

U 665.12  
L 77

357445

船舶与港口电气及自动化问答 (一)

# 船舶电站及自动化装置

刘宗德 陈定先 编著

科学技术文献出版社

# 前 言

由大连海运学院船电系刘宗德副教授主编的《船舶轮机问答船舶电气设备分册》一书，自1976年出版以来，前后已印刷50000余册。由于该书简明、通俗、实用，因而深受广大船舶轮机员、电机员的欢迎。近十余年来，船舶电气及自动化技术迅速发展，日臻完美，为了满足船舶电机员、修造船厂及港口从事电气自动化技术工作的工程技术人员，广大工人工作学习的需要，在中国科学技术文献出版社的大力支持下，现编写出版一套《船舶与港口电气及自动化问答》。

这套书拟分十个分册陆续出版：

第一分册：船舶电站及自动化装置

第二分册：船舶电气传动自动系统

第三分册：电气英语

第四分册：船舶自控理论及应用

第五分册：电气自动化及主机遥控

第六分册：港口及工厂供电及自动装置

第七分册：电机与变压器

第八分册：电路与电子技术

第九分册：电气工艺及管理

第十分册：计算机原理及应用技术

这套丛书由大连海运学院船电系刘宗德副教授、陆祥润教授主编，冒天诚教授主审。中国科技文献出版社出版，全国各地新华书店发行。

# 目 录

## 第一章 船舶电力系统概论

- 1-1 有关船舶电气设备的“法规”、“规范”及  
船级社“标准”有哪些? ..... (1)
- 1-2 船舶电气设备是怎样发展起来的? ..... (2)
- 1-3 船电技术应如何发展以满足自动化船的发  
展方向? ..... (4)
- 1-4 环境条件和工作条件对船舶电气设备有哪  
些要求? ..... (6)
- 1-5 船舶电力系统由哪几部分组成? 它有什么  
特点? ..... (9)
- 1-6 为什么船电要实现交流化? ..... (11)
- 1-7 主要造船国家的船舶电压与频率标准是  
怎样规定的? ..... (12)
- 1-8 船舶中压电力系统是怎样发展起来的? ..... (13)
- 1-9 什么叫船舶电站? 它是怎样分类的? ..... (17)
- 1-10 掌握船舶电站机组容量和台数选择的目的是  
什么? 怎样进行选择? ..... (17)
- 1-11 怎样利用需要系数法选择电站机组的容量  
和台数? ..... (19)
- 1-12 什么叫船舶配电系统? 其标准形式有哪些? ..... (31)
- 1-13 中性点接地的四线系统与三线绝缘系统相  
比有哪些优缺点? 在操作管理和维修保养  
方面有哪些注意事项? ..... (32)
- 1-14 什么叫船舶配电装置? 它有哪些功能? ..... (34)

1-15	船舶上的配电装置有哪些种类? .....	(34)
1-16	船舶主配电板由哪几部分组成? 各部分的作用和特点是什么? .....	(36)
1-17	新型船舶主配电板的功能与特点是什么? .....	(40)
1-18	什么叫应急配电板? 它的组成和特点怎样? .....	(41)
1-19	电气设备的外壳防护型式是怎样分级的? .....	(43)
1-20	对配电板的防护等级有哪些要求? .....	(44)
1-21	对汇流排(母线)有哪些要求? .....	(44)
1-22	对船用测量仪表有哪些要求? .....	(46)
1-23	仪用互感器有什么作用? 使用中需注意哪 些问题? .....	(46)
1-24	断路器及熔断器在使用中需注意哪些问题? .....	(47)
1-25	在接船和监造过程中怎样对配电板进行检 查和试验? .....	(48)
1-26	在运行和保养方面对配电装置应注意哪些 问题? .....	(50)
1-27	什么叫电缆? 船用电缆分几大类? 电缆的 结构和性能怎样? .....	(51)
1-28	何谓船舶配电网络? 它是如何分类的? .....	(54)
1-29	船舶电网的配电方式可分为几种? .....	(55)
1-30	船舶电力系统怎样保证向重要设备可靠供 电? .....	(56)
1-31	怎样选择船舶电缆? .....	(57)
1-32	连续工作制时电缆的电流定额是怎样规定 的? 有哪些校正系数? .....	(58)
1-33	什么叫电压降、电压损耗和电压偏移? 怎 样计算? .....	(61)
1-34	什么是蓄电池? 蓄电池在船上有何用途? .....	(65)
1-35	船用蓄电池的种类怎样区分? 它们的工作	

	原理和特点是什么? .....	(65)
1-36	如何测定和计算蓄电池的内阻? .....	(68)
1-37	什么是蓄电池的容量? 影响蓄电池容量的 因素有哪些? .....	(69)
1-38	酸性蓄电池与碱性蓄电池怎样进行初充电 和经常充电? .....	(70)
1-39	船用充放电板的工作原理如何? .....	(73)
1-40	船用蓄电池组怎样进行充、放电? .....	(74)
<b>第二章</b>	<b>船舶电力系统短路电流计算</b> .....	<b>(77)</b>
2-1	什么叫做短路?分为几种?它产生的原因和 后果是什么? 计算短路电流的目的如何? .....	(77)
2-2	短路电流计算的基本公式是如何推导出来 的? .....	(78)
2-3	无穷大功率电源有什么特点? 在无穷大电 源系统中, 计算短路电流的基本公式是什 么? .....	(83)
2-4	英国“劳氏”船级社是如何进行船舶交流 电网短路计算的? .....	(84)
2-5	试举发电机馈送之短路电流为例加以说明 用“GB-3321”(国标)计算船舶电力系 统短路电流有什么特点? .....	(91)
2-6	“国标”中关于计算短路电路中主要元件 的电阻、电抗、阻抗和时间常数的常用公 式有哪些? .....	(94)
2-7	自动空气开关是怎样进行选择的? .....	(95)
2-8	母线是怎样进行选择和校验的? .....	(96)
<b>第三章</b>	<b>船舶同步发电机电压及无功功率的自动调整</b> .....	<b>(99)</b>
3-1	什么叫自励恒压同步发电机? .....	(99)
3-2	同步发电机是怎样实现自励起压的? 为了	

- 保证自励起压可采取哪些措施? ..... (99)
- 3-3 电压变化对电力系统有什么影响? 海船规范对电力系统的电压调正有何要求? .....(102)
- 3-4 自动调节励磁装置主要作用是什么? .....(104)
- 3-5 船用同步发电机自动调整励磁系统有哪些类型? .....(105)
- 3-6 什么叫励磁调节器? 它由哪几部分组成? 对它的基本要求是什么? .....(108)
- 3-7 电流叠加相复励励磁系统由哪些元件组成? 其工作原理如何? .....(111)
- 3-8 电磁叠加三绕组相复励自励恒压装置由哪些元件构成? 该装置的工作原理怎样? .....(115)
- 3-9 起压电容为什么采用三角形连接? 它是怎样进行谐振起压的? .....(121)
- 3-10 电流叠加与电磁叠加的相复励系统为什么调压精度不高? 有没有改进的办法? .....(123)
- 3-11 四绕组(带电压曲折绕组)谐振式相复励自励恒压装置为什么比三绕组装置调压精度高? 它的工作原理是什么? .....(124)
- 3-12 电流叠加与电磁叠加相复励自励恒压装置在安装调试及故障维护等方面需注意哪些问题? .....(128)
- 3-13 电流叠加、电磁叠加、带曲折绕组的电磁叠加相复励系统各有什么优缺点? .....(129)
- 3-14 什么是可控相复励自励恒压装置? 这类装置如何分类? .....(131)
- 3-15 试述CRB型可控相复励自励恒压装置的工作原理.....(132)
- 3-16 试述TZ-F型可控相复励自励恒压装置的

	工作原理.....	(137)
3-17	可控硅直接励磁系统的基本工作原理是什么? 它主要由哪几部分组成? .....	(140)
3-18	可控硅自励恒压装置所使用的可控整流主电路有几种类型? 各有什么优缺点及特性? .....	(142)
3-19	试述TUR型可控硅自励恒压装置的工作原理.....	(145)
3-20	TUR型可控硅自励恒压装置的数学模型及其时域内的传递函数是怎样推导出来的? .....	(149)
3-21	按偏差控制的可控硅自励恒压装置有什么优缺点? .....	(154)
3-22	为什么要发展同步发电机无刷励磁系统? 无刷发电机可分几种类型? 在结构上有什么特点? 怎样克服其缺点? .....	(155)
3-23	试简述VZRAB型无刷发电机自动励磁系统的工作原理.....	(157)
3-24	并联运行的同步发电机之间无功功率应怎样分配? 发电机电压调节特性与并联机组的无功分配有什么关系? .....	(161)
3-25	为什么按扰动控制原理的自励恒压同步发电机并联运行时都必须采用均压线连接? 有几种连接方法? 工作原理是什么? .....	(163)
3-26	调差系数调整装置有什么作用? 其工作原理是什么? .....	(164)
3-27	试简述采用差动电流互感器进行并联机组间无功功率补偿的装置其工作原理如何? .....	(166)
3-28	TUR型调压器的无功功率自动调整装置的工作原理是什么? .....	(169)
<b>第四章</b>	<b>船舶同步发电机的并联运行.....</b>	<b>(172)</b>



- 4-1 什么叫并联运行？为什么船舶电站的发电机都采用并联运行的方式？ .....(172)
- 4-2 两台以上的交流发电机为了保持稳定的并联运行，在电气上必须满足什么条件？ .....(172)
- 4-3 并车及并联运行时的同步发电机电势的大小如果不等会产生什么后果？ .....(173)
- 4-4 并车及并联运行时的同步发电机电势的相位如果不等会出现什么后果？ .....(176)
- 4-5 并车及并联运行时的同步发电机电势的频率如果不同会出现什么后果？ .....(177)
- 4-6 两台及两台以上的交流发电机为了保持稳定的并联运行必须要满足机械方面的哪些条件？ .....(178)
- 4-7 试简述“振荡”的起因及预防措施 .....(180)
- 4-8 用指示灯检测并车时是否整步的接线与工作原理是什么？ .....(180)
- 4-9 同步表的基本工作原理是什么？ .....(183)
- 4-10 手动准同步是怎样进行操作的？ .....(190)
- 4-11 什么叫粗同步并车？它有什么优点？ .....(191)
- 4-12 并车电抗器的参数是如何计算的？为什么都做成空芯的？ .....(193)
- 4-13 什么叫自动并车装置？它具有哪些功能？主要由哪几部分组成？ .....(194)
- 4-14 自动并车装置为什么要引入“脉动电压”？什么叫脉动电压？它有什么性质？正弦形脉动电压是怎样获得的？ .....(195)
- 4-15 自动并车装置通常多采用三角波差频电压而不用正弦形是什么缘故？怎样获得三角波差频电压？ .....(198)

4-16	准同步自动并车装置分几类？各有什么优缺点？ .....	(201)
4-17	恒定超前时间怎样获得？其大小如何整定？ .....	(203)
4-18	恒定超前相角怎样获得？它是怎样整定的？ .....	(206)
4-19	TZT—1型自动同步仪的原理线路如何分析？ .....	(207)
4-20	自动准同步并车装置由哪些主要环节构成？试以ZB—1A自动整步器为例说明之 .....	(215)
<b>第五章 船舶电力系统的频率及有功功率自动调节</b> .....		(229)
5-1	船舶电力系统频率变化的原因是什么？ .....	(229)
5-2	什么叫做负荷的静态频率特性？它对稳定系统频率有什么作用？ .....	(230)
5-3	什么叫电力系统的动态频率特性？ .....	(232)
5-4	中国船级社的规范中，对船舶电力系统电压和频率波动的允许值是多少？ .....	(233)
5-5	柴油机调速器的工作原理如何？什么叫调速特性？怎样对调速器进行一次调节和二次调节？ .....	(234)
5-6	怎样利用调速器的有差调节特性调节系统频率及并联机组间的有功功率分配？ .....	(238)
5-7	自动调频调载装置有哪些功能？它为什么不适宜在负载频繁波动时使用？ .....	(239)
5-8	如何运用“主调发电机法”进行频率和有功功率的调整？ .....	(240)
5-9	自动调频调载装置由哪几部分组成？ .....	(242)
5-10	采用虚有差调节法的自动调频调载装置其工作原理如何？ .....	(244)
5-11	虚有差调节法中当收到解列指令后，怎样自动进行负载的转移？ .....	(248)

5-12	什么叫积差调节法? 其工作原理是什么? .....	(249)
5-13	试说明EPF—3型自动调频调载装置的组成环节.....	(251)
5-14	EPF—3型自动调频调载装置的工作情况怎样? .....	(259)
5-15	SGA—23发电机自动控制装置有哪些功能? 其组成环节有哪些? .....	(261)
5-16	试简述电源装置(SNT—23)工作原理.....	(263)
5-17	试述有功电流测量元件WMC—23的功能及工作原理.....	(263)
5-18	试简述频率控制器(FRG—23)的工作原理.....	(266)
5-19	试简述负载分配组件(LAG—23)的功能和原理.....	(270)
5-20	简单说明SGA—23中自动调频调载部分的工作过程.....	(272)
<b>第六章</b>	<b>船舶轴带发电机系统.....</b>	<b>(276)</b>
6-1	船舶轴带发电机(简称轴发或轴机)系统有何优缺点 .....	(276)
6-2	船舶轴带发电机系统主要分哪几种类型? .....	(277)
6-3	采用电磁滑差联轴节型式的轴发系统, 其工作原理及特性如何? .....	(279)
6-4	什么叫频率补偿型轴带发电机系统? 简单说明其工作原理 .....	(280)
6-5	船舶电站的节能途径有哪些? .....	(282)
6-6	试简述用可控硅变换器电气连接的SSG系统工作原理及其特性 .....	(283)
6-7	船舶可控硅轴带发电机典型系统及其特点是什么? .....	(285)
6-8	轴带发电机装置的功率输出特性如何? .....	(288)

- 6-9 西门子可控硅轴带发电机控制系统由哪些环节构成? .....(290)
- 6-10 可控硅轴带发电机装置的模拟系统有什么作用? 其组成和功能如何? .....(292)
- 6-11 轴带发电机装置怎样进行启动、停止等控制? .....(294)
- 6-12 西门子可控硅轴带发电机的启动是怎样进行的? .....(296)
- 6-13 可控硅轴带发电机有哪些监测环节? 简单说明控制及调节系统电源电压监测原理.....(298)
- 6-14 轴带发电机装置有哪些保护? 简单说明“飞车”保护的原理和作用.....(300)
- 6-15 轴带发电机电站的自动报警系统有哪些功能? .....(304)
- 6-16 可控硅轴发装置电子控制系统怎样进行故障诊断? .....(306)

## **第七章 船舶电力系统的继电保护**

- 7-1 什么叫继电保护装置? 它的基本任务是什么? .....(308)
- 7-2 对电力系统继电保护的基本要求是什么? .....(309)
- 7-3 继电保护装置的组成与基本工作原理是什么? .....(311)
- 7-4 什么叫继电器? 它是怎样进行分类的? .....(312)
- 7-5 常用继电器、继电器线圈及继电器接点的符号是怎样表示的? .....(313)
- 7-6 晶体管继电保护装置与机电型有哪些异同点? .....(315)
- 7-7 晶体管继电保护装置有哪些特点? .....(318)
- 7-8 晶体管继电保护装置的电压形成电路有哪

- 几种? 它们的作用是什么? .....(319)
- 7-9 电压变换器的作用是什么? 其工作原理及使用中需注意哪些问题? .....(320)
- 7-10 电流变换器的作用是什么? 其工作原理及使用中应注意哪些问题? .....(320)
- 7-11 电抗变压器的作用是什么? 它的工作原理及使用中需注意哪些问题? .....(321)
- 7-12 负序电压滤过器有什么作用? 它的工作原理如何? .....(324)
- 7-13 负序电流滤过器的工作原理是什么? .....(327)
- 7-14 船舶发电机通常设哪些保护? 为什么? .....(329)
- 7-15 船舶发电机过载保护的作用是什么? 它是怎样进行整定的? .....(330)
- 7-16 什么叫优先脱扣? 优先脱扣的动作值如何决定? .....(332)
- 7-17 发电机短路保护的作用是什么? 它是怎样分类和整定的? .....(335)
- 7-18 发电机逆功率保护的作用是什么? 它是怎样进行整定的? .....(337)
- 7-19 发电机的欠压保护有什么作用? 怎样进行整定? .....(338)
- 7-20 简述框架式自动空气断路器的作用和组成环节? .....(338)
- 7-21 AH系列自动开关外观结构及如何做成可抽出式? .....(342)
- 7-22 框架式自动空气断路器电子型脱扣器的工作原理怎样? .....(347)
- 7-23 ZFX—1型自动分级卸载装置的工作原理是什么? .....(349)

- 7-24 简述GG—21 型逆功率继电器的工作原理  
和接线.....(351)
- 7-25 怎样实现对船舶电网的过载保护? .....(354)
- 7-26 怎样实现对船舶电网的短路保护? .....(355)
- 7-27 船舶电力系统怎样检查是否出现接地? .....(358)
- 7-28 怎样对电网绝缘情况进行检查? .....(359)
- 7-29 岸电箱中的相序保护原理是什么? .....(360)
- 7-30 船舶电站的综合保护包括哪些内容? .....(361)

## **第八章 船舶电站运行自动化**

- 8-1 柴油机是怎样起动的? .....(364)
- 8-2 柴油机的停机怎样进行? .....(365)
- 8-3 柴油发电机组自动起动、停机控制系统一  
般应具有哪些功能? .....(366)
- 8-4 试简述柴油发电机组的自动起、停程序.....(367)
- 8-5 ZK—135型船舶应急发电机组自动控制装  
置的主要功能是什么? 它的起动与停机程  
序有哪些? .....(369)
- 8-6 ZK—135控制器有哪些元件与主要环节? .....(370)
- 8-7 ZK—135自动控制系统是怎样控制柴油机  
自动起、停的? .....(372)
- 8-8 对具有综合自动化系统的船舶电站有哪些  
要求? .....(374)
- 8-9 目前船舶电站的综合自动化系统能实现哪  
些自动化操作? .....(375)
- 8-10 什么叫巡回检测装置? 它有什么功能? .....(375)
- 8-11 巡回检测装置的工作原理是什么? .....(376)
- 8-12 “广和”轮电站的自动控制系统的操纵程  
序是什么? .....(379)
- 8-13 “广和”轮柴油发电机组是怎样实现自动

	起动的? .....	(381)
8-14	“广和”轮自动电站发电机主开关的合闸 程序是怎样实现的? .....	(386)
8-15	“广和”轮自动电站中柴油机是怎样实现 停机的? .....	(387)
8-16	“广和”轮自动电站的灯光指示系统、故 障报警和打印记录系统及模拟试验系统是 怎样实现的? .....	(389)
8-17	什么叫自动电站的总体控制系统? .....	(391)
8-18	自动电站的总体控制系统主要有哪些功能? .....	(392)
8-19	微型计算机控制的船舶发电站的基本结构 怎样? 它有哪些控制功能? .....	(398)
8-20	微机控制电站的主要控制程序原理是什 么? 试用程序框图加以说明.....	(400)
8-21	什么叫微机控制船舶电站的实时操作控制 程序 (RTOSM) ? .....	(413)

# 第一章

## 船舶电力系统概论

### 1-1 有关船舶电气设备的“法规”、“规范”及船级社“标准”有哪些？

随着船舶大型化（当前已有50万吨以上油轮在运营）、自动化（无人机舱的船舶早已不是个别的）的发展，船舶电力系统的电压与容量都在不断发展。大功率电子元件及电子计算机的广泛采用更使船舶电气自动化向更高技术性能迈进。为了保证不断增多和不断复杂的船舶电气设备安装和使用的可靠性与安全性，必须熟悉有关船舶电气设备的“法规”、“规范”及主要工业国家船级社的有关“标准”。本书在许多问题的解答上都遵循了这些标准。现将主要“规范”及“标准”介绍如下：

#### 1. 国际电工委员会标准（IEC）

国际电工委员会（International Electrotechnical Commission）是制订国际电工技术标准的国际性技术学会，我国于1957年以中国电机工程学会名义参加该学会。目前，该组织有七十多个技术委员会，其中第18技术委员会（IEC/TC18）专门负责制订船舶电气设备的国际标准，IEC标准虽以推荐标准的形式供国际上使用，但随着世界各国贸易的发展和国际交往的增加，IEC标准已被越来越多的国家所采纳。

#### 2. 中国船级社——钢质海船入级与建造规范（ZC）

中华人民共和国船级社（1983年规范时称船舶检验局）是为办理船舶入级业务及钢质海船的建造规范而制定的。

#### 3. 日本海事协会钢船规则（NK）



4. 日本船舶标准协会标准规格 (JMS)

5. 日本电机工程协会标准 (JEM)

6. 英国劳氏船级社规定 (L. R)

Lloyds Register of Shipping Rules and Regulations.

7. 美国船级社规定 (ABS)

American Bureau of Shipping Rules and Regulations.

8. 美国电气与电子工程师学会 (IEEE) 推荐标准

The Institute of Electrical and Electronics Engineers.

9. 法国船级社规范 (BV)

10. 挪威船级社规范 (NV)

11. 德国劳氏船级社规范 (GL)

12. 苏联船级社 (USSR)

## 1-2 船舶电气设备是怎样发展起来的?

考虑到船舶工作环境的特殊性,总是要在陆地上使用过一定时间并被证明确有足够可靠性的电气设备才有可能被引用到船上。

1880年,美国最早把电灯用到船上作为照明装置。英国、荷兰等国家也先后首先将照明、风扇、电热器等电气设备引用到船上。到1908年,在这些国家制造的军舰和商船上开始使用电动机,直到20世纪40年代,在商船及军舰上绝大多数都采用直流发电机提供的直流电源。交流电最早在船上使用则是美国在1931年为海军建造的驱逐舰“Farragut”号所安装的230V、60Hz、132kW的交流发电机。日本在1936年建造了第一条采用交流电源的“金刚丸”,安装3台220V、60Hz、500kVA主发电机和1台20kVA应急发电机。第二次世界大战后,日本成了第一造船大国,1958年日本第一次把445V、240kVA的自励交流发电机用到船上;1961年,日本在“金华山丸”上最早使用了主机遥控;1964年在“津轻丸”上采用了自动并车、自动负荷分配等自动装置;同年,日本神户造船厂最早建成了450V、937.5kVA的无刷发电机;1970年,日本建造了第一代