



指导性文件
GD 13-2022

中 国 船 级 社

选择性催化还原(SCR)系 统船上应用指南

2022

2022年7月1日生效

北 京

目 录

前 言	1
第1章 通则.....	3
1.1 适用范围	3
1.2 目标和功能要求	3
1.3 定义、缩写和符号	4
1.4 附加标志	5
1.5 风险分析	5
1.6 操作与维护手册	5
1.7 等效或替代	6
第2章 检验与发证.....	7
2.1 图纸资料	7
2.2 检验	7
第3章 系统设计与布置.....	10
3.1 一般要求	10
3.2 与发动机的匹配要求	10
3.3 排气系统	11
3.4 还原剂供应系统	11
第4章 系统设备.....	15
4.1 SCR反应器	15
4.2 泵和风机	15
4.3 还原剂	15
4.4 气动系统	16
4.5 电气设备	16
第5章 采用氨水作为还原剂的附加要求.....	17
5.1 结构和布置	17
5.2 通风系统	17
5.3 溢流柜	18
5.4 氨水储存舱/柜的空气管	18
5.5 氨水加注系统	18
5.6 气体探测和报警系统	19
5.7 防护设施	19

第6章 电控系统	20
6.1 一般要求	20
6.2 控制和监测系统	20
6.3 紧急停机装置	21
附录1 风险分析.....	22

前 言

国际海事组织 (IMO) 海上环境保护委员会第 66 届会议 (MEPC 66) 以 MEPC.251(66) 决议通过 MARPOL 附则 VI 和 2008 NO_x 技术规则修正案, 并于 2015 年 9 月 1 日起生效实施。

通过对 Tier III 技术发展状况的评审和反复的讨论, MEPC 66 最终确定了 Tier III NO_x 排放标准的实施时间, Tier III NO_x 排放要求适用于:

(1) 2016 年 1 月 1 日或以后建造并且在北美排放控制区内或美国加勒比海排放控制区内航行的船舶, 其上安装的发动机;

(2) 在其他 NO_x 排放控制区 (北美排放控制区或美国加勒比海排放控制区除外) 通过日期或以后建造, 或在指定 NO_x 排放控制区的修正案中规定的日期或以后建造 (以较晚者为准), 且在该排放控制区内航行的船舶, 其上安装的发动机。

Tier III 排放限值在 Tier I 限值的基础上减少了约 80%, 目前能达到 Tier III 排放标准的相对成熟的单一技术有 SCR(selective catalytic reduction) 技术、EGR(Exhaust Gas Recirculation) 技术及低压喷射 LNG 发动机。SCR 技术由于适用范围广, 对发动机的安全影响较小, 获得了业界的广泛关注。

2011 年 7 月 15 日, IMO MEPC 62 以 MEPC.198(62) 决议通过了在 2008 年 NO_x 技术规则基础上关于装有 SCR 系统船用发动机的补充要求, 为主管机关或主管机关授权机构实施 Tier III 发动机法定检验奠定了基础。

2015 年底, CCS 编制的《选择性催化还原 (SCR) 系统认可及检验指南》通过评审, 于 2016 年 3 月 1 日起正式生效实施, 适用于申请 CCS 产品认可和检验发证的 SCR 系统。SCR 系统在船上应用的技术要求有待进一步补充规定。

基于上述需求, 本指南主要规定了 SCR 系统船上设计、布置、控制监测、安装试验等方面的要求, 属船级检验要求, 旨在为船舶设计、建造 / 改造、检验、试验等提供指导。本指南作为规范的补充, 不能替代任何公约、法规的规定和操作要求。

由于 SCR 系统从产品检验到船上安装及应用, 涉及的环节很多, 下图给出了 CCS SCR 系统认可的主要流程, 供产品厂、船舶设计单位、船厂、船东及审图、检验单位参考。SCR 系统认可主要包括法定检验和船级检验, CCS 作为主管机关授权机构也可实施单独的法定检验。

第1章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 本指南适用于为减少船上发动机 NO_x 排放而安装的选择性催化还原 (以下简称 SCR) 系统。

1.1.2 本指南给出了 SCR 系统船上设计、布置、控制监测、安装试验等方面的船级要求。本指南不包含 SCR 系统型式认可和产品检验的具体要求, 对于申请中国船级社 (以下简称 CCS) 型式认可和产品检验的 SCR 系统, 请参照 CCS《选择性催化还原 (SCR) 系统认可及检验指南》的要求。

1.1.3 本指南仅为规范的补充, SCR 系统还应满足 CCS《钢质海船入级规范》(以下简称《钢规》)、CCS《散装运输危险化学品船舶构造与设备规范》的有关要求。

1.1.4 本指南适用于采用尿素水溶液和氨水作为还原剂的 SCR 系统, 采用液氨的 SCR 系统应经特殊考虑和批准。

1.2 目标和功能要求

1.2.1 本指南的目标是为船舶 SCR 系统的设计、制造、布置、安装、检验试验、操作安全提供标准, 以尽可能地减少 SCR 系统安装和运行对船舶、船员和环境产生的危害。

1.2.2 为实现上述目标, SCR 系统应满足如下功能要求:

- (1) 适应船舶营运的环境条件、工作条件;
- (2) 能有效地处理与其连接发动机的废气 NO_x 排放;
- (3) 应尽可能地减少 SCR 系统安装和运行对发动机的影响, 确保发动机能连续工作, 且运行参数、功率输出等始终维持在设计范围以内;
- (4) 应防止可燃、易爆、有毒气体的意外积聚或扩散;
- (5) 应防止化学物质的泄漏和扩散对船员、船体结构或其他设备系统造成伤害;
- (6) 应防止低温、高温、运动运转设备等对船员或其他设备造成伤害;

- (7) 应针对潜在的火灾风险设置探火、防火和灭火措施；
- (8) SCR 系统的安装和布置应考虑对船体结构、船舶稳性的影响；
- (9) 应采取合适的控制、监测、安全保护系统以确保其安全可靠地运行。

1.3 定义、缩写和符号

1.3.1 定义

(1) **SCR 系统**系指还原剂供应系统、SCR 反应器、电控系统组成的一个系统。如设有单独的压缩空气系统、混合器，也将其视为该系统的一部分。

(2) **还原剂喷射系统**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。

(3) **还原剂供应系统**系指由还原剂储存 / 配制舱 / 柜、还原剂供应管系和还原剂喷射系统组成的系统。

(4) **催化剂块**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 NO_x 的催化剂成分。

(5) **SCR 反应器**系指含有催化剂块并且废气和还原剂流入的完整装置。

(6) **SCR 电控系统**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) **NO_x 转化率**系指按下式计算的值 $\eta(\%)$ ：

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

式中： C_{inlet} —— SCR 反应器进口处测量的 NO_x 浓度，ppm；

C_{outlet} —— SCR 反应器出口处测量的 NO_x 浓度，ppm。

(8) **方案 B**系指由于试验条件限制，无法通过台架试验验证装有 SCR 系统发动机的排放符合性，或者船上试验不能完全符合 2008NTC 第 5 章的要求，通过建模计算和船上初次确认试验 (如必要) 等，证明其排放符合性的一种检验方法 (参照 MEPC.198(62) 决议)。

1.3.2 缩写和符号

(1) SCR(Selective Catalytic Reduction): 选择性催化还原;

(2) SCRS(Selective Catalytic Reduction Systems): 选择性催化还原系统;

(3) 2008NTC(NO_x Technical Code 2008): 系指 MEPC.177(58) 决议通过的《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》;

(4) EIAPP(Engine International Air Pollution Prevention) 证书: 系指与 NO_x 排放有关的柴油机国际防止空气污染证书;

(5) IAPP(International Air Pollution Prevention) 证书: 系指国际防止空气污染证书;

(6) NO_x: 氮氧化物;

(7) MSDS(Material Safety Data Sheet): 材料安全数据单

1.4 附加标志

1.4.1 船舶上安装 SCR 系统 (持有 CCS 船用产品证书), 其设计、布置、安装等满足本指南要求, 且排放符合性按 CCS 现行《船用柴油机氮氧化物排放试验及检验指南》有关规定以及 MEPC.198(62) 决议等 IMO 适用要求进行了验证, 经检验合格后可授予如下附加标志:

NEC(SCRS)

1.4.2 上述附加标志的授予、保持、暂停、取消和恢复应符合 CCS《钢规》第 1 篇第 2 章第 9 节的适用要求。

1.5 风险分析

1.5.1 应采用公认的风险分析 / 评估方法 (例如 IEC/ISO31010) 对 SCR 系统设计、布置、操作有关的安全问题进行分析和评估, 并考虑采取合适的措施对已识别的风险进行控制。

1.5.2 风险分析时, 需考虑的因素、报告内容及分析表可参考本指南附录 1。

1.6 操作与维护手册

1.6.1 船上应备有 SCR 系统操作与维护手册, 内容涵盖操作、安全、维护要求以及与系统有关的职业健康风险。

1.6.2 手册一般应至少包括如下几方面的内容, 但不限于此:

- (1) SCR 系统的操作、检查、测试、维护有关的程序与计划；
- (2) 监测系统、安全切断系统、备用系统的定期检测和维护有关的程序与计划；
- (3) 系统运行拟使用的危险和非危险化学品加注、储存及使用有关的特别说明；
- (4) 系统运行有关的工作条件和限制条件；
- (5) 相关责任方标识等。

1.7 等效或替代

1.7.1 船上安装的任何装置、材料、设备和器具可以替代本指南规定的装置、材料、设备和器具，前提条件是经试验或其他方法证明认定这些装置、材料、设备和器具至少与本指南要求具有同等效能。

1.7.2 若对指南要求的计算方法、评定标准、制造程序、材料、检验和试验方法，能提供相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准，经 CCS 同意，可以接受作为替代和等效方法。

第 2 章 检验与发证

2.1 图纸资料

2.1.1 拟安装 SCR 系统 (持有 CCS 船用产品证书) 的船舶, 应向 CCS 提交如下图纸资料批准:

(1) SCR 反应器安装基座及与船舶结构连接相关的详细图纸, 包括结构尺寸、焊接细节和主要部件的基座细节;

(2) 还原剂加注、存储、驳运、制备等有关的布置细节, 包括还原剂储存舱/柜的容量计算。

(3) 主要管系图, 包括管路及相关部件 (泵、还原剂计量系统、空气供应系统等) 的尺寸、设计压力和温度、安全阀设定、承滴盘设置 (如适用) 等。

(4) 控制与监测系统系统图及说明书, 包括非正常条件的设定点、废气排放监测位置细节等;

(5) SCR 系统所有电气设备系统图, 包括基于计算机的电气系统;

(6) SCR 系统紧急停机装置;

(7) 船上试验程序。

2.1.2 应提交如下图纸资料备查:

(1) SCR 系统布置总图, 包括 SCR 系统有关设备清单;

(2) SCR 系统对船舶稳性影响的评估资料 (如适用), 包括 SCR 系统及其相关船体结构重量重心估算书、舱容图/表 (如适用)、装载工况计算 (如适用)、破损稳性计算书 (如适用)

(3) SCR 系统对船舶总纵强度影响的评估资料 (如适用);

(4) 证明 SCR 系统与发动机匹配的详细资料;

(5) 风险分析报告 (参照 1.5 的规定)。

(6) 操作与维护手册 (参照 1.6 的规定)。

2.2 检验

2.2.1 SCR 系统检验除法定检验外，一般应包括如下船级检验：型式认可和产品检验、初次检验、营运中检验。

2.2.2 型式认可和产品检验：SCR 系统应按 CCS《选择性催化还原 (SCR) 系统认可及检验指南》进行型式认可和产品检验，且其系统和构件应按 CCS《钢规》第 1 篇第 3 章的要求持证。

2.2.3 初次检验：SCR 系统在船上安装后但尚未投入使用之前，都应进行初次检验，确认每台 SCR 系统证书及相关文件配备齐全，系统按本指南适用要求进行安装，并按船上试验程序验证系统运行时的性能满足要求。主要包括：

- (1) 根据批准的图纸检查和验证 SCR 反应器安装基座及与船舶结构连接有关的附件；
- (2) 根据《钢规》第 3 篇第 1、2、4、9 章和本指南要求进行管系安装检验和密性试验；
- (3) 电路的连续性和工艺检验；
- (4) 系统仪器仪表检验；
- (5) 系统减压阀、安全阀检验；
- (6) 控制系统和紧急停车装置检验；

(7) SCR 系统船上试验 (SCR 系统船上安装后应进行整合试验，主要确认各种运行工况和负荷条件下相关系统及设备功能正常且工作稳定，主要工作参数控制在设计范围内，包括验证与系统运行相关的控制、报警、安全保护等。SCR 系统采用方案 B 认可时，可与 SCR 系统排放确认试验结合起来做)。

2.2.4 营运中检验：营运中检验作为船舶检验的一部分，SCR 系统的营运中检验随船舶一起进行，以确保船舶营运过程中 SCR 系统的排放和安全符合性。这种检验包括年度检验、中间检验及特别检验 (检验周期应分别满足 CCS《钢规》第 1 篇第 5 章第 2 节 5.2.1、5.2.2、5.2.4 的规定)。

(1) 年度检验和中间检验项目应至少包括：

- ① 外观检查：SCR 系统所有零部件的外观检查，包括 SCR 反应器、还原剂喷射系统、计量泵、吹灰装置、管系 (包括泵、阀门)、还原剂储存 / 配制舱 / 柜、隔热层、承滴盘、重要零部件的安装基座和附件等。

- ② 设备运行检查：确认所有旋转件和往复运转件的正常运行，如还原剂计量泵、通风系统等。
 - ③ 控制阀件检查：确认所有遥控和自动控制阀可正常操作，如排气系统、还原剂计量泵、吹灰器中的控制阀。
 - ④ 系统运行检查：检查整个 SCR 系统的工作状态，确认 SCR 系统运转正常。
- (2) 特别检验项目在 2.2.4(1) 年度检验项目基础上还应包括：
- ① 视情对 SCR 系统配置的所有舱底水泵、水处理泵以及还原剂泵进行拆检；
 - ② 视情对 SCR 系统配置的重要风机进行拆检；
 - ③ 确认所有遥控和自动控制阀可正常操作。如设有减压阀，应进行功能测试。并随机选择控制阀进行拆检和调试。
 - ④ 电气设备检查应包括电缆及其支撑结构的外观检查、电动机和驱动器绕组绝缘电阻测试。
 - ⑤ 电控系统功能试验，确认自动控制功能、报警、安全保护系统的正常操作。主要包括：指示和报警系统的功能测试；安全保护系统（紧急停机装置）的功能测试；手动控制功能检查；自动切换装置功能检查。

第3章 系统设计与布置

3.1 一般要求

3.1.1 在保证尿素水溶液或氨水有足够时间分解的情况下，SCR 反应器应尽可能靠近发动机安装，以获得较高的反应温度。

3.1.2 SCR 系统的设计和布置应保证 SCR 系统在设备失效、损坏、堵塞等非正常情况下或正常停止工作时，发动机仍能正常运转，如设置旁通或其他等效措施。

3.1.3 组成 SCR 系统的机械设备、电气设备及控制系统等，应分别按《钢规》第 3、4、7 篇规定的环境条件 / 工作环境进行设计、选型、布置。

3.1.4 可能积聚可燃、有毒气体或蒸汽的处所，应满足《钢规》第 3 篇 1.3.4 的通风要求。

3.1.5 应按《钢规》第 3 篇第 1 章 1.3.6 的要求设有适当的防护措施，防止 SCR 系统工作和维护时可能对船上人员造成的伤害。

3.1.6 如 SCR 反应器、还原剂储存舱 / 柜较大 (如长期在 ECA 区内运行的工程作业船等)，可能对船舶的总纵强度、稳性等产生影响时，应评估 SCR 系统对船舶总纵强度和稳性的影响。

3.1.7 SCR 系统的安装、布置应便于操作和维护。

3.2 与发动机的匹配要求

3.2.1 SCR 系统的设计和安装应与发动机匹配，其运转不应对发动机的性能造成负面影响，如背压或排温过高。

3.2.2 SCR 系统的处理能力应与发动机的运行参数匹配，拟安装的 SCR 系统应能有效的处理与其相连发动机最大持续功率 (MCR) 工况下的废气排放。

3.2.3 对于 SCR 系统与多台发动机相连的情况，如实际营运时并非所有与之相连的发动机同时工作，SCR 系统的废气处理能力可按实际工作时最大可能的废气排放量之和确定。

3.2.4 考虑到发动机使用的燃油质量可能对 SCR 系统性能产生影响，如含硫量，应在 SCR 系统或发动机规格书以及操作与维护手册注明其适用的燃油特性范围，以及与燃油特性范围相关的其他参数，如最低废气温度、还原剂喷射量限制等。

3.3 排气系统

3.3.1 SCR 系统中的排气管系(包括阀件、接头)的材料、设计、制造、安装布置应满足《钢规》第 3 篇第 1、2、4、9 章的适用要求。

3.3.2 与还原剂(或还原剂与排气混合物)接触的排气管路(包括阀件、接头)以及 SCR 反应器构件，应选用合适的防腐材料制造。

3.3.3 一般情况下，船上各个发动机的排气管应相互独立，不允许相互连接。如设计者充分考虑了潜在风险，并满足下述情况，经 CCS 特殊考虑，允许多个发动机的排气管连接至同一 SCR 系统进行废气处理：

- (1) 采取有效隔离装置防止废气倒流至停止工作或正在工作的发动机；
- (2) 应采取有效措施，防止隔离装置处于关闭状态时启动被隔离的发动机；
- (3) 隔离装置应工作可靠，任何情况下发生故障，应保证发动机能安全运行；
- (4) 各连接发动机均能满足适用的法定要求；

(5) 各种运行工况下，排气背压始终不超过每个所连接发动机制造厂规定的背压限制。如设置引风机来保持背压，应满足 4.2 的要求。

3.4 还原剂供应系统

3.4.1 一般要求

(1) SCR 系统中还原剂供应系统(包括管路、阀件、接头)的材料、设计、制造、安装布置应满足《钢规》第 3 篇第 1、2 章的适用要求。

(2) 与还原剂储存、加注、处理、驳运相关的管系、舱柜及其它可能与还原剂接触的任何部件，应选用合适的合金钢、不易燃的塑料、做防腐涂层处理的普通碳钢或其它材料，禁止使用铝、铝合金、铜、铜合金、镀锌钢等材料。

(3) 还原剂供应管系采用塑料管时，应满足《钢规》第3篇第2章附录1的适用要求。

(4) 还原剂供应管系应独立于船上其他管系，且不应设在或通过起居处所、服务处所、控制站。

(5) 还原剂供应管系不应布置在锅炉上方或者靠近蒸汽管路、排气系统、需要绝热的热表面。

(6) 还原剂储存 / 配制舱 / 柜及还原剂供应管系可能发生泄漏的位置应设置承滴盘，以承接可能发生的还原剂泄漏。

(7) 承滴盘应设有泄放装置，将承滴盘内的还原剂泄放到溢流柜或其他适合的舱柜，泄放管路上应安装止回阀；或者作为替代，设有泄漏监测装置及快速关闭阀，当发生泄漏时可快速地自动切断还原剂，采用该设计布置时，承滴盘的容量应能足够容纳可能的泄漏。

3.4.2 还原剂储存舱 / 柜

(1) 还原剂储存舱 / 柜的容量设计，应考虑船舶拟运营的航线、还原剂浓度、连接发动机额定功率等因素确定。

(2) 还原剂储存舱 / 柜应远离热源，放置在通风良好的区域，以防溢流或泄漏时不会落到可燃或加热表面。并不应直接与燃油舱和淡水舱相邻。

(3) 对于采用尿素水溶液作为还原剂的 SCR 系统，还原剂储存舱 / 柜可以布置在机舱内，当机舱通风系统能为还原剂储存舱 / 柜附近提供有效的持续通风（还原剂储存舱 / 柜排空并且已经彻底通风时除外）时，则不需要设置单独的通风系统。

如布置在单独的隔间内，应设有独立于起居处所、服务处所或控制站的有效负压机械通风系统，换气次数应不小于 6 次 /h。通风系统应能够从隔间外进行控制。应在隔间外每个邻近入口处张贴安全指示，要求人员进入该处所前应进行通风。对于采用氨水作为还原剂的 SCR 系统，还应满足 5.2 的通风要求。

(4) 由于过高或过低的温度会影响还原剂的特性，应根据船舶航线或作业区域以及还原剂的存储温度范围（可参考公认标准，如 ISO 18611-3:2014），为还原剂储存舱 / 柜配置必要的加热和 / 或冷却系统。

(5) 从还原剂储存舱 / 柜引出的管路一旦损坏会导致还原剂流出，应在储柜出口设一个快速关闭阀，该阀除能就地关闭外，还应能在储存柜所在处所外易于接近的安全位置进行操作。对于采用尿素水溶液作为还原剂的 SCR 系统，可接受设置手动关闭阀。

(6) 还原剂储存舱 / 柜应按《钢规》第 3 篇第 3 章第 10 节的要求安装空气管，其出口应位于开敞甲板上且人员不易靠近的位置，并采取有效措施防止水进入舱 / 柜。空气管应独立于船上其他管系或系统。

(7) 还原剂储存舱 / 柜应设有就地温度和液位指示装置，并应在有人值班控制站显示。还原剂储存舱 / 柜温度和液位的指示和报警要求详见 6.2.4。

(8) 如还原剂储存舱 / 柜为整体舱，则在设计和建造过程中应考虑以下事项：

- ① 这些舱可设计和构造为船体的组成部分 (如双层底舱、翼舱)。
- ② 这些舱应涂有适当的防腐涂料，并不应直接与燃油舱和淡水舱相邻布置。
- ③ 这些舱应根据适用于深舱构造的船体和主要支撑构件的结构要求进行设计和建造。
- ④ 这些舱应包含在船舶的稳性计算中。

(9) 3.4.2(3) 的要求同样适用于临近的通常有人进入的封闭舱室：

- ① 当其与还原剂整体舱相邻时，且存在来自还原剂整体舱的潜在泄漏点 (如，人孔、连接件)；或
- ② 当还原剂管系通过这些舱室时，除非该管系由熔点高于 925 摄氏度的钢或其他等效材料制成，并且具有全焊接接头。

(10) 还原剂舱 / 柜应由钢或其他等效材料^①制成，且熔点应高于 925 摄氏度。

管道 / 管系应由钢或其他等效材料制成，且熔点应高于 925 摄氏度。当还原剂舱 / 柜阀采用金属密封，并为故障自动关闭型或发生火灾时能从安全位置快速关闭，该阀下游管道 / 管系可不用满足上述要求；在这种情况下，可以接受经型式认可的塑料管道，即使其未通过耐火测试。

(11) 还原剂储存舱 / 柜的布置应可以排空舱 / 柜内的还原剂，并通过便携式或永久系统除气。

① 此处“钢或其他等效材料”且熔点高于 925 摄氏度的材料要求，不适用于以下所列 FRP 船 (玻璃钢船) 的用自熄材料涂覆和 / 或绝缘的整体舱：

- 1) 符合 SOLAS 第 II-2 章第 17 条和相关 IMO 指南 (MSC.1/Circ.1574) 要求的 FRP 船舶，和
- 2) 不适用 SOLAS 要求的 FRP 船舶，如游艇、快速巡逻艇、海军舰艇等，一般小于 500 总吨，受游艇规则或船旗法规的约束。

3.4.3 过滤器

(1) 为减少还原剂中杂质对还原剂供应系统中阀件及其它重要部件的损害，应在系统中安装过滤器。

(2) 过滤器设计压力应大于系统最大工作压力。

3.4.4 防护设施

(1) 为保护船员，船上应配备合适的保护设备（包括大围裙、长袖橡胶手套、橡胶靴、防化学物质材料的连体工作服、口罩、防化学物质护目镜或面具）。对于采用尿素水溶液作为还原剂的 SCR 系统，船上应至少备有 1 套保护设备，这些设备应保存在起居处所外易于到达的专用储存柜内，并在还原剂储存 / 配制舱 / 柜附近备有 - 眼冲洗设备。对于采用氨水作为还原剂的 SCR 系统，应配备 5.7 列出的设备。

(2) 还原剂储存处所及入口旁，应张贴小心和应急响应有关的安全指示，包括还原剂的 MSDS。

第4章 系统设备

4.1 SCR 反应器

4.1.1 SCR 反应器应设有合适的人孔 / 检查孔、通道或平台，并应在 SCR 反应器周围留出足够的空间，便于 SCR 反应器中催化剂块及其它零部件更换、检修、维护和清洁。催化剂块移除时，应设有明确的标示。

4.1.2 催化剂块的堵塞会导致发动机背压过高、反应器 NO_x 转化率降低及火灾风险，应设有足够的措施防止催化剂块堵塞，如还原剂喷射策略（防止硫酸铵盐等物质生成）、加装吹灰器等。

4.1.3 SCR 反应器的壳体、催化剂块、支撑构件等应能承受正常工作条件下可能遇到的各种载荷。

4.1.4 SCR 反应器表面温度可能伤人或触及可燃液体易起火时，应按《钢规》第 3 篇第 1 章 1.3.6.3 的要求设置合适的防护设施。

4.2 泵和风机

4.2.1 对 SCR 系统连续运行重要的泵（如还原剂泵）、风机，应冗余配置。当其中任一泵、风机停止工作时，其他泵、风机的排量仍能确保 SCR 系统在最大负荷条件下运行。

4.2.2 SCR 系统安装的泵和风机应满足《钢规》第 3 篇第 2 章的适用要求。

4.3 还原剂

4.3.1 如采用尿素水溶液 AUS 40 作为还原剂，应满足 ISO18611-1:2014 的要求。如采用氨水作为还原剂，其浓度应不大于 28%，满足通用的工业标准，并证明船上无法采用尿素水溶液作为还原剂，其装载、运输和使用应基于风险分析。如采用液氨作为还原剂，应得到船旗国主管机关和我社的批准，证明船上无法采用尿素水溶液和氨水作为还原剂，其装载、运输和使用应基于风险分析。

4.3.2 如采用还原剂在线制备装置，其制备出的还原剂成分和特性应满足 ISO18611-1:2014 的要求。其制备能力应满足 SCR 系统在最大负荷条件下运行需求。其安装和布置应满足 SCR 系统制造商的要求，且满足 3.4 的适用要求。

4.3.3 还原剂对眼睛、皮肤、呼吸道有一定的刺激性，与还原剂接触时应配备必要的防护措施（见 3.4.4 和 5.7 的要求），并在还原剂相关设备上给予明确的标示。

4.4 气动系统

4.4.1 用于还原剂喷射、吹灰器等相关 SCR 系统设备的气动系统应满足《钢规》第 7 篇第 2 章第 2 节的适用要求。

4.4.2 SCR 系统设备气动系统的压缩空气应直接取自船舶现有设施，除非其影响到符合《钢规》第 3 篇第 9 章第 5 节关于启动空气供应的规定。

4.4.3 如 SCR 系统设备采用制造厂自带的独立的气动系统和空气源，则应满足公认的工业标准。

4.5 电气设备

4.5.1 SCR 系统电气设备应满足《钢规》第 4 篇的适用要求。

(1) 电机、控制器等电气设备应按第 1 篇第 3 章的要求持证。

(2) 当对 SCR 系统连续运行重要的泵（如还原剂泵）、风机失效时，4.2.1 所述的备用泵、风机（如设有）应能自动启动运行。

(3) SCR 系统电气设备应设有合适的断路器，并满足《钢规》第 4 篇第 2 章第 5 节的适用要求。

第 5 章 采用氨水作为还原剂的附加要求

5.1 结构和布置

5.1.1 布置氨水储存舱 / 柜、氨水供应系统的舱室 (以下简称氨水舱) 应为独立的隔间, 并用气密的舱壁和甲板隔离, 防止泄漏的氨气进入其他舱室。氨水储存舱 / 柜距船体外板距离应不小于 760mm。

5.1.2 氨水舱的入口 / 通道门应满足如下规定:

(1) 至少应布置两个入口 / 通道门, 且相距尽可能远。至少一个入口 / 通道门直接通往露天甲板; 不直接通向露天甲板的通道门应为气密的和自关闭的类型。

(2) 通道门应方便操作且向外打开。

5.1.3 通往氨水舱的通道应满足如下要求:

(1) 通道不应与起居处所通道直接相连。

5.1.4 氨水舱室舱壁和甲板上用于通过电缆和管系的贯穿孔, 也应满足气密性结构的要求。

5.1.5 氨水舱应设有独立的舱底水排出系统, 以确保排出的氨水不会流入敞口的污水井或其他舱室的舱底水系统。

5.1.6 氨水承滴盘应设有泄放装置, 将承滴盘内的氨水泄放到专用的溢流柜, 泄放管路上应安装止回阀。

5.1.7 氨水储存舱 / 柜的空气管、注入管、测量管以及氨水管路不应穿过起居处所、服务处所和控制站, 除非采取可靠的防泄漏措施, 如采用双壁管保护。

5.1.8 位于氨水舱外通往发动机的氨水管路应采用双壁管, 双壁管内应保证至少 8 次 / h 的负压机械通风, 通风系统的出口至少高于露天甲板 4m, 且离最近起居处所、服务处所、控制站进气口和开口的水平距离大于 10m。

5.2 通风系统

5.2.1 氨水舱应设有独立于其他船舶处所的负压通风系统，通风系统应靠近氨水储存舱 / 柜，并能在氨水舱外易于到达之处操作，风机的排量应使氨水舱的换气次数不少于 30 次 /h。通风系统的出口至少高于露天甲板 4m，且离最近起居处所、服务处所、控制站进气口和开口的水平距离大于 10m。

5.2.2 应在通往氨水舱的通道设置独立的通风系统，但如果 5.2.1 中列出的通风系统带有通风管道，可以排出通道内的气体，则不用再设独立的通风系统。

5.3 溢流柜

5.3.1 氨水溢流柜应布置在氨水舱室下方位置。

5.3.2 溢流柜的氨水未经处理不得向舷外排放。

5.3.3 通往溢流柜的排出管应通过合理设计，防止溢流柜气体的逆流。

5.3.4 溢流柜设有的所有空气管可与氨水舱负压通风系统的排气管相连。

5.3.5 为便于检修，需要临时排除氨水供应管系中的氨水。因此，应在氨水供应管系最底部和氨水溢流柜之间设置一个氨水排出管路，并安装一个截止阀。氨水溢流柜的容量应足以容纳氨水储存舱 / 柜总阀到氨水喷嘴之间供应管系中的最大氨水量。

5.4 氨水储存舱 / 柜的空气管

5.4.1 氨水储存舱 / 柜应设有空气管，且其出口位置应满足如下要求：

(1) 至少高于露天甲板 6m；

(2) 离最近起居处所、服务处所、控制站进气口和开口的水平距离大于 10m。

5.5 氨水加注系统

5.5.1 氨水加注系统应仅用于氨水的加注。其加注口应位于开敞甲板，并设有关闭阀和盲法兰。位于开敞甲板的加注口和加注管系应予以标示。加注口或其他可能泄漏的位置应设有承滴盘。

5.5.2 氨水加注管系应布置在氨水储存舱 / 柜的上方，并尽可能靠近。且氨水加注管系及其布置应经合理设计，防止使用后或未使用时气体停留在加注管系中。

5.6 气体探测和报警系统

5.6.1 应在每个氨水舱内设有一套固定式氨探测系统。当舱内氨气浓度超过 25ppm 时，氨探测器应触发声光报警。当舱内氨气浓度超过 300ppm，氨探测器应自动发出指令，停止氨水泵和关闭氨水储存舱 / 柜总阀，并触发声光报警。

5.6.2 每个氨水舱内还应备有一套便携式氨探测装置。并在邻近氨水舱门外的位置安装可手动触发的泄漏报警传送器。

5.6.3 通往氨水舱的通道内也应设有氨探测系统。当通道内氨气浓度超过 25ppm 时，氨探测器应在通道和靠近氨水舱门处触发声光报警。

5.7 防护设施

5.7.1 应在起居处所外易于到达的专用储存柜内配备保护设备 (包括大围裙、长袖橡胶手套、橡胶靴、防化学物质材料的连体工作服、口罩、防化学物质护目镜或面具)3 套。还应在氨水舱外易于到达的专用储存柜内配备如下应急设备：

- (1) 自给式呼吸器 (至少可供给 30 分钟)，3 套；
- (2) 洗眼药水，3 盒；
- (3) 硼酸，250ml*3；
- (4) 担架，1 副。

5.7.2 应在氨水加注总管及泵附近备有眼冲洗设备和安全喷淋。

第6章 电控系统

6.1 一般要求

6.1.1 SCR 装置电控系统除满足本章要求外,还应符合 CCS《钢规》第7篇第1、2章的规定。对于具有自动化附加标志的船舶,还应满足 CCS《钢规》第7篇第3、4章的适用要求。

6.1.2 SCR 装置电控系统可集成到机舱总控制系统也可设计为单独的电控系统。

6.1.3 用于 SCR 系统控制、监测、报警和安全保护的计算机系统应满足 CCS《钢规》第7篇第2章第6节 II 类计算机系统的适用要求。

6.2 控制和监测系统

6.2.1 为保证 SCR 系统及其相连发动机的工作参数始终维持在规定范围以内,SCR 装置控制和监测系统应具备自动控制、报警和安全保护功能,并设有手动操作的设施。

6.2.2 当遥控系统(如设有)发生故障或应急情况下,SCR 装置控制和监测系统应能实现就地控制和监测。

6.2.3 系统安全和有效操作所需的重要设备及参数工作状态,应在就地控制站或遥控系统(如设有)设有指示。

6.2.4 为保证 SCR 系统在船上安全、可靠及有效的运行,除 CCS《选择性催化还原(SCR)系统认可及检验指南》第4.5条规定的监测项目之外,还应按表 6.2.4 的要求设置监测、报警及显示。

SCR 系统有关的监测报警及安全保护

表 6.2.4

监测项目	指示	报警	SCR 系统自动停机、废气自动旁通 ^①
废气引风机(如设有)	运行	停止工作 ^②	—
废气旁通或隔离装置(如设有)	工作位置	失效	—
废气旁通或隔离装置动力源	运行	失效	失效
SCR 反应器废气进口温度	温度	高	过高
SCR 反应器废气出口温度	温度	高	过高
还原剂供应压力	压力	低	过低

监测项目	指示	报警	SCR 系统自动停机、废气自动旁通 ^①
还原剂储存舱 / 柜温度	温度	低 / 高	过高
还原剂储存舱 / 柜液位	液位	低 / 高	过低
还原剂供应系统承滴盘液位 (如适用)	——	高 ^③	
还原剂储存舱 / 柜通风系统	运行	停止工作	——
氨水舱及通道氨气浓度探测 ^④	浓度	高	过高
控制、报警及安全系统电源	工作	失效	——
SCR 紧急停机	适用	适用	适用

注：① 适用于设有自动旁通装置时；

② 如设有备用风机、泵，则应起动，否则应自动停机，并旁通废气 (如设有)；

③ 按 3.4.1(7) 的要求，探测到还原剂泄漏后报警，并自动切断还原剂供应；

④ 适用于采用氨水作为还原剂的 SCR 系统。

6.3 紧急停机装置

6.3.1 应设有 SCR 系统紧急停机装置，用来停止还原剂的供应，并打开废气旁通装置 (如设有)。SCR 系统停机不应影响发动机的可靠运行。

6.3.2 安全停机保护动作触发时，应在正常工作控制位置及当地控制处发出报警，并能指示导致停机的故障。且除非系统进行复位，否则系统不能自动重新起动。

附录 1 风险分析

1 SCR 系统风险分析一般应考虑如下几个方面可能存在的风险，但不限于此：

- (1) 环境条件、工作条件的适应性；
- (2) 对发动机的安全运行影响；
- (3) 可燃、易爆、有毒气体的意外积聚或扩散；
- (4) 化学物质的泄漏和扩散；
- (5) 低温、高温、运转设备等对船员或其他设备造成伤害；
- (6) 潜在的火灾风险。

2 风险分析报告一般应包含如下几个方面的内容：

- (1) 用于风险分析的标准和方法；
- (2) 分析时所做的各种假定和前提条件；
- (3) 分析对象，如系统、设备、操作等；
- (4) 可能存在的风险；
- (5) 产生风险的原因；
- (6) 风险可能造成的影响；
- (7) 防止或减轻风险危害所采取的措施及落实。

3 风险分析表可参照表 1 形式。

风险分析表（举例）

表 1

分析项目	危险	原因	潜在影响	安全保护	改进措施