

高等职业教育规划教材

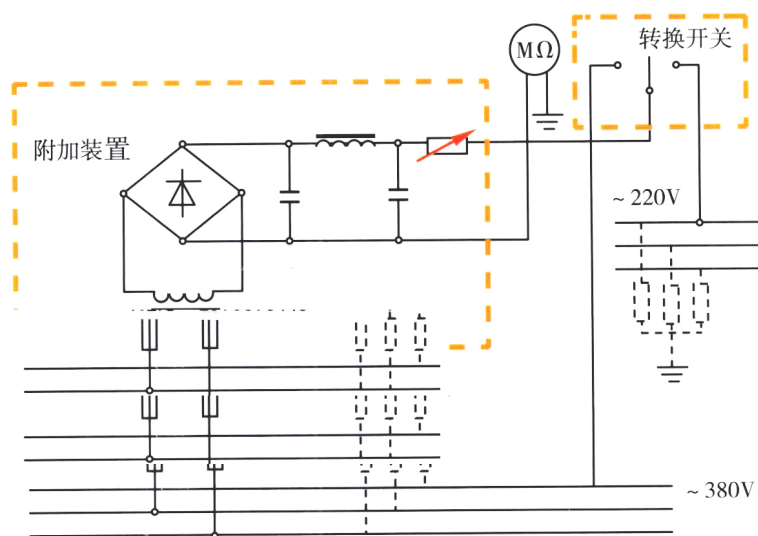
高等职业院校船舶技术类专业拓展课程教学用书

船舶修造电气安全技术

(船舶安全管理技术专业)

郭祖平 主编 于风卫 副主编

刘明伟 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育规划教材

高等职业院校船舶技术类专业拓展课程教学用书

Chuanbo Xiuzao Dianqi Anquan Jishu

船舶修造电气安全技术

(船舶安全管理技术专业)

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为高等职业教育规划教材,共九章,内容包括:船舶电气安全基础,直接接触电击的防护,间接接触电击的防护,其他电击防护措施,电工安全用具与常用仪表,防雷技术,供配电系统过电压防护,电气环境安全,施工中的电气安全管理与措施。

本书主要作为高职院校船舶安全管理技术专业教材,也可以作为轮机管理、船机修造专业的选修课程教材,还可供航运、修造船企业有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶修造电气安全技术/郭祖平主编. —北京:
人民交通出版社,2011. 1
ISBN 978-7-114-08840-7

I. ①船… II. ①郭… III. ①船舶修理—电气设备—安全技术②造船—电气设备—安全技术 IV. ①U673.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 265070 号

高等职业教育规划教材

书 名: 船舶修造电气安全技术

著 作 者: 郭祖平

责任编辑: 杨 川 黄兴娜

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.75

字 数: 224 千

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08840-7

印 数: 0001—2000 册

定 价: 29.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



为深入贯彻《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,积极推进课程改革的教材建设,为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材,更好地满足我国造船工业快速发展的需要,中国交通教育研究会职业教育分会船舶技术专业委员会组织全国开办有船舶技术类专业的职业院校及其骨干教师,编写了高等职业教育船舶技术类专业拓展课程教学用书。

本系列教材注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场,面向社会,体现了职业教育的特色,满足了高素质的实用型、技能型船舶技术类专业高等职业人才培养的需要。

本系列教材是针对三年制高等职业教育编写的,二年制的也可参考使用。同时,本系列教材还适用于船员的考证培训和船厂职工的自学以及其他形式的职业教育。

在中国航运业和船舶修造业飞速发展的同时,船舶修造和管理中存在的安全问题也越来越明显,发生的危险事故屡见不鲜,造成巨大的财产损失和大量的人员伤亡。其中,电气安全的事故占有很大比重,因此必须重视船舶修造和管理中的电气安全工作。作者通过参加在船舶电气安全技术课程的教学培训和实践,参考相关教材和国内船舶修造过程中电气安全的实际情况编写了《船舶修造电气安全技术》。

本书针对船舶管理、修造中的电气安全问题,结合中国船级社《钢质海船入级规范》,主要介绍了船舶电气设备的技术标准、电力系统安全防护、船舶修造中的安全用电、防火防爆技术与组织管理。全书共分九章,内容包括:船舶电气安全基础,直接接触电击的防护,间接接触电击的防护,其他电击防护措施,电工安全用具与常用仪表,防雷技术,供配电系统过电压防护,电气环境安全,施工中的电气安全管理与措施。

本书主要作为高职院校船舶安全管理技术专业的专业教材,还可供轮机管理、船机修造专业学生及航运、修造船企业有关的工程技术人员参考。

参加本书编写工作的人员有:主编青岛远洋船员学院郭祖平(编写第一、四、七章),副主编青岛远洋船员学院于风卫(编写第三、六章);参编青岛远洋船员学院孙红英(编写第二章),武汉航海职业技术学院周春东(编写第五章),青岛远洋船员学院曹海滨(编写第八章)、徐昆伦(编写第九章)。

全书由渤海船舶职业学院刘明伟担任主审,在此表示感谢!

限于编者经历和水平,教材内容难以覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时,注重总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

中国交通教育研究会职业教育分会船舶技术专业委员会

二〇一〇年一月



第一章 船舶电气安全基础	1
第一节 电力系统概况.....	1
第二节 电气危害	11
第三节 电流对人体的作用	15
第二章 直接接触电击的防护	20
第一节 绝缘	20
第二节 电气装置的屏护与间距	28
第三节 电气设备外壳的防护等级	29
第四节 船舶电气设备的绝缘要求	32
第三章 间接接触电击的防护	36
第一节 接地的基本概念	36
第二节 系统接地的形式	39
第三节 电气线路的安全分析	42
第四节 IT 系统间接电击防护原理	51
第五节 TT 系统间接接触电击防护原理	54
第六节 TN 系统的间接接触电击防护原理.....	57
第七节 有关船舶接地的主要规定	63
第四章 其他电击防护措施	66
第一节 漏电保护装置	66
第二节 安全电压	72
第三节 电气隔离	74
第五章 电工安全用具与常用仪表	77
第一节 电工安全用具	77
第二节 常用电工仪表	82
第三节 仪用互感器	88
第六章 防雷技术	91
第一节 雷电的产生、种类及危害.....	91
第二节 防雷装置	94
第三节 船舶避雷的相关要求	96
第七章 供配电系统过电压防护	98
第一节 过电压类型	98

第二节 过电压的防护..... 101

第八章 电气环境安全..... 107

第一节 电气火灾和爆炸..... 107

第二节 静电危害的防护..... 115

第九章 施工中的电气安全管理与措施..... 124

第一节 电工作业安全组织管理..... 124

第二节 电气作业安全工作制度..... 126

第三节 船舶修造用电安全技术..... 132

第四节 特殊作业的用电安全..... 137

第五节 触电急救..... 143

参考文献..... 147

第一章 船舶电气安全基础

本章首先介绍工业企业和船舶供配电的一些基本知识,然后讲述电气事故概要、触电事故的类型及其分布规律,最后重点论述电流对人体的作用。本章内容有关电气安全工程的基础知识。

第一节 电力系统概况

一、工业企业供配电

工业企业供配电是指工业企业所需电能的供应和分配。由于电能易于由其他形式的能量转换而来,又易于转换为其他形式的能量而被利用,并且,电能传输和分配上简单经济,便于控制,因此,电能成为现代工业生产的重要能源和动力。实际上,电能的生产、输送、分配和使用是在同一瞬间完成的,实现这个全过程的各个环节构成了一个有机联系的整体,这个整体就称为电力系统。

1. 电力系统

(1) 电力系统的组成。电力系统由发电厂、送电线路、变电所、配电网和电力负荷组成,图 1-1 是典型的电力系统主接线单线图(图中未画出用户内部的配电网)。

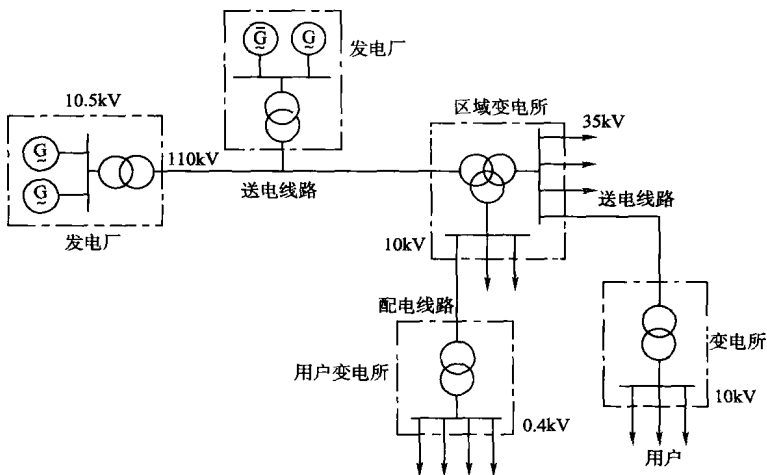


图 1-1 电力系统图

发电厂又称发电站,将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能(二次能源)。在现代电力系统中,最常见的是火力发电厂、水力发电厂和核能发电厂。

送电线路是指电压为 35kV 及其以上的电力线路,分为架空线路和电缆线路。其作用是将电能输送到各个地区的区域变电所和大型企业的用户变电所。



变电所是构成电力系统的中间环节,分为区域变电所(中心变电所)和用户变电所。其作用是汇集电源、升降电压和分配电力。

配电网由电压为 10kV 及其以下的配电线路和相应电压等级的变电所组成,也有架空线路和电缆线路之分。其作用是将电能分配到各类用户。

电力负荷是指国民经济各部门用电以及居民生活用电的各种负荷。

(2) 额定电压和电压等级。电气设备都是设计在额定电压下工作的。额定电压是保证设备正常运行并能够获得最佳经济效益的电压。我国标准规定的三相交流电网和电力设备常用的额定电压如表 1-1 所列。

我国三相交流电网和电力设备的额定电压 (单位:kV) 表 1-1

分类	电网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
低压	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	—	13.8, 15.75, 18.20	13.8, 15.75, 18.20	—
	35	—	35	38.5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550

我国标准规定:额定电压 1 000V 以上的属高压装置,1 000V 及其以下的属低压装置。对地电压而言,250V 以上为高压,250V 及其以下为低压。

一般又将高压分为中压(1 ~ 10kV)、高压(10 ~ 330kV)、超高压(330 ~ 1 000kV)、特高压(> 1 000kV)。电力网的电压随着大型电站和输电距离的增加,送电电压有逐渐提高的趋势。

在表 1-1 列出的工频高压多个等级中,应用较多的是 10kV、35kV、110kV 和 220kV。

我国工频低压最常用的是 380V 和 220V 电压,在安全要求高的场合,还采用 50V 以下的安全电压。

就直流电压而言,我国常用的有 110V、220V 和 440V 三个电压等级,用于电力牵引的还有 250V、550V、750V、1 500V、3 000V 等电压等级。

用电设备的额定电压规定为与同级电网的额定电压相同。考虑用电设备运行时线路上要产生电压降,所以发电机额定电压要高于同级电网额定电压 5%。同样,变压器的二次绕组额定电压高于同级电网额定电压 5%。变压器一次绕组的额定电压分两种情况:当变压器直接与发电机相连时,其一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同,即高于同级电网额定电压的



5% ; 当变压器接在电力网的末端, 其一次绕组额定电压应与电网额定电压相同。

电力系统的电压和频率是衡量电力系统电能质量的两个基本参数。《全国供用电规则》(1983 年) 规定, 一般交流电力设备的额定频率为 50Hz, 称为“工频”。设备的端电压与其额定电压有偏差时, 设备的工作性能和使用寿命将受到影响, 总的经济效果将会下降。

2. 工业企业供电系统的组成

工业企业供电系统由高压配电线路、配电所、低压配电线路等组成。其高压部分如图 1-2 所示。该图表示了系统的组成及相互关系, 具体各部分的设立及连接方式还须根据工业企业的具体情况确定。常见的供电方式有以下四种:

(1) 进线电压为 35kV, 先经总变电所变为 10kV 的配电电压, 分送到各车间变电所, 再经车间变电所变为 0.4kV 低压电分送到各配电箱或用电设备。此方式适用于大型企业和大中型企业。

(2) 进线电压为 10kV, 经配电所分送到各车间, 经车间变电所变为 0.4kV 低压电, 分送到各配电箱或用电设备。此方式适用于大中型企业和中型企业。

(3) 进线电压为 10kV, 经变电所变为低压电分送到车间, 再送到各配电箱或用电设备。此方式适用于中型企业和中小型企业。

(4) 进线电压为 0.4kV, 经配电所(室) 分送到各车间或直接送到配电箱或用电设备。此方式适用于小型企业。

3. 工业企业配电

(1) 企业高压配电。企业高压配电有放射式、树干式、环式三种基本接线方式。

①放射式, 如图 1-3 所示。此方式是由一条母线分别给大型电动机、电炉变压器、电力变压器送电。其优点是各个线路上的故障不产生相互影响, 因此可靠性较高, 而且便于装设自动装置以实现自动化。缺点是使用高压开关设备较多, 使投资增加。

高压放射式配电适用于具有位置分散、大型集中负荷的企业。

②树干式, 如图 1-4 所示。此方式是由一条高压配电干线引出若干支线, 向用电负荷送电。其优点是线路简化, 减少了线路的有色金属消耗量; 采用的高压开关数量少, 因此投资较少。缺点是供电可靠性低, 当高压配电干线发生故障或检修时, 连接于干线的所有变电所都要停电, 并且在实现自动化方面适应性也较差。要提高其供电可靠性, 可采用双干线供电或两端供电的接线方式。

③环式, 如图 1-5 所示。此方式实质上是两端供电的树干式接线, 为了避免环行线路上发生故障时影响整个电网,

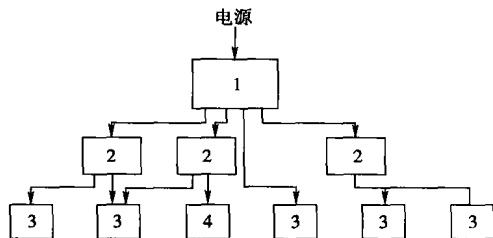


图 1-2 企业高压配电系统

1-总变电所; 2-配电所; 3-车间变电所; 4-高压用电设备

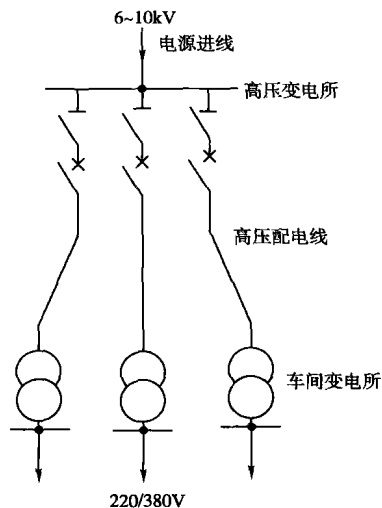


图 1-3 高压放射式电路



以及便于实现线路保护的选择性,大多数环行线路采用开环运行,即环行线路中有一处开关是断开的。

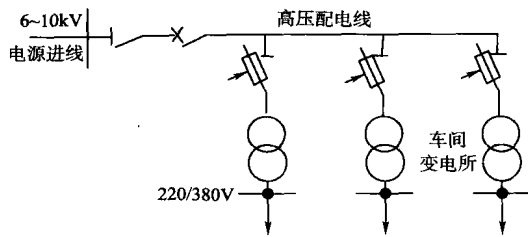


图 1-4 高压树干式线路

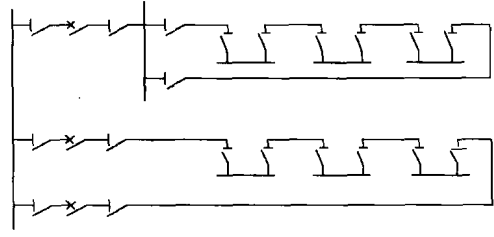


图 1-5 环式配电线路

实际上,高压配电系统往往是根据具体情况,由上述几种接线方式组合而成。

(2)企业低压配电。企业低压配电线路也有放射式、树干式和环式等基本接线方式。

①放射式,如图 1-6 所示。此方式的特点是各个引出线在发生故障时相互之间不产生影响,供电可靠性较高。其应用范围主要是用电设备容量大,负荷性质重要,潮湿及腐蚀性环境的车间,或有爆炸危险性的厂房等。

②树干式,如图 1-7 所示。此方式在干线发生故障时,影响范围大,供电可靠性较差,适用于供电给容量较小而分布较均匀的用电设备,如机床、小型加热炉等。图 1-7b)所示树干式是“变压器-干线式”接线,由于省去了变电所低压侧整套低压配电装置,使变电所结构简化,投资大为降低。

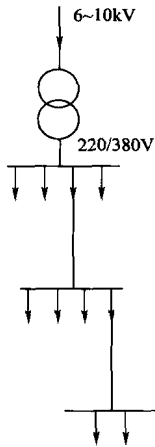


图 1-6 低压放射式接线

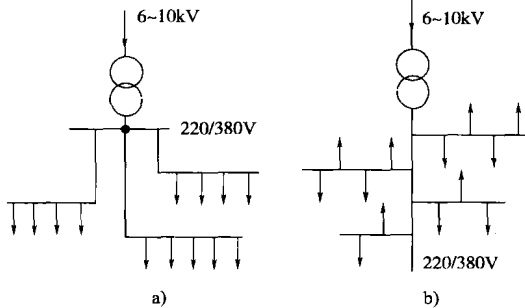


图 1-7 低压树干式接线

a) 低压母线放射式配电的树干式; b) 低压“变压器-干线组”的树干式

图 1-8 所示为由树干式变形而得到的链式接线方式,适用于离开供电点较远、用电设备之间相距很近、容量很小的次要用电设备。链式相连的用电设备数量一般限制在 3~5 台之间,或总容量不超过 10kW。

③环式,如图 1-9 所示。它是由一台变压器供电的低压环式接线。此方式的特点是供电的可靠性较高,但其保护装置及其整定比较复杂,若配合不当,易发生误动作。实际上,低压环



式接线多采用开环方式运行。

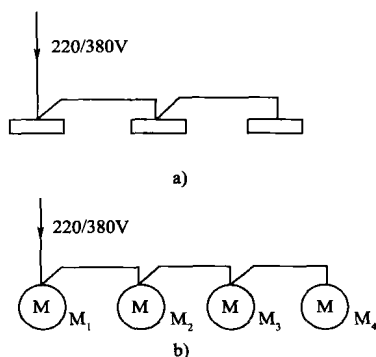


图 1-8 低压链式接线

a) 连接配电箱; b) 连接电动机

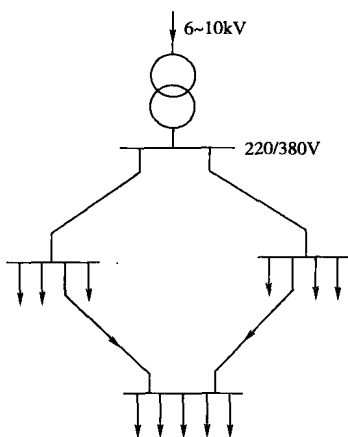


图 1-9 低压环式接线

工业企业的低压配电系统,根据具体的情况,往往是由上述几种接线方式进行组合而成。运行经验表明,工业企业电力线路的接线应力求简单。供电系统如果接线复杂,层次过多,使线路中串联的元件过多,既加大投资,又不便于操作和维护,而且因误操作或元件故障而产生的事故概率也随之增大。一旦发生事故,进行事故处理和用于恢复供电的操作也比较繁琐费时,使停电时间延长。此外,由于继电保护的级数增多,相对延长了动作时间,对供电系统的故障保护十分不利。

二、船舶电力系统基本知识

1. 船舶电力系统的组成

船舶电力系统主要是由电源、配电装置、电网与负载四部分组成,其单线图如图 1-10 所示。

(1) 电源。电源是将机械能、化学能等能源转变成电能的装置。船上常用的电源装置是柴油发电机组和蓄电池。

(2) 配电装置。配电装置是对电源和负荷进行分配、监视、测量、保护、转换、控制的装置。配电装置主要可分为主配电板、应急配电板、分配电板(动力、照明)、充放电板等。

(3) 电网。电网是全船电缆电线的总称。电网是联系发电机、主配电板、分配电板和负荷间的中间环节,是将电源的电能输送到负荷端的媒体。船舶电网根据其所连接的负荷性质可分为动力电网、照明电网、应急电网、低压电网、弱电电网等。

(4) 负荷。船舶负荷大体可分成舱室机械、甲板机械、船舶照明、通信导航设备及其他用电设施。

2. 船舶电力系统的特点

由于船舶是一个孤立的活动于海洋上的独立体,使得船舶电力系统与陆上电力系统相比有很大差异,主要有以下两个方面。

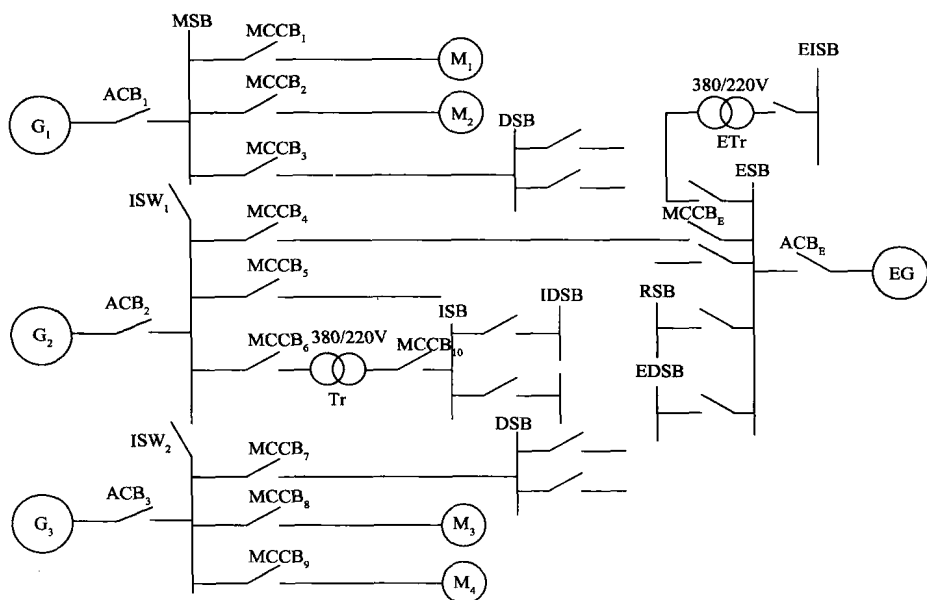


图 1-10 船舶电力系统简图

G₁-主发电机;EG-应急发电机;ACB₁-发电机主开关;ACB_E-应急发电机主开关;MSB-主配电板;ESB-应急配电板;MCCB₁-配电开关;M₁-电动机;DSB-配电板;RSB-无线电配电板;MCCB_E-应急配电开关;ISW₁-隔离开关;ISB-照明配电板;EISB-应急照明配电板;IDSB-照明配电板;EDSB-应急配电板;Tr-照明变压器;ETr-应急照明变压器

(1)船舶电站容量较小。陆上电网容量一般在几百万~几千万kW之间,单机容量大多在数十万kW左右;一般远洋船舶主电站大多装三台发电机组,发电机单机容量为400~800kW。

(2)船舶电网输电线路短。与陆上数千公里高压输电网络相比,船舶电网输电线路要短的多。由于电能不需要远距离传输,船舶发电机端电压、电网电压、负荷电压大多是同一个电压等级,所以输配电装置较陆上系统简单。由于受容积的限制,船舶电气设备比较集中,电网长度不长并都采用电缆,所以对发电机和电网的保护比陆上系统要简单,一般只设置发电机过载保护及外部短路保护,电网的保护和发电机的保护通常共用一套装置。

3. 船舶电力系统的基本参数

船舶电力系统的基本参数是指电流种类(电制)、额定电压和额定频率的等级。它们决定了电站工作的可靠性和电气设备的重量、尺寸、价格等。

(1) 电制的选择。由于电源有直流电源与交流电源之分,因此船舶电力系统也相应地有直流电力系统船舶与交流电力系统船舶之分,习惯上把它们称为直流船与交流船。在 20 世纪 50 年代以前所建造的船舶,绝大部分是直流船。由于交流船舶的电气设备在维护、保养等方面工作量比直流船要少得多,且交流电机结构简单、体积小、重量轻、运行可靠,其相应控制设备也简单,因此在 60 年代以后建造的船舶主要是交流船,到了 70 年代后除特种工程船舶外,几乎都采用交流电力系统。采用交流电制后,船舶的造价和维修费用也有明显的降低。

(2)额定电压与额定频率的选择。船舶电力系统额定电压的大小直接影响到电力系统中所有电气设备的重量和尺寸、价格等技术经济指标和人身安全问题。船舶建造时选择额定电压主要是考虑与本国陆上低压电网额定电压相一致。



目前运行中的或正在建造中的远洋船舶主电站动力电网额定电压不是采用 380V 的就是采用 440V 的标准,照明电网额定电压不是采用 220V 就是采用 110V(100V)的标准,临时应急照明电网与弱电电网一般采用 24V 的标准。

随着船舶发展大型化,目前采用电力推进的商船、滚装船和一些工程船舶电站的容量都比较大,这时仍采用低压系统标准显然已不合理,因此这类船舶大多采用陆上相应的 3.3kV 或 6.6kV 中压等级标准。

交流船舶电力系统的额定频率均选用陆上的标准等级,有 50Hz 与 60Hz 两种标准,通信导航设备除外。

根据 CCS(中国船级社)规范规定,工作于额定频率为 50Hz 或 60Hz、导体间最高电压不超过 1 000V 的交流系统,或在额定工作条件下导体间最高瞬时电压不超过 1 500V 的直流系统为低压系统。额定电压大于 1kV 但不超过 15kV,额定频率为 50Hz 或 60Hz 的交流系统或在额定工作条件下最高瞬时电压超过 1 500V 的直流系统为高压系统。配电系统动力设备的最高供电电压为 15 000V,居住舱室内的照明设备、取暖器的最高供电电压为 250V。

4. 船舶电网

1) 船舶电网的线制

船级社允许采用的船舶配电系统有以下几种:

(1) 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。

(2) 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。

(3) 交流三相。三线绝缘系统(图 1-11a);中性点接地的四线系统(图 1-11b);利用船体作为中性线回路的三线系统(图 1-11c)。

1 600 总吨及以上船舶的动力、电热和照明配电系统,均不应采用利用船体作回路的配电系统。油船的发电机电路、供电和配电电路均不应接地,也不应使用以船体作回路的配电系统。

现代船舶大多为三相交流电船舶,三相三线绝缘系统应用最为普遍。这种方式安全可靠,照明电网与动力电网间没有电的直接联系,互相影响小;触电的危险性小;发生单相接地时,并不形成短路,仍可维持电气设备的正常运行,因而供电的连续性好。

2) 船舶电网的供电网络

船舶电网可分为供电网络与配电网络两种形式。

(1) 供电网络是指主发电机与主配电板之间、应急发电机与应急配电板之间、主配电板与主配电板之间及主配电板与应急配电板之间的电气联接网络。

民用商船大多采用单主电站供电网络。如图 1-12 所示。

(2) 船舶电网的配电网络。配电网络是指主配电板及应急配电板到用电设备之间的网络。通常称主配电

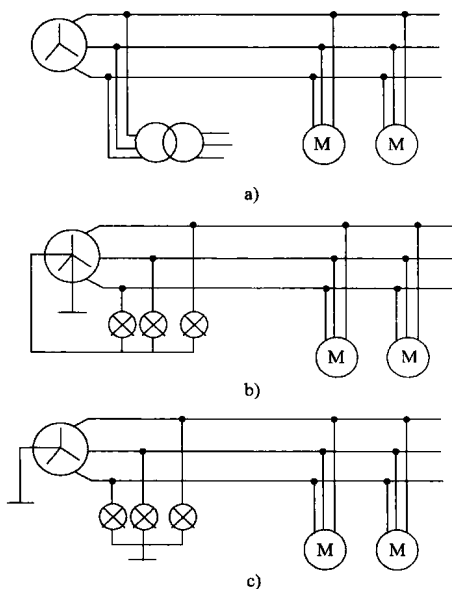


图 1-11 三相交流系统船舶电网线

a) 三相三线绝缘系统; b) 三相四线系统; c) 利用船体作中性线回路的三相三线系统

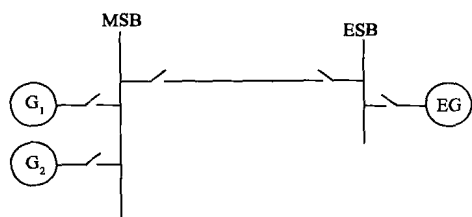


图 1-12 单主电站供电网

板与分配电板之间、主配电板和其直接供电负载之间的网络为一次配电网，而分配电板到各用电负荷之间的网络为二次配电网。

根据用电设备的不同，船舶配电网络可分为：

①动力电网。指供电给电动机负载的电网，但一般 600W 以上的电热装置及功率大于 1kW 的探照灯也是由动力网络供电。这些设备可由主配电板直接供电，也可由分配电板供电。

②照明电网。通常由主配电板供电给照明变压器，经降压后再返回到主配电板中的照明屏，通过照明屏上配电开关配电给各照明分配电箱，最后由照明分配电箱配电给各路照明灯具或其他用电器具。当配备的照明变压器容量足够大时，较大功率的加热器具、探照灯也有从照明电网供电的。

③应急电网。当船舶主电站因故不能供电时，应急发电机将通过应急配电板向船上部分特别重要的设施供电。如舵机、消防泵等机械设备，通信导航设备及部分重要区域照明等场所。正常情况下，应急电网由主配电板经两者间联络电缆供电。

④临时应急照明电网。一般是由应急照明蓄电池供电的网络。供电给公共场所的应急照明、主机操纵台、主配电板前后、锅炉仪表、应急出入口、艇甲板等处的最低照明。

⑤弱电电网。是向机舱自动化控制系统、无线电通信设备、各种导航仪器、船内通信设备及报警系统供电的网络。

(3) 船舶电网一次配电网接线方式。一般民用商船电压等级均在 500V 以下，接线方式主要有馈线式（也称放射式）与干线式。图 1-13 所示为这两种接线方式的单线示意图。

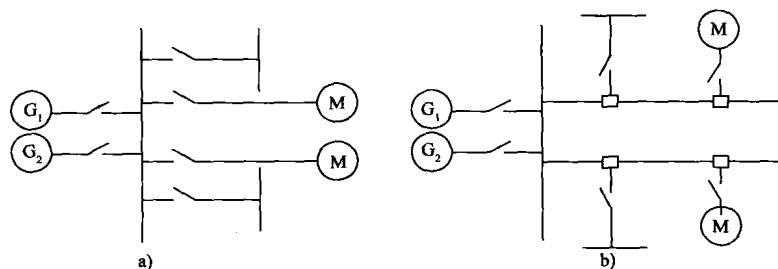


图 1-13 一次配电网接线方式示意

a) 馈线式；b) 干线式

馈线式接线的每一根电缆都是由主配电板直接引出，各自独立且只向一个用电设备或一个分配电板供电。这种方式的好处是便于集中控制，一条支路馈电线路出现故障只影响这条支路供电的一个用电设备或这一分配电箱的供电，其他支路仍能正常供电，所以供电可靠性高。缺点是主配电板尺寸较大，馈电电缆需求量大，所以建造成本较高。

干线式是由主配电板引出几根干线电缆，所有用电设备是由串接在干线上的分接线盒供电。这种方式的好处在于主配电板的尺寸较小，耗用的电缆少，造船成本低。缺点是当干线馈电电缆发生故障时，这条干线供电的所有用电设备均要停电，因此供电可靠性差。所以这种方式一般在小型船舶配电网络中可以见到。



海上运输船舶的一次配电网络通常均采用馈电式供电;二次配电网络中动力电网也是采用馈电式供电,照明电网大多采用干线式供电。

5. 船舶配电装置

所谓配电装置,就是用来接受和分配电能的电气装置,其中包含开关电器、保护电器、自动化设备、测量仪表、连接母线和其他辅助设备。具有对电力系统进行控制、测量、保护和调整等功能。

(1) 船舶配电装置按用途分类如下:

- ①主配电板。用来控制和监视主发电机的工作,并对全船电网进行配电。
- ②应急配电板。用来控制和监视应急发电机的工作,并对应急电网进行配电。
- ③充放电板。用来控制和监视充电设备,对蓄电池进行充放电以及对低压电网进行配电。
- ④岸电箱。船舶停靠码头或厂修时接岸电用。
- ⑤分配电箱。向成组的用电设备进行配电。按用电性质可分为电力、照明、无线电、通信导航等多种不同的类型。

(2) 船舶主配电板。一般由发电机控制屏、负载屏、并车屏、汇流排(母线)组成。图 1-14 所示为 5 440 箱集装箱船上主配电板部分图片。

①发电机控制屏。发电机控制屏主要是由测量仪表及其转换开关、指示灯、发电机主开关、发电机继电保护装置、调速开关、发电机励磁装置等部分组成。

②负载屏。普通负载屏主要是由配电开关、熔断器、部分还有电流表及其转换开关组成;对于组合控制屏类的负载屏主要是由配电开关、负载启动继电-接触控制装置、启动与停止按钮、指示灯、熔断器等部分组成,对于大负载通常还装有电流表。

岸电开关一般位于紧靠发电机控制屏的某块负载屏的下部。

③并车屏。主要是由频率表(电网、待并机)、同步表与同步指示灯及其转换开关、调速开关(按钮)、合(分)闸按钮等部分组成。在这一屏上可以对任意一台发电机组进行调速、投入电网、切除等操作。电站自动化装置也有装设在并车屏的中下部的(通常自动化装置与主配电板是同一公司的产品)。

没有并车屏的主配电板,一般将同步表、同步指示灯及其转换开关装设在中间一块发电机控制屏上。

④汇流排。汇流排及其连接件是铜质材料制作的,最大允许温升为 45°C 。

交流汇流排的颜色:第 1 相为绿色,第 2 相为黄色,第 3 相为褐色或紫色,中性线为浅蓝色。

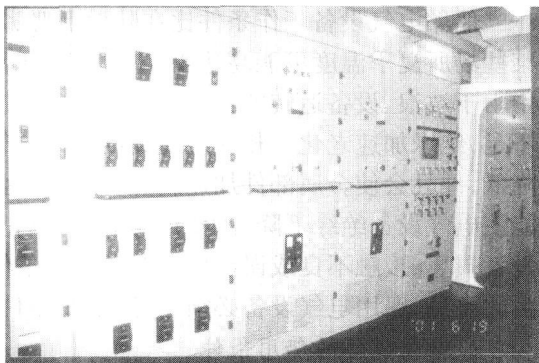


图 1-14 船舶主配电板外观图

三、船用电气设备的环境条件及要求

电气设备总是工作于某一特定的环境中,不同的环境情况对电气设备的正常工作、可靠性、使用寿命等有不同的影响。比如电气设备一般靠空气散热,散热量的大小是按正常大气压下的空气密度计算的,但若设备工作在高海拔地区,空气稀薄,空气密度降低,其散热能力就会



下降,若此时设备仍工作于标称额定工况,则会因温度超过允许值而导致使用寿命缩短,甚至发生故障。再比如有些地方因气候与环境的原因很容易使物品发霉,电气设备发霉时,微生物可能会损坏绝缘或降低绝缘性能,从而出现闪络或稳定的短路故障。因此,环境条件与电气设备各种性能之间的关系是非常重要的。

空气中介质的状态以及其他环境参数都影响触电的危险性。例如,潮湿、导电性粉尘、腐蚀性蒸气和气体对电气设备的绝缘起破坏作用,大幅度降低其绝缘电阻,可能造成电气设备的外壳、机座等金属部件带上危险的电压,并由此酿成触电事故。在这种情况下,如果环境温度较高,人体电阻降低,将更加增大触电的危险性。又如,导电性地板以及电气设备附近有金属接地物体存在,使得容易构成电流回路,从而增大触电的危险性。因此,应根据环境特征,选用适当防护型式的用电设备。电气设备的结构及所采取的安全措施应能防护所在环境中各种不安全因素的影响。

1. 船舶电气设备工作环境

船舶电气设备工作条件比在陆地上恶劣得多,如船舶机舱存在油气、夏季温度很高(机舱某些场所夏季温度可能高达40℃以上),海上工作环境湿度大、有盐雾、材料易发霉,船舶营运中由于波浪、设备运转的作用易受到严重的冲击和振动等。当环境温度高时,会造成电机出力不足,绝缘加速老化。相对湿度高则会使电气设备绝缘受潮、发胀、分层及变形等,使绝缘性能降低,并且会使金属部件加速腐蚀,镀层剥落。盐雾的存在、霉菌的生长和油雾及灰尘黏结都能使电气设备绝缘下降、工作性能受到影响。当船舶受到严重的冲击和振动时,也会造成电气设备损坏、接触不良或误动作。船舶环境条件对电气设备的运行性能和工作寿命有严重影响。由此可见,船用电气设备必须满足“船用条件”的要求。

2. 电气设备的船用条件

根据 CCS 规范要求,船用电气设备均应在下列环境条件下正常工作:

(1)环境空气温度和初级冷却水温度如表 1-2 所列,但适用于电子设备的环境空气温度的上限为 55℃。

(2)倾斜摇摆如表 1-3 所列。

环 境 温 度

表 1-2

介 质	部 位	温度(℃)	
		无限航区	除热带海区以外的有限航区
空气	围蔽处所内	0 ~ 45	0 ~ 40
	温度超过 45℃ (或 40℃) 或低于 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 ~ 40
水		32	25

倾 斜 角

表 1-3

设 备 组 件	倾斜角(°)			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电器及电子设备	22.5	22.5	10	10
上列以外的设备、组件	15	22.5	5	7.5



(3) 船舶正常营运中所产生的振动和冲击。

(4) 潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌。

第二节 电气危害

电气危害是电气安全首先要研究的问题。从产生电气危害的源头来分类,可将电气危害分为自然因素产生的危害和人为因素产生的危害两大类。自然因素产生的危害如雷击、静电等;人为因素产生的危害主要是各种电气系统和设备产生的诸如电击、电弧、电气火灾等灾害。从电气危害发生的特征来分类,可将电气危害划分为电气事故和电磁污染两大类。电气事故具有偶然性与突发性的特征,电磁污染具有必然性和持续性的特征。

电气事故是电气安全工程主要研究和管理的对象。掌握电气事故的特点和事故的分类情况,对做好电气安全工作具有重要的意义。

一、电气事故的类型

根据能量转移论的观点,电气事故是由于电能非正常地作用于人体或系统所造成的。根据电能的不同作用形式,可将电气事故分为触电事故、静电危害事故、雷电灾害事故、电磁场危害和电气系统故障危害事故等。

1. 触电事故

1) 电击

“电击”即通常所说的“触电”,是电流通过人体,刺激机体组织,使肌肉非自主地发生痉挛性收缩而造成的伤害,严重时破坏人的心脏、肺部、神经系统的正常工作,形成危及生命的伤害。

电击对人体的效应是由通过的电流决定的,而电流对人体的伤害程度与通过人体电流的强度、种类、持续时间、通过途径及人体状况等多种因素有关。

(1) 按照发生电击时触及带电部位的途径,电击可分为以下两种情况:

① 直接接触电击。人体直接接触及正常运行的设备或线路的带电体造成的触电事故。如电工在检修配电屏时不小心触及带电的相母线,或住宅居民插拨电源插头时触及尚未脱离电接触的插头金属片等,都属于直接电击。直接电击以承受相电压的情况居多,也有部分是承受线电压的情况。

② 间接接触电击。设备或线路发生故障时,人体触及正常情况下不带电而故障时意外带电的导体而造成的触电事故。如设备因绝缘损坏发生漏电、系统接地方式中的 TN-C 系统因 PEN 线(保护性中线)断线使设备外壳带电等造成的电击,均属于间接电击。间接电击发生的情况远较直接电击为多,电击强度差异较大,防护措施更为复杂。

(2) 按照人体触及带电体的方式,电击可分为以下三种情况:

① 单相触电。人体接触到地面或其他接地导体的同时,人体另一部位触及某一相带电体所引起的电击。发生电击时,所触及的带电体为正常运行的带电体时,则为直接接触电击。而当电气设备发生事故(例如绝缘损坏,造成设备外壳意外带电的情况下),人体触及意外带电