

团 体 标 准

T/CSICE 046-2025

船用甲醇发动机燃料控制系统技术条件

Technical specification for fuel control system of methanol marine engines

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本标准起草单位：潍坊力创电子科技有限公司、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、宁波中策动力机电集团有限公司、哈尔滨工程大学、博鼎精工智能科技（山东）有限公司、鸿陆智能科技（山东）有限公司。

本标准主要起草人：王立峰、王秀强、从田增、刘龙、刘晓亮、衣金水、苏明涛、骆洪亮。

本文件于2025年首次发布。

船用甲醇发动机燃料控制系统技术条件

1 范围

本标准规定了甲醇发动机控制系统及主要零部件的术语和定义、技术要求、试验方法、检验、包装、运输和贮存。

本标准适用于四冲程、中高速、点燃式、功率范围500kW以内的船用甲醇发动机（包括舷外挂机）的燃料控制系统（以下简称：控制系统），以及对发动机进行甲醇技术改造的控制系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 338-2011 工业用甲醇

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GD 019-2024 电气电子产品型式认可试验指南

《钢质海船入级规范》（2025） 中国船级社

《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》（2022） 中国船级社

3 术语和定义

3.1

甲醇发动机 methanol engine

使用甲醇作为燃料的发动机。

3.2

控制系统 control system

为发动机进行信号处理、燃料输配与喷射以及数据监控报警的综合系统。

3.3

喷嘴 injector

根据电控单元发出的指令实现燃料定时、定量喷射的部件。

3.4

多点顺序喷射 multi-point sequential injection

又称多气门喷射（MPI）或顺序燃料喷射，与单点燃料喷射相对应，每个气缸设置单独燃料喷嘴，燃料喷嘴分别向各气缸进气门口处定时定量喷射燃料。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 船用甲醇发动机控制系统中所用零部件为符合国家或行业标准相关要求的合格产品。

4.1.2 控制系统电子设备的设计、制造、检验，包括软件设计，满足中国船级社《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》《电气电子设备型式认可试验指南》和《钢质海船入级规范》的有关规定。

4.1.3 控制系统由（但不限于）以下装置组成：传感器、电子控制单元（ECU）、机旁监控仪、执行机构、自锁装置以及对外接口组成。

4.2 功能要求

甲醇发动机控制系统能控制甲醇喷射量、空燃比、点火提前角等参数，并可对外进行数据交换，甲醇发动机燃料控制系统的系统结构原理图如图1所示。

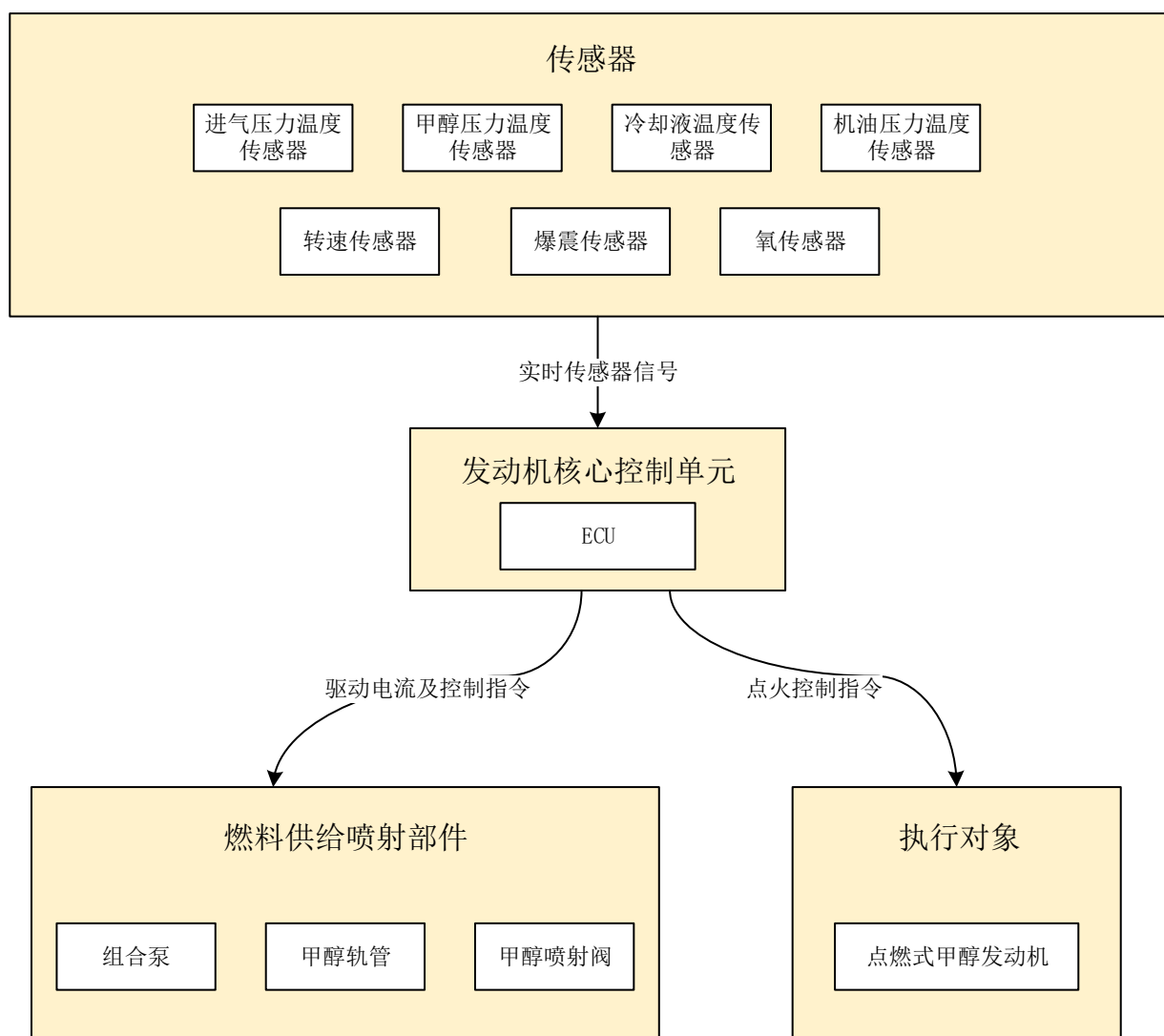


图1 甲醇发动机系统组成图

4.2.1 控制系统对甲醇发动机的检测功能及控制功能设计，满足表 1 要求。

表1 甲醇发动机控制系统检测及控制功能需求表

| 类别 | 信息 | 备注 |
|------|---------------|--------------------------------|
| 检测功能 | 发动机转速 | — |
| | 发动机燃料喷射相位 | — |
| | 发动机机油压力和温度 | — |
| | 甲醇燃料压力 | — |
| | 冷却液温度 | — |
| | 各缸排气温度 | — |
| | 曲轴温度或曲轴箱油雾传感器 | 曲轴箱内安有油雾探测器或等效装置，对曲轴箱内的热点进行监控。 |
| | 齿轮箱机油压力 | 如有必要 |
| | 爆震 | — |
| | 空燃比 | — |
| | 增压空气压力和温度 | 如有必要 |
| | 增压器机油压力和温度 | 如有必要 |
| 控制功能 | 发动机的启动、停机、急停 | — |
| | 燃料总供给阀门 | — |
| | 各缸燃料喷射量 | — |
| | 空气进气量 | — |
| | 各缸点火 | — |
| | 爆震 | — |
| | 空燃比 | — |

4.2.2 控制系统的主电源和备用电源任意一路失效时，控制系统能在监控仪安装地点声光报警。

4.2.3 控制系统能对系统的传感器、电子控制单元（ECU）及执行机构的相关功能故障进行声光报警。

4.2.4 控制系统具有故障自诊断和保护功能，当出现故障时，系统立即进行故障诊断，启动相应的安全保护措施，保证发动机正常工作。

4.2.5 控制系统具有机旁监控功能，并具备供集控室或驾驶室远程控制系统使用的对外接口。

4.2.6 控制系统具有对发动机不良燃烧或燃烧失火等进行监控和探测的功能。当探测到不良燃烧或失火时，可切断相应气缸的燃料供应，允许发动机继续运行，但应充分考虑一缸熄火时扭转振动对发动机的影响。

4.2.7 控制系统对燃料喷射状况和点火模块具有故障诊断功能，能实时反馈喷嘴及点火模块的状态，并具有相应的电路短路和断路报警功能。

4.2.8 控制系统具备运行状态、历史报警和历史故障的检查端口。

4.2.9 控制系统能够将发动机状态及报警通过对外接口输出，状态及报警包含但不限于表 2 所列项目。

表 2 控制系统输出信息表

| 类别 | 功能 | 备注 |
|--------|-------------|------------|
| 运行状态输出 | 发动机运行指示 | — |
| | 机旁操作模式指示 | — |
| | 遥控操作模式指示 | — |
| 停机状态输出 | 正常停机指示 | — |
| | 故障停机指示 | — |
| | 紧急停机指示 | — |
| 报警输出 | 控制系统综合报警/故障 | 具备查询具体故障功能 |
| | 发动机综合报警/故障 | 具备查询具体故障功能 |

4.2.10 控制系统对外接口能接收并处理外部设备发出的状态、故障及报警信息包括但不限于表 3 所列项目。

表 3 控制系统输入信息表

| 类别 | 功能 | 备注 |
|------|------------------|--------------------------------------|
| 状态输入 | 燃料舱液位 | — |
| 报警输入 | 燃料舱报警信息 | — |
| | 燃料舱溢流报警信息 | 95%液位和 98%液位检测 |
| | 燃料蒸汽 20%LEL 报警信号 | — |
| | 燃料蒸汽 40%LEL 报警信号 | — |
| | 火灾报警信号 | — |
| | 通风能力下降或失效报警信号 | — |
| | 加注报警信号 | — |
| 指令输入 | 正常停机指令 | — |
| | 故障停机指令 | 接收故障停机后，再接收到解除故障停机信号后，控制系统方可重新启动发动机。 |
| | 紧急停机指令 | 接收紧急停机后，再接收到解除紧急停机信号后，控制系统方可重新启动发动机。 |

4.2.11 在发动机起动过程中，达到最低点火转速后，控制系统再开启点火系统。

4.2.12 当起动失败后，控制系统自动切断燃料供应、并具有提示和排空未燃烧混合气的功能。

4.2.13 正常停车及紧急停车时，控制系统控制燃料供应的切断不迟于点火系统的停止。点火停止时，确保提前或同时切断控制系统燃料供应。

4.2.14 控制系统具有运行时间记录功能，按照周期提示进行维护保养。

4.3 设计要求

4.3.1 控制系统控制燃料喷射方式为多点顺序喷射，每个气缸具有独立的喷嘴，燃料直接喷入气缸内或喷入各个进气歧管内。

4.3.2 控制系统中所选用的传感器应符合如下精度和灵敏度，具体见表4。

表4 传感器参数要求表

| 传感器类型 | 精度典型范围 | 灵敏度特点 |
|-------|----------------------|-------|
| 温度 | ±0.1 °C 至 ±2.5 °C | 中等 |
| 压力 | ±0.1% FS 至 ±1.0% FS | 高 |
| 液位 | ±2 mm 至 ±1.0% FS | 高 |
| 位置 | ±0.05% FS 至 ±1.0% FS | 极高 |
| 转速 | 极高（基于脉冲） | 极高 |

4.3.3 控制系统传感器安装位置能准确反映所需检测部位的参数，并易于检修与更换；如遇确实难以更换的位置，需要加装一个备用传感器。

4.3.4 检测失火的传感器应备份。

5 试验要求

5.1 试验条件及要求

5.1.1 除另有规定，所有试验应在 0~30 °C 和相对湿度 0%~90% 的室温条件下进行。

5.1.2 试验装置应能满足试验所提出的全部要求。

5.2 控制系统的型式试验及出厂试验项目应按表 5 和表 6 执行。

表5 控制系统型式试验要求表

| 试验项目 | 型式试验 | 出厂试验 | 试验方法 | 试验要求 |
|---------|------|------|---------------------------|-------------------------------------|
| 外观检查 | √ | √ | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.1节要求 | 试验结果满足中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》相对应章节的要求 |
| 性能试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.2节要求 | |
| 绝缘电阻测量 | √ | √ | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.3节要求 | |
| 能源波动试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.4节要求 | |
| 能源故障试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.5节要求 | |
| 振动试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.7节要求 | |
| 高温试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.8节要求 | |
| 低温试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.9节要求 | |
| 交变湿热试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.10节要求 | |
| 盐雾试验 Kb | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.12节要求 | |
| 耐电压试验 | √ | √ | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.14节要求 | |
| 外壳防护试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.15节要求 | |

表5 控制系统型式试验要求表（续）

| 试验项目 | 型式试验 | 出厂试验 | 试验方法 | 试验要求 |
|------------------------------|------|------|---------------------------|------------------------------------|
| 滞燃试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》2.16节要求 | 试验结果满足中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》相应章节的要求 |
| 传导发射测量 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.2节要求 | |
| 外壳端口辐射发射测量 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.3节要求 | |
| 静电放电抗扰度 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.4节要求 | |
| 射频电磁场辐射抗扰度 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.5节要求 | |
| 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.6节要求 | |
| 浪涌抗扰度试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.7节要求 | |
| 低频传导抗扰度试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.8节要求 | |
| 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验 | √ | — | 按照《电气电子产品型式认可试验指南》3.9节要求 | |
| 注：“√”表示需要进行的项目；“—”表示可不进行的项目。 | | | | |

表6 控制系统功能试验要求

| 试验项目 | 型式试验 | 出厂试验 | 试验方法 |
|--|------|------|--|
| 电源失效检测。 | √ | √ | 控制系统处于主备双电源供电状态，任意模拟一路电源供电失效，检查系统功能的有效性，并查看监控仪能否进行声光报警。 |
| 控制系统对系统的传感器、电子控制单元（ECU）及执行机构的相关功能故障进行声光报警。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟任意一路传感器、电子控制单元、执行机构故障，检查监控仪能否进行声光报警。 |
| 故障自诊断和保护功能。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟任意故障，检查控制系统对故障的响应能力，并检查控制系统能否采取相应的安全保护措施。 |
| 不良燃烧或失火等进行监控和探测功能。 | √ | — | 模拟发动机不良燃烧或失火等，检查控制系统能否检测到相应状况，并按要求断缸运行。 |
| 喷嘴、点火模块的短路和断路报警功能。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟任意缸的喷嘴、点火模块故障，检查控制系统的报警功能。 |
| 控制系统具备运行状态、历史报警和历史故障的检查端口。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，将检测设备连接到控制系统的检查端口，通过适宜的工况模拟，读取相关数据。 |
| 控制系统将发动机状态及报警信息通过对外接口输出。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，将检测设备连接到控制系统的对外接口，通过适宜的工况模拟，对照表2所列出的内容，读取对外接口输出数据。 |
| 控制系统对外接口接收并处理外部设备的状态、故障及报警信息。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，将检测设备连接到控制系统的对外接口，检测设备模拟适宜的数据通过对外接口传递给控制系统，对照表3检查控制系统接收的数据。 |

表6 控制系统功能试验要求（续）

| 试验项目 | 型式 试验 | 出厂 试验 | 试验方法 |
|------------------------------|----------|----------|--|
| 当1个曲轴转角传感器发生故障时，备用传感器的有效性。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟1个曲轴转角传感器故障，检查系统对故障检测的有效性，并检查备用传感器能否正常工作。 |
| 遥控控制、机旁控制有效性的相互验证。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟遥控控制故障，检查机旁控制的有效性；模拟机旁控制故障，检查遥控控制的有效性。 |
| 运行状态及故障记录功能。 | √ | √ | 控制系统处于正常工作状态，模拟多种类型的故障和报警，检查控制系统故障记录情况和当前的运行状况。 |
| 起动过程中，点火和燃料供应的逻辑控制。 | √ | √ | （模拟）发动机起动过程，检测控制系统对点火和燃料供应的先后顺序。 |
| 起动失败后，控制系统燃料切断及排空的逻辑功能。 | √ | √ | （模拟）发动机起动失败，检测控制系统自动切断燃料供应并提示和排空未燃烧混合气。 |
| 正常及紧急停车时，控制系统点火和燃料供应的逻辑功能。 | √ | √ | （模拟）发动机正常停车和紧急停车，检测控制系统的输出信号、切断点火和燃料供应顺序。 |
| 运行时间记录功能。 | √ | √ | （模拟）发动机正常运行，检查控制系统运行时间记录。 |
| 注：“√”表示需要进行的项目；“—”表示可不进行的项目。 | | | |

6 标志、包装、运输和贮存

包装、运输和贮存应符合 GB/T 13384 相关规定。

