

指导性文件  
GD32-2020



# 选择性催化还原(SCR)系统 认可及检验指南 2020

生效日期： 2021-01-01

北京

## 前言

本指南生效后替代GD04-2016《选择性催化还原(SCR)系统认可及检验指南》(2016)。

本指南主要内容及结构:

(1) 第1~5章,为SCR系统的基本要求、图纸资料送审要求、技术要求、控制监测和安全保护、认可和检验的试验要求。适用于SCR系统的产品审图、认可和检验阶段。

(2) 第6章,SCR系统技术案卷和参数核查法。适用于SCR系统的认可、产品检验阶段和“柴油机+SCR”EIAPP检验发证阶段;

(3) 第7章,装有SCR系统的柴油机发证程序。主要依据NTC2008和MEPC.291(71),介绍了“柴油机+SCR”的EIAPP检验的特殊要求,包括须提交的资料、试验要求和发证程序及要求。为“柴油机+SCR”EIAPP认可和证书签发提供指导。

本指南与2016版相比,主要修订内容包括下述几个方面:

(1) 根据2016版指南发布后搜集到的反馈意见,经过研讨后修改了部分条款的内容,比如:

□ 第3章技术要求中,考虑到已有旁通要求,删除了为防止背压过高,在废气管路上安装安全阀的建议。

□ 第3章对于废气加热装置,考虑到航行安全,删除了对柴油机启动条件的要求。

□ 第4章对电控系统的数据记录要求,不强制要求对全部运行数据的记录,保留存储报警和故障数据的要求;

□ 第4章对排气管和旁通管路的连锁机构,增加了可接受机械式联动阀;

□ 第5章中,考虑SCR反应装置船上安装的实际情况,更改振动试验的要求,改为按照实际安装情况,选择适用的振动试验条件;

(2) 对第5章中认可检验和产品检验项目进行了列表式的梳理,便于理解和实施。并完善了部分试验要求和文字描述。

(3) 删除了原版本第 5.9 节有关原理认可的内容，该内容 CCS 另有指导文件。

(4) 增加了第 7 章内容；主要是“装有 SCR 系统的柴油机发证程序”，包括族/组的特殊要求、方案 A 和方案 B 的发证程序、EIAPP 证书填写要求、船上初次确认试验的项目要求等。

# 目录

前言.....	2
第 1 章通则.....	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 规范性引用文件.....	1
1.3 目的.....	1
1.4 术语及定义.....	2
1.5 缩写和符号说明.....	4
第 2 章图纸资料.....	5
2.1 送审图纸和资料.....	5
第 3 章 SCR 系统认可技术要求.....	8
3.1 一般要求.....	8
3.2 原材料及零部件.....	9
3.3 SCR 反应装置.....	9
3.4 电控系统.....	9
3.5 还原剂供给系统.....	10
3.6 辅助设备.....	10
3.7 冗余.....	12
第 4 章控制、监测和安全保护.....	13
4.1 一般要求.....	13
4.2 控制.....	13
4.3 监测.....	14
4.4 安全系统.....	14
4.5 SCR 系统监视项目表.....	14
第 5 章 SCR 系统试验技术要求.....	16
5.1 一般要求.....	16

5.2 比例缩放原则.....	16
5.3 典型样品的选择.....	16
5.4 SCR 系统型式试验项目.....	17
5.5 型式试验要求.....	17
5.6 单件/单批检验.....	21
5.7 证书.....	22
第 6 章 SCR 系统技术案卷和参数核查法.....	23
6.1 SCR 系统技术案卷.....	23
6.2 SCR 系统的参数检查方法.....	26
第 7 章 装有 SCR 系统的柴油机发证程序.....	28
7.1 族/组的特殊要求.....	28
7.2 方案 A 的发证程序.....	28
7.3 方案 B 的发证程序.....	29
7.4 EIAPP 证书.....	31
7.5 船上初次确认试验.....	31
7.6 SCR 系统核查项目及说明.....	33
附录 1 SCR 系统工作边界参数表.....	34
附录 2 验证试验数据记录表.....	35

# 第 1 章 通则

## 1.1 适用范围

1.1.1 本指南适用于申请中国船级社（下述简称 CCS）认可和检验的选择性催化还原（下述简称 SCR）系统。

1.1.2 本指南仅适用于使用尿素水溶液作为还原剂的 SCR 系统。直接使用氨水或液氨作为还原剂的 SCR 系统应经特殊考虑后另行批准。

1.1.3 本指南包括了对法定要求的实施和船级的要求。

## 1.2 规范性引用文件

1.2.1 IMO MEPC.291(71)《2017 年关于装有选择性催化还原（SCR）系统船用柴油机特殊要求的 2008 年 NO<sub>x</sub> 技术规则补充指南》及 MEPC.313(74)等修正案

1.2.2 IMO《国际防止船舶造成污染公约》（MARPOL）附则 VI

1.2.3 IMO MEPC.177(58)《NO<sub>x</sub> 技术规则》及其修正案

1.2.4 CCS《钢质海船入级规范》

## 1.3 目的

1.3.1 SCR 系统型式认可的目的是为了证明产品设计符合本指南要求，使 SCR 设备能安全、持续地达到其声明的 NO<sub>x</sub> 处理能力。

1.3.2 SCR 系统型式认可的原则和意义：

（1）SCR 系统的型式认可是对系统安全性、功能和净化能力的认可。不包括配套柴油机的前期检验，装有 SCR 的柴油机还需按方案 A 或 B 进行配套后试验，以确认其满足前期发证的检验要求。

（2）SCR 系统的使用，可能带来未知风险，型式认可工作有利于验证新增设备的安全性。

（3）SCR 系统的型式认可，可作为柴油机排放测试的前期准备。在认可中

确认了 SCR 系统的特性、船上环境适应性、以及可能涉及的建模工具和模型试验后，有助于装有 SCR 系统的发动机族/组的划分和母型机的选择，以及系统布置及控制方案的确认，为装有 SCR 系统的柴油机前期发证检验工作提供支持。

(4) 未经 CCS 型式认可的 SCR 系统，应视为柴油机的主要零部件，在进行柴油机前期发证检验过程中，应提交本指南第 2 章要求的审图资料供审批，以及按照本指南的型式认可要求对 SCR 系统进行检验，确认该系统满足本指南的技术要求。

## 1.4 术语及定义

### 1.4.1 术语及定义

(1) 选择性催化还原系统 (Selective catalytic reduction system): 系指由 SCR 反应装置、还原剂喷射系统、控制装置、排气管 (如有设计要求时) 及其他必要设备组成的一个系统。

(2) SCR 反应装置 (SCR chamber): 系指催化转化器，系指装有催化剂块，废气中  $\text{NO}_x$  与还原剂发生催化还原反应，转化为  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的完整装置，它是 SCR 系统的核心工作部件。

(3) 装有 SCR 系统的发动机 (Engine system fitted with SCR): 系指由船用柴油机、SCR 反应装置和还原剂喷射系统组成的一个系统。与降低  $\text{NO}_x$  相关的控制装置，也将其视为该系统的一部分。

(4) 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  $\text{NO}_x$  的催化剂成分。

(5) 还原剂喷射系统 (Reductant injection system): 系指由向喷嘴供应还原剂的泵、向废气流喷射还原剂的喷嘴和喷射控制装置组成的系统。

(6) SCR 电控系统 (SCR electrical control system) 系指实现还原剂喷射量控制、系统状态监测和安全保护等功能的系统，主要由传感器、电子控制单元、执行机构以及对外接口组成。

(7) 空速 SV 值 (Space velocity): 系指通过催化剂块的废气流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) 与 SCR 反应装置中催化剂块的总体积的比值。因此，SV 值的单位是  $1/\text{h}$ 。废气流体积系指在  $0^\circ\text{C}$  和  $101.3\text{ kPa}$  定义的体积。

(8) 面速度 AV 值 (Area velocity): 系指通过催化剂块的废气流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

与 SCR 反应装置中催化剂块的总活性表面积 (m<sup>2</sup>) 的比值。AV 值的单位是 m/h。废气流量系指在 0°C 和 101.3 kPa 条件下的体积流量。

(9) 线性速度 LV 值 (Linear velocity): 系指通过催化剂块的废气流量 (m<sup>3</sup>/h) 与废气流垂直方向的催化剂块截面积 (m<sup>2</sup>) 的比值。LV 值的单位是 m/h。废气流量系指在 0°C 和 101.3 kPa 条件下的体积流量。

(10) 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<sup>3</sup>)。

(11) 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<sup>2</sup>)。

(12) NO<sub>x</sub> 转化效率 (NO<sub>x</sub> reduction rate): 系指按下式计算的值  $\eta$  (%) :

$$\eta = \frac{(C_{\text{inlet}} - C_{\text{outlet}})}{C_{\text{inlet}}} \times 100$$

式中:  $C_{\text{inlet}}$ ——SCR 反应装置进口处测量的 NO<sub>x</sub> 浓度, ppm;

$C_{\text{outlet}}$ ——SCR 反应装置出口处测量的 NO<sub>x</sub> 浓度, ppm。

(13) 催化剂块壳体或框架 (Catalyst block casing or frame): 系指催化剂单元的壳体或框架结构。该催化剂单元由多个催化剂块组成。

(14) 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。

(15) 还原剂 (Reductant): 系指能分解产生氨的尿素溶液。

(16) 建模工具 (Modelling tool): 系指利用柴油机排放参数和模型试验数据计算 NO<sub>x</sub> 转化效率的仿真计算工具。

(17) 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进行, 其混合气可以是柴油机废气或合成气体。

(18) 方案 A (Scheme A): 系指对装有 SCR 系统的柴油机, 前期检验发证时, 通过符合 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。

(19) 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))。

(20) 开环控制 (Open-loop control): 系指不将 SCR 反应装置出口参数 (如出口 NO<sub>x</sub> 浓度) 反馈回来影响还原剂供给量的系统。

(21) 闭环控制 (Close-loop control): 系指根据 SCR 反应装置出口参数 (如出口 NO<sub>x</sub> 浓度) 对还原剂供给量进行校正的控制方式。

(22) 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。

## 1.5 缩写和符号说明

### 1.5.1 缩写和符号说明

- (1) SCR (Selective Catalytic Reduction): 选择性催化还原;
- (2) SV (Space Velocity): 空速;
- (3) CPSI (Channels Per Square Inch): 催化剂横截面上每平方英寸的孔道数;
- (4) PLC (Programmable Logic Controller): 可编程式逻辑控制器;
- (5) CPU (Central Processing Unit): 中央处理器;
- (6) NH<sub>3</sub>: 氨;
- (7) ANR (Ammonia to NO<sub>x</sub> Ratio): 氨氮摩尔比;
- (8) NTC 2008 (NO<sub>x</sub> Technical Code 2008): MEPC.177(58)决议通过的《氮氧化物技术规则》及相应的修正案。

## 第 2 章 图纸资料

### 2.1 送审图纸和资料

#### 2.1.1 应将下列图纸资料提交批准或备查

(1) SCR 系统总布置图, 包括 SCR 反应装置、旁通管路、吹灰装置、混合器、喷嘴、传感器 (特别是控制相关的传感器)、还原剂供给泵等部件的安装布置。并且应能够体现 SCR 系统与柴油机的相对位置, 如涡前或涡后布置、排气支管或集管布置等。

(2) SCR 系统原理图。

(3) 主要部件的材料及规格, 包括反应装置壳体、吹灰装置、混合器、喷嘴、供给泵及管路。

(4) SCR 反应装置图, 应包括:

① SCR 反应装置结构图;

② 内部催化剂块的安装布置图, 包括催化剂块的数量及排列布置, 以及催化剂块与 SCR 反应器壳体结构之间防止废气泄漏的密封布置;

③ 催化剂块的结构图, 包括尺寸、目数 (CPSI) 等。

(5) 电控系统。包括系统说明书、软件质量控制计划等, 具体依据 CCS《钢质海船入级规范》第 7 篇第 1 章的图纸资料要求执行。控制软件的编号及版本号应在相关文件中明确表述。

(6) 还原剂供给系统, 至少包括:

① 还原剂供给系统原理图;

② 喷嘴图, 包括型号规格、喷嘴孔径、孔数及喷射锥角 (备查)。

(7) 辅助设备图纸和文件, 应包括 (备查):

① 旁通系统结构图 (如适用);

② 吹灰装置图及气体消耗量计算书 (如适用);

③混合器结构图（如适用）；

④废气加热装置图纸及功率计算书（如适用）。

(8) SCR 系统控制策略说明书，至少包括：

①控制策略流程图，并明确控制模式（如开环或闭环控制等）；

②控制相关的所有输入和反馈信号。

(9) 产品主要性能规格书，应包括：

①性能参数表，即 SCR 反应装置适用的进出口边界条件及限制，至少包括催化剂比例缩放范围、废气流量范围、空速和线速范围、NO<sub>x</sub> 浓度范围、反应装置进口温度范围、压力损失，以及其他可能适用的参数范围，如 ANR、SO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等；

②催化剂块的材料、成分/类型；

③还原剂类型/成分和浓度；

④适用的燃油品质、标准及允许最大硫含量；

⑤SCR 性能劣化率的相关因素，如催化剂块更换条件及建议更换时间等；

⑥催化剂最大转化效率（对应不同温度和空速，并说明氨氮比和氨泄漏量），型式认可试验时将对此数据进行抽验。

(10) 废气流场的均匀分布计算。应涉及还原剂与废气混合情况，流体通过反应装置截面时氨气（或 ANR）的均匀分布情况，均匀度不低于 85%（备查）。

(11) 故障模式及影响分析（FMEA）（备查）。

(12) 催化剂的材料安全数据表(MSDS)，以及催化剂块安装及更换时应具备的保护措施，以及废品回收措施（备查）。

(13) 型式试验大纲（可在申请型式认可时提供）。

(14) SCR 技术案卷（参照本指南 6.1 的要求，可在申请型式认可时提供）。

2.1.2 系统拟用于方案 B 时，还应增加至少下述文件和资料供批准

- (1) 模型试验计划书。
- (2) 建模工具说明书。
- (3) 模型试验报告。
- (4) 建模计算报告。

## 第3章 SCR系统认可技术要求

### 3.1 一般要求

#### 3.1.1 工作条件

(1) 机械设备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。

(2) 电气设备的设计工作条件应符合 CCS《钢质海船入级规范》第4篇第1章第2节要求。

3.1.2 管系、阀门及管路附件应满足 CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章相关要求。

3.1.3 安装在涡轮增压器上游的 SCR 系统，其 SCR 反应装置的壳体，以及反应装置上游的所有设备（如混合装置）及排气管，其结构强度和设计压力均应按照所配套柴油机的排气集管的设计要求或相应等级压力容器的设计要求制造。且应有防止催化剂块破碎后进入增压器的措施。

3.1.4 SCR 系统在最大废气流量时所造成的背压升高值应满足柴油机生产厂的要求。

3.1.5 SCR 系统应有足够的降 NO<sub>x</sub> 能力，且在柴油机稳态工况下，反应装置下游的废气中氨浓度（即氨泄漏量）平均值应给予限制。SCR 系统的认可和检验过程中，氨泄漏量一般应不超过 10ppm。如 IMO 对此限值有最新要求，则以 IMO 要求为准。

3.1.6 如果 SCR 系统拟用于 TierIII 柴油机（即柴油机按 MARPOL 附则 VI 第 13 条 5.1.1 予以核准），则在各模式点的排放量应不超过适用的 NO<sub>x</sub> 排放限值 50%以上，但下列情况除外：

- (1) D2 试验循环的 10%模式点。
- (2) C1 试验循环的 10%模式点。
- (3) C1 试验循环的怠速模式点。

## 3.2 原材料及零部件

3.2.1 SCR 系统的重要部件，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 章附录 2B 的相关要求执行。催化剂块的 ID 号或成分/类型、结构形式（如 CPSI）以及制造厂等未经 CCS 批准不得更改。

3.2.2 SCR 系统各设备部件所用的材料应适用于其预定的温度、压力以及介质。特别是与还原剂接触的结构部件，如 SCR 反应装置、混合器、吹灰装置、供给泵及供给管系等。

## 3.3 SCR 反应装置

3.3.1 SCR 反应装置壳体的设计制造应满足 3.1.3 和 3.2 的要求。

3.3.2 SCR 反应装置应设有防止或监测催化剂块被蓄意拆除的措施，例如铅封或其他手段。

3.3.3 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。

3.3.4 SCR 反应装置应有足够的强度，能承受船上振动的影响。

3.3.5 SCR 系统应能适用一定硫 S 含量的燃油，并给予明确说明。

3.3.6 SCR 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。

3.3.7 SCR 反应装置适用的废气温度范围应予以明确，且能满足所匹配柴油机采用的测试循环。

## 3.4 电控系统

3.4.1 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。

3.4.2 SCR 电控系统的控制方案应充分考虑船上发动机的实际运行工况，当发动机工况正常地偏离名义特性曲线（如推进特性线或恒转速运转线）时，SCR

系统不应停止还原剂的喷射。SCR 系统运行所覆盖的柴油机工况范围应为面状覆盖，根据柴油机实际营运中可能达到的工况区域进行设计，但覆盖范围不应小于名义特性曲线的±10%。且这些区域的实测 NO<sub>x</sub> 转化效率值加上 5%应不低于设计运行工况（或曲线）的转化效率。

3.4.3 发动机名义特性曲线上的任一工况下的 NO<sub>x</sub> 转化效率值加上 5%应不低于该工况附近 2 个循环模式点的转化效率插值。

3.4.4 电控系统对 SCR 系统的监测功能及控制功能设计，应满足本指南第 4 章的相关要求。

### 3.5 还原剂供给系统

3.5.1 还原剂一般采用质量浓度为 32.5%或者 40%的尿素水溶液。

3.5.2 还原剂供给系统的设计，应能保证喷嘴出口处还原剂的雾化及喷射压力，且喷射压力应易于核查。

3.5.3 供给泵应有合适的流量范围，既要覆盖还原剂供给的流量范围，也要考虑使泵在该范围有足够的精度。

3.5.4，SCR 系统停止工作后还原剂会残留在喷嘴部分，由于还原剂的蒸发或变质等原因可能导致喷嘴堵塞。还原剂供给系统应设有压缩空气清扫功能或其他等效措施在系统工作停止后清除喷嘴内的残留以防止喷嘴堵塞。

3.5.5 供液管路，应明确供给泵与储存罐和喷嘴的最大允许相对高度及各段供液管路的最大允许长度及其他船上安装要求，以保证系统有效工作。

### 3.6 辅助设备

3.6.1 单台柴油机用于主推进的情况，其 SCR 系统应设置旁通结构。多台柴油机用于主推进或其他用途的辅机，其 SCR 系统可不设置旁通结构。旁通结构应至少包括排气管的旁通管路、阀件和旁通状态指示器等。并满足下述要求：

(1) 旁通路上的阀应能就地手动开启和关闭，或者增加一套独立动力源控制其开启和关闭。

(2) 旁通结构的设计应能防止因为误操作导致 SCR 反应装置通道和旁通管

路同时关闭情况。应能实现在其中一路打开后，另一路才能关闭。

(3) 旁通时，应有连锁功能使 SCR 系统保持停止工作状态，且不能启动。

3.6.2 SCR 系统的吹灰装置，用以保证 SCR 反应装置持续有效工作，防止柴油机排气中的颗粒物 (PM) 聚集在催化剂表面，导致排气背压升高和系统催化效率降低。如有时，应满足下述要求：

(1) 吹灰装置应有足够的吹扫压力、吹扫频率，以保证装置实际有效。

(2) 吹灰装置的气体消耗量应列入技术规格书。

(3) 吹扫压力和工作状态应进行监控。

3.6.3 SCR 系统的设计应能保证还原剂与废气进入反应装置前已充分混合，并通过流体仿真计算验证结构设计的合理性。流体通过反应装置截面时氨气 (或 ANR) 应分布均匀，其均匀度不低于 85%。必要时可安装混合器，但应明确混合器前后的废气管路布置要求，包括与 SCR 反应装置的距离要求。

3.6.4 为保证 SCR 反应装置有足够的反应温度而安装的废气加热装置，应满足下述要求：

(1) 采用燃油加热废气时，系统设计应尽量避免可燃油气积聚，当燃油供应管路上设有截止阀时，其开闭状态应有明确指示。

(2) 烟道在喷油器开始点火前应进行定时的前扫气，扫气时间应足以保证炉膛 4 次换气，扫气时应使空气调节门处于全开位置。

(3) 点火应在空气进入燃烧室并完成前扫气后方可进行，喷油器进油阀应在点火火花出现之后方可打开，如点火不着，点火装置和喷油器进油阀应自动关闭，进油阀从开启到关闭的时间不得大于 15s。

(4) 应设有火焰监测器，当发生故障熄火时能自动关闭喷油器的进油阀，关闭时间应不迟于熄火后 6s。

(5) 废气加热装置的燃油消耗量的应不超过其配套柴油机额定工况下燃油消耗量的 5%。

### 3.7 冗余

3.7.1 控制系统中因功能故障可能影响 SCR 系统正常运转的机电设备，应具有双套系统或随船存放备件，如影响还原剂计量控制的输入信号传感器或机电设备等。

3.7.2 SCR 系统应设置至少 2 台还原剂供给泵。其配置应能实现：其中 1 台泵失效时，其余的泵仍能在 SCR 系统最大工作能力条件下供应足够的还原剂，所有泵应连接妥当随时可用或易于更换。

## 第 4 章控制、监测和安全保护

### 4.1 一般要求

4.1.1 SCR 的电子控制系统，控制还原剂喷射量、SCR 系统运行状态、旁通状态、吹灰装置和废气加热装置（如有时）的工作状态等，能根据发动机状态调节 SCR 系统参数，对外进行数据交换。SCR 的电控系统由传感器、电子控制单元、执行机构以及对外接口组成。

4.1.2 SCR 系统的控制、监测及安全系统除满足本章要求外，还应满足本指南第 3 章有关要求。

4.1.3 SCR 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。

4.1.4 电控系统应具有数据记录功能，自动对 SCR 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。

4.1.5 SCR 系统的数据记录与处理设备应能够将系统状态、数据及报警通过对外接口输出给船舶的监测系统。

4.1.6 传感器及监测设备应保证可靠性和准确性，且应进行定期校准，可接受设计方或设备方的校准程序。

### 4.2 控制

4.2.1 SCR 系统应能实现自动控制运行，其还原剂喷射量可根据柴油机工况的变化进行自动调整，以保证各工况下的预期转化效率和氨泄漏最低。

4.2.2 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。

4.2.3 废气加热装置应能实现自动控制运行，运行和停止所对应的废气温度应与技术文件一致。

4.2.4 废气加热装置火焰熄灭，废气加热装置应停止喷射燃油。

### 4.3 监测

4.3.1 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。

4.3.2 控制系统中因功能故障可能影响 SCR 系统正常运转的传感器，特别是影响还原剂计量控制的传感器，当发生故障或失效时，应能：

- (1) 发出报警信号；
- (2) 及时更换损坏的部件或投入备用设备后，能恢复正常的控制功能。

4.3.3 SCR 系统的控制单元应能有效监测反应装置、还原剂供给系统、吹扫装置、废气加热装置等关键部件的工作状态，具体项目参照本章第 4.5 条的监视项目表。

### 4.4 安全系统

4.4.1 如因安全系统的动作而导致机电设备停止运行，应发出报警并指示故障，且非经人工复位，该设备不应再自动投入运行。

4.4.2 应设置连锁机构，能防止因为误操作导致 SCR 反应装置通道和旁通管路同时关闭情况。且旁通的操作步骤应该是旁通阀完全打开后，再关闭 SCR 反应装置通道。机械式联动阀也可以接受。

### 4.5 SCR 系统监视项目表

4.5.1 SCR 系统的监视项目应满足表 4.5.1 的要求。

4.5.2 采用不同的控制策略的 SCR 系统，其监测项目也应有所不同，应根据系统的特点增加监视项目。

SCR 系统监视项目表

表 4.5.1

项目	控制站（室）		安全系统动作类别		备注
	显示	极限报警	SCR 自动 停止	*旁通	

<b>1 SCR 系统工作状态</b>					
SCR 系统工作	运行指示	—	—	—	
旁通*	状态	开启失败	—	—	
<b>2 反应装置</b>					
SCR 反应装置进出口压差	压力差	高	—	—	*吹灰装置工作
		过高	X	X	
<b>3 还原剂供给系统</b>					
还原剂喷射量	喷射量	—	—	—	
供给泵故障	—	故障	—	—	启动或更换备用泵
喷射压力	压力	低	—	—	
喷嘴	—	故障	—	—	
<b>4 *吹灰装置</b>					
吹灰系统工作	运行指示	—	—	—	
吹灰装置吹扫压力	压力	低	—	—	
<b>5 *废气加热装置</b>					
废气加热装置工作	运行指示	—	—	—	
加热装置火焰和点火	—	熄灭/失败	—	—	
加热装置燃油压力	压力	低	—	—	
燃烧器鼓风机电源故障	电压	故障	—	—	电压可由指示灯代替
<b>6 控制系统</b>					
控制单元电源故障	电压	故障	—	—	电压可由指示灯代替
控制系统通信故障	—	故障	X	X	
主要传感器故障(控制相关)	—	故障	X	X	

注：表中符号及其含义：(1)—:不要求设置；(2)X:适用；(3)\*:如有时。

## 第 5 章 SCR 系统试验技术要求

### 5.1 一般要求

5.1.1 对于设计相同但规格不同的 SCR 系统，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 5.2 条。

5.1.2 SCR 系统的型式试验开展前，应确认其认可范围内的系列图纸资料（按本指南第 2 章要求）已经 CCS 批准。

### 5.2 比例缩放原则

5.2.1 采用比例缩放原则设计，适用于不同柴油机废气流量（额定工况）的 SCR 系统，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) 各系统控制策略制定规则应一致。

### 5.3 典型样品的选择

5.3.1 初次认可时，每一系列 SCR 系统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。

5.3.2 无论用于方案 A 或将同时用于方案 A 和方案 B 的 SCR 系统，其性能试验应采用柴油机+SCR 的方式按照方案 A 的台架方式进行验证试验，或选择结合柴油机方案 A 的前期发证检验进行。

5.3.3 性能试验的柴油机+SCR 选择，应满足下述要求：

(1) 试验用柴油机不必是拟配套的柴油机，SCR 系统也可以是设计开发用设备。

(2) 试验用柴油机+SCR 的选择，应保证该柴油机额定工况下 SCR 催化剂的空速 SV 不小于 SCR 系统适用的最大空速。

(3) 如果确因催化剂块尺寸固定且条件所限无法选择相应柴油机作为样机，经过计算或模型计算能够证明 SCR 系统的设计能满足适用最大空速的要求且催化剂体积有余量，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 5.4 所列其他项目。

## 5.4 SCR 系统型式试验项目

5.4.1 申请签发型式认可证书的 SCR 系统，应进行表 5.4 所列型式试验项目并提交相应的试验报告。

SCR 系统型式试验项目

表 5.4

编号	试验项目	检验要求 (本指南条款)	说明	
1	目测检查	5.5.1		
2	催化剂的耐硫性	5.5.2		
3	催化剂的劣化	5.5.3		
4	反应装置或催化剂块的振动试验	5.5.4	相同的制造商、工艺、材料和 CPSI 的催化剂可抽检进行。	
5	电控系统试验	5.5.5		
6	辅助设备功能试验	5.5.6		
7	SCR 系统性能试验	催化剂降 NO <sub>x</sub> 的能力	5.5.7 (1)	
		控制策略设计的合理性	5.5.7 (2)	一般适用于开环控制策略；
		建模工具计算的准确性和比例缩放的合理性	5.5.7 (3)	同一建模工具可仅进行一次。
8	SCR 技术案卷核查	5.5.8	通用技术案卷，可仅确认结构的完整性、合理性。	

## 5.5 型式试验要求

5.5.1 目测检查。SCR 系统及其零部件符合批准图纸和本指南第 3 章的技术要求。

(1) SCR 反应装置检验要求。

① 内外结构，包括封装的符合性和催化剂块结构尺寸、单元数目及其在反应装置中的排列布置；

② 气密试验：一般应为 1.1 倍的设计压力或按照工厂要求执行。

(2) 还原剂供给泵、喷嘴及管路等。

(3) 辅助设备。如旁通、吹灰装置、混合器、废气加热装置等适用设备。

### 5.5.2 催化剂的耐硫性

(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。

### 5.5.3 催化剂的劣化

(1) 通过试验或工程应用获取常用工况下的劣化曲线以及催化剂的寿命；  
或

(2) 快速老化试验。快速老化后的 SCR 对 NO<sub>x</sub> 转化效率的劣化率不得高于 10%。快速老化试验在试验台架上进行，试验循环见表 5.5.3。

**催化剂快速老化试验条件**

**表 5.5.3**

进口温度 (°C)	空速 (h <sup>-1</sup> )	老化持续时间 (h)
550	50000	200

(3) 试验用的反应装置可按照试验台架条件与发动机或燃烧器相连，并选择合适的尺寸。

### 5.5.4 SCR 反应装置或催化剂块的振动试验

(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 5.5.4。

**振动试验参数**

**表 5.5.4**

船上安装方式	频率 (Hz)	振幅 (mm)	加速度 (m/s <sup>2</sup> )
--------	---------	---------	-------------------------

具有独立支撑或底座	2(+3/0)~13.2	±1.0	——
	13.2~100	——	±6.9 (0.7g)
安装在柴油机上	2(+3/0)~25	±1.6	——
	25~100	——	±39 (4.0g)

### (3) 试验方法

- ①按表 5.5.4 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。

### 5.5.5 电控系统试验

(1) 电控系统的型式试验,除满足 CCS《电气电子产品型式认可试验指南》的相关要求外,还应满足本节的要求。

(2) 电控系统的控制功能试验。确认 SCR 系统工作过程中,电控系统的反应与预计一致,并对控制参数进行核查。

(3) 安全保护和故障监测报警等功能试验,根据第 4 章相关要求确定。也可结合性能试验进行。

### 5.5.6 辅助设备的功能试验

(1) 下述辅助设备的功能验证,均可结合性能试验进行。

(2) 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。

(3) 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；

(4) 废气加热装置（如有时）功能试验，验证装置有效性，保证低温工况时 SCR 系统的有效运行。

### 5.5.7 SCR 系统性能试验

#### (1) 催化剂降 NO<sub>x</sub> 的能力

① 验证催化剂最大转化效率。选择至少 1 个柴油机工况，对 SCR 系统进行手动控制或临时改变该工况下还原剂喷射量，此时还原剂的喷射量应根据该工况下的温度和空速值，参照本指南第 2 章第 2.1.1 (9) ⑥条对应的氨氮比来确定，并将测得的 NO<sub>x</sub> 转化效率和氨泄漏与本指南第 2 章第 2.1.1 (9) ⑥条进行对比，验证催化剂的最大转化效率；

② 应对氨泄漏量进行测量并符合本指南 3.1.5 要求。

#### (2) 控制策略设计的合理性验证

① 抽查工况。柴油机推进特性曲线（E3 循环工况曲线）或 D2 循环工况曲线上（或附近，建议偏离 5%左右）另外任选一个工况（不包括 E3 或 D2 原有的模式点工况）。该工况下 NO<sub>x</sub> 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。如果验证试验结合柴油机方案 A 的前期发证检验（EIAPP 发证检验）进行，应在各试验循环的曲线上各抽查一个工况。

② 应对氨泄漏量进行测量并符合本指南 3.1.5 要求。

#### (3) 建模工具计算的准确性和比例缩放的合理性验证

① 拟用于方案 B 的 SCR 系统，由于方案 B 不在台架进行柴油机与 SCR 系统的匹配试验，而且船上初次确认试验是一种简化的确认方式。因此，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 IAPP 初次检验不合格的可能性。

② 申请方应先提交试验样机的 SCR 反应装置试验报告和建模计算报告，通过试验验证比例缩放的合理性和建模计算的准确性。图 5.5.7 为验证流程。

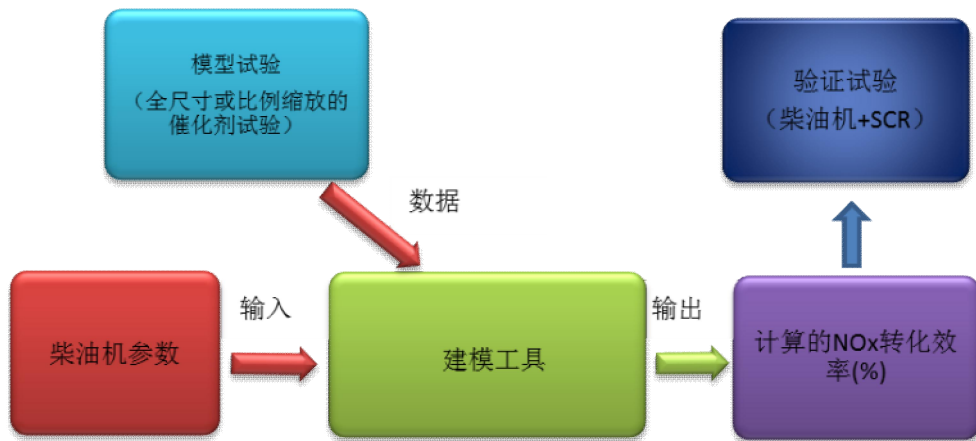


图 5.5.7: 建模工具计算和比例缩放的验证试验流程

- ③ SCR 反应装置试验和建模工具的相关要求参照 MEPC.291(71) 执行。
- ④ 应对氨泄漏量进行测量并符合本指南 3.1.5 要求。

(4) 验证试验应至少记录附录 2 所列试验数据。

(5) 性能试验应符合 NTC 2008 的第 5 章的试验台 NO<sub>x</sub> 排放测量程序。

5.5.8 SCR 认可阶段应根据本指南第 6 章的要求对通用的技术案卷进行审批。

## 5.6 单件/单批检验

5.6.1 取得 CCS 型式认可后，工厂按认可条件生产的 SCR 系统可申请 CCS 进行单件/单批检验。

5.6.2 认可后的单件/单批检验项目应满足表 5.6.2 的要求，并在检验完成后提交相应的试验报告：

SCR 系统单件/单批项目

表 5.6.2

编号	试验项目	检验要求
1	目测检查	本指南 5.5.1.
2	控制软件版本号	核查控制软件的版本号等信息
3	排放相关零部件的 IMO 标识核查	排放相关零部件，参照本指南 6.2
4	SCR 技术案卷审批	1) 确认产品是否适用于拟匹配的柴油机。 2) 符合本指南第 6 章要求。

5.6.3 单件/单批检验完成后，CCS 签发船用产品证书或等效证明文件，并在发证前批准 SCR 技术案卷。

## 5.7 证书

5.7.1 SCR 系统按本指南要求，经认可检验合格后，应签发相应的证书，并在发证前批准 SCR 技术案卷。

5.7.2 SCR 系统的认可证书和产品证书，应注明适用范围。

(1) 仅适用于方案 A 的 SCR 系统，应注明：“适用于方案 A，不包括方案 B（如建模工具等）的认可；如用于方案 B，应确认系统满足 MEPC.291(71)的相关要求”。

(2) 方案 A 和方案 B 都适用的 SCR 系统，应注明：“适用于方案 A 和方案 B”。

5.7.3 SCR 系统的认可证书和产品证书，应包含本指南附录 1 的“SCR 系统工作边界参数表”所列内容。

5.7.4 SCR 系统的认可证书和产品证书，应有零部件清单（部件明细）以列明系统的组成。认可证书的零部件清单应包括：部件名称、型号、规格或材料、IMO 标识号；产品证书的零部件清单应包括：部件名称、规格或材料、IMO 标识号、部件产品编号。

5.7.5 SCR 系统的产品证书，应注明：装有 SCR 系统的柴油机，其排气管的安装布置应满足技术案卷中的相关要求。

5.7.6 SCR 系统应整机安装完毕后，申请 CCS 检验发证；如果以散件供货，申请单件/单批检验时，不在检验地点形成完整系统，在产品证书上应列明需要补充的检验和试验以及所依据的文件编号。

## 第 6 章 SCR 系统技术案卷和参数核查法

### 6.1 SCR 系统技术案卷

6.1.1 每台 SCR 系统应备一份技术案卷，技术案卷至少包含下述内容：

(1) 还原剂：成分/类型和浓度；

(2) 还原剂喷射系统，包括关键尺寸、供应量、供给泵型号及规格。

(3) 柴油机排气总管至 SCR 反应装置的排气管中 SCR 特定部件的设计特点。这个特点由申请方提出，可包括但不限于：

① 申请方提出的与排气管结构设计相关的限制条件，包括弯道位置和数量、排气管方向和几何尺寸、管径的变化和引导废气流的布置等；

② 还原剂喷射位置与 SCR 反应装置的最小距离；

③ 喷嘴在排气管的位置和喷射角度，如反向或顺向；

④ 混合器的布置；

⑤ 喷嘴及雾化布置；

⑥ 进入 SCR 反应装置的方向，底部进或顶部进；

⑦ 旁通阀件的控制说明，旁通阀及其控制装置的识别（如果申请方对 SCR 旁通结构有明确要求时）；

⑧ 当一个整体的还原剂喷射和 SCR 反应装置布置作为成套项目安装到排气管时，可能影响 NO<sub>x</sub> 排放的该单元的参数。

(4) 催化剂块的规格及其在 SCR 反应装置内的布置。催化剂块的详细规格和催化剂块在 SCR 反应装置中的布置，可包括但不限于：

① 催化剂块在 SCR 反应装置内的安装，包括催化剂块的数量、层数和防止废气泄漏的 SCR 反应装置的壳体和框架；

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 催化剂材料：可通过部件号或规格号识别。确定船上催化剂块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 吹灰装置的布置；

⑥ 检查口的布置。SCR 反应装置的检查限于确保在 SCR 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；

⑦ 为废气和还原剂分布而设置在 SCR 反应装置中的的挡流板或类似装置的布置。

(5) 进口参数，包括 SCR 反应装置进口处允许的废气温度（最高和最低）。

(6) 跨单元参数：SCR 反应装置进口和出口之间以及反应装置上游和下游所有属于 SCR 系统的部件所造成的允许压力损失（ $\Delta p$ ）。

(7) 使柴油机持续符合适用 NO<sub>x</sub> 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。

(8) SCR 性能劣化率的相关因素，例如：SCR 催化剂块的更换条件及其建议的更换时间。

① 装有 NO<sub>x</sub> 监测设备的开环或闭环控制策略，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 NO<sub>x</sub> 监测设备读数的对应关系，和 NO<sub>x</sub> 监测设备的维护、检修和校准要求；

② 没装有 NO<sub>x</sub> 监测设备的开环控制策略，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导书（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。

(9) SCR 系统的控制方式和设定，例如：控制设备的型号、规格。包括但不限于下述内容：

① 还原剂喷射的控制策略（指明开环或闭环控制）；

② SCR 控制相关的传感器及部件使用说明；（如适用）

③ 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）

④ 如采用 NO<sub>x</sub> 测量装置，至少应包括下述说明：

□ 如，类型/模式（标识号）；

□ 校准、零位和满量程检查程序和这些检查的周期（如适用）；

□ 船上配备校准气（如适用）；

□ 维护和/或更换要求；

⑤ 如果装有 SCR 的柴油机系统有不同的工作模式，（如分别满足 Tier II 和 Tier III 的模式），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

⑥ 辅助控制设备，MARPOL 附则 VI 第 13.9 条提到和第 2.4 条定义的，可能会用于装有 SCR 的柴油机系统，覆盖启动、停止、低负荷运行和换向操作。应提交认可。

(10) 使还原剂泄漏最小的措施。还原剂泄漏最大值由申请方提出。支持材料包括不同负荷下的还原剂喷射比例、还原剂喷射时的催化剂或废气温度等以防止还原剂泄漏超过提出的最大值。SCR 下游的还原剂泄漏监测或等效方法可接受作为最小化还原剂泄漏的措施。或者减少还原剂泄漏的方法（如氨泄漏催化剂或主动的催化剂热管理）也可以作为最小化还原剂泄漏的方法。

- (11) SCR 系统的参数检查方法（参照本指南 6.2 节）。
- (12) 申请方提出的其他参数。
- (13) 装有 SCR 的柴油机 EIAPP 发证的技术案卷，还应包括：
  - ① 柴油机 TierIII 族/组的信息和族/组内成员机及其配套 SCR 系统的信息；
  - ② Tier II 或 Tier I 的族/组信息和族/组内成员机及其配套 SCR 系统的信息。

## 6.2 SCR 系统的参数检查方法

6.2.1 SCR 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 6.2.2）。
- (2) 与负荷有关的还原剂质量流量核查（参照本章 6.2.3）。
- (3) NO<sub>x</sub> 测量（定期检查，参照本章 6.2.4）。
- (4) 参数记录簿，用于记录排放相关部件和设定值的变化。

6.2.2 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。SCR 系统的排放相关零部件应包括但不限于下述内容：

- (1) SCR 反应装置。
- (2) 催化剂块。
- (3) 混合装置。
- (4) 还原剂喷嘴。
- (5) NO<sub>x</sub> 测量装置（控制相关）。
- (6) SCR 控制系统的软件版本。

6.2.3 与负荷有关的还原剂质量流量的核查，应包括下述内容：

- (1) SCR 系统的还原剂质量流量应根据本指南第 4 章表 4.5.1 的要求进行

实时监测。

(2) 应定期记录各模式点下还原剂的喷射量，并与柴油机检验发证时各模式点的还原剂喷射量进行对比。

(3) 记录船上每一次还原剂的充装量、成分和浓度。

(4) 记录船舶每一次进出 ECA-NO<sub>x</sub> 的时刻和位置。

(5) 定期核算和记录 SCR 系统的还原剂消耗总量，并与还原剂充装量进行核对。

(6) 提供评判标准，能够方便的评判还原剂的消耗与达到符合适用的 NO<sub>x</sub> 限值目的是否一致。

6.2.4 NO<sub>x</sub> 测量，应包括下述内容：

(1) 对各模式点下 SCR 下游的 NO<sub>x</sub> 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 SCR 效率与发证时一致。

## 第 7 章装有 SCR 系统的柴油机认可与发证程序

### 7.1 族/组的特殊要求

7.1.1 装有 SCR 系统的柴油机,其族/组应满足 NTC 2008 第 4 章和 MEPC.291 (71) 要求。

7.1.2 装有 SCR 系统的柴油机,空速、催化剂块的几何尺寸和催化剂材料可作为组的基本特性,即可为组内柴油机所共有。NTC2008 第 4.3.8 条(尤其是 4.3.8.3、4.3.8.4 条)和第 4.4.6.2 条(除 4.6.2.1 条的“缸径和冲程”外)规定的某些基本特性和参数可不作为组内柴油机所共有。(依照 MEPC.1/Circ.865)

7.1.3 装有 SCR 系统的柴油机,其母型机应选择组/族中 NO<sub>x</sub> 排放最高的柴油机。如果组/族中出现排放同样高的情况,那么应该选择原机 NO<sub>x</sub> 排放最高的柴油机+SCR 作为母型机。

7.1.4 Tier II 和 Tier III 不一定是同一母型机。

7.1.5 方案 B 只适用组的概念,也就是说,族的概念不适用于方案 B。

### 7.2 方案 A 的认可发证程序

7.2.1 方案 A 的发证流程如图 7.2.1 所示。



图 7.2.1 方案 A 的发证流程

7.2.2 方案 A 的柴油机+SCR 试验,应满足 NTC2008 第 5 章的试验要求。试验时可以不安装旁通系统,但是由此导致的对流体动力或还原剂分布的影响,申请方应进行说明。

7.2.3 方案 A 的柴油机+SCR 试验,各模式点的氨泄漏一般不应超过 10ppm,也可以接受申请方采用的其他公认标准。

7.2.4 方案 A 的柴油机+SCR 试验台,还原剂喷射位置与 SCR 反应装置的距离应不大于申请方所的技术案件对此距离的要求,即此距离布置不应比实船布置

要求宽松。

7.2.5 装有 SCR 系统的柴油机初次发证检验，应满足 NTC 2008 和 MEPC. 291(71)的相关要求。因此，申请方案 A 的 EIAPP 发证检验应至少提交表 7.2.5 所列资料。

方案 A 的 EIAPP 发证资料清单

表 7.2.5

序号	提交资料		依据（条款）		说明
			MEPC. 291(71)	NTC2008	
1	族或组概念的应用		4	4	同时，参考本指南 7.1 节。
	1.1	产品一致性的有效控制；	——	4.3.7	
	1.2	族/组的划分；	4	4.3.8/4.4.6	
	1.3	母型机选择导则；	4.2,4.3	4.3.9/4.4.8	
2	试验大纲		5	5	
3	旁通管路未安装说明（如适用）		5.1.2	——	试验台架未安装旁通管路时。
4	试验报告		5.2.2	5.10	
5	技术案卷和船上 NOx 核查程序		3.1.3, 3.2	6	本指南第 6 章

7.2.6 方案 A 的柴油机+SCR 试验前，还应对核查表 7.6 所列内容，以确认 SCR 系统与技术案件和图纸要求一致。

### 7.3 方案 B 的认可发证程序

7.3.1 方案 B 的发证流程如图 7.3.1 所示,具体要求参照 MEPC.291(71)执行。其中，流程图中的参与计算的“柴油机参数（6.1.1.3&6.2）”应为组的母型机参数。

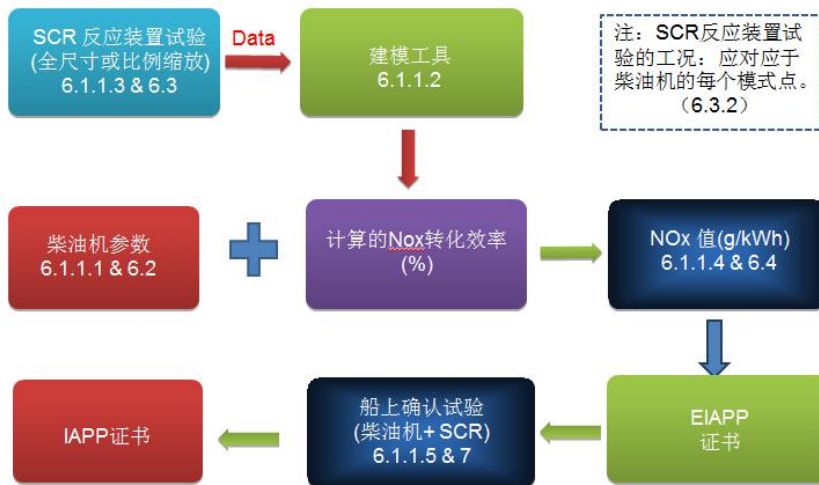


图 7.3.1: 方案 B 的发证流程 (注: 图中条款为 MEPC.291(71)对应条款。)

7.3.2 SCR 反应装置试验的比例缩放程序, 如果不能通过理论分析或计算(考虑 SCR 反应装置的复杂状况, 比如气体速度和还原剂的均匀性等)得到满意的确认, 应以方案 A 的形式进行验证试验。验证试验流程参照本指南第 5 章 5.5.7 (3) 执行。

7.3.3 装有 SCR 系统的柴油机初次发证检验, 应满足 NTC 2008 和 MEPC.291(71)的相关要求。因此, 申请方案 B 的 EIAPP 发证检验应至少提交表 7.3.3 所列资料。

方案 B 的 EIAPP 发证资料清单

表 7.3.3

序号	提交资料	依据 (条款)		说明
		MEPC.291(71)	NTC 2008	
1	组概念的应用	4	4.4	同时, 参考本指南 7.1 节。
	1.1 产品一致性的有效控制;	—	4.4.5	
	1.2 组的划分;	4	4.4.6	
	1.3 母型机选择导则;	4.2,4.3	4.4.8	
2	方案 B 的试验计划;	6	—	包括 6.1 所列试验程序的说明;
3	建模工具说明书;	6.1	—	
4	比例缩放程序说明;	6.3.1	—	
5	比例缩放的验证试验报告 (如适用)	6.3.1.2	—	
6	方案 B 试验报告	6.5	—	
	6.1 原机排放数据	6.2.2	—	
	6.2 SCR 反应装置试验报告;	6.3.5	—	
	6.3 NO <sub>x</sub> 排放计算报告	6.4.1	—	
7	船上确认试验大纲	3.1.3, 7	—	本指南 7.3.4。
8	技术案卷和船上 NO <sub>x</sub> 核查程序	3.1.3, 3.2	6	船上确认试验报告应加入技术案卷。

7.3.4 船上初次验证试验, 仅要求对组内的母型机进行。但是, 如果母型机

或排放与母型机相同的成员机未进行船上验证试验，那么组内的每台柴油机均应进行船上验证试验。

## 7.4 EIAPP 证书

### 7.4.1 证书申请方

(1) EIAPP 证书的申请方是装有 SCR 系统的柴油机排放符合性的责任主体。EIAPP 证书应注明申请方信息。

(2) 对于方案 B 的 EIAPP 发证检验，船上初次确认试验提供合格的报告后，IAPP 的初次检验才完成。因此申请方仍是责任主体直到系统的最终认可。

### 7.4.2 一张证书和一份技术案卷

(1) 同时满足 Tier II 和 Tier III 标准的柴油机，签发一张 EIAPP 证书，批准一份技术案卷，内容包括 Tier II 和 Tier III 的信息。

### 7.4.3 证书签发及填写

(1) 装有 SCR 系统的柴油机，其 NO<sub>x</sub> 排放认可证书以附页形式列明族/组中柴油机（母型机和成员机）的型号规格及其配套 SCR 系统的型号规格。

(2) 如果柴油机原有 Tier II 的族/组没有变化，依据原有认可填写 Tier II 的相关信息。

(3) Tier III 母型机排放值。

① 采用方案 A 认可的柴油机，填写测试排放值，并注明：Scheme A；

② 采用方案 B 认可的柴油机，填写计算值，并注明：Calculated Value in Scheme B。

## 7.5 船上初次确认试验

7.5.1 装有 SCR 系统的柴油机，如采用方案 B 申请前期发证检验，在 IAPP 初次检验发证之前，应完成船上初次确认试验。

7.5.2 船上初次确认试验，应依据本指南表 7.3.3 中提到的“船上确认试验大纲”进行，试验过程中须确认表 7.5.2 的内容。

船上初次确认试验项目及说明

表 7.5.2

序号	项目	说明
<b>1</b>	<b>分析仪及标准气:</b>	
1.1	分析仪规格	1) NO <sub>x</sub> 分析仪。要求化学荧光探测器 (CLD) 或加热式化学荧光探测器 (HCLD)。如使用HCLD, 取样气体温度应保持在55℃至200℃。 2) 氨分析仪。
1.2	分析仪的校准	1) 查看三个月内的校准记录或校准证书。
1.3	标准气体	1) 核查标准气合格证; 2) 标准气种类齐全, 可满足分析仪的标定。
<b>2</b>	<b>取样探头安装布置:</b>	
2.1	取样探头的位置	1) SCR 上游的探头 (NO <sub>x</sub> ): 安装在 SCR 系统所有部件的上游, 一般为混合器的上游。 2) SCR 下游的探头 (NO <sub>x</sub> 和 NH <sub>3</sub> ): SCR 下游至少 10 个排气管直径的距离; 废气系统出口上游 0.5m 或 3 个排气管直径 (取大者) 的距离。
2.2	取样温度	1) 取样探头处废气温度一般在 190℃ 以上; 如不测 HC, 温度至少 70℃; 2) 取样管路应进行加热保温处理。
<b>3</b>	<b>试验前的准备:</b>	
3.1	分析仪预热	1) 一般不小于 2h; 也可根据分析仪制造厂的建议来定。
3.2	取样系统泄漏试验	2) 探头与排气脱开且端部塞住, 开启分析仪运转后, 取样流量为零。
3.3	分析仪零位和满量程	1) 试验前后, 都应用标准气进行零位和满量程测试; 2) 在试验之前和之后的零位和满量程气体响应相差低于初始满量程气体浓度的 2%
<b>4</b>	<b>试验要求及接受指标:</b>	
4.1	试验模式点	1) 三个模式点: 额定功率的 75%、50%、25%; (尽可能接近) 2) 发动机工况稳定后进行测量 SCR 系统进出口的 NO <sub>x</sub> , 至少在 NO <sub>x</sub> 测试曲线平稳后测量;
4.2	接受指标	1) 各模式点的 NO <sub>x</sub> 转化效率不应低于排放技术案卷中转化效率值的 5%; 转化效率计算: $\eta = \frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{C_{inlet}} \times 100$ 2) 各模式点的氨泄漏一般不应超过 10ppm, 也可以接受申请方采用的其他公认标准。 3) 各模式点的还原剂喷射量。与排放技术案卷中各模式点还原剂供给量对比。
<b>5</b>	<b>记录和报告</b>	
5.1	数据记录	检查现场数据记录, 并做保留。

5.2	船上确认试验报告	核对和签署船上验证试验报告。
-----	----------	----------------

7.5.3 SCR 系统船上安装后，还应对核查表 7.6 所列内容，以确认 SCR 系统与批准的技术案件和认可要求一致。

## 7.6 SCR 系统核查项目及说明

7.6.1 装有 SCR 系统的柴油机，无论是方案 A 的柴油机+SCR 台架试验，还是方案 B 的船上验证试验，都应核查表 7.6 的所列内容。

SCR 系统核查项目及说明

表 7.6

序号	项目	说明（确认与技术案件和认可要求一致）
<b>1</b>	<b>SCR 反应装置</b>	
1.1	主体结构	观察孔的布置、封装、立式或卧式。
1.2	内部布置	1) 催化剂块结构尺寸、单元数目及其在反应装置中的排列布置。 2) 确认催化剂总体积和空速（结合案卷中的废气排量计算）符合技术案卷要求。
<b>2</b>	<b>控制策略</b>	
2.1	开环或闭环	与技术案卷一致。
2.2	NO <sub>x</sub> 监控	是否安装 NO <sub>x</sub> 监控装置。
2.3	重要输入信号	控制信号来源，比如转速、功率、油门等。
2.4	压差保护设置	压差报警和停止运行的设定值。
2.5	起喷温度控制	工作温度窗口是否与技术案卷一致。
<b>3</b>	<b>还原剂供给</b>	
3.1	还原剂浓度	40%或 32.5%，是否与技术案卷一致。
3.2	供给泵的冗余	一般两台互为备用，或者有备件。
3.3	喷嘴布置	喷射位置与 SCR 反应装置的相对距离。（如最小距离或混合器前的位置）
3.4	辅助空气	喷嘴位置，有辅助空气帮助还原剂雾化。核对空气压力是否与技术案卷一致。
<b>4</b>	<b>辅助设备（根据配备情况选择适用项目）</b>	
4.1	旁通管路	是否按照要求有旁通管路及阀件连锁。
4.2	吹灰装置	吹灰压力、吹扫布置。
4.3	混合器	混合器布置。
4.4	废气加热装置	功能确认。
<b>5</b>	<b>IMO ID</b>	
5.1	SCR 反应装置	标识号及位置
5.2	催化剂块	标识号及位置
5.3	混合器	标识号及位置
5.4	还原剂喷嘴	标识号及位置
5.5	NO <sub>x</sub> 测量装置 （控制相关）	标识号及位置

5.6	控制软件版本号及 CRC	通过控制系统操作界面查看。
-----	--------------	---------------

## 附录 1 SCR 系统工作边界参数表

<b>1. 催化剂</b>		
型号		
工艺（蜂窝式、翅片式或其他形式）		
主要材料（钒基或其他）		
目数（催化剂块的 CPSI）		
制造厂		
<b>2. 系统参数</b>		
SCR 反应装置前后最大允许压差	kPa	
适用的燃油品质和标准 最大燃油硫含量， 以及对应的 SCR 系统起喷温度	% °C	
催化剂块更换周期	h	
还原剂浓度及规格	%	
吹灰装置最低吹扫压力	kPa	
还原剂最低喷射压力	kPa	
适用的最大空速	l/h	
适用的最大面速度	m/h	
适用的最大线速度	m/h	
ANR 适用范围		

## 附录 2 验证试验数据记录表

模式	1	2	3	4	5	6	7	8
功率/扭矩%								
转速%								
开始时间								
<b>环境数据</b>								
相对湿度 %								
环境温度℃								
大气压力 kPa								
<b>发动机数据</b>								
燃油质量流量 kg/h								
排气质量流量( $q_{mew}$ ) kg/h								
增压空气冷却剂进口温度℃								
增压空气温度℃								
增压空气参考温度℃								
增压空气压力 kPa								
<b>SCR 数据</b>								
SCR 进口废气温度℃								
SCR 出口废气温度℃								
SCR 进口废气压力 kPa								
SCR 出口废气压力 kPa								
SCR 进出口压差( $\Delta P$ ) kPa								
还原剂流量 L/h								
还原剂喷射压力 kPa								
还原剂浓度 m/m %								
吹灰压力 kPa								
<b>排放数据</b>								
SCR 进口	NO <sub>x</sub> 浓度干/湿 ppm							
SCR 出口	NO <sub>x</sub> 浓度干/湿 ppm							
	O <sub>2</sub> 浓度干/湿 %							
	CO 浓度干/湿 ppm							
	CO <sub>2</sub> 浓度干/湿 %							
	HC 浓度干/湿 ppm							
	氨泄漏 ppm							