

ICS 27.020

CCS J 92

# 团 体 标 准

T/CSICE 051-2025

## 船用氨-柴油双燃料发动机技术条件

Technical specification of marine ammonia-diesel dual fuel engines

2025-12-26 发布

2025-12-26 实施

中国内燃机学会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 组成和分类 .....	3
4.1 组成 .....	3
4.2 分类 .....	3
4.3 标记 .....	3
4.4 主要技术规格和参数 .....	4
5 要求 .....	5
5.1 性能 .....	5
5.2 安全防护 .....	8
5.3 维修性 .....	10
5.4 测试性 .....	10
5.5 环境适应性 .....	10
5.6 电磁兼容性 .....	10
5.7 材料 .....	10
5.8 外观 .....	10
5.9 清洁度 .....	10
6 试验方法 .....	11
6.1 起动试验 .....	11
6.2 各缸均匀性试验 .....	11
6.3 调速特性试验 .....	11
6.4 工作特性试验 .....	11
6.5 最低空载转速试验 .....	11
6.6 最低工作稳定转速试验 .....	11
6.7 停缸试验 .....	11
6.8 停增压器试验 .....	11
6.9 运行模式切换试验 .....	11
6.10 连续运转试验 .....	12
6.11 机械振动测定 .....	12
6.12 轴系振动测定 .....	12
6.13 噪声测定 .....	12
6.14 排气烟度测量 .....	12
6.15 废气排放特性测定 .....	12

6.16	耐久试验.....	12
6.17	电控系统功能有效性试验.....	13
6.18	安全保护装置试验.....	13
6.19	外观检查.....	13
6.20	清洁度测定.....	13
7	检验规则.....	13
7.1	检验分类.....	13
7.2	检验条件.....	13
7.3	型式检验.....	13
7.4	出厂检验.....	14
8	标志、包装、运输、贮存.....	15
8.1	标志.....	15
8.2	包装、运输.....	15
8.3	贮存.....	15

## 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》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。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一一研究所、上海交通大学、宁波中策动力机电集团有限公司。

本文件主要起草人：黄立、张文正、梁刚、胡宇辰、李红梅、郭立君、郑亮、徐聪聪、闫萍、张东明、徐建新、李敏、赵鸽。

本文件于2025年首次发布。

# 船用氨-柴油双燃料发动机技术条件

**警告：**本标准的应用可能涉及到某些有危险性的材料、操作和设备，但未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本标准之前有责任制定相应的安全和防护措施，并确定相关规章限制的适用性。

## 1 范围

本文件规定了船用氨-柴油双燃料发动机（以下简称发动机）的组成和分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存等要求。

本文件适用于船用氨-柴油双燃料发动机的设计、制造与验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191 包装储运图示标志
- GB/T 725 内燃机产品名称和型号编制规则
- GB/T 3475-2008 船用柴油机调速系统技术要求和试验方法
- GB/T 4556-2001 往复式内燃机 防火
- GB/T 6072.1-2008 往复式内燃机性能 第1部分：功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法通用发动机的附加要求
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 8190.1 往复式内燃机 排放测量 第1部分：气体和颗粒排放物的试验台测量
- GB/T 8190.4 往复式内燃机 排放测量 第4部分：不同用途发动机的稳态和瞬态试验循环
- GB/T 9486 柴油机稳态排气烟度及测定方法
- GB/T 9911 船用柴油机辐射的空气噪声测量方法
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB 11871 船用柴油机辐射的空气噪声限值
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 14363 船用柴油机机油消耗测定方法
- GB 15097-2016 船舶发动机排气污染物排放限值和测量方法（中国第一、二阶段）
- GB/T 20651.1-2018 往复式内燃机 安全 第1部分：压燃式发动机
- GB/T 20651.2-2014 往复式内燃机 安全 第2部分：点燃式发动机
- GB/T 36658-2018 船用柴油天然气双燃料发动机技术条件
- CB/T 3154 船用柴油机振动测量方法
- CB/T 3253-2013 船用柴油机技术条件

- CB/T 3254.1-2013 船用柴油机台架试验 第1部分：标准基准状况及功率燃油消耗和机油消耗的标定
- CB/T 3254.2-2013 船用柴油机台架试验 第2部分：试验方法
- CB/T 3254.3 船用柴油机台架试验 第3部分：试验测量
- CB/T 3256-2013 船用柴油机振动评级
- CB/T 3325-2013 船用柴油机轴系扭转振动评级
- CB/T 3894 船用柴油机清洁度限值
- CB/T 3895 船用柴油机清洁度测量方法
- CB/T 4147 船用柴油机燃油消耗率测定方法
- CB/T 4530-2023 船舶柴油机轴系纵振计算  
《船舶应用氨燃料指南》  
《钢质海船入级规范（2023）》

### 3 术语和定义

GB/T 6072.1界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**柴油模式 diesel mode**

发动机仅以柴油为燃料的运行模式。

#### 3.2

**氨模式 ammonia mode**

发动机同时燃用柴油和氨两种燃料的运行模式。

#### 3.3

**氨-柴油双燃料发动机 ammonia-diesel dual-fuel engine**

具有柴油和氨两套燃料供给系统，能分别以氨模式和柴油模式运行的发动机。

#### 3.4

**氨替代率 ammonia substitution rate**

发动机在相同工况下，氨模式下氨燃料替换掉的柴油量与柴油模式下柴油消耗量的百分比，计算公式如式（1）所示。

$$\alpha = \frac{m_{d-D} - m_{d-A}}{m_{d-D}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\alpha$  ——氨替代率，单位为百分比（%）；
- $m_{d-D}$  ——柴油模式下的柴油质量消耗率，单位为千克每小时（kg/h）；
- $m_{d-A}$  ——氨模式下的柴油质量消耗率，单位为千克每小时（kg/h）。

#### 3.5

**氨供给系统 ammonia supply system**

发动机上以一定压力、温度和流量向气缸内供应氨燃料的部件系统。

## 4 组成和分类

### 4.1 组成

发动机的结构组成应符合表 1 的规定。

表 1 发动机结构组成

序号	系统划分	核心组件
1	曲柄连杆机构	机体、活塞、连杆、连杆瓦、曲轴、轴瓦、飞轮等
2	配气机构	凸轮轴、气门、气门弹簧、摇臂等
3	燃油供给系统（包含柴油燃料系统和氨供给系统）	油箱、燃油泵、喷油器具（柴油喷油器、氨气燃气阀）、燃油滤清器、燃油压力调节器、燃油管路等
4	进排气系统	空气滤清器、进气歧管、增压器（涡轮增压/机械增压）、中冷器、排气歧管、废气旁通阀（可无）等
5	冷却系统	水泵、冷却水等
6	润滑系统	机油泵、机油滤清器、油底壳、机油冷却器等
7	起动系统	压缩空气瓶、气动马达、传动机构、保护装置等
8	控制系统	电子控制单元(ECU)、传感器、执行器等

### 4.2 分类

4.2.1 根据发动机的用途，可分为推进用发动机和发电用发动机。

4.2.2 根据氨燃料的喷射方式，可分为低压进气道喷射的发动机和高压缸内直喷的发动机。

### 4.3 标记

4.3.1 发动机的型号标记应符合 GB/T 725 的规定，氨燃料符号宜采用“A”表示。

4.3.2 内燃机的型号依次包括下列四部分，表示方法见图 1。

- a) 第一部分：由制造商代号或系列符号组成。本部分代号由制造商根据需要选择相应1~3位字母表示。
- b) 第二部分：由气缸数、气缸布置型式符号、冲程型式符号、缸径符号组成。
- c) 第三部分：由结构特征符号、用途特征符号组成。
- d) 第四部分：区分符号。同系列产品需要区分时，允许制造商选用适当符号表示。

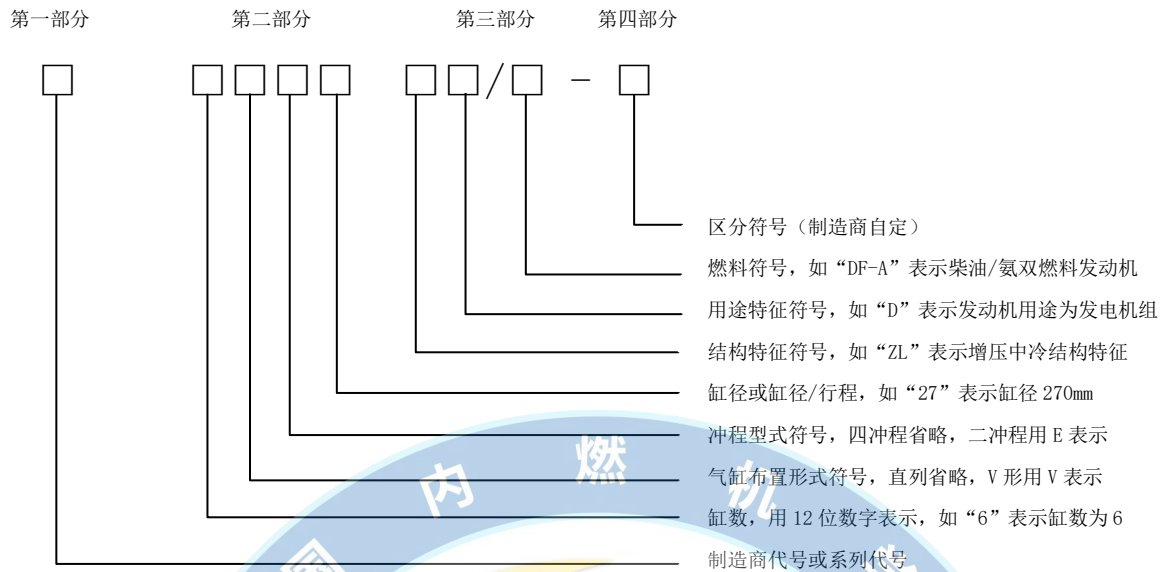


图 1 型号表示方法

#### 4.3.3 型号示例

CS627ZLD/DF-A——CS为上海船用柴油机研究所代号、6缸、直列（省略）、四冲程（省略）、缸径270mm、增压中冷、发电用、柴油/氨双燃料发动机。

#### 4.4 主要技术规格和参数

发动机的主要技术规格和参数应符合表 2 的规定。

表 2 主要技术规格和参数

序号	技术规格/参数	单位
1	型式（指冲程数、进气方式、冷却方式、是否带增压器和中冷器、左机或右机、燃料类型等）	—
2	燃料喷射方式	—
3	气缸数及排列型式	—
4	气缸直径	m
5	活塞行程	m
6	标定功率	kW
7	标定转速	r/min
8	活塞平均速度	m/s
9	压缩比	—
10	平均有效压力	MPa
11	最高爆发压力	MPa
12	最低空载稳定转速	r/min
13	标定工况能耗率（氨模式）	kJ/(kW*h)

表 2 主要技术规格和参数（续）

序号	技术规格/参数	单位
14	标定工况燃料消耗率（柴油模式）	g/(kW*h)
15	各规定工况（供需方商定）下最高氨替代率	%
16	机油消耗率	g/(kW*h)
17	机油牌号	—
18	排气温度	°C
19	起动方式	—
20	旋转方向	—
21	发火顺序	—
22	外形尺寸，（长×宽×高）	m×m×m
23	净重量（干重）	t
注：上述项目可根据发动机的结构型式予以增减。		

## 5 要求

### 5.1 性能

#### 5.1.1 起动性能

发动机采用柴油模式起动，起动性能应符合CB/T 3253-2013中4.3的规定。

#### 5.1.2 各缸工作均匀性

在柴油模式运转时，标定工况下各缸工作均匀性按CB/T 3253-2013中4.4的规定执行。在氨模式运转时，标定工况下各气缸的工作参数与所有气缸的平均值的偏差应符合表 3的规定。

表 3 各缸工作参数与偏差

参数	偏差
压缩压力	≤2.5%
最高燃烧压力	≤8.0%
排气温度	≤8.0%

#### 5.1.3 调速性能

发动机的调速性能应符合GB/T 3475-2008的规定。

#### 5.1.4 工作特性

应按发动机用途和使用特点分别规定发动机在柴油模式和氨模式下的标定功率，且氨模式下发出的标定功率不低于柴油模式下标定功率的80%。当试验环境状况与标准基准状况有差异时，应参考GB/T 6072.1-2008中附录C进行修正。

柴油模式下，主机应能发出标定功率110%的功率，并能在12 h内持续运转1 h；辅机应能以标定转速在标定工况至空载之间的任一负荷下持续运转，并能在110%标定工况下持续运转1 h。氨模式下，发动机可不具有超负荷运转能力。

制造厂应按产品使用特性需要，进行必要的特性试验并提供相应的特性曲线，如负荷特性曲线、推进特性曲线、速度特性曲线等。

### 5.1.5 燃料消耗率和能耗率

柴油模式下，发动机的燃油消耗率按CB/T 4147的规定执行。氨模式下，宜采用能耗率评价发动机的经济性。

氨模式下，宜采用能耗率评价发动机的经济性。发动机在标定工况下的能耗率应满足设计要求，其最大偏差不应超过标定值的3%。燃料消耗量的测量要求参见附录C，能耗率的计算公式如式（2）所示。

$$g_h = \frac{H_d \times M_d + H_a \times M_a}{P} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- $g_h$ ——发动机能耗率，单位为千焦每千瓦小时（kJ/(kW·h)）；
- $M_d$ ——柴油的消耗流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- $M_a$ ——氨的消耗流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- $P$ ——发动机标定功率，单位为千瓦（kW）；
- $H_d$ ——柴油的低热值，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- $H_a$ ——氨的低热值，单位为千焦每千克（kJ/kg）。

### 5.1.6 最低空载转速

按CB/T 3253-2013中4.7的规定，发动机在最低空载转速工况下应能连续平稳运行。

### 5.1.7 最低工作稳定转速

按CB/T 3253-2013中4.8的规定，最低工作稳定转速工况是指发动机的负荷不大于4.29%，且转速满足如下条件：

- a) 发动机标定转速不大于300 r/min时，最低稳定转速应不高于30%标定转速。
- b) 标定转速大于300 r/min且不大于1400 r/min时，最低稳定转速应不高于40%标定转速。

### 5.1.8 停缸

按CB/T 3253-2013中4.22的规定，发动机作为船用推进机时，在标定工况下工作时，当一个气缸（指气缸数等于或小于7的发动机）或两个气缸（指气缸数等于或大于8的发动机）停止工作时，应在柴油模式下在制造厂规定的负荷稳定运转。

### 5.1.9 停增压器性能

按CB/T 3253-2013中4.23的规定，对于涡轮增压发动机，当停止或关闭任意数量的废气涡轮增压器时，发动机应能在不需要任何调节的情况下自动切换柴油模式，在柴油模式下以不小于0.44 MPa的平均有效压力连续平稳运行。

### 5.1.10 运行模式切换

发动机应在任何工况下都能从氨模式快速切换至柴油模式，在一定的功率范围内能从柴油模式切换到氨模式，并保持转速和功率稳定。

标定工况下, 发动机从氨模式切换为柴油模式过程中, 模式切换时间一般不超过30 s。标定工况下, 发动机从柴油模式切换为氨模式过程中, 模式切换时间一般不超过1 min。

运行模式切换过程中的最大瞬时转速差应不大于5%, 瞬时转速差的计算公式如式(3)所示。

$$\delta_d = \max\left(\frac{n_0 - n_{min}}{n_e}, \frac{n_{max} - n_0}{n_e}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $\delta_d$  —— 发动机模式切换过程的最大瞬时转速差, 单位为百分比(%) ;
- $n_0$  —— 发动机模式切换前的稳定转速, 单位为转每分(r/min) ;
- $n_{min}$  —— 发动机模式切换过程中的最低瞬时转速, 单位为转每分(r/min) ;
- $n_{max}$  —— 发动机模式切换过程中的最高瞬时转速, 单位为转每分(r/min) ;
- $n_e$  —— 发动机的标定转速, 单位为转每分(r/min) 。

#### 5.1.11 连续运转特性

按CB/T 3253-2013中4.14的规定, 发动机应能在标定工况下连续平稳运行至少5 h, 无异常振动和性能参数波动。

#### 5.1.12 机械振动

按CB/T 3253-2013中4.15的规定, 发动机的振动级别应达到或优于CB/T 3256-2013中的C级。

#### 5.1.13 轴系振动

发动机的轴系扭转振动级别应达到或优于CB/T 3325中的B级或有关规范的规定。  
发动机的轴系纵向振动的许用幅值应符合CB/T 4530-2023中第10节的规定。

#### 5.1.14 噪声

发动机的噪声应符合GB 11871的规定。

#### 5.1.15 排气烟度

发动机在标定工况下运转时, 排气烟度应符合GB/T 9486或其他相关标准的规定。

#### 5.1.16 排放限值

发动机的常规污染物(包括CO、THC和NO<sub>x</sub>)排放量应符合 GB 15097-2016的规定。

发动机的非常规污染物包括氨和二氧化氮, 氨排放(未经后处理系统)应不大于 $10000 \times 10^{-6}$ , 二氧化氮排放(未经后处理系统)应不大于 $100 \times 10^{-6}$ , 氨排放(经过后处理系统)应不大于 $25 \times 10^{-6}$ 。如有国家强制性标准规定的, 则应满足其限值要求。

#### 5.1.17 耐久性

发动机应有足够的耐久性, 除非特殊要求, 应能通过6.16规定的耐久试验考核。

耐久试验按表4所示的循环工况进行, 每次循环为10 h。在各个完整循环之间发动机可以根据需要停车, 也可以连续运行。耐久试验循环累计时间见表5。

表 4 氨模式耐久试验循环工况时间

序号	工况 %	运行模式	运转时间 min
1	50	氨模式	30
2	75	氨模式	30
3	90	氨模式	30
4	100	氨模式	510

注1：各工况变换时间不应超过1 min。  
注2：船用主机按 $Pe=Cn3$ 确定各档的相应转速，船用辅机按标定转速运转。

表 5 耐久试验时间

柴油机转速 r/min	单缸功率 kW	试验时间 h
>1000	$\leq 35$	1000
	>35~150	800
	>150	600
300~1000	$\leq 110$	800
	>110~370	600
	>370	400

### 5.1.18 电控系统功能

发电机的电控系统功能要求应符合CB/T 3253-2013中4.9的规定，以及《钢质海船入级规范(2023)》中第3篇第九章附录2中2.2的规定。

在氨供给系统故障/停止供氨模拟故障时，电子管理系统应具备正确识别运行模式（柴油模式、氨模式）的功能。

电控系统在接收各类异常报警信号后应具备执行安保控制功能，应包括：

- 在使用气态氨时，探测氨发生液化并执行安保控制；
- 监测非正常燃烧并执行安保控制。

发动机触发紧急停车控制策略，电控系统应执行以下控制动作：向氨供给系统发出停止氨供应，控制氨喷射及柴油关闭，脱开负载，停车，进行吹扫。

## 5.2 安全防护

### 5.2.1 氨供给系统

氨供给系统的管路应密封严实、安全可靠，并通过保压试验验证。

氨供给系统的管路宜采用双层壁管。在内外层管之间应安装氨气探测器，报警限值宜设定在 $150 \times 10^{-6}$ 。应设置有效的抽吸式机械通风系统，其通风能力应为每小时换气次数超过30次，且不应超过45次。氨燃料喷射阀中涉氨部位与发动机连接处宜设双壁管并能及时识别并收集异常泄露的氨。

氨燃料宜采用以下几种方式进入气缸：

- 氨不宜直接喷入进气总管，宜从进气歧管或进气道与空气混合进入气。
- 直接喷入气缸。

以下位置宜安装机带氨气浓度报警装置：氨喷射阀附近、氨供给系统与机外氨供给系统接口附近等。当氨气浓度达到规定限值时给予听觉和视觉报警，并自动切断燃料供应和断开所有非防爆设备或装置。氨供给系统的零部件应标示醒目的氨专用装置名称及氨流向。

### 5.2.2 曲轴箱安全

中高速发动机的曲轴箱应安装氨浓度传感器和呼吸器，正常运行条件下，不允许将氨气直接排放到大气中。

中高速发动机的曲轴箱宜安装油雾探测装置。

### 5.2.3 辅助系统安全

对于氨燃料可能直接漏入其介质(润滑油、冷却水)的辅助系统，应设置监测与报警装置，并对泄漏燃料进行收集和处理。

应设置独立的透气管，保证从该系统泄漏的气体能通过火焰消除器排至机舱外的安全位置。

### 5.2.4 燃料的供应和切断

发动机运行在氨模式时，燃料的供应与切断应符合GB/T 36658-2018中4.3.9.4的规定。

### 5.2.5 紧急停车

发动机应设置紧急停车装置，并安装在操纵机构附近的部位，使发动机在10 s内停车而无机件损伤。

发动机如在氨模式下停车（自动停车或紧急停车），应采用惰性气体或压缩空气进行排气管吹扫，以扫除可能存在的可燃气体。

### 5.2.6 气缸盖安全阀

气缸盖安全阀应符合GB/T 36658-2018中4.3.9.1的规定。缸径不小于230 mm的发动机的每个气缸盖上应装有安全阀，其最大开启压力不得超过1.4倍的最高燃烧压力。安全阀排气口的位置应不使排出的气体造成危害。缸径小于230 mm的发动机如果没有安装安全阀，应装设可靠的超压报警装置或应用可靠的泄压设计。

### 5.2.7 油压低自动停车

当主油道机油压力低于产品技术文件规定的限值时，应切断燃料供给迫使发动机自动停车。

发动机应具有机油高温、机油低压、冷却水高温报警功能和机油低压停车功能。

### 5.2.8 超速保护

当发动机转速达到产品技术文件规定的限值时，应自动切断燃料供给迫使发动机自动停车。

发动机应具有超速保护功能，以防止主机的转速超过标定转速的120%，辅机的转速超过标定转速的115%。

### 5.2.9 声光报警

当发动机转速、出水温度、机油温度、机油压力、排气温度、可燃气体泄漏浓度等超出产品技术文件的规定值时，应发出声光报警；在发动机因油压低或超速而自动停车时，应同时发出声光报警。

### 5.2.10 防火

发动机防火要求应符合GB/T 4556的规定。

### 5.2.11 防爆

发动机燃油、氨供给管道上、曲轴箱（中高速机）均应装有防爆阀，排气管宜安装防爆阀。

防爆阀动作后如需进行拆除或更换，从而影响发动机的连续运行，则其不能安装在单一主机的推进装置上，除非配有辅助推进系统。

防爆阀的安装和布置应避免从阀中排出的气体对人身造成伤害。

### 5.2.12 防护

对高速旋转、摆动的传动件，如风飞轮、风扇、皮带、链条等应设置必要的防护装置，避免发生危险。

发动机的高温部件（如排气管、增压器涡轮壳）应做高温防护处理。并设置醒目的警示标志。在操作人员易于接触的发动机部位外表面温度一般不得高于60℃。

发动机的液氨供给管道应采取保冷措施，避免人员低温冻伤。

### 5.3 维修性

除机体、曲轴、油底壳以外的发动机其他零部件应可在舱内更换。

### 5.4 测试性

发动机应设置必要的测点，能够识别发动机典型故障，如运行模式切换故障、氨燃料泄露故障、爆震/失火异常燃烧故障。如采用气态氨燃料，应能识别氨燃料是否发生液化。

### 5.5 环境适应性

#### 5.5.1 使用环境条件

在下列环境条件下，发动机应能正常运转：

- a) 环境温度在0℃~65℃；
- b) 相对湿度不超过95%（35℃时）。

#### 5.5.2 倾斜摇摆

当船舶横倾15°、纵倾5°和横摇22.5°、纵摇7.5°时，发动机应能正常运转。

### 5.6 电磁兼容性

发动机电子管理系统应开展电磁兼容性设计，保证能够在复杂的电磁环境下可靠工作，满足中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》的要求。

### 5.7 材料

可能与氨接触的零部件、管路、密封件和其他设备的材料应符合《船舶应用氨燃料指南》的规定，不应使用铜、含铜合金、锌、含锌合金、含镉和含汞等易受氨腐蚀的材料。

### 5.8 外观

发动机整体应层次分明、布置整洁、管系平直、附件稳固、防污封口完整，易碎易损部分应有保护装置。

发动机表面漆层应牢固、均匀，不应有起皱和剥落等缺陷。

### 5.9 清洁度

发动机整机清洁度限值应符合CB/T 3894的规定。

## 6 试验方法

### 6.1 起动试验

在柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.1的规定执行。

### 6.2 各缸均匀性试验

分别在氨模式和柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.2的规定执行。

### 6.3 调速特性试验

分别在氨模式和柴油模式下，按照GB/T 3475-2008中4.3和4.4的规定进行。

### 6.4 工作特性试验

6.4.1 发动机功率标定分别在氨模式和柴油模式下，按CB/T 3254.1-2013中第5章的要求进行。

6.4.2 推进特性试验应分别在氨模式和柴油模式下，按CB/T 3254.1-2013中5.7的要求进行。

6.4.3 负荷特性试验应分别在氨模式和柴油模式下，按CB/T 3254.1-2013中5.4的要求进行。

6.4.4 速度特性试验应分别在氨模式和柴油模式下，按CB/T 3254.1-2013中5.5的要求进行。

### 6.5 最低空载转速试验

在柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.8的规定执行。

### 6.6 最低工作稳定转速试验

在柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.9的规定执行。

### 6.7 停缸试验

在柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.17的规定执行。

### 6.8 停增压器试验

在柴油模式下，按照CB/T 3254.2-2013中5.18的规定执行。

### 6.9 运行模式切换试验

记录过程中最高和最低转速以及转速稳定时间。除非特殊要求，模式切换试验工况见表6。

表6 模式切换工况点

序号	柴油模式切换氨模式	氨模式切换柴油模式
1	切入氨模式最低工况	氨模式运行全工况
2	50%负荷	
3	75%负荷	

## 6.10 连续运转试验

6.10.1 连续运转试验总时间为6 h，分为柴油模式和氨模式。其中柴油模式下标定工况运转2 h，超负荷（110%）工况运转1 h；氨模式下标定工况运转3 h。

6.10.2 连续运转试验时，应保持油水温度、压力等参数不变。各工况测量一次，相同工况0.5 h测量一次。

6.10.3 连续运转试验结束后，停车检查各主要零部件的情况。抽样检查气缸套、活塞和活塞环有无缺陷，抽样数由制造厂、用户和相关机构商定。

## 6.11 机械振动测定

分别在氨模式和柴油模式下，按照CB/T 3154的规定执行。

## 6.12 轴系振动测定

轴系扭转振动按照CB/T 3325的规定执行。

轴系纵向振动按照CB/T 4530的规定执行。

## 6.13 噪声测定

分别在氨模式和柴油模式下，按照GB/T 9911的规定执行。

## 6.14 排气烟度测量

分别在氨模式和柴油模式下，按照GB 9486的规定执行。

## 6.15 废气排放特性测定

分别在氨模式和柴油模式下，按照GB/T 8190.1和GB/T 8190.4的规定执行。

## 6.16 耐久试验

### 6.16.1 试验工况与时间

柴油模式耐久试验按CB/T 3254.2-2013中表3的循环工况进行，每次循环为10 h。氨模式耐久试验按表4所示的循环工况进行，每次循环为10 h。在各个完整循环之间发动机可以根据需要停车，也可以连续运行。

耐久试验循环累计时间见表5。其中，氨模式累计时间不应低于总累计时间的二分之一。

对主要结构参数和性能参数相同的系列产品，除系列中首制样机应按6.16的规定进行耐久试验外，其他机型的试验时间可缩短，但不得少于规定的二分之一。

对主要结构参数相同、强载系数高于首制样机的系列产品，一般应按6.16的规定进行耐久试验，强载系数低于首制样机的系列产品免做耐久试验。

对于由柴油机改型设计制造的氨发动机，主要结构参数相同、强载系数低于原柴油机，其耐久试验时间与工况可由制造厂、用户和相关机构商定。

对某些特殊用途或许可证生产的发动机，其耐久试验时间与工况可由制造厂、用户和相关机构商定。

### 6.16.2 耐久试验要求与评定

耐久试验要求与评定应符合CB3254.1中5.14.2的规定。

### 6.17 电控系统功能有效性试验

按照 CB/T 3254.2-2013 中 5.12 的规定, 以及《钢质海船入级规范(2023)》中第 3 篇第九章附录 2 中 2.2 的规定执行。

### 6.18 安全保护装置试验

安全保护装置应随机试验三次, 如不具备随机试验条件, 允许用模拟方法或单独进行试验。

### 6.19 外观检查

发动机表面漆层应牢固、光亮、均匀, 不应有剥落和起皱等缺陷。

### 6.20 清洁度测定

清洁度测定, 按照 CB/T 3895 的规定执行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

发动机的检验分为型式检验和出厂检验。

### 7.2 检验条件

7.2.1 除非另有约定, 试验应在制造厂的试验台上进行。试验台的布置及相应设备应符合消防、安全、卫生、试验及维修保养的要求, 并经过一定形式的认可。

7.2.2 检验前, 制造厂应提供被试发动机型号和使用方面必要的技术文件以及主要零部件制造质量的检验结果及质量证明。

7.2.3 检验用发动机应带有在实际使用时的全部基本辅助设备。

7.2.4 检验前, 制造厂应对发动机进行充分磨合以及调整等预备试验。

7.2.5 测试设备、仪器、仪表的测量精度应符合 CB/T 3254.3 的规定。

### 7.3 型式检验

#### 7.3.1 检验时机

新设计发动机、经重大改进或转厂生产的发动机均应进行型式检验。对于具有同样设计特征的一类型发动机且由同一制造商生产的、已有同类发动机通过型式检验的, 可以不进行型式检验。

#### 7.3.2 样品数量

型式检验的发动机样品数量为一台。

#### 7.3.3 检验项目

型式检验的项目见表 7。

#### 7.3.4 合格判据

当所有检验项目均符合要求时, 则判定型式检验合格。若有一项不符合要求时, 允许采取纠正措施并重新进行所有检验项目试验; 若仍有检验项目不符合要求, 则判定型式检验不合格。

## 7.4 出厂检验

### 7.4.1 样品数量

出厂检验的发动机样品数量为每一台。

### 7.4.2 检验项目

出厂检验的项目见表 7。

### 7.4.3 合格判据

当所有检验项目均符合要求时，则判定出厂检验合格。若有一项不符合要求时，允许采取纠正措施并对不符合要求项目重新试验；若检验项目多于一项不符合要求或整改一次仍不符合要求，则判定出厂检验不合格。

表 7 检验项目

序号	检验项目		检验类别		标准章条号	
			型式检验	出厂检验	试验方法	技术要求
1	起动试验		●	●	6.1	5.1.1
2	各缸均匀性试验		●	○	6.2	5.1.2
3	调速特性试验		●	●	6.3	5.1.3
4	推进特性试验	推进	●	●	6.4	5.1.4
5	负荷特性试验	推进	●	—	6.4	5.1.4
		发电	●	●		
6	速度特性试验		●	—	6.4	5.1.4
7	最低空载转速试验	推进	●	●	6.5	5.1.6
		发电	●	○		
8	最低工作稳定转速试验	推进	●	●	6.6	5.1.7
		发电	●	○		
9	停缸试验		●	○	6.7	5.1.8
10	停增压器试验		●	○	6.8	5.1.9
11	运行模式切换试验		●	●	6.9	5.1.10
12	连续运转试验		●	●	6.10	5.1.11
13	机械振动测定		●	—	6.11	5.1.12
14	轴系振动测定		●	○	6.12	5.1.13
15	噪声测定		●	○	6.13	5.1.14
16	排气烟度测量		●	○	6.14	5.1.15
17	废气排放特性测定		●	○	6.15	5.1.16
18	耐久试验		●	—	6.16	5.1.17
19	电控系统功能性试验		●	○	6.17	5.1.18
20	安全保护装置试验		●	●	6.18	5.2
21	外观检查		●	●	6.19	5.8
22	清洁度测定		●	○	6.20	5.9

注1：“●”表示应进行的项目；“○”表示由双方协商进行的项目；“—”表示不做的项目。  
注2：在“●”及“○”的项目中包含多项检验项目时，也可选择进行部分项目。

## 8 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志

发动机应在明显位置设有铭牌，铭牌尺寸及要求应符合GB/T 13306的规定。铭牌上应清楚标明以下内容：

- a) 制造商名称、商标、产品执行标准号；
- b) 产品名称及型号；
- c) 柴油模式标定功率，kW；
- d) 柴油模式标定转速，r/min；
- e) 氨模式标定功率，kW；
- f) 氨模式标定转速，r/min；
- g) 净重量（干重），kg；
- h) 出厂编号和出厂日期。

### 8.2 包装、运输

8.2.1 包装箱的包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 包装箱外应标明：

- a) 制造商名称及地址；
- b) 收货单位地址及名称；
- c) 发动机型号；
- d) 外形尺寸：长×宽×高，mm；
- e) 总质量，kg；
- f) 出厂编号和制造日期；
- g) 注意事项及标记，如“重心”、起吊位置等。

8.2.3 随机备件、附件、工具等应装箱。

8.2.4 随机技术文件包括：

- a) 产品使用说明书；
- b) 产品合格证；
- c) 装箱单；
- d) 随机备、附件清单；
- e) 其他相关技术文件。

8.2.5 产品使用说明书应符合 GB/T 9969 或其他相关规定。

8.2.6 包装箱的收发货标志应符合 GB/T 6388 的规定。

8.2.7 在运输途中应能防止发动机、随即备件、附件及工具相互碰撞损坏。

### 8.3 贮存

在运输贮存符合规定的条件下，自交货之日起，发动机及其随机附件、备件、工具的封存防锈有效期不应少于12个月。发动机应贮存在通风、干燥、无腐蚀性物质的场地；存放期间要注意防水、防火、防冻、防锈蚀；定期检查发动机封存情况。

