

船舶甲醇燃料改装技术设计研究

李 静

上海中远海运重工有限公司 上海 201913

摘要: 针对箱船甲醇双燃料改装项目的主要系统和参数技术方案进行归类、总结, 根据相应的规范和标准要求, 结合的甲醇燃料的工作特性, 文章从甲醇舱容的选择、燃料供应系统、通风系统、电力系统和危险区域划分等方面进行了阐述, 归纳总结了甲醇双燃料改装项目的设计基本方法和特点。

关键词: 甲醇; 舱容; 燃料供应; 燃料加注; 危险区

近年来, 随着环保性公约及区域性排放限制的实施, 势必引起船舶制造业产品的转型升级, 制造业为生存, 被迫淘汰“陈旧落伍”的设备, 研发绿色环保的新设备, 这必然促进制造业向更加先进、更加环保的方向发展。随着新船能效设计指数 (EEDI) 的生效, 排放控制区 (ECA) 的设立及扩大, 船舶氮氧化物排放标准 (TIER II/TIER III) 的提高以及节能减排理念逐渐纳入各大航运公司的发展战略, 寻找新的清洁能源并减少硫氧化物及氮氧化物的排放成为船舶界致力研究的方向。

本文以某航运集团20K集装箱船为母型船进行甲醇双燃料改装为例进行研究。

1 甲醇舱容选择

根据集装箱船航线里程, 可停靠的甲醇加注点, 确定航线中甲醇加注次数如单次航线中考虑出发港单点加注、出发港和到达港两端加注或中间港单点加注等方式。依据两次加注点中间各停靠港口间的里程和平均航速, 甲醇消耗等数据可计算得到所需的最小甲醇舱容。计算时需考虑航线中冷藏箱的装箱数量, 港内辅机的使用, 还需从经济性考虑甲醇舱的舱容与所占用的集装箱箱位数量的平衡性。

1.1 设备及燃料参数

主机参数:

数量: 1台

型号: MAN 11S90ME

最大持续输出功率: 55,000千瓦

85%最大持续输出功率: 46,750千瓦

辅助发电机参数:

数量: 2台

型号: Wartsila 7L32

最大持续输出功率: 4320千瓦

甲醇的属性:

液体密度: 0.791t/m^3 (25°C), 低热值: 19900kJ/kg

1.2 甲醇舱容计算

主机燃料消耗计算

$$G_1 = N_{e1} \times m_{e1} \times 1.05 = 17.0\text{t/h}$$

$$N_{e1} = 46,750\text{kW} \text{ 85\%最大持续输出功率}$$

$$m_{e1} = 347.1\text{g/kWh} \text{ 甲醇消耗}$$

辅助发电机燃料消耗计算

$$G_2 = N_{e2} \times 85\% \times m_{e2} \times 1.05 = 3.0\text{t/h}$$

$$N_{e2} = 4320\text{kW}$$

$$m_{e2} = 391\text{g/kWh} \text{ 甲醇消耗}$$

甲醇服务舱舱容计算

甲醇服务舱类似燃油系统的日用油舱, 满足主辅机日常8小时使用需求。

$$V = [(G_1 + G_2) \times t_1 / \rho \times \mu V1] \times (1 + \mu V2)$$

$$= 211.2\text{m}^3$$

$$t_1: 8\text{h}$$

$$\rho: 0.791\text{t/m}^3 \text{ 甲醇密度}$$

$$\mu V1: 97\%$$

$$\mu V2: 1\% \text{ 回流燃料容量的1\%}$$

$$\text{数量: 1台}$$

$$\text{需要容积: } 220\text{m}^3$$

而甲醇燃料舱需根据船舶航线及航程, 以及加注点的设置来判断舱容的大小, 结合该航线中可使用的甲醇燃料加注站分布, 选取三种典型甲醇加注方式进行分析: 单点加注、两端加注和中间港加注。结合吃水选取14米和16米两种装载工况, 计算得出舱容 $21,000\text{m}^3$ 只需单次加注, 但是需要改造2个原始舱, 损失的箱位过多, 最终选用 $15,000\text{m}^3$ 的方案。

2 燃料供应系统

燃料供应系统是甲醇改装项目的最重要组成部分, 燃料供应的稳定和质量高低直接关系到主辅机的运行状

作者简介: 李静 (1984—), 女, 大学本科, 工程师, 研究方向: 海洋工程电气系统设计与研究。

内部含有燃料的通风管或双壁管，应设置有效的负压机械通风系统，其通风能力应为每小时至少换气30次。环形空间内应布置合适的气体和液体泄漏探测措施。燃料阀件单元内应进行负压机械抽风，出风口应通往露天区域，其通风能力为每小时至少换气30次。

4 电力及控制系统设计

4.1 电力系统

表1 电力负荷计算书

工况		航行 (千瓦)	带艏侧推操作 (千瓦)	不带艏侧推操作 (千瓦)	装卸货 (千瓦)	停泊 (千瓦)
不带 冷藏 箱	总用电负荷	3152	8023	3456	3005	3036
	使用发电机	4150 * 1	4150 * 1	4150 * 1	4150kw * 1	4150 * 1
			3220 * 2			
	备用发电机	4150 * 1	4150 * 1	4150 * 1	4150kw * 1	4150 * 1
		3220 * 2		3220 * 2	3220kw * 2	3220 * 2
负荷占比	76 %	76 %	83 %	72 %	73 %	
带 冷藏 箱	总用电负荷	9113	13983	9416	8966	8996
	使用发电机	4150 * 1	4150 * 2	4150 * 1	4150 * 1	4150 * 1
		3220 * 2	3220 * 2	3220 * 2	3220 * 2	3220 * 2
	备用发电机	4150 * 1		4150 * 1	4150 * 1	4150 * 1
	负荷占比	86 %	95 %	89 %	85 %	85 %

4.2 控制系统

船舶机舱自动化系统是集机舱动力系统及辅助系统自动控制、监测、报警等一体化的监控系统。在甲醇燃料改装的项目中，自动化系统的控制范围将被进一步延展，扩充；利用先进的计算机技术，通过一个操作平台实现对整个甲醇燃料系统的控制，保障双燃料主辅机在两种模式下的正常运行，使人为错误操作降到最小。甲醇燃料改装部分的自动化系统，独立于原船的自动化系统，自成一套，便于对全船新加仪表设备散点信号的收集，使其能完全服务于甲醇双燃料改装系统。新系统拥有自己的现场信号采集柜、子系统的处理模块、HMI人机界面、UPS电源单元，以处理相关过程的报警、监控和控制。

5 危险区域划分设计

箱船甲醇燃料改装由于增加了甲醇加注、储存、驳运、处理（温度/压力/流量等）和使用环节，增加了新的爆炸风险。正确划分与甲醇相关的新的防爆区域，对船舶安全和电气设备选型设计具有重要意义。

箱船甲醇燃料改装主要危险源是甲醇挥发气体。甲醇分子式CH₄O，熔点 -97.8℃，沸点64.8℃，闪点

由于燃料供应系统直接关系着主机和辅机的运行状况，同时也关系到船舶的航行安全，因此，主要设备按照船级社和海事组织要求在单个故障下，燃料供应系统仍然需要保持可靠的运行。这就需要对于燃料供应和保障系统的关键设备进行冗余设计。计算得出，使用甲醇燃料在各工况下用电负荷占比如下：

11.1℃。根据国际海事组织《使用甲醇-乙醇作为燃料的船舶安全临时导则》及相关船级社规范关于危险区划分，在临时导则及相关规范中，对于使用甲醇-乙醇作为燃料的船舶及船舶危险区域只给出原则性的要求，并未明确具体范围。因此项目设计中需基于临时导则或相关船级社规范的原则要求，根据易燃易爆危险品的特性，释放频度，持续时间，以及区域周界封闭情况，通风情况等对项目0类，1类，2类危险区域进行界定。

6 结语

本文通过开展新能源燃料改装总体设计技术研究、系统方案设计与经济性分析，解决双燃料改装过程中的关键技术问题，建立船舶新能源燃料改装的设计能力，形成可用于市场推介的改装设计方案。

参考文献

- [1]MSC.1-Circ.1621 Interim Guidelines for the Safety of Ships Using Methyl/Ethyl Alcohol as Fuel
- [2]中国船级社《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》2022
- [3]ISO8861-1998造船-柴油机船舶机舱通风-设计要求和计算基础