



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102777251 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 05

(21) 申请号 201210282192. 0

(22) 申请日 2012. 08. 09

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区 2 号大街

(72) 发明人 陈国金 刘婷婷 刘忠民 彭章明
朱泽飞 元广杰 苏少辉 龚友平

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司
33200

代理人 杜军

(51) Int. Cl.

F02B 29/04 (2006. 01)

F01P 3/02 (2006. 01)

F01P 11/08 (2006. 01)

F01P 7/16 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202690211 U, 2013. 01. 23, 权利要求第 1

项.

CN 102012317 A, 2011. 04. 13, 全文.

CN 87104711 A, 1987. 12. 30, 全文.

CN 85104160 A, 1986. 11. 26, 全文.

CN 2787841 Y, 2006. 06. 14, 全文.

US 6418887 B1, 2002. 07. 16, 全文.

JP 特开 2004-60652 A, 2004. 02. 26, 全文.

JP 特开平 9-309497 A, 1997. 12. 02, 全文.

FR 2832188 A1, 2003. 05. 16, 全文.

庞宏磊等. 中速柴油机冷却系统恒温控制设计与研究. 《现代科学仪器》. 2012, (第 2 期), 7-12.

审查员 杨阳

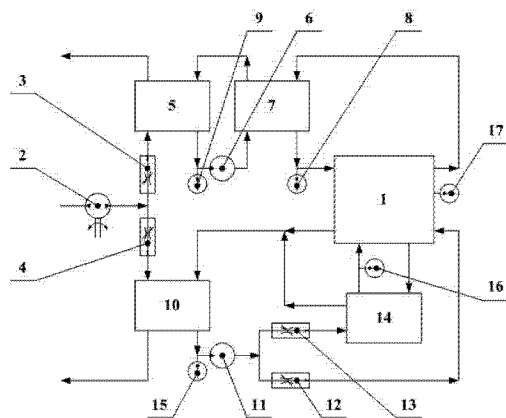
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

柴油机冷却控制系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种柴油机冷却控制系统及方法。本发明设置有二个高低温换热器,海水泵利用变频调速调节总冷却水量;二个高低温换热器海水进口处分别设置流量调节阀,对海水供给量进行调节,一个高低温换热器,为中冷器提供冷却水;通过中冷器,将增压后的空气冷却至低于 60°,另一个高低温换热器分两路用于机体的冷却和润滑油冷却器的进水;系统中的中冷器出气口设置温度传感器、机体上设置温度传感器、润滑油冷却器出油口设置温度传感器、二个高低温换热器出水口设置温度传感器。本发明通过检测各点温度与设定温度的比较,采用流量调节公式和控制模型,通过变频调速器和流量调节阀控制各进口处的流量,从而使各点的温度控制在设定的范围内。



1. 柴油机冷却控制系统,包括柴油机 (1)、海水泵 (2)、第一路海水调节阀 (3)、第二路海水调节阀 (4)、第一路高低温换热器 (5)、中冷水泵 (6)、中冷器 (7)、出气温度传感器 (8)、第一路出水温度传感器 (9)、第二路高低温换热器 (10)、冷却水泵 (11)、机体冷却调节阀 (12)、滑油冷却调节阀 (13)、润滑油冷却器 (14)、第二路出水温度传感器 (15)、出油温度传感器 (16)、机体温度传感器 (17);其特征在于:

海水泵 (2) 的输出端分两路,一路接第一路海水调节阀 (3) 的一端,另一路接第二路海水调节阀 (4) 的一端,第一路海水调节阀 (3) 的另一端接第一路高低温换热器 (5) 的第一进口,且第一路高低温换热器 (5) 的第二出口设置有第一路出水温度传感器 (9),第一路高低温换热器 (5) 的第一出口为排水口,第二出口接中冷水泵 (6) 的一端,中冷水泵 (6) 的另一端接中冷器 (7) 的第一进口,中冷器 (7) 的第一出口接第一路高低温换热器 (5) 的第二进口,形成循环;中冷器 (7) 的第二出口接柴油机 (1) 的第一进口,且在中冷器 (7) 的第二出口设置有出气温度传感器 (8),柴油机 (1) 的第一出口接中冷器 (7) 的第二进口,形成循环;

第二路海水调节阀 (4) 的另一端接第二路高低温换热器 (10) 的第一进口,第二路高低温换热器 (10) 的第一出口为排水口,第二出口接冷却水泵 (11) 的一端,且第二路高低温换热器 (10) 的第二出口设置有第二路出水温度传感器 (15),冷却水泵 (11) 的另一端分两路,一路接机体冷却调节阀 (12) 的一端,另一路接滑油冷却调节阀 (13) 的一端,滑油冷却调节阀 (13) 的一端的另一端接润滑油冷却器 (14) 的第一进口,润滑油冷却器 (14) 的第一出口接第二路高低温换热器 (10) 的第二进口,形成循环;润滑油冷却器 (14) 的第二出口接柴油机 (1) 的第三进口,且在润滑油冷却器 (14) 的第二出口处设置有出油温度传感器 (16),机体冷却调节阀 (12) 的另一端接柴油机 (1) 的第二进口,柴油机 (1) 的第三出口接润滑油冷却器 (14) 的第二进口,形成循环;柴油机 (1) 机体上设置有机体温度传感器 (17)。

2. 使用权利要求 1 所述的一种柴油机冷却控制系统的方法,其特征在于包括如下具体步骤:

步骤 (1). 设定第一路出水温度传感器 (9)、第二路出水温度传感器 (15)、出气温度传感器 (8)、机体温度传感器 (17)、出油温度传感器 (16) 各点的温度控制值分别为 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 ;

步骤 (2). 全部打开第一路海水调节阀 (3)、第二路海水调节阀 (4)、机体冷却调节阀 (12)、滑油冷却调节阀 (13) 四个调节阀,即 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $F_4=1$;启动额定工况的变频海水泵,即 $F_5=50\text{Hz}$;启动中冷水泵、冷却水泵;

步骤 (3). 再次测量第一路出水温度传感器 (9)、第二路出水温度传感器 (15)、出气温度传感器 (8)、机体温度传感器 (17)、出油温度传感器 (16) 各点温度,即 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 ;根据建立的流量调节公式计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 :

$$\delta = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 \frac{T_i - t_i}{T_i}$$

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{T_1 - t_1}{T_1} + \frac{T_3 - t_3}{T_3} \right) - \frac{1}{3} \left(\frac{T_2 - t_2}{T_2} + \frac{T_4 - t_4}{T_4} + \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

$$\delta_2 = \left(\frac{T_4 - t_4}{T_4} - \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

如果 δ 、 δ_1 、 $\delta_2 \leq 5\%$, 则不做任何调节, 延时 5 分钟后, 继续检测第一路出水温度传感器 (9)、第二路出水温度传感器 (15)、出气温度传感器 (8)、机体温度传感器 (17)、出油温度传感器 (16) 各点的温度, 计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值, 重新判断; 否则, δ 作为的 F_5 调小量、 δ_1 作为 F_1 的调小量和 F_2 的调大量、 δ_2 作为 F_3 的调小量和 F_4 的调大量, 分别调节海水泵的频率和四个调节阀的开度, 延时 5 分钟后, 继续检测各点的温度, 计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值, 重新判断。

柴油机冷却控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于机电一体化技术领域,涉及一种对柴油机机体、进气空气以及润滑油进行智能集散控制的柴油机冷却控制系统及方法。

背景技术

[0002] 柴油机的热状态既是柴油机设计的一个重要依据,也是船舶动力舱冷却系统设计的重要因素。柴油机燃料燃烧的热量部分转化为有效功(约 40%),其余由冷却介质(约 30%),排气(约 30%)等带走。与高温气体直接接触的气门、缸壁、缸套、活塞及缸盖等,温度迅速升高。而零件可靠工作的温度范围是有限的,冷却不足会导致充气系数降低,燃烧不正常,功率输出降低;工作粗暴,机件承受额外冲击载荷;运动件因受热膨胀而破坏正常间隙,造成“拉缸”,甚至活塞熔化;机件刚度、强度将会大大降低,机械性能下降,甚至损坏;润滑油粘度降低,变质甚至结胶,使润滑系统工作不良,加速机件的磨损。而冷却过度会导致燃油雾化不良,燃料消耗增大、排放增加;进入曲轴箱的燃料稀释润滑油,润滑性能下降;功率输出减小,造成动力输出不足;燃烧废气中的硫化物遇水生成亚硫酸,腐蚀机件表面;润滑油粘度过大,运动件摩擦阻力增大,柴油机摩擦损失增加。因此柴油机冷却系统的首要任务就是保证冷却适度,确保受热关键零部件在安全温度范围内工作。

[0003] 传统柴油机冷却系统采用静态匹配方法,以额定功率点为冷却系统最大负荷点,计算所需冷却水量,以最大扭矩点进行冷却量校核,该设计方法能够满足柴油机额定功率下的散热要求。虽然采用了节温阀等措施保证出水温度,但在中小负荷下,冷却水量过大,柴油机容易出现过度冷却问题。过度冷却一方面过多地带走了柴油机燃烧放热,导致输出功率下降,油耗增加;另一方面导致水泵消耗功率增加,辅助系统损失功率增加。随着低速柴油机设计技术发展,通过燃烧过程优化方法降低油耗已经非常困难,而冷却系统消耗功率约占柴油机输出功率 5%,冷却水带走热量约占燃烧放热量 30%,因此优化冷却系统匹配与控制对降低油耗具有巨大的潜力。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术的不足,为满足柴油机动力性与经济性要求,采用变流量及集散控制方法,平衡与优化机体、进气空气以及润滑油各冷却回路散热量,而提供一种柴油机冷却控制系统及方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采取的技术方案如下:

[0006] 本发明包括柴油机、海水泵、第一路海水调节阀、第二路海水调节阀、第一路高低温换热器、中冷水泵、中冷器、出气温度传感器、第一路出水温度传感器、第二路高低温换热器、冷却水泵、机体冷却调节阀、滑油冷却调节阀、润滑油冷却器、第二路出水温度传感器、出油温度传感器、机体温度传感器。

[0007] 海水泵的输出端分两路,一路接第一路海水调节阀的一端,另一路接第二路海水调节阀的一端,第一路海水调节阀的另一端接第一路高低温换热器的第一进口,且第一路

高低温换热器的第二出口设置有第一路出水温度传感器,第一路高低温换热器的第一出口为排水口,第二出口接中冷水泵的一端,中冷水泵的另一端接中冷器的第一进口,中冷器的第一出口接第一路高低温换热器的第二进口,形成循环;中冷器的第二出口接柴油机的第一进口,且在中冷器的第二出口设置有出气温度传感器,柴油机的第一出口接中冷器的第二进口,形成循环;

[0008] 第二路海水调节阀的另一端接第二路高低温换热器的第一进口,第二路高低温换热器的第一出口为排水口,第二出口接冷却水泵的一端,且第二路高低温换热器的第二出口设置有第二路出水温度传感器,冷却水泵的另一端分两路,一路接机体冷却调节阀的一端,另一路接滑油冷却调节阀的一端,滑油冷却调节阀的一端的另一端接润滑油冷却器的第一进口,润滑油冷却器的第一出口接第二路高低温换热器的第二进口,形成循环;润滑油冷却器的第二出口接柴油机的第三进口,且在润滑油冷却器的第二出口处设置有出油温度传感器,机体冷却调节阀的另一端接柴油机的第二进口,柴油机的第三出口接润滑油冷却器的第二进口,形成循环;柴油机机体上设置有机体温度传感器。

[0009] 第一路高低温换热器的第二出口、中冷器的第二出口、第二路高低温换热器的第二出口、润滑油冷却器的第二出口和柴油机的机体均设置有温度传感器;

[0010] 中冷器出气口设置温度传感器、机体上设置温度传感器、润滑油冷却器出油口设置温度传感器、二个高低温换热器出水口设置温度传感器

[0011] 所述的海水泵可利用变频调速调节总冷却水量,第一路海水调节阀和第二路海水调节阀用于独立调节海水泵的海水供给量,第一路高低温换热器为中冷器提供冷却水,通过中冷器,将增压后的空气冷却至低于 60° ;第二路高低温换热器的出水,分两路用于柴油机机体的冷却和润滑油冷却器的进水。两路的流量分配,根据冷却要求,分别由第一路海水调节阀和第二路海水调节阀控制。

[0012] 柴油机冷却控制方法,具体步骤如下:

[0013] 首先,测得第一路出水温度传感器、第二路出水温度传感器、出气温度传感器、机体温度传感器、出油温度传感器五路的温度信号,经模数转换电路处理后,传送给 CPU 电路。

[0014] 其次,采用建立的流量调节公式,计算出海水泵的频率调节量,以及第一路海水调节阀、第二路海水调节阀、机体冷却调节阀、滑油冷却调节阀的开度调节量,由 CPU 电路发送调节指令给 D/A 及驱动电路,从而控制海水泵以及四个调节阀。

[0015] 最后, CPU 电路通过 CAN 总线电路,与主控系统通信。

[0016] 具体操作步骤如下:

[0017] 首先设定第一路出水温度传感器、第二路出水温度传感器、出气温度传感器、机体温度传感器、出油温度传感器各点的温度控制值分别为 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 。

[0018] 接着全部打开第一路海水调节阀、第二路海水调节阀、机体冷却调节阀、滑油冷却调节阀四个调节阀,即 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $F_4=1$;启动额定工况的变频海水泵,即 $F_5=50\text{Hz}$;启动中冷水泵、冷却水泵。

[0019] 然后,再次测量第一路出水温度传感器、第二路出水温度传感器、出气温度传感器、机体温度传感器、出油温度传感器各点温度,即 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 。根据建立的流量调节公式计算 δ (海水泵的调节量)、 δ_1 (两路海水调节阀的调节量)、 δ_2 (机体冷却调节阀和滑

油冷却调节阀的调节量)：

[0020]

$$\delta = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 \frac{T_i - t_i}{T_i}$$

[0021]

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{T_1 - t_1}{T_1} + \frac{T_3 - t_3}{T_3} \right) - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T_2 - t_2}{T_2} + \frac{T_4 - t_4}{T_4} + \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

[0022]

$$\delta_2 = \left(\frac{T_4 - t_4}{T_4} - \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

[0023] 如果 δ 、 δ_1 、 $\delta_2 \leq 5\%$ ，则不做任何调节，延时 5 分钟后，继续检测第一路出水温度传感器、第二路出水温度传感器、出气温度传感器、机体温度传感器、出油温度传感器各点的温度，计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值，重新判断；否则， δ 作为的 F_5 调小量、 δ_1 作为 F_1 的调小量和 F_2 的调大量、 δ_2 作为 F_3 的调小量和 F_4 的调大量，分别调节海水泵的频率和四个调节阀的开度，延时 5 分钟后，继续检测各点的温度，计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值，重新判断。

[0024] 本发明的有益效果如下：

[0025] 柴油机冷却系统的任务就是保证冷却适度，既要确保受热关键零部件在安全温度范围内工作，又不产生过度冷却现象。目前柴油机普遍采用按额定工况设计冷却系统，运行中不进行任何调节。这样，在中低负荷下，往往会产生过度冷却现象，造成柴油机动力性与经济性下降、排放变差。因此，本发明提供的智能集散冷却系统与控制方法，能解决这一问题，具有明显的经济、社会和环境效益。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明冷却系统结构图。

[0027] 图 2 为本发明的控制系统结构图。

[0028] 图 3 为本发明冷却系统控制流程图。

[0029] 图中，柴油机 1、海水泵 2、第一路海水调节阀 3、第二路海水调节阀 4、第一路高低温换热器 5、中冷水泵 6、中冷器 7、出气温度传感器 8、第一路出水温度传感器 9、第二路高低温换热器 10、冷却水泵 11、机体冷却调节阀 12、滑油冷却调节阀 13、润滑油冷却器 14、第二路出水温度传感器 15、出油温度传感器 16、机体温度传感器 17。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0031] 如图 1 所示，柴油机冷却控制系统，包括柴油机 1、海水泵 2、第一路海水调节阀 3、第二路海水调节阀 4、第一路高低温换热器 5、中冷水泵 6、中冷器 7、出气温度传感器 8、第一路出水温度传感器 9、第二路高低温换热器 10、冷却水泵 11、机体冷却调节阀 12、滑油冷却调节阀 13、润滑油冷却器 14、第二路出水温度传感器 15、出油温度传感器 16、机体温度传感器 17。

[0032] 海水泵 2 的输出端分两路，一路接第一路海水调节阀 3 的一端，另一路接第二路海

水调节阀 4 的一端,第一路海水调节阀 3 的另一端接第一路高低温换热器 5 的第一进口,且第一路高低温换热器 5 的第二出口设置有第一路出水温度传感器 9,第一路高低温换热器 5 的第一出口为排水口,第二出口接中冷水泵 6 的一端,中冷水泵 6 的另一端接中冷器 7 的第一进口,中冷器 7 的第一出口接第一路高低温换热器 5 的第二进口,形成循环;中冷器 7 的第二出口接柴油机 1 的第一进口,且在中冷器 7 的第二出口设置有出气温度传感器 8,柴油机 1 的第一出口接中冷器 7 的第二进口,形成循环;

[0033] 第二路海水调节阀 4 的另一端接第二路高低温换热器 10 的第一进口,第二路高低温换热器 10 的第一出口为排水口,第二出口接冷却水泵 11 的一端,且第二路高低温换热器 10 的第二出口设置有第二路出水温度传感器 15,冷却水泵 11 的另一端分两路,一路接机体冷却调节阀 12 的一端,另一路接滑油冷却调节阀 13 的一端,滑油冷却调节阀 13 的一端的另一端接润滑油冷却器 14 的第一进口,润滑油冷却器 14 的第一出口接第二路高低温换热器 10 的第二进口,形成循环;润滑油冷却器 14 的第二出口接柴油机 1 的第三进口,且在润滑油冷却器 14 的第二出口处设置有出油温度传感器 16,机体冷却调节阀 12 的另一端接柴油机 1 的第二进口,柴油机 1 的第三出口接润滑油冷却器 14 的第二进口,形成循环;柴油机 1 机体上设置有机体温度传感器 17。

[0034] 中冷器出气口设置温度传感器、机体上设置温度传感器、润滑油冷却器出油口设置温度传感器、二个高低温换热器出水口设置温度传感器

[0035] 所述的海水泵 2 可利用变频调速调节总冷却水量,第一路海水调节阀 3 和第二路海水调节阀 4 用于独立调节海水泵 2 的海水供给量,第一路高低温换热器 5 为中冷器 7 提供冷却水,通过中冷器 7,将增压后的空气冷却至低于 60° ;第二路高低温换热器 10 的出水,分两路用于柴油机 1 机体的冷却和润滑油冷却器 14 的进水。两路的流量分配,根据冷却要求,分别由第一路海水调节阀 3 和第二路海水调节阀 4 控制。

[0036] 如图 2 所示,柴油机冷却控制方法,具体步骤如下:

[0037] 首先,测得第一路出水温度传感器 9、第二路出水温度传感器 15、出气温度传感器 8、机体温度传感器 17、出油温度传感器 16 五路的温度信号,经模数转换电路处理后,传送给 CPU 电路。

[0038] 其次,采用建立的流量调节公式,计算出海水泵 2 的频率调节量,以及第一路海水调节阀 3、第二路海水调节阀 4、机体冷却调节阀 12、滑油冷却调节阀 13 的开度调节量,由 CPU 电路发送调节指令给 D/A 及驱动电路,从而控制海水泵 2 以及四个调节阀。

[0039] 最后,CPU 电路通过 CAN 总线电路,与主控系统通信。

[0040] 如图 3 所示,具体操作步骤如下:

[0041] 步骤 (1). 设定第一路出水温度传感器 9、第二路出水温度传感器 15、出气温度传感器 8、机体温度传感器 17、出油温度传感器 16 各点的温度控制值分别为 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 。

[0042] 步骤 (2). 全部打开第一路海水调节阀 3、第二路海水调节阀 4、机体冷却调节阀 12、滑油冷却调节阀 13 四个调节阀,即 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $F_4=1$;启动额定工况的变频海水泵,即 $F_5=50\text{Hz}$;启动中冷水泵、冷却水泵。

[0043] 步骤 (3). 再次测量第一路出水温度传感器 9、第二路出水温度传感器 15、出气温度传感器 8、机体温度传感器 17、出油温度传感器 16 各点温度,即 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 。根据建立的流量调节公式计算 δ (海水泵的调节量)、 δ_1 (两路海水调节阀的调节量)、 δ_2 (机体

冷却调节阀和滑油冷却调节阀的调节量)：

[0044]

$$\delta = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^5 \frac{T_i - t_i}{T_i}$$

[0045]

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{T_1 - t_1}{T_1} + \frac{T_3 - t_3}{T_3} \right) - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T_2 - t_2}{T_2} + \frac{T_4 - t_4}{T_4} + \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

[0046]

$$\delta_2 = \left(\frac{T_4 - t_4}{T_4} - \frac{T_5 - t_5}{T_5} \right)$$

[0047] 如果 δ 、 δ_1 、 $\delta_2 \leq 5\%$ ，则不做任何调节，延时 5 分钟后，继续检测第一路出水温度传感器 9、第二路出水温度传感器 15、出气温度传感器 8、机体温度传感器 17、出油温度传感器 16 各点的温度，计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值，重新判断；否则， δ 作为的 F_5 调小量、 δ_1 作为 F_1 的调小量和 F_2 的调大量、 δ_2 作为 F_3 的调小量和 F_4 的调大量，分别调节海水泵的频率和四个调节阀的开度，延时 5 分钟后，继续检测各点的温度，计算 δ 、 δ_1 、 δ_2 值，重新判断。

[0048] 图 3 中各符号表示的意义如下：

[0049] F_1 — 第一路海水调节阀 3 的开度。

[0050] F_2 — 第二路海水调节阀 4 的开度。

[0051] F_3 — 机体冷却调节阀 12 的开度。

[0052] F_4 — 滑油冷却调节阀 13 的开度。

[0053] F_5 — 海水泵 2 变频电机的频率。

[0054] T_1 、 t_1 — 第一路出水温度传感器 9 的温度控制值和检测值。

[0055] T_2 、 t_2 — 第二路出水温度传感器 15 的温度控制值和检测值。

[0056] T_3 、 t_3 — 出气温度传感器 8 的温度控制值和检测值。

[0057] T_4 、 t_4 — 机体温度传感器 17 的温度控制值和检测值。

[0058] T_5 、 t_5 — 出油温度传感器 16 的温度控制值和检测值。

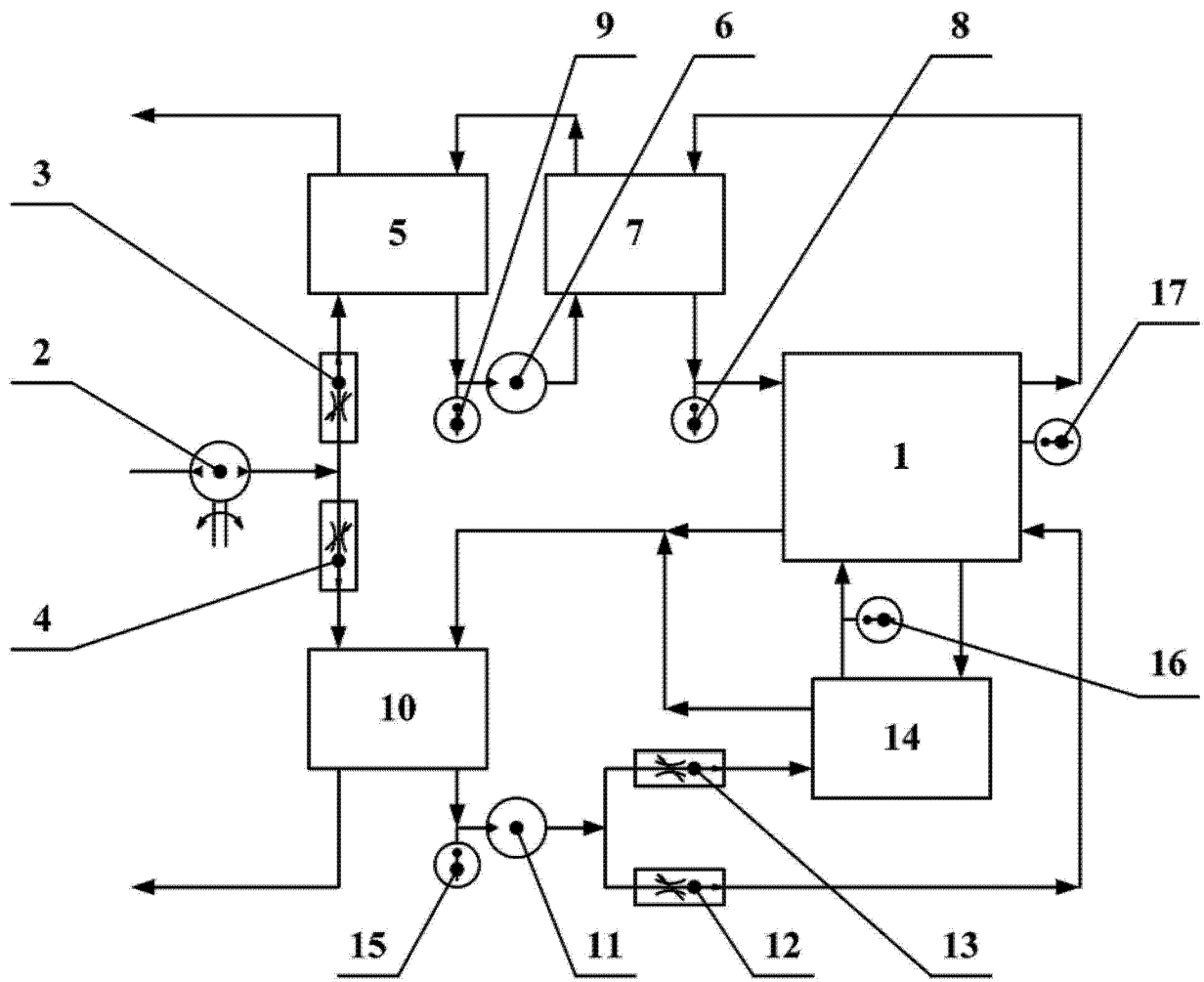


图 1

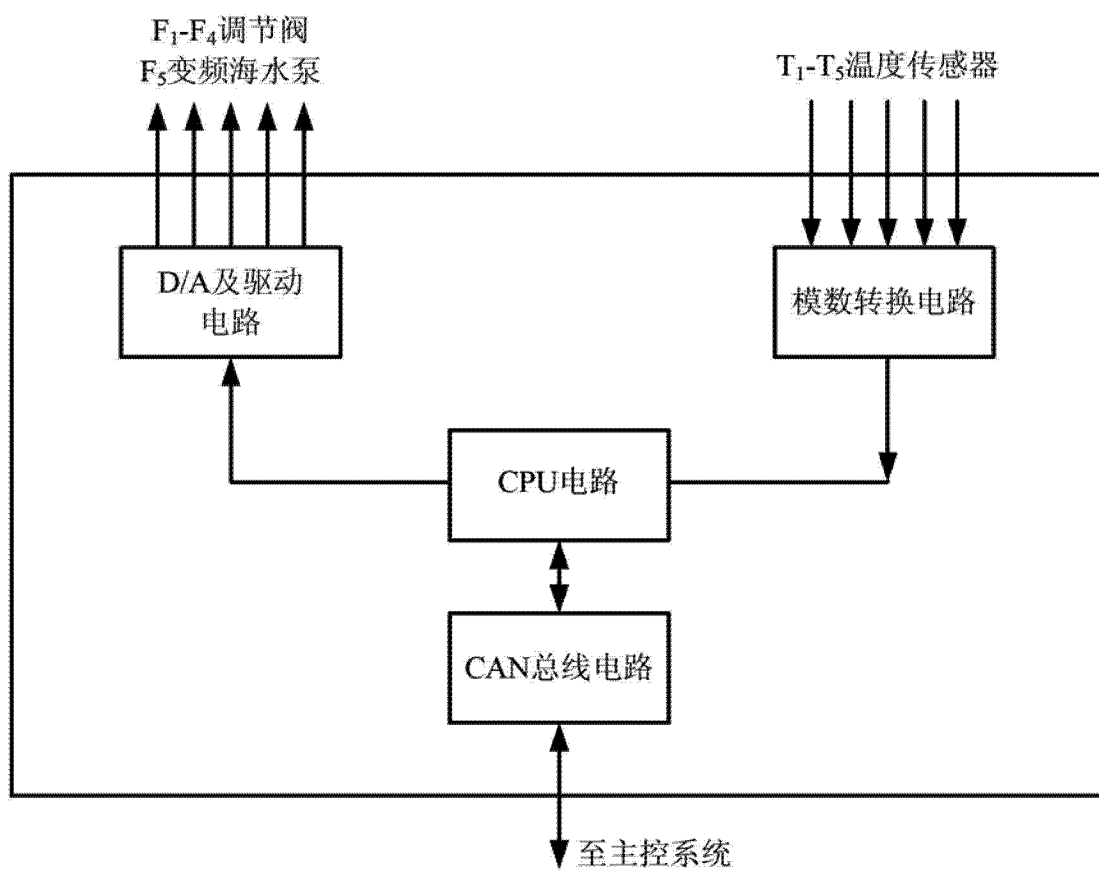


图 2

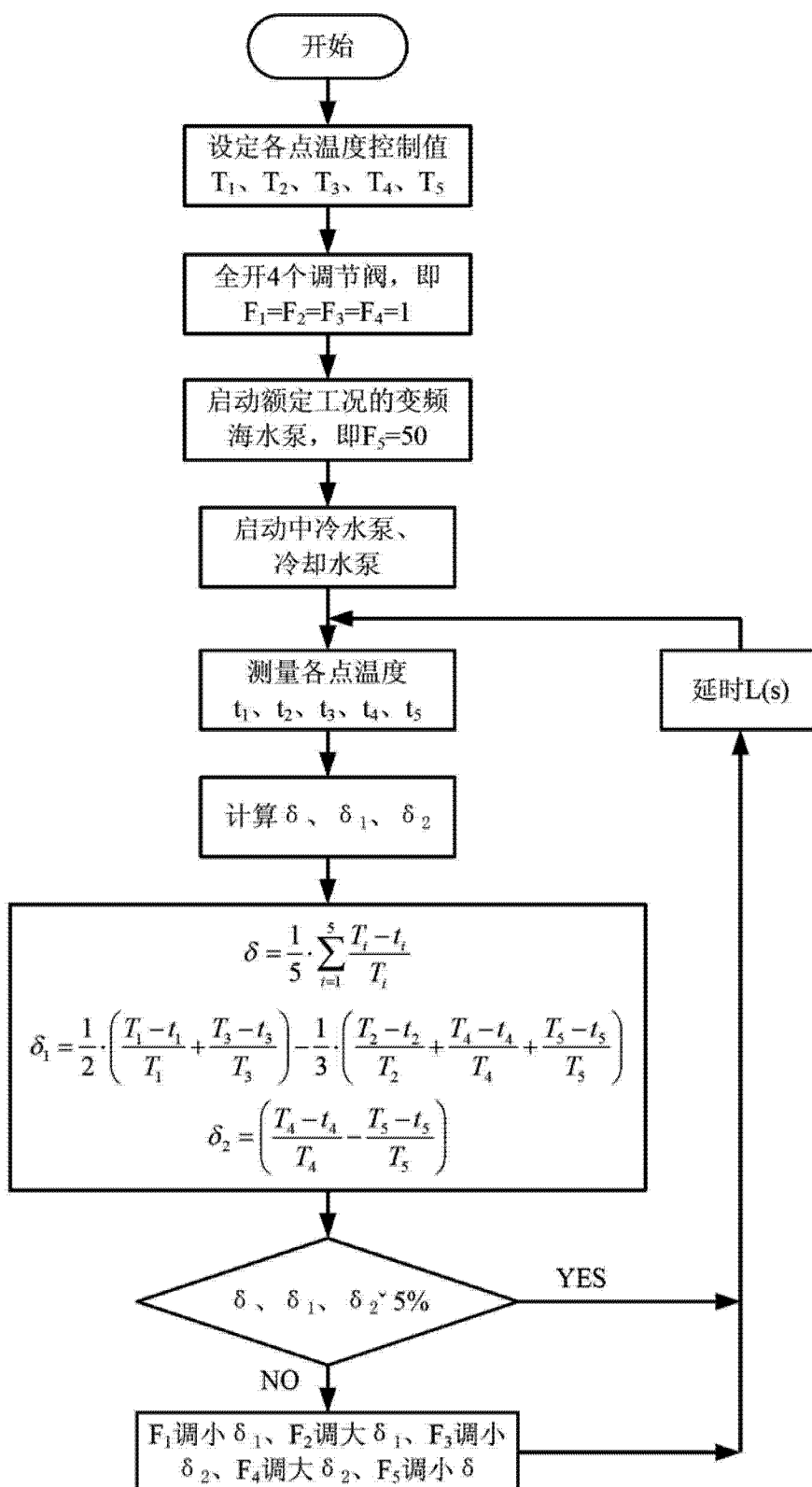


图 3