

[节能技术]

智能船舶海水冷却节能系统的研究与运用

文/镇江赛尔尼柯自动化有限公司 陆焜林

主要对智能海水冷却节能技术进行研究，船舶海水冷却泵控制功能相当复杂，节能系统的配置涉及面较广。重点介绍了节能控制系统的必要性、设计要点、配置措施和节能成效，对该技术的成功运用提供了技术层面的有力支持和帮助。

随着造船业的不断发展，高层次内容已逐渐被列入造船人必须考虑的范畴，例如规范不断完善优化，全球气候生态环境的保护，营运成本压力的增加等。绿色理念、节能理念不断地被提上日程。船舶上冷却系统一般通过海水冷却淡水来实现，再通过冷却后的淡水去冷却船舶主机、辅机、空压机、空调系统及冷藏装置等，将系统运行过程中产生的过多热量带走，防止设备由于温度过高不能工作或者损坏。因此，海水的温度对船舶机械设备的运行至关重要。但实际的海水温度一般低于设计温度，海水冷却泵的设计参数均考虑极限设计，并留有一定的余量，冗余较大；且无论海水的温度是多少，海水冷却泵均在额定转速下持续运行，为船上的耗电大户。对于船舶而言，1 kW·h电能的海上成本通常为0.1欧元。本文研究的智能海水节能系统可以根据系统负载的变化、海水进口温度、海水出口温度、淡水进口温度、淡水出口温度和三通阀检测温度，通过节能系统自动调节海水冷却泵的频率，从而改变海水冷却泵的转速和功率，降低船舶发电机的燃油消耗和温室气体排放，实现节能的目的。

智能海水冷却节能系统技术和配置

本智能海水节能系统配置3~4台主海水冷却

泵、中央板冷、海水进口温度传感器、海水出口温度传感器、淡水进口温度传感器、淡水出口温度传感器、三通阀、压力传感器、PLC和相应的变频器。智能海水节能系统通过一套智能系统监测海水进出口温度、淡水进出口温度、转速信号和三通阀的位置。经过计算，自动调节海水冷却泵的转速，在保证船舶冷却效果的情况下，降低海水冷却泵的功率消耗，从而降低船舶功耗，提高经济效益。如图1所示。

智能海水冷却系统通常把主海水冷却泵的设计参数以海水温度32℃进行设计，此设计值可以根据实船实地进行修改，且留有一定的余量，不同纬度和不停季节的海水表层温度变化很大（4~30℃）。因此，当海水温度低于设置值32℃时，意味着海水冷却泵的冷却容量变大，冷却系统中需要的海水流量将会相应降低，且海水冷却泵一般为离心泵，离心泵的流量与转速为一次方关系，静压头与转速为二次方关系，泵耗功率与转速为三次方关系，流量的降低会大大降低泵耗功率。如果仍然采用传统做法让海水泵在额定转速下运转，将造成板冷效率低下，增加三通阀的机械磨损，同时对船舶电能也是一种极大的浪费，使得运营成本增加。

智能海水冷却系统通常把中央板冷的海水出

口总管上温度传感器设置在46℃，这个位置要求温度不能高于46℃，可以低过46℃；高过这个设定值需要提高海水冷却泵的转速，用于降低海水出口温度到46℃以下。

智能海水冷却系统通常把中央板冷的淡水出口的温度设置在36℃,此设定值允许根据用户要求修改,在特殊低温海域,可以按实际情况进行设置。

同时此处还有一个三通阀,三通阀是综合冷却后的淡水和直接接入的淡水,三通阀处安装有温度传感器,智能冷却控制系统会综合比较淡水进口、淡水出口温度以及三通阀处的温度信号进行智能调节海水冷却泵的转速。但是当淡水出口温度已经低于设定值 36°C ,即使中央板冷出口海水偏高,智能海水冷却系统也不需要降低海水冷却泵的转速。

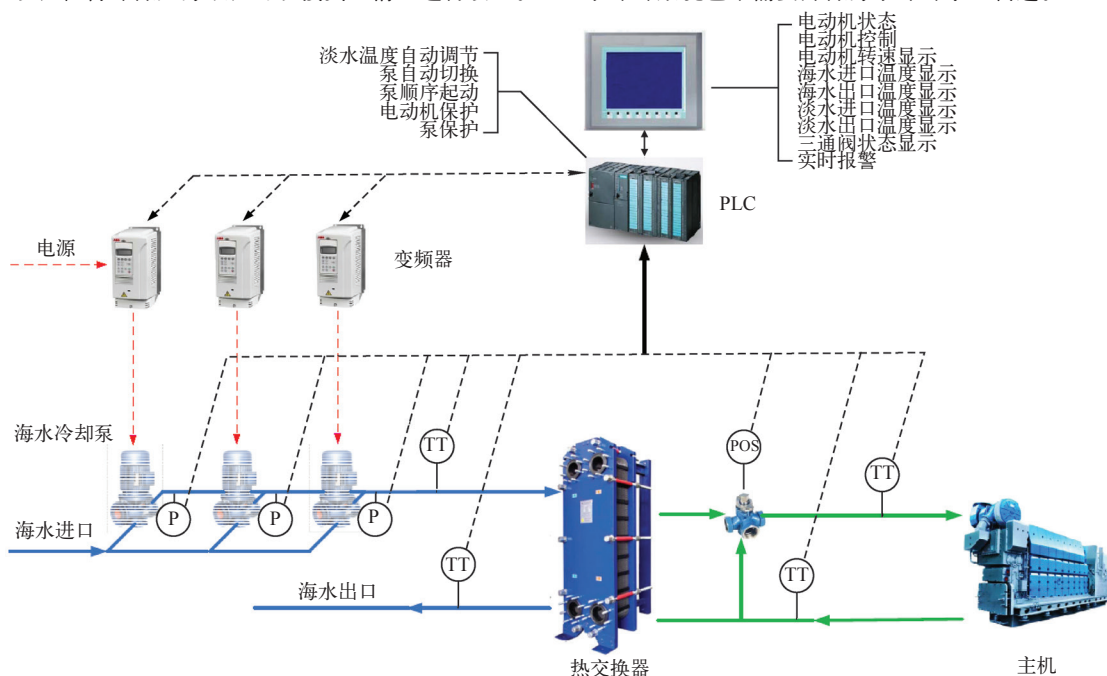


图1 智能海水冷却节能系统

与此同时,在智能海水冷却系统中,系统还配置有压力传感器,能够监测海水冷却泵出口的压力情况,通常此压力传感器设定在0.6 bar (1 bar = 10^5 Pa)。节能系统可以智能地根据实际需求去投入和退出海水冷却泵的数量,确保智能海水冷却系统为所在船舶量身定制,真正意义上的做到智能、节能、低成本、安全和可靠。

智能海水冷却节能系统节约潜力的分析

由于并非所有船舶均在赤道表面水体中或者以最大航速航行,所以很少船舶会用到最大冷却容量,智能海水冷却节能系统可以明显降低能耗,以1 kW·h电能的海上成本为0.1欧元计算,对于三台25 kW的智能海水冷却系统而言,投入智能节能系统之前,三台都在满负荷满转速运行,每小时的平均消耗电量为75 kW·h。投入了智能节能系统后,三台智能系统会综合评估海水以及淡水进口出口温度,智能调节所承载的负荷与转速,每小时的平均消耗电量为14 kW·h,相比较智

能海水冷却节能系统投入之前每小时平均消耗电量节约61 kW·h。营运船舶常年航行在海洋上,航行在各种航区,一年按照6 000 h来计算,能源的节约潜能非常突出和明显,每年预计节约电量为366 000 kW·h,每年的直接经济节约为36 600欧元。相比32 000欧元的投入成本而言,智能海水节能系统经济回报周期不超过一年。如图2所示。

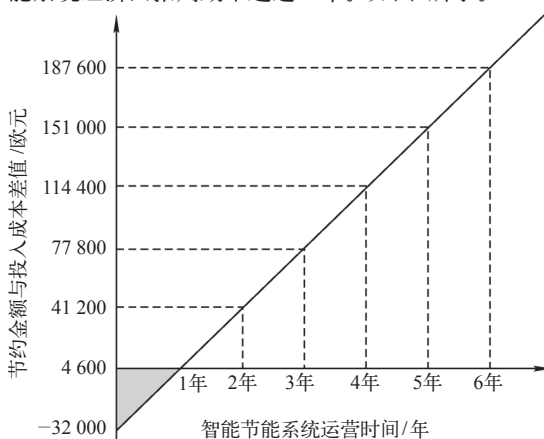


图2 系统经济回报

综上所述,在船舶上智能海水冷却系统的研究、运用是很突出,也是有必要的。并且能大大降低船舶的运营成本,节能减排,保护生态环境。

智能海水冷却节能系统的设计与运用

1. 智能海水冷却节能系统在船舶上的安装环境

防护等级常规为:IP22,IP23,IP44;相对湿度:95%;环境温度:0~45℃;振动:2.0~13.2 Hz,振幅1 mm;13.2~100 Hz,加速度0.7 g;各方向倾斜及摇摆22.5°(周期10 s)以及垂直方向线性加速度 $\pm 9.8 \text{ m/s}^2$;能适应船舶上的盐雾、油雾、霉菌及灰尘等环境。如果需要,也可根据造船规格书的要求特殊定制。

2. 智能海水冷却节能系统的技术规格

控制柜的材质:钢板,2 mm;安装方式:落地式;安装场所:室内;维修可接近性:板前维护或板前板后维护;各屏间隔板:每2屏之间;扶手:前面,后面(板后维护);减震橡胶:在底座和框架之间,10 mm;电缆进口:底部;电气性能:谐波、电磁兼容满足船级社要求;动力输入电源:根据项目要求(380 V,440 V,…)控制电源:AC 220 V,DC 24 V。

3. 智能海水冷却节能系统的柜体配置与布置

智能海水冷却系统可以是2台泵系统也可以是3台泵系统。2台泵系统,正常情况下,1台泵工作,1台泵备用;3台泵系统,正常情况下,2台泵工作,1台泵备用,或者1台泵工作,2台泵备用。如图3所示。

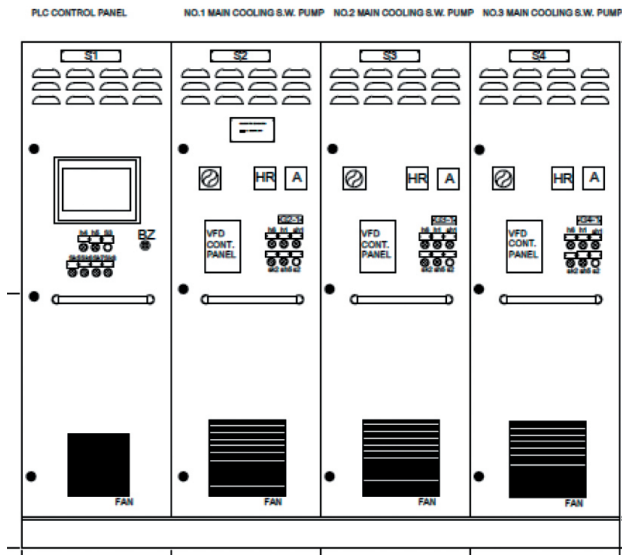


图3 柜体布置

智能海水冷却系统控制柜配置了多种操作模式转换开关,就地/遥控控制模式、泵切换手动/自动控制模式、调速手动/自动控制模式。设备这些模式转换开关实现了手动与自动完全分开,所有功能互不影响,可任意组合操作模式,更加人性化。在手动控制模式时,智能海水冷却节能系统提供了便捷的人机界面,操作非常便捷。在自动控制模式下,智能海水冷却系统会读取海水进口温度传感器数据、海水出口温度传感器数据、淡水进口温度传感器数据、淡水出口温度传感器数据、三通阀处温度传感器数据和管道压力传感器数据自动调节泵组转速,以最佳的转速满足冷却系统的需要,保证淡水的温度稳定在36℃。

智能控制系统元器件如PLC、触摸屏等安装在智能海水冷却节能控制屏。为了确保系统的稳定,自动控制系统的电源独立于其他控制屏,一般来自外部AC 220 V电源系统或来自DC 24 V充放电板。如果来自AC 220 V系统,智能海水冷却节能系统会配置一台DC 24 V UPS。控制屏配置一台12英寸的触摸屏,显示冷却海水泵状态、海水进口温度、海水出口温度、淡水温度、三通阀位置显示和报警信息显示等,从而可以进行冷却海水泵的智能控制。

每台海水冷却泵控制元器件如变频器、开关、快速熔断器和相应的按钮指示灯等安装在对应的起动屏里,每个起动屏对应一台海水冷却泵,为了确保系统的稳定可靠,每海水冷却泵的动力电源是独立的,起动屏的控制电源来自内部控制变压器,一般为AC 220 V。当主泵故障时,将会切换到备用的海水冷却泵。每屏配置延伸旋转手柄的隔离开关被安装在各自的起动屏里,可实现主电源和门联锁,当隔离开关分闸时,起动屏的门才能打开。各自的按钮指示灯和仪表安装在各自的启动屏门板上,使得当智能控制系统故障时,各个起动屏可以独立地完成手动操作。

4. 智能海水冷却节能系统中机舱传感器的布置、传感器信号类型要求及信号响应要求

(1) 传感器布置

传感器布置如图4所示。海水进口温度传感器(中央冷却器进口)/ESTT1;海水出口温度传感器(中央冷却器出口)/ESTT2;低温淡水温度传感器(三通阀出水口)/ESTT3;海水进口总管压

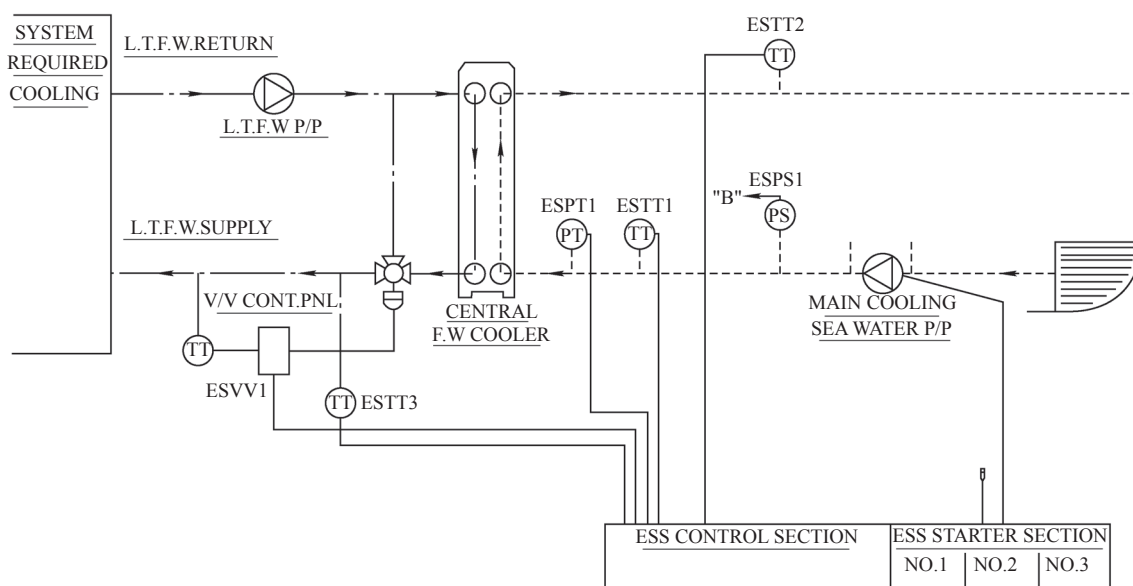


图4 传感器布置

力传感器（2泵系统）/ESPT1；泵压力传感器（3泵系统，每台泵的出水口各装一个）/ESPT1，2，3；三通阀/ESV1。

(2) 传感器信号类型

1) 海水进口温度传感器（中央冷却器进口）/ESTT1；信号类型：4~20 mA；温度测量范围：0~100℃；默认设置值：32℃。

智能海水冷却系统监测海水进口温度，当海水温度低于设置值时，变频器将减速；当海水温度高于设置值时，变频器将增速。

2) 海水出口温度传感器（中央冷却器出口）/ESTT2；信号类型：4~20 mA；温度测量范围：0~100℃；默认设置值：46℃。

智能海水冷却系统监测海水出口温度，当海水温度低于设置值时，变频器将减速；当海水温度高于设置值时，变频器将增速。

3) 低温淡水温度传感器（三通阀出水口）/ESTT3；信号类型：4~20 mA；温度测量范围：0~100℃；默认设置值：36℃。

智能海水冷却系统监测淡水出口温度，当淡水温度低于设置值时，变频器将减速；当淡水温度高于设置值时，变频器将增速。

同时智能海水冷却系统会同步计算海水进口温度、海水出口温度和淡水出口温度以优化泵的转速，达到最佳节能效果。

4) 海水压力传感器（3泵系统）/ESPT1，2，3；信号类型：4~20 mA；压力测量范围：0~6 bar；默认设置值：0.6 bar。

这个海水压力传感器设置值是流过海水冷却器的最小压力，如果压力值高于设置值，则此参数不会影响变频器ESS系统的运行，如果压力值小于设置值超过10 s，则会启动备用泵并联运行，并延时退出故障泵。

5) 三通阀位置/ESV1（此信号由船厂提供）；信号类型：4~20 mA；测量范围：0~100%。

这个信号不会影响ESS系统的功能，仅作为监测显示用，当冷却系统效果下降时，有助于查找原因。

5. 智能海水冷却节能系统和船舶集中监测系统接口

随着大数据时代的到来，该系统还留有通信接口，可以通过通信协议或硬线连接的方式共享所有数据到船舶集中监测系统；通信协议可以采用MODBUS、RTU、RS 485或以太网；硬线通过无源常开/常闭触点方式。

结束语

通过以上对智能海水冷却系统的研究和分析，把多个系统联系在一起，采用智能控制的方法实现对海水冷却节能系统的最优控制，运营成本的最优控制，生态环境的最佳保护。在随之而来的造船高潮中，此系统将会在各类船舶上得到广泛的使用。EA

（收稿日期：2019.02.21）

（编辑：朱金凤）