

船用双燃料发电机燃气关联系统应用设计

许新启, 刘李锋, 陈 炜

(南通中远海运川崎船舶工程有限公司 技术本部, 江苏 南通 226005)

摘 要:船用双燃料发电机燃气关联系统作为双燃料动力船的关键技术,其实船应用设计方案尚处在起步发展阶段。结合某双燃料动力运输船的实际项目经验,着重阐述了瓦锡兰双燃料发电机燃气关联系统的应用设计,包括燃气供气系统、燃气管氮气吹扫系统、燃气双层管通风系统、燃气模式点火油系统和燃气排气系统的关键技术,为双燃料发电机在 LNG 动力船及 LNG 运输船上的应用设计提供参考及借鉴。

关键词:双燃料;发电机;燃气系统

中图分类号:U665.11

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2020)01-0025-04

0 引言

伴随着全球范围内对船舶废气如 NO_x 、 SO_x 等排放的限制越来越严格,国际海事组织(简称“IMO”)海上环境保护委员会(简称“MEPC”)第 70 次会议决定自 2020 年 1 月 1 日起,在全球范围内实施船用燃油硫含量不超过 0.50 %m/m 的规定,并出台了相关的《国际防止船舶造成污染公约》修正案、导则和通函等,使得液化天然气作为替代燃料在船舶上的应用越来越广泛^[1],但由于天然气存在易燃、易爆、易泄露等危险特性,以及双燃料发电机燃气模式及燃气相关系统的复杂性,使得双燃料发电机燃气关联系统的实船应用设计成为难度较大的研讨课题^[2]。

1 瓦锡兰双燃料发电机

瓦锡兰作为全球船舶发动机两大主流厂家之一,其双燃料发电机在 LNG 动力船及运输船上的应用十分广泛。瓦锡兰双燃料发电机属于低压双燃料机,其燃气进机压力仅 0.6 MPa 左右,燃气燃烧模式基于奥托循环理论设计^[3],即燃气与空气混合吸入并压缩,在压缩至活塞上止点附近时,通过高压点火油(约 160 MPa)喷射引燃。该燃烧方式对燃气品质尤其是甲烷值有一定要求,需甲烷值大于 80,以确保燃气模式下发电机能够达到额定功率,其燃气模式工作循环示意图如图 1 所示。

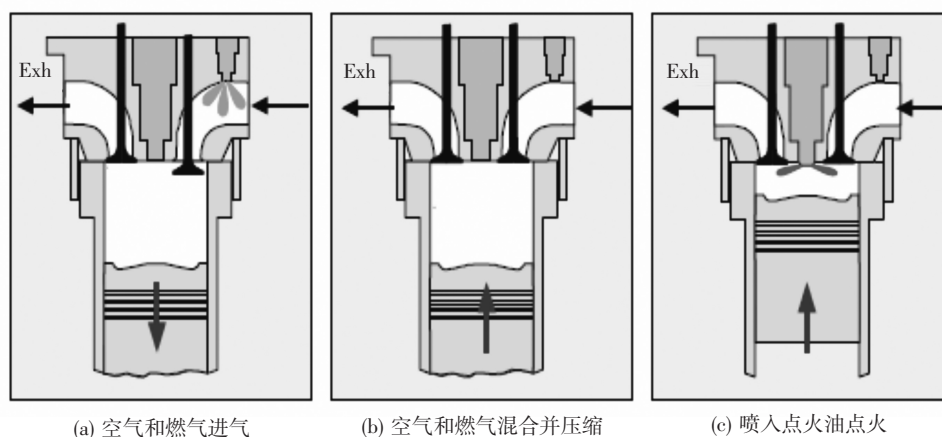


图 1 燃气模式工作循环示意图

收稿日期:2019-07-09

作者简介:许新启(1978—),男,江西九江人,南通中远海运川崎船舶工程有限公司技术本部高级工程师。

瓦锡兰双燃料发电机与常规燃油机最主要区别在于燃气相关系统及工作模式的不同,燃气相关系统包括燃气供给系统、燃气管氮气吹扫系统、燃气双层管通风系统、燃气模式点火油系统以及燃气排气系统,其他系统如主燃油系统、冷却水系统、滑油系统等与常规燃油机无重大区别。

2 燃气相关系统

2.1 燃气供给系统

燃气供给系统主要是燃气模式下发电机负荷变化时,尤其是负荷突加突降工况下,对燃气压力及燃气供给量进行实时调整,以及燃油和燃气工作模式切换中燃气的供给、切断等控制。燃气供给系统主要包括燃气供给管路及燃气阀组单元(简称“GVU”)两部分。

(1)燃气供给管路。瓦锡兰双燃料发电机的供气压力范围为 0.57~0.65 MPa,温度为 0~50 ℃,外部供气系统提供的燃气先经燃气阀组单元,再经发电机本体的燃气集管至各气缸,各气缸均配有燃气滤器及燃气进气阀。通过对燃气进气阀的正时及持续开启时间的控制,来调整不同发电机负荷下燃气供给量。

从安全角度考虑,为保证紧急故障情况下,燃气管路燃气能够及时释放,在燃气集管末端配有燃气透气阀,该燃气透气阀在发电机负荷突降或应急故障时,该阀会自动打开用于泄放燃气集管内燃气压力,并通过燃气管路上配有的燃气压力传感器实时监测燃气压力情况。此外,双燃料发电机布置在机舱安全区域,根据规范要求,发电机本体燃气管需为双层管,且燃气双层管外管实时通风。

(2)燃气阀组单元。燃气阀组单元位于外部供气系统与发电机本体之间,是连接外部供气系统与发电机本体的桥梁,其主要功能是对燃气压力进行调整、燃气自动切断与透气以及燃气管路氮气吹扫等。该燃气阀组单元通过如下设计来满足上述功能:

1)燃气压力调整,燃气压力调整阀调整不同负荷下燃气进机压力,该阀主要是基于扫气压力来调整开度,从而控制不同负荷下燃气压力;

2)燃气自动切断与透气,主要是燃气模式正常停止、应急停止、燃气切换至燃油工作模式时,双自动切断阀同时动作,切断外部供气系统与发电机本体之间燃气供给。此外,在切断燃气的同时,燃气泄放阀自动打开,对双切断阀之间这段燃气管路进行燃气泄放,避免此两个阀之间压力过高;

3)氮气吹扫控制,GVU 与发电机本体之间燃气管路氮气吹扫是通过氮气吹扫阀来控制,该阀为常闭,氮气吹扫时打开,吹扫后的气体经由燃气管路末端透气阀排出至低压透气管。

2.2 燃气管氮气吹扫系统

氮气吹扫是用氮气驱除燃气管路中燃气,瓦锡兰低压双燃料机只有在涉及安全因素相关时,如双层管通风失效、GVU 维护、供气系统应急停止等,才对燃气管路用氮气进行吹扫,正常燃气切换至燃油模式不会自动进行氮气吹扫。

氮气吹扫系统根据管路的布置情况,设计上分为两部分:其一是发电机 GVU 与发电机本体燃气管吹扫,此部分管路吹扫是由发电机本体控制系统来控制,在以下三种情况进行 N₂ 吹扫燃气管:发电机或 GVU 维护、双层管通风失效、供气系统(FGSS)应急停止;其二是主燃气阀与 GVU 之间燃气管路,此部分吹扫是由供气系统来控制相比中 GVU 与发电机本体燃气管,此部分管路实际管线较长,为保证管路中燃气能够完全吹扫,该吹扫控制分两步,首先对管路中燃气进行透气泄放,然后再用氮气对管路中残余燃气进行吹扫。

2.3 燃气双层管通风系统

双燃料发电机布置在机舱属于安全区划,从安全角度考虑,结合规范要求,发电机本体燃气集管为双层管,燃气双层管外管通过风机进行实时通风吹扫,以确保紧急情况下燃气管内燃气不至于泄漏至机舱安全区划。根据规范要求,燃气双层管外管通风量为 30 次每小时,实际项目中,因燃气管路实际布置的复杂性,需尤其注意确认整个燃气管路系统包括涉及的相关设备的压损情况,以便能够准确确定燃气双层管通风风机的规格。

对于通风效果,瓦锡兰在燃气双层管外管设有差压传感器来实时检测通风情况,该传感器位于 GVU 内部。该项目根据实测结果,三台发电机通风负压在-1.8 ~ -1.6 kPa 左右,通风压力报警值设定为-1.0 kPa,通风负压高于该设定值发电机自动切换至燃油模式。此外,根据规范要求,因外管通过吸风口位于机舱安全

区划,吸风口需配置逆止阀,同时安装可燃气体检测器,防止燃气泄漏至机舱安全区划。在实际项目中,从简化系统设计及降低成本角度考虑,该项目三台发电机共用通风机,但此设计方法对系统管路设计及通风机容量决定的计算要求较高。

2.4 燃气模式点火油系统

如前文所述,瓦锡兰双燃料发电机燃气燃烧方式,是先将燃气与空气一起压缩,压缩至活塞上止点附近,用高压点火油直接引燃压缩后的燃气及空气,此燃烧模式的关键因素在于点火油的正常引燃。若点火油系统异常,会导致燃气模式不发火或发生爆燃,为保证点火油系统的可靠运行,点火油系统采用独立的高压共轨燃油系统,与燃油模式主燃油系统分开,且点火油必须采用油品优良的轻质柴油。点火油系统主要由点火油泵、高压共轨点火油管路、点火油油头及喷射控制阀等构成:

(1)点火油泵为机带两级泵,一级为低压齿轮泵(出口压力 0.7 MPa 左右),二级为多级柱塞泵将点火油压力提高至 160 MPa 左右;

(2)高压共轨点火油管路,高压点火油管路的在高压的密性是高压管路的关键,高压管路上配置有点火油泄露检测传感器,在实际项目上发生因高压点火油管路接头加工偏差导致点火油泄露;

(3)点火油油头及喷射控制阀,每缸配置一个点火油油头加一个电磁阀用于控制点火油喷射正时及喷射量。需注意的是,为了确保点火油油头清洁,在燃油工作模式时,也进行点火油喷射,以保证点火油油头的清洁、防止油头堵塞。

根据实际项目经验,燃气模式 100%负荷下,点火油消耗量约占 2%~3%总能量消耗;燃油模式 100%负荷下,用于清洁点火油油头的点火油消耗约占 1%总能量消耗。

2.5 燃气排气系统

瓦锡兰双燃料机燃气模式燃烧后,排烟管中会留有一定量的未燃烧的燃气,主要有以下两方面的原因会导致燃气进入排烟管中:燃气工作模式是先将燃气吸入气缸压缩后,再用点火油引燃,该燃烧方式先吸入燃气、后引燃,无法确保吸入气缸中燃气完全燃烧,未燃烧的燃气会经排气阀至排气管;因点火油系统故障等其他原因,导致燃气模式未发火,未燃烧的燃气会经排气阀至排气管。

针对排气管中有一定量燃气,考虑燃气在排烟管中存在爆炸的风险,需考虑对策及时除去排烟管中的燃气,对策如下:

(1)针对排烟管中残余燃气,在排烟管需配置排气风机,发电机在燃气模式下停机后,排气风机自动对排烟管进行吹扫。该风机容量基于两倍排气流量考虑,每次吹扫时间为 200 s 左右,控制上风机吹扫完成是发电机燃气模式再次运行的互锁条件。

(2)燃气模式下启动时,需先进行点火油燃烧自检,确保点火油系统工作正常后,再吸入燃气,避免燃气吸入后不发火。

(3)排烟管爆破片采用,如果极端情况下燃气在排烟管中发生爆炸,排烟管爆破片能够及时释放爆破压力。对于爆破片的布置设计,尤其需要注意爆破存在的危险:一是爆破片出口管的口径应不低于排烟管的口径,且综合考虑背压等因素,排烟管尽量竖直布置,避免燃气积聚;二是爆破片应考虑爆破后会有高温气体排出,且可能还会有一定的燃气排出,布置上需考虑远离火源、人、设备,如该项目中,将爆破片用支管直接引致烟囱内。

3 结束语

环保问题已成为世界性热门话题,控制污染、保护环境是世界各国各行各业正努力解决的一项重要工作。通过结合瓦锡兰双燃料发电机在 LNG 动力船实际工程项目应用设计经验,分析瓦锡兰双燃料发电机燃气模式工作过程特性基础,考虑天然气存在易燃、易爆、易泄露等危险特性,完成了瓦锡兰双燃料发电机燃气相关系统应用设计,包括燃气供气系统、燃气管氮气吹扫系统、燃气双层管通风系统、点火油系统以及燃气排气系统应用设计及其关键技术,同时完成燃气安全相关系统的应用设计。

清洁能源 LNG 可以作为石油的替代燃料,有助于缓解世界性能源紧缺问题,不仅可以解决 SO_x 排放问题,也可以有效解决 NO_x 和颗粒物排放问题,无疑应该是未来主要的发展趋势。瓦锡兰双燃料发电机在

LNG 动力船的实船应用设计尚处在起初阶段,实际项目的经验不足,双燃料发电机在实船中能够长期可靠、稳定的在燃气模式运行,尤其是燃气系统及燃气相关部件的可靠性,将成为未来双燃料发电机应用设计研究的重中之重。

参考文献:

- [1]马义平,许乐平,胡以怀,等.船用 LNG 动力发动机部分关键技术[J].中国航海,2017(3):33-38.
- [2]雷伟,甘少炜,周国强,等.船用天然气发动机技术现状及发展[J].航海工程,2014(6):165-169.
- [3]刘西全,颜士芹,许文媛.节能减排环保背景下的船用双燃料柴油机发展研究[J].船舶工程,2014(6):10-13.

(责任编辑:张 利)

Applied Design of a Marine Dual-fuel Generator Gas Association System

XU Xin-qi, LIU Li-feng, CHEN Wei

(Headquarter Technology Department, Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd., Nantong 226005, China)

Abstract: As a key technology of a dual-fuel powered ship, the marine gas association system of dual-fuel generator is actually in the initial stage of its development for application. In combination with practical project experience of a dual-fuel powered transport ship, it particularly expounds the applied design of the Wartsila dual-fuel generator gas association system, including gas supply system, gas pipe nitrogen purge system, double gas pipe ventilation system, and the key technology of the gas-mode ignition oil system and gas exhaust system, which provides reference for the applied design of the dual-fuel generator on a LNG-powered ship and LNG transport ship.

Key words: dual fuel; generator; gas system