



指南编号/Guideline No.K-10 (202507)

K-10

氨逃逸催化反应器

生效日期/Issued date: 2025 年 7 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 术语及定义	4
4 图纸资料	7
5 技术要求	9
6 原材料及零部件	错误!未定义书签。
7 型式试验	12
8 单件/单批检验	18
9 ASC 技术案卷和参数核查法.....	18
附录 1 ASC 工作边界参数表.....	22
附录 2 验证试验数据记录表	22

氨逃逸催化反应器

1 适用范围

本指南适用于申请中国船级社（下述简称 CCS）认可和检验的发动机排气后处理氨逃逸催化反应器（下述简称 ASC）。

2 规范性引用文件

2.1 本章采用的认可和检验依据如下：

2.1.1 中国船级社《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章

2.1.2 中国船级社《船舶应用氨燃料指南》

2.1.3 中国船级社《选择性催化还原(SCR)系统认可及检验指南》

2.2 本章参考的认可和检验依据如下：

2.2.1 IMO MEPC.177(58)《2008 年 NO_x 技术规则》及其修正案

2.2.2 IMO MEPC.291(71)《2017 年关于装有选择性催化还原（SCR）系统船用发动机特殊要求的 2008 年 NO_x 技术规则补充指南》及 MEPC.313(74)等修正案

本指南所引用的文件，凡注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本指南；未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

3 术语及定义

3.1 术语及定义

- (1) 氨逃逸催化反应器（ASC, Ammonia slip catalyst）：系指催化转化器，氨燃料发动机排气后处理装置的一种，通过催化氧化作用降低发动机排气中逃逸的氨（NH₃）的转化器或装置。
- (2) SCR 反应器（SCR chamber）：一种催化转化器，系指装有催化剂块，废气中 NO_x 与还原剂发生催化还原反应，转化为 N₂ 和 H₂O 的完整装置，它是 SCR 系统的核心工作部件。
- (3) 催化剂块（Catalyst block）：系指供废气通过的一定尺寸的块体，其内表面含有减少废气中 NH₃ 的催化剂成分。
- (4) 空速(SV, Space velocity)值：系指通过催化剂块的废气流量（m³/h）

与 ASC 中催化剂块的总体积的比值。SV 值的单位是 1/h。废气流体积系指在 0℃ 和 101.3 kPa 定义的体积。

- (5) 面速度(AV, Area velocity)值: 系指通过催化剂块的废气流量(m^3/h)与 ASC 中催化剂的总活性表面积(m^2)的比值。AV 值的单位是 m/h。废气流量系指在 0℃ 和 101.3 kPa 条件下的体积流量。
- (6) 线速度(LV, Linear velocity)值: 系指通过催化剂块的废气流量(m^3/h)与废气流垂直方向的催化剂块截面积(m^2)的比值。LV 值的单位是 m/h。废气流量系指在 0℃ 和 101.3 kPa 条件下的体积流量。
- (7) 催化剂块总体积 (Total volume of the catalyst block): 系指根据催化剂块的外形尺寸计算的体积 (m^3)。
- (8) 块截面积 (Block section): 系指根据催化剂块的外形尺寸计算的横截面积 (m^2)。
- (9) 总活性表面积 (Total active surface area): 系指催化剂块采用选择性吸附法所测得的总表面积
- (10) 目数 CPSI (Channels Per Square Inch): 催化剂块横截面上每平方英寸的孔道数。
- (11) NH_3 转化效率 (NH_3 Conversion efficiency): 系指标准气模拟试验台按指定的工况运行时, ASC 入口和出口的 NH_3 排放量的变化率, 单位为%

$$\eta(\text{NH}_3) = \left[\frac{\text{NH}_3(\text{i}) - \text{NH}_3(\text{o})}{\text{NH}_3(\text{i})} \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$\eta(\text{NH}_3)$ —— NH_3 转化效率, %

$\text{NH}_3(\text{i})$ —— ASC 入口处 NH_3 浓度

$\text{NH}_3(\text{o})$ —— ASC 出口处 NH_3 浓度

- (12) $\text{NO}_x/\text{N}_2\text{O}$ 选择性转化效率 ($\text{NO}_x/\text{N}_2\text{O}$ selective conversion efficiency): 选择性产物产量与反应物的转化量之比, 计算公式如下:

$$S_1(\text{NO}_x) = \left[\frac{\text{NO}_x(\text{o}) - \text{NO}_x(\text{i})}{\text{NH}_3(\text{i}) - \text{NH}_3(\text{o})} \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$S_{11}(\text{NO}_x)$ —— NO_x 选择性转化效率，%

$\text{NO}_x(i)$ ——ASC 入口处 NO_x 浓度

$\text{NO}_x(o)$ ——ASC 出口处 NO_x 浓度

$\text{NH}_3(i)$ ——ASC 入口处 NH_3 浓度

$\text{NH}_3(o)$ ——ASC 出口处 NH_3 浓度

$$S_2(\text{N}_2\text{O}) = \left[\frac{2 \times (\text{N}_2\text{O}(o) - \text{N}_2\text{O}(i))}{\text{NH}_3(i) - \text{NH}_3(o)} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$S_2(\text{N}_2\text{O})$ —— N_2O 选择性转化效率，%

$\text{N}_2\text{O}(i)$ ——ASC 入口处 N_2O 浓度

$\text{N}_2\text{O}(o)$ ——ASC 出口处 N_2O 浓度

$\text{NH}_3(i)$ ——ASC 入口处 NH_3 浓度

$\text{NH}_3(o)$ ——ASC 出口处 NH_3 浓度

- (13) 新鲜态 (Fresh state)：指催化剂预处理之后的状态。
- (14) 老化态 (Aged state)：指催化剂老化之后的状态。
- (15) 建模工具 (Modelling tool)：系指利用发动机排放参数和模型试验数据计算 NH_3 、 NO_x 、 N_2O 等转化效率的仿真计算工具。
- (16) 模型试验 (Model test)：系指为建模工具提供数据，因此称为“模型试验”，为 MEPC291(71)第 6.1.1.3 条所指内容。可以是利用全尺寸或比例缩放的催化剂块进行，其混合气可以是发动机废气或模拟气体。
- (17) 方案 A (Scheme A)：系指对装有 ASC 的发动机，前期检验发证时，通过符合 MEPC.177(58)决议通过的《2008 年 NO_x 技术规则》(NTC2008) 第 5 章要求的台架试验，或者通过符合 NTC2008 第 5 章的全部试验台要求的船上试验，证明其排放符合性的一种检验方法。

- (18) 方案 B (Scheme B)：系指通过建模计算和船上初次确认试验等，证明其排放符合性的一种检验方法（参照 MEPC.291(71)）。
- (19) 催化剂的材料安全数据表 MSDS (Material Safety Data Sheet)：系指提供有关催化剂的理化参数和危害信息的文件，供产品使用者参考，有助于安全作业。

4 图纸资料

下列图纸资料应提交审查。

4.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) ASC 结构/布置图，包括壳体及通道、催化剂块（和/或载体）、吹灰装置、用于废气流分布的任何挡流板或其他装置、传感器（特别是控制相关的温度、压力传感器）、衬垫、绝热层、检查口等部件的安装布置。并且应能够体现 ASC 与发动机的相对位置，如排气支管或集管、旁通管路布置等，如与 SCR 联合布置，还应体现与 SCR 之间的相对位置关系。
- (2) ASC 装置原理图，包括进口参数、跨单元参数。
- (3) 主要部件的材料及规格，包括反应装置壳体、管路、催化剂块等。
- (4) 催化剂块（和/或载体）图，应包括：
 - ① 催化剂块（和/或载体）结构图，包括规格、几何尺寸、催化剂型号、催化剂单元质量、材料和生产厂家；
 - ② 内部催化剂载体的安装布置图，包括载体的数量及排列布置，以及载体与 ASC 反应器壳体结构之间防止废气泄漏的密封布置；
 - ③ 限流特性，如 CPSI（每平方英寸孔数）和物理参数范围（如空间速度（SV）、面积速度（AV）和线性速度（LV）），以及由申请方在催化剂块（和/或载体）上规定的部件号或规格号；
 - ④ 催化剂涂层类型、涂层材料、贵金属总含量和比例、催化剂正常工作温度范围。
- (5) ASC 系统控制策略说明书（如适用），至少包括：
 - ① 控制策略流程图，并明确控制模式；

② 控制相关的所有输入和反馈信号。

(6) 产品主要性能规格书，应包括：

- ① 性能参数表，即催化剂块（和/或载体）适用的进出口边界条件及限制，至少包括催化剂块比例缩放范围、废气流量范围、空速和线速度范围、 NH_3 浓度范围、反应装置进口温度范围、压力损失，以及其他适用的参数范围；
- ② 催化剂块的涂层类型、涂层材料、贵金属总含量和比例、催化剂正常工作温度范围；
- ③ 适用的燃油品质、标准及允许最大硫含量（适用时）；
- ④ 催化剂块性能劣化率的相关因素，如：水份、 O_2 、铵盐、催化剂块更换条件及建议更换时间等；
- ⑤ 催化剂块 NH_3 转化效率曲线、 NO_x 选择性转化效率、 N_2O 选择性转化效率、其他有害污染物（如：氰化物）（对应不同浓度、温度和空速，并说明出口氨逃逸量），

(7) 建模工具说明书（用于方案 B）

(8) 建模计算报告/模型试验报告（用于方案 B）

(9) 型式试验大纲（可在申请型式认可时提供）。

(10) ASC 技术案卷（参照本指南 9.1 的要求，型式认可时提供）。

4.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 产品说明书；
- (2) 产品铭牌、出厂质量证明文件等样本。
- (3) 风险分析、故障模式及影响分析（FMEA）。
- (4) 催化剂的材料安全数据表(MSDS)，以及催化剂安装及更换时应具备的保护措施，以及废品回收措施。

4.3 认可图纸/资料应至少包括如下内容：

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；

- (2) 申请认可产品明细;
- (3) 主要生产设备清单;
- (4) 主要检测设备清单;
- (5) 申请认可产品的简要生产工艺,如采用焊接结构,焊接工艺需按照中国船级社《材料与焊接规范》及 CCS 接受的标准要求进行焊接工艺评定及批准。
- (6) 质量管理文件或质量体系证书;
- (7) 企业注册登记证明;
- (8) 资质证明和/或生产许可证,如适用;
- (9) 产品质量证明书或合格证样本;
- (10) 质量控制计划,如适用。
- (11) 原材料/主要零部件供方清单。

5 技术要求

5.1 ASC 的设计工作条件应符合 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 1 章第 2 节环境条件的要求。

5.2 ASC 应设计为在整个预期流量范围内运行,并达到设计要求的氨气转化效率。ASC 反应装置适用的废气温度范围应予以明确,且能满足所匹配发动机应用的测试循环。

5.3 ASC 的设计、制造和安装应合理,防止使用中可能发生的腐蚀、氧化、振动现象;应确保使用安全性,具备隔热防护等措施并满足高温表面的通用防护要求。

5.4 ASC 的材料选用应满足 5.2~5.8 的要求。

5.5 ASC 的管路设计、制造应满足《船舶应用氨燃料指南》第 3 章第 2 节的适用要求。

5.6 催化剂块在反应装置中的封装,应有防止废气泄漏的密封措施以保证废气与催化剂的充分接触。

5.7 应按本社接受标准进行催化剂块贵金属含量试验,试验结果应在制造

厂设计值的 0.95~1.05 倍范围内。

5.8 ASC 安装于使用船用燃油的发动机时，催化剂应能适用一定硫 S 含量的燃油，并给予明确说明。

5.9 ASC 反应器应有足够的强度，能承受船上振动的影响。

5.10 ASC 性能的劣化率，如催化剂块的更换条件或更换时间应予以考虑。催化剂应通过试验或工程应用获取劣化曲线或催化剂寿命，或者通过快速老化试验验证催化剂的耐劣化性能。

5.11 ASC 的性能要求

- (1) 按本社接受标准进行的 NH_3 转化效率试验，应满足设计要求。
- (2) 按本社接受标准进行的 NO_x 选择性转化效率试验，应满足设计要求。
- (3) 按本社接受标准进行的 N_2O 选择性转化效率试验，应满足设计要求。
- (4) 按本社接受标准进行的其他有害污染物产量试验，应满足设计要求。
- (5) 按本社接受标准进行 ASC 耐硫性能试验和快速老化试验，试验后 NH_3 转化效率的下降量不得高于 20%， $\text{NO}_x/\text{N}_2\text{O}$ 选择性转化效率的上升量不得高于 10%。更换时间应满足设计方的要求。
- (6) ASC 应有足够的 NH_3 转化能力。在发动机稳态工况下，反应器下游的废气中氨浓度(即氨泄漏量)应给予限制，转化效率应不低于 90%，推荐设计计算基准不大于 110ppm，并考虑对人员伤害的限值要求。如公约、法规对发动机排气污染物中 NH_3 、 N_2O 等有排放限值要求，以限值为计算基准。

5.12 带 ASC 的发动机 NO_x 排放限值应符合 MARPOL 附则 VI 第 13.4 条或第 13.5.1.1 条的要求。带 ASC 的发动机排气污染物中 NH_3 、 N_2O 等泄漏量应进行测量，如公约、法规对有排放限值要求应予以满足。

5.13 电控系统电子设备的设计、制造、检验，包括软件设计，应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 7 篇，以及《电气电子设备型式认可试验指南》的有关规定。如与 SCR 联合布置，反应器电控系统还应满足《选择性催化还原(SCR)系统认可及检验指南》第 4 章的相应要求。

5.14 吹灰装置应能实现自动控制运行，当反应装置前后压差超过设定值时自动运行，或设置合理的开启频率和持续工作时间以保证压差合理。另外，还应设置手动控制功能，以便进行连续吹灰工作。

5.15 电控系统的监测功能，应能对系统的传感器、电子控制单元及执行机构的主要功能故障进行报警。

5.16 ASC 的控制单元应能有效监测反应装置、吹扫装置等关键部件的工作状态，如：旁通状态、装置进出口废气温度、进出口压差、吹灰系统状态/吹扫压力、控制单元电源故障/通信故障/传感器故障等，并实现联锁/自动控制功能。

5.17 ASC 系统应具有故障自诊断和安全保护功能，当出现故障时，系统应立即进行故障诊断，启动相应的安全保护功能。

5.18 电控系统应具有数据记录功能，自动对 ASC 系统运行过程中的报警及故障等异常状态进行存储，异常状态的存储记录只能被手动清除。数据应从记录之日起保留不少于 18 个月。

5.19 ASC 的辅助设备，如旁通系统、吹灰装置等应满足本社《选择性催化还原(SCR)系统认可及检验指南》第 3.6 条的相应要求。

6 原材料及零部件

6.1 ASC 的重要部件，应持有 CCS 船用产品证书或制造厂证明，具体参照 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章 的相关要求执行。催化剂块的标识号 (ID) 或成分/类型、结构形式 (如 CPSI) 以及制造厂等应经 CCS 批准。

6.2 ASC 的主要零部件 (壳体、管路、阀件、附件) 所用的材料应适用于其预定的温度、压力以及介质。

6.3 与氨接触的壳体、管路、阀件、附件和其他零部件不得使用铜、铜合金、锌、含锌合金、含镉和含汞等易受氨腐蚀的材料。

6.4 对碳锰钢或镍钢制成的壳体和管路系统中需考虑氨引起应力腐蚀开裂影响，应根据所选材质、设计条件等因素将发生该危险的风险降至最低。

6.5 与氨接触的壳体、管路使用碳锰钢时，应采用细晶粒钢。其标定最低屈服强度不应超过 355 N/mm²，实际屈服强度不超过 440 N/mm²，如钢号为 CL-II-2、CL-III-2 需进行焊后消除应力热处理的碳锰钢。还应采取下列结构或操作方面的措施之一：

- (1) 使用标定的最低抗拉强度不超过 410 N/mm² 的较低强度材料；
- (2) 壳体等应进行焊后消除应力的热处理；

6.6 如果使用超过 6.5 规定屈服性能的碳锰钢，则壳体、管路等应进行焊后消除应力的热处理。

6.7 含镍超过 5%的镍钢和不符合 6.5 和 6.6 要求的碳锰钢,不应用于与氨接触的壳体和管路系统。

6.8 垫片和密封件应由与氨相容的金属、橡胶、聚合物等材料制成,如金属缠绕垫片、聚四氟乙烯。

7 型式试验

7.1 一般要求

7.1.1 对于设计相同但规格不同的 ASC,如果根据比例缩放原则设计,选择典型样品进行型式试验后,可对全系列给予认可。比例缩放的原则参照本章第 7.2 条。

7.1.2 ASC 的型式试验开展前,应确认其认可范围内的系列图纸技术文件(按本指南第 4 条要求)已经 CCS 批准。

7.2 比例缩放原则

7.2.1 采用等比例缩放原则设计,适用于不同发动机废气流量(额定工况)的 ASC,应满足下述要求:

- (1) 各系统的 AV 值、SV 值及 LV 值应一致或满足适用范围。
- (2) 各系统所用催化剂:成分/类型、催化剂块结构形式、制造商应一致。
- (3) 各系统控制策略设计原则应一致。

7.3 典型样品的选择

7.3.1 初次认可时,每一系列 ASC 应选一套设备进行型式试验。所选样机在技术参数、结构和制造工艺上具有代表性,体现工厂的加工能力和制造水平。

7.3.2 对于与 SCR 联合布置设计的 ASC,应结合用于方案 A 或将同时用于方案 A 和方案 B 的 ASC 系统,其性能试验应采用发动机+SCR+ASC 的方式按照 SCR 方案 A 的台架方式进行验证试验,或选择结合发动机方案 A 的前期发证检验进行。

7.3.3 性能试验的发动机+ASC 选择,应满足下述要求:

- (1) 试验用发动机不必是拟配套的发动机,ASC 系统也可以是设计开发用设备。
- (2) 试验用发动机+ASC 的选择,应保证该发动机额定工况下 ASC 的空

速 SV 不小于 ASC 适用的最大空速。

- (3) 如果确因催化反应器尺寸固定且条件所限无法选择相应发动机作为样机,经过计算或模型计算能够证明 ASC 的设计能满足适用最大空速的要求且催化剂块体积有余量,可考虑降低上述第(2)条要求。
- (4) 考虑到同厂家、型号的催化剂块可能有不同的 CPSI,此时设计方会将 AV 一致性作为重要的设计考量,此时 SV 会有不同。性能试验样机选取时,可以最大 AV 作为选取参数。但此例外仅限于性能验证试验,不适用于表 7.4 所列其他项目。

7.4 ASC 型式试验项目

申请签发型式认可证书的 ASC,应进行表 7.4 所列型式试验项目并提交相应的试验报告

ASC 型式试验项目

表 7.4

序号	试验项目		检验要求	说明
1	外观、尺寸检查		批准设计图纸	
2	密性试验		批准设计图纸	
3	催化剂贵金属含量		5.7	催化剂块
4	催化剂耐硫性能试验		5.8, 5.11(1)~(3)	可小样
5	反应器或催化剂单元振动试验		5.9	可小样
6	ASC 性能试验	NH ₃ 转化效率试验	5.11(1)	小样
		NO _x 选择性转化效率试验	5.11(2)	小样
		N ₂ O 选择性转化效率试验	5.11(3)	小样
		其他有害污染物产量试验	5.11(4)	小样
		快速老化试验	5.11(5)	小样
		性能验证试验	5.11(6), 5.12	装置
7	电控系统试验		5.13,5.15~5.18	
8	辅助设备功能试验		5.14, 5.19	
9	ASC 技术案卷核查			

7.5 试验条件和试验顺序

7.5.1 试验条件

- (1) 试验室环境条件应符合发动机整机台架试验公认标准的规定
- (2) 排气取样和分析系统应能测量 NO_x、N₂O 和 NH₃ 等气相组分的浓度,气体分析系统应满足《2008 NO_x 技术规则》和/或等效标准的要求。
- (3) 小样取样方法

将 ASC 载体从纵向 1/2 和横向 1/2 处分别切开，得到左上(下)部或右上(下)部四部分。任意选取其中一部分，从靠近载体中心处取样，推荐取样规格为 $\Phi(20\sim 25)\text{mm}\times(45\sim 50)\text{mm}$ ，取样示意图见图 1。取样后用压缩空气吹扫清理。如果催化剂载体为分区涂覆，根据涂敷工艺确定取样方式。

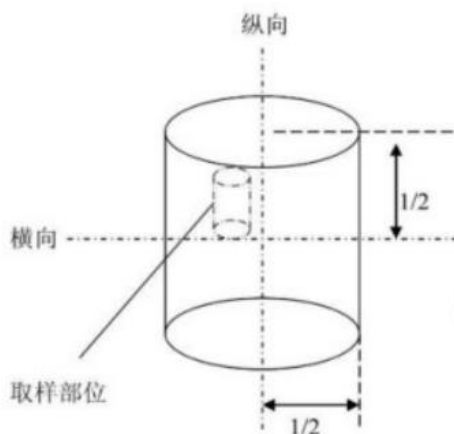


图 1 小样取样示意图

(4) 预处理

对小样进行预处理。测量入口温度的热电偶应安装在 ASC 入口端面上游 25mm 附近的中心线上。在模拟尾气组成的气氛条件下，入口温度 $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$ ，空速 $(30000\pm 1500)\text{h}^{-1}$ ，时间 1h。预处理结束后，关闭反应气，通入氮气，快速降温至 100°C 以下并维持稳定。或按照催化剂厂家预处理设计技术要求进行。

7.5.2 试验顺序

试验可使用 3 套样品进行。第一套样件进行贵金属含量试验；另一套样品在进行外观、尺寸及密封性检查后，进行小样取样，对小样样件依次进行预处理、新鲜态 ASC 性能试验、快速老化试验、老化态 ASC 性能试验。另一套进行振动试验。

7.6 型式试验要求

7.6.1 外观尺寸检查

ASC 产品的外表面应光滑、无伤痕；焊缝应平整、无虚焊、漏焊。反应器及其零部件的结构/接口尺寸、单元数目及其在反应器中的排列布置、绝热保护应符合批准设计图纸要求。

7.6.2 密性试验

反应器总成应按 1.1 倍的设计压力或按照工厂设计要求（取高者）进行气密性试验或等效密性试验方法，结果符合批准设计图纸要求。

7.6.3 催化剂贵金属含量

根据试验样品载体材质的不同，选择 HJ 509 或 QC/T 968 进行贵金属含量检测，结果应满足 5.7 的要求。

7.6.4 催化剂耐硫性能

- (1) 制造厂应对其催化剂的耐硫性提供充分的理论依据或试验数据支持。
- (2) 提供催化剂对于不同硫含量的燃油，所适用的最低和最高工作温度。

依据适用燃料硫含量和催化剂更换时间确定累计硫暴露量进行试验。

如：适用含硫燃料 0.1%，50%燃油使用率、催化剂更换时间 10000h 时，试验时，空速为 $(50000 \pm 400) \text{ h}^{-1}$ ，按照表 7.6.4 设置气体气氛，在样品的入口温度 $300 \pm 5^\circ\text{C}$ 下，硫毒化时间为 300 小时，累计硫暴露量为 525 g/L 后。按表 7.6.6 试验条件测量转化效率，结果满足 5.11(5) 要求。

耐硫性能试验条件

表 7.6.4

组分	SO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂
浓度	25 ± 5 ppm	(15 ± 0.5)%	8 ~ 12 %	平衡气

7.6.5 振动试验

- (1) 振动试验的样品，可根据振动试验台架条件选择合适尺寸的催化剂块或反应装置样品。
- (2) 振动试验参数按表 7.6.5。

振动试验参数

表 7.6.5

船上安装方式	频率 (Hz)	振幅 (mm)	加速度 (m/s ²)
具有独立支撑或底座	2 (+3/0)~13.2	±1.0	—
	13.2~100	—	±6.9 (0.7g)
安装在发动机上	2(+3/0)~25	±1.6	—
	25~100	—	±39 (4.0g)

- (3) 试验方法

- ① 按表 7.6.5 规定的频率范围和振幅，以不超过 1 oct / min 扫频速率扫描，检查有无共振现象；
- ② 如无明显共振点，则应在 30Hz 下作 90min 耐振试验；
- ③ 在每一记录到的放大率 $Q \geq 2$ 的共振频率上作 90min 耐振试验。如测得的几个共振频率较为接近，则耐振试验可采用扫频试验，持续时间为 120min；
- ④ 试验中，可允许采取避除危险频率或减小 Q 值的措施，但应重新进行共振检查和耐振试验；
- ⑤ 试验应在 3 个互相垂直的轴线上进行。

7.6.6 NH₃ 转化效率试验

试验时，空速为 $(15000 \pm 400) \text{ h}^{-1}$ ，按照表 7.6.6 设置气体气氛，样品的入口温度分别为 500℃、450℃、350℃、300℃、275℃，控制精度为 $\pm 5^\circ\text{C}$ ：温度由高温到低温逐个测量。试验条件见表 7.6.6（也可采用发动机废气），结果满足 5.11(1)要求。

性能试验条件

表 7.6.6

组分	NH ₃	O ₂	H ₂ O	CO ₂	N ₂
浓度	10000±20 ppm	(10±0.5)%	(15±0.5)%	(5±0.5)%	平衡气

7.6.7 NO_x/N₂O 选择性转化效率试验

按 7.6.6 试验条件 进行不同空速、温度、NH₃ 浓度下 NO_x/N₂O 选择性转化效率试验，记录每个温度点下 NO_x/N₂O 的选择性转化效率。结果满足 5.11(2)~(3)要求。应考虑试验过程中转化效率突变点。

7.6.8 其他有害污染物产量试验

按 7.6.6 试验条件进行不同空速、温度、NH₃ 浓度下其他有害污染物选择性转化产量试验，记录每个温度点下其他有害污染物的选择性转化率。结果满足 5.11(4)要求。

7.6.9 快速老化试验

快速老化试验按接受的标准使用小样在管式炉或者马弗炉里进行水热老化，试验条件见表 7.6.9，结果满足 5.11(5)要求。

快速老化试验条件 表 7.6.9

入口温度 (°C)	空速 (h ⁻¹)	快速老化时间 (h)
550±10	30000 ±1500	100
(1) : 如在气氛马弗炉里进行水热老化, 则不对空速进行要求。		

7.6.10 ASC 性能验证试验

(1) 催化剂转化 NH₃ 的能力验证

- ① 验证催化剂转化效率。按方案 A 装有 ASC 的发动机, 选择至少 1 个发动机试验循环, 根据该试验循环工况下的 NH₃ 浓度、温度和空速值, 验证催化剂不同空速、温度、NO_x 浓度下的转化效率;
- ② 应对 NH₃、N₂O 泄漏量进行测量并符合本指南 6.11 要求; 对 NO_x 排放测量应符合本指南 6.12 的要求。

(2) 控制策略 (发动机) 设计的合理性验证

- ① 抽查工况。发动机推进特性曲线 (E3 循环工况曲线) 或负荷特性曲线 (D2 循环工况曲线) 上 (或附近, 建议偏离 5% 左右) 另外任选至少一个工况 (不包括 E3 或 D2 原有的模式点工况, 并考虑发动机原排及 ASC 转化效率特性), 在该工况下 NH₃ 转化效率值加上 5% 转化效率应不低于循环中附近 2 个模式点的转化效率插值。如果验证试验结合带 ASC 发动机方案 A 的前期发证检验进行, 应在各试验循环的曲线上各抽查一个工况, 以验证抽查工况下的转化效率曲线: 空速-效率、温度-效率、浓度-效率的一致性。
- ② 应对 NH₃、N₂O 泄漏量进行测量并符合本指南 6.11.6) 要求。

(3) 建模工具计算的准确性和比例缩放的合理性验证 (适用于方案 B)

- ① 申请方的比例缩放方案和建模工具的准确性验证应在船上配套前完成, 以减少初次检验不合格的可能性。
- ② 申请方应先提交试验样机的 ASC 缩放建模工具、建模计算报告和试验报告 (适用时), 通过试验验证比例缩放的合理性和建模计算的准确性。
- ③ ASC 试验和建模工具的相关要求参照 MEPC.291(71) 执行。
- ④ 应对 NH₃、N₂O 泄漏量进行测量并符合本指南 6.11.6 要求。

(4) 验证试验应至少记录附录 2 所列试验数据。

(5) 性能试验参照 NTC 2008 的第 5 章的试验台 NO_x 排放测量程序。

7.6.11 电控系统试验

电控系统的型式试验，按 CCS《电气电子产品型式认可试验指南》的相关要求进行。

7.6.12 辅助设备功能

- (1) 旁通系统（如有时）功能试验，验证旁通阀和指示器的控制和动作，互锁功能等。
- (2) 吹灰装置（如有时）功能试验，验证吹灰系统的控制和动作，吹灰压力和频率等。

8 单件/单批检验

8.1 取得 CCS 型式认可证书后，工厂按认可条件生产的 ASC 可申请 CCS 进行单件/单批检验；

8.2 认可后的单件/单批检验项目应满足表 3 的要求，并在检验完成后提交相应的试验报告；

ASC单件/单批项目		表8.2
编号	试验项目	检验要求
1	外观尺寸检查	本指南7.6.1
2	功能性能试验	核查控制软件的版本号等信息
3	排放相关零部件的标识核查	排放相关零部件，参照本指南9.2
4	ASC技术案卷审批	1) 确认产品是否适用于拟匹配的发动机。 2) 符合本指南第9条要求。

8.3 单件/单批检验完成后，CCS 签发船用产品证书，并同时批准 ASC 技术案卷。

9 ASC 技术案卷和参数核查方法

9.1 ASC 技术案卷

9.1.1 每台 ASC 应备一份技术案卷，技术案卷至少包含下述内容：

- (1) 催化剂块（和/或载体）的规格及其在 ASC 内的布置。催化剂块的详细规格和催化块在 ASC 中的布置，可包括但不限于：
 - ① 催化剂块在 ASC 内的安装，包括催化剂块的数量、层数和防止废气泄漏的壳体和框架；
 - ② 催化剂块的几何尺寸；

- ③ 限制特征（如 CPSI）和物理参数范围（如 SV、AV、LV），或者催化剂块上申请方明确的部件号或规格号；
 - ④ 催化剂块材料：可通过部件号或规格号识别，还应包含催化剂涂层类型、贵金属含量和比例。确定船上催化剂与技术案卷要求一致，可接受催化剂块壳体或框架上申请方明确的部件号或规格号的方法；
 - ⑤ 检查口的布置。ASC 的检查限于确保在装配阶段使用正确的催化剂块，初次装配以外的检验可接受对备用催化剂块的检查以证明符合性；
- (2) 进口参数，包括 ASC 进口处允许的废气温度（最高和最低）。
- (3) 跨单元参数：ASC 进口和出口之间以及反应装置上游和下游所有属于 ASC 的部件所造成的允许压力损失（ Δp ）。
- (4) 使发动机持续符合适用排放限值的燃油质量相关因素，可包括但不限于：
- ① 燃油最大允许硫含量；
 - ② 营运环境下适用的燃油成分和燃油污染物的说明。
- (5) ASC 性能劣化率的相关因素，例如：ASC 催化剂块的更换条件及其建议的更换时间。如适用，下述要求应考虑：
- ① 装有 NH₃ 监测设备，可被接受作为催化剂状态/劣化的监测方法。
申请方应明确：催化剂块的更换准则与 NH₃ 监测设备读数的对应关系，和 NH₃ 监测设备的维护、检修和校准要求；
 - ② 没装有 NH₃ 监测设备，应提供下述说明：
 - 常用工况下的劣化曲线或催化剂寿命；
 - 影响催化剂转化效率的参数；和
 - 基于申请方明确的定期检查或监测评价催化剂转化效率的指南（如适用）；保存记录以便年度、中间和换证检验核查。定期检查频率由申请方根据催化剂劣化性能决定，但至少应在安装后和每 12 个月一次；和
 - ③ 其他监测催化剂状态/劣化的策略应提交认可。
- (6) ASC 的控制方式和设定，例如：控制设备的型号、规格。包括但不限于下述内容：

- ① ASC 控制相关的传感器及部件使用说明；（如适用）
 - ② 允许调整的控制参数的船员指导书，包括防止控制参数、PLC 数据和 CPU 的未授权更改；（如适用）
 - ③ 如采用 NH₃ 测量装置，至少应包括下述说明：
 - 一如，类型/模式（标识号）；
 - 一校准、零位和满量程检查程序和这些检查的周期（如适用）；
 - 一船上配备校准气（如适用）；
 - 一维护和/或更换要求；
 - ④ 如果装有 ASC 的发动机系统有不同的工作模式，应提供选择不同模式的控制逻辑和记录运行模式和切换方法；和
- (7) ASC 的参数检查方法（参照本指南 9.2 条）。
- (8) 申请方提出的其他参数。
- (9) 装有 ASC 的发动机发证的技术案卷，还应包括：
- ① 发动机族/组的信息和族/组内成员机及其配套 ASC 系统的信息；

9.2 ASC 参数检查方法

9.2.1 ASC 系统的参数核查方法主要包含下述内容：

- (1) 排放相关部件的标识号核查（参照本章 9.2.2）。
- (2) NH₃ 测量（定期检查，参照本章 9.2.4）。
- (3) 参数记录簿，用于记录排放相关部件和设定值的变化。

9.2.2 所有排放相关部件应标明其构件标识号，且标识号在构件上的位置应在技术案卷中有明确说明。ASC 的排放相关零部件应包括但不限于下述内容：

- (1) 催化剂块（和/或载体）。
- (2) NH₃ 测量装置（控制相关）。
- (3) ASC 控制系统的软件版本。

9.2.3 NH₃ 测量，应包括下述内容：

- (1) 对各模式点下 ASC 下游的 NH₃ 浓度进行定期检查(至少应在安装后和每 12 个月一次)或监测。

- (2) 提供评判标准，能够方便的评判 ASC 效率与发证时一致。

附录1 ASC工作边界参数表

参数	数值
1.催化剂	
型号	
工艺（蜂窝式、翅片式或其他形式）	
主要材料	
目数（催化剂块的CPSI）	
制造厂	
2.系统参数	
反应装置前后最大允许压差（100%工况） kPa	
适用的发动机背压（100%工况） kPa	
适用的燃油品质和标准，以及最大燃油硫含量 %	
ASC系统温度 °C,	
催化剂块更换周期	
适用比例缩放范围	
适用的废气流量范围（100%工况） kg/h	
适用的空速范围 1/h	
面速度 m/h	
线速度 m/h	

附录2 验证试验数据记录表

模式 Mode	1	2	3	4	5	6	7	8
功率/扭矩 Power/Torque %								

K-10(202507) 氨逃逸催化反应器

转速 Speed %								
开始时间 Time at beginning of mode								
环境数据								
相对湿度 % Relative humidity								
环境温度 °C Ambient temperature								
大气压力 kPa Atmospheric pressure								
试验条件参数 (fa) Test condition factor (fa)								
发动机数据								
燃料质量流量 kg/h Fuel mass flow								
排气质量流量(q _{mew}) kg/h Exhaust mass flow (q _{mew})								
增压空气冷却剂进口温度 °C Charge air coolant temperature in								
增压空气温度 °C Charge air temperature								
增压空气参考温度 °C Charge air reference temperature								
增压空气压力 kPa Charge air pressure								
ASC 数据								
ASC 进口废气温度 °C Exhaust gas temperature ASC inlet								
ASC 出口废气温度 °C Exhaust gas temperature ASC outlet								

附录 2 验证试验数据记录表 (续表)

ASC 进口废气压力 kPa Pressure ASC inlet									
ASC 出口废气压力 kPa Pressure ASC outlet									
ASC 进出口压差(ΔP) kPa pressure drop over ASC (ΔP)									
吹灰压力 kPa Soot blow pressure									
排放数据									
ASC 进口 ASC inlet	NO _x 浓度 干/湿 ppm NO _x Concentration dry/wet								
	NH ₃ 浓度 ppm NH ₃ Concentration								
	N ₂ O 浓度 干/湿 ppm N ₂ O Concentration dry/wet								
ASC 出口 ASC outlet	NO _x 浓度 干/湿 ppm NO _x Concentration dry/wet								
	N ₂ O 浓度 干/湿 ppm N ₂ O Concentration dry/wet								
	O ₂ 浓度 干/湿 % O ₂ Concentration dry/wet								
	CO 浓度 干/湿 ppm CO Concentration dry/wet								
	CO ₂ 浓度 干/湿 % CO ₂ Concentration dry/wet								
	HC 浓度 干/湿 ppm HC Concentration dry/wet								
	氨泄漏浓度 ppm Ammonia slip Concentration								
其他有害污染物 ppm									