

三用工作船 (AHTS) 应用 LNG 动力技术研究

刘 伟 (中海油田服务股份有限公司, 河北 燕郊 065201)

摘 要: 在全球节能减排、绿色发展的背景下, 为实现“双碳”目标, 绿色替代能源的开发和利用已成为各行业的热门话题。通过多年的探索和实践, 水运行业包括海洋工程领域逐渐形成共识, 选择 LNG 作为主要的绿色替代能源。目前, 海工油田守护船 (PSV) 应用 LNG 动力已经成熟, 三用工作船 (AHTS) LNG 动力还没有实船应用。本文结合 LNG 的特性对三用工作船 (AHTS) 应用 LNG 动力的技术进行分析。

关键词: LNG; 三用工作船; 双燃料发动机

0 引言

海洋工程支持船是为海上设施建设、海洋石油开采提供支持和服务的各种船舶类型的统称, 称 OSV (Offshore Support Vessel), 主要包括两大类: 一类是三用工作船 (AHTS), 一类是平台供应船 (PSV), 另外还有水下安装和维修作业的多用途船舶 (MPSV), 以及搭载特种作业装备执行特殊作业任务的船舶, 如用于潜水作业支持的潜水支持船 (DSV), 用于修井作业的修井船 (IMR), 等等。

在全球节能减排、绿色发展的背景下, 为实现“双碳”目标, 绿色替代能源的开发和利用已成为各行业的热门话题。通过多年的探索和实践, 水运行业包括海洋工程领域逐渐形成共识, 选择 LNG 作为主要的绿色替代能源。平台供应船 (PSV) 上采用 LNG 动力技术已经成熟, 而三用工作船 (AHTS) 采用 LNG 动力, 需要结合船舶的具体的作业任务需求、作业特点等, 在船舶布置和动力系统配置方面加以全面的分析研判, 制定符合实际需求的、安全可靠的技术方案。

1 海工支持船应用 LNG 动力的技术要点

1.1 LNG 动力系统的布置

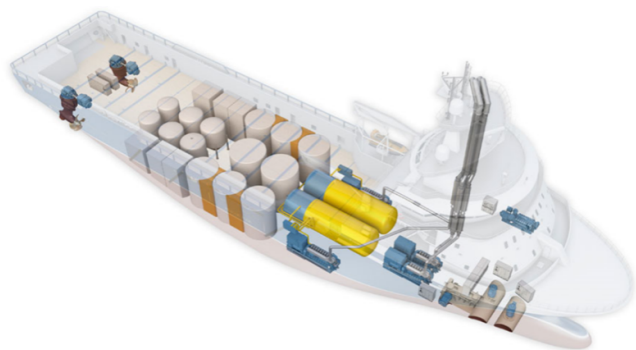


图 1

LNG 动力系统的布置, 主要是 LNG 燃料罐舱的

布置问题。由于三用工作船的尺度一般较为紧凑, 作业任务较多, 船舶设备和任务设备较多, 可以用于布置 LNG 燃料罐舱的空间有限, 因此布置燃料罐舱是首要解决的问题。

三用工作船 (AHTS) 的甲板面是最主要的作业工作场所, 考虑到船舶主要作业任务是起抛锚、拖带, 因此甲板上是不能用来布置燃料罐舱, 只能在甲板面以下的内部空间布置燃料罐舱。如图 1 示。

1.2 LNG 燃料罐舱型式的选择

当前 LNG 舱可选的型式有: C 型舱、A 型舱、B 型舱、薄膜舱等四种型式。其中 C 型舱为压力容器型式的独立舱; A 型和 B 型均为不规则的立方形的独立舱, 但绝缘方式不同; 薄膜舱为非独立舱, 需要依附船体结构敷设隔热绝缘和薄膜。虽然 A、B、薄膜舱可以较为随意调整形状, 来充分利用船舶内部空间, 似乎空间利用率较好, 但是在布置设计上还需考虑防泄漏 (次屏蔽和安全隔离)、防危险气体扩散、检修通道、附属设备和设施等等, 实际在空间利用率上并无优势, 技术复杂度也很高。所以, 海工三用工作船上以及其他中小型船舶上, C 型舱是不二选择。

1.3 LNG 发动机的机型选择

LNG 发动机只有双燃料发动机和气体发动机。双燃料发动机具有气体和柴油两种燃料模式, 两种燃料模式可以主动和被动地快速切换, 切换过程中不用停机, 有很好的使用灵活性和冗余可靠性。气体发动机按照一种燃料优化设计, 其效率比双燃料发动机要更优秀, 另外, 没有了柴油燃料, 辅助系统也简化了许多。

海工三用工作船作业任务多样、动力工况多变、海况条件恶劣等, 需要动力系统有更高的灵活性和可靠性, 因此, 海工三用工作船应用 LNG 动力时, 应当优先选择双燃料发动机。

目前,全球运营及在建的LNG动力海洋石油支持船基本上都是守护船(PSV)且基本上是采用双燃料发动机,只有两艘船,是采用两台气体发动机和两台柴油发动机的组合,算是另一种方式的“双燃料”,它们分别为Island Crusader和Island Contender,于2012年交付,由Rolls-Royce公司设计和供货。

1.4 LNG 动力系统组合方式

海工三用工作船采用LNG动力时,其动力系统组合方式需要根据船舶作业任务、作业工况、船舶尺度、功率需求等综合考虑,无法一概而论。

全球运营及在建的LNG动力海洋石油支持船都是电力推进的方式,多台气体发电机组并网供电为船舶提供动力和辅助用电。PSV的作业任务比较单一,作业工况不复杂,船舶装机功率一般不大。三用工作船(AHTS)作业工况复杂,船舶装机功率按照拖力要求确定,系柱拉力大,抗冲击能力强;靠离平台、抛起锚作业时操纵性能较好,安全作业可靠性能较好。采用电力推进方式有利于船舶布置(没有长轴系),有利于提高船舶装机功率的利用率,也有利于平衡作业工况下的负载波动。

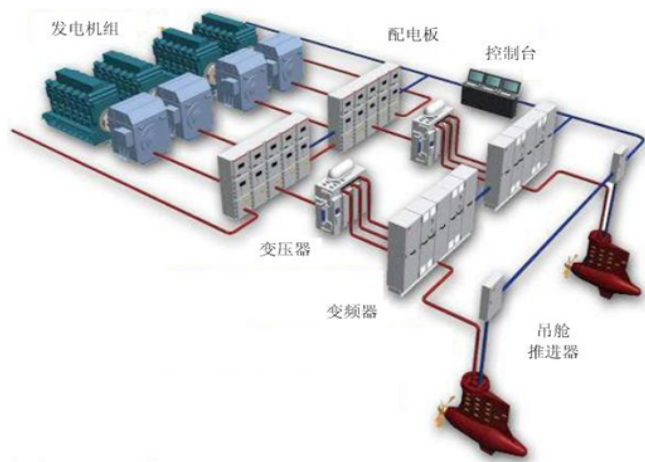


图 2

2 LNG 动力系统的工作特性分析

由于燃料的物理和化学特性有明显的差异,LNG发动机和传统的柴油发动机的工作特性也有较为明显的差异。从实际用船体验来说,一方面,LNG发动机的表现为偏“软”,发动机在突加负荷的情况下,反应较慢;另一方面,LNG发动机表现较为“安静”,工作噪音水平较低。

2.1 气体发动机工作特性较软

因为LNG发动机的进机的燃料为气体,柴油发动

机的进机燃料为液体,气体是可压缩的,而液体是不可压缩的。柴油发动机可以根据负荷需求快速精准地调节喷油量,做到输出快速反应;而气体发动机的供气压力存在波动,供气系统需要一个自适应的过程,在突加负荷的情况下,表现出反应延迟,这种现象仅限于低压气体发动机。而对于高压气体发动机,其供气系统的工作压力高达30MP,几乎等同于不可压缩了,其表现与柴油发动机无异。

2.2 气体燃料供应系统的压力波动

中小型LNG动力船舶均采用低压的LNG供气系统,工作原理简单,体积紧凑,价格低,便于建造和维护。下图为典型的自增压式低压LNG供气系统,储罐为低温压力容器(C型舱),供气系统是利用储罐上部的气相压力将LNG从罐底压出,经蒸发汽化后,供发动机使用,系统中设置气体缓冲罐用于保持供气稳定。显然,气相压力的稳定、汽化器的能力、缓冲罐的容量决定了供气系统工作的稳定性。

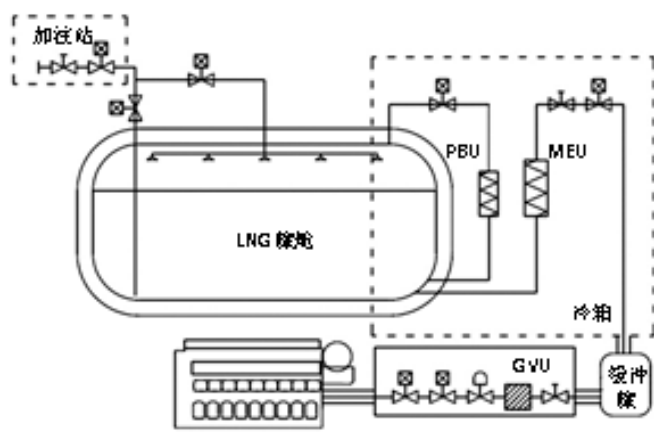


图 3

对于海工支持船来说,工况变化的频次和幅度均较高,对供气系统工作平稳性的要求更高,因此在设计自增压供气系统时应尽可能加大汽化器和缓冲罐的裕度。

对于海工支持船来说,风浪条件下的船舶摇摆幅度较大,储罐上部的气相层由于液体晃荡而压力突降甚至可能出现负压,导致供气压力不稳定,双燃料发动机会自动切换至燃油模式^[1]。

3 结论

三用工作船(AHTS)应用LNG动力还没有实船的实践经验作参考,可以根据三用工作船的船型特点和作业特点,以及从LNG动力的平台供应船获取的实

实践经验,进行细致的研究和分析。

3.1 三用工作船的船型特点和作业特点

三用工作船(AHTS)的作业任务主要有起抛锚作业(Anchor Handling-AH)、拖带作业(Towing-T)以及物质供应(Supply-S),同时也可以兼顾平台守护功能。

三用工作船的机舱和上建位于船舶的中前部,货舱位于船舶的中后部,作业甲板位于船舶的中后部;配置大型拖缆机、尾滚筒、鲨鱼钳、挡销等设备,用于起抛锚作业和拖带作业;设置大容量的货舱空间和面积的载货甲板,用于海上平台的物质和燃料供应;采用双轴系驱动大推力螺旋桨,提供拖带作业需要的大推力^[2]。

3.2 三用工作船采用 LNG 动力系统的船舶布置分析

船舶采用 LNG 动力时,首先要解决的问题是如何布置燃料储罐。由于三用工作船的船舶布置特点是由其实际任务需求和作业特点所决定的,所以在采用 LNG 动力时,船舶的总体布置格局不能有大的变化,只能利用原有的甲板下货物空间布置 LNG 燃料储罐,作业甲板上不能布置 LNG 燃料储罐,否则起抛锚作业、拖带作业和载货的功能会丧失。

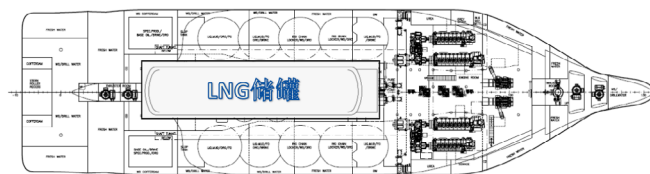


图 4

如图所示,LNG 燃料罐可以布置在两根轴系之间的位置。该处位置通常用于布置散料罐,如果三用工作船需要供应散料,则须另行想办法解决。总的来说,由于需要布置大容量的 LNG 燃料罐,货舱的空间有大比例的占用,船舶运输货物的能力会受到较大影响。

具体的船舶布置方案,需要根据具体的船型及其实际作业需求,详细制定。

3.3 LNG 动力三用工作船的动力系统配置考虑

三用工作船的工况较为复杂,有起航行工况、抛锚工况、拖带工况、装卸货工况、守护工况等等,各种不同的工况的功率差异明显,因此动力系统的配置需要能够灵活满足各种不同工况的负荷需求,并使发动机处于较理想的负荷水平。

三用工作船通常采用主机直接驱动螺旋桨,并配

置 PTO/PTI 功能的轴带发电机,以及独立的发电机组。主机的功率通常较大,大马力的三用工作船甚至采用四机双桨的方式来满足极端工况下的负荷需求^[3]。

上图所示为一艘大马力的三用工作船,其配置了四台主机,两两组合驱动一根轴系和一台轴带发电机,并配置两台独立的发电机组。

LNG 发动机,包括纯气体发动机和双燃料发动机,在市场上的可选品牌和机型并不多,功率覆盖范围也不完整,因此,LNG 动力的三用工作船的动力系统的配置方案不可一概而论,需要根据市场可选机型以及具体船型来组合及优化动力系统配置方案。

3.4 LNG 动力三用工作船的气体发动机选择

应采用双燃料发动机,使得船舶具有较好的工作可靠性,特别是在恶劣海况下可以保持稳定的功率输出。如果考虑采用双燃料主机直接驱动长轴系和大推力螺旋桨,需要考虑双燃料发动机能否适应三用工作船的负荷频繁大幅度波动的特点,需要开展细致的分析和研究。双燃料发动机可以在油、气模式下快速切换,一定层面上可以适应负载快速波动以及出现的极端负载情况。

3.5 LNG 动力三用工作船采用电力推进方式的设想

海洋工程船舶采用电力推进方式已经逐渐得以普及,但是在三用工作船领域还少有涉及,主要原因可能在于三用工作船通常需要大马力和大推力,电力推进会带来过高的成本支出。如果考虑 LNG 动力的小型三用工作船,电力推进方式有助于船舶的布置,有助于降低气体发动机机型选择的难度,也有助于缓解气体发动机的输出特性与三用工作船的工作特点之间的矛盾。小型 LNG 电力推进三用工作船的可行性值得去研究和探索。

参考文献:

- [1] 汪伟奎,张子贤,谢斯.基于激光雷达的三用工作船智能感知系统研究[J].珠江水运,2023(06).
- [2] 赵英策,宋文军,唐周.78m 三用工作船的总体布置及稳性探讨[J].中国水运,2020(08).
- [3] 彭晨阳,刘二森.三用工作船市场发展现状及未来趋势[J].中国船检,2019(01).

作者简介:

刘伟(1983-),男,汉族,籍贯:天津市,工程师(中级职称),学士学位,主要从事未来船舶燃料发展趋势、船舶建造可行性研究、智能船舶应用研究、船舶机电设备研究等。