请读者指正。

编者



目 录

序	
前言	
本卷前言	
第 1 篇 概论 1	
第 1 章 船舶电气工程概述 3	
第 2 章 船舶综合电力系统概述 5	
1 船舶综合电力系统的基本概念 5	
1.1 综合电力系统的定义 5	
1.2 综合电力系统的结构和功能 5	
2 综合电力系统的模块组成 5	
2.1 发电模块 5	
2.2 配电模块 5	
2.3 电力变换模块 6	
2.4 推进模块 6	
2.5 日用负载模块 7	
2.6 储能模块 7	
2.7 电能控制模块 8	
第 3 章 船舶电气设备的使用条件 9	
1 概述 9	
2 环境条件参数及其应用指南 9	
3 船级社对船舶环境条件的要求 13	
3.1 气候环境条件 13	
3.2 化学和机械活性物质条件 14	
3.3 机械环境条件 14	
3.4 生物环境条件 14	
4 船舶电气设备的环境条件试验 14	
4.1 环境条件试验 14	
4.2 各种电气、电子设备环境条件试验项目 14	
4.3 各种电气、电子设备环境条件试验的试验参数和试验方法标准 15	
5 舰船电气设备的使用条件 17	
第 4 章 船舶电能质量 18	
1 电能质量的定义及分类 18	
1.1 电能质量的定义 18	
1.2 电能质量的分类 18	
1.3 电能质量现象描述 19	
2 船舶电能界面要求 24	
2.1 电制 24	
2.2 船舶电力界面品质要求 24	
3 船舶电能质量的要求 25	
3.1 交流电力系统的电能质量要求 25	
3.2 直流电力系统的电能质量要求 27	
参考文献 29	
第 2 篇 船舶电机与电器 31	
第 1 章 船用电机 33	
1 概述 33	
1.1 用途 33	
1.2 简要发展历史 33	
1.3 船用电机特点 33	
1.4 船用电机产品的共同要求 33	
2 船用同步发电机 35	
2.1 船用同步发电机的定额 35	
2.2 结构特点 36	
2.3 励磁方式 37	
2.4 电气性能特殊要求 38	
3 舰(船)用交流三相异步电动机 42	
3.1 船用三相异步电动机 42	
3.2 舰用三相异步电动机 49	
4 船用直流电机 55	
4.1 船用直流发电机 55	
4.2 充电(调压)直流发电机 56	
4.3 船用直流电动机 56	
4.4 电力推进直流电动机 57	
4.5 甲板机械直流电动机 57	
4.6 幅压直流电动机 57	
5 船用电机标准信息 58	
第 2 章 船用电器 59	
1 概述 59	
1.1 船用低压电器的主要类别 59	
1.2 船用低压电器的分类与用途 59	
1.3 正常工作条件 59	
1.4 污染等级 60	
1.5 型号编制方法 60	
1.6 船用低压电器的主要标准 62	
1.7 舰用低压电器主要标准 63	
2 刀开关和刀形转换开关 64	
2.1 HZ910 系列船用组合开关 64	
2.2 HZ910M 系列气密式组合开关 65	
2.3 3LB(J)系列组合开关 65	
2.4 HC300/24 隔离开关 67	
2.5 HC91 型系列船用电磁转换开关 67	
2.6 H-HC91 系列舰用电磁转换开关 68	
3 熔断器 68	
3.1 RL96 船用螺旋式熔断器 68	
3.2 RLDJ1 型艇用直流螺旋式熔断器 68	
3.3 H-RL4 型舰用直流螺旋式熔断器 70	
3.4 H-RL3(RL93)系列舰用螺旋式熔断器 70	
3.5 H-STF901 系列舰用有填料封闭管式快速熔断体 71	
3.6 H-HG30-32 舰用熔断器式隔离器 71	
4 船用低压断路器 72	
4.1 用途和主要类型 72	
4.2 设计和结构特点 72	
4.3 断路器的选用 73	
4.4 断路器的维护检修 74	
4.5 船用断路器典型技术数据 75	
5 船用控制器 90	
6 接触器 91	

6.1 基本原理	91	6.1 范围	125
6.2 设计要点	91	6.2 技术要求	125
6.3 解决措施	91	6.3 选型要点	125
6.4 国内产品	91	7 船用防爆照明灯	125
6.5 选用	93	7.1 范围	125
6.6 使用	93	7.2 技术要求	125
7 起动器	93	7.3 选型要点	125
7.1 设计要点	93	8 船用消防应急灯	126
7.2 国内产品	94	8.1 范围	126
8 控制继电器	95	8.2 技术要求	126
8.1 船用热继电器	95	8.3 选型要点	127
8.2 GG-21 型逆功率继电器	102	9 手提式船用水密搜索灯(救生艇用)	128
8.3 JN 系列逆流继电器	103	9.1 范围	128
8.4 ZFB92、ZFB93(GENOP)发电机过流 逆功率保护装置	104	9.2 技术要求	128
9 主令电器	105	9.3 选型要点	128
9.1 控制按钮	105	10 其他灯具(手提灯、海图灯)	128
9.2 行程开关	107	10.1 范围	128
9.3 限位开关	107	10.2 技术要求	128
9.4 万能转换开关	108	10.3 选型要点	128
9.5 船用主令控制器	110	第4章 船用日用电器	129
10 电阻器	112	1 电取暖器	129
10.1 ZX915 系列船用电阻器	112	1.1 范围	129
10.2 ZD 系列船用电阻器	114	1.2 技术要求	129
11 船用变阻器	114	1.3 选型要点	129
11.1 BL91 系列船用励磁变阻器	114	2 电炊具	129
11.2 BL9 系列船用励磁变阻器	115	2.1 范围	129
12 舰船用电磁铁	115	2.2 技术要求	129
12.1 概述	115	2.3 选型要点	129
12.2 分类	115	3 电热水器	129
12.3 具体产品	116	3.1 范围	129
第3章 船用灯具	119	3.2 技术要求	129
1 船用电气号灯	119	3.3 选型要点	130
1.1 范围	119	4 电风扇	130
1.2 技术要求	119	4.1 范围	130
1.3 电气号灯的供电与控制	120	4.2 技术要求	130
1.4 号灯的配备	120	4.3 选型要点	130
1.5 号灯的安装	122	5 电冰箱	130
1.6 选型要点	122	5.1 范围	130
2 船用白昼信号灯	122	5.2 技术要求	130
2.1 范围	122	5.3 选型要点	130
2.2 技术要求	123	6 日用灯具	131
2.3 选型要点	123	6.1 范围	131
3 船用信号灯	123	6.2 技术要求	131
3.1 范围	123	6.3 选型要点	131
3.2 技术要求	123	7 电动切面机	131
3.3 选型要点	123	7.1 范围	131
4 船用投光灯(探照灯)	123	7.2 技术要求	131
4.1 范围	123	7.3 选型要点	132
4.2 技术要求	123	8 烘干机	132
4.3 选型要点	124	8.1 范围	132
5 船用荧光照明灯	124	8.2 技术要求	132
5.1 范围	124	8.3 选型要点	132
5.2 技术要求	124	9 臭氧发生器	132
5.3 选型要点	125	9.1 范围	132
6 船用白炽照明灯	125	9.2 技术要求	132
		9.3 选型要点	132

第 5 章 船用电缆	133	第 3 篇 船舶电站	157
1 概述	133	第 1 章 概述	159
1.1 船用电缆选用原则	133	1 船舶电站的用途和分类	159
1.2 船用电缆的安装与敷设	134	1.1 用途	159
1.3 船用电缆的维护	138	1.2 功能分类	159
2 船用电缆分类和命名	138	1.3 原动机类型分类	159
2.1 代号	138	2 船舶电站的组成	159
2.2 表示方法	139	2.1 配置和组成设备	159
3 船用电力电缆	139	2.2 各组成设备间的接口关系	159
3.1 产品规格和结构尺寸.....	139	3 船舶电站的设计	159
3.2 计算外径和单位长度质量	139	3.1 基本原则	159
3.3 性能指标	140	3.2 船舶电站的参数和指标	160
4 船用控制电缆	144	3.3 成套性设计	161
4.1 产品规格和结构尺寸	144	3.4 电站保护设计	161
4.2 计算外径和计算质量	145	3.5 安全性设计	164
4.3 性能指标	145	3.6 可靠性设计	164
5 船用通信电缆	145	3.7 电站的自动化设计	164
5.1 产品规格和结构尺寸	145	3.8 技术发展趋势	165
5.2 计算外径和计算质量	145	4 船舶电站的成套和试验	165
5.3 性能指标	145	4.1 成套目的和任务	165
6 船用射频电缆	146	4.2 成套试验的试验文件	166
6.1 产品规格与结构尺寸.....	146	4.3 技术参数调整	166
6.2 计算外径与计算质量	147	4.4 成套试验	166
6.3 性能指标	147	第 2 章 船用发电机组	167
7 船用耐火电缆	149	1 概述	167
8 船用电缆特殊试验方法	149	1.1 用途	167
8.1 浸水电容试验	149	1.2 分类	167
8.2 水密性试验	149	2 柴油发电机组	167
8.3 镀锌钢丝镀层附着性试验	150	2.1 基本原理	167
9 船用电缆载流量	150	2.2 参数和指标	168
9.1 单根电缆连续工作制的载流量	150	2.3 原动机的选型	169
9.2 不同环境温度的修正系数	151	2.4 功率匹配性设计	170
9.3 成束电缆的修正系数	151	2.5 结构设计	170
9.4 非连续工作制的修正系数	151	2.6 成套性设计	170
第 6 章 船用变压器	152	2.7 隐身性设计	172
1 船用变压器的类型	152	2.8 稳定性设计	173
1.1 概述	152	2.9 安全性设计	174
1.2 船用变压器分类	152	2.10 自动化设计.....	175
1.3 型号说明	152	2.11 参数设定与调整.....	176
1.4 满足的标准	152	2.12 机组的试验、使用和维护.....	176
1.5 使用条件	152	3 汽轮发电机组	177
1.6 温升限值	152	3.1 基本原理	177
1.7 材料要求	152	3.2 参数和指标	177
1.8 结构	152	3.3 原动机的选型	178
2 船用特种变压器	153	3.4 功率匹配性设计	178
3 船用变压器的性能参数	153	3.5 热循环设计	179
3.1 船用单相变压器的性能参数	153	3.6 回热系统设计	180
3.2 船用三相变压器的性能参数	153	3.7 凝汽冷却装置	182
3.3 海洋平台三相树脂绝缘变压器的性能参数	153	3.8 结构设计	183
3.4 其他规定	154	3.9 稳定性设计	185
4 船用变压器重量、外形及安装尺寸	155	3.10 安全性设计.....	186
4.1 船用单相变压器(防水式)	155	3.11 自动化设计.....	187
4.2 船用单相变压器(防滴式)	155	3.12 参数设定与调整.....	187
4.3 船用三相变压器	155	4 燃气轮机发电机组	188
4.4 海洋平台变压器	155	4.1 基本原理	188

4.2 参数和指标	189	4.3 应用和发展	211
4.3 原动机特性	189	5 船用燃料电池	212
4.4 热力循环设计	190	5.1 燃料电池的原理及分类	212
4.5 成套性设计	191	5.2 燃料电池在船舶上的应用前景	212
4.6 特种型式的燃气轮机组合	191	6 船用锂离子电池	213
第3章 船用特种电源	193	6.1 原理及特性	213
1 概述	193	6.2 分类及选型	213
2 变流机组	193	6.3 结构和制造工艺	213
2.1 工频变流机组的结构及其工作原理	193	6.4 使用及维护	214
2.2 中频变流机组的结构及其工作原理	193	6.5 应用和发展	214
3 轴带发电机	194	第5章 船用配电板	215
3.1 频率变动型轴带发电机的原理及分类	194	1 概述	215
3.2 频率稳定型轴带发电机的原理及分类	194	1.1 功能和组成	215
4 感应子中频发电机	195	1.2 分类	215
4.1 感应子发电机的特点	195	2 船用配电板的结构设计	215
4.2 感应子发电机的结构及分类	195	2.1 防护等级	215
4.3 感应子中频发电机的工作原理	196	2.2 安装方式	216
5 多相整流型同步发电机	196	2.3 船用配电板的结构设计要点	216
5.1 多相整流同步发电机结构原理	196	3 船用配电板的电气设计	217
5.2 十二相整流同步发电机的运行性能与特点	197	4 主配电板	219
6 交直流电力集成双绕组发电机	197	4.1 主配电板原理图设计	219
6.1 双绕组发电机的基本结构和原理	197	4.2 主配电板布置图设计	221
6.2 直流电压脉动和交流电压波形畸变	197	5 负载中心	223
6.3 双绕组发电机供电系统的稳定性	198	6 区配电板	223
7 感应发电机	198	7 分配电板	223
7.1 传统感应发电机	198	8 舱室配电板	223
7.2 新型感应发电机	199	9 可靠配电板	223
7.3 12/3 相双绕组感应发电机	199	10 应急配电板	223
8 船用交流静止电源	201	11 蓄电池充放电板	224
8.1 逆变电源的原理、分析、设计	201	12 照明分配电板	224
8.2 逆变装置的并联运行	203	13 岸电箱	224
9 船用直流静止电源	203	14 船用配电板检验	224
9.1 相控整流电源	203	14.1 船用配电板的检验	224
9.2 高频整流电源	204	14.2 型式试验	224
9.3 DC-DC 开关电源	204	14.3 出厂试验	225
第4章 船用电池	206	14.4 系统试验和航行试验	225
1 概述	206	15 船用配电板相关标准	225
1.1 电池的原理、组成和分类	206	第6章 船舶电站的监测与控制	226
1.2 电池的主要技术特性	206	1 概述	226
1.3 电池在船舶中的应用和发展	206	1.1 用途	226
2 船用铅酸电池	207	1.2 种类与特点	226
2.1 原理及特性	207	1.3 工作原理	226
2.2 分类及选型	207	2 船舶电站的检测与控制系统的要求	226
2.3 设计与制造	207	2.1 环境适应性要求	226
2.4 使用和维护	208	2.2 功能模块和独立性要求	226
2.5 应用和发展	208	2.3 计算机系统的要求	227
3 船用锌-氧化银电池	209	2.4 传感执行元件的要求	227
3.1 工作原理	209	2.5 计算机网络和现场总线的要求	227
3.2 组成和结构	209	3 船舶电站检测与控制的设计	227
3.3 工作特性	209	3.1 硬件选型	227
3.4 使用和维护	209	3.2 软件选型	228
3.5 应用和发展	210	3.3 硬件接口设计	228
4 船用水激活电池	210	3.4 应用软件编程	228
4.1 工作原理和分类	210	3.5 结构设计	228
4.2 组成、结构及性能特点	211	3.6 电磁兼容性设计	228
		3.7 安全性设计	228

3.8 可靠性设计	228	2.5 电动机馈送的短路电流	266
4 控制系统的设计和试验	229	2.6 在邻近主汇流排处短路时短路电流的计算	266
4.1 功能和参数	229	2.7 在主汇流排外馈电线处短路时 短路电流的计算	266
4.2 参数设定与调整	231	2.8 短路功率因数的计算	267
4.3 试验	231	2.9 电抗、电阻、阻抗和时间常数的 计算与换算	268
4.4 使用和维护	231	3 同步发电机的保护	268
4.5 技术发展趋势	231	3.1 过载保护	268
5 安全系统的设计和试验	232	3.2 外部短路保护	268
5.1 功能和参数	232	3.3 逆功率保护	268
5.2 参数的设定与调整	232	3.4 欠电压保护	268
6 监测报警系统的设计和试验	232	3.5 船舶中压同步发电机的保护	269
6.1 设计依据	232	4 船舶交流电网的继电保护	270
6.2 设计准则	232	4.1 大容量交流电网的继电保护	270
6.3 可靠性原则	232	4.2 小容量交流电网的继电保护	272
6.4 设计内容	232	4.3 照明系统的保护	273
6.5 设计方法	232	5 船舶直流电力系统的继电保护	273
参考文献	234	5.1 发电机电路的保护	273
第4篇 船舶电力系统	235	5.2 直流电网的继电保护	273
第1章 船舶电力网络	237	5.3 特别说明	274
1 船舶电力系统及网络结构	237	6 设备的保护	275
1.1 船舶电力系统的基本要求	237	6.1 电动机的保护	275
1.2 船舶电力系统的类型	237	6.2 变压器的保护	275
1.3 船舶电力系统特点	239	6.3 蓄电池的保护	276
1.4 船舶电力网络结构	239	第3章 船舶电能质量分析与控制	277
2 船舶电力网络的计算	241	1 船舶电网电能质量分析方法	277
2.1 电力网络的等效电路	241	1.1 船舶电网电能质量特点分析	277
2.2 电压降和功率损耗的计算	241	1.2 船舶电网电能质量指标	280
2.3 电力负荷的计算	242	2 船舶电网电能质量参数的测量	284
3 船舶配电系统	244	2.1 电力系统电能质量参数的测量方法	284
3.1 船舶配电系统的组成、功能及一般要求	244	2.2 用于电能质量评估的新设备	288
3.2 船舶主配电系统	245	3 船舶电网电能质量的控制	289
3.3 船舶应急配电系统	246	3.1 进行电能质量控制的必要性	289
3.4 船舶事故配电系统	247	3.2 船舶电网电能质量的改善方法	292
3.5 交流中压配电板和控制设备特殊要求	247	4 用于船舶电网测量与控制的设备及 相关的规范规定	298
4 船舶电力母线与电缆的选择	248	4.1 船舶电网参数测量装置	298
4.1 船舶电力系统母线的设计	248	4.2 船级社对船舶测量与控制设备的规定	301
4.2 船用电缆的计算和选择	254	第4章 船舶电力系统分析与仿真	303
5 船舶区域配电系统	256	1 船舶电力系统元件数学模型	303
5.1 径向式配电与区域配电的比较	257	1.1 特种发电机模型(十二相整流发电机模型、 双绕组发电机模型)	303
5.2 船舶区域配电系统	257	1.2 励磁系统数学模型	306
6 船舶电力网络的重构与故障恢复	258	1.3 负荷数学模型	307
6.1 船舶电力系统网络重构的概念	258	1.4 参数辨识	308
6.2 船舶电力系统网络重构方法	259	1.5 船舶电力系统负荷预估	308
6.3 网络重构相关技术	259	2 船舶电力系统的潮流计算方法	309
第2章 船舶电力系统保护	261	2.1 基本假设	309
1 船舶电力系统保护的基本要求	261	2.2 计算方法及步骤	309
1.1 保护的必要性和一般方法	261	3 船舶电力系统电磁暂态分析与仿真	310
1.2 对保护的原则要求	261	3.1 十二相发电机突然短路电流分析	310
1.3 对保护的具体要求	262	3.2 船舶电力系统电磁暂态时域仿真	311
1.4 选择保护装置的要求	262	4 船舶电力系统稳定性分析	312
2 船舶电力系统短路电流计算	263	4.1 静态稳定性分析	312
2.1 名词术语	263	4.2 几种特殊工况下船舶电力系统稳定性分析	313
2.2 计算用符号和代号	263		
2.3 通则	265		
2.4 发电机馈送的短路电流	266		