

# 海洋工程船的自动化

傅晓红, 朱 滢, 张海荣, 吴斐文

(708 研究所, 上海 200011)

**摘要:** 海洋工程船的自动化控制是高度综合性的自动化系统, 是正在迅猛发展的船舶高新技术的热点。本文主要通过大型挖泥船及起重/铺管船的自动化控制的应用综述, 归纳了海洋工程船的自动化类型和结构的基本模式, 并提出了若干建议。

**关键词:** 海洋工程船; 自动化控制; PLC 技术; 计算机技术; 网络技术

**中图分类号:** U615.35

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1005-9962(2008)04-0039-06

**Abstract:** The automatic control system of offshore workshops is a highly integrated system. It is a heat point of rapidly developing marine high technology. This paper comprehensively describes the automatic control of large hopper dredgers and lift/pipelaying vessels, summarizes the basic automation types and configuration of offshore workshops, and puts forward some suggestions.

**Key words:** offshore workshop; automatic control; PLC technology; computer technology; network technology

## 1 海洋工程船自动化的应用概况

### 1.1 概述

船舶自动化长期以来主要局限于柴油机推进船舶以机舱或者说以轮机为中心的自动化。自动化的对象是主机、离合器、调距桨、电站和辅机等, 自动化的内容包括控制系统、安全系统和报警系统。CCS《钢质海船入级规范》2001 年版第 7 篇的篇名就称为“轮机自动化与遥控”, 而 2006 年版第 7 篇的篇名则将“轮机”两字取消了, 说明自动化就不局限于轮机而适用于所有机电设备, 船舶自动化进入到了一个更广泛的领域和层次。这是符合实际情况的, 海洋工程船自动化应用情况可证明这一点。

现代海洋工程船是以工程作业为目标的特殊船舶。除了推进装置的正常遥控外, 还赋予更多的功能或性能要求, 如动力定位、自动轨迹跟踪等。此外, 更多的是以中央集成控制为要求的自动化系统, 如挖泥船的疏浚作业的自动控制、起重船起重作业的自动调载控制、铺管船铺管作业的自动移船铺管控制、半潜平台或半潜运输船的自动升沉控制、自升式平台或桩定位作业挖泥船的自动插桩及

拔桩控制、布缆船的自动布缆及捞缆控制、起重船挖泥船等需锚泊定位作业的自动锚泊定位及移位控制等等。这些自动控制或自动化系统大多涉及多个系统和设备的配合和协调、状态和参数的共享和传输、控制位置的转换, 同时也包含对外界信息的采集和必要的判断和运算, 离不开计算机系统的应用。

现代海洋工程船在动力系统形式上更具有多样性, 特别在电站类型上更显示出其特殊性。一种是中心电站类型, 包含电力推进系统; 另一种为推进主机的功率转移类型, 包含大功率轴带发电机系统+作业机械。无论哪一种类型, 电站自动化的功能会大大超出规范中对电站自动化的要求, 一般的功率管理系统还满足不了, 其中最突出的是对配电板多段汇流排的通断控制。

### 1.2 大型挖泥船概况

以耙吸挖泥船为代表的大型挖泥船的设计建造已达到了一个前所未有的高度。自从 1970 年代开始建造的 4 500 m<sup>3</sup>“劲松”号、“险峰”号以来, 始终没有间断过。到了 1990 年代及本世纪初, 简直可以说达到了登峰造极的地步, 型号及数量之多, 也令业内人士感到惊讶。其中主要的有 1 500 m<sup>3</sup> 6 艘、500 m<sup>3</sup> 5 艘、3 800~4 200 m<sup>3</sup> 2 艘、5 000 m<sup>3</sup> 2 艘、8 000~9 500 m<sup>3</sup> 3 艘、13 000 m<sup>3</sup>~13 500 m<sup>3</sup> 3 艘、16 888 m<sup>3</sup> 1 艘, 以及旧船改造的 9 000~12 000 m<sup>3</sup> 5 艘。另外, 还有出口境外国外 4 型 7 艘。它们全部

第一作者简介: 傅晓红, 女, 工程师。1979 年生, 2004 年上海交通大学电力系统及其自动化专业硕士研究生毕业, 现从事船舶电气设计工作。

采用主机遥控、驾驶室中央集成疏浚作业控制。主机遥控具有单机定距桨、单机调距桨、调距桨+轴发一拖二、调距桨+轴发+泥泵一拖三等多种动力型式。泥泵驱动具有单机驱动、电动驱动、变速箱双速驱动等动力型式。耙管驱动具有电动、液压两种。泥门、闸阀驱动均为液压。高压冲水泵驱动具有单机驱动、电动驱动、电动变频驱动等。中央集成控制具有硬线、总线网络及以太网控制。系统设计除了早期由总体所设计、船厂制造模式外,1990年代以来基本由供应商总包,除了作业机械设备层面由机电产品供应商分包外,中央集成控制包括疏浚计量仪表基本由交大东伟公司和驰博公司承担。总体水平以1 500 m<sup>3</sup>而言,已超过了1970年代进口的同型船,13 500 m<sup>3</sup>已达到了进口的12 888 m<sup>3</sup>水平,被誉为“神洲第一挖”。

### 1.3 起重/铺管船概况

随着海洋工程作业业务的日益繁忙,对起重/铺管船的需求日益迫切。自从2002年采用国外设计自行建造了3 800 t“蓝疆”号以来,已自行设计建造了4 000 t起重船“华天龙”号,被誉为“亚洲第一吊”。尚在设计的有3 000 t起重船、4 000 t深水起重/铺管船、1 200 t浅水起重/铺管船及出口伊朗的4 400 t起重/铺管船等,起重/铺管船一下子成了热点。起重/铺管船上主要作业机械有大重量起重机、铺管流水线(包括管子输送滚道、坡口机、焊机、探伤机、包覆机、张紧器、收放绞车等)、锚定位绞车(8~12台)、定位螺旋桨推进器(6~12台)、压载泵、调载系统等。除了起重机在机上控制外,其余均在驾驶室中央集成控制。无论起重还是铺管作业,一般均需船舶处于“定位”状态,所以具有“动力定位”和“锚泊定位”两种方式。动力定位是一种全船性的自动化控制方式,由计算机采集风向风速、船舶运动及位置参数进行定位计算,发出螺旋桨推力大小和方位信号进行定位控制。锚泊定位可以由动力定位计算机控制也可人工控制,分单绞车控制及手柄联动控制两种方式。铺管作业中收放绞车工作必须与船舶定位(螺旋桨或定位绞车)协调工作,即管子的入水与船舶移位同步。而起重作业主要与调载系统协调工作,以保持船舶纵横倾不超过要求;根据现场吊放位置的不同需要,船舶定位系统也需协调工作。附带说明的是,上述作业机械全部是交流变频调速驱动控制,可以说是电力推进与电力驱动的大集成,是当代船舶电气系统技术的最高级体现。中央集成控制同样是硬线、总线网

络及以太网控制。系统设计基本由供应商总包,目前基本上由国外著名电气公司承担。其中CONVERTEAM(前身ALSTOM)公司可全部总包,从动力定位直到各作业机械电动机。而KONGSBERG公司只能包动力定位及船舶自动化,配电板、变频器及电动机等由SIEMENS或ABB公司总包。

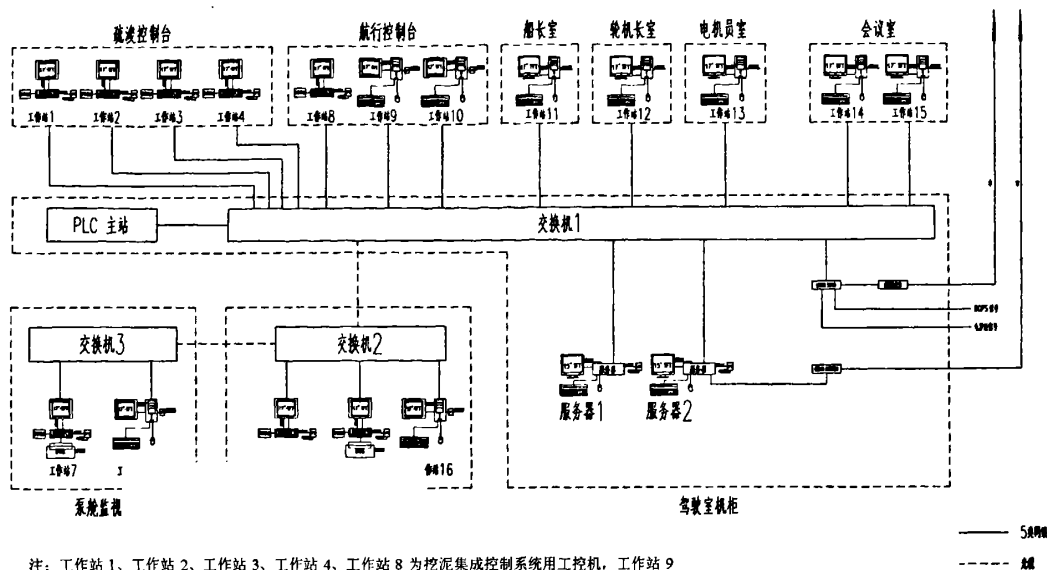
## 2 自动化系统内容

### 2.1 大型挖泥船

图1为5 000 m<sup>3</sup>耙吸挖泥船自动化控制的计算机网络图,是由3层结构组成的。系统网络的最上层为控制管理层,是一个采用中央交换机的以太网通信的无冗余星形网络。其中航行控制台上工作站为挖泥集成控制用工控机(在台外另设集成控制系统的PLC主站)、疏浚航迹显示装置计算机及监测报警系统延伸显示计算机。疏浚控制台上4台疏浚监控系统用工控机及PLC从站,疏浚监控系统包含左右耙管位置监控、泥泵机及泥泵监控、液压泵站监控、高压冲水泵监控、疏浚计量(流量、密度、产量)和吃水装载监控。疏浚航迹显示系统采用HYPACK MAX显示软件。从DGPS、潮位遥报仪、电罗经及疏浚监控系统中获取船舶位置、航向、潮位、耙管位置信息组成定深定位监控系统,保证高效精确疏浚质量。疏浚监控系统具有自动控制、离线辅助分析及应急控制功能。自动控制内容有低浓度泥浆自动排出、泥泵最佳效率运行、溢流堰自动调节、耙头罩角度自动调节、耙头绞车深度自动调节、耙中绞车万向节垂直角度自动调节、耙头波浪补偿器油缸位置自动调节等。应急控制通过硬线控制应急PLC实现,它独立于主PLC。此外,还有不通过应急PLC的应急控制,用于如紧停泥泵柴油机、泥泵离合器脱排、紧停高压冲水泵柴油机、紧急提升耙头等。疏浚监控系统对于各个设备控制分为遥控和就地控制,遥控通过疏浚控制台上的手柄、按钮、开关、旋钮等硬件及计算机屏幕软件。该船泥泵柴油机及高压冲水泵柴油机的起停均在机旁进行,无遥控。该船所有柴油机、疏浚机械的运行参数、状态和泥浆参数的传感器数量巨大,通过4个机舱采集分站和2个泵舱采集分站汇总后,进入机舱监控台及泵舱监控台的计算机。全系统I/O点约1 000点。泵机舱另有PLC柜用于各个设备的控制。图1中标出系统中通信线主要采用超5类网

线，只有机舱监控台与驾驶室及泵舱监控台之间采用光缆。底层现场总线网络由疏浚监控系统、主机

舱监测报警系统及泵机舱监测报警系统 3 个独立的 PROFIBUS 总线网络组成。



注：工作站 1、工作站 2、工作站 3、工作站 4、工作站 8 为挖泥集成控制系统用工机，工作站 9 为疏浚航迹显示用计算机，工作站 10 为监测报警延伸显示用计算机，工作站 5、工作站 6 为机舱监测报警用工机，工作站 16、工作站 17 为挖泥集成控制系统延伸显示用计算机。

图 1 5000 m³耙吸挖泥船自动化控制计算机网络图

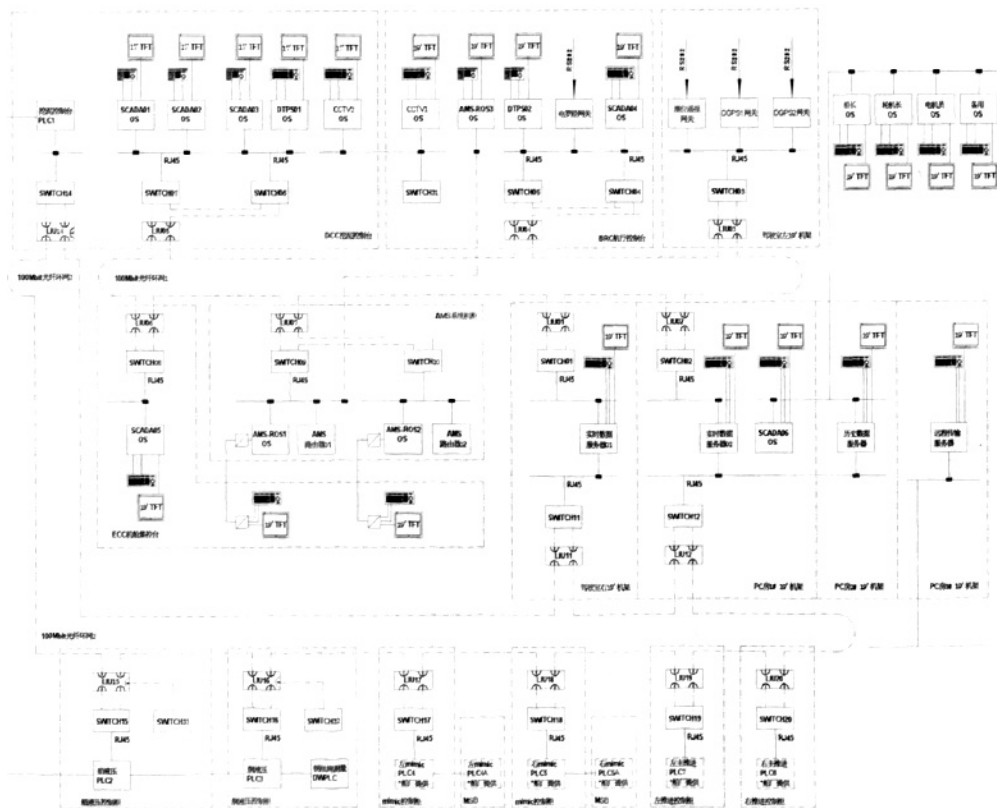


图 2 13500 m³耙吸挖泥船自动化控制计算机网络图

图2为13 500 m<sup>3</sup>耙吸挖泥船自动化控制的计算机网络图。它是2个独立的由光缆连接模块及光缆组成的单环无冗余网络组成的航行管理层及疏浚自动化监控层,这是与图1系统最大的区别。在耙吸挖泥船的遥控功能方面与图1系统差别不大。该船多了一套有线电视监视系统(CCTV),更方便于安全监视。该船最大的特点是动力系统一拖三型式,主机除了供调距桨推进外,还通过变速箱离合器驱动泥泵及轴带发电机。正常航行时主机供推进及轴发;挖泥时主机供推进、轴发及泥泵;首吹排泥时主机供轴发及泥泵(推进可能用于顶流固定),此时泥泵增速以增加压头。因此,自动化系统中增加了一个主机PMS系统以适应3种工况的功率分配平衡和保护。同时,由于泥泵在使用与停止时离合器的合排脱排需降速进行,所以,届时主机需进行调速控制,引起轴发的频率变化42.5~52.5 Hz。该船

的用电设备(动力设备)必须在此频率及电压变化范围内保持性能不变。此外,由于一拖三主机系统有2套,2台轴发不能并车,所以分成左右舷2块配电板,电压为690V。各配电板均有1台降压变压器降至400V供日用电负载,400V配电板具有3段汇流排(左、中、右)。为了适应不同的工况要求,连同400V停泊发电机,共有12只断路器组合成8种供电模式。这是一种极少见的配电板结构,其优缺点显然见仁见智,众说纷纭。而230V系统为了保持恒压恒频另设了一套蓄电池供电的变频装置。全船采集站有6个,系统I/O点约2 450点,光缆连接模块通过交换机采用网络通信线连接各个终端。

## 2.2 起重/铺管船

图3为某DP2要求的起重/铺管船的自动化控制的计算机网络图。它是一个由交换机及光缆组成的双冗余星形网络,包括DP自动控制、DP手动控

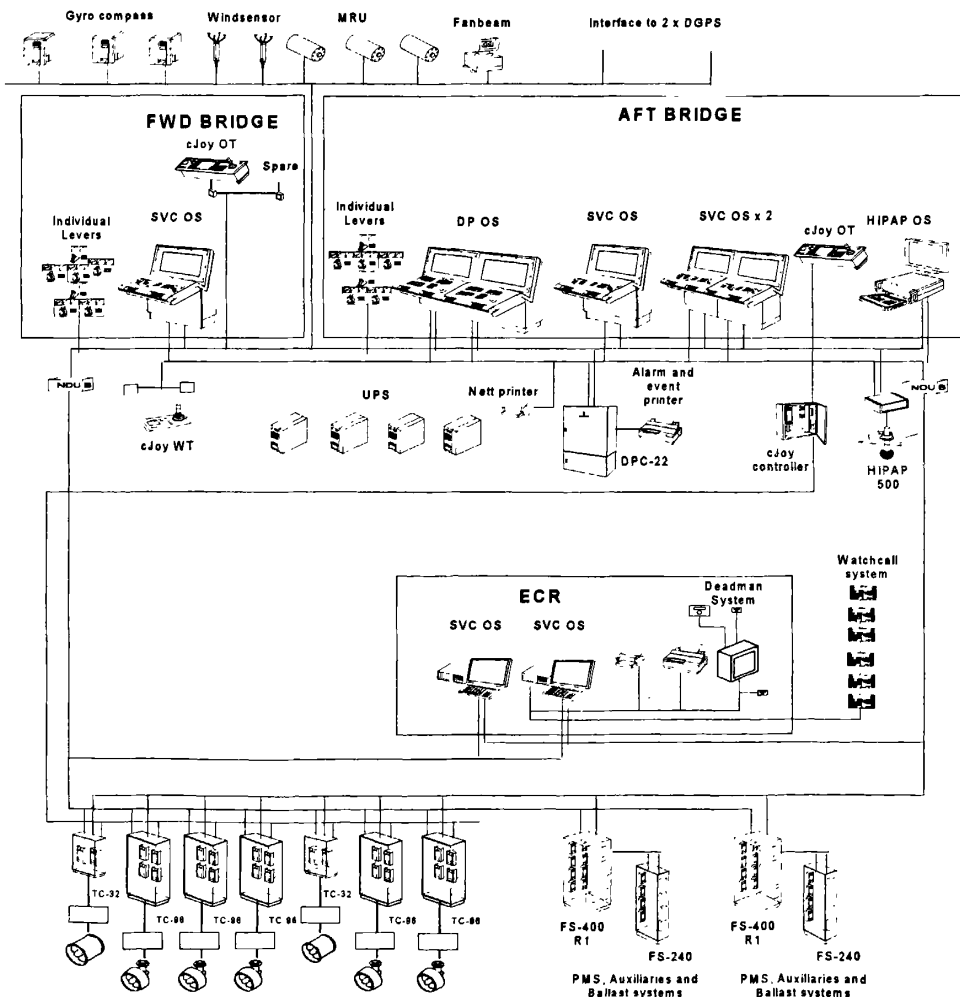


图3 DP2起重/铺管船自动化控制计算机网络图

制、单手柄组合控制、推进器单个控制、压载自动控制、监测报警系统。其中光缆仅用于交换机之间的传输线路中。前驾控台设置单手柄组合控制器、推进器单个控制器、两翼控制器和监测报警工作站。后驾控台设置 DP 自动控制器、双冗余 DP 手动控制站、水声应答船位测量工作站、压载控制站、监测报警工作站等,也设有单手柄组合控制器及推进器单个控制器。DP 自动控制器连接 3 台电罗经、3 台运动传感器、2 台风向风速传感器、1 台激光雷达及 2 台 DGPS。后驾控台的单手柄组合控制器是独立的用硬线与推进器连接,除此以外所有其它控制器均通过以太网络连接到每个推进器的信息交换站、机舱集控台的监测报警工作站、压载系统的信息交换站、液位监测系统的信息交换站。推进器单个控制器至推进器信息交换器的距离如大于 100m,则需在中间设置放大器。自动化系统中还设有多个值班呼叫装置,主推进装置的应急车钟。DP2 动力定位要求发电机、推进器及计算机有冗余,功率管理系统除了对电站作自动同步、自动负荷分配等常规动能操作外,还需在配电板汇流排短路单个

故障时作分段操作,并在任何情况下保证汇流排不会过载运行,对推进器可限制功率运行。该船全系统 I/O 点约 2500 点,其中串行口约 460 点,采集站约 20 多个,现场设备均有 PLC 柜,交换机至各个终端之间采用网络通信线。

图 4 为 DP3 要求的起重/铺管船的自动化控制的计算机网络图。它是一个由光缆连接模块及光缆组成的双冗余星形网络,包含的功能与设备基本同 DP2。基于 DP3 的要求,计算机必须有 3 台,其中 1 台应设置在具有 A60 分割的单独控制室内,各种船位及外力测量传感器中有 1 台需单独连接到这台计算机。发电机及配电板也应分开设置在 A60 分割的机舱内。图 3 中设有 4 个机舱。DP3 要求在一个机舱失火或浸水时还需保持 DP 的能力,所以应视为数台发电机及由这个配电板供电的数台推进器完全失效。DP3 的能力实际应在扣去一个机舱的发电和供电能力条件下进行分析,对冗余的要求更高。该船全系统 I/O 点约 7000 点,采集站 34 个,光缆连接模块通过信息交换站采用网络通信线连接各个终端。

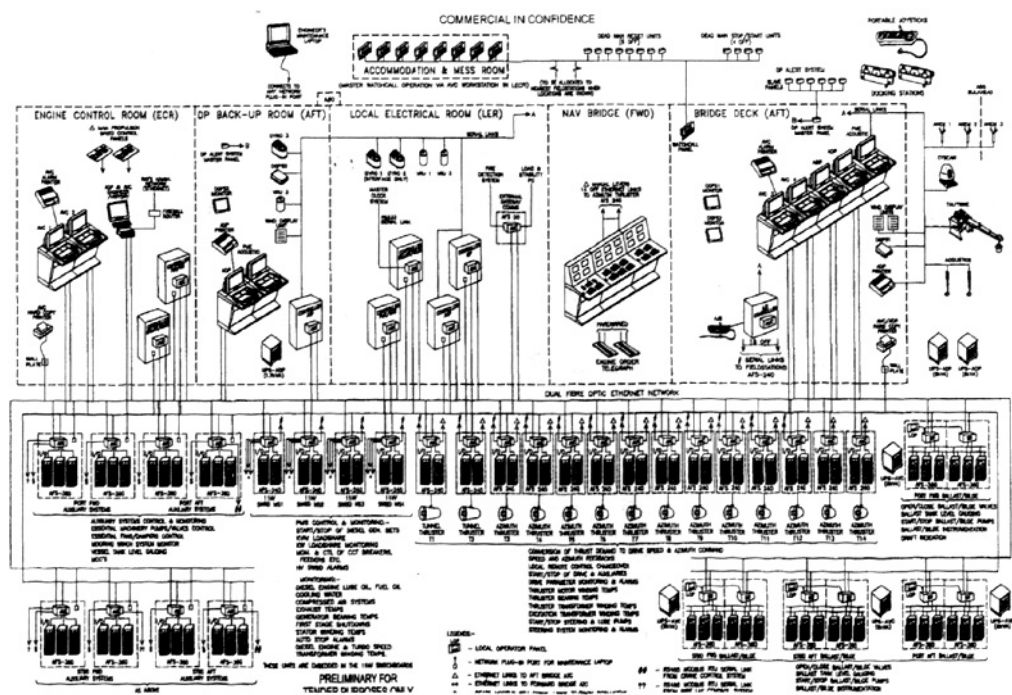


图 4 DP3 起重/铺管船自动化控制计算机网络图

3 自动化系统的基本模式

上述 4 个例子计算机网络各有特点,可归纳成下列几种类型,见表 1。

表 1 自动化控制的计算机网络类型

类型	A	B	C	D
网络拓扑	单星形	单环形	双星形	双星形
传输介质	网通信线+光缆	光缆	光缆	光缆
通信类型	以太网	以太网	以太网	以太网
连接方式	交换机-终端	光纤连接模块	交换机-交换机	光纤连接模块
冗余	无	无	有	有
单故障	传输线	失效	不失效	不失效
	连接器	失效	不失效	不失效
传输速率	10 M	100 M	100 M	100 M
传输长度	100 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
抗干扰	差	好	好	好
安装	简单	复杂	复杂	复杂
可靠性	差	较好	好	好
价格	便宜	较贵	较贵	贵

表 1 中只是参照工业通信网络的一些基本标准,对本文的几个应用例子的类型归纳,由于对自动化系统的认识还不深入,可能这些归纳不一定正确。随着船舶自动化控制应用的更加普遍广泛,相信可以根据不同应用的要求制订出比较合理的模式,获得性价比高的系统配置。

4 应用体会与建议

(1) 光缆的应用。从表 1 可看出无论哪种自动化控制类型,多少都采用了光缆作为传输介质,光缆的应用会越来越多。光缆的抗机械损坏性能较差,目前施工敷设经验较少,安全措施不多。规范应补充有关要求,造船学会可组织有关单位进行专业学习和经验交流。

(2) 传感器信息采集和网络通信电缆的应用。传感器的模拟量信号及网络通信电缆中的高速数字信号都是精度要求高的数据信息,更需采用屏蔽对绞通信电缆及超 5 类网络通信电缆。要求屏蔽性

能要好,且应合理敷设,避免受电力电缆特别是变频器电缆的电磁干扰。屏蔽电缆的接地工作一定要做得可靠。

(3) 网络的拓扑类型与性能、可靠性、软件工作量、硬件的选用、调试的难易及经济性密切相关,可以说是自动化系统的核心关键。目前,对这个题目的讨论较少,也没有一种指导性的意见,供应商的方案无法深入讨论分析,船东及总体设计部门没有自己的具体想法,这是一种不合理和不成熟的体现。希望造船学会和船级社引起重视,加强这方面的工作。

(4) 加强自动化控制系统的研究工作。目前,船舶自动化控制系统远不及陆上,我们应认清这个技术层面的重要性和落后现实。无论是船东、船舶研究设计部门、船厂、船级社、有关院校、有关供应商都应认清方向,加速这方面的研究工作和人才培养,加速自动化控制关键设备的研制,以提高我国船舶设计和建造的技术水平。

# 海洋工程船的自动化

作者：[傅晓红](#)，[朱涤](#)，[张海荣](#)，[吴斐文](#)，[FU Xiao-hong](#)，[ZHU Di](#)，[ZHANG Hai-rong](#)，[WU Fei-wen](#)  
作者单位：[708研究所, 上海, 200011](#)  
刊名：[上海造船](#)  
英文刊名：[SHANGHAI SHIPBUILDING](#)  
年，卷(期)：2008，"" (4)  
被引用次数：0次

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_shzc200804017.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_shzc200804017.aspx)

授权使用：上海交通大学(shjtdxip)，授权号：f58ce458-6a6b-45f8-a71e-9db500b8176e

下载时间：2010年7月16日