



指南编号/Guideline No.M-29(202603)

M-29

甲醇燃料发动机

生效日期/Issued date:2026 年 3 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南（以下简称本指南）规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 service@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间：新编

本版本主要修改内容：无

目 录

1 适用范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 图纸资料	5
5 技术要求	5
6 原材料及零部件	7
7 型式试验	8
8 单件/单批检验	9

甲醇燃料发动机

1 适用范围

1.1 本指南适用于主推进、驱动发电机及辅助机械有关的甲醇燃料发动机（包括双燃料发动机和单一燃料发动机）的审图、认可及产品检验。

1.2 甲醇燃料发动机的排放应满足相关法定要求。

2 规范性引用文件

- (1) 中国船级社《钢质海船入级规范》
- (2) 中国船级社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》
- (3) 中国船级社《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》
- (4) IMO MSC.1/Circ.1621 《使用甲醇/乙醇作为燃料的船舶安全临时导则》
- (5) ISO 6583:2024 Methanol as a fuel for marine applications-General requirements and specifications
- (6) MSA《醇燃料动力船舶技术与检验暂行规则》
- (7) GB/T 338-2025 工业用甲醇
- (8) GB/T 42416-2023 M100 车用甲醇燃料

本指南所引用的文件，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本指南。凡是不注日期的引用文件，应为其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

3 术语和定义

3.1 《钢质海船入级规范》《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》中的定义适用于本指南。

3.2 本指南有关定义如下：

- (1) 引燃油比例：系指额定功率下甲醇燃料发动机每工作循环引燃油喷射所对应的热值占发动机每工作循环喷射燃料所对应的总热值的比例。
- (2) 燃油替代率：系指甲醇燃料发动机每工作循环甲醇喷射量所对应的热值占发动机每工作循环全部燃料喷射总量所对应的热值的比例。
- (3) 净热值：系指单位量的燃料在完全燃烧时，燃烧产物中的水蒸气保持气态（未凝结）时所放出的热量。

4 图纸资料

4.1 除《钢质海船入级规范》第3篇第9章9.1.12和附录10图纸要求的规范要求外，下列图纸和技术资料需提交CCS批准（适用时）：

- (1) 曲轴箱通风及气体浓度测量布置图、油雾浓度探测器（或发动机轴承温度监测器或等效装置）、甲醇泄漏探测器布置图；
- (2) 吹扫系统或惰化系统装置原理图；
- (3) 控制油及密封油原理图；
- (4) 安全理念；
- (5) CCS认为必要的其他图纸。

4.2 下列图纸及技术文件提交CCS备查：

- (1) 设计说明，包括甲醇燃料发动机工作原理、控制模式；
- (2) 操作手册（含甲醇泄漏应急处理流程）。

5 技术要求

甲醇燃料发动机的设计、制造及安装除满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章及《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》的适用规定外，还需满足下列要求。

5.1 甲醇燃料发动机需明确适用的甲醇重要理化指标范围（包括甲醇含量、水含量、净热值等），一般满足ISO 6583:2024、GB/T 338、GB/T 42416或其他适用的标准。

5.2 接触甲醇的部件，其设计应基于如下安全原则：

- (1) 火灾和爆炸的风险降至最小，以证明其安全水平与燃油发动机相当。
- (2) 如装有防爆安全阀，或者部件的强度设计足以承受最恶劣情况下泄漏甲醇被点燃后产生的超压，使爆炸后果减轻到一个可以接受的剩余风险水平。该设计原则的具体实施（如设置安全释放阀、足够加强结构）应符合公认的防爆标准（如 IEC 60079 系列）或经本社接受的分析验证方法。

5.3 甲醇燃料发动机上的甲醇管路还应按满足下述规定的要求：

- (1) 应设有对甲醇燃料管系进行惰化或吹扫的接口；
- (2) 甲醇管路的安装布置应具有必要的挠性，以适应甲醇燃料发动机的摇摆或振动，防止管路和发动机的连接处发生疲劳损坏；
- (3) 管路的联接应尽量采用根部完全焊透的对接焊，尽可能少使用法兰联接。不应采用对甲醇敏感的金属材料，如铝合金、镀锌钢、铅合金等。可采用的金属材料包括但不限于如下材料：奥氏体不锈钢，双相不锈钢。法兰联接的垫片不应采用对甲醇敏感的非金属材料，如丁腈橡胶，丁基橡胶等，可采用的非金属材料包括但不限于如下材料，如聚四氟乙烯（PTFE）、全氟醚橡胶（FFKM）、三元乙丙橡胶（EPDM）等；
- (4) 当在管路或管接头、软管接头与船体结构之间采用绝缘隔离时，应设有电气接地措施；
- (5) 甲醇管路标识为统一的颜色或标识。

5.4 双燃料发动机应能在任何条件和功率水平下迅速从甲醇模式转换到燃油模式。燃油模式转换甲醇模式应仅在规定的功率水平和条件下进行，在该功率水平和条件下进行甲醇模式转换的安全性和可靠性已通过试验进行了证明。

5.5 引燃油系统：

- (1) 引燃柴油量需保证甲醇可靠点火；引燃油喷射没有动作的情况下，应立即停止向燃烧室供应甲醇燃料。
- (2) 引燃油喷射需予以监测，失效时停止向燃烧室供应甲醇燃料。

- (3) 正常停车及紧急停车时，甲醇燃料供应的切断不应迟于点火源的切断。切断点火源时，应确保提前或同时切断每个气缸或整台发动机的甲醇燃料供应。

5.6 火花塞、电热塞等点火系统：

- (1) 点火系统点火失败情况下，甲醇燃料发动机应停机，除非这种点火故障仅限于一个气缸，且点火故障气缸的甲醇燃料供应能立即切断，发动机单缸熄火条件下的运行安全已经风险分析和试验证明，则可接受发动机继续运行。
- (2) 正常停车及紧急停车时，甲醇燃料供应的切断不应迟于点火源的切断。切断点火源时，应确保提前或同时切断每个气缸或整台发动机的甲醇燃料供应。

5.7 工艺控制要求

除满足本社《钢质海船入级规范》第3篇第9章关于柴油机的制造工艺控制的一般要求外，甲醇发动机还应对与甲醇接触的部件进行制造工艺控制：

- (1) 甲醇管路焊接工艺需经评定合格。
- (2) 与甲醇接触的部件如进行表面处理（如镀层、钝化），需提供相关工艺文件。

6 原材料及零部件

6.1 产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求及《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》第3章进行控制。

6.2 甲醇发动机新增零部件及要求：

- (1) 机带甲醇管路及配件：含双壁管、阀门、接头、波纹管等，材料需耐甲醇腐蚀，可采用的金属材料包括但不限于如下材料：奥氏体不锈钢，双相不锈钢。
- (2) 甲醇喷射器/阀（高压/低压）：需耐受甲醇的溶胀性，密封件包采用但不限于如下材料：聚四氟乙烯（PTFE）、全氟醚橡胶（FFKM）、三元乙丙橡胶（EPDM）等。

- (3) 甲醇增压装置：维持高压甲醇供应压力的稳定，一般包含增压泵、稳压器、共轨等部件，材料需耐甲醇腐蚀，耐高压。
- (4) 甲醇泄漏探测器（如设置）：甲醇浓度或液位触发听觉和视觉报警时，应切换至燃油模式（双燃料发动机适用）或停机（单一燃料发动机适用）。
- (5) 甲醇燃料发动机电子控制系统：含甲醇喷射控制模块及监测报警模块。
- (6) 密封油系统：用于高压甲醇喷射阀的润滑与密封，应避免甲醇和密封油产生化学反应（如酯化反应）导致密封油失效。
- (7) 惰性气体（或其他方式）吹扫管路及配件：含双壁管、阀门、接头、波纹管等，材料需耐甲醇腐蚀（如奥氏体不锈钢，双相不锈钢等材料）。

6.3 上述零部件中，甲醇管路及阀件、铸钢或锻造气缸盖（缸径 $>300\text{mm}$ 或单缸功率 $>400\text{ kW}$ ）需持产品证书；甲醇燃料发动机电控系统需认可证书；甲醇喷射阀、甲醇增压装置提供液压试验报告；其他部件需提供制造厂质量证明或试验报告。

7 型式试验

7.1 认可样机选取原则

7.1.1 低速机：选取代表性机型，按批准图纸制造，经厂内试验确认可靠。

7.1.2 中高速机：选取强化指标较高的机型，体现工厂的生产水平。

7.1.3 甲醇燃料发动机型号需区分：甲醇供应压力（高压/低压）、喷射方式（直喷/预混）、点火方式（微量柴油引燃、火花塞引燃、电热塞引燃等）。

7.2 型式试验项目

7.2.1 制造厂试验台位作为认可试验场所，应能完成大纲规定的试验项目。我社将对其试验能力、检测手段以及试验人员情况等方面进行核查并确认符合要求。

7.2.2 试验前应确保所有安全系统和设备正常工作。特别是要确保甲醇供应

系统的强度和密性可靠，系统正常运行，安全系统可靠；试验用测量仪表应具有有效的计量检定证书。

7.2.3 甲醇燃料发动机的型式试验应按照《钢质海船入级规范》第3篇第9章附录4及附录10规定执行。具体试验项目、试验方法及要求除满足《M01柴油机及其重要零部件指南》表7.2.1以外，还需进行以下附加试验：

甲醇燃料发动机附加型式试验项目、试验方法及要求

表 7.2.3

序号	试验项目	试验方法及要求
1	双壁管甲醇管系密性试验	1、甲醇燃料发动机运行前，发动机上的甲醇管路（包含吹扫管路）气/液密性应进行验证，试验压力一般为设计压力。 2、通风型双壁管应进行通风功能试验。双壁管的内外管之间的环形空间的通风能力为每小时至少换气30次。
2	甲醇模式安全保护/报警试验	1、根据《钢质海船入级规范》第3篇第9章附录10，表1“甲醇/乙醇燃料发动机监测和安全保护”中的监测项目进行试验。 2、如设置甲醇泄漏传感器，还应进行模拟报警试验。
3	甲醇模式下的负荷点和功能试验	1、根据《钢质海船入级规范》第3篇第9章附录4图2.2.3所示的功率和转速图进行负荷点和功能试验。 2、双燃料发动机的甲醇模式可不要求进行110%负荷试验。
4	双燃料发动机模式转换试验	1、根据制造厂设定的切换工况范围，进行甲醇、燃油工作模式切换，记录功率波动及响应时间。甲醇模式切燃油模式在任何工况均能进行。 2、发动机燃油模式到甲醇模式的转换应能自动进行，在任何情况下均应能通过手动方式中断上述转换过程。 3、发动机功率减小至低于甲醇模式最低功率时，应能自动转换为燃油模式。
5	燃油替代率测定	1、单一甲醇燃料发动机测定发动机引燃油比例。 2、双燃料发动机测定燃油替代率（至少包含75%额定负荷点）。

8 单件/单批检验

认可后的单件/单批检验须满足《M01柴油机及其重要零部件指南》单件/单批检验要求，以及本指南表7.2.3相关要求，其中通风型双壁管环形空间仅做吹通试验。

对于常规柴油机在船上改装为甲醇双燃料发动机，应按照制造商的技术要求，申请本社验船师进行试验，发动机应达到型式认可试验同样的安全防护和试验条件，如试验条件无法达到（例：100%负荷的性能试验），可向验船师申请替代方案。