



指南编号/Guideline No.K-08(202311)

K-08

船载碳捕集存储系统

生效日期/Issued date:2023 年 11 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 mp@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：

目 录

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 术语及定义	1
第 2 章 图纸资料	4
2.1 送审图纸和资料	4
第 3 章 OCCS 认可技术要求	6
3.1 一般要求	6
3.2 原材料及零部件	7
3.3 吸收装置	7
3.4 解吸装置	8
3.5 二氧化碳压缩单元	8
3.6 二氧化碳液化存储单元	8
3.7 电控系统	10
3.8 辅助设备	10
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	13
4.4 安全系统	14
4.5 OCCS 监测项目表	15
第 5 章 OCCS 试验技术要求	17
5.1 一般要求	17
5.2 比例缩放原则	17
5.3 典型样机的选择	17
5.4 OCCS 型式试验项目	18
5.5 型式试验要求	18
5.6 单件/单批检验	22
5.7 证书	23
附录 1 OCCS 工作边界参数表	24
附录 2 OCCS 持证要求	25

船载碳捕集系统

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（以下简称 CCS）产品审图、认可及检验的船载碳捕集系统（Onboard Carbon Capture System，以下简称 OCCS），以减少发动机、锅炉等燃烧装置的二氧化碳排放。

1.1.2 本指南仅适用于采用化学吸收法，并且使用有机胺溶液作为吸收剂的 OCCS。使用其他方法或与其他系统组合时，本指南可参照使用，其系统应另行评估。

1.2 规范性引用文件

1.2.1 中国船级社《钢质海船入级规范》

1.2.2 中国船级社《材料与焊接规范》

1.2.3 《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》

1.3 术语及定义

1.3.1 术语及定义

- (1) 船载碳捕集系统（OCCS）：系指从船舶燃烧装置废气中捕集气态二氧化碳，并最终液化存储到储罐中的系统。一般由二氧化碳吸收单元、二氧化碳解吸单元、二氧化碳压缩单元、二氧化碳液化存储单元、辅助单元、电控系统、泵、阀以及附属管路系统及其他必要设备组成。
- (2) 二氧化碳吸收单元：系指通过向废气中喷淋有机胺溶液来选择性的从废气中捕集二氧化碳的系统，一般由废气冷却装置、二氧化碳吸收装置、喷嘴、填料以及附加的管道等部件组成。
- (3) 二氧化碳解吸单元：系指通过将富含二氧化碳的有机胺溶液喷入解吸装置中与高温介质接触进行换热，升温解吸出气态二氧化碳

的单元，一般由解吸装置、再沸器、喷嘴、填料以及附加的管道等部件组成。

- (4) 二氧化碳压缩单元：系指将气态二氧化碳压缩到一定压力的单元，一般由二氧化碳压缩机、气液分离器、热交换器以及附加的管道等部件组成。
- (5) 二氧化碳液化存储单元：系指通过制冷压缩机、热交换器（冷凝器）等部件的组合来液化气体二氧化碳的设备。
- (6) 辅助单元：系指为保证 OCCS 正常运行的必备相关辅助设备。
- (7) 电控系统：系指实现系统控制、系统状态监测和安全保护等功能的系统，一般由传感器、控制单元、执行机构和对外接口等组成。
- (8) 废气冷却装置：系指在二氧化碳吸收装置中通过预洗涤或换热器等方式冷却废气，使其满足系统运行的温度要求。
- (9) 再沸器：系指用于加热有机胺溶液使其达到解吸温度的部件。
- (10) 有机胺供给单元：系指向吸收单元供应有机胺溶液的单元，一般由有机胺溶液储罐、有机胺溶液泵等组成。
- (11) 有机胺处理单元：系指通过过滤等手段去除有机胺溶液中的颗粒物等杂质的撬块单元，一般由循环液处理泵、膜组件、酸碱液存储罐、控制系统等组成。
- (12) 有机胺溶液储罐：系指用来储存液体胺溶液的储罐，包括用于储存或临时储存在二氧化碳吸收单元中形成的胺碳酸盐储罐。
- (13) 气液分离器：系指用于从二氧化碳气体中分离去除液体的设备。
- (14) 二氧化碳储存单元：系指安装在船上存储液体二氧化碳的压力容器。
- (15) 三相点：系指在热力学里，使一种物质三相（气相、液相、固相）达到热力学平衡共存时的一组温度和压强的数值。
- (16) 系统吸收能力：系指在额定负荷下废气通过二氧化碳吸收装置前后的二氧化碳浓度差值与通过吸收装置前的二氧化碳浓度比值。

- (17) 捕集能耗：系指系统每捕集并保存一吨液态二氧化碳所需要的能耗，通常用 GJ/t CO_2 表示。
- (18) 有机胺：系指氨上的一个或多个氢原子被烷基或芳基取代的碱性化合物，主要有醇胺、酰胺、脂肪胺、芳香胺等。
- (19) 化学吸收法：系指通过化学吸收剂以化学反应的形式吸收二氧化碳并在特定的条件下以化学反应的形式将二氧化碳解吸的一类方法。

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) OCCS 总布置图，包括二氧化碳吸收单元、二氧化碳解吸单元、二氧化碳压缩单元、二氧化碳液化存储单元、辅助单元、电控系统、泵、阀以及附属管路系统等部件的安装布置。
- (2) OCCS 原理图（含二氧化碳吸收、解吸、压缩、液化存储等系统）。
- (3) 主要零部件的规格表，包括废气冷却装置（如有）、废气风机、吸收装置、解吸装置、再沸器、有机胺供给泵及管路、二氧化碳换热器、二氧化碳气液分离器、二氧化碳压缩机组、二氧化碳制冷机组、液态二氧化碳泵、二氧化碳储罐等。
- (4) 废气冷却装置（如有）结构图。
- (5) 吸收装置结构图。
- (6) 解吸装置/再沸器结构图。
- (7) 二氧化碳储罐总图。
- (8) 电控系统，包括系统说明书、软件质量控制计划等，具体依据中国船级社《钢质海船入级规范》第 7 篇第 1 章和第 2 章的图纸资料要求执行。控制软件的型号及版本号应在相关文件中明确表述。
- (9) 辅助设备图纸和文件（包括有机胺供给单元、有机胺溶液处理单元等）（备查）
- (10) OCCS 控制策略说明书，至少包括：
 - ① 控制策略流程图，并明确控制模式和策略；
 - ② 控制相关的所有输入和反馈信号。
- (11) 产品主要性能规格书：

- ① 性能参数表，一般由四个部分组成，吸收部分：最大废气流量、最大气液比、压力损失、能耗；解吸部分：解吸温度、解吸压力、解吸二氧化碳纯度、能耗；压缩部分：压缩比、压缩级数、振动噪声、能耗；液化存储部分：液化温度、存储压力、存储温度、能耗。
 - ② 有机胺溶液类型/成分和浓度；
 - ③ 适用的废气成分，如 CO₂、NO_x、SO_x 浓度范围；
 - ④ 有机胺溶液性能劣化率的相关因素，如有机胺溶液更换条件及建议更换时间等；
 - ⑤ 最大吸收能力；
 - ⑥ 捕集能耗。
- (12) 故障模式及风险分析（FMEA）。（备查）
- (13) 有机胺材料安全数据表(MSDS)，使用和更换时应具备的保护措施，以及废品回收措施。（备查）
- (14) 型式试验大纲（可在申请认可时提供）
- (15) OCCS 技术手册（参照本指南第 3 章的要求）
- (16) OCCS 能耗计算书（备查）
- (17) OCCS 处理能力计算书（备查）

第3章 OCCS 认可技术要求

3.1 一般要求

3.1.1 工作条件

- (1) 机械设备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。电控系统还应满足 CCS《钢质海船入级规范》第7篇第2章的要求。

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 OCCS 中使用的压力容器和热交换器应满足 CCS《钢质海船入级规范》第3篇第6章相关要求。

3.1.4 OCCS 的设备和管路所使用材料的力学性能、化学成分、制造和试验等应符合 CCS《材料与焊接规范》的相关规定，并应考虑防腐措施（适用时），使用的材料应与介质相适应。与海水接触的设备、管路及部件所使用的材料（包括涂料）应对海洋生物无害。管路应能承受在工作环境下所可能遭遇最苛刻的压力、温度及其他载荷的组合。

3.1.5 OCCS 在最大废气流量时产生的压损应满足发动机、锅炉等燃烧装置的要求。

3.1.6 OCCS 中有机胺溶液严禁以任何方式直接排放入海。

3.1.7 OCCS 中使用或处理有机胺溶液的任何设备应提供承滴盘，承滴盘应安装泄放管，泄放管通向适当储罐，可设置有机胺漏液罐或直接溢流至有机胺残渣柜。

3.1.8 OCCS 中的废气冷却装置如采用喷淋洗涤方式冷却时，洗涤水排放应满足 IMO MEPC.340(77)或 MEPC 307（73）的要求。如燃烧高硫油燃料的船舶采用脱硫系统作为废气冷却装置，洗涤水应满足 IMO MEPC.340(77)的要求；如未安装脱硫系统的船舶，其废气冷却装置仅作为冷却使用，其洗涤水应满足 IMO MEPC.307（73）的要求。

3.1.9 OCCS 发生 4.4.3 所述故障时，应能及时开启旁通阀并切断连接，避免影响发动机、锅炉等燃烧装置正常工作。

3.2 原材料及零部件

3.2.1 OCCS 的主要部件：废气冷却装置（如有）、废气风机、吸收装置、解吸装置、再沸器、有机胺供给泵及管路、二氧化碳换热器、二氧化碳气液分离器、二氧化碳压缩机组、二氧化碳制冷机组、液态二氧化碳泵、二氧化碳储罐等。

3.2.2 用于 OCCS 的材料选择应考虑到在工作温度和压力下的延展性、耐腐蚀性以及发生危险反应的可能性。

3.2.3 用于输送未稀释溶液的有机胺溶液储罐和管路及附件应为熔点超过 925℃ 的钢质或其他等效性能的材料。

3.2.4 用于胺溶液储罐和相关的管路系统应采用与所使用的溶液相兼容的材料制成，或采用适当的防腐措施。

3.2.5 OCCS 的设备与部件应按照本指南附录 2 的要求持有相应证书。

3.3 吸收装置

3.3.1 吸收装置壳体的设计制造应满足 3.1 和 3.2 的适用要求。

3.3.2 吸收装置壳体应具有良好的耐久性和抗腐蚀性，以确保长期可靠运行。

3.3.3 吸收装置内填料、除雾器、喷嘴压力及雾化粒度等应满足使用要求。

3.3.4 吸收装置应配置液位监测装置，提供及时报警和停机的信号。

3.3.5 吸收装置应能承受船舶设计工况下可能遇到的载荷，包括船舶摇摆产生的动态载荷。

3.3.6 吸收装置适用的废气温度范围应予以明确。

3.3.7 吸收装置应确保其压损和适用温度不超过规定的允许值。

3.4 解吸装置

3.4.1 解吸装置壳体的设计制造应满足 3.1 和 3.2 的要求。

3.4.2 解吸装置壳体应具有良好的耐久性和抗腐蚀性，以确保长期可靠运行。

3.4.3 应有安全措施防止解吸装置高温和高压带来的风险，以及在设备运行和维护过程中对操作人员和环境的影响。

3.4.4 解吸装置应配置液位检测装置，用于监测设备液位，提供及时报警和停机的信号。

3.4.5 解吸装置应能承受船舶设计工况下可能遇到的载荷，包括船舶摇摆产生的动态载荷。

3.4.6 解吸装置适用的温度范围和压力范围应予以明确。

3.5 二氧化碳压缩单元

3.5.1 气体压缩机应配备监控系统、报警系统和安全装置。

3.5.2 二氧化碳压缩机应具备本地和远程以及紧急停止操作。

3.5.3 在二氧化碳压缩机的排放口上应设有溢流阀或过压保护装置。

3.5.4 二氧化碳压缩机的排气侧应设置压力表，对排气压力进行监控。

3.6 二氧化碳液化存储单元

3.6.1 二氧化碳液化存储系统的控制系统、安全系统和报警系统应符合本章以及《钢质海船入级规范》第 7 篇的规定。

3.6.2 二氧化碳液化存储单元材料：二氧化碳存储系统中所用材料的选择、试验方法以及相关管路系统应符合《钢质海船入级规范》和《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的规定，并考虑到最低设计温度。

3.6.3 二氧化碳储罐

(1) 二氧化碳储罐的设计应满足《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6 章

《锅炉与压力容器》和《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》（以下简称《散液规》）第 2 篇第 A4 章附录 2 的适用要求。对于独立 C 型双体和/或三体罐，还应满足附录 3 第 5 节的适用要求。

- (2) 二氧化碳存储、减压、控制和监测系统的设计应考虑到液体二氧化碳的形态、含水量和预期的杂质。并考虑杂质对二氧化碳的“三相点”温度和压强的影响。
- (3) 如二氧化碳采用低温绝热罐的存储方式，则设计方应确定保压时间。
- (4) 二氧化碳储罐进出口管道应设置可远程和就近操作的切断阀，且应设置泄放口以排出罐内可能产生的冷凝水，泄放管路上应设置切断阀。
- (5) 罐体应开设有检修人孔，以便人员进入罐体内进行检查维修。
- (6) 罐体应设置排污泄放口，能够对罐体内的残渣进行排放操作。

3.6.4 二氧化碳储罐的泄压系统

所有二氧化碳储罐都应配备与其设计相符的泄压系统。

3.6.5 二氧化碳储罐的测量仪器和监测设备

- (1) 每个二氧化碳储罐应配备指示二氧化碳液位、压力和温度的仪表。
- (2) 每个二氧化碳储罐应配备至少两个用于指示温度的装置，一个位于二氧化碳储罐的底部，另一个靠近储罐的顶部，低于最高允许的液位。二氧化碳储罐所设计的最低温度应在温度指示装置上或附近的标志清楚地指示。
- (3) 若二氧化碳的储存和卸载是通过远程控制的阀门和泵进行的，则与给定的二氧化碳储罐相关的所有控制和指示器都需设置在同一个控制位置。
- (4) 每个二氧化碳储罐都应配备液位测量装置，以确保在二氧化碳储罐运行时始终可获得液位读数。

- (5) 每个二氧化碳储罐都应装设有高液位报警装置，独立于任何液位指示器运行，并在激活时发出声光警告。但是，当储罐满足以下条件时，不必安装：
- ① 储罐的容积不大于 200m^3 ；或
 - ② 在装载操作期间可能承受的最大压力低于二氧化碳储罐安全阀启阀压力。
- (6) 每个二氧化碳储罐都应配有调定压力作用的释放阀，以达到自动控制的目的。
- (7) 每个二氧化碳储罐都应设有压力高报警装置。
- (8) 如果二氧化碳储罐位于封闭空间中，则用于二氧化碳储罐位置的空间需持续监测二氧化碳的累积。应配备有 CO_2 浓度和 O_2 浓度的监测。

3.7 电控系统

3.7.1 电控系统电子设备的设计、制造、检验，包括软件设计，应满足本社《钢质海船入级规范》第 7 篇，以及《电气电子产品认可试验指南》的有关规定。

3.7.2 OCCS 电控系统的控制方案应充分考虑船上发动机、锅炉等燃烧装置的实际运行工况。

3.7.3 电控系统对 OCCS 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。

3.8 辅助设备

3.8.1 OCCS 应设置旁通结构。旁通结构应至少包括排气管的旁通管路、阀门和旁通状态指示器等。并满足以下要求：

- (1) 旁通管路中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 OCCS 吸收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，应有联锁功能使 OCCS 保持停止工作状态，且不能启动。

3.8.2 如通过引风机将主废气管道中部分废气抽取进行脱碳处理的 OCCS，无需设置旁通机构。

3.8.3 应采取足够措施防止废气冷却水和有机胺溶液从废气冷却装置和二氧化碳吸收装置反向流回船舶燃烧装置，如发动机、锅炉等。

3.8.4 有机胺供给单元

- (1) 有机胺储罐的容量应能满足 OCCS 所需有机胺的消耗量。
- (2) 有机胺循环罐的设计应能满足整套 OCCS、设备及管路中的循环液正常运行的溶液储量。
- (3) 有机胺供给单元的设计，如采用喷淋形式，应能保证喷嘴出口处喷射压力，且喷射压力应易于监测。
- (4) 供给泵应有合适的流量范围，应覆盖有机胺溶液供给的流量及压力范围，喷淋母管路需安装流量计，方便根据所需处理废气量进行有机胺溶液的流量调节。
- (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。
- (6) 吸收剂存储罐及吸收剂供应管线可能发生泄漏的位置应设置承滴盘。承滴盘应设有泄放装置和报警装置，将其中的吸收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自动切断吸收剂，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。

3.8.5 再沸器

再沸器通过热源将吸收二氧化碳后的有机胺溶液加热到合适的温度，以此解吸有机胺溶液中的二氧化碳。再沸器应满足以下要求：

- (1) 再沸器主要部件材料应考虑适用的温度、压力及介质，应满足 CCS《材料与焊接规范》的要求。

- (2) 应有一定的安全措施保护再沸器不会因超压而损坏。
- (3) 再沸器壳体上设置液位计，用于监视设备液位。再沸器进出口管道设置压力和温度测量装置，用于监视设备运行参数。
- (4) 设备接口应有足够的刚度和强度，能承受较大的外部接管的作用力。
- (5) 再沸器应提供全部固定保温层和必要的排空疏放接口。

3.8.6 有机胺溶液处理系统

- (1) 有机胺溶液处理装置及其部件如可能超压，应设有合适的压力泄放装置。
- (2) 过滤器的安装和布置应保证当进行清洗或更换时，不会中断 OCCS 的运行。
- (3) 经处理后的有机胺溶液浑浊度/悬浮颗粒物应满足系统使用要求。

3.8.7 冗余

对 OCCS 系统连续运行重要的泵，应冗余配置。

第4章 控制、监测和安全保护

4.1 一般要求

4.1.1 OCCS 的控制系统，控制引风机、有机胺溶液循环量、OCCS 运行状态、旁通状态、吸收液解吸状态、压缩机、液化装置和二氧化碳液态储罐等核心设备的工作状态等，能根据发动机、锅炉等燃烧装置状态调节 OCCS 参数，对外进行数据交换。

4.1.2 OCCS 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 OCCS 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 OCCS 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。

4.1.5 与排放相关的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 引风机装置应能实现自动控制运行，当吸收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，以便进行调试试验工作。

4.2.2 OCCS 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。OCCS 还应设置手动控制功能，以便进行手动操作。

4.2.3 压缩、液化装置应能实现自动控制运行，运行和停止所对应的二氧化碳气体压力应与技术文件一致，且能进行手动调试工作。

4.3 监测

4.3.1 OCCS 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 OCCS 正常运转的传感器，特别是影

响有机胺的吸收和解吸或二氧化碳的压缩液化以及储存的传感器,当发生故障或失效时,应能:

- (1) 发出报警信号;
- (2) 便于维护,包括但不限于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 OCCS 的控制单元应能有效监测二氧化碳吸收单元、二氧化碳解吸单元、二氧化碳压缩单元、二氧化碳液化存储单元、有机胺溶液供给单元及二氧化碳储罐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 OCCS 应配备安全装置,在发生以下任何故障时,能够自动停止系统内的有机胺溶液泵:

- (1) 废气冷却装置(如有)或二氧化碳吸收装置中的液位异常升高;
- (2) 废气冷却装置(如有)入口压力异常升高或废气冷却装置入口和二氧化碳吸收器出口的压差异常升高。

4.4.3 废气旁通机构(如有)应设置联锁机构,能防止因为误操作导致 OCCS 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 OCCS 通道。机械式联动阀也可以接受,不受前述旁通操作步骤先后约束。如果安装了旁通管路装置,该装置应该能够在发生以下任何故障时自动打开旁通:

- (1) 废气冷却装置(如有)或二氧化碳吸收装置中的液位异常升高;
- (2) 废气冷却装置(如有)入口的压力异常增加或废气冷却装置入口和二氧化碳吸收器单元进出口的压差异常升高;
- (3) 二氧化碳吸收装置出口处的温度异常升高。

4.5 OCCS 监测项目表

4.5.1 OCCS 的监测项目应满足表 4.5.1 的要求。

4.5.2 采用不同的控制策略的 OCCS，其监测项目也应有所不同，应根据系统的 FMEA 报告分析的结果来增加监测项目。

OCCS 监测项目表

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	自动停止	*旁通	
1 OCCS 工作状态					
OCCS 工作	运行指示	—	--	--	
旁通	状态	开启失败	--	--	
2 二氧化碳吸收单元					
*废气冷却装置液位	—	高	X	X	
*废气冷却装置入口压力	压力	高	--	--	
		过高	X	X	
废气冷却装置入口和二氧化碳吸收装置出口的压差	压力差	高	X	X	
烟气温度	温度	高	X	--	
二氧化碳吸收装置液位	—	高	X	--	
二氧化碳吸收装置压力	—	高	X	--	
二氧化碳吸收装置出口处温度	温度	高	--	X	
3 二氧化碳解吸单元					
二氧化碳解吸装置温度	温度	低	X	--	
二氧化碳解吸装置压力	—	高	X	--	
二氧化碳解吸装置液位	--	高	X	--	
解吸泵	—	故障	--	--	启动备用泵
4 二氧化碳压缩单元					
运行/停机	运行指示	故障/紧急	X	—	
冷却泵故障	—	故障	--	--	启动用泵
二氧化碳制冷系统中的液体和蒸气管道系统中的温度	温度	高/低	--	--	
二氧化碳制冷系统中的液体和蒸气管道系统中的压力	压力	高	--	--	
5 二氧化碳液化存储单元					

续表 4.5.1

运行/停机	运行指示	故障/紧急	X	—	
排放泵故障	—	故障	--	--	启动备用泵
传感器故障	—	故障	X	—	
二氧化碳储罐液位	液位	高	--	--	
二氧化碳储罐压力	压力	高	--	--	
二氧化碳储罐温度	温度	高/低	--	--	
二氧化碳储罐的蒸气空间的压力	压力	高/低	--	--	
二氧化碳储罐的存放空间的二氧化碳含量	二氧化碳含量	高	--	--	
6 电控单元					
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、电子控制单元、执行机构故障(控制相关)	—	故障	X	X	
7 辅助单元					
有机胺溶液循环罐内液位	液位	吸收液侧低液位	X	—	
有机胺溶液循环罐内温度	温度	高	X		
供给泵	—	故障	--	--	启动备用泵
有机胺喷淋母管路流量	流量	--	--	--	
再沸器液位	液位	--	--	--	
再沸器进出口管道压力	压力	--	--	--	
再沸器进出口管道温度	温度	--	--	--	
有机胺溶液供给压力	压力	高/低	--	--	
有机胺储罐液位	液位	低	--	--	
有机胺储罐温度	温度	—	--	--	

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 OCCS 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 OCCS，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。对于系列产品的型式认可，原则上应进行缩小比例的样机试验和全尺寸产品的船上确认试验，比例试验样机的最小规格适用的燃烧装置，功率不小于 500kW 或废气量不小于 5000m³/h，比例缩放范围不大于 50 倍。比例缩放的原则参照本章第 5.2 条。

5.1.2 OCCS 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）已经过 CCS 批准和备查。

5.2 比例缩放原则

5.2.1 采用比例缩放原则设计，适用于不同燃烧装置废气流量的 OCCS，应满足如下要求：

- (1) 试验应采用燃烧装置产生的尾气，其废气成分应满足适用范围。
- (2) 吸收装置和废气冷却装置风速应一致或满足适用范围。
- (3) 吸收装置和废气冷却装置气液比应一致或满足适用范围。
- (4) 所用吸收剂成分、类型及浓度应一致。
- (5) 用于吸收和解吸的吸收剂比例应一致。
- (6) 解吸装置风速应一致或满足适用范围。
- (7) 解吸蒸气温度和压力应一致或满足适用范围。
- (8) 控制策略制定规则应一致。

5.3 典型样机的选择

5.3.1 初次认可时，每一系列 OCCS 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 验证试验的发动机+OCCS 选择，应满足以下要求：

- (1) OCCS 可以是设计开发用样机或具体装船产品。
- (2) 试验用发动机也可不选用拟配套的发动机，但应保证该发动机额定工况下适用于 OCCS 适用的最大气体流速。
- (3) 如果确因样机尺寸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 OCCS 最大气体流速适用于发动机且有余量，可考虑降低上条要求，必要时，可经过船上确认试验验证。

5.4 OCCS 型式试验项目

5.4.1 OCCS 应进行表 5.4 所列型式试验项目并提交相应的试验报告。

OCCS 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	系统完整性检查		5.5.1	
2	吸收剂性能试验	理化性能试验	5.5.2 (1)	
		吸收性能试验	5.5.2 (2)	
3	电控系统试验		5.5.3	
4	OCCS 性能试验	第一阶段：吸收、解吸性能试验	5.5.4 (1)	
		第二阶段：压缩、液化性能试验	5.5.4 (2)	
		第三阶段：船上确认试验	5.5.4 (3)	

5.5 型式试验要求

5.5.1 系统完整性检查。OCCS 及其零部件符合批准图纸和本指南第 3 章的技术要求。

- (1) OCCS 吸收装置、解吸装置检验要求。
 - ① 内外结构，包括装置外形、尺寸及内部结构的布置形式；
 - 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) 吸收剂供给泵、喷嘴及管路等。

- (3) 系统完整性。如吸收单元、解吸单元、压缩单元、液化单元等。

5.5.2 吸收剂性能试验

- (1) 吸收剂理化性能试验。

测定吸收剂的 pH 值及粘度等关键理化参数。

- (2) 吸收剂吸收性能试验。

吸收性能试验在试验台架上进行,吸收装置可按照试验台架条件与发动机相连,验证在特定试验条件下的吸收能力,如在一定的进口废气温度、气液比等。

5.5.3 电控系统试验

- (1) 电控系统的型式试验,除满足本社《电气电子产品认可试验指南》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 OCCS 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,根据本指南第 4 章相关要求确定。

5.5.4 OCCS 性能试验

- (1) 吸收、解吸性能试验

基于陆上等比例缩放试验台架开展 OCCS 吸收解吸性能试验,应验证系统最大设计工况下二氧化碳吸收能力、解吸二氧化碳纯度及解吸蒸气耗量。除最大设计工况点外,还需增加至少一个工况点进行验证。

① 二氧化碳吸收能力

选择发动机废气特定工况点,调节废气冷却装置使得吸收装置入口废气温度与吸收剂性能试验时保持一致,控制吸收装置吸收剂喷淋量至系统气液比与吸收剂性能试验时保持一致,根据系统稳定时吸收装置废气进出口二氧化碳浓度确定工况点的

二氧化碳吸收能力。

② 解吸二氧化碳纯度

在 5.5.4 (1) 1) 二氧化碳吸收能力试验基础上,测定解吸装置出口冷凝后的气体二氧化碳纯度,验证 OCCS 在发动机不同工况点下解吸分离的二氧化碳纯度。

③ 解吸蒸气耗量

在 5.5.4 (1) 2) 解吸二氧化碳纯度试验基础上,测定不同废气工况点下解吸蒸气耗量。

(2) 压缩、液化性能试验;

采用与实船相同设计和配置的压缩机组、制冷机组等,开展 OCCS 二氧化碳压缩、液化存储试验,验证在设计存储压力及温度条件下,二氧化碳气体压缩液化的能耗及工艺路线的安全可行性。

(3) 船上确认试验。

- ① 确认试验应包括功能试验、性能试验,性能参数应满足设计值。
- ② 船上确认试验程序中应包括所有可能影响 OCCS 装置操作和性能的部件、操作值或设定。
- ③ 船上确认试验程序应由 OCCS 制造厂提交本社批准。
- ④ 船上确认试验程序应包含 OCCS 的文件核查和实物检查。
- ⑤ 验船师应核实每台 OCCS 按系统技术手册的要求安装。
- ⑥ OCCS 应设有系统工作时能自动记录运行参数的设施,记录参数至少包括: OCCS 装置吸收装置进口二氧化碳浓度、出口废气二氧化碳浓度、吸收剂循环流量、解吸装置出口气体温度、二氧化碳浓度及流量、再沸器蒸气参数、储罐压力、温度等。如 OCCS 装置按系统技术手册文件中规定的速率消耗化学物质,则 OCCS 记录簿中有关化学物质消耗的记录也可作为数据记录的一部分。

- ⑦ 船东应保留 OCCS 记录簿，记录 OCCS 操作、维护、部件更换信息。记录格式由 OCCS 制造厂提交本社批准。检验需要时应能提供该记录簿，并结合轮机日志和其他必要的数据确认 OCCS 的正确操作。OCCS 操作、维护、部件更换信息也可记录在批准的船舶计划维修系统中。

5.5.5 OCCS 技术手册

- (1) 每台 OCCS 应备有一份由制造厂提供的技术手册，技术手册至少包括如下内容：

- ① 系统标识（制造厂、型号、序列号和其他必要的细节），包括对系统的说明。
- ② OCCS 工作边界范围，至少包括：
- (a) 吸收剂类型、主要成分、pH 值和粘度信息；
 - (b) OCCS 前后最大压力损失；
 - (c) 适用的燃料品质和标准、最大燃油硫含量；
 - (d) 有机胺溶液使用寿命；
 - (e) 二氧化碳减排效率；
 - (f) 适用最大废气流量；
 - (g) 最大二氧化碳吸收能力；
 - (h) 解吸温度；
 - (i) 解吸二氧化碳纯度；
 - (j) 解吸蒸气耗量；
 - (k) 最大压缩压力；
 - (l) 压缩单元能耗；
 - (m) 液化温度；

- (n) 存储压力;
 - (o) 存储温度;
 - (p) 液化存储单元能耗。
- ③ 有关 OCCS 或相关设备的任何要求或限定。
- ④ OCCS 的工作条件超出批准的范围或限值时,应采取的纠正措施;
- (2) OCCS 技术手册应保留在船上,以备检验需要时提供。
- (3) 若 OCCS 发生改变影响二氧化碳捕集及液化存储性能,为反映这些变化而对技术手册进行的修改应经 CCS 批准。如对技术手册内容的增加、删除或修改独立于最初批准的技术手册,则应与技术手册一起保存,并视为技术手册的一部分。

5.6 单件/单批检验

5.6.1 取得 CCS 认可后,工厂按认可条件生产的 OCCS 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:

OCCS 单件/单批项目

表 5.6.2

编号	试验项目	检验要求
1	系统完整性检查	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	OCCS 技术手册审批	(1) 确认产品是否适用于拟匹配的燃油燃烧装置。 (2) 符合本指南要求。
4	电控系统功能性检查	报警点、停机点

5.6.3 单件/单批检验完成后,CCS 签发船用产品证书,并在发证前批准 OCCS 技术手册。

5.7 证书

5.7.1 OCCS 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 OCCS 技术手册。

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

5.7.3 OCCS 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、规格或材料等信息；产品证书的零部件清单应包括：部件名称、规格或材料、部件产品编号等信息。

5.7.4 OCCS 应在整机安装完毕后，申请本社检验发证；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。

附录 1 OCCS 工作边界参数表

1.吸收剂	
类型/型号/规格	
主要成分	
适用工作温度范围	
pH	
粘度	
吸收剂使用寿命	
2.系统参数	
装置前后最大压力损失（100%工况）（kPa）	
适用的尾气成分，如 NO _x 、SO _x 、CO ₂ 浓度	
系统吸收能力（%）	
单位捕集能耗（GJ/t CO ₂ ）	
系统最大电功率（kW）	
3.吸收单元	
最大废气流量	
最大吸收能力	
4.解吸单元	
解吸温度	
解吸二氧化碳纯度（%）	
解吸蒸气耗量（t/h）	
5.压缩单元	
压缩机排量	
压缩机压力	
6.液化存储单元	
液化温度	
存储压力	
存储温度	

注：产品证书备注栏应增加如下备注：船舶所需要的储罐容积应根据实际捕集量和存储时间计算。

附录 2 OCCS 持证要求

附录 船载碳铺集存储系统专有产品持证要求一览表

[illegible]

注*: OCCS 通用设备应满足钢规第一篇第三章持证清单要求

符号说明:

- 2) DA—设计认可; TA-B—认可 B; TA-A—认可 A; WA—工厂认可; PA—审