



辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材

CHUANBO DIANQI SHEBEI GUANLI YU GONGYI

船舶电气设备 管理与工艺

(第3版)

张春来 吴浩峻 编著



大连海事大学出版社



辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材

船舶电气设备管理与工艺

(第3版)

张春来 吴浩峻 编著

大连海事大学出版社

© 张春来 吴浩峻 2016

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备管理与工艺 / 张春来, 吴浩峻编著

. — 3 版. — 大连: 大连海事大学出版社, 2016. 4

辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材

ISBN 978-7-5632-3182-9

I. ①船… II. ①张… ②吴… III. ①船用电气设备
— 高等学校—教材 IV. ①U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 063175 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

辽宁新华印务有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2004 年 8 月第 1 版

2010 年 2 月第 2 版

2016 年 4 月第 3 版

2016 年 4 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印张: 26.25

字数: 650 千

印数: 1 ~ 1500 册

出版人: 徐华东

责任编辑: 沈荣欣

责任校对: 张 冰

封面设计: 解瑶瑶

版式设计: 解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3182-9

定价: 53.00 元

内容提要

本书是为船舶轮机工程专业“船舶电气设备管理与工艺”课程编写的教材,主要阐述船舶电气设备的管理与维护方面的专业知识。全书共分十三章,内容包括:船舶电气系统概述,船舶常用测量仪表、仪器、传感器,船舶常用低压电器及其维护管理,船用电机管理与维护,船舶辅机电气控制装置的管理与维护,船舶电站的管理与维护,船舶照明系统,船舶内部通信及信号装置,机舱监测与报警系统的管理和维护,主机遥控系统的管理与维护,船舶电子设备管理和维护,船舶电气设备安装和安全用电,船舶交流主电站系泊试验。

本书编写时注重实际操作,强调应用,更加突出与适任评估的结合,可作为海事局海船船员“适任评估”中的“船舶电工工艺和电气测试”及“船舶电站操作”两项内容的培训教材,也可作为轮机管理人员实船工作时处理电气故障的参考书,还可作为电气技术人员自学和参加适任考试培训教材使用。

前 言

航运业和造船业的迅速发展,使得船舶电气自动化程度越来越高,控制系统越来越复杂。因此,适应船舶自动化技术的发展,提高轮机管理人员对船舶电气自动化设备的管理水平,是现代船舶管理急需解决的问题。

本书是为了履行中华人民共和国海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试和评估大纲》的要求,使轮机员能够适应新形势的需要,适应机电一体化要求,胜任电气自动化设备的管理、使用和维护工作而编写的。

本书在编写过程中参考了中国船级社《钢制海船入级规范》、中华人民共和国海事局的《中华人民共和国海船船员适任考试和评估大纲》、国内外有关教材以及实船电气设备资料,依据船舶电气设备管理技术要求及相关规范,结合作者多年从事船舶电气类课程理论教学与船舶电气自动化维修的实践经验,全面系统地叙述了船舶电气设备的管理、操作、维修工艺和常见故障的排除方法。

本书是依据轮机工程专业本科“船舶电气设备管理与工艺”教学大纲编写的。第3版教材认真总结第1、2版的经验,在此基础上修订补充编写而成,为了使本教材的系统性更趋于合理,在章节结构上做了一些调整;同时为了使本教材紧跟新技术、更加实用,对书稿内容做了一些增删。

与第2版相比,主要增加内容如下:

第二章中,增加了便携式干式温度校验炉、便携式压力校验仪、电阻箱、电流信号发生器等船舶电气设备现场安装调试及维护的常用仪器的内容;增加了船舶电气控制系统中的关键器件(检测传感器)的内容。

第三章中,增加了电气控制系统的执行器件的内容;增加了在船舶电气控制系统中普遍应用的可编程控制器 PLC 的内容,以实例详细分析 PLC 设计实现的完整过程。

第五章中,以实际控制电路为例详细分析了电气控制线路故障分析及排除的方法;增加了电气技术现场调试的工艺内容;增加了船舶侧推与电力推进装置的维护与检修内容。

第六章中,增加了船舶电站自动化、船舶高压电力系统的操作和维护的内容。

第七章中,增加了日光灯常见故障、原因及排除方法的内容。

第十一章中,增加了焊接电路图的详细分析内容。

第十二章中,增加了安全隔离栅在油船和散装化学品液货船中的使用内容、电缆的切割、芯线端头处理及接线处理等内容。

本书内容全面丰富,取材新颖,注重理论原理与实际应用相结合,突出实用性与针对性。可作为轮机工程专业本(专)科“船舶电气设备管理与工艺”课程的教材,也可作为海事局海船船员适任评估中的“船舶电工工艺和电气测试”及“船舶电站操作”两项内容的培训教材,同时也可作为轮机管理人员实船工作时处理电气系统故障的参考书。

本书由大连海事大学张春来教授、吴浩峻副教授编著,孙才勤、史成军、康宝仲、赵楠楠、王满、张金男、王浩亮等参与了部分内容的编写工作。在编写过程中,得到了轮机工程学院领导、

大连海事大学出版社的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。本书第1版于2004年、第2版于2010年由大连海事大学出版社出版,编者对使用过第1版、第2版的师生及提出宝贵意见的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中会有不足之处,诚请专家、读者多提宝贵意见。

编 者

2016年3月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 船舶电气系统	(1)
第二节 船舶电气设备特点与一般要求	(5)
第三节 船舶电气设备检验	(11)
第二章 船舶常用测量仪表、仪器、传感器	(13)
第一节 电工仪表的基本知识	(13)
第二节 万用表及其测量方法	(16)
第三节 便携式兆欧表	(26)
第四节 钳形电流表	(31)
第五节 功率表	(33)
第六节 频率表	(35)
第七节 仪表测量电路	(36)
第八节 常用调试仪器	(39)
第九节 检测传感器	(44)
第三章 船舶常用低压电器及其维护管理	(71)
第一节 熔断器	(71)
第二节 低压空气断路器	(74)
第三节 接触器	(79)
第四节 热继电器	(91)
第五节 控制继电器	(95)
第六节 主令电器	(100)
第七节 电磁制动器	(107)
第八节 电磁阀	(109)
第九节 可编程序控制器	(110)
第四章 船用电机管理与维护	(123)
第一节 船用电机的基本要求	(123)
第二节 船用电机的维护与保养	(125)
第三节 船用电动机的拆卸与装配工艺	(133)
第四节 船用直流电机的维修工艺与常见故障处理	(140)
第五节 船舶同步发电机的维护和保养	(143)
第六节 船用变压器的管理与维护保养	(144)
第五章 船舶辅机电气控制装置的管理与维护	(147)
第一节 电气控制线路图的识图方法	(147)
第二节 电气控制线路故障分析及排除	(165)

第三节	船用电气控制箱的日常管理与维护	(173)
第四节	船舶起货机电气系统的维护与检修	(176)
第五节	船舶锚机(绞缆机)电气系统的维护与检修	(183)
第六节	船舶舵机电气系统的维护与检修	(187)
第七节	船用辅锅炉电气控制系统的维护与检修	(194)
第八节	船舶冷藏、空调电气设备的维护与检修	(198)
第九节	船舶侧推与电力推进装置的维护与检修	(201)
第六章	船舶电站的管理与维护	(210)
第一节	船舶电站概述及分类	(210)
第二节	船舶电站管理的技术要求	(210)
第三节	船舶电源的管理和维护	(212)
第四节	船舶配电装置的维护管理	(218)
第五节	自动电压调整器的维护管理	(226)
第六节	船舶发电机并联运行及其故障分析	(230)
第七节	发电机的继电保护	(234)
第八节	主汇流排失电的故障分析及处理方法	(236)
第九节	船舶电站自动化	(240)
第十节	船舶高压电力系统的操作和维护	(245)
第七章	船舶照明系统	(254)
第一节	照明系统的分类及特点	(254)
第二节	船舶常用灯具	(256)
第三节	各种灯具的安装	(263)
第四节	照明系统的日常管理与维护	(268)
第八章	船舶内部通信及信号装置	(269)
第一节	船内电话通信系统	(269)
第二节	船舶操纵信号设备	(271)
第三节	电气信号装置	(282)
第四节	船用广播对讲系统	(294)
第五节	船内通信和信号装置试验	(296)
第九章	机舱监测与报警系统的管理和维护	(302)
第一节	概述	(302)
第二节	机舱监测与报警系统的组成与基本功能	(303)
第三节	监测与报警系统的维护与故障维修	(306)
第四节	机舱监测报警点的效用试验	(307)
第五节	微机监测与报警系统的故障诊断	(310)
第十章	主机遥控系统的管理与维护	(315)
第一节	主机遥控系统的分类和技术要求	(315)
第二节	主机遥控系统的日常维护和故障排除	(317)
第三节	电子调速系统的维护	(321)

第四节	主机遥控系统的模拟试验	(325)
第五节	主机遥控的试验	(328)
第六节	机舱自动化试验	(331)
第十一章	船舶电子设备管理和维护	(333)
第一节	电阻、电容和电感	(333)
第二节	半导体器件	(340)
第三节	电子设备的故障检查	(345)
第四节	印刷电路板(PCB)内故障芯片的测试	(347)
第五节	微机监控系统的常规维护与保养	(351)
第六节	电子元件安装与焊接工艺	(352)
第十二章	船舶电气设备安装和安全用电	(359)
第一节	安全用电的基本知识	(359)
第二节	船舶电气设备防火、防爆和防静电	(361)
第三节	船舶电气设备的接地要求	(365)
第四节	船用绝缘材料及电气设备绝缘的意义和要求	(367)
第五节	电气接线和设备安装	(372)
第十三章	船舶交流主电站系泊试验	(384)
第一节	发电机负载试验设备	(384)
第二节	试验前接线检查及绝缘电阻测量	(386)
第三节	柴油发电机组起动和保护试验	(388)
第四节	发电机保护装置试验	(390)
第五节	柴油发电机组的负荷试验	(394)
第六节	柴油发电机特性试验	(397)
第七节	发电机同步操作试验	(399)
第八节	发电机并联运行试验	(400)
第九节	自动电站试验	(403)
参考文献		(408)

第一章 概述

第一节 船舶电气系统

一、分类

根据用途和性质,船舶电气系统大体上可概括为:船舶电力系统、船舶电力拖动系统、船舶照明系统、船内通信与报警系统、船舶无线电通信和导航系统及机舱自动化系统。

1. 船舶电力系统

船舶电力系统是由电源装置、配电装置、电力网、负载按照一定方式连接的整体,是船舶中电能产生、传输、分配和消耗等全部装置和网络的总称。

2. 船舶电力拖动系统

与船舶发电机主要是以柴油机为动力拖动不同,船舶电力拖动是指以电动机为动力拖动各种工作机械的工作方式。

目前,远洋货船的船舶电力拖动控制系统主要分为机舱辅机电力拖动控制系统和甲板机械电力拖动控制系统。

机舱辅机电力拖动控制系统包括:为主柴油机服务的辅机,如淡水冷却泵、海水冷却泵、滑油泵、分油机、燃油输送泵、辅锅炉、机舱通风机、空气压缩机、盘车机等;为船舶安全及生活用的辅机,如日用海水泵、日用淡水泵、消防泵、压载泵、总用泵、舱底水泵、水雾灭火水泵、冷藏冰机、空调等。

甲板机械电力拖动控制系统包括锚机、绞缆机、舷梯机、起货(重)机、舵机、起艇机、电梯及船舶侧推装置。

海洋钻井平台(船舶)和特种船舶广泛使用电动机作为主推进动力装置,即电力推进,这种推进方式也属于船舶电力拖动。

3. 船舶照明系统

船舶照明是船舶航行安全、作业以及船上人员生活的必要条件。船舶照明系统一般分为主照明、应急照明(习惯称为大应急照明)、临时应急照明(习惯称为小应急照明)、航行灯和信号灯照明系统。

主照明系统又称正常照明系统,由船舶主电源供电。

应急照明系统,可由应急发电机供电,也可由蓄电池组供电。当应急电源为应急发电机

时,还应设置一蓄电池组作为临时应急电源,并应符合《钢质海船入级规范》的相关要求。

航行灯和信号灯照明系统,要求由正常电源和应急电源两路供电,并能实现自动切换。

设置应急发电机的船舶,应急照明由应急配电板供电。正常情况下,应急配电板由主配电板供电,因此,应急照明也是由船舶主电源供电,与正常照明同时工作,主电源失电后由应急发电机供电。正常照明和应急照明的灯点采用交叉布置。

现在建造的船舶,特别是出口船舶,其应急发电机的自动起动都能满足规范要求,因此不设临时应急照明。

4. 船内通信与报警系统

船内通信系统按其用途不同可分为:船内电话通信系统、船舶操纵信号系统、船用广播对讲系统、船内子母钟系统。

船内电话通信系统是指指挥航行、协调工作、业务联系的主要系统,是自动化船舶内部通信的重要组成部分。

船舶操纵信号系统按功能可分为电气传令钟子系统、舵角指示子系统、主机转速指示子系统、可调螺距桨传令钟和指示子系统。

船用广播对讲系统是指用于向全船发送指挥命令和通知、收听电台广播的系统。

船内子母钟系统是船舶的时间显示系统,系统由一只母钟和多只子钟组成,母钟与子钟采用 RS485 通信或脉冲驱动,控制子钟同步显示,母钟采用高精度、高稳定度的晶体做时钟源,也可采用 GPS 授时。

船内报警系统是指用于向船员、旅客传送与安全有关的声光信号和指令的报警系统。按其用途不同可分为:通用报警、自动雾笛、驾驶室值班报警、病房呼叫报警、冷库误锁报警、火灾报警、水雾灭火装置、CO₂ 施放报警装置、机舱报警灯柱、轮机员安全报警、轮机员值班报警、机舱监测与报警系统、货舱进水监测系统、油船及液化气船的可燃气体报警系统等。

5. 船舶无线电通信和导航系统

船舶无线电通信系统是船舶在海上航行时与岸上联系的唯一系统,如甚高频、卫星通信等。

无线电通信是通过天线传播和接收信息。天线是导体,与船体、大地(海水、河水)构成电容。按一定频率交变的电源一端接地、另一端加到天线上,则对地电场形成电流,电流产生磁场,当频率高到一定程度,交变电磁场会以电磁波的形式向周围空间传播。

导航系统是指用于船舶航向定位的系统,如陀螺罗经、导航雷达和全球定位系统(GPS)等。

6. 机舱自动化系统

机舱自动化系统主要是指对机舱主柴油机、辅机等设备完成遥控、自动控制、监测、报警等功能的系统。

二、常用低压控制电器及测量仪器、仪表和传感器

1. 常用低压控制电器

船舶常用的低压控制电器主要有各种类型的主令电器、低压熔断器、接触器、继电器、电磁制动器及可编程序控制器等。

主令电器是指用来发出信号指令的低压操纵电器,它的信号指令通过继电器、接触器等其

他电器的动作,通断被控制电路,以实现电动机或其他设备的远距离控制。主令电器主要包括按钮、万能式转换开关、行程开关(或称限位开关)、主令控制器等。

低压熔断器是低压配电系统中起安全保护作用的一种电器,广泛应用于电网保护和用电设备保护,主要做短路保护。

接触器是利用电磁吸力原理频繁地接通和切断大电流电路(即主电路)的开关电器。接触器控制容量大、可远距离操作、能实现联锁控制,并有失电压及欠电压保护作用,广泛应用于自动控制电路,其主要控制对象是电动机,也可用于控制其他电力负载。接触器可分为交流接触器和直流接触器,两类接触器在触头系统、电磁机构、灭弧装置等方面均有所不同。

继电器是根据电量(如电流、电压)或非电量(如时间、温度、压力、转速等)的变化来通断控制线路的电器,常用于信号传递和多个电路的扩展控制。继电器的类型主要包括:中间继电器、时间继电器、热继电器、固态继电器、压力继电器、温度继电器和速度继电器等。

电磁制动器是把电磁力转变为机械制动力矩,从而使电动机断电后迅速停转的一种电器。电磁制动器在船舶中主要用于甲板机械(锚机、绞缆机、起货机、电梯等)的控制。

可编程序控制器,又称为可编程序逻辑控制器,英文名称 Programmable Controller,简称 PC。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,故人们仍习惯地用 PLC(Programmable Logic Controller)作为可编程序控制器的缩写。它是一个以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置,专为在工业现场应用而设计,它采用可编程序的存储器,用以在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时/计数和算术运算等操作指令,并通过数字式或模拟式的输入、输出接口,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 是微机技术与传统的继电接触控制技术相结合的产物,它克服了继电接触控制系统中的机械触点的接线复杂、可靠性低、功耗高、通用性和灵活性差的缺点,充分利用了微处理器的优点,又照顾到现场电气操作维修人员的技能与习惯,特别是 PLC 的程序编制,不需要专门的计算机编程语言知识,而是采用了一套以继电器梯形图为基础的简单指令形式,使用户程序编制形象、直观、方便易学,调试与查错也都很方便。用户在购到所需的 PLC 后,只需按说明书的提示,做少量的接线和简易的用户程序编制工作,就可灵活方便地将 PLC 应用于生产实践。

2. 常用测量仪表、仪器

船舶上常用的测量仪表、仪器有万用表、兆欧表(便携式)、钳形电流表、交(直)流电压表、交(直)流电流表、功率表、功率因数表、频率表、同步表、兆欧表(配电板式)、便携式干式温度校验炉、便携式压力校验仪、电阻箱、标准电流信号发生器等。

万用表是一种多用途仪表。它通常用来直接测量直流电流、直流电压、交流电压及电阻等电量;还可以初步测量晶体管、电容等元件的好坏;有的还可以测量交流电流、电容量、电感量等。万用表是船舶电气管理人员必备的工具之一,目前常用的有模拟式和数字式两种。

兆欧表(便携式)主要用来测量和检测电机、电气设备、电缆的绝缘电阻,是电气管理人员必备的主要测量仪表之一,兆欧表使用简便,携带方便,测量时不需要其他辅助设备,不需要外接电源,可直接读出测量结果。

钳形电流表是由电流互感器和电流表组成。钳形电流表使用方便,但准确度不高,通常只用在不便拆线或不能切断电路的情况下进行交流电流的测量,了解设备或电路的运行情况。如使用钳形电流表测量三相异步电动机的起动电流及运行电流。

配电板式电压表一般安装在主配电板及电气设备的控制箱上,主要是用来测量和监视发

电机、电网或电气负载的电压。

便携式电压表主要用于电气设备检修时电压的测量。

配电板式电流表一般安装在主配电板及电气设备的控制箱上,主要用来测量发电机或电气负载的工作电流。

便携式电流表主要用于电气设备检修时电流的测量。

功率表有单相功率表 and 三相功率表之分;三相功率表又分两元三相功率表 and 三元三相功率表,并有直通式(直接接入)和间接式(配互感器)两类。

主配电板上的三相功率表是用来测量发电机的输出功率,只要发电机主开关合闸供电,功率表即指示其实际输出功率值。

便携式功率表主要用于电气设备检修时功率的测量。

主配电板上的功率因数表是用来测量发电机运行时功率因数用的,只要发电机主开关合闸供电,功率因数表即指示其实际功率因数。

主配电板上的频率表是用来测量和监视电网的频率。

同步表(整步表)一般安装在主配电板的并车屏上,有数字式和电磁式两种,用于同步发电机并车操作时指示待并机与电网的电压相位差和频率差。

兆欧表(配电板式)一般安装在负载屏上,用于连续监测电网相对于船体的绝缘电阻,且在绝缘电阻异常低时发出声、光信号。当对船体的绝缘电阻一旦下降至每伏电源电压 $100\ \Omega$ 以下时必须触发报警装置。

便携型干式温度校验炉用于校验温度传感器,采用高稳定控温仪,均热块采用导热极好的铜合金材料,可方便地设置并精确产生所需温度($-35\sim 650\ ^\circ\text{C}$)。它具有体积小、加热快速、控温稳定、无污染等特点,可将温度传感器与仪表整体进行系统校验,非常适合工业现场或实验室使用。

便携式压力校验仪用于校验压力传感器,由精密数字压力表和便携式手持气压压力泵组成,精度高、稳定性好,手泵加压轻松,压力值定格稳定,气密性强。便携式压力校验仪除可作较高准确度校正标准器(表)外,也可作为工作仪表使用。

电阻箱是一种箱式电阻器,由若干个不同阻值的定值电阻,按一定的方式连接而成。电阻箱中的定值电阻一般用康铜和锰铜丝绕制,使电阻值基本不随温度变化。电阻箱可以跳跃式地调节电阻,且能显示确定的电阻值,可以用来校验热电阻和回路测试。

便携式电流信号发生器是船舶电气设备调试常用的电气仪表。在船舶自动控制系统中,随着自动化水平的不断提高,广泛采用标准的 $4\sim 20\ \text{mA}$ 信号作为微机采集和现场控制信号,因此在安装调试与维护自动化仪器、仪表等设备时,要经常用到电流信号发生器,但传统的万用表(包括数字式和指针式)都不具备毫安信号输出功能。它具有体积小、操作方便等特点,可作为现场安装调试及维护的工具。

3. 常用检测传感器

检测传感器是实现船舶自动控制、自动调节的关键器件,它与各种监测和控制系统的输入端相连,并将检测到的信号输送到信息处理部分,是感知、获取、处理与传输的关键。传感器能在规定的条件下,感受被测物理量,包括温度、压力、流量等,并按照一定规律变换成与之对应的、有确定关系的有用信号(通常是电信号),满足信号传输、处理、记录、显示或控制等要求。

船舶中常用的检测传感器主要包括温度、压力、流量、液位、转速、火灾、光敏、气敏等传

感器。

传感器分为模拟量和开关量两类。模拟量传感器是将被测参数转换成连续变化的模拟量信号,它既可以监视运行设备是否正常,又可以随时显示运行参数;开关量传感器是将被测参数是否越限转换成触点的闭合或断开,即开关量信号。将检测的模拟量再转换成标准的电流或电压信号,称为变送器,例如用于监测与报警系统的压力变送器和温度变送器。

第二节 船舶电气设备特点与一般要求

一、船舶电气设备对电源参数的要求

1. 电流种类

船舶供电系统有交流和直流两种电制。交流电制具有许多优点,因而被船舶广泛采用。目前,货船、液货船、集装箱船、客船和科学考察船大都采用交流电制。只有一些特殊船舶和小型船舶还采用直流电制。

2. 电压

目前各规范和规则,对船舶供电系统的额定电压和最高电压均有明确的规定,具体要求可参阅 IEC 92-201《系统设计规则》。低压船舶大多采用 380 V 或 440 V;高压采用 3 000 ~ 11 000 V,目前常见使用的有 6.6 kV、11 kV。

电力系统的电压与用电设备电压是一致的。考虑到输电线路引起的电压下降,低压电力系统的电源(发电机)电压比用电设备的高。陆地规定高 5%,如系统电压为 380 V,则发电机电压为 400 V;若系统电压为 440 V,则发电机电压为 460 V。船舶线路比较短,主要设备集中在机舱,离发电机近,电压降较小。因此,若系统电压为 380 V,则发电机电压为 390 V,若系统电压为 440 V,则发电机电压为 450 V。高压电力系统一般不计及电压降,发电机与系统电压一致。例如:用电设备电压为 6.6 kV,系统和发电机电压均为 6.6 kV。

3. 频率

关于船舶供电系统的频率,各规范均以 50 Hz 和 60 Hz 作为标准频率。这一规定不包括弱电设备所需的特殊频率以及海上平台等特殊设备的频率。

4. 配电系统

按 IEC 92-201《系统设计规则》的规定,直流配电系统和交流配电系统是有区别的,其规定如下:

(1)标准的直流配电系统主要有:双线绝缘系统;以船体为回路的单线系统;一极接地的双线系统;中线接地但不以船体为回路的三线系统;中线接地并以船体为回路的三线系统。

(2)交流配电系统:

交流配电系统通常分为一次配电系统和二次配电系统。

标准的一次配电系统主要采用三相三线绝缘系统和中性点接地的三相三线系统;对于 500 V 及以下的电压,还可以采用中性点接地但不以船体为回路的三相四线系统、单相双线绝缘系统、一极接地的单相双线系统。

标准的二次配电系统主要采用三相三线绝缘系统和中性点接地的三相三线系统;对于 500 V 及以下的所有二次配电系统,还可以采用中点接地但不以船体为回路的三相四线系统、单相双线绝缘系统、一极接地的单相双线系统、对照明和插座供电用的中线接地的单相双线系统、中线接地但不以船体为回路的单相三线系统。

此外,各有关规范还有一些具体的规定,必须予以充分地重视。例如中国船级社《钢质海船入级规范》规定:总吨位 1 600 及以上的船舶动力、电热及照明系统,均不采用利用船体作为回路的配电系统。钢铝混合结构的船舶,严禁利用铝质部分作为导电回路。

对于油船、化学品船等液货船及其特殊船舶,必须注意其他配电系统的特殊要求,如油船可以采用的配电系统只限制在:直流双线绝缘系统;交流单相双线绝缘系统;交流三相三线绝缘系统。

船舶供电系统的交流电压和频率可参阅 IEC 92-201《系统设计规则》。对于超过 1 kV 交流供电系统的有关限制,请参见 IEC 92-503《船舶电气设备专用:电压范围为 1 kV 以上至 11 kV 的交流供电系统》。

5. 介电性能

电气设备的介电性能,通常以介电常数来表示,它是表示绝缘能力特性的一个系数,是电气设备的重要参数之一。

船舶电力系统的绝缘是建立在瞬时过电压被限制在规定的冲击耐受电压优先系数的基础上,外来的瞬时电压必须低于或限制在低于船舶电源系统规定的冲击耐受电压,而船舶电力系统中,电器或设备产生的瞬时过电压也必须低于船舶电源系统规定的冲击耐受电压。因此船用低压电器用于船舶电源系统的条件为:

- (1) 船用电器的额定绝缘电压不应低于船舶电源系统的额定电压。
- (2) 船用电器的额定冲击耐受电压不应低于船舶电源系统的额定冲击耐受电压。
- (3) 船用电器产生的瞬时过电压不应高于船舶电源系统的额定冲击耐受电压。

船用电器在设计时,一般都会考虑适用于多种船舶电源系统和适用于一种或几种安装类别,因此,船用电器的额定冲击耐受电压,应按预期使用的多种电源系统中相对地的最高电压和最高安装类别来确定。

6. 附加要求

船用电子设备除了满足一般通用要求外,还应满足下面附加要求:

(1) 船用电子设备的电子组件,应在 $0 \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境空气温度范围内正常工作。若预期安装在会出现特别高温的场所(如直接邻近主机、锅炉等位置),应做特殊考虑。如果安装在有发热器件的箱柜内,应保证在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不失效。若预期安装在可能出现低温的处所,如露天甲板、无保温措施的甲板室内,应能在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下正常工作。

(2) 所有自动化设备应能在下列相对湿度下正常工作:温度达 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,湿度为 $95\% \pm 3\%$;温度高于 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,湿度为 $70\% \pm 3\%$ 。

二、船舶电气设备的环境条件及防护等级

船舶的环境条件比陆地差,船舶电气设备的损坏及绝缘性能与船舶航行的区域、空气温度、空气中的盐雾、油雾有直接关系,船舶的摇摆与振动也会造成电气设备的损坏。船用环境条件的特殊性,决定了对船用电气设备的特殊要求,选用的规范和规则不同,要求的性能指标

也略有不同。

一般船用电气设备应在表 1-1 规定的条件下能正常工作,对于船用电子设备以及专用船舶的电气设备还另有规定。

表 1-1 船用电气设备正常工作条件

环境因素	正常工作环境条件
周围空气温度最高值	40 ℃ ^① 45 ℃
周围空气温度最低值	-25 ℃ ^②
海上潮湿空气影响	有
盐雾影响	有
油雾影响	有
霉菌影响	有
倾 斜	≤25°
摇 摆	≤25°
振 动	有
冲 击 ^③	有

注:①40 ℃主要适用于沿海、内河船舶用的电气设备,对于高于 45 ℃的场所应做特殊考虑;②主要适用于安装在露天甲板及无保温措施的露天甲板舱室内的电气设备,对于低于 -25 ℃的场所应做特殊考虑;③指船舶正常营运时产生的冲击。

1. 环境温度

环境空气温度和初级冷却水温度如表 1-2 所示,表中各值与电气设备安装的部件和船舶航行海区有关。该表为中国船级社《钢质海船入级规范》要求,并规定适用于电子设备的环境空气温度上限值为 55 ℃。不同规范要求稍有不同,应予以注意。另外为了使电气设备适应其工作环境的湿度,必须考虑其结构材料和绝缘处理。

表 1-2 环境温度

介质	部位	温度/℃	
		无限航区	除热带海区以外的有限航区
空气	封闭处所内	0 ~ 45	0 ~ 45
	温度超过 45 ℃(或 40 ℃)和低于 0 ℃的处所内	按这些处所的温度	按这些处所的温度
	开敞甲板	-25 ~ 45	-25 ~ 45
水		32	25

2. 船舶倾斜

船舶电气设备应满足船舶倾斜和摇摆的条件,见表 1-3。

表 1-3 倾斜角

设备、组件	倾斜角 ^②			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电器和电子设备 ^①	22.5°	22.5°	10°	10°
上列以外的设备、组件	15°	22.5°	5°	7.5°

注:①对于装载液化气体和化学品的船舶,其应急电源还应在船舶进水以致最终横倾达 30°的极限状态下能保持供电;②纵倾、横倾可能同时出现。

3. 冲击、振动

船舶电气设备应不受正常使用时可能产生的振动和冲击的影响,固定载流部件的螺钉和螺母必须锁紧,使其不至于因振动而松脱。保证在表 1-4 规定的振动试验条件下,无机械损伤和误操作。

表 1-4 船用电气设备应满足的振动要求

安装部件	频率范围(Hz)	峰值
一般场所	2.0 ~ 13.2	位移 ±1 mm 加速度 ±7 m/s ²
	13.2 ~ 100.0	
往复机上和舵机舱内	2.0 ~ 25.0	位移 ±1.6 mm 加速度 ±40 m/s ²
	25.0 ~ 100.0	

4. 电压和频率波动

船舶电气设备应确保在表 1-5 中所规定的电压和频率偏离额定值的波动情况下可靠工作。

表 1-5 电压和频率波动

设备	参数	稳态	瞬态	
一般设备	电压波动	+6% ~ -10%	±20%	1.5 s
	频率波动	±5%	±10%	5 s
由蓄电池供电的设备: 充电期间接于蓄电池 充电期间不接于蓄电池	电压波动	+30% ~ -25% +20% ~ -25%	-	-

5. 电气间隙和爬电距离

电气设备的不同电位的带电部件之间、带电部件与其他接地金属外壳之间,无论沿表面或通过空气,计及绝缘材料性质和使用条件,应足以承受其工作电压。为此,有关规范和规则均规定了最小电气间隙和爬电距离。

6. 盐雾、油雾和霉菌

由于电气设备的使用环境会受到盐雾、油雾和霉菌的影响,所以必须充分考虑耐腐蚀和不绝缘性能变坏的措施。例如电气设备的材料和绝缘材料应考虑防盐雾、油雾和霉菌。

7. 爆炸性气体环境条件

在爆炸性气体环境条件下工作的电气设备,必须满足有关爆炸性气体环境电气设备的要求,例如 IEC 79 号出版物和 IEC 92-502 号出版物的附录 A 等。

防爆类型和标志为:隔爆型—d;增安型—e;本质安全型—i_a, i_b;正压型—p;充油型—o;充砂型—q;无火花型—n;特殊型—s。

一般船舶的油漆间、蓄电池间和油泵间等有爆炸危险处所中,允许安装的合格防爆电气设备的级别和温度组别应不低于表 1-6 的规定。