

船舶电气工程概论

袁继华 编

● 工人技术培训教材



哈尔滨船舶工程学院出版社

PDG

U665
Y90-2

332977

船舶电气工程概论

袁继华 编



哈尔滨船舶工程学院出版社

D1131/17
内 容 简 介

本书对目前船厂船舶电气工程作了简要介绍,对船上采用的各种电气设备按电力、拖动、推进、照明、信号及通讯导航等系统作了较为详细的叙述。通过学习能初步掌握船舶电气工程概况和本工种的工作范围,为进一步提高船舶电工技术水平打下基础。

本书可作为初级船舶电工的技术培训教材,也可作为从事船电安装工作的人员学习与参考。

船舶电气工程概论

袁继华 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨建筑工程学院印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张4.0625 插页7 字数 91 千字

1988年3月 第1版 1988年3月 第1次印刷

印数: 1—4 000册 定价: 1.50元

ISBN 7-81007-020-7/U·7

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶板金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、木工制图、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要，既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编 者 的 话

本书根据“船舶工业造船工人技术等级标准”及相应的技术理论教学计划和教学大纲编写，作为船舶电工初级技术理论的入门教材。

在本书的编写过程中，得到了求新船厂教育科、4805厂教育科、渤海船厂教育培训中心、中华船厂培训中心的大力支持，许多同志提出不少宝贵建议；求新船厂俞鼎升同志为本书主审，对本书各章节进行了仔细的审阅，提出了许多宝贵的修改意见；沪东船厂董文权同志为本书的顺利编写作出了很大努力，在此谨向以上各单位及有关同志致以衷心的感谢。

目 录

绪 论	(1)
一、船舶电气化、自动化现状	(1)
二、船舶电气系统分类	(2)
三、船舶电气工程范围	(3)
第一章 电力系统	(5)
一、电力系统概况	(5)
二、电力系统分类	(8)
三、电力系统图	(9)
四、电力系统主要设备介绍	(11)
第二章 电力拖动系统	(22)
一、电力拖动系统概况	(22)
二、电力拖动系统分类	(24)
三、电力拖动系统图	(26)
四、电力拖动系统中常用控制设备	(29)
第三章 电力推进系统	(45)
一、电力推进系统概况	(45)
二、电力推进系统分类	(47)
三、电力推进系统实例介绍	(51)
第四章 照明系统	(54)
一、照明系统概况	(54)

二、照明系统分类	(56)
三、照明系统图	(58)
四、照明系统主要设备及灯具介绍	(60)
第五章 船舶内部通讯和信号系统	(70)
一、船舶内部通讯和信号系统概况	(70)
二、船舶内部通讯和信号系统分类	(70)
三、船舶内部通讯和信号系统图	(71)
四、船舶内部通讯和信号系统主要设备介绍	(75)
第六章 通讯及导航系统	(106)
一、通讯系统简介	(106)
二、导航系统简介	(109)

绪 论

一、船舶电气化、自动化现状

随着科学和工程技术的发展，船舶电气化、自动化程度在不断提高。

自从19世纪40年代船上第一次使用蓄电池供电的照明灯具以来，电在船上以惊人的速度得到推广。照明及信号灯系统首先全面实现了电气化。在动力方面，随着蒸汽机船舶的淘汰，在以柴油机为主机的船上，几乎所有的辅机全都采用电力拖动。某些类型船舶，如水下航行舰船、火车渡轮和某些海洋调查船等，还采用以电动机作为主机的电力推进系统。

在本世纪50年代后期，交流发电机的调压、交流电动机的调速问题相继得到妥善解决，更为经济、方便的交流电在船上逐渐取代了直流电，在船舶电气化方面前进了一步。

随着船舶日趋大型化和自动化，电气设备的增多，船舶电站容量越来越大，一艘万吨以上的船舶的电站功率在800~1000千瓦以上，个别甚至高达10000千瓦。

各种甲板机械已完成向液压系统方向发展的过渡。自动化程度也达到相当高的水平，如能自动维持航向的自动电气液压舵机，能自动按张力收放缆绳的绞车，能实现双杆联合工作的电气液压起货吊车等设备，都已得到了推广和应用。

在生活设施方面，也已逐步实现了电气化和自动化。如舱室空调设备，包括各种副食品加工机械在内的成套电气化厨房设备，洗衣、烘衣设备，自动电梯，内、外电话通讯系

统，闭路电视、音响设备等等，使船上也有了一个和陆上相类似的、舒适的生活环境。

随着自控、遥控技术，遥测技术，微机技术的发展和完善，为建造高度自动化的船舶创造了必要的条件。由计算机或微机控制的机舱全面自动化已得到了实现。在长途航行中，主机能按驾驶人员发出的指令自动进行起动、加速、停车、反向。电站发电机组可根据负荷大小自行起动、并联或解列、停车。当机舱各系统中出现故障时，会自动将报警信号发到值班人员居住的房舱，同时按情况自动进行处理，并将故障予以显示和记录备查。正常无故障时值班人员可以连续8~24小时不下机舱，在自己舱里可值班。

卫星定位技术的研究成功，使船舶导航方面有了一个巨大飞跃。随着卫星定位技术的进一步完善，并辅以其它各种先进的导航设备，使船舶自动导航终究得到了实现。

目前，使用世界上最新科学技术成就装备起来的超级自动化船只，日夜航行在世界各大洋上，它标志着船舶电气化、自动化已到了一个崭新阶段。

二、船舶电气系统分类

船舶是一个各种功能齐全的独立单位，船上的电气设备种类繁多，涉及电机、电器和电子工业各个行业，我们可按其性质和用途分成以下六大类：

1. 电力系统 包括电站、电力网及配电在内的供电系统；
2. 电力拖动系统 包括各种舱室机械和甲板机械的电力拖动系统；
3. 电力推进系统 包括带动螺旋桨的推进电动机和独立为它服务的供电和控制系统；

4. 照明系统 包括全船正常和应急照明, 以及航行信号照明系统;

5. 船内通讯及信号系统 包括电话、广播、信号铃等音响联络系统;

6. 通讯及导航系统 包括各种对外通讯联络系统和为航行服务的各种导航系统。

三、船舶电气工程范围

船舶电气工程可分为设计和安装二大阶段:

1. 电气设计

它可以分成电气技术设计和生产设计二种。

(a) 电气技术设计

电气技术设计包括初步设计和详细设计二个部分, 按用户提出的要求, 设计既能满足用户需要, 而又符合各种船舶建造规范要求的各种电气系统, 选择相应的电气设备和元件, 分别绘制成各种系统原理图、电气控制原理图, 并在图纸的基础上编制各种表册、试验大纲, 以作为订货及检验部门验收的依据。

(b) 电气生产设计

电气生产设计是在电气技术设计的基础上, 按电气工艺阶段、施工区域和单元, 绘制成各种电气设备布置图、零部件加工图、电缆走向图、开孔图、电气支承件布置图, 以及编制有关的各项工艺文件和图表。

2. 电气安装

船舶电气安装即根据电气设计图纸、规定的工艺方法, 按一定的工艺阶段进行施工。它包括下列几个内容:

(a) 全船电气设备安装及电气支承件安装;

(b) 全船电缆敷设、紧固;

- (c) 电缆的切割和接线；
- (d) 全船电气设备通电调试。

电气安装施工通常分为六个工艺阶段：

- (a) 设备配套和电缆备料；
- (b) 看图、设备定位及电缆走向确定；
- (c) 设备安装及电气支承件的装焊和开孔；
- (d) 电缆敷设；
- (e) 切割接线；
- (f) 通电调试。

为了确保船舶电气安装的质量，要求从事船舶电气安装工作的同志具有下列各方面的电气知识和技能：

- (a) 能看懂各种电气图纸，如电气系统图、原理图、布置图和敷设图；
- (b) 遵守各种电气安装工艺；
- (c) 掌握各种自动控制设备的调试方法；
- (d) 会修复受损坏的电气元件和设备，根据需要对某些设备进行必要的修改。

第一章 电力系统

一、电力系统概况

船舶电力系统是船上一个非常重要的独立系统。它是包括从发电、配电、输电到各用电设备在内的统一整体。它和陆上电力系统相比，有着许多不同的地方。

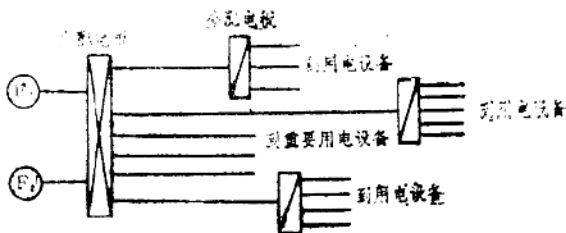


图1-1 电力系统示意图

从电站容量上看，船舶电站的容量较小，船上某些泵、风机的电动机的容量往往和单台发电机的容量相同。有些甲板机械的电动机容量甚至达到单台发电机容量的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ 。电动机的起动、调速引起的电流冲击，对电网的影响很大，使电网的频率、电压不易保持稳定。

船舶电力系统所属的各种电气设备的工作条件比较恶劣，多种不利因素几乎都集中在一起。船舶航行区域较宽，环境温度变化很大，可从北方海域的零下几十度到赤道附近的 $40 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。空气相对湿度几乎达到100%，空气中又充满着盐雾、油雾和霉菌，使导电金属受到腐蚀，绝缘材料性能

大大下降。电气设备又长期受到不同程度的振动、冲击和摇摆，导致材料的过早疲劳而断裂，使设备工作不正常，甚至电气触头发生误动作。所以，一般要求船用电气设备在表1-1所列的环境条件下仍能正常工作。

表1-1 船用条件

序号	工作条件	要求
1	周围温度	-25~+45℃
2	相对湿度	95%
3	凝露	有
4	盐雾	有
5	油雾	有
6	霉菌	有
7	倾斜： 周期横倾 长期横倾 长期纵倾	22 $\frac{1}{2}$ ° 15°(对应应急设备：22 $\frac{1}{2}$ °) 7 $\frac{1}{2}$ °(对应应急设备：10°)
8	振动	有
9	冲击	有

考虑到船舶的特殊性，为确保船舶的生命力，要求电力系统及其所属各种设备应非常可靠，并且具有相当的储备余量和互换性。

船上输电的距离，因受到船本身的限制，一般不超过200米，所以一般不需要升高电压。

由于船舶电力系统有以上特点，因此在设计、选型、安装等方面的要求就比较严格，而且还由专门机构（船舶检验局）审图和验收。

船舶电力系统有以下四个主要参数：

1. 电流种类

电流种类分直流、交流两种。因为直流发电机的电压比较稳定，并联容易，直流电动机的起动平稳，调速范围宽广，五十年代以前建造的船只大都采用直流制。但是交流设备的结构简单、体积小、价格低、运行可靠、维护方便，无论从经济或技术指标上看，都优于直流制。随着交流电机的调压、并车、调速等问题相继得到解决，从60年代开始，交流在船上得到了广泛的使用。目前，仅在特种船舶、工程船舶上，因有特殊需要，尚采用直流制，或交、直流混合制（即一般机械、照明系统采用交流供电，少数对调速要求相当高的工作机械采用直流供电）。

2. 电压等级

我国船舶电源设备的额定电压为直流28伏、115伏和230伏三种；交流115伏、230伏和400伏三种（不包括特殊用途电源）。目前为适应国际市场需要，交流电源设备电压可定为450伏（60赫）。

在选择电压标准时应考虑电气设备的重量、尺寸、价格等技术、经济指标和人身安全问题。随着船舶吨位的不断增大，特别是某些巨型油轮和高速集装箱船的建造，主机功率和电动辅机功率不断增大，发电机单机容量有的已超过1000千瓦，采用500伏以下的低压电力系统已经不能适应，电气设备的载流、断流能力很难满足，过粗的输电电缆也会造成敷设的困难，因此，有些船舶已采用1000伏至12000伏的电压等级。目前，我国国内仅在电力推进或少数工程船上的某些系统采用高压电制。

3. 频率标准

交流船舶电力系统的额定频率是沿用陆上的标准等级，在我国为50赫，为国外建造的船只，一般选用60赫。

频率的提高可使自动化系统工作的快速性提高，并且可以降低许多自动化元件的重量和尺寸，船上观通、导航系统多数已采用 400~2400 赫中频电源供电。但整个电网采用中频制还有许多困难。

4. 配电系统

船舶配电系统可采用下列各系统：

(a) 直流

双线绝缘系统；

负极接地的双线系统；

利用船体作负极回路的单线系统。

(b) 交流单相

双线绝缘系统；

一线接地的双线系统；

一线利用船体作回路的单线系统。

(c) 交流三相

三线绝缘系统；

中点接地的四线系统；

利用船体作为中性线回路的三线系统。

油轮上禁止使用接地系统和利用船体作中性线回路，只允许采用双线绝缘系统和三相三线绝缘系统。

二、电力系统分类

船舶电力系统主要包括船舶电站和船舶电力网两大部分。

船舶电站包括电源装置和控制、配电装置。一般船舶电站，分为主电站和应急电站。主电站有主发电机和总配电板（或称主配电板）。应急发电站有应急发电机和应急配电板，或应急蓄电池和充放电板。应急发电机和蓄电池一般同

时配置，此时蓄电池作为小应急电源使用。

船舶电力网包括各分配电装置和电力网络。分配电板可根据其所供电的设备不同，分为电力分配电板、照明分配电板和专用配电板，如实验分配电板、绞车配电板、信号灯配电板、助航配电板等。电力网络可分为一次网络系统和二次网络系统。凡从总配电板直接引出的电力网络称为一次网络系统，从分配电板引出的电力网络称为二次网络系统，以上简称为一次系统和二次系统。

三、电力系统图

电力系统图分为一次电力系统（网络）和二次电力系统（网络）图。

一次电力系统图包括主发电机、总配电板、应急发电机、应急配电板、蓄电池、充放电板和所供电的各分配电板，以及由总配电板、应急配电板直接供电的电气设备，如图1-2所示。各电气设备均按实际供电及分布情况绘制在图上。因此，该图能概括地反映全船主要电气设备布置情况、电力系统的范围和容量大小。图上的每根电缆都注明其代号、规格和截面。电缆的代号一般有以下几种：

L：总配电板至各电力分配电板和动力设备的电缆；

M：总配电板至各照明分配电板和特殊灯具的电缆；

YL：应急配电板至各电力分电板和动力设备的电缆；

YM：应急配电板至各照明分电板的电缆；

F：发电机系统电缆；

XM：和充放电板有关的电缆。

常用电缆型号有以下几种：

CF——船用橡皮绝缘非燃性橡胶套电缆；

CF₁₁——船用橡皮绝缘非燃性橡胶套电缆，镀锌钢丝编