

双燃料汽车运输船燃气供气系统 控制报警屏和应急切断屏设计与调试

仇 挺¹, 陈 炜², 许新启²

(1. 南通中远海运川崎船舶工程有限公司 总经理室, 江苏 南通 226005;

2. 南通中远海运川崎船舶工程有限公司 技术部, 江苏 南通 226005)

摘 要:结合双燃料(燃油 & 燃气)动力汽车运输船燃气供气系统控制报警屏和应急切断屏应用设计经验,介绍了控制报警屏和应急切断屏应用设计的关键技术,包括其组成与功能、输入输出信号、报警处理与外部系统的信号交换等。此外,通过实例对设计和调试过程中遇到的问题及故障进行了分析和说明,指出了相应的解决措施,为供气系统控制报警屏及应急切断屏在双燃料动力船上的应用设计提供一定参考。

关键词:双燃料汽车运输船;燃气供气系统;控制报警屏;应急切断屏

中图分类号:U674.192

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2019)02-0028-04

0 引言

随着人们保护环境意识日益加强,航运业开始应用液化天然气作为船舶动力燃料。燃气供气系统是双燃料动力船舶核心系统,燃气供气系统具有低温、高压、易爆等危险,尤其是当某些参数超过设定值或安全极限值时,如不能及时处理或处理不当,可能造成设备损坏、人员伤亡等事故。因此,为燃气供气系统(FUEL GAS SUPPLY SYSTEM,简称“FGSS”)配备可靠的控制和安全系统尤为必要,而控制报警屏和应急切断屏是控制和安全系统的重要组成部分,可以实现液化天然气从加注、储存、驳运、气化,到用气设备使用的整个燃气处理全过程的监测、报警、控制和安全停止^[1-2]。本文将论述燃气供气系统在双燃料汽车运输船上的实船应用设计要点,并针对燃气供气系统控制报警屏和应急切断屏调试过程中的典型问题和故障进行分析,为后续类似项目提供借鉴。

1 燃气供气系统的控制和安全系统组成

双燃料汽车运输船配置的燃气供气控制和安全系统,由控制报警屏(CONTROL AND ALARM BOARD,简称“CAB”)、应急切断屏(EMERGENCY SHUTDOWN BOARD,简称“ESDB”)、燃气供气系统操作监控屏、驾驶室报警监控屏、不间断电源、高压泵变频起动器、低压泵变频起动器等电气屏组成。除部分功能如高压泵起停、BOG压缩机起动、阀门的开闭等要求在当地操作外,主要以集控室遥控操作为主,实现从加注、储存、驳运、气化、用气设备使用的燃气处理全过程以及对此过程的监测、报警、控制和安全停止功能。其中,控制报警屏和应急切断屏是整个控制及安全系统的核心部分,下文将着重分析。

2 控制报警屏的设计与调试要点

2.1 控制报警屏的组成及功能

控制报警屏用来实现燃气供气系统的燃气处理监视、报警及控制等功能。控制报警屏的电源、CPU及总线采用冗余设计。控制报警屏有两路电源输入,一路来自主配电板,另一路来自不间断电源(UPS)。每一路都能单独向控制报警屏供电。报警控制屏的CPU由两套西门子S7-400H型CPU组成,互为备用。

2.2 控制报警屏的输入输出信号

与控制报警屏输入模块相连的电气检测部件或传感器,包括热电阻温度传感器、压力传感器、液位传感器、流量传感器、位置传感器等。经输入模块处理后的值,通过冗余的现场总线(PROFIBUS)输入CPU后,实现控制处理。其中,与来自危险区域检测部件相连的输入模块全部采用本质安全型的输入模块。与控制报警

收稿日期:2019-04-08

作者简介:仇挺(1969—),男,江苏南通人,南通中远海运川崎船舶工程有限公司总经理室高级工程师。

屏输出模块相连的电气执行部件或单元,包括控制阀、电磁阀、燃气设备启动器、报警用电笛、报警灯等。在控制报警屏的设计过程中,必须明确输入输出信号的形式和功能,了解外部系统的控制逻辑并反馈给控制报警屏厂家,以便能够正确编制与外部信号交换的控制逻辑程序。

2.3 控制报警屏的报警处理

如果燃气供气系统有故障发生,当参数超过报警设定值时,相关报警将在集控室的操作监控屏和驾驶室的报警监控屏中闪烁显示,布置在球罐间、燃气设备间、加气站各处的报警灯闪烁,同时集控室的控制报警屏和驾驶室的报警监控屏上的蜂鸣器发出报警声。如果集控室和驾驶室的蜂鸣器在30 s内没有从报警控制屏上进行复位,将触发布置在球罐间、燃气设备间、加气站各处的电笛笛声。如果在集控室的操作监控屏中确认该报警后,操作监控屏上的报警显示和各处的报警灯从闪烁变为常亮。待故障解决,各处的报警灯将熄灭,操作监控屏恢复正常状态。

2.4 控制报警屏与ME-GI主机之间的信号交换及匹配

(1)控制报警屏与主机之间交换的信号数量。一般项目中,信号交互设计基于主机标准的信号交换电气接线图,仅考虑“GAS FLOW”和“GAS CALORIFIC VALUE”两项主机输入信号,用来显示自然蒸发气(简称“BOG”)燃烧时修正燃气喷射的时间,可作为可选信号。本项目燃气流量在机舱报警监测系统中有显示,主机仅将强制蒸发气作为燃料使用,因此该两项信号不采用。

(2)控制报警屏与主机之间交换的信号形式。主机与控制报警屏之间的交换信号共分为两种形式:一是ON/OFF数字信号,主机和控制报警屏各自送出的都为无源干触点信号。二是4~20 mA模拟信号,针对主机燃气控制箱(GECC)内的4~20 mA模拟信号,主机和控制报警屏各自送出的都为有源信号。针对主机燃气阀组单元(GAS VALVE TRAIN,简称GVT)接线盒内的4~20 mA模拟信号,主机送出的都为无源信号。

(3)主机与控制报警屏之间交换的信号无须设置防爆安全栅。主机与控制报警屏之间的信号交换,即通过主机的GECC、GVT接线盒与燃气供气系统控制报警屏进行信号交换。这些接线盒都布置在安全区域,无须设置防爆安全栅。

2.5 控制报警屏与双燃料发电机之间的信号交换及匹配

发电机主燃气阀和燃气阀组单元之间的管路吹扫由燃气供气系统控制,通过操作燃气供气系统操作屏上的手动吹扫按钮实现。手动吹扫按钮触发后,打开发电机燃气阀组单元进口的透气阀,3 s后打开主燃气阀出口的氮气吹扫阀进行吹扫,吹扫60 s后关闭氮气吹扫阀,随后关闭透气阀。

发电机燃气阀组单元进口的透气阀完全由燃气供气系统控制,它的开关位置信号输送给燃气供气系统,并由燃气供气系统判断阀门实际是否动作。

2.6 控制报警屏与双燃料锅炉之间的信号交换及匹配

锅炉主燃气阀和燃气阀组单元之间的管路吹扫由燃气供气系统控制,通过操作燃气供气系统操作屏上的手动吹扫按钮实现。手动吹扫按钮触发后,打开锅炉燃气阀组单元进口的透气阀,3 s后打开主燃气阀出口的氮气吹扫阀进行吹扫,30 s后关闭吹扫阀,随后关闭透气阀。锅炉燃气阀组单元进口的透气阀完全由燃气供气系统控制,它的开关位置信号输送给燃气供气系统后,并由燃气供气系统判断阀门实际是否动作。

3 应急切断屏的设计与调试要点

3.1 应急切断屏的组成及功能

应急切断屏独立于控制报警屏存在,由故障安全型的可编程控制器系统组成,不仅能响应燃气运行过程中因超出安全极限而带来的危险,也能检测和处理自身故障,从而按预定的程序保障燃气运行处于安全状态,确保设备、人员的安全。应急切断屏的电源、CPU及总线采用冗余设计。应急切断屏有两路电源输入,一路来自主配电板,另一路来自不间断电源。每一路都能单独向应急切断屏供电。应急切断屏的CPU由两套西门子S7-400HF型CPU组成,互为备用。

3.2 应急切断屏的输入输出信号

应急切断屏采用故障安全型输入模块,与其相连的电气部件或检测单元包括应急停止按钮、船—船连接系统、燃气存储罐高液位开关、房间差压开关、燃气存储罐压力传感器、风机启动器、火灾系统、燃气飞溅

温度传感器、可燃气体浓度传感器等,输入模块处理后的值,通过冗余的 PROFIBUS 总线输入 CPU。与应急切断屏输出模块相连的电气部件或单元包括控制阀、电磁阀、燃气设备启动器等。应急切断屏与主机、发电机、锅炉及燃气设备启动器存在信号交换。

3.3 应急切断的等级划分

应急切断屏的安全切断操作分为两个等级:等级 1 和等级 2。在应急切断等级 1 中,按布置场所划分为加气站、燃气设备间、燃气罐连接处所、机舱 4 个区域,等级 1 的信号故障仅仅触发 1 个区域的应急切断。应急切断等级 2 覆盖所有区域的应急切断,一旦触发将切断所有区域的相关设备。等级 2 的信号包括驾驶室、集控室、消防控制站的手动应急切断按钮、控制空气压力低信号、液压驱动油压力低信号。^[3]

3.4 应急切断屏与 ME-GI 主机之间的信号交换及匹配

当发生主机停车,其停车信号被送给应急切断屏,将触发关闭主机主燃气阀,高压泵即刻停止运行。

3.5 应急切断屏与锅炉之间的信号交换及匹配

如果锅炉燃烧器手动停止,手动停止信号送给应急切断屏,将触发等级 1 机舱区域的应急切断。如果低压燃气系统停止,燃气系统停止信号送给锅炉安全系统,锅炉燃烧器停止。

4 设计和调试中的故障分析和处理

4.1 燃气供气系统与机舱报警监测系统的通讯问题

某船船东在技术协议完成后要求所有燃气供气系统的报警送到机舱报警监测系统。设计人员经与燃气供气系统厂家讨论,决定将燃气供气系统的所有报警,通过通信协议的方式送入机舱报警监测系统,报警点总数达 500 多点。

燃气供气系统厂家采用的通信协议基于以太网通信方式的 MODBUS 串行通信协议(MODBUS TCP),机舱报警监测系统厂家反馈其控制单元只能接收 RS422 或 RS485 通信方式,无法接受以太网通信方式。经研究分析,船厂建议机舱报警监测系统厂家通过增加以太网/RS422 转换器来实现以上通讯,机舱报警监测系统厂家研讨后同意实施。

在调试阶段,机舱报警监测系统厂家原先计划在码头做两个系统之间的通讯匹配试验。考虑到两者之间的报警点数较多以及燃气供气系统的复杂性,船厂要求机舱报警监测系统厂家到燃气供气系统控制报警屏厂家去做报警通讯匹配试验,以便尽早发现通讯传输中的问题点。在实际项目报警通讯匹配试验中,双方发现机舱报警监测系统软件的一些通讯设置问题并进行了相应修改。

燃气供气系统实船安装以后,船厂检测人员发现燃气供气系统软件与机舱报警监测系统之间不能通讯,经过故障排查,确认机舱报警监测系统侧的以太网/RS422 转换器的参数设定表中有两项参数采用了原始设定,未按通讯匹配试验后的新参数设定表更新。船厂安装人员重新设定参数后,通讯恢复正常。

4.2 应急切断的触发和动作信号问题

对照燃气供气系统图纸,实际项目中发现供气系统未设置应急切断的触发和动作信号以及存在应急切断动作不合理的问题。

(1)设置的主机应急切断(简称“M/E SHUT DOWN”)动作不合理。“M/E SHUT DOWN”信号设计上仅用来关闭主机的主燃气阀和停止高压泵,但在实际项目中,信号设置不仅关闭主燃气阀和高压泵,而且同时还关闭发电机和锅炉的主燃气阀及低压蒸发器的进口阀。

(2)发电机和锅炉自动停止信号(简称“AUTOMATIC SHUT DOWN”)控制逻辑不合理。根据英国劳氏船级社(Lloyd's Register,简称 LR)双燃料规范,对于发电机和锅炉,仅要求手动停止信号作为燃气供气系统的应急切断触发信号,不要求“AUTO SHUTDOWN”作为燃气供气系统的应急切断触发信号。在项目设计初期阶段,设计人员往往将两者都作为应急切断触发信号,触发等级 1 机舱区域的应急切断。

经设计人员反复研讨,结合调试阶段实际试验情况,从安全级实际操作方面出发,完善控制逻辑,最终的解决方案如下:第一,“M/E SHUT DOWN”信号仅用来关闭主机的主燃气阀和停止高压泵;第二,取消“AUTOMATIC SHUT DOWN”的应急切断触发信号。

4.3 低压 LNG 泵不能实现变频运行问题

某实船项目进行低压 LNG 泵起动运转调试过程中发生以下问题,比较典型,值得留意。

(1)低压泵能起动并运行,但燃气供气系统操作屏、机舱报警监测系统、低压泵变频启动器各处显示的泵转速不同。第一,燃气供气系统操作屏中界面显示低压 LNG 泵转速上升到 976 rpm 后变为“***rpm”;第二,机舱报警监测系统中低压泵转速显示为 7 200 rpm,低压泵变频启动器上显示转速为 3 000 rpm。

(2)低压泵启动后,转速一直保持最低转速 3 000 rpm,出口压力 6 bar,无法通过变频达到出口设定压力 8 bar。关于燃气供气系统操作屏的显示问题,检查燃气供气系统软件,发现软件中设置的泵转速量程不合理,超过量程后就不再显示。处理办法为修改软件,正确设置低压泵的转速量程。关于机舱报警监测系统内的泵转速显示错误问题,经检查发现是燃气供气系统软件输出值错误。通过修改软件设置后,两处显示的转速变为一致,输出值为 3 000 rpm。

出现问题 2 的原因可能包括以下两点:第一,控制报警屏与变频启动器之间的通讯有问题,变频启动器无法接收低压泵的调速信号,以致低压泵一直维持在变频器的启动转速 3 000 rpm。第二,变频器启动器内参数设定有问题,无法实现变频调速。基于以上分析,分别对软件中的通讯设置和变频器内的参数设定进行检查,发现低压泵控制器参数“CONSTANT SPEED”设置为“SELECTED”,改为“NOT SELECTED”后,再次启动低压泵,通过泵出口压力进行变频调节恢复正常。

5 结束语

随着燃油价格的日益上升及限定废气排放的环保法规不断细化,采用双燃料发动机作为船舶动力已成为当今新船型开发中关注的焦点。本文详细分析了控制报警屏和应急切断屏的组成及特点、与外部系统的信号交换及匹配、实际项目调试及试验过程中的典型问题。相关研究成果可为燃气供气系统在双燃料动力船实船上的应用设计提供一定借鉴,或为客户在确认供气系统时提供参考。

参考文献:

- [1]王涛,李善从,吴璇,等.双燃料低速发动机供气系统分析[J].柴油机,2014(6):22-25.
- [2]王志敏,刘文朝,施政.LNG 燃料船舶燃气泄漏管理[J].船舶,2018(4):54-60.
- [3]马义平,王忠诚,时继东,等.曼恩和瓦西兰船用二冲程双燃料发动机之比较[J].船舶动力装置,2015(5):94-98.

(责任编辑:顾力豪)

Design and Adjustment of Control Alarm Screen and Emergency Cut-off Screen for Gas Supply System on a Dual-fuel Vehicle Transport Vessel

QIU Ting¹, CHEN Wei², XU Xin-qi²

- (1. General Manager's Office, Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226005, China;
2. Technical Department, Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226005, China)

Abstract: In combination with the experience of designing gas supply system control alarm screen and emergency cut-off screen on dual-fuel (fuel & gas) powered vehicle transport vessel, it introduces the key technologies of designing control alarm screen and emergency cut-off screen, which includes its composition and function, input and output signals, alarm processing and signal exchange with external systems. In addition, it analyzes and explains the problems and faults encountered in the design and adjustment process based on real cases, and points out corresponding solutions, which provides certain reference for the application and design of air supply system control alarm screen and emergency cut-off screen on dual-fuel power vessel.

Key words: dual-fuel vehicle transport vessel; gas supply system; control alarm screen; emergency cut-off screen