



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

交通职业教育教学指导委员会推荐教材

轮机自动化

主编 管宪生

主审 初 忠

LUNJI ZIDONGHUA



大连海事大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
交通职业教育教学指导委员会推荐教材

轮机自动化

主编 答宪生

主审 初 忠

大连海事大学出版社

© 管宪生 2007

图书在版编目(CIP)数据

轮机自动化 / 管宪生主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2007. 11
(交通职业教育教学指导委员会推荐教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材)
ISBN 978-7-5632-2102-8

I. 轮… II. 管… III. 轮机—自动化—高等学校—教材 IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 176395 号

大连海事大学出版社出版

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

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连天正华延彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 23

字数: 573 千 印数: 1 ~ 3000 册

责任编辑: 苏炳魁 版式设计: 诚 峰

封面设计: 王 艳 责任校对: 陆 梅

ISBN 978-7-5632-2102-8 定价: 38.00 元

内容简介

本书是在交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会的主持下,由上海海事职业技术学院、青岛远洋船员学院和南通海事职业技术学院的有关教师共同编写,是高职高专航海类专业“十一五”规划教材。

全书共分六章,第一章为“自动控制的基础知识”,介绍了与轮机自动化相关的自控理论;第二章为“微型计算机的基础知识”,介绍了包括单片机、可编程控制器在内的微机的基础知识;第三章为“船用自动化仪表”,介绍了常用的气动自动化仪表和智能型电气阀门定位器;第四章为“机舱自动控制系统”,介绍了冷却水温度、燃油黏度自动控制系统和辅锅炉、分油机的自动控制;第五章为“柴油机主机遥控系统”,介绍了主机遥控的基本知识、典型的气动操纵系统和主机遥控系统;第六章为“机舱监视与报警系统”,介绍了常用传感器、油雾浓度监视报警器及典型的机舱监视与报警系统。为了方便教学,在每章的后面附有一定数量的思考题。

本书可作为航运院校轮机管理专业三年制高职(专科)教材,也可作为船员培训的教学参考书,还可供有关技术人员参考。

前言

高职高专航海类专业“十一五”规划教材(下称“系列教材”)是交通部科教司为了使高职航海类专业人才培养进一步符合《STCW78/95 公约》和我国海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》要求而组织编写的。首批系列教材共 22 种(航海技术专业 11 种,轮机工程技术专业 11 种)。编审人员是由交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会在全国航海高职院校范围内组织遴选并聘请的专业教师。参加编审的人员普遍具有较丰富的航海高职教学经验与生产实践经历,其中主编和主审均具有副教授以上专业技术职务。

本系列教材依据 2006 年 3 月新版《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》和《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》中相应课程大纲编写,适用于三年制高职高专航海技术和轮机工程技术专业学生使用,也可作为上述专业中等职业教育和船员培训教材或教学参考书。

本系列教材具有如下特点:

1. 较好地体现了《STCW78/95 公约》和《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》,强调知识更新、突出技能,有利于培养适应现代化船舶的航海技术应用型人才。

2. 紧密结合航海类专业人才培养目标和岗位任职条件,及时充实了新颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》(海船员[2005]412 号)内容,有利于增强高职航海类专业毕业生岗位就业能力。

3. 按照《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》、《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》设计,使教材理论教学体系与实践教学体系在知识内容与职业技能之间做到相互交融。

4. 把培养合格海员所需的品格素质、知识素质、能力素质和身心素质贯彻教材当中,强化了高职航海类专业学生素质教育力度。

在本系列教材编写、统稿和审校过程中业经多方把关,力求做得更好。时逢教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材遴选,本系列教材中《船舶操纵》等 12 种教材入选其中。衷心感谢为本系列教材付梓而辛劳的海事局、行业协会、港航企业、航海院校各位专家的帮助和支持。

热切期待教材使用者对本系列教材存在的问题给予指正,欢迎大家积极建言献策,以利交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会适时组织人员对本系列教材内容进行修改、调整和充实。

交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会

2006 年 12 月

编者的话

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,按照交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会的要求进行编写,满足高职高专轮机管理专业的教学需求,符合《STCW 78/95 公约》对于管理级、操作级船员轮机自动化知识的基本要求。本书主要介绍了自动控制的基础知识、微型计算机的基础知识、常用自动化仪表、机舱自动控制系统、主机遥控和机舱集中监视与报警等方面的内容。

本书取材广泛,论述力求深入浅出、言简意赅、理论联系实际,力图反映轮机自动化的主流技术及发展趋势。为了适应轮机自动化发展的需要,本书增加了一些船用新设备和控制系统的内容,如智能型电气阀门定位器、单片机式中央冷却水温度控制系统、PLC 控制的辅锅炉控制系统、MAN B&W 主机气动操纵系统、AUTOCHIEF-IV 主机遥控系统、UCS 2100 型分布式监控系统和 DATACHIEF C20 现场总线型监控系统等。考虑到微机的广泛应用,在第二章中编排了相关的基础知识,可供选学。

全书共分六章,其中,绪论和第一章(除“调节器参数整定”外)由南通海事职业技术学院乔红宇编写;第二、三、四章及第一章中有关“调节器参数整定”的内容由青岛远洋船员学院于风卫编写;第五、六章由上海海事职业技术学院管宪生编写。全书由管宪生统编定稿,由青岛远洋船员学院初忠教授主审。

在本书的编写过程中,得到了有关院校及中国海运集团、沪东造船厂、MAN B&W 公司驻上海办事处、KONGSBERG 公司驻上海办事处等单位 and 个人的关心和大力支持,在此谨致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有不当之处乃至谬误,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 7 月

目 录

绪论	(1)
第一章 自动控制的基础知识	(6)
第一节 自动控制系统的基本概念	(6)
第二节 控制对象的基本特性	(11)
第三节 调节器的调节规律	(16)
思考题	(28)
第二章 微型计算机的基础知识	(30)
第一节 微型计算机的组成	(30)
第二节 Intel 8085A 微处理器	(35)
第三节 单片微型计算机	(39)
第四节 微机的接口电路	(54)
第五节 可编程控制器	(63)
思考题	(71)
第三章 船用自动化仪表	(72)
第一节 气动仪表的基本元件及主要环节	(72)
第二节 常用的气动仪表	(82)
第三节 电气阀门定位器	(94)
思考题	(100)
第四章 机舱自动控制系统	(102)
第一节 柴油机冷却水温度控制系统	(102)
第二节 燃油黏度自动控制系统	(124)
第三节 辅锅炉的自动控制	(140)
第四节 分油机的自动控制	(178)
思考题	(192)
第五章 柴油机主机遥控系统	(194)
第一节 主机遥控的基本概念	(194)
第二节 常用气动阀件	(200)
第三节 换向逻辑控制	(204)
第四节 起动与制动逻辑控制	(208)
第五节 转速、负荷的控制与限制	(219)
第六节 MAN B&W 柴油机主机气动操纵系统	(241)
第七节 AUTOCHIEF-IV 型主机遥控系统	(251)
思考题	(284)

第六章 机舱监视与报警系统 (286)

第一节 监视与报警系统概述 (286)

第二节 机舱中常用的传感器 (290)

第三节 曲轴箱油雾浓度监视报警器 (304)

第四节 单元组合式集中监视与报警系统 (315)

第五节 微机控制型集中监视与报警系统 (320)

第六节 分布式微机监控系统 (332)

第七节 基于现场总线技术的网络型监控系统 (346)

思考题 (356)

参考文献 (358)

绪 论

轮机自动化是指通过各种自动化仪表和控制元件所组成的控制系统,实现轮机设备的自动运行。提高轮机自动化水平对提高轮机设备运行的可靠性、安全性和经济性以及降低船舶运营成本和改善轮机管理人员的工作条件都具有重要意义。轮机自动化水平也是衡量船舶动力装置技术先进程度的重要标志。

随着科学技术的飞速发展和自动化设备在船上的广泛应用,轮机自动化的程度越来越高,轮机自动化已经成为船舶技术创新最瞩目的领域。轮机自动化在减轻船员的劳动强度的同时,也对轮机员的业务素质、技术水平提出了更高的要求。

一、轮机自动化的作用和内容

1. 轮机自动化的作用

(1) 提高船舶航行和设备运行的安全可靠

通过采用精密、可靠的自动化设备以及相应的管理措施,可大大加强船舶应对各种复杂、意外情况的能力,避免了各种人为的操作、测量、计算等失误,从而保证动力装置的安全可靠运行,提高船舶的生命力。例如,主机遥控系统能自动地按照一定的程序操纵主机,从而避免了人工直接操纵时由于疏忽或技术不熟练而引起的机械损坏;监测报警系统能随时监视动力装置的运行状态并及时报警,使故障还未发展到损坏机械设备时就提醒轮机管理人员及时地去排除故障;安全保护装置可以使故障设备停止运行或降负荷运行,也可避免机损事故的发生。

(2) 改善工作条件、减轻船员劳动强度

机舱中设置自动化装置,使原先必须由轮机管理人员进行的许多重复手工操作可以由自动控制装置进行,而且自动化设备的操作简单,从而减轻了管理人员的劳动强度,节省了人力。自动化程度越高,劳动强度减轻就越多,人力的节省越显著,同时,还可以减少船员的编制。

(3) 提高了船舶的经济性能

机舱设备的自动化控制装置是由生产厂家按照设备运行的规律和控制特点设计出的优化产品。尤其是随着先进自动控制理论和微型计算机的应用,实现了船舶最佳航线、航向设计,主机最佳运行状态控制和主机故障预测及检修预报,提高了动力装置运行的各项技术指标及经济性能指标,并且可以减少船员人数,降低运输成本。采用了参数的自动控制后,机器设备的运行始终处于正常状态,减少了油耗,提高了效率。如锅炉可以保持合适的风油比,从而减少燃料油的消耗,提高了锅炉的热效率。主机采用故障诊断与维修预报技术之后,可使检修的间隔时间更合理。上述效果均可延长机器设备的使用寿命,延长检修周期,减少检修费用。

2. 轮机自动化的基本内容

就“无人值班机舱”的要求来说,轮机自动化主要应包括以下内容:

(1) 参数的自动控制

参数的自动控制即反馈控制,它能自动地使机舱中的运行参数保持在期望值或期望值附近的一定范围内。机舱中需要自动控制的参数很多,诸如:柴油机的转速、辅锅炉中水的液位和蒸汽压力、压缩空气压力、冷却系统中水的温度、润滑系统中油的温度、油柜中油的液位、燃

料油的黏度,发电机的电压和频率等。

(2) 程序控制

程序控制是指按照预定的逻辑程序或时序程序逐项地完成一连串的操作。例如在船舶电站中,备用发电机投入运行时要完成柴油机的启动、加速、电压与频率的调整、并车和负载的转移等预定的操作。又如辅助锅炉时序程序控制,给锅炉一个启动信号后,能按时间程序自动地进行预扫风、预点火、喷油点火、预热,然后转入正常燃烧的负荷控制阶段。在主机遥控系统中,主机加速时,设定转速信号要经历速率限制和程序负荷的定时过程才能达到最大值。

(3) 远距离操纵

远距离操纵也称遥控,是指远离机旁对机械设备进行操纵。譬如,在驾驶台操纵主机;在集控室启动或停止发电机、锅炉;在货控室进行装卸货油操作等。对机械设备的遥控,特别是对柴油机主机的遥控,不仅是操纵地点的改变或延伸,而且操纵的自动化程度也提高了。

(4) 集中监测与报警

机舱中主要设备的运行参数都要送到集控室,用安装在控制台面板上的仪表进行显示,并用指示灯来表示各种设备的工作状态。如果有参数越限、机器设备运行不正常或机舱发生火灾,都会发出声光报警信号并可报警信号延伸到轮机长、值班轮机员住处以及公共场所,以便及时通知轮机员进行故障处理。此外可以定时自动打印运行参数值,或根据需要即时打印出设备的运行状况参数。在主机动车过程中,系统能自动记录车钟、车令。

(5) 安全保护和自动灭火

安全保护是指当机器设备运行不正常时,自动采取保护措施,以免造成严重事故。例如,主机冷却水温度过高、滑油压力过低、排气温度过高时,除发出声光报警信号外,安全保护装置会自动使柴油机降速运行或停止运行。因为机舱自动化程度的提高,使机舱中值班人员减少甚至达到无人值班,机舱中应设置各种火警探测器、报警和自动灭火设备等,所以火灾报警系统愈显重要。

(6) 船舶电站自动化

船舶电站自动化的主要任务包括:发电机组按照功率原则实现机组运行台数控制,即进行自动启动、解列和停机控制;大功率负载投入运行前的功率储备;发电机组的自动并车运行和调频、调载控制;电压和无功功率的自动调节;频率和有功功率的自动调节;电力系统监测报警和综合保护。目前,新造船舶都采用电力管理系统(PMS)进行自动化电站的管理。

二、轮机自动化发展的历史回顾

轮机自动化起源于20世纪50年代,大体而言,先后经历了单元自动化、无人值班、计算机监控等阶段,目前正在向智能化(或信息化、船岸一体化)方向迈进。

20世纪60年代以前,只有个别自动化设备在机舱中应用,没有形成完整的集中控制与集中监视系统,当时的重点是发展机舱主要设备的单元自动化,如各种热工参数的自动调节、火警自动探测和自动灭火设备等。

20世纪60年代初期,主要的发展课题是机舱集中监视和主机遥控。1961年,日本建成世界上第一艘设置集控室的“金华山丸”船,在装有隔音设备和空调的机舱集中控制室里,只需要一人值班,就可以实现对机舱中主要设备的集中监视和控制。

20世纪60年代中期,主要是发展无人值班。由于主、辅机和各种自动化设备的可靠性日益提高,自动控制系统的维护工作量很小,使得机舱定期无人值班成为可能,可以实现12 h、24

h 甚至 36 h 机舱无人值班。当时,各船级社相继制定了无人机舱的技术标准和造船规范。无人值班机舱的首要条件是要采用驾驶台全自动遥控,还要有完善的机舱集中监视与报警系统,能够实现参数的集中显示和控制。当被监控的参数越限时,在驾驶台、船员房间、机舱、公共场所等处会发出延伸报警信号。此外,还应有安全保护与自动切换系统,完善的火灾报警和消防联动系统等。目前,新造的船舶一般都满足无人值班机舱的标准。

20 世纪 60 年代后期,出现了采用电子计算机控制的所谓“超自动化船舶”,在轮机、导航、舾装、装卸货、报务乃至医疗等方面全方位地实现自动化。如日本在 1970 年建造的“星光丸”船,运用一台电子计算机实现全船的自动化,从动力装置发出的一切信息都被传送到驾驶台,机舱不设集控室。然而,这种系统的可靠性很成问题。一旦唯一的计算机出故障,就会导致全船自动控制系统的瘫痪。因此,这种方案很快就被否认。

20 世纪 70 年代至 80 年代,主要是发展微型计算机监控技术。20 世纪 70 年代中后期,微型计算机开始在船上应用。随着微机位数的增加和可靠性的提高,微机控制系统逐渐取代传统的模拟控制系统。柴油机冷却水温度、主机遥控、机舱监视与报警、分油机排渣等系统相继采用微机控制。这个时期,微机在机舱中的应用以分散控制为主。

20 世纪 80 年代以后,主要是发展网络化的机舱监控技术,全面实现包括智能控制、节能技术等在内的机舱自动控制,取得了令人瞩目的成就。

微机在机舱中的应用经历过分散控制和集中控制的阶段。前者用多台微机分别实现对各个局部设备的控制,灵活性和可靠性好,但不利于集中监控。后者用一台或几台微机实现对机舱所有设备的控制,可靠性和实时性较差,对微机的要求则很高。分布式控制系统(Distributed Control System,简称 DCS)也称集散型控制系统或网络型控制系统,其核心思想是集中管理、分散控制,即管理与控制相分离。在这种系统中,下位机(如 PLC、单片机、单板机、智能调节器等)用于对局部设备的现场实时监控,上位机(PC 机、工控机等)则负责数据的集中管理、显示及人机对话,上下位机之间通过通信网络实现相互之间的数据传送。显然,它吸收了集中型和分散型系统各自的优点。由于其合理性,当前轮机设备的自动控制大多采用分布式系统。

分布式控制系统的不足在于 DCS 的制造商出于商业目的而对通信网络采用各自专用的封闭形式(形成所谓“信息孤岛”)且造价昂贵,网络通信的负担沉重,影响实时性。

纵观轮机自动化的发展史,不难发现,每一代新的控制系统的推出都是针对老一代控制系统存在的缺陷而给出新的解决方案,最终在用户需求和市场竞争两大外因的推动下占据主导地位。

三、轮机自动化的发展趋势

未来的轮机自动化,在自动控制理论、微机技术、传感器和检测技术、网络通信技术、多媒体技术等推动下,其水平将得到进一步的提高。

1. 现场总线技术的应用

现场总线系统(Fieldbus Control System,简称 FCS)出现于 20 世纪 80 年代中期,是用于现场仪表与控制系统、控制室之间的一种全分散、全数字化、智能、双向、互联、多节点的通信系统。它把微处理器嵌入传统的测量控制仪表,使得各个分散的底层控制设备(传感器、变送器、调节阀等)变成具备数字计算和通信能力的智能网络节点,通过简单的传输介质(如双绞线等)作为总线,通过公开的通信协议,在控制现场实现数据传输与信息交换,沟通现场控制设备与上层设备(操作站或管理站的计算机)之间的联系。在这种控制方案中,控制功能被彻

底下放到现场,通信也是在现场进行的,大大提高了实时性。因此,FCS 实质是一种开放的、具可互操作性的、彻底分散的 DCS 系统。在现场总线系统中,传统的 4~20 mA 模拟量信号被数字量信号所取代,传统的 1:1 连线方式被 1:N 连线方式所取代。因此,FCS 是一个全数字化的系统(DCS 则是一个模拟量信号与数字量信号并存的混合系统),同时 FCS 可以取消 DCS 系统中的现场控制站,从而可以节约设备和电缆的数目。现场总线的出现,带动了一批智能化且有数字通信功能的数字式仪表的问世。如集测量、控制、显示功能于一体的智能变送器,带控制模块的执行器等。当然,目前由于这些数字化的现场设备价格昂贵,一般可以采用“传统现场设备+智能模块”的方法。现场总线技术目前还没有完全成熟,没有形成统一的标准甚至还有争论,但已经在船上得到应用。

2. 机舱设备的自动控制质量不断提高

首先,控制设备的控制功能不断增强,控制范围不断扩大(如由于船舶的大型化和专业化引起),先进的控制策略(如神经网络技术、模糊控制技术、专家诊断系统等)不断地得到应用。控制设备的更新换代周期明显缩短。

其次,由于采用冗余技术、容错技术,控制设备的可靠性不断增强,故障率不断降低,可维护性不断提高。通过微机的自检可方便地查找控制设备的故障,模块化的设计更使得故障判断和更换控制部件变得容易。

3. 动力装置的自动化和智能化

近年来动力装置的自动化和智能化成为发展的热点。主机的可变正时喷油控制(即 VIT 控制)、电子润滑油控制、运行工况监测等系统日趋成熟。更值得注意的是,MAN B&W 和 WÄRTSILÄ 等最负盛名的柴油机制造巨头分别推出了智能柴油机(如 ME 型、RT-flex 型等)且都已投入实船运行。智能柴油机取消了传统柴油机原有的凸轮轴、高压油泵、空气分配器、主起动阀等部件,由计算机控制电磁阀等执行机构,完成喷油、排气、起动的定时控制。因为智能柴油机在节能、可靠性、安全性、灵活性及环境保护等方面都优于传统柴油机,所以智能柴油机取代传统柴油机是大势所趋。这是一种革命性的变化。此外,电力推进的应用也向轮机自动化提出了新的课题(如机驾合一、中压电站的自动化等)。

4. 远程监控的实现

计算机网络的飞速发展使在航船舶的远程监控成为可能,由通信卫星支撑的遥测系统的更广泛、更深入的应用将改变传统的机务管理及船舶管理模式。“陆地集控室”的概念已经提出,在公司的办公室就如同在实船一样,船舶的状态及参数、机舱设备的状态及参数、备件和物料存量等各种信息都可在陆地得到全方位和全功能(包括图像及声音在内)的多媒体实时在线监视。同时,通过完善的数据动向系统或专家系统对监测结果进行综合分析,以预测未来工况、预报维修日期、诊断系统故障等。

总之,随着技术的发展,轮机自动化将不断朝着数字化、智能化、模块化、网络化、集成化的方向发展,这必将提高船舶的经济性、可靠性及安全性,使轮机自动化及整个船舶自动化迈上一个新台阶。

四、轮机自动化对管理人员的要求

轮机自动化的特点表现为:一是内容广泛。机舱中有各种不同的机电设备,大部分机电设备都需要有一个或多个控制系统来维持它的正常运行。因此,机舱中有数量众多、内容不同的自动控制系统。二是综合性强。轮机自动化是机电一体化的有机集成,对于各种自动控制系统

统,要从“机”和“电”两个方面去把握它。三是知识要求高。自动化技术的基础是自动控制理论,包括经典控制理论、现代控制理论和智能控制理论。另外,轮机自动化还需要数字电路、微机基础、传感器及检测技术等多方面的知识。船舶机舱技术当前和未来的发展主要集中在轮机自动化技术的不断发展与更新。轮机自动化是轮机工程专业的一门主干专业课程,对轮机自动化知识的掌握程度和应用能力是衡量轮机管理人员的素质和对未来船舶适应能力高低的一个决定性标志。在轮机自动化的学习过程中,会遇到很多困难,要想掌握它,必须付出艰苦的努力,还要注意学习方法,不断增强学习信心。下面给出几点建议供读者参考。

1. 掌握自动控制的基本概念和典型控制系统

作为轮机管理人员来说,首先要学好和弄懂自动控制的基本概念。只有掌握自动控制的基本概念,才能从种类繁多、结构千变万化的控制系统中总结出一般规律,做到举一反三。在目前的实际机舱控制设备中,主要还是应用以经典控制理论为基础的控制系统为主。近几年日本建造的船舶中,还有不少常规气动 PID 控制系统。现代控制理论和智能控制理论也是在经典控制理论的基础上发展起来的,并通过计算机实现更加完美的控制。其次,要熟悉典型的机舱自动控制系统的组成、工作原理和管理方法,这样对于其他系统就能触类旁通,达到以点带面的效果。

2. 熟悉相关的专业知识

各种控制系统的设计都是为控制对象及相关设备服务的,熟悉机舱中各种控制对象及相关设备的工作原理、功能及操作方法是十分重要的。轮机管理人员应该熟悉主机、辅机等相关设备的专业知识,这也是轮机管理人员的优势。如果能够充分发挥这一优势,深刻理解自动控制意味着模拟手动控制,学好自动化也就成功了一半。

3. 学好计算机知识

随着微机和网络技术的飞速发展,其在轮机自动化中的应用也越来越多,掌握微机技术已经成为轮机管理人员管好自动化设备的必备条件。用微机可以控制各种系统和设备,可以说它是一种通用控制工具。一旦掌握了这种通用工具,就会受益无穷。掌握了一个微机控制系统,就很容易掌握其他各种系统,因为各种微机控制系统的工作原理和硬件结构形式是相似的,差别就在于控制功能不同。控制功能主要是由微机程序来实现的,而控制程序在设备出厂前就已经编制完成并在试航过程中完成调试。因此,对于轮机管理人员来说,首先要掌握微机的基本工作原理和软硬件(包括网络知识)的基本概念,这是学好微机的基础;重点应该放在熟悉微机在某一控制项目中所具有的功能及各种操作、维修方法上(目前的维修保养也早已从“元件维修”、“芯片维修”过渡到“电路板维修”)。

4. 重视实践

轮机自动化是实践性很强的学科。一定要非常重视课程的实践环节。有条件的话,应亲自参加实际操作,学习管理和使用设备的基本方法,体会检查和排除系统故障的基本思路。

第一章 自动控制的基础知识

自动控制系统是轮机自动化的主要组成部分,掌握自动控制的基本理论、自动化仪表以及自动控制系统的基本知识对于管好、用好机舱自动控制设备是十分必要的。

本章主要介绍自动控制系统的基本概念、调节对象的基本特性以及调节作用规律等内容。

第一节 自动控制系统的基本概念

参数的自动控制系统也称为反馈控制系统,其主要任务是将机舱中的各种运行参数如温度、压力、液位、黏度等控制在所希望的最佳值(一般称为给定值)上。虽然这些自动控制系统结构形式各异,但系统的基本组成部分和工作过程却大致相同。

一、自动控制系统的组成

自动控制过程实际上是对手动控制操作过程的模拟,图 1-1-1 画出了辅锅炉水位的手动控制和自动控制的示意图,以进行比较。

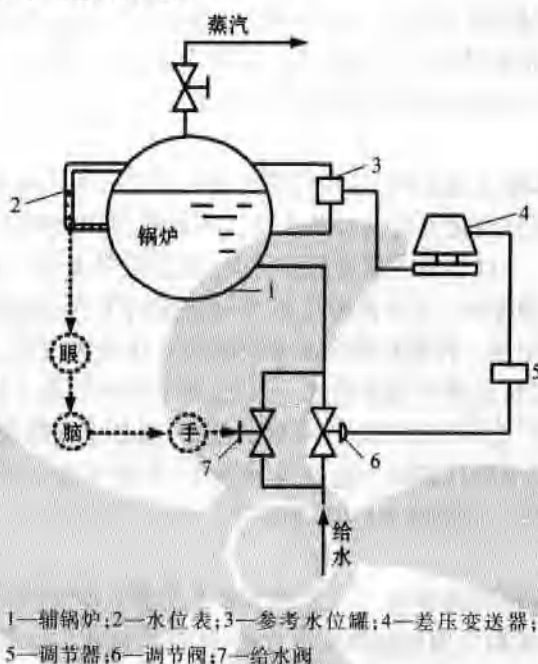


图 1-1-1 辅锅炉水位控制系统示意图

辅锅炉在运行过程中,水位必须保持在规定的数值范围内,轮机管理人员的职责就是使水位始终处于正常范围。辅锅炉上一般都装有玻璃管水位计,在中间用红漆标记出水位必须保持的位置,当辅锅炉的供汽量发生变化时,水位就会升高或降低,从而离开红漆位置。轮机管理人员用眼睛观测到这一变化,经过大脑思考、分析和判断,最后作出调节决定,然后用手改变给水阀门的开度,使辅锅炉内的液位向着靠近给定位置的方向变化,直到辅锅炉实际水位与

要求的水位相一致。

若将水位手动控制改为自动控制,就必须给辅锅炉配备自动控制仪表。在辅锅炉水位自动控制系统中,用测量元件和变送器代替人的眼睛,用来测量实际水位的值;用调节机构代替人的大脑进行分析判断并发出调节指令;用执行器代替人的手,改变给水阀的开度进而控制给水量。

从以上的分析可知,自动控制系统的组成应该包括以下几个部分:

(1)控制对象

一般简称为对象,是指要求实现自动控制的机器、设备或装置。把所要控制的运行参数称为被控量,它同时也是自动控制系统的输出量。表 1-1-1 列出了轮机设备常见的控制对象及其被控量。

表 1-1-1 常见的控制对象及被控量

自动控制系统	控制对象	被控量
主机冷却水温度控制系统	淡水冷却器	冷却水温度
辅锅炉水位自动控制系统	辅锅炉	水位
燃油黏度自动控制系统	燃油加热器	燃油黏度
空气压力自动控制系统	空气瓶	空气压力
柴油机转速控制系统	柴油机	转速

(2)调节单元

调节单元是指具有调节作用规律的调节器,亦称控制单元。调节器有两个输入量,分别为给定值和测量值。给定值 $r(t)$ 是运行参数所希望控制的最好值,测量值 $b(t)$ 则是测量单元测得的运行参数的实际值。被控量的测量值与给定值的差值称为偏差,用 $e(t)$ 表示, $e(t) = r(t) - b(t)$ 。 $e > 0$, 说明测量值低于给定值,为正偏差; $e < 0$, 为负偏差; $e = 0$, 为无偏差。调节器工作时,首先得到测量值与给定值之间的偏差,然后根据偏差的大小和方向,按设定的调节规律发出控制指令给执行器,使偏差值 e 不断减小,直到偏差等于零或接近零为止。

(3)测量单元

用来测量被控量的大小和变化,并将其转换成统一的标准信号(与给定值信号同类型)送至调节器。在气动控制系统中,对应被控量的满量程,其统一的标准信号是 0.02 ~ 0.1 MPa;在电动控制系统中,对应被控量的满量程,其统一的标准信号是 4 ~ 20 mA 或 0 ~ 10 mA。对整个系统而言,测量单元的信号传输方向是从输出至输入,所以亦将其称为反馈单元,参数的自动控制系统一般也称为反馈控制系统。

(4)执行机构

执行机构接受来自调节器输出的控制信号,其输出量是阀门的开度,从而可以改变流入控制对象的物质或能量流量,使之能符合控制对象负荷的要求,被控量会逐渐回到给定值或给定值附近。常用的执行机构包括气动调节阀和伺服电机等。

自动控制系统的组成除了以上四个基本单元之外,还包括显示单元、电源或气源、定值器以及其他辅助仪表或装置。

二、自动控制系统传递方框图

为了清楚地表明各个单元在控制系统中的作用以及各单元之间的信号传递关系,我们把

每个单元都用一个方框来表示,各方框之间用带箭头的信号线连接起来,这就构成了自动控制系统的方框图,如图 1-1-2 所示。这样的方框图适用于各种运行参数的自动控制系统,具有普遍性。通过传递方框图,要建立以下几个概念。

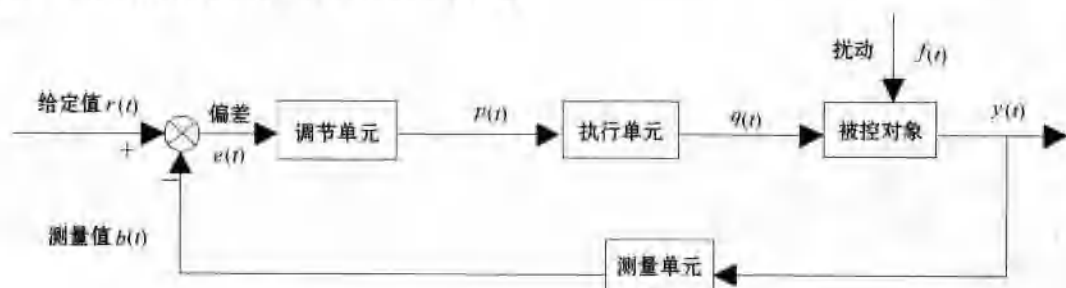


图 1-1-2 自动控制系统传递方框图

(1) 环节

在传递方框图中,代表实际单元的每个小方框称为一个环节,每个环节必定有输入量和输出量,并用带箭头的信号线表示。任何环节输出量的变化均取决于输入量的变化及该环节自身的特性,而输出量的变化不会直接影响输入量,这就是信号传递的单向性。

(2) 扰动

引起被控量变化的一切因素称为扰动。显然,扰动量是控制对象的输入量。扰动量可以分为两类:一类是轮机人员无法控制的扰动,称为外部扰动;另一类是轮机人员可以控制的扰动,称为基本扰动。例如,在主机冷却水温度的自动控制系统中,引起水温变化的扰动有主机负荷的变化和蝶阀开度的变化两种。主机负荷的变化是轮机管理人员无法控制的,属于外部扰动;蝶阀开度的变化是可以控制的,属于基本扰动。在图 1-1-2 中,有两个信号线指向控制对象,它们分别是基本扰动(执行机构的输出)和外部扰动。

(3) 闭环系统

在控制系统方框图中,前一个环节的输出就是后一个环节的输入,这样系统就形成一个封闭控制回路,称为闭环系统。反馈控制系统必然是闭环系统。

如果系统的输出量不被引回来对系统的输入部分产生影响(如没有反馈环节),这样的系统称为开环系统。开环系统结构简单,系统稳定性好,成本也低,但当动态过程受到各种扰动因素影响时,将会直接影响输出量,而系统不能自动进行调节。

(4) 反馈

在控制系统反馈图中,符号“⊗”是比较环节(它不是一个独立的环节,而是调节器的一个组成部分,为清楚起见,故单独画出),它随时把给定值 $r(t)$ 与测量值 $b(t)$ 比较得出偏差信号 $e(t)$ 。偏差信号是调节单元的输入量,其输出量 $p(t)$ 经执行单元产生调节信号 $q(t)$,使被控对象的被控量 $y(t)$ 发生变化,被控量 $y(t)$ 的变化经测量单元反送到控制系统的输入端,这个过程称之为反馈。反馈分为正反馈和负反馈两种。正反馈是指经反馈后可以加强闭环系统输入效应,亦即使偏差 e 增加。负反馈是指经反馈后可以减弱闭环系统输入效应,亦即使偏差 e 减小。显然只有负反馈才能随时对被控量的给定值和测量值进行比较,使偏差 e 不断减小进而保持被控量的稳定。

三、自动控制系统的分类

自动控制系统按其所用能源、结构形式和特点等多种分类方法。

1. 按被控参数的名称分类

按照被控参数的名称分类是机舱自动控制系统最常见的分类形式,如压力自动控制系统、温度自动控制系统、液位自动控制系统等。

2. 按所用能源分类

可分为气动控制系统和电动控制系统。如果自动控制系统信号的传递以及执行器的动作是靠压缩空气的动力,称为气动控制系统;如果采用电能,则称为电动控制系统。

3. 按被控参数给定值的变化规律分类

控制系统按被控参数给定值的特点可分为定值控制系统、随动控制系统、程序控制系统。

定值控制系统就是系统的给定值是某一确定值,希望系统的被控量也保持恒定不变。主、辅机热工参数的控制大多属于这一类系统。例如,主机冷却水控制系统、主机燃油黏度控制系统、辅锅炉水位控制系统等都属于定值控制系统。

随动控制系统的给定值是预先不能确定的,其取决于系统外的某一进程,例如随动操舵系统跟踪船舶航向的变化,雷达控制系统跟踪目标的方位变化就是随机的。

程序控制系统则是指控制系统的给定值按照预先确定的规律进行变化,例如主机遥控系统中的转速速率控制便属于此类。

定值控制系统的任务是保持被控量不变,而随动控制系统和程序控制系统的任务是在给定值变化时,力求被控量随着给定值的变化而变化。

四、自动控制系统的动态过程

1. 动态过程特点

一个控制系统在运行过程中,若被控量不随时间变化,而是稳定在给定值或给定值附近,这种状态叫稳态,而被控量随时间变化的不平衡状态称为系统的动态。稳态是暂时的、相对的和有条件的,动态是普遍的、绝对的和无条件的。因为系统经常会受到扰动,系统的平衡状态因而会经常遭到破坏。由于控制对象有惯性,被控量不能突变,所以它在受到扰动的短时间内,偏差都不大。这样调节器输出的控制信号和经调节阀流入控制对象的物质或能量流量的改变量都不大,不足以克服扰动,使偏差越来越大。随着偏差的增大,调节器输出的控制信号及由它所指挥的调节阀开度变化量都增大,在实际运行中,调节阀开度的变化量往往会过头,使被控量在向给定值恢复过程中,出现反向偏差,即被控量会围绕给定值上下波动,以后在调节器控制作用下,波动越来越小,最终被控量会稳定在新稳态值(给定值或给定值附近),系统达到一个新的平衡,所以,从受到扰动开始到达到新的平衡状态的过程就是动态过程,也称为过渡过程。

2. 评定控制系统动态过程品质的指标

一般,被控量变化的动态过程有以下几种:

(1) 发散振荡过程。被控量 $y(t)$ 的动态过程不但是一个振荡的过程,而且振荡的幅度越来越大,以致会大大超过被控量允许的误差范围,如图 1-1-3 曲线 1 所示,这是一种典型的不稳定过程,设计自动控制系统要绝对避免产生这种情况。

(2) 等幅振荡过程。被控量 $y(t)$ 的动态过程是一个持续振荡过程,且波动的幅度保持不变,始终不能达到新的稳态值,如图 1-1-3 曲线 2 所示。系统出现等幅振荡过程,即使生产过