

# 國外船舶自动化

上海市造船公司国外资料编译组

上海科学技术情报研究所

## 国外船舶自动化

上海市造船公司国外资料编译组

\*

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/16 印张: 3.75 字数: 92,000

1974年6月第1版 1974年6月第1次印刷

印数: 1—2,800

代号: 151634·181 定价: 0.65 元

(只限国内发行)

# 前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“为了反对帝国主义的侵略,我们一定要建立强大的海军。”以及“洋为中用”的教导,结合当前造船工业发展的需要,我们在上海市造船公司组织领导下,在上海市造船技术情报网各成员单位及上海科学技术情报研究所的支持下,由江南造船厂、沪东造船厂、上海船厂、中华造船厂、东海船厂、上海渔轮厂、新中动力机厂、上海导航仪器厂、六机部第九设计院、上海船舶运输科学研究所、上海船舶设计院、上海渔业机械仪器研究所、六机部第十一研究所等单位的同志组成编译组,在六机部第十一研究所革委会具体领导下,收集了近几年来国外船舶、动力装置、航海仪器、造船新工艺新设备以及船厂现代化改造等方面的一些资料,通过翻译及研究分析,共编写成十三项专题资料供造船战线上的广大工人、干部和技术人员在赶超世界先进水平过程中作参考。目录如下:

- (1) 国外标准型万吨级货船
- (2) 国外船舶自动化
- (3) 国外渔船
- (4) 国外船舶动力装置
- (5) 国外船用大功率中速柴油机
- (6) 国外船用低速柴油机
- (7) 国外渔船用中、低速柴油机
- (8) 国外船舶甲板机械
- (9) 国外船舶导航仪器
- (10) 国外造船设备选辑
- (11) 国外船厂起重运输设备选辑
- (12) 国外船厂现代化改造概况
- (13) 国外电子计算和数控技术在造船中的应用

前面十一项资料均由上海科学技术情报研究所出版。

在资料收集和译校工作中,承中国科学技术情报研究所、中国机械进出口总公司及上海分公司、上海交通大学等单位协助。

由于我们水平有限,在编译过程中定会有不少差错,敬希读者批评指正。

上海市造船公司国外资料编译组

一九七三年十月

# 目 录

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 一、概况 .....                       | ( 1 ) |
| 1. 国外船舶自动化的发展动向 .....            | ( 1 ) |
| 2. 国外船舶自动化发展的几个阶段 .....          | ( 2 ) |
| 二、船舶自动化的几个主要方面.....              | ( 5 ) |
| 1. 导航自动化 .....                   | ( 5 ) |
| 2. 集中监视与检测 .....                 | ( 6 ) |
| 3. 主机遥控 .....                    | ( 8 ) |
| 4. 油船的装卸自动化 .....                | (16)  |
| 5. 电子计算机在自动化船舶上的应用 .....         | (18)  |
| 三、实现机舱无人操纵的基本要求 .....            | (27)  |
| 四、几艘日本自动化船舶的有关部分介绍 .....         | (38)  |
| 1. “金华山丸”货船的机舱集中监视和遥控 .....      | (38)  |
| 2. “星光丸”油船的自动装卸货装置 .....         | (40)  |
| 3. “乌取丸”油船的汽轮机装置自动化和自动导航 .....   | (45)  |
| 4. “天津川丸”矿砂石油兼用船的计算机集中控制系统 ..... | (49)  |
| 五、日本关于发展超自动化船的研究工作 .....         | (54)  |

# 概 况

## 一、国外船舶自动化的发展动向

第二次世界大战后,世界海运量迅速增长。据统计,从1958年至1972年的十五年中,海运量从9.9亿吨增至27.8亿吨,上升了1.8倍。各资本主义国家为了增加利润,相互竞争,千方百计提高船舶航运效率,减少运输费用。因此,近十几年来,在新船建造中出现了几个显著的倾向,即:船舶的巨型化、专用化、高速化和自动化<sup>[1]</sup>。本文仅介绍国外船舶自动化方面的一些情况。

国外船舶自动化所以迅速发展,主要基于以下几个原因:

### 1. 要求减少船员人数

随着海运量的增长,世界船舶总吨数相应扩大。据统计,世界船舶总吨数,1963年仅1.65亿吨,而1973年初则增长至3.867亿吨,预计1976年可能达5亿吨以上。船舶总吨位的逐年扩大,熟练船员显得严重缺乏,特别是轮机人员的补充更为困难。同时,由于资本主义国家的货币危机和通货膨胀,船员工资近十年来已上涨了一倍,以致在远洋运输的总支出中,人员的开支占36%左右<sup>[2]</sup>。因此,迫切要求减少船员人数。船舶自动化是减少船员的有效手段,故各国运输部门均给予重视。据报导,对于载重量为12,000吨的货船,由于实现了自动化,船员数目从1960年的50人左右减少到1969年的30人上下。若进一步实现包括导航和装卸货等方面的自动化,预计至1980年将进一步减少到10人<sup>[3]</sup>。据日本的主要航运公司统计:载重量10,000吨的定期货船,实现自

动化后,1961年至1965年船员人数已从50人减至36人;载重量60,000吨的油船,已从52人降至33人<sup>[4]</sup>。目前日本高度自动化的2~3万吨级的统货船及10万吨以上的油船,定员一般为30人左右。

### 2. 提高船舶运行的经济性

如采用自动导航以选择最佳航行路线,随时校正航向,就能缩短航行时间。在装卸货方面,特别是大型油船,目前已有不少船采用电子计算机按照最佳的装、卸程序自动装卸,有效地缩短装卸周期。对于机舱自动化,除了能控制机器在最佳工况下运转,以降低燃油消耗外,当机器工作参数异常时,能及时发出警报,预防事故的发生;目前一些高度自动化的船舶,还可由电子计算机提供故障的原因,自动排除故障或提供排除故障的建议,同时进行自动记录。

### 3. 保证航行安全

随着海洋船舶航行密度的增加,海难事件也日趋严重。据统计,1971年在日本沿海发生要求援救的海难事件达2,553件,涉及船舶有2,600艘,损失金额约270亿日元,全损或失踪船舶428艘,死亡失踪425人。在各种海难事件中,搁浅、机损、碰撞和进水事故最多,约占事故总件数的70%。虽然,这些事故大部分是发生在渔船及中小型船舶,但对于大型船舶,只要一次海损事故,后果就极为严重。例如,1967年利比亚的载重量为11.8万吨的油船在英国海面触礁,不但经济损失巨大,而且大量原油流出,长期污染英国南部和法国部分海岸。海难事件造成的原因虽然很多,但与船舶操纵性能的关系很大,特别是船舶巨型化后,增大了船的回转半径和制动距离,因此,增加了碰撞的可能性。近几

年来,国外(特别是日本)组织了大量人力,积极从事雷达防撞等导航自动化方面的研究工作。另一方面,由于船舶的巨型化和高速化,促使动力装置和其他机器设备的操作和保养日趋复杂,以致仅依靠手工操作难于最大限度地保证安全。采用自动化后、大大地简化了操作,避免由于人的疏忽所造成的事故,并能及时地发出各种警报,使机器更安全地运转。

由于上述原因,所以从六十年代开始,各国相继发展自动化船舶,在船舶自动化方面已取得了较大的成绩,各国建造自动化船舶的数量逐年增多(表1),至1968年8月为止,在航行和在建造中的自动化船舶已有1,010艘(表2)。从表中可以看出,日本的自动化船最多,约占全世界总艘数的25.5%。

随着自动化船舶的逐年增多,各国验船部门相继以机舱无人操作(即在夜间和假日,机舱可以不需值班)为标准,制订了有关规范。如挪威 NV (Norske Veritas) 的“EO”,法国 BV (Bureau Veritas) 的“AUT”,英国 LR (Lloyd's Register of Shipping) 的“UMS”,日本 NK (日本海事协会) 的“MO”,美国 AB (American Bureau of Shipping) 的“ACQU”等。到1971年9月底为止,向日本海事协会(NK)提出申请“MO”资格的新建

表1 劳氏船级协会登记的自动化船舶建造数量<sup>[6]</sup>  
(1960~1968)

| 年份   | 柴 油 机 船    |          |      | 汽 轮 机 船    |          |     |
|------|------------|----------|------|------------|----------|-----|
|      | 全 年<br>建造数 | 自动<br>化船 | %    | 全 年<br>建造数 | 自动<br>化船 | %   |
| 1960 | 575        | 1        | 0.17 | 74         | —        | —   |
| 1961 | 509        | 5        | 0.98 | 52         | —        | —   |
| 1962 | 483        | 8        | 1.6  | 39         | —        | —   |
| 1963 | 492        | 6        | 1.2  | 46         | —        | —   |
| 1964 | 511        | 22       | 4.3  | 37         | 3        | 8.1 |
| 1965 | 527        | 150      | 28.4 | 26         | 15       | 58  |
| 1966 | 499        | 177      | 36.5 | 24         | 18       | 75  |
| 1967 | 503        | 269      | 53.5 | 11         | 10       | 90  |
| 1968 | 496        | 245      | 50.0 | 15         | 14       | 94  |

表2 至1968年8月止,在航行和在建造中的自动化船舶<sup>[7]</sup>

| 国 别 | 数 量   | 船 舶 类 型 |     |            |     |    |
|-----|-------|---------|-----|------------|-----|----|
|     |       | 油 船     | 干货船 | 散 货<br>装 船 | 冷藏船 | 其他 |
| 日 本 | 257   | 100     | 83  | 53         | 4   | 17 |
| 瑞 典 | 196   | 91      | 42  | 45         | 16  | 2  |
| 英 国 | 103   | 25      | 40  | 15         | 12  | 11 |
| 西 德 | 96    | 20      | 62  | 1          | 11  | 2  |
| 法 国 | 66    | 20      | 30  | 6          | 2   | 8  |
| 荷 兰 | 59    | 13      | 28  | 11         | 1   | 6  |
| 美 国 | 54    | 7       | 41  | —          | —   | 6  |
| 丹 麦 | 46    | 15      | 26  | 4          | —   | 1  |
| 挪 威 | 46    | 8       | 20  | 2          | 14  | 2  |
| 芬 兰 | 30    | —       | 21  | 2          | 7   | —  |
| 意大利 | 22    | 14      | 1   | —          | 5   | 2  |
| 西班牙 | 15    | 7       | 3   | —          | 5   | —  |
| 其 他 | 20    | 4       | 2   | 7          | 2   | 5  |
| 共 计 | 1,010 | 324     | 399 | 146        | 79  | 62 |

船舶共212艘,其中柴油机船176艘,汽轮机船36艘<sup>[8]</sup>。1968年12月以前,取得英国劳氏船级协会机舱无人操作“UMS”称号的船舶共228艘,其中已建成的为105艘(柴油机船100艘,汽轮机船5艘),正在建造中的有123艘(柴油机船105艘,汽轮机船18艘)<sup>[6]</sup>。根据1972年的资料,目前世界上已有400艘取得“EO”称号的自动化船舶。在向挪威船级协会(NV)提出入级申请的所有新建船舶中,约有50%取得“EO”称号<sup>[3,9,10]</sup>。

近年来,进一步出现了一些采用电子计算机控制的所谓超自动化船舶。

## 二、国外船舶自动化发展的几个阶段

1960年以前,个别自动化设备在各类海洋运输船舶上已有应用<sup>[2,7]</sup>。例如,驾驶方面有自动舵、自动航迹绘算器等;机舱方面有锅炉自动燃烧装置、给水自动调节器、各种热工参数的自动调节等;船舶系统方面有自动火警信号和自动灭火设备、压力和温度的自动

控制等。但在1960年以前的自动化,还没有构成一个完整的集中控制系统。在此阶段中,一般远洋船舶的船员数目为45~50人。

### 1. 1960年开始发展集中监视和遥控 (1960~1964年)<sup>[2, 11]</sup>

1959年,日本设计了有机舱集中监视和遥控控制的万吨远洋货船“金华山丸”,1961年开始航行,引起各国造船、航运界的极大注意<sup>[12, 13]</sup>。该船的特点是在机舱内设有带隔音和空调设备的机舱集中控制室,只需一人值班就可对整个机舱的设备进行集中监视和遥控。同时,在驾驶室内也可以直接对主机进行遥控。但是,作为自动化船舶一个阶段的特点,并不是从驾驶室进行遥控,而是具有独立的机舱控制室。

在此阶段内,英国在1962年建造了一条自动化的万吨级货船。1963年,西德AEG公司和M. A. N.公司合作研制大型柴油机的自动控制装置,包括数据记录器等电子设备。

此外,在北欧和西德较早地采用了燃油粘度控制、油雾探测、轴承温度测量、发电机的自动转换以及废气锅炉的全自动控制等。

此阶段远洋自动化船舶的船员一般都减至35~40人,较前约减少了9~10人。

### 2. 从1965年开始发展机舱无人操作船 (1965~1968年)<sup>[2, 11]</sup>

由于主机、辅机和各种自动化设备的可靠性日益提高,在正常运行时,机器很少要人照料。为了进一步减少船员的配置,就提出了夜间及假日无人值班的要求,从而实现了24小时,甚至36小时(即星期六晚上8时至星期一早上8时)的机舱无人值班。

1964年日本为丹麦建造的“Selme Dan”号柴油机油船及丹麦所造的“Andorra”号柴油机油船为最早的两条机舱无人操作船<sup>[14]</sup>。

这类船舶的特点是:除了在独立的机舱控制室内对主机、辅机等进行集中监视和遥控外,作为标准的机舱无人操作船,还必须在驾驶室内进行遥控。为了保证机舱的安

全,机舱内必须装设完善的火警探测装置以及在机舱、驾驶室和轮机人员居住区之间的通讯和警报设备。在航行中,轮机人员只需在白天八小时工作时间内,对机器进行检查、维护,使机器处于良好的运转状态,在夜间及假日就可以不再去机舱或机舱控制室值班,主机由驾驶人员从驾驶室直接遥控。当机器运转不正常时,在驾驶室及轮机人员居住区会响起警报,以便及时处理。因此,实现机舱无人操作的基本条件是机器设备的高度可靠性,当然还必须要有较完善的自动控制设备。

在此阶段内,除日本外,丹麦也发展得较快。丹麦于1964年建成机舱无人操作船“Andorra”后,从1966年开始,在新建的船上已较普遍地实现了机舱夜间无人值班<sup>[15]</sup>,至1967年已有30艘机舱无人操作船,机舱的值班时间,从一周的168小时减少至48小时<sup>[7]</sup>。法国至1968年也已有30条船舶符合机舱无人操作船的条件。1966年西德的第一艘机舱夜间无人值班船“St. Michaelis”号,用电子设备控制主机<sup>[16]</sup>。

1966年1月,挪威的船级协会(NV)首先制订了关于机舱无人操作船的规范,以后各国相继订出。

在自动记录设备方面,除了模拟式自动记录器外,还采用了数字式自动数据记录器。多年来的实践证明,模拟式自动记录器可靠,而数字记录器有代替值班记录簿的优点。

此阶段一般远洋船的船员仅30名左右。

### 3. 从1969年开始发展采用电子计算机的所谓超自动化船<sup>[2, 11, 17]</sup>

在发展机舱无人操作船的同时,已出现了在船上使用电子计算机的例子,如法国1966年建造的汽轮机油船“Dollabella”号(68,800载重吨)及冷藏船“Oyonnax”号(3,300载重吨)<sup>[3, 7, 18~21]</sup>;西德1967年建造的6艘“Polar”型冷藏船<sup>[22~24]</sup>;美国1968年建造的海洋研究船“Argo”号及破冰船“Manhattan”号<sup>[25]</sup>等。但是1969年以前,电子计

算机在船舶上的应用是以局部运行或处理科研数据为主。到1969年以后,英国、瑞典、挪威、日本等国才先后建成装备有电子计算机的自动化程度更高的远洋船舶,它们的一个显著特点,就是逐步跳出机舱自动化的范畴,在导航、机舱、装卸、报务、舾装、甚至医疗等方面实现全盘自动化,即所谓超自动化船舶。

发展超自动化船的主要目的,还是为了更进一步减少熟练船员,降低航运成本和保证航行安全。但欧洲国家和日本所考虑的重点不同,日本主要考虑减少船员,自动化的投资直接由船员费用的减少而收回,而欧洲国家则不是直接考虑船员的减少,主要从防止发生事故的安全观念出发。

据资料报导,目前日本由计算机控制的超自动化船舶有:1970年9月建成的载重量为138,000吨的油船“星光丸”,1971年1月建成的载重量为224,500吨的油船“三峰山丸”,1972年9月建成的载重量为237,000吨的油船“乌取丸”和载重量为157,610吨的矿砂石油兼用船“大津川丸”等。

瑞典于1969年建成载重量约210,000吨的汽轮机油船“Sea Sovereign”号,采用CDC-1700型电子计算机,进行机舱无人操作以及导航方面的自动化。之后,又在“Sea Serpent”和“Sea”Swan”等六艘载重量为255,350吨的汽轮机油船上采用相同的计算机系统,但其自动化程度有所改进<sup>[3,26~29]</sup>。

挪威于1969年在日本建造的干货船“Taimyr”号上试验性地装置了Nord 1型电子计算机,用以监视和控制主、辅机和发电机,同时用于控制导航的自动化<sup>[30,31]</sup>。在最近建成的欧洲最大的液化石油气/氨水运输船“Höegh Multina”号上采用两台Nord-2B型计算机来监视和控制机舱等<sup>[32,33]</sup>。

英国在1969年新造的客船“Queen Elizabeth II”号上采用ARGUS 400型电子计算机,用以监视和控制主机、计算燃料消耗、利用导航卫星进行自动导航以及其他计算

等<sup>[34,35]</sup>。

上述超自动化船舶,已把船舶作为一个整体,通过电子计算机,进行全盘控制。但是各船的控制系统则不完全相同,综合起来可归纳成机舱、导航和舾装三方面。机舱自动化方面包括:主、辅机的遥控,数据的自动记录和处理,运转情况的集中监视和自动调节,自动分析机器故障原因并提出排除故障的建议等;发电机的自动调压和调频,发电机发生故障时的自动断路以及自动接入应急发电机等。导航自动化主要表现在决定船位、预防碰撞和选择最佳航线等。舾装自动化方面有:自动装卸系统、压载自动化系统,冷藏和空调装置的自动调节,火警探测和自动灭火系统,船体状态和强度的监视控制系统,自动收发报系统,自动医疗诊断系统等。当然,不是每一艘船都备有上述的所有系统。有些超自动化船,也不一定符合机舱无人操作的条件,例如“星光丸”就不能满足“MO”的要求。

超自动化船舶通过试航和短期航行后,总的说来,除了雷达防撞系统还存在问题外,无论是电子计算机的外部装置或软件,都比较可靠。但由于这类全盘自动化船舶仍处于试验阶段,尚缺乏足够的长期运行数据来考核其经济效益。对于船上采用复杂的自动化系统是否合适,至今还有不同的看法。尽管如此,国外一些主要造船和海运国家,仍在这方面进行大量的研究工作,其中得到政府资助并有组织地进行的,有挪威、瑞典、英、美、日本等国,而以日本的研究规模最大。日本在运输省支持下,于1968年组织了造船厂、研究所、大学、自动化设备制造厂、海运公司等有关单位,设立专门机构研究船舶各种控制系统的计算机程序的编制<sup>[34,36~40]</sup>。

目前的超自动化船大多采用一台大型电子计算机集中控制。日本日立造船公司正在研究使用多台微型计算机,将机舱、导航、装卸等系统作为船的整体而有机地结合起来的分散控制系统,即第二代控制系统。

# 船舶自动化的几个主要方面

## 一、导航自动化

船舶导航方面的自动化主要表现在应用电子计算机决定船位、预防碰撞和选择最佳航线等<sup>[41~43]</sup>。

### 1. 船位的决定

快速和精确决定航行中的船位,对于节省航行时间,缩短航程的作用是很大的。对于自动化来说,除利用电子计算机根据计程仪所测得的速度和陀螺罗经的航向来计算船位,以及根据天文、地理导航计算来测定船位外,近年来,无线电导航不断发展,目前船舶上所采用的有台卡导航系统、奥米加导航系统和卫星导航系统等。

台卡导航系统适用于沿海航行,导航范围较小,约为300海里。其精确度白天为0.1海里,夜间0.5海里。这种方法是依靠专用或通用电子计算机将双曲线坐标转换成地理坐标而实现的。

奥米加导航系统可以连续精确地决定船位,进行自动导航。世界上仅需建立八个发射台就可以满足全球的导航需要。1972年以前,已经建立了四个发射台,分别在夏威夷、北达科他、特立尼达和挪威;另外四个布置在日本、留尼汪岛、阿根廷和塔斯马尼亚。日本的发射台预定在1972年底开始使用,其他三个将于1973年底完成。其导航范围是5,000海里,精确度白天为 $\pm 1.0$ 海里,夜间 $\pm 2.0$ 海里。自动化是依赖专用或通用电子计算机将奥米加坐标转换成地理坐标而实现的。由于它在全球可以使用,不受天气的影响,而且自动接收机的应用也比较容易,所以奥米加系统是比较理想的<sup>[44~46]</sup>。日本的“乌取丸”油船就

采用这种定位方法(参阅本文第四节)<sup>[47]</sup>。

卫星导航系统是以接收四个导航卫星及其地面站所发射的信号来导航。它原是美国海军的导航系统,目前已对民用船舶开放,但费用较大。英国的“Queen Elizabeth II”号客船采用了卫星导航系统<sup>[48]</sup>。日本“星光丸”油船也是由导航卫星来决定船位,接收从运转卫星来的关于卫星位置的数据、测量多普勒频移,由计算机自动地计算船舶的位置,其结果显示在导航计算指示板上,并由打字机自动地打印<sup>[49]</sup>。目前国外正在研究具有更大意义的所谓“被动卫星导航”,其精确度可达0.5~1.0海里<sup>[25, 42, 50, 51]</sup>。

### 2. 预防碰撞

预防碰撞主要是用雷达监视周围海域,当发现周围有船舶及较大的漂浮物时,进行自动跟踪,通过电子计算机计算,如果有可能与其他船或物相撞时,即发出警报,并可以自动或手动对航线进行修正和模拟,提出新的航线,避免碰撞<sup>[52~58]</sup>。例如日本1972年建造的“锦江丸”油船,它采用微型计算机OKITAC-4300来进行自动导航和主锅炉的监视控制<sup>[59, 60]</sup>。其预防碰撞装置是用3厘米波段雷达。又如日本“星光丸”油船也有预防碰撞装置,主要是用3厘米/10厘米波段雷达发现船只,同时选择10艘以下的对象船进行自动跟踪,判断相对于该船是否有危险,若有危险则发出警报;在阴极射线显示器上显示船的位置和航向,并可由电子计算机确定相对于10艘对象船的自船最佳避碰航线,也可以模拟对某一指定的对象船的避航<sup>[49]</sup>。

### 3. 最佳航线选择

在船舶操纵方面较早就应用了自动舵,它可以按预先规定的航线自动操舵。瑞典

“Sea Sovereign”号油船上,采用电子计算机记录和分析航线的偏离,并进行适当的修正;同时,考虑水流和风浪状态来调整操舵参数,使船舶保持较佳的航线<sup>[27~29]</sup>。英国“Queen Elizabeth II”号客船也由电子计算机根据天气预报资料进行避风浪的最佳航线计算<sup>[48]</sup>。日本1972年建造的矿砂石油兼用船“大津川丸”备有狭水区域最佳航线给定系统(参阅本文第四节)。

虽然目前已有一些船使用最佳航线选择系统,并取得了一定的效果。但是,完全的自动化应将船位决定和最佳航线选择相结合,尚有待研究。

今后在导航自动化方面的发展是将决定船位,预防碰撞以及决定航线,与在海图上自动地连续指示船位相结合,最终将可由一个人在驾驶室操纵。随着海上船只密度的增加,将来有可能应用卫星导航系统由陆上控制站来进行操纵,并对海上交通进行监视,这样可以尽量减少船上的导航设备<sup>[42]</sup>。

## 二、集中监视与检测<sup>[61~64]</sup>

为了船舶航行的安全,要经常检查和监视机器装置的运转情况。随着自动化技术的发展,监视的作用就显得更为重要,并且要求能够集中监视和遥测。

根据监视的方式,可分为连续监视和扫描监视两类:

**连续监视方式**——连续不断地对监视对象进行监视,并将检测信号与给定值比较,当超出给定值范围时,自动发出警报。采用这种方式时,对于每一监视对象都要设置单独的传感器和与给定值比较的线路。

**扫描监视方式**——以一定的速度,顺次地对各监视对象进行监视,也将检测信号与给定值比较,当超出给定值范围时,发出警报。采用这种方式时,对于很多对象可用同一比较线路。

根据信号的形式,又可分为开-关输入信号(触点信号与电压信号)和模拟输入信号两类。前者的信号器模件有半导体和继电器两种;后者的模拟模件是将电阻,电压、电流等各种输入信号变换成统一的输出信号,供给指示器。

一般的监视装置由传感器、传递和指示记录设备、数值测量仪器及监视面板等部分组成。

传感器设置于主、辅机等装置的各个测量部分,以检测装置的运转状态。根据对象的不同,发出开-关信号或模拟信号。在船舶遥控遥测中常用的主要传感器有如下几种:

**压力检测**——由于船的摇摆和振动,一般不采用U形管和环形平衡式压力表,主要用波纹管 and “波登管”式压力表。在用作远距离检测时,考虑到压力管路中的压力损失,常常将压力转换成空气压力或电讯号,这种转换通常通过位移放大、位移平衡或力平衡三种方式来进行。当被测对象的流体具有高温、腐蚀、高粘度等特性时,常需采用隔膜式传感器,通过特殊的工作油将压力讯号传至一般的压力表。

**温度检测**——在船上一般使用的接触式温度计有热电偶温度计、电阻式温度计、压力温度计、金属膨胀式温度计和玻璃温度计等,而遥控遥测一般用前三种。压力温度计的价格虽然比电阻式或热电偶温度计便宜,但可靠性较差,而且遥控距离一般不得大于50米<sup>[63]</sup>。热电偶温度计和电阻温度计的比较如表3所列。

**液位检测**——在船舶遥控中,利用液位引起的静压变化而进行检测的液位计有薄膜式、气泡式和水银柱式等;利用浮子作用的浮子式液位计有球浮子式,位移式和滑轮式等;利用液体的电气物理性质的液位计有静电容式和超声波式等。

**流量检测**——在工业中所用的流量计种类较多,而船用主要是差压式、面积式和容积

表3 热电偶温度计和电阻温度计的比较<sup>[63]</sup>

|        | 优 点                                             | 缺 点                                                       |
|--------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 热电偶温度计 | 可测量较小部位的温度;<br>可减少时间的滞后;<br>耐振动和冲击;<br>适合测量温度差。 | 必须要基准接点;<br>由于有基准接点和补偿导线,增大了误差;<br>若在测定常温时不注意修正,则难于获得高精度。 |
| 电阻温度计  | 不需要基准接点和补偿导线;<br>容易得到精密的测定;<br>在常温测定中也能有高精度。    | 难于减少时间的滞后(热敏电阻例外);<br>在振动和冲击大的地方,容易破裂。                    |

式三种。

除上述主要传感器外,在船舶自动化的监视装置中还有粘度计、油雾检测计、烟雾指示计、二氧化碳测定器、盐度计、火警探测器、温度计、酸度计、转速表、螺旋桨叶片角度指示计、负荷指示计和轴马力计等<sup>[63]</sup>。

在监视系统中,传递介质一般有电、空气和油,或者它们的组合。虽然以油作为介质可有较大的工作力,在控制装置中应用很广,但是对于监视装置不必要有这样大的工作力,所以一般不用油压。至于电-空气的组合方式,由于价格较高,也不多采用。在大多数的监视装置中,均采用空气或电作为传递介质。

电传递的监视装置具有精确度大,可靠性高的优点,且容易在仪表板上布置,易实现多点指示,报警和记录也比较方便。根据测定量的变换方法,可以分为电压电流法(电压法、电流法),平衡法(电压平衡法、电流平衡法和位置平衡法)和恒流信号法(恒流定时法、频率法、恒流符号法)。但是当传感器的输出是机械位移或力的情况时,用电传递的转换部分较贵;而像温度那样的传感器输出,则将它放大转换为电量就比较容易。

在空气传递的方式中,可以较容易地将机械位移或力转换为空气压力,故常用于压力和液位检测。在某些容易发生爆炸的地方,如油船的泵室,不宜使用电传递,最好用空气。空气传递的缺点是:反应速度不如电,实现多点指示、报警和记录较电传递困难一

些。其传递距离虽有一定限度,但在船用监视装置中已足够。在一对一的监视仪表中,使用空气传递很方便。

在指示和记录部分中,根据仪表的工作原理,可以分为直接仪表和自动平衡式仪表两类。属于前者的有指示仪表、记录器和累计仪表三种;属于后者的有电位差计和阻抗电桥计等。记录的方式有单点记录和多点记录两种。

监视装置中的数值测量仪器,适用于机舱监视的有警报扫描器、数据记录器和计算记录器三种。警报扫描器仅进行过程的集中监视和警报工作,也称为多点监视装置或简单地称为扫描器。数据记录器除了上述扫描器的机能外,还可以进行过程的记录和作表,包括定时记录和发生警报时的故障记录。计算记录器是将数据记录器和数字计算机相结合,可以将测量出的数值进行四则运算,并将其结果进行记录、指示和监视。

监视装置的面板大致有原有型、半图解型和图解型三类。原有型面板上仅装设测量仪表,故面积较小,但因为没有过程的流程图,所以仪表与装置的对应性较差,在操作上不方便。在半图解型的面板上明确地指出装置中测量仪表的所在点,在过程的流程图中装有警报信号灯及其他指示灯,故便于操作,但面板的面积较大。图解型面板的面积最大,制造成本最贵,但操作最方便。当监视装置进行改装时,必须同时改变面板上表示该部分装置的部分。

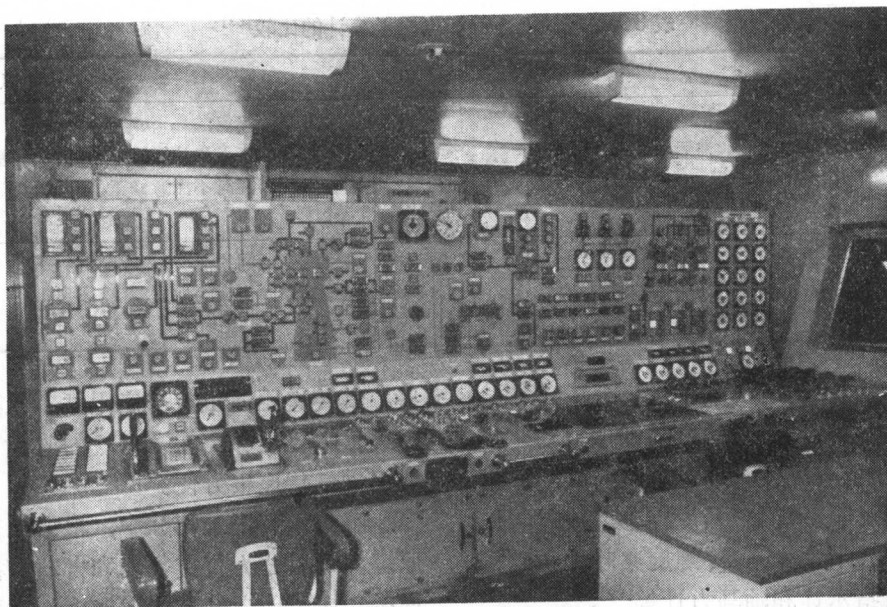


图1 半图解型面板的集中控制台

监视装置有与控制装置合为一体的,也有分开布置的。合为一体的监视控制板又有两种,一种是将主机和各种辅机的测量仪表、指示灯、警报器,自动控制装置等全部集中在一起,对于各种机器的主要参数进行集中监视和控制;另一种是将副锅炉、离心分油器等辅机的测量仪表、自动控制装置等布置于机侧,而仅抽出其主要仪表、指示灯、警报器等与主机方面的仪表一起进行集中监视和控制。图1为日本日立造船公司设计的典型半图解型面板的集中控制台<sup>[89]</sup>。

### 三、主机遥控

常用的遥控系统按遥控介质的不同,有油压式、电气式、空气式(气动式)、电气-油压式、电气-空气式等。控制部分和动力部分均采用油压的油压系统虽然结构简单,但油压管路不宜过长,故一般仅用于小型船舶。其他方式的优缺点如表4所列。此外,还有:油压-空气-电气混合式,在电气线路中采用集成电路的方式<sup>[66, 67]</sup>以及射流控制式等<sup>[68]</sup>。

控制方法有机械遥控、自动遥控和半自

动遥控三种。机械遥控即将原来在机侧的操作,按原来的方式延长到较远的地方。

自动遥控只需简单地按下按钮或扳动遥控操作手柄,主机即自动按顺序进行换向、空气启动、燃油运转及变速等一系列动作。

半自动遥控介于以上两者之间,仅能满足几个操作程序,如换向时自动接入制动空气、启动时自动切断启动空气等。

#### 1. 柴油机船的主机遥控

主机遥控,最初仅在机舱内设立开式控制台进行操纵,随着自动化的发展、目前的一些机舱无人操作船,不仅要求能在机舱集中控制室操纵,还要求由驾驶室遥控主机。

如以M表示机械遥控方式、E表示用电气-油压或电气-空气作为介质进行控制、B表示从驾驶室进行自动遥控、C表示在机舱控制室遥控,则可将目前常用的主机遥控系统用符号来表达。例如:M方式代表单纯的机械遥控,EBC方式代表既能从驾驶室又能从机舱控制室进行控制的电气-油压或电气-空气遥控系统。EBC方式是目前在机舱无人操作船中采用较多的系统。但由于主机的换向、启动、停车、变速、紧急倒车等操作均

表4 各种控制介质比较表<sup>[65]</sup>

| 项 目                        | 电 气 式                                                                                    | 电气——油压式                                                                                        | 电气——空气式                                                                 | 空 气 式                                                              |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 控制概要                       | 过去仅在比较小型的机器中使用, 现已在大型船舶中采用。传感器、调节部分、操纵部分等全部用电气控制方式。相对于油压或空气式中的动力缸, 使用电动机。多数是使用伺服马达来控制位置。 | 日本使用这种形式较多。在驾驶室装置同步发生器和电位器作为车钟或控制刻度盘。电信号由电磁阀或伺服阀控制油压回路来驱动手柄。与其他方法不同的是必须装置专门的油压装置。<br>多数用于大型船舶。 | 以电气回路控制逻辑回路和调油手柄, 以空气缸控制起动手柄和换向手柄。综合电气式和空气式的特点, 适用于使用电气——油压式比较困难的寒冷地带。  | 操作部分用动力缸和薄膜, 均采用空气定值器来控制。<br>由于空气有压缩性, 故可能产生故障, 在定值器中采用力平衡式和位移平衡式。 |
| 控制特性<br>(1) 精确度<br>(2) 快速性 | 1. 位置控制的精确度好, 大约在1.5%之内。<br>2. 由于用马达和齿轮进行操作, 所以快速性不如油压和空点式。                              | 1. 由于采用伺服阀、精确度较好, 同时油压缸的往复精确度也好。<br>2. 因油压+电压, 故快速性好。                                          | 1. 由伺服马达控制调油手柄, 又以气缸进行换向手柄的操作, 其位置由机械结构决定精确度好。<br>2. 反应速度快, 但在MB情况下有问题。 | 1. 迟滞及不灵敏度较大, 不能得到高的精确度。<br>2. 管路超过10米以上时, 传递的速度较差, 有时会产生信号的迟后。    |
| 安 全 性                      | 由于继电器和电动机用的接触器易产生火花, 不能使用于周围有易燃物的地方。                                                     | 与电气式、电气-空气式大致相同。                                                                               | 可能出现电火花, 但在主机遥控的情况下没有什么问题。                                              | 没有由于接触部分所产生的火花而引起火灾的危险, 故可以使用于要求防爆的地方。                             |
| 使用和保养                      | 使用方便。必须要对伺服放大器有专门知识的人进行保养。                                                               | 油压回路使用方便。过滤器和蓄压器的保养比较麻烦。                                                                       | 由于合并电气式和空气式, 在统一方面比较困难, 但在使用和保养上并没有特别困难的地方。                             | 空气容易获得, 不用特殊的技术, 容易使用和保养, 也易于发现故障和进行处理。                            |
| 耐 久 性                      | 马达等旋转体的耐久性不高, 齿轮等易于磨损。                                                                   | 油压缸和伺服阀的耐久性均好。在逻辑回路组成元件中, 如有继电器触点时, 可以经得起长期的变化。                                                | 其电气回路和电气式、电气——油压式相同。                                                    | 没有使用电气元件时所需考虑的接触不良、断线等故障, 所以耐久性较好。                                 |
| 价 格                        | 价格较贵, 特别是使用大容量伺服马达时的成本较高。                                                                | 价格较贵。由于使用专用的油压装置, 故需泵、油马达、油箱等设备, 增加了成本。                                                        | 比电气——油压式便宜。                                                             | 不要敷设电线, 其组成的零件也较便宜, 故成本较低。                                         |
| 振动、温度和电气干扰的影响              | 外部电干扰, 如感应电源电压降低、频率波动等影响较大。                                                              | 因伺服阀、伺服放大器等几乎全由晶体管所组成, 故容易受到感应的影响。若使用屏蔽线, 则在实用上毫无问题。                                           | 与电气式、电气——油压式大致相同。                                                       | 对于振动、温度和电气干扰等完全没有影响。                                               |

能从驾驶室、机舱控制室和机侧三处进行,其转换机构相当复杂。故有些船舶采用简化方法,在港内或在狭航道中的备车以及启动、变速控制在控制室内进行,当船舶出港后再移向驾驶室遥控。其遥控操纵原理如图2所示<sup>[65]</sup>。图3是MEB方式遥控操纵原理图<sup>[65]</sup>。

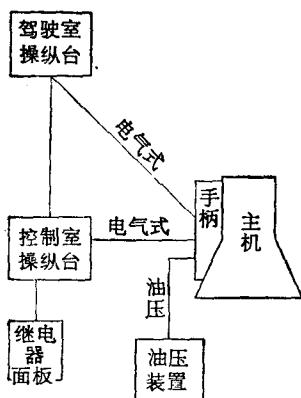


图2 EBC方式遥控操纵原理图

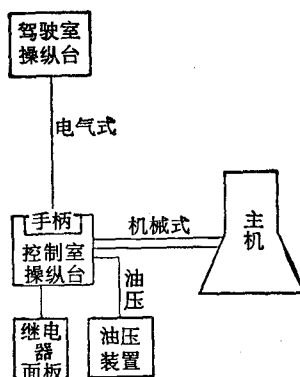


图3 MEB方式遥控操纵原理图

MEB方式是在M方式的基础上,再增加从驾驶室的遥控装置,即将机侧操作手柄机械地延长到机舱控制室的操纵台,而从驾驶室采用电气-油压控制这个手柄,只有当驾驶室遥控发生故障时,才用控制室的机械式操纵来代替。图4是意大利GMT公司为该公

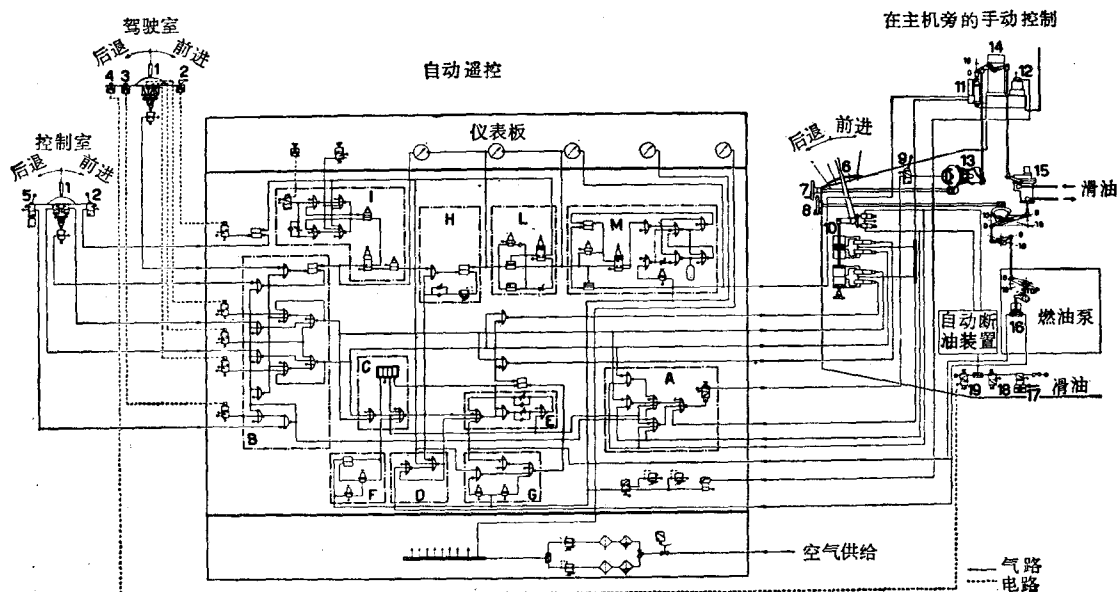


图4 GMT柴油机的空气-电气式遥控系统原理图

- 1—遥控手柄 2—应急调速转换器 3—驾驶室控制通知按钮 4—应急停车按钮 5—控制传送杆 6—调速杆 7—主机速度控制手轮 8—直接燃料控制的应急手轮 9—遥控手动转换器 10—操纵杆动作的伺服马达 11—调速器速度调节杆的伺服马达 12—主机速度气动传感器 13—速度控制手轮脱开的离合器 14、15—Woodward调速器 16—燃料断路伺服马达 17—滑油压力故障的自动停车设备 18—滑油压力故障的停车设备断路阀 19—应急停车阀 A—手动/遥控转换开关 B—驾驶室/控制室转换开关 C—脉冲计数器和启动联锁 D—应急停车情况的启动联锁 E—脉冲发生器 F—运转-机器/停止-机器校验 G—制动 H—在启动阶段的转速控制 I—转速的自动减速 L—加速程序调节 M—危险转速的快速越过

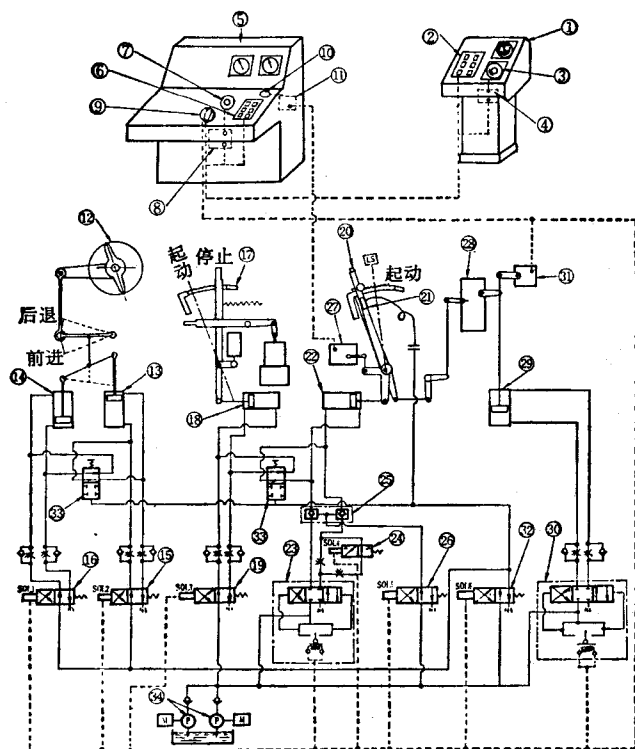


图5 Sulzer 主机的驾驶室和机舱控制室遥控系统图

- ① 驾驶室车钟 ② 车钟发信器 ③ 操纵刻度盘 ④ 同步控制变压器 ⑤ 机舱控制室控制台 ⑥ 车钟发信器 ⑦ 操纵刻度盘 ⑧ 同步控制变压器 ⑨ 驾驶室、控制室操纵转换开关 ⑩ 燃油手柄调节刻度盘 ⑪ 同步控制变压器 ⑫ 操纵油转换阀 ⑬ 前进用油压缸 ⑭ 后退用油压缸 ⑮ 前进用电磁阀 ⑯ 后退用电磁阀 ⑰ 启动手柄 ⑱ 启动用油压缸 ⑲ 启动用电磁阀 ⑳ 燃油手柄 ㉑ 制动器 ㉒ 燃油手柄用油压缸 ㉓ 伺服阀 ㉔ 电磁阀 ㉕ 旁通止回阀 ㉖ 电磁阀 ㉗ 同步控制发信器 ㉘ 调速器 ㉙ 调速器用油压缸 ㉚ 伺服阀 ㉛ 同步控制发信器 ㉜ 旁通阀 ㉝ 油压泵

司船用柴油机设计的空气-电气遥控系统原理图<sup>[69]</sup>。图5是Sulzer主机的驾驶室和机舱控制室操纵的电气-油压遥控系统图<sup>[70]</sup>。

图6、图7是Sulzer RND型柴油机的电子式遥控系统<sup>[67]</sup>。它是日本最近用于自动化油船“星光丸”上的遥控装置。控制部分的逻辑元件完全采用半导体并按美国军用标准MIL规格制造，整套装置符合英国劳氏船级协会的UMS规定，具有下列功能：

(1) 遥控倒、顺车的换向、启动及变速；

(2) 自动选择四种启动方式即：正常启动、倒车启动、紧急倒车启动及重复启动，并自动选定各种启动方式下调速器的启动位

置；

(3) 避开临界转速；

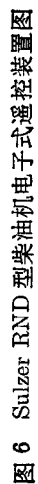
(4) 在十几种预先规定的主机参数不正常情况下使主机自动减速或停车；

(5) 辅助鼓风机的自动启动和停止；

(6) 自动增速程序：即从港内全速到最大持续功率相对应转速之间的转速升高是按程序控制的。程序可在30分钟到4小时的范围内自由选择。

图8是单向运转柴油机的射流控制系统简图<sup>[68]</sup>。

在主机采用遥控后，机器外部的冷却水、压缩空气、燃油、滑油等系统必须同时进行自动调节或遥控。对于废气锅炉的自动化，应



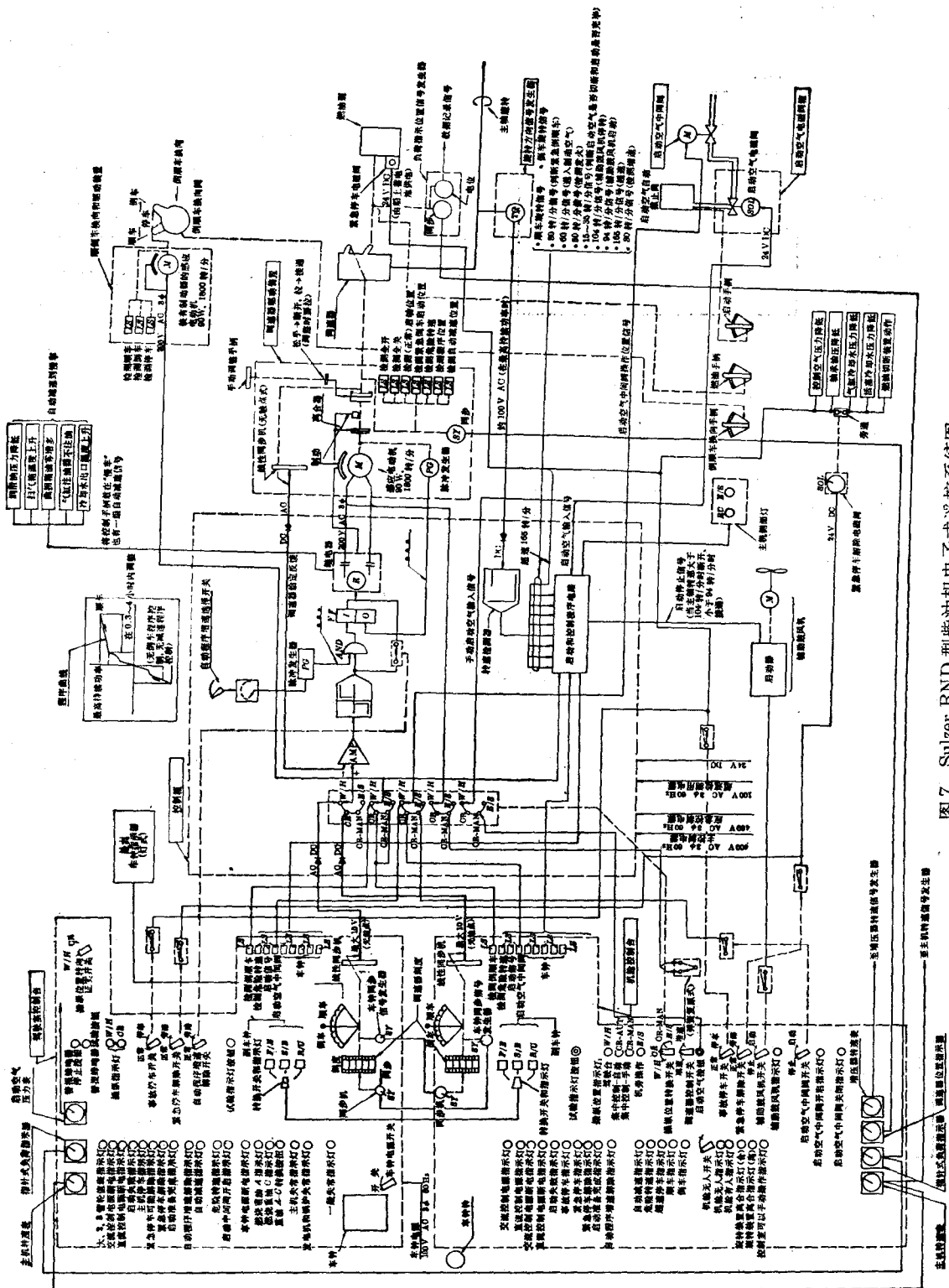


图 7 Sulzer RND 型柴油机电子式遥控系统图