

# 基于 PLC 的船舶中央冷却水控制系统及其基本功能实现

崔向东

(青岛远洋船员学院机电系, 山东 青岛 266071)

**提 要:**船舶冷却水控制系统目前发展目标是节能和精度。本文利用西门子最新技术开发基于 S7-200 PLC 的自整定 PID 和 PWM 输出的船舶中央冷却水控制系统,通过程序实现其基本功能。

**关键词:**中央冷却水控制系统 自整定 PID 脉冲宽度调制

**中图分类号:**U664.5

**文献标识码:**A

## 1 引言

船舶冷却水系统常见有开式海水系统、闭式淡水冷却系统、中央冷却系统。中央冷却系统海水、淡水管路分开,淡水管路腐蚀少且清洁,管理成本低,系统工作可靠性强;高温、低温两路淡水分别冷却不同船舶设备,使系统适应性强,提高设备工作性能。基于以上突出优点,近年来新造船舶多采用中央冷却系统。船舶冷却水控制系统主要任务是随热负荷变化自动控制执行机构来保证冷却水温度稳定。目前船舶冷却水控制系统普遍能耗大,执行机构动作频繁磨损大,控制温度不稳定。如控制系统实现自整定 PID(比例积分微分)输出和 PWM(脉冲宽度调制)输出便能解决上述普遍存在的问题。采用西门子最新推出的 SIMATIC STEP 7 Micro/WIN 4.0 SP3 软件和 CPU224XP、TP270,使用 PID-WIZARD、PID-TUNE、PWM-WIZARD 等高级编程指令,能够开发和运行自整定 PID、PWM 输出的船舶中央冷却水控制系统的程序。一台 S7-200PLC CPU224XP 上,可以同时运行 8 个回路的自整定 PID,使系统自适应性、稳定性、可靠性高,保证柴油机最佳工作性能,降低控制系统的技术成本,达到节能和精度目标。本文主要探讨基于 PLC 的自整定 PID 和 PWM 输出的船舶中央冷却水控制系统和

其基本功能的实现。

## 2 船舶中央冷却水控制系统

### 2.1 控制系统的组成

控制对象包括高温淡水冷却器和低温淡水冷却器。执行机构有高温/低温淡水调节阀和双速调节的海水泵。测量单元为设置在管路上的温度传感器、压力传感器、流量传感器以及膨胀水箱上的液位传感器。S7-200PLC 实现整个中央冷却水系统的运行控制、监测报警和管理,TP270 触摸屏作为系统的操作、监控和参数显示与整定的人机界面。

船舶中央冷却水系统如图 1 所示。

### 2.2 工作原理

海水泵投入工作的台数及速度控制不仅取决于中央冷却器热负荷,还与淡水流量、海水流量、海水温度及中央冷却器的脏污程度有关。淡水温度在一定范围内变化时,调节阀控制流经中央冷却器的流量和旁通水量的比例,若淡水温度变化超出调节阀设定的调节范围时,海水流量调节阀将起作用。

#### 2.2.1 淡水温度控制

在 LT 回路淡水泵之后检测低温淡水温度为  $T_1$ ,  $T_1$  与低温淡水的设定值  $T_L$  相比较得偏差值  $EL = T_1 - T_L$ 。S7-200PLC 控制器输出控制信号

收稿日期:2006-05-10

作者简介:崔向东(1972-),男,讲师

EL 到 LT 回路的调节阀,当淡水温度降低时,即  $EL < 0$ ,调节旁通阀开大,流经中央冷却器的淡水量减小;反之, $EL > 0$ ,旁通阀关小,流经中央冷却

器的淡水量增多。淡水温度超过或低于限制值时,发出超限报警。在 TP270 触摸屏上显示旁通阀的开度百分数。

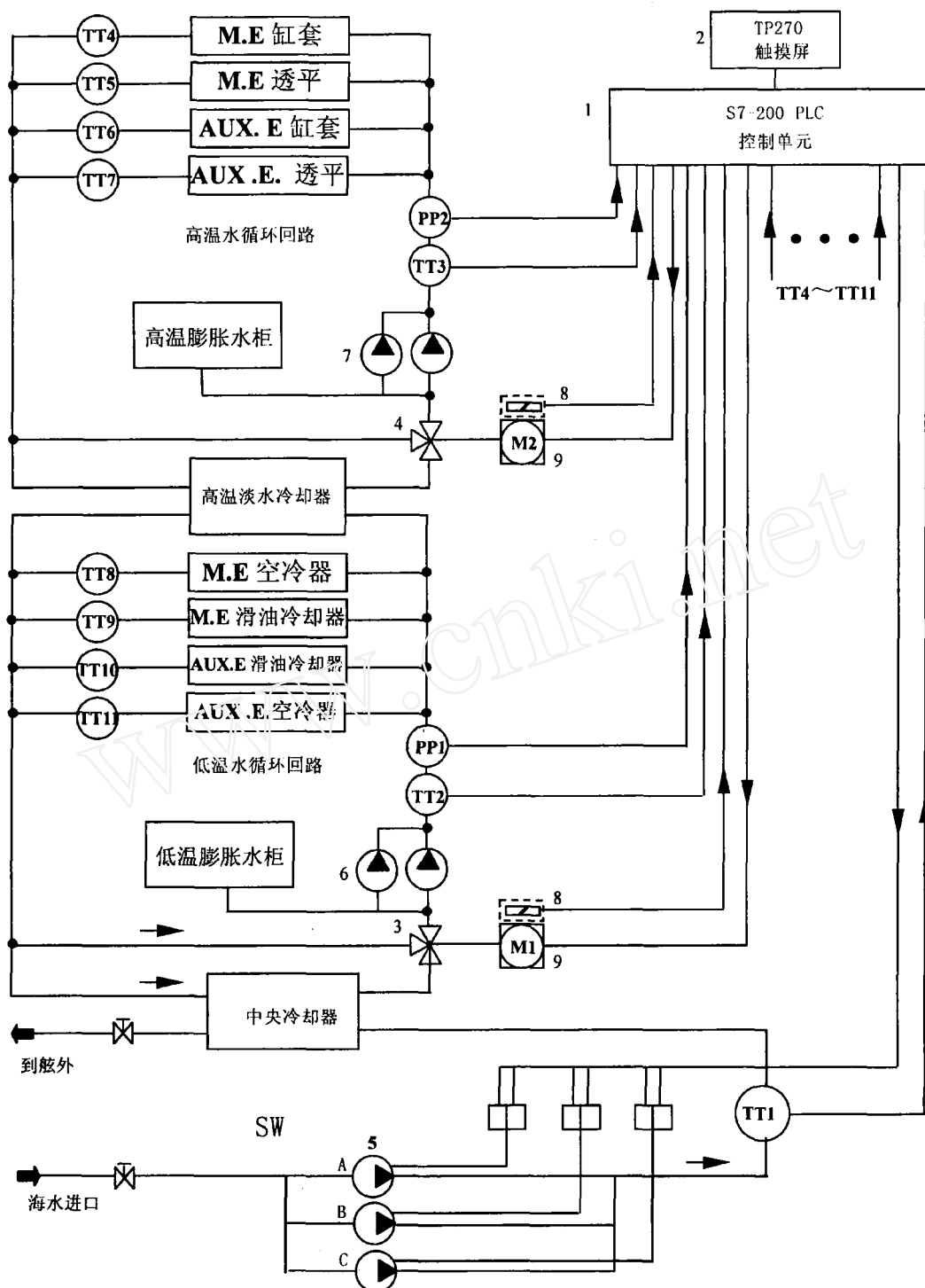


图 1 船舶中央冷却水控制系统图

1、S7-200PLC 控制单元;2、TP270 触摸屏;3、低温回路三通调节阀;4、高温回路三通调节阀;5、双速冷却海水泵;6、低温回路循环水泵;7、高温回路循环水泵;8、阀位反馈电位器;9、交流伺服电机;TT1 ~ TT11 为温度传感器;PP1、PP2 为压力传感器;图中省略各冷却器前后的截止阀、去往空压机等设备和付机缸套水对主机缸套的管路

当旁通阀的开度信号达到海水泵的切换值时,海水流量设定值 TSW 将增大或减小, S7 - 200PLC 控制器将根据 TSW 发送起动控制信号给海水泵,增加或减小海水泵的运行。海水泵启动时,起动信号反馈回 S7 - 200PLC 控制器以确认海水泵是否运转,在 TP270 触摸屏上有信号指示,若没有反馈信号,则发出故障报警。

### 2.2.2 海水泵控制

海水泵的切换控制可按照 LT 回路的淡水温度 T1 或 LT 调节阀的旁通口开度 V1,也可按 T1 控制海水泵的大流量,同时按 V1 控制海水泵的小流量。冷却系统的热负荷增大时,需要更多的冷却淡水流经中央冷却器,若采取 V1 控制方式,LT 调节阀将关小旁通口,当 V1 值达到某一设定值时,增大海水泵流量或起动另一台海水泵并联运行;若采取 T1 控制方式,LT 调节阀将全关旁通口,淡水全部流经中央冷却器,当 T1 值增大达到某一设定值时,海水泵流量往大的方向切换 (CHANGE - OVER)。热负荷减小时,LT 调节阀将开大旁通口 (V1 控制方式),当 V1 值到达某一设定值时,减小海水泵流量;或者 LT 调节阀的旁通口全开 (T1 控制方式),当 T1 值降低达到某一设定值时,海水泵流量向小的方向切换 (CHANGE - DOWN)。

S7 - 200PLC 控制器自动调节 T1、V1 与冷却海水流量之间的参数匹配,避免海水泵的频繁起停和淡水温度的大幅度震荡。如果 LT 调节阀控制旁通口开度 V1 的变化范围在 0 - 5% 之内,或者淡水温度偏离设定值不超过 0.5℃,则不需要对海水泵的流量进行调节。

### 2.2.3 报警与显示

S7 - 200PLC 报警分过程报警和功能报警,前者是关于海水泵、淡水温度越限等故障,后者是关于 S7 - 200PLC 内部及输入输出故障。报警性质通过 TP270 触摸屏窗口显示和 PLC 模块上的发光 LED 指示。如果在 5 秒钟之内未复位过程报警,则触发机舱中央报警单元。发生功能报警时,LT 调节阀开度保持原位不变。

### 2.3 PLC 硬件组态

PS	CPU224XP				EM231RTD	EM235
	14DI	10DO	2AI	1AO	6 个扩展模块	

图2 S7 - 200PLC 硬件组态图

## 3 船舶中央冷却水控制系统流程图

### 3.1 系统初始化子程序 SBR0

系统上电时, SBR0 子程序复位报警和模拟量存储单元清零,延时 5s 后,读入模拟量。同时,阀门具有有限幅功能,防止调节阀卡死在极限位置。

本系统设有断电数据保持功能,选择在上电周期时希望保持的存储区,为 V、M、T 或 C 存储区输入新值,然后将这些修改下载到 CPU。上电时, CPU 检查 RAM 存储区,检查超级电容或电池是否已成功地保持存储在 RAM 中的数据。如果 RAM 数据被成功保持, RAM 存储区的保持区不变。永久 V 存储区 (在 EEPROM 中) 的相应区域被复制至 CPU RAM 中的非保持区。用户程序和 CPU 配置也从 EEPROM 恢复。CPU RAM 的所有其它非保持区均被设为零。上电时如果未保存住 RAM 的内容 (例如长时间断电后), CPU 清除 RAM (包括保持和非保持范围),并为上电后的首次扫描设置保持数据丢失存储区位 (SM 0.2) 为 1。用户程序和 CPU 配置然后从 EEPROM 复制至 CPU RAM。此外, EEPROM 中的 V 存储区永久区域和 M 存储区永久区域 (如果被定义为保持) 从 EEPROM 复制至 CPU RAM。CPU RAM 的所有其它区域均被设为零。

### 3.2 数字量和模拟量的输入滤波器 SBR1

为了防止误报警和频繁报警,某些或全部局部数字量输入点选择一个定义时延 (可从 0.2 毫秒至 12.8 毫秒之间选择) 的输入滤波器。该延迟帮助过滤输入接线上可能对输入状态造成不良改动的噪音。通过设置输入时延,可以过滤数字量输入信号。输入状态改变时,输入必须在时延期限内保持在新状态,才能被认为有效。滤波器会消除噪音脉冲,并强制输入线在数据被接受之前必须先稳定下来,消除抖动现象。

单个模拟量输入通道选择软件滤波。滤波后的数值是预先选择的模拟量输入采样数目的平均值。滤波器规格 (采样数和死区值) 对所有启用过滤功能的模拟量输入均相同。滤波器具有快速响应功能,允许滤波数值快速反映出较大的输入变化。当输入距离平均值的变化超过了指定的变化范围时,滤波器就直接把模拟量输入值跨步改变到实际的新值。这一变化范围称为死区,用模拟量输入数字量值计数表示。

### 3.3 模拟量处理子程序 SBR2

因为 A/D(模/数)、D/A(数/模)转换之间的对应关系, S7-200 CPU 内部用数值表示外部的模拟量信号, 两者之间有一定的数学关系。这个关系就是模拟量/数字量的换算关系。

例如, 使用一个 0-20mA 的模拟量信号输入, 在 S7-200 CPU 内部, 0-20mA 对应于数值范围 0-32000; 对于 4-20mA 的信号, 对应的内部数值为 6400-32000。

如果有两个传感器, 量程都是 0-16MPa, 但是一个是 0-20mA 输出, 另一个是 4-20mA 输出。它们在相同的压力下, 变送的模拟量电流大小不同, 在 S7-200 PLC 内部的数值表示也不同。两者之间存在比例换算关系。模拟量输出的情况也大致相同。

上面谈到的是 0-20mA 与 4-20mA 之间换算关系, 但模拟量转换的目的不是在 S7-200 CPU 中得到一个 0-32000 之类的数值; 对于编程和操作人员来说, 得到具体的物理量数值(如压力值、流量值), 或者对应物理量占量程的百分比数值是换算的最终目标。

模拟量的输入/输出都可以用通用换算公式换算:

$$O_v = \frac{(OSH - OSL) * (I_v - ISL)}{LSH - LSL} + OSL$$

其中:  $O_v$ ——换算结果;

$I_v$ ——换算对象;

$OSH$ ——换算结果的高限;

$OSL$ ——换算结果的低限;

$ISH$ ——换算对象的高限;

$ISL$ ——换算对象的低限。

### 3.4 子程序 SBR3、SBR4/5、SBR6/8

本系统的高温淡水温度应在 65℃ 和 90℃ 之间, 低温淡水温度不超过 37℃, 缸套水压力在 0.3Mpa 和 0.62Mpa 之间, 海水压力在 0.2Mpa 和 0.62Mpa 之间。为了提高控制系统的稳定性, 防止执行机构的频繁动作, 减少机构磨损, 增加了动态死区, 即死区随着给定值的改变而变化。子程序 SBR3 进行控制参数的偏差运算, 偏差在死区之内, 控制不起作用。

被调量在允许的上下限范围内变化时, 调用子程序 SBR4 和 SBR5, 高、低温淡水温度进行 PID 自整定控制, 提高动态和静态精度。

被调量超出允许的上下限范围时, 则调用报警子程序 SBR6, 同时还调用子程序 SBR8。子程序 SBR8 是参数越限的阀位开关量控制, 即三通调节阀全开或全关 95%, 直到被调参数返回到允许的上下限范围内为止。

报警子程序 SBR6 还控制水泵的切换, 当工作水泵的排出压力低于切换值或其运行时间超出检修周期时, 则水泵自动切换。

### 3.5 海水泵控制子程序 SBR7

本系统既可进行阀位控制, 也可进行海水流量控制, 具有两种调节方式。当被调参数在一定的范围内变化时, 可以手动选择调节方式。当被调参数越限时, 这两种方式自动配合调节, 调节速度加快, 防止被调量出现大的偏差。

本系统有三台海水泵, 三种功率, 分别双速变极调节。海水泵的切换控制既可按低温淡水温度控制海水泵的大流量, 同时也可按低温三通调节阀控制海水泵的小流量。也就是说, 冷却系统的热负荷增大时, 低温三通调节阀将关小旁通口, 流经低温淡水冷却器的淡水量增多, 但是, 当低温调节阀的开度变化范围超过 5% 时, 将增大海水泵流量或起动另一台海水泵并联运行。热负荷减小时, 低温调节阀将开大旁通口, 将减小海水泵流量。

本系统的海水泵流量自动调节达到节能效果, 避免海水泵的频繁起停和淡水温度的大幅度震荡。低温调节阀的变化范围在 0-5% 之内, 或者淡水温度偏离设定值不超过 0.5℃, 则海水泵的流量控制方式被取消。

### 3.6 脉冲宽度调制子程序 SBR9

本系统把连续控制方式转化为脉冲宽度可调的 PWM 控制方式, 防止调节过头。当被调量偏差超出上、下限范围时, 脉宽大于等于周期, 占空比为 100%, 即输出为连续控制。当被调量偏差在死区之内时, 则脉宽为 0, 占空比为 0%, 控制不起作用。

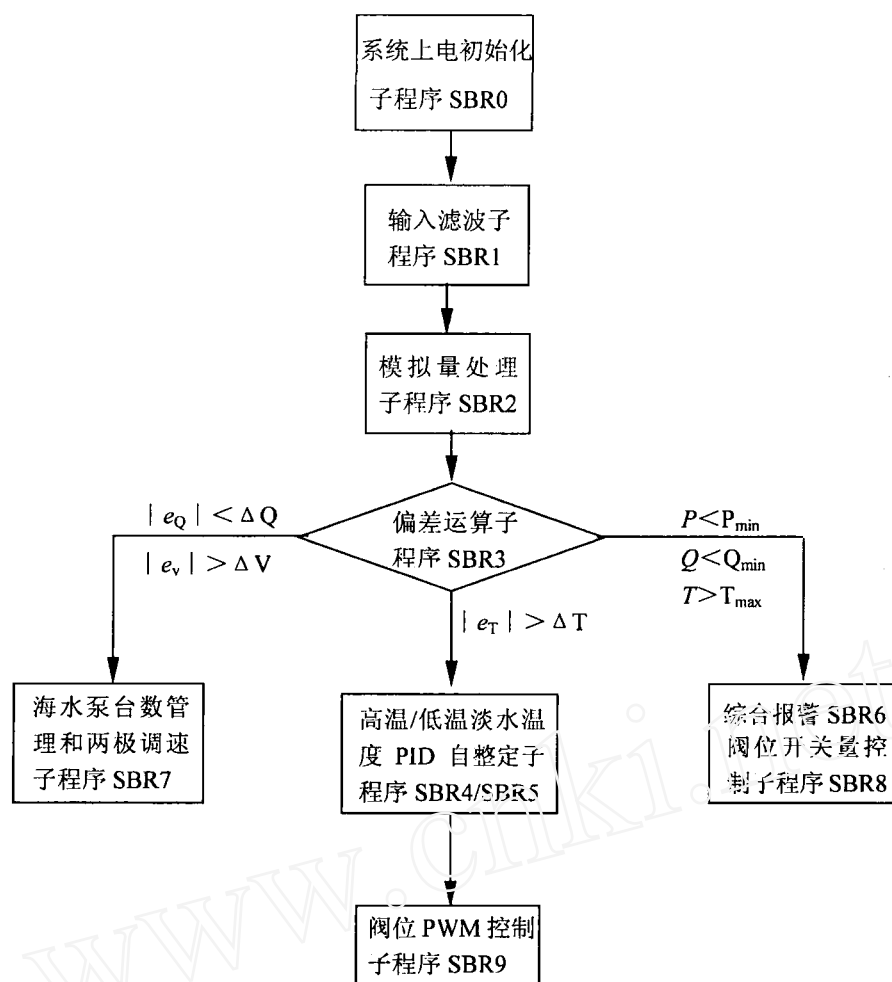


图 3 船舶中央冷却水控制系统流程图

## 参考文献:

[1] 孙培廷, 船舶柴油机[M], 大连海事大学出版社, 2002 年

## Marine Central Cooling Water Control System Based on PLC and Basic Function Implement

CUI Xiang - dong

(Department of Marine Engineering , Qingdao Ocean Shipping Mariners College, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** These days the development targets of marine cooling water control system are energy - saving and precision. This paper exploits marine central cooling water control system based on PID tune and PWM def-erent of S7 - 200 PLC utilizing technology of SEIMENS up to the minute , implements its basic function via pro-gram.

**Keywords:** central cooling water control system; PID tune; pulse width modulate