

高级船舶钳工、管铜工培训教程

(上册)

轮机自动化

章伯明 主编



海洋出版社

出版说明

随着造船工业与科学技术的飞速发展,先进的造船方法、造船技术得到越来越广泛地应用。为了提高船舶建造质量,缩短造船周期,必须全面提高劳动者素质,通过岗位培训培养一大批高级技术工人是迎接船舶工业更大发展的需要。中国船舶工业总公司为了推动船厂高级工培训的开展,组织了船厂五大工种(船体装配工、船舶钳工、船舶管铜工、船舶电工、电焊工)高级工培训教学计划与教学大纲的制订工作,并根据教学计划、教学大纲从教育先进、生产效益好的三大船厂(沪东造船厂、大连造船厂和江南造船厂)聘请主编开展教材编写工作。这套教材从现在起将陆续出版。

这套高级工教材在内容上具有以下特点:

- 1.教材内容与中级工培训相衔接,并能满足《中华人民共和国工厂技术等级标准(船舶行业)》的要求;
- 2.教材内容体现先进性,用已经在我国采用的先进的造船方法、造船技术和造船工艺充实了教材内容;
- 3.贯彻理论联系实际的原则,教材内容紧密联系船厂设计、生产、管理实际,具有较好的实用性;
- 4.为了满足各厂培训的不同需求,增加选学内容,供各厂培训时选用。

本套高级工教材可供船厂有关工种高级工培训时使用,也可供船厂干部、工人自学时参考,有些内容和资料也可供高校、中专有关专业的学生参考。

船舶工业教材编审室

1999年3月

前 言

“轮机自动化”作为高级船舶钳工和高级船舶管铜工的培训教材,主要是按照原中国船舶工业总公司人事教育局组织有关船厂所制订和审查通过的教学大纲编写而成。

本教材是在 1993 年江南造船厂编写的船舶高级管铜工的培训教材“轮机自动化”的基础上进行改写的,该教材共分四章,第一、二、四章由章伯明负责编写,第三章由谢文荣负责编写。该教材由沪东船厂高级工程师林申担任主审。

按照主审意见和几位船舶自动化专家建议,主编对第三章的自动检测、调节和控制仪表,在内容上作了较多的删减和变动,使它更适合于船舶轮机技术专业。

本教材的编写是在船舶工业教材编审室和江南造船厂成教部的组织下得以完成,在此表示感谢。

本书描图工作由哈尔滨工程大学陆雪艳承担。

由于编者工作范围有限,知识面不够,教材难免存在错误和不妥之处,恳请读者提出批评和指正。

编 者

1999 年 7 月

目 次

第一章 概述	1
1.1 船舶自动化的发展	1
1.2 发展船舶自动化的主要任务	4
1.3 机舱自动化的功能分类	5
第二章 无人机舱、主机遥控及机舱监控	6
2.1 无人机舱	6
2.1.1 无人机舱的含意	6
2.1.2 无人值班机舱的设计问题	6
2.1.3 船级社规范对无人机舱的要求	7
2.1.4 满足船东对无人机舱和自动化设备的要求	8
2.1.5 无人值班机舱如何选用机舱自动化设备	9
2.1.6 技术协调是无人机舱设计的主要工作之一	10
2.1.7 管路系统图上自动化符号的标注	12
2.1.8 无人值班机舱的试验和运行	13
2.2 主机操纵和遥控	14
2.2.1 主机操纵和主机遥控的发展概况与分类	14
2.2.2 主机控制气动管路系统	15
2.2.3 主机遥控系统的设备和布置	20
2.2.4 主机遥控系统的功能及原理	24
2.3 机舱检测报警装置及集中控制台	29
2.3.1 集中控制台	29
2.3.2 机舱检测报警装置及其功能	31
2.3.3 轮机员呼叫系统	33
第三章 自动检测、调节及控制仪表	35
3.1 基础知识	35
3.1.1 自动调节系统的组成	35
3.1.2 自动调节系统的分类	37
3.1.3 自动化仪表的构成原理	39
3.1.4 自动仪表的主要品质指标	42
3.2 检测器(传感器)和变送器	43
3.2.1 热电阻式温度检测器	43
3.2.2 压力检测器	45
3.2.3 液位检测器	48

3.2.4 流量检测器	55
3.2.5 粘度检测器	56
3.3 放大器	58
3.3.1 机械放大器	58
3.3.2 气动放大器	59
3.4 调节器	61
3.4.1 调节系统的质量指标	61
3.4.2 调节器的调节规律	62
3.4.3 调节器的结构和原理	67
3.5 执行器及调节阀	72
3.5.1 气动膜片式调节阀	72
3.5.2 旋转式三通调节阀及其气动执行器	74
第四章 设备及系统自动控制实例	78
4.1 辅锅炉自动控制	78
4.1.1 辅锅炉自动控制的概念	78
4.1.2 锅炉水位的连续给水自动控制	78
4.1.3 锅炉水位的断续给水自动控制	80
4.1.4 锅炉燃烧自动控制	82
4.1.5 辅锅炉的程序控制和安全保护	85
4.1.6 辅锅炉实例介绍	87
4.2 空压机自动控制	88
4.2.1 空压机遥控	90
4.2.2 空压机自动启动/停止	90
4.3 滤器自动清洗	91
4.4 船舶油水分离器自动控制	94
4.5 主机燃油粘度控制及轻/重油转换系统	97
参考文献	102

第一章 概 述

现代建造的船舶大多数自动化程度较高。船舶航运业的竞争必须依靠自动化的实施,竞争也促使船舶自动化技术的不断发展。船舶自动化一般分为驾驶方面的自动化;装卸压载方面的自动化;机舱动力装置方面的自动化和运营管理方面的自动化。本教材主要介绍机舱动力装置的自动化,简称轮机自动化。

1.1 船舶自动化的发展

早在 50 年代,船上已采用一些自动控制元件和自动控制的设备。如最早在船上使用的压力开关、液位(浮子)开关和温度开关等控制元件。以后一些设备的局部实行自动控制,如锅炉的给水自动调节装置、锅炉自动燃烧装置(即锅炉蒸汽压力自动控制)、空气压缩机的自动启动和自动停止、柴油机缸套冷却水温度和滑油温度的自力式自动调温阀等,机舱局部设备和系统的自动控制维持了一段较长时期。有些自动化仪表和设备在陆地上使用良好,但使用在船上就常会发生问题,这是因为在船上受到摇摆、冲击、振动、机舱高温、潮湿等恶劣条件的影响。所以这就是船用仪表和设备要比陆用要求高的主要原因。

随着自动化技术的进步,在 20 世纪 50 年代后期到 60 年代初期,船上使用较为可靠的自动化设备不断增多,如全自动辅锅炉、自动电站、自动离心净油机等等。其后,随着经济的高速发展,尤其是发达的工业国感到劳动力的缺乏和船员的不足,这就促使船上采用更多的自动化设备。60 年代已较多地在机舱内设置主机集中控制台、或主机集控室控制、或主机驾驶室遥控;在机舱设置监测报警装置和集中监视的控制台。之后,又把集中监控台设在具有隔音、隔热、防火和装有空调设备的机舱集中控制室(简称集控室)内。见图 1-1 机舱集控室平面布置图。这样,机舱只需一个轮机员在集控室值班就可对机舱的动力装置进行监视和控制,这种形式的运行管理称为“一人值班机舱”。

图 1-1 为无人值班机舱船舶较为典型的集控室,它设置最重要的设备有:①主配电板,它是发电机控制屏,具有自动电站的功能;②组合启动屏,它是控制重要辅机(如空压机)和重要泵的自动起/停及故障切换的控制箱;③机舱集中控制台(简称集控台),它能监测动力装置所有运行设备及其系统的工作状态、自动记录重要参数及监测重要箱柜及舱底水液位,同时也可操作和控制主机、舵机等重要设备运行。按规范要求,集控室至少要有两个进出的门。图 1-1 的集控室并设有直通甲板的逃生孔。

在 60 年代中期,国外已在研制“无人值班机舱”,简称“无人机舱”。无人值班机舱是在机舱设备自动化发展到较高水平的基础上实现的。与此相应各国船舶建造规范也先后增订了机舱自动化部分。在 70 年代规范规定了无人值班机舱的标志,有些船级社较早增订了无人值班机舱标志,如挪威船级社的 DNV-EO、英国劳氏船级社的 LR-UMS、法国船级社 BV-AUT-MS、德国劳氏船级社 LR-AUT、美国船级社的 ABS-ACCU、日本海事协

会的 NK - MO 等规范。在 1983 年初,我国船舶检验局正式公布了增订的机舱自动化部分的规范,无人值班机舱符号为 ZC - AUT - 0。从发展趋势来看,今后建造的远洋轮船将大部分是无人值班机舱。

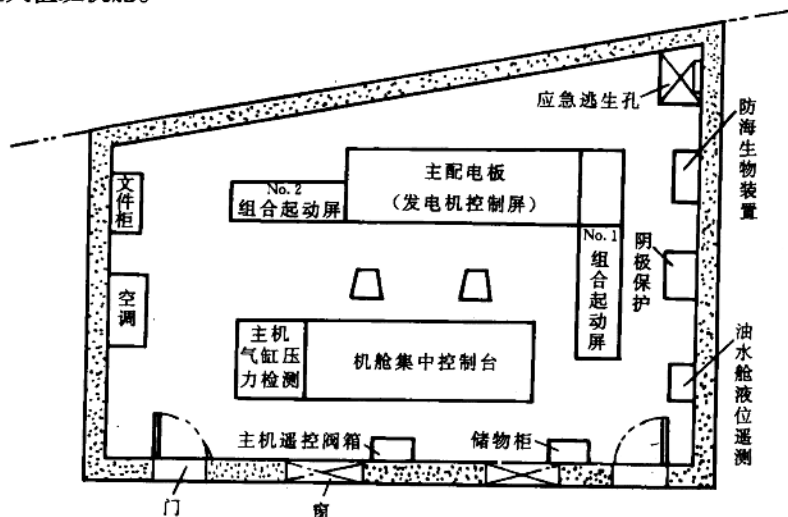


图 1-1 机舱集控室平面布置图

船舶自动化在无人值班机舱的基础上再进一步发展就是“一人驾驶”船舶。如挪威船级社规范对“一人驾驶”的标志是 DNV - W1,它的自动化水平也更高。除对机舱自动化技术水平要求更高外,对甲板装卸、压载控制和船舶管理方面都要有很高的自动化水平,尤其对驾驶航行方面,必须具有很高的自动化水平,如自动导航(自动舵)、自动定位、自动避碰、自动选择最佳航线等等。在驾驶室要专门设计一个“一人工作站”,便于观察所有的仪表,规定船外的视线范围,对船后的视线范围也有规定,为此,驾驶室往往设计成不对称形,“一人工作站”一般布置在驾驶室右舷凸出在前的位置。对驾驶室一人值班的人员提出更高、更多的要求,除要具有熟练的驾驶技能外,也要懂得机舱动力装置设备运行的知识,了解设置在驾驶室“一人工作站”的所有仪表的特性、用途和操作方法。经过专门培训后发给资格证书。“一人驾驶”有它专门的组织体制和职责,有它一定的监视程序、处理突发故障和应急措施的程序。

我国的造船工业,在船舶自动化技术方面起步较迟,但发展很快。江南造船厂在 1982 ~ 1984 年间,按照英国劳氏规范的 LR - UMS 为新加坡 NOL 公司第一次自行设计建造了两条无人值班机舱的 700 箱集装箱船;以后分别按照法国规范 BV - AUT - MS、美国规范 ABS - ACCU、挪威规范 DNV - EO 建造了一批向香港地区和美国、德国、加拿大、挪威、日本等国出口的 65 000t、73 000t、50 000t、34 000t 等无人机舱散货轮;曾为中波轮船公司建造了四条无人机舱的 18 200t 货轮,它们必须同时符合我国 ZC - AUT - 0 规范和波兰船级的 PRS - AUT - 24 规范;曾为联邦德国建造的两条 4 000 辆汽车滚装船是按照德国劳氏规范 GL - AUT 要求。

沪东造船厂在 1987 ~ 1990 年与联邦德国汉堡 Schiffko 设计公司联合设计,为联邦德

国 HapagLloyd 公司建造了一艘高度自动化的 2 700 箱带集中制冷式冷风型冷藏集装箱船的“柏林快航”号。该船被国际航运界誉为“未来型船舶”。按照联邦德国 GL - AUT 无人值班机舱规范建造,并提高为“一人驾驶”船舶。在该船上集中采用了 50 多项世界高科技新技术,有些设备还处于设计研制阶段。她的成功设计和建造,标志着我国造船工业的技术水平已接近当前世界最先进的水平。该“一人驾驶”的未来型船舶的主要特点是设有船舶操纵中心 SOC(Ship Operation Center)和船舶管理中心 BMC(Board Management Center),以代替原来的驾驶室和机舱集控室。未来型船舶无论在操作上还是管理上都有一套新的概念,因此在布置上也大大不同于一般船舶。

船舶操纵中心设在驾驶室,操作中心位置在一个不同于一般船舶的非对称形驾驶室并凸出于前面的右舷侧。一个驾驶员坐在能提供最佳视野、位于操作中心带有轨道的座椅上值班,如同飞机的驾驶座舱,在驾驶员的周围设有雷达屏、自动舵控制板、罗经、导航信息显示屏、各种电话通信设备、主机遥控操作板、首侧推控制板和遥控锚机抛锚等各种仪器仪表,以及机舱检测报警操作板及其显示屏。驾驶员在座椅上可安全地操作船舶运行,同时可监视船舶所有航行和机舱的技术工况,通过自动导航系统保持给定的航向,自动地在航海绘图仪的海图上显示出船位。此外,在驾驶室船中心线的位置设置有普通的随机操舵手轮、罗经显示器、雷达、各种通信设备以及应急用的主机遥控操作板。当操作中心设备出现故障或领港员上船引水时,可使用通常的操作方法驾驶船舶。

该船先进的综合导航系统可实行从起始港码头直达目的港码头的全程自动导航功能。在港口和近海,利用雷达的导航功能,可在雷达屏幕上作出预定航线,加上计程仪、测深仪、风速风向仪等所测参数,经计算机优化校正后再在雷达屏幕上显示出新的航线,屏幕上的导航数据传送到跟踪自动舵的电子装置,经处理后控制舵机,使船舶沿着雷达屏幕上的航线航行。当船舶进入大海,不能利用雷达目标后,跟踪自动舵可转入导航仪导航状态。根据海图,将预定航线的各个转向点经纬度等参数输入计算机,然后通过计算机将定位仪测得的实际船位与预定航线进行比较,再输出舵令信号,使船舶沿着预定航线航行。

船舶管理中心 BMC 设置在主甲板上。它将船上所有的管理机构,如船长办公室、轮机长办公室、无线电通讯室和轮机、甲板、货物办公室(会议室)都集中在一起;并紧邻相通着设有对机舱及全船重要设备和系统监控的集控台的 BMC 控制室。这样,便于值班管理人员联系工作,提高工作效率。利用最先进的办公设备、装载计算机、物资贮备计算机,通过卫星通讯连接岸上公司管理中心,公司可随时掌握船上装载情况、物资贮备、备品供应等情况,使船舶保持最佳营运状态。BMC 控制室中的集控台,它取代了机舱集控室,除对主机不能遥控操作外(取消了传统的集控台操纵主机方式,主机只能在驾驶室操纵中心遥控和机旁操作),它的主要功能范围有:对主机及其各系统的检测和安全控制;对电站和辅锅炉的检测、自控和遥控;对重要泵故障的自动切换、自动启动/停止、遥控起/停;集装箱冷藏系统的检测和控制;油水舱液位遥测和舱容计算;压载舱、油舱、水舱的遥控驳运;防倾系统;火警监测;轮机员呼叫等等。全船设有 2 502 个检测报警点(其中主机及其系统 219 点)、发电机组 220 点,货物冷藏系统 1 000 多点;使用计算机共 30 台,10 个信息系统,30 台显示屏幕。

该船集中采用了 50 多项节能措施,其中采用最新技术的变频节能有船舶电站变频运

行和电动机变频调速。变频电站在国际造船界首先被采用,该船电站有主柴油发电机 4 台,其总容量达 7 000kW,电站频率变化随主机运行工况变化而变化,当主机功率从 100% 负荷到 60% 负荷范围内变化时,电站频率自动调整对应地在 60~52Hz 范围内变化。由于主机功率降低,为主机服务的燃油泵、滑油泵、冷却水泵的排量也可相应减少。而降低用电频率,使泵的电机转速降低,从而减小了泵的排量,也降低了电能消耗。该船有 544 只冷藏集装箱采用集中风冷系统,其采用 86 套变频调速装置,其中用于风机电动机的 80 套,用于盐水泵和海水电动机的 6 套,频率变化范围在 20~60Hz,这也是首次应用的节能技术。

“柏林快航”未来型船舶采用大量的最新技术和新设备,实行了新的现代化管理,提高了船员的工作效率,减少船员到 16 人(目标为 10 人)。减轻船员的劳动强度,美化工作环境,使船舶能在最大地节约能源消耗的情况下安全可靠地航行,最终目的是提高营运的经济效益。

1.2 发展船舶自动化的主要任务

(1)减少船员人数

在 60 年代以前,一般万吨级远洋货轮的船员定额 45~50 人。随着船上使用自动化设备的增多,在 60 年代船员减少到 35~40 人。70 年代中建造无人值班机舱的船舶逐步增多,船员定额已逐渐减少至 22~30 人左右。随着自动化技术进一步的发展,电脑功能不断地开发和应用,实现了“超自动化”,建造一人驾驶的船舶,船员只需 10~12 人,甚至更少。减少船员的最终目的是可减少船员的工资支出,尤其是西方船员工资高昂。这样可节省运营费用。

(2)减轻船员的劳动强度

动力装置的设备和系统实现了自动控制、自动调节、遥控操作和自动检测、报警、记录,就不需要船员去现场操作(或只是简单的操作)、巡回观察和人工记录,不需要夜间值班。具有隔音和装有空调设备的机舱集中控制室,创造了良好的工作环境,改善了船员的劳动强度,使值班船员精神饱满地工作,能保持动力装置的安全运行,提高了对设备维修的工作效率。

(3)提高船舶运行的安全可靠

机舱设备和系统实现了自动控制和自动调节,就可避免由于人工误操作引起的设备损毁事故。而轮机人员劳动强度的减轻和劳动条件的改善,又能使值班人员保持清醒的头脑,增强处理各种事故的能力,也加强了对设备的维修保养,提高了设备运行的可靠性。自动监控系统能对设备和系统发生的各种不正常现象及时发出报警。对重要设备设有安全保护装置,如主机的自动降速和自动停车;锅炉的自动停炉(切断燃油);重要泵的故障自动切换等等。这些都是为了提高动力装置的安全可靠性。

(4)提高船舶营运的经济性

船舶自动化的最终目的是提高船舶营运的经济性,这是航运业竞争的最重要因素。船舶实现了自动化,使船员人数减少,节省了支付船员工资和船上生活费用,对国外高薪

船员的费用更为可观。据欧洲某会议 1980 年的统计资料,60 年代船员费用占总营运费用的 32%,1979 年无人值班机舱船舶的船员开支降至 23%。当设备有不正常的情况发生能及时发出报警,防止设备损坏事故的发生,也减少了船舶停航检修的费用。有些船舶设置主柴油机工况检测(气缸爆压检测)和故障预诊断(如缸壁磨损)等新技术,并能将这些数据图形自动通过卫星直接传输至岸上的航运技术管理部门,以便于指导船上对设备运行作调整和编订船舶维修计划。这些措施能延长设备运行周期,避免一些因突发事件的发生而影响了航运计划,也提高了经济效益。

据统计资料,由于自动化水平的提高,维修管理费用由 60 年代占营运总费用的 18% 下降至 70 年代的 7%。

1.3 机舱自动化的功能分类

机舱自动化按功能大致可分为三大类。

(1) 设备的遥控

机舱设备遥控包括:在驾驶室或集控室进行主机遥控;驾驶室遥控操舵;集控室遥控起动/停止发电机、空压机、重要泵浦;压载蝶阀遥控;主甲板消防控制室应急遥控切断燃油柜上通向主机、柴油发电机和锅炉的燃油快关阀;在集控台上遥控操作锅炉的程序吹灰等等。

(2) 设备的自动控制和参数的自动调节

机舱设备的自动控制和参数的自动调节包括:自动电站;全自动锅炉;空压机的自动起动/停止;泵的自动起/停;燃油和滑油滤器的自动清洗;燃油日用柜底部自动泄放(水份)等等。又如系统中滑油温度、燃油温度、冷却淡水和海水温度等等的自动调节;压力、液位等的自动调节。

(3) 自动检测、报警及延伸报警

自动检测、报警及延伸报警包括:对主机、发电机、辅锅炉及其他重要辅机等设备的运行状态进行监视;对重要设备、箱柜及其系统中各种运行参数(如压力、温度、液位……)进行检测。如设备发生故障,或系统中参数发生超差,则会发出报警。如为无人值班机舱,将报警延伸到值班轮机人员房间及有关公共场所。一般大型货轮的检测报警点大约有 300 多点,这些检测点用传感器校验、安装和调试的工作量也较大。

第二章 无人机舱、主机遥控及机舱监控

上一章概述中提到机舱自动化目前已发展到较为普遍的“无人值班机舱”，简称“无人机舱”。轮机自动化的主要内容包括无人机舱、主机遥控及机舱监控，这一章将分节介绍和讲述这三个部分。

2.1 无人机舱

2.1.1 无人机舱的含意

目前，世界各国建造的远洋轮船机舱大部分是自动化水平较高的“无人机舱”，即是“无人值班机舱”。所谓“无人值班机舱”，就是船舶在航行时利用机舱自动化设备、自动调节系统及驾驶室遥控主机等设备来代替轮机人员在机舱值班期间的操纵管理工作，从而实现一段时间内（如有 8h、16h、24h 甚至 48h）机舱不需要轮机人员值班。至少是夜间 8h 机舱不需要轮机人员值班，因为夜间工作最能使人疲劳。船员夜间能够按照人的最佳生活习惯睡觉，这也是减轻船员的劳动强度，船员夜间睡好，白天精力充沛，也能提高工作效率。

“无人值班机舱”船舶，不论是 8h 或 24h 无人机舱，船上的机舱值班制度一般都安排在夜间机舱内不值班（不论在航行状态还是停泊工况），在白天去机舱巡视、检查设备运转是否有异常的响声和泄漏等不正常情况，去集控室查看和整理动力装置运行主要参数的自动记录数据，以及做些日常的泄排（如非自动清洗滤器的排污；锅炉上、下排污；锅炉水位表的吹泄等等）、抽除舱底水、锅炉吹灰等一些简便操作工作和机舱设备的维修保养工作。

机舱在无人值班运行期间，仍是有指定的值班人员，但他不在机舱值班，而在自己的住所房间里值班，夜间可自由睡觉。当机舱设备发生故障报警时，则通过机舱监控装置会将报警延伸到值班人员的房间及公共场所（如餐厅），由声响和指示灯显示出机舱所有设备故障报警，值班人员得知后应立即去机舱处理。

当船在进出港口和离靠码头时，尤其在狭窄的江河航道中，为安全起见机舱集控室仍有轮机人员值班。这样，在主机工况频繁变化时，一旦出了问题，轮机人员可以立即进行处理。

2.1.2 无人值班机舱的设计问题

无人值班机舱，机舱自动化，它是针对船舶动力装置来讲，无人值班机舱不是一个单独的自动化系统，它与该船的整个动力装置是密切相关的，是由各自动化装置设备配套成一个整体的总称。

无人机舱的设计是烦琐而细致的工作。首先必须熟悉该船的动力装置及其运行方式，了解每个设备及其系统的自动控制和保护系统；要满足该船所入级的船级社建造

规范对无人机舱的要求;要满足船东的要求,即所订合同建造说明书中对自动化的要求,才能准确地设置必须的控制、检测和报警点,确定合适的控制参数在正常工作时的设定值和报警设定值。设计建造好无人值班机舱的值量指标,最终要看船舶在无人值班机舱运行试验中,机舱动力装置及其附属的重要设备(约有 300 ~ 500 点的检测报警点),应没有发生误报警、重复报警和遗漏报警。

误报警——指在设备正常的情况下也会发出不应有的报警。例如,有这种情况,自动起/停的设备,在正常起动或正常停止时会发出报警,这是错误的。

重复报警——当出现一个故障,会有两个以上的检测报警点发出报警。例如自动化设备本身带有某一故障的报警点,在船舶系统设计中又加设了同一故障的检测报警点,这就重复了。

遗漏报警——往往会发生自动化设备本身带有的一些故障报警点,在船舶系统设计中没有将这些报警点接进集中检测报警系统中。

以上这些错误的发生,主要是在自动化设备中控制线路不符合无人值班机舱的要求而出现的错误,或设计人员对检测报警点选定位置的错误,或其他考虑不周等因素而造成的。要避免这些错误,设计人员必须在设备订货的技术谈判时给予注意,向设备制造厂提出输出报警点接线方式的要求,和对每个检测报警点必须细致地相互协调清楚。

2.1.3 船级社规范对无人机舱的要求

各国的船级社规范对无人值班机舱的要求都是大同小异的,有些规范制订得较为详细或具体,有些规范制订得较为原则,但基本原则相同,都是基于机舱在无人值班期间,动力装置设备和系统的运行要能保证船舶安全航行。规范没有对运行的经济性提出要求,其他如甲板机械方面,生活设施方面的设备的自动控制也不属于规范对自动化的规定范围。

由于机舱和集中控制室无需值班人员,整个动力装置的运行必须依靠自动化设备的自动控制,各种参数(压力、温度、粘度、液位等)的自动调节,主机和舵机的驾驶室遥控,以及对那些为航行服务的重要机械设备的运行进行自动监测和自动记录,并要为那些自动化设备在机舱所处位置创造安全的工作环境,包括环境温度(如必要则加设通风或空调),并对这些场所用火警自动探测进行监视。因此规范对这些范围提出了具体要求。

规范对所有的自动化设备的自动控制装置和遥控装置提出要求,应设有使“自动”转换成“手动”的设施,以防自动控制或遥控装置万一出了故障,可由“自动”转为“手动”,以保证动力装置仍可安全正常运行。

以目前世界上建造最多类型的船舶使用柴油机为主机的动力装置为例,各船级社对无人值班机舱需配备主要设备的自动化可归纳为:

- 1)主机的驾驶室遥控装置;
- 2)自动检测、报警及延伸报警装置,轮机员呼叫系统;
- 3)自动电站装置(包括备用发电机自动起动、自动并网、负荷自动分配、自动卸载、应急发电机自动起动、全船失电恢复正常后重要用电设备的程序起动等等);
- 4)辅锅炉全自动;
- 5)空压机的自动起/停;

- 6)滑油净油机、燃油净油机的自动控制(自动加热、自动定时排渣);
- 7)重要泵(为主机、辅锅炉、发电机组等服务的泵)的故障切换,备用泵自动启动;
- 8)重要油水箱柜液位的自动控制;
- 9)燃油加热器、滑油、淡水冷却器的温度自动调节装置;
- 10)燃油粘度自动调节装置;
- 11)燃油滤器和滑油滤器的自动清洗;
- 12)控制空气冷却干燥过滤器装置(用于气动自动调节器);
- 13)控制、检测、报警用的压力、温度、液位、流量等各种传感器;
- 14)舱底水位检测报警(并有设置污水井抽除长时间运行报警及监视船体、管路、设备大破损引起机舱大量进水的报警);
- 15)机舱防火、失火探测报警。

各国船级社规范所列出的对机舱动力装置主要设备的控制、检测和报警点的要求,为最低限度的数量。实际上每条船的控制、检测和报警点的数量要超过很多,这是因为自动化设备本身为保证安全运行所需要加设的,有的是船东要求加设的,有的是船舶在系统设计时需增设的。

有些规范要求不是很恰当(所以规范也在不时地修正),但我们在设计时还是要满足这些要求。就按照规范要求,但在给船级社送审自动化设备的技术资料、设计图纸及控制、检测、报警项目时,船级社审图验船师还可能提出并坚持某些超出规范的要求,一般也得给予满足。某些规定、规范不够明确,则解释权在于主管该船审图的验船师。

2.1.4 满足船东对无人机舱和自动化设备的要求

无人机舱的船舶,一般配备的船员都较少,船东为了尽量减少船员的操作和劳动强度,对不属于规范要求的项目,包括一些生活设施,也必须进行自动控制、遥控、遥测和检测报警。有些是出于船舶节能、经济航行,以及故障预诊断,便于制订维修计划而考虑增加的控制设备和检测项目。例如下列的装置:

- 1)主柴油机和柴油发电机轻—重油遥控转换装置;
- 2)日用燃油柜底部定时自动泄放装置(排去可能出现的凝水);
- 3)油舱、水舱、压载水舱、首尾吃水液位遥测装置;
- 4)压载舱蝶阀遥控装置;
- 5)废气锅炉自动顺序吹灰装置;
- 6)主机起动空气中间阀(远航时,为减少主起动阀的长期空气泄漏损失,在主空气瓶至主机起动阀之间设置);
- 7)饮水、热水、淡水等压力柜的自动控制(由柜中压力来控制泵的自动起/停);
- 8)污水(粪便)处理装置、舱底水的油水分离器自动净化和排出(防污染公约要求);
- 9)饮水消毒器、防海生物装置、船壳阴极保护装置、冷库温度等故障报警;
- 10)主机气缸燃烧压力检测器,带有示功图、程序计算功率及显示记录装置,通过它可了解主机运行调整是否在最佳状态,以及了解气缸、活塞环的磨损情况。

因此,无人机舱所配备的非重要的自动化设备,有些是决定于船东要求而设计的。船东的这些要求是在与船厂签订合同时在建造技术说明书中列入的。

检测报警点的设置,有时根据船东要求也要增加很多。如规范规定,对主柴油机可用曲轴箱油雾浓度(由于轴承不正常的高温造成油雾高浓度报警)的检测代替主轴承、曲柄销轴承、十字头轴承(正、倒转)等温度的检测。但某船厂为中波轮船公司建造的 18 200t 无人机舱船,船东除要求有曲轴箱油雾探测装置外,对曲轴箱内各轴承温度都要设定检测点,并对主轴承的高温报警和安全保护要求分别设点,这样,五只缸的主机就得增加 27 个检测点。且在曲轴箱内装设这些温度传感器较为困难。但因船东坚持要加这些点,船厂也只能满足他们的要求。

2.1.5 无人值班机舱如何选用机舱自动化设备

为无人值班机舱配备的自动化设备及元器件,它们除需符合规范要求外,制造质量和运行性能都必须非常可靠。如常出现故障,轮机员频繁下机舱处理故障问题,就失去了无人值班机舱的作用。

对于用于控制、检测、报警用的自动化元器件,如压力、温度、液位等开关量和模拟量传感器,以及压力、温度、粘度等控制器都必须选用建船所指定入级船级社认可型的。对重要的机舱自动化设备,如主机及其遥控装置,辅锅炉及其全自动控制,发电机组及其配电控制设备,机舱检测报警装置及其集控台、驾控台等重要设备都必须单独给船级社和船方送审和认可。

2.1.5.1 无人值班机舱对自动化设备的要求

这个问题在自动化设备订货时应认真对待。设备制造厂必须满足所指定的船级社建造规范的要求,也要满足与船东签订造船合同所共同确定的技术说明书中的要求。在设备订货进行技术谈判时,必须对这些要求逐项讨论研究,确定该设备的控制、检测和报警项目,以便于进行下一阶段的技术设计和施工设计工作。否则,到以后才发现不满足或不符合以上要求,就必须花更多的时间联系协调,或修改系统设计或修改订货合同、调整价格等而引起许多麻烦事,甚至到装船试验阶段还要作修改。

2.1.5.2 自动化设备本身的要求

随着技术的进步,自动化设备不断更新,已较广泛地采用微电脑,致使自动控制功能更完善,所以无人值班机舱设计时,必须了解和熟悉自动化设备的功能,以及它们在动力装置系统设计的运行工况,才能进行控制、检测、报警的系统设计。

例如,不久前丹麦总部通知,B&W 主机需要加设缸套冷却水低差压报警并降速,各国规范上并无此要求,这是因为船舶动力装置采用先进的集中冷却系统逐渐增多,由于集中冷却系统中主、辅机设备各冷却系统会相互干扰,造成主机冷却水出口背压增高,相应使主机冷却水进口压力也会增大,因此原来仅设置缸套冷却水进口压力的监测及低压报警已不能表明主机缸套冷却水处于正常工作状态,而必须加设进出口差压值的测量,用冷却水流量来监测才能证实它的正常与否。

2.1.5.3 合理选用自动化设备

设计人员不断地、及时地了解国内、外自动化设备和元器件产品的各种最新信息,以便为设计选型时有多种可选择。作为设备厂商总是希望成交金额大利润多,往往只介绍结构复杂但价格贵的商品。如日本“中北”的液位开关,在 1985 年以前我们建造的出口船都采用厂商主动推荐的结构复杂的浮子开关。之后,船上绝大部分的浮子开关改用了结

构简单、体积小、价格也只有原来复杂型的四分之一。

选型时还得考虑,同样能达到自动化功能的要求,并不是选择自动化设备要愈先进愈好,因不断更新技术,有时价格也往往很高。除考虑设备本身的价格,还必须考虑该设备的安装施工和调试中所耗用的材料和工时的价格,这对降低造船成本有很大影响。

2.1.6 技术协调是无人机舱设计的主要工作之一

当船舶设计进行到技术设计阶段结束,根据所指定船级社规范无人值班机舱的要求,船东的要求,所订自动化设备的技术资料和动力装置系统设计的要求等,对所有检测、报警和自动控制项目进行汇总。无人机舱技术协调的目的就是对这些项目进行核实,避免遗漏、重复和误报警情况发生;同时也为了便于以后的施工设计及施工。协调的主要工作内容如下:

2.1.6.1 各自动化设备的分交范围

首先根据船厂与自动化设备厂商的订货合同,对设备厂提供的确认资料进行审阅,设备的控制、检测和报警项目是否符合规范要求、造船技术说明书要求和动力装置的设计要求。然后明确各设备的分交范围,并对各设备厂之间进行协调,例如,生产带有检测、报警装置的集控台制造厂,在它们的集控台上装有主机制造厂提供的主机操纵装置、主机安全保护控制板及主机必要的指示仪表(如主机转速表、增压器转速表、喷油泵齿条格数指示表等;锅炉设备厂提供的遥测水位表;自动控制阀件制造厂提供的燃油粘度自动调节器及轻重油遥控转换装置等等)。这就必须要对集控台制造厂与这些有关设备的制造厂之间进行协调联系,要求这些设备厂提供安装于集控台面板上和集控台内部的零部件图纸、管路图、接线图和它们的安装连接尺寸,并明确将制造完工的这些零部件按交期期限直接发货到集控台制造厂,以便集控台制造厂进行设计、施工和配套总装。

2.1.6.2 自动化设备与集中检测报警装置之间信号接口协调

一般自动化设备具有的自动控制、检测报警和安全保护系统的功能都由该设备带供的控制箱进行控制,当该设备发生任何故障,控制箱上均有指示,但在集中检测报警装置上只用该设备故障总报警来显示。对重要的自动化设备,如主机、锅炉和发电机,根据规范和造船技术说明书的要求,必须在集控台上单独显示某测量参数和故障报警点,因此对自动化设备就必须协调清楚,有哪些控制、显示和报警点,以何种信号与集控台的检测报警装置相衔接,是开关量信号还是可显示和自动记录参数值的模拟量信号。模拟量传感器的信号是否一致,如有规定铂电阻温度传感器信号为 PT100 Ω ,压力传感信号为 4~20mA。对少数的模拟量参数传感器,如转速、功率、流量、位移等更要注意逐一核对模拟量信号。

2.1.6.3 自动抑止报警和延时报警的协调

报警的抑止有手动抑止和自动抑止之分。手动抑止的作用是避免对不在运转的主机、各台发电机、辅锅炉的检测点发出不需要的误报警。因此对这些设备停用时用手动按撤该设备的报警抑止按钮,则该设备由于停止运转也就停止发出它所有的报警。报警的自动抑止问题较为复杂。当自动化设备在自动起动过程中或正常停止时,或因工况变化时在自动调节过程中,造成某些被检测点参数值的正常波动有短暂时间超过报警设定值,则就必须对这些检测点的报警进行自动抑止,或采取延时报警的办法来避免误报警。

无人值班机舱的自动化设备控制箱上的报警点,哪些点应抑止或延时,如何抑止,这些都应由设备制造厂考虑设计这些功能。而对某些模拟量参数在集中检测报警系统中显示和报警,必须根据动力装置系统设计图及它们的运行工况变化来进行分析,是否需要抑止,用什么信号去抑止。如辅锅炉用重油燃烧时,在炉旁控制箱上设有高、低油温报警,当燃用柴油时就必须自动抑止燃油低温报警,这个抑止功能由锅炉制造厂设计解决。又如主机使用重燃油时,在集控台上设有高、低粘度报警,当转为使用柴油时,就必须自动抑止低粘度报警,这应由我们报警系统设计来解决;又当柴油转换至重燃油时,由于管路中有剩余的柴油,所以还必须延时约 30min,取消自动抑止功能,这样就可避免误报警的发生。

延时报警:一般为避免压力的瞬时波动而引起误报警,则需延时 1~3s。为避免因船摇晃而引起液位报警,则对锅炉水位和所有箱柜等的液位报警应延时 10~20s。但某些报警的延时必须根据实际情况单独给予考虑,如锅炉或柴油机从燃用柴油转换到重燃油时,因管路中还有剩余的柴油,以及重燃油有一个加热升温过程,因此,必须延时取消抑止低温或低粘度报警,延时多少应根据管路的长短、升温快慢的实际情况给予调节。又如主机燃油滤器自动反洗时引起燃油压力降低至报警值,则在反洗期间,可用增加延时 3~4s 报警的办法来避免反洗时的低压报警。也可用在反洗期间抑止燃油低压报警的办法。

在协调中,也应避免重复的延时功能和抑止功能,如锅炉低水位报警点,设备制造厂的控制板上已设有报警延时功能,则集中检测报警系统就不需要再加延时。

2.1.6.4 对船级社的协调

由于自动化设备不断改进,新型设备不断出现,因此规范要求的一些控制、检测、报警往往不相适应,这些特殊情况就必须呈请船级社作为例外征得同意。

又如规范规定,自动化设备的控制系统、检测报警系统和安全保护系统,原则上应相互独立,要具有各自的传感器。但往往由于安装位置受限制等原因,有部分是共用同一个传感器,如主机故障应急停车和故障自动降速都是属于安全保护系统,但往往故障应急停车是用单独的传感器,而故障降速与报警系统合用同一个模拟量传感器,这种情况也应征得验船部门的同意。

2.1.6.5 对船方的协调

通过订货后已确定的自动化设备和机舱动力装置各系统的技术设计,对造船合同技术说明书中所列的控制、检测和报警项目总是有些变动修改,这必须向船方说明并征得同意。

2.1.6.6 设计专业之间的协调

从上述内容的协调可知,无人机舱设计的相关因素甚广,它与动力装置及其系统设计关系密切。在设备订货的技术谈判和技术设计过程中,就应将无人值班机舱的各具体要求都要考虑在内,这就得勤于联系协调。

在各管路系统的设计图中,应协调将控制、检测和报警点都要包括进去和标注出来,避免遗漏。控制、检测和报警点的具体位置的设定应合理,避免发出误报警或控制报警的失效。

轮机设计和电气设计专业之间的协调非常重要,因每个控制、检测和报警项目大都是机电相连。一般动力装置的自动化项目对控制、检测和报警功能上的要求,在轮机设计师

提出后由电气专业人员进行电路系统设计,传感器由轮机设点安装,由电气接线。

从以上列举的协调工作内容可看出,协调是一个很细致、工作量很大的烦琐工作,如何完成好协调工作将关系到无人值班机舱设计的质量。

2.1.7 管路系统图上自动化符号的标注

现代一张设计完整的管路系统图上标注着各种自动化符号,从这些符号可看出这张所设计的系统图中这些装置具备的自动控制、调节、遥控、检测和报警等所有的自动化项目。

各设计单位对这些符号的标注各有差异,但在每张图中都列有图例说明。江南造船厂对自动化图形符号已编订厂标 JNS14-007-93“船舶自动化仪表和附件图形符号”,这些符号还不够完善,有待进一步修改。

现介绍一些常用的符号:

(1)标注在设备和泵的近旁的自动化功能符号



自动启动/停止



遥控启动/停止



自动启动



遥控启动

自动停止



遥控停止



自动转换(运行设备或泵故障,则备用设备或泵自动启动)

(2)在管路和箱柜上标注的控制、检测和报警的元件符号



压力和温度模拟量传感器 Transmitter and Sensor



压力开关 Pressure switch



温度开关 Temperature switch



液位开关 Level switch

(3)检测仪表及检测功能符号



现场(机旁)仪表符号



独立于集中检测报警系统之外的自动检测功能符号



集中检测报警系统的自动检测功能符号

在上述图形符号中填写各种代表字母,组合成被检测点的参数名称和功能要求。

参数符号代表字母如下(注在图形符号的横线上方):

P——压力 Pressure

Pd——差压 Differenture pressure

T——温度 Temperature

V——粘度 Viscosity

L——液位 Level

F——流量 Flow