

# Design of Methanol Fuel Supply System for Marine Dual Fuel Main Engine

Tao Hu<sup>1</sup> Wenjun Hou<sup>2</sup> Feng Xie<sup>2</sup>

1. Shanghai CSSC Mitsui Shipbuilding Diesel Engine Co., Ltd., Shanghai, 201306, China

2. CSSC Ninth Design and Research Institute Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200090, China

## Abstract

According to the target node of carbon peak and carbon neutral in China, China's key industries have begun to formulate the action plan of carbon peak. Under the new situation, the shipping industry is facing greater pressure of carbon emission reduction. This paper presents a methanol fuel supply system designed for Marine dual fuel main engine test. The system design meets the stable supply of each working condition from 5000kW low power model to 80000kW high power model, and through a series of safety measures and automatic control system, to ensure the safety and reliability of the whole fuel supply process. Combined with the largest test methanol supply system for the Marine dual-fuel main engine in China, the composition, configuration of each subsystem, control, fire protection and other safety systems are designed and analyzed, which can be used for reference in similar projects.

## Keywords

methanol; dual fuel; marine engine; fuel supply system

# 船用双燃料主机试验用甲醇燃料供给系统设计

胡涛<sup>1</sup> 侯文俊<sup>2</sup> 谢峰<sup>2</sup>

1. 上海中船三井造船柴油机有限公司, 中国·上海 201306

2. 中船第九设计研究院工程有限公司, 中国·上海 200090

## 摘 要

根据中国碳达峰、碳中和目标节点, 中国重点行业已开始制定碳达峰行动方案。新形势下, 航运业面临较大的碳减排压力。论文提出了一种为船用双燃料主机试验设计的甲醇燃料供给系统。系统设计满足了从5000kW小功率机型到80000kW大功率机型的各个工况的稳定供给, 并通过一系列安全措施和自动化控制系统, 保障了整个燃料供给过程的安全与可靠。结合目前全国供给规模最大的船用双燃料主机试验用甲醇供给系统, 对甲醇供给系统的组成、各子系统配置以及控制、消防等安全系统做了设计和分析, 可供类似工程参考。

## 关键词

甲醇; 双燃料; 船舶主机; 燃料供给系统

## 1 引言

IMO 在 2016 年 4 月召开的 MEPC69 对《巴黎协定》表示支持, 同意采取进一步措施提高船舶能效、减少温室气体排放。2018 年, MEPC72 会议通过了《IMO 船舶温室气体减排初步战略》, 推动国际航运业尽快减排, 并在本世纪内实现温室气体零排放。

甲醇燃料符合清洁环保发展方向, 从甲醇自身特性及甲醇发动机台架数据看, 由于甲醇本身不含硫、燃烧温度低、含氧量高, 作为船舶动力燃料能使硫化物 ( $\text{SO}_x$ )、氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ )、颗粒物 (PM)、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 排放分别减少 100%、70%、90%、15%<sup>[1]</sup>, 甲醇燃料在船舶上推广可以

有效降低船舶污染物和碳排放<sup>[2]</sup>, 有利于实现 2030 碳达峰和 2060 碳中和的目标。

中国主要设计院所、船厂目前及未来五年内计划开发的船型使用双燃料动力显著增加, 主流船厂和设计院都已在策划使用甲醇柴油机的船型。

## 2 甲醇燃料供给系统概述

甲醇燃料供给系统为车间试车供应满足进机压力和温度要求的甲醇。该系统可供给满足进机压力  $13 \pm 0.5\text{bar}$  和温度  $25^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$  的单台 12G95ME-C-LGIM 双燃料主机 (82440kW) 和单台 7G80ME-C-LGIM 双燃料主机 (32970kW) 同时试车需求的甲醇, 甲醇最大供应规模为  $68.64\text{m}^3/\text{h}$ 。

甲醇储罐容量:  $300\text{m}^3$ , 供应规模:  $68.64\text{m}^3/\text{h}$ , 单次试验耗量  $182.35\text{mm}^3$ 。

主要设备包括: 3 只  $100\text{m}^3$  的地上卧式充氮甲醇储罐,

【作者简介】胡涛 (1980—), 男, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事船舶动力机械工程建设研究。

1套甲醇卸车撬, 1套甲醇供给撬, 1套水乙二醇换热撬, 1套 $10\text{m}^3$ 的甲醇回收装置, 1只 $10\text{m}^3$ 的埋地双层废液回收罐, 1套 $10\text{m}^3/\text{h}$ 的甲醇气回收装置, 1套氮气及仪表风减压撬, 1套车间氮气供应撬, 2套阀组单元FVT, 1套燃气热水供应模块, 2套双壁管抽风机及2套油封通风机。甲醇燃料供给系统主要设备布置如图1所示。

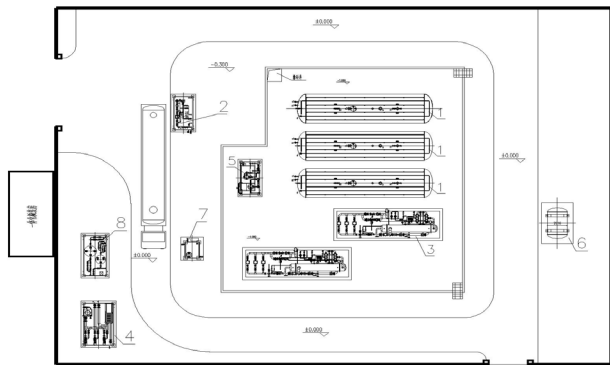


图1 甲醇燃料供给系统主要设备布置图

### 3 甲醇燃料供给系统设计

#### 3.1 主要工艺流程

①槽车内的甲醇通过甲醇卸车撬加注到供给系统的地上卧式充氮甲醇储罐内。

②甲醇从储罐自流至甲醇供给撬, 通过撬上的变频供给泵及回流将甲醇出口压力稳定在 $13 \pm 0.5\text{bar}$ 。

③夏天和冬天通过甲醇供给撬上的甲醇换热器冷却降温或加热, 将甲醇出口温度稳定在 $25^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 。

④甲醇通过输送管输送至辅房屋顶和架高平台上的两组阀组单元, 精确调压至主机需求压力后再接至主机供给主机燃烧。

#### 3.2 辅助工艺流程

为实现上述主要工艺流程, 系统还需提供管路、主机及阀组单元吹扫氮气系统、严密性试压氮气系统、氮封系统、水乙二醇换热撬、仪表空气模块、燃气热水供应模块、冷却水供应模块、甲醇回收、废液处理及通风系统等辅助工艺流程:

##### 3.2.1 管路、主机及阀组单元吹扫及严密性试压氮气系统

由外场氮气气源接入氮气及仪表风减压撬及氮气减压撬进行减压或加压并稳压后, 再通过管道接至阀组单元、主机及各处管路, 在主机切换到甲醇燃烧模式前后对阀组单元、主机及甲醇管路等进行吹扫及提供严密性试压用气。

##### 3.2.2 氮封系统

由外场氮气气源接至氮气及仪表风减压撬进行减压及稳压后接至储罐上设置的自力式氮封阀, 由该阀保证甲醇储罐气压低于 $50\text{mmH}_2\text{O}$ 时充氮, 高于 $150\text{mmH}_2\text{O}$ 时停止充氮。

呼吸阀动作压力为 $-50\text{mmH}_2\text{O}$ 和 $280\text{mmH}_2\text{O}$ 。

##### 3.2.3 水乙二醇换热撬

水乙二醇换热撬包含水乙二醇泵、水乙二醇加热换热器及水乙二醇膨胀箱。水乙二醇换热器利用燃气热水供应模块供应的热水或冷却循环水来加热或冷却水乙二醇溶液, 再由水乙二醇循环泵将加热或冷却后的水乙二醇溶液送至甲醇换热器来调节甲醇出口温度。

##### 3.2.4 仪表空气模块

由外场氮气气源接至氮气及仪表风减压撬过滤及稳压后供应。

##### 3.2.5 燃气热水供应模块

水乙二醇加热用热水由燃气热水供应模块提供。

##### 3.2.6 冷却水供应模块

水乙二醇冷却用循环冷却水由冷却循环水系统提供。

##### 3.2.7 甲醇回收

通过甲醇回收装置将分离后的甲醇泵回甲醇储罐中。

##### 3.2.8 甲醇气回收

通过甲醇油气回收装置将甲醇储罐、甲醇回收装置和废液回收罐排放的混合气中的甲醇蒸汽吸收后排至废液回收罐, 满足环保排放要求。

##### 3.2.9 废液处理

甲醇储罐底液及甲醇回收装置等的废液经管道流至埋地废液回收罐内, 通过槽车回收外运处理。

##### 3.2.10 通风系统

车间内甲醇管道采用双壁管, 内管输送甲醇, 外管伸出车间与通风系统相连, 双壁管与发动机上双壁管相连, 组成双壁管通风系统。

车间内密封油系统也各自设置通风系统。

甲醇燃料供给系统主要工艺流程如图2所示。

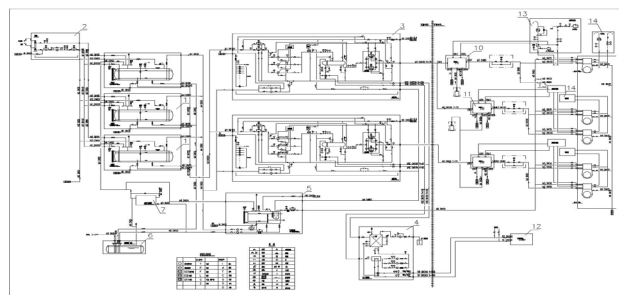


图2 甲醇燃料供给系统主要工艺流程图

### 3.3 设备选型

#### 3.3.1 甲醇储罐

配置三只 $100\text{m}^3$ 的地上卧式充氮甲醇储罐, 甲醇储罐总量可满足单台12G95ME-C-LGIM双燃料主机( $82440\text{kW}$ )和单台7G80ME-C-LGIM双燃料主机( $32970\text{kW}$ )同时试验需求。储罐设计压力 $200\text{mmbar}$ , 直径 $3400\text{mm}$ , 长度 $13.8\text{m}$ 。

### 3.3.2 甲醇卸车撬

配置一台甲醇卸车撬用于甲醇卸车,卸车撬最大卸车速度为  $50\text{m}^3/\text{h}$ ,压差  $0\sim 3.5\text{bar}$ ,功率  $7.5\text{kW}$ ,撬装尺寸:长  $4000\text{mm}$ ,宽  $2000\text{mm}$ ,高  $3000\text{mm}$ 。

### 3.3.3 甲醇供给撬

配置两套甲醇供给撬,最大供给流量  $39050\text{kg}/\text{h}$ ,终端供给压力  $13\pm 0.5\text{bar}$ ,终端供给温度  $25^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ ,设计压力泵前  $16\text{bar}$ ,泵后  $25\text{bar}$ ,过滤精度  $10\mu\text{m}$ ,撬装尺寸:长  $8000\text{mm}$ ,宽  $8000\text{mm}$ ,高  $3000\text{mm}$ 。

### 3.3.4 水乙二醇换热撬

配置一套水乙二醇换热撬用于甲醇加热。额定流量  $100\text{m}^3/\text{h}$ ,撬装尺寸:长  $8000\text{mm}$ ,宽  $6000\text{mm}$ ,高  $3500\text{mm}$ 。

### 3.3.5 甲醇回收装置

设置一套  $10\text{m}^3/\text{h}$  的甲醇回收装置将分离后的甲醇泵回甲醇储罐中,气动隔膜泵  $10\text{m}^3/\text{h}$ ,压差  $0\sim 3.5\text{bar}$ 。撬装尺寸:长  $3000\text{mm}$ ,宽  $2000\text{mm}$ ,高  $3000\text{mm}$ 。

### 3.3.6 废液回收罐

设置一只  $10\text{m}^3$  的埋地双层甲醇废液回收罐。设计压力  $200\text{mmbar}$ ,直径  $1800\text{mm}$ ,长度  $6\text{m}$ 。

### 3.3.7 甲醇气回收装置

设置一套  $10\text{m}^3/\text{h}$  的甲醇气回收装置。撬装尺寸:长  $3000\text{mm}$ ,宽  $2000\text{mm}$ ,高  $1500\text{mm}$ 。

### 3.3.8 氮气及仪表风减压撬

站内设置一套氮气及仪表风减压撬。缓冲罐  $2\text{m}^3@16\text{bar}+3\text{m}^3@16\text{bar}$ ;减压阀组 A  $100\text{Nm}^3/\text{h}$   $13\text{bar}\sim 3\text{bar}$ ,一用一备;减压阀组 B  $100\text{Nm}^3/\text{h}$   $13\text{bar}\sim 8\text{bar}$ ;减压阀组 C  $200\text{Nm}^3/\text{h}$   $8\text{bar}\sim 6\text{bar}$  一用一备;撬装尺寸:长  $4000\text{mm}$ ,宽  $3000\text{mm}$ ,高  $2500\text{mm}$ 。

### 3.3.9 氮气供应撬

设置一套氮气供应撬,缓冲罐 A  $4.5\text{m}^3@25\text{bar}$ ;缓冲罐 B  $2\text{m}^3@16\text{bar}$ ;缓冲罐 C  $1\text{m}^3@16\text{bar}$ ;氮压缩机  $200\text{Nm}^3/\text{h}$   $11\text{bar}\sim 23\text{bar}$ ;减压阀组 A1  $100\text{Nm}^3/\text{h}$   $23\text{bar}\sim 8\text{bar}$ ;减压阀组 A2  $100\text{Nm}^3/\text{h}$   $23\text{bar}\sim 13\text{bar}$ ;减压阀组 B  $100\text{Nm}^3/\text{h}$   $13\text{bar}\sim 8\text{bar}$ 。撬装尺寸:长  $7000\text{mm}$ ,宽  $5000\text{mm}$ ,高  $3500\text{mm}$ 。

## 3.4 系统安全

甲醇储罐设有阻火呼吸阀、氮封阀、泄氮阀等。通风管还设置了甲醇气回收装置对甲醇蒸汽进行回收,满足排放标准。

甲醇储罐罐体上方设有自动喷淋装置,用于保持罐内甲醇燃料的温度不超过  $45^\circ\text{C}$ 。

阀组单元(FVT)设置于管道进车间前的室外平台上,采用保护壳等保护措施,并远离明火<sup>[3]</sup>。

甲醇管道进入车间部分使用双壁管,内管为甲醇输送管,外管为防泄漏管道。外管的进出口都与大气相通,出口处装有抽风机,在主机工作时主机将启动抽风机持续工作,

保证双壁管中间环状空间内为负压状态,即使内管有泄漏甲醇也不会进入车间,保证试车车间为安全区域<sup>[4]</sup>;双壁管路的通风独立于其他单元的通风,通风进口应位于远离火源的非危险区域,通风进口应设置合适金属网,防止水进入。

车间甲醇管道易泄露处、抽风机入口设可燃气体浓度检测报警器,与主机内的控制系统连锁,发生事故时主机停机并切断阀组单元内的紧急切断装置。

在站内设置洗眼器、水淋设施作为应急冲洗设施。

## 3.5 自动化控制系统

配置自动化控制系统 PLC 控制柜,系统用于监控甲醇燃料供给系统 FGSS 设备及其相关管路。系统包含:分散控制系统、安全仪表系统等。分散控制系统具备工艺数据采集、信息处理、过程控制、过程报警、趋势记录等功能。安全仪表系统具备监控保护设备、触发紧急关断、记录报警事件、在线测试及维修等功能。

## 3.6 火灾自动报警系统、可燃气体报警系统

配置火灾自动报警系统。火灾自动报警区域报警器设于甲醇站操作间内,并与厂区现有集中控制型火灾自动报警系统联网。在储罐区关键设备的适当位置安装火焰报警器,一旦有火灾发生能及时发现并采取措施。操作间(消防值班室)还设有消防专用电话、图形显示装置等。

本工程在新建甲醇站内设置可燃气体报警控制器、在已建总装试验车间设置可燃气体报警分控制器,在储罐区,卸车区、总装试验车间试车区等可能产生燃气泄漏的区域设置可燃气体探测器,可燃气体探测器报警信号通过控制器上传至厂区现有消防室。当可燃气体探测器检测到可燃气体达到设定浓度时,可燃气体报警控制器联动警铃发出报警并联动控制排气风机及停止相关工艺装置<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

本甲醇燃料供给系统的设计,解决了从  $5000\text{kW}$  小功率机型到  $80000\text{kW}$  大功率机型的各个工况的稳定供给,并可满足主机严密性试验、主机水吹扫、主机氮气吹扫等功能;配备的系统安全措施可以对甲醇供给过程中可燃气体泄漏、甲醇供给温度等作监控和调节,并在发生泄漏和火灾时进行有效控制,保证甲醇燃料在整个试验使用过程中的有效、安全、可靠。

## 参考文献

- [1] 甘少伟,雷伟,周国强.甲醇:未来船用燃料[J].中国船检,2016(8):90-94.
- [2] 刘靖宇,王正钧.浅谈甲醇-柴油双燃料船舶燃料系统设计[J].广东造船,2023(4):92-95.
- [3] 袁士春.甲醇燃料船试验方案分析[J].船舶机电技术,2017,40(4):28-32.
- [4] 林其瀚.双壁管在液化天然气供给系统中的应用[J].船舶标准化工程师,2022,55(2):24-29.
- [5] 船舶应用甲醇乙醇燃料指南[S].北京:中国船级社,2022.