|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 点击此处添加ICS号 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png |   点击此处添加CCS号 |

     团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

船载碳捕集系统通用技术要求

General requirements for onboard carbon dioxide capture system

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国造船工程学会  发布

1. 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》的规定起草。

本文件由中国造船工程学会标准化学术委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

船载碳捕集系统通用技术要求

* 1. 范围

本文件规定了船载碳捕集系统（以下简称碳捕集系统）的一般要求、性能要求、试验要求、标志、包装、运输和贮存等通用技术要求内容。

本文件适用于采用化学吸收法，使用有机胺溶液作为吸收剂的船舶烟气二氧化碳捕集系统。使用其他方法或其他吸收剂的碳捕集系统可参考执行。

* 1. 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 191-2008 包装储运图示标志

GB/T 13306-2011 标牌

GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 42797 二氧化碳捕集、输送和地质封存 管道输送系统

GB/T 6388-1986 运输包装收发货标志

IMO MEPC.340(77) 2021 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems

中国船级社.钢制海船入级规范

中国船级社.散装运输液化气体船舶构造与设备规范

中国船级社.船舶应用碳捕集系统指南

* 1. 术语和定义

GB/T 42797 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

船载碳捕集系统 onboard carbon capture system

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。

有机胺吸收法 organic amine absorption method

有机胺吸收剂在吸收单元内与烟气中的二氧化碳进行化学反应，形成的化合物在解吸单元内经升温后释放出吸收的二氧化碳，完成二氧化碳与其他气体分离的方法。

二氧化碳吸收装置 CO2 absorption unit

向船舶废气中喷淋有机胺溶液来选择性的捕集气态二氧化碳的装置。

二氧化碳解吸装置 CO2 desorption unit

将富含二氧化碳的有机胺溶液与高温介质接触进行换热，升温解吸出气态二氧化碳的装置。

二氧化碳压缩单元 CO2 compression unit

将气态二氧化碳压缩到一定压力的装置。

二氧化碳液化存储单元 CO2 liquefaction storage unit

通过制冷机、热交换器等部件的组合来液化气态二氧化碳并将其存储的装置。

电控单元 control unit

实现系统控制、系统状态监测和安全保护等功能的装置。

废气冷却装置 exhaust gas pretreatment unit

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，使其满足系统运行温度要求的部件。

有机胺处理单元 organic amine treatment unit

通过过滤等手段去除有机胺溶液中的颗粒物等杂质的装置。

再沸器 reboiler

用于加热有机胺溶液使其达到解吸温度的部件。

气液分离器 gas-liquid separator

用于从气态二氧化碳中分离去除液体的设备。

吸收剂 absorbent

用于吸收二氧化碳的介质，多为胺类或氨类碱性物质。

贫液 lean solvent

新鲜的或再生后的用于吸收二氧化碳的吸收剂溶液。

富液 rich solvent

吸收二氧化碳后的吸收剂溶液。

系统碳捕集率 system carbon capture rate

碳捕集系统全年捕集的二氧化碳量相对于船舶全年碳排放总量的百分比。。

系统吸收能力 system absorptive capacity

碳捕集系统前后烟气中二氧化碳浓度差值与捕集前烟气中二氧化碳浓度的百分比。

二氧化碳捕集能耗 energy consumption of CO2 capture

碳捕集系统每捕集一吨二氧化碳所需要消耗的能量。

* 1. 一般要求
     1. 环境适应性要求

船载碳捕集系统机械设备的设计工作条件应符合《钢制海船入级规范》第3篇第1章第2节环境条件要求。

船载碳捕集系统电气设备的设计工作条件应符合《钢制海船入级规范》第4篇第1章第2节环境条件要求。

* + 1. 系统材质要求

船载碳捕集系统主要设备及相关管系材料应考虑在工作温度和压力下的延展性、耐腐蚀性和发生危险反应的可能性。与吸收剂直接接触的材料应能与其相兼容，或采用适当的防腐涂层。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。

船载碳捕集系统禁止采用含有石棉的材料。

* + 1. 系统结构要求

二氧化碳存储单元及其支撑结构的强度评估应满足《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第2篇第A4章附录2的适用规定。对于独立C型双体和/或三体罐，还应满足附录3第5节的适用规定。

* + 1. 系统接口要求

安装船载碳捕集系统的船舶应根据系统捕集量考虑供电、供汽和供水接口，其接口设计应满足系统的电量、蒸汽量和冷却水量的需求。

* 1. 性能要求
     1. 性能总体要求

船载碳捕集系统相关设备设计工作条件应符合船级社相关规范要求。

船载碳捕集系统设计应能适应船上运行的外部环境。

船载碳捕集系统的结构设计和布置应便于安装、操作和维护。

船载碳捕集系统具体性能指标主要由碳捕集率和CII指标等确定，设计方应提供附录A所列的性能指标，其中，碳捕集系统设计的吸收能力不低于80%，二氧化碳纯度不低于99%，单位捕集能耗不高于6 GJ/t·CO2。

船载碳捕集系统的设备和管路选用材料时应考虑的力学性能、化学成分和设备及管路的制造和试验等要求，还需考虑防腐措施（适用时），使用的材料应与介质相适应。

船载碳捕集系统在最大废气流量时产生的压损应满足发动机、锅炉等燃烧装置对背压的要求。

船载碳捕集系统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)的要求。

船载碳捕集系统应具有安全保护功能，发生故障时，应能及时旁通，不可影响发动机、锅炉等燃烧装置的正常工作，且系统应立即启动相应的安全保护措施。

船载碳捕集系统的电控单元可设计为单独的系统，也可集成到船舶自动化系统中，应能控制风机、有机胺溶液循环量、碳捕集系统运行状态、富液解吸状态、二氧化碳压缩液化装置和存储装置等核心设备的工作状态等，应能根据发动机、锅炉等燃烧装置状态调节碳捕集系统相关参数，并对外进行数据交换，且系统设计应保证某一部件的单项故障不会导致船舶和人员陷入潜在的危险状况。

为保证船载碳捕集系统的工作参数始终维持在规定范围内，系统应具备自动控制、监测、报警和安全保护功能，并设有手动操作的设施。

当遥控系统（若有）发生故障或应急情况下，船载碳捕集系统应能实现就地控制和监测，系统安全操作所需的重要参数及设备工作状态，应在就地控制位置设有指示。

碳捕集系统应具备运行数据记录功能，应能将系统状态、运行数据及报警状态通过对外接口输出给船舶监测系统。

碳捕集系统与排放相关的传感器及监测设备应保证可靠性和准确性，应进行定期校准。

* + 1. 二氧化碳吸收装置、解吸装置

二氧化碳吸收装置、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。

二氧化碳吸收装置、解吸装置适用的进口烟气条件应予以明确。

二氧化碳解吸装置应能防止因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。

应设置有吸收剂泄露监测和报警功能。

二氧化碳吸收装置、解吸装置的所有部件均应适应所有可能情况下的高温。

* + 1. 二氧化碳压缩单

二氧化碳压缩单元应具备本地和远程以及紧急停止操作。

二氧化碳压缩机排放口应设有溢流阀或过压保护装置。

二氧化碳压缩系统的设计应考虑到以下因素：

1. 防止异常状态导致的气态、液态二氧化碳泄露；
2. 暴露于高浓度二氧化碳环境的人员窒息风险；
3. 液态二氧化碳泄露后对船体、设备和人员的低温影响。
   * 1. 二氧化碳液化存储单元

吸收剂存储罐的容量设计应考虑船舶拟运行的航线、单位时间二氧化碳捕集量、吸收剂消耗速率等因素。

二氧化碳液化存储单元相关设备材料应符合船级社及相关规范要求，并应考虑到最低设计温度。

二氧化碳存储单元进出口管路应设置可远程和就近操作的阀门，且应设置泄放口以排出罐内可能产生的冷凝水。

二氧化碳存储单元应设有检修人孔，以便进行检查维修。

二氧化碳存储单元的设计应符合压力容器相关标准。

吸收剂存储与供应技术要求应符合《船舶应用碳捕集系统指南》第4章脱碳剂供应系统的适用规定。

二氧化碳电控单元的设计（包括软件设计）、制造和检验应满足船级社相关要求。应设有预防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回流至船舶燃烧装置。

* + 1. 再沸器

应设有安全措施使再沸器不会因超压而损坏。

再沸器设备接口应有足够的刚度和强度，能承受外部接管的作用力。

再沸器应提供全部固定保温层和必要的排空泄放接口。

* + 1. 换热器

换热器技术要求应符合《船舶应用碳捕集系统指南》第8章换热器的适用规定。

* + 1. 冗余

对于影响船载碳捕集系统正常运行的泵应冗余配置。

* + 1. 控制要求

碳捕集系统应能实现自动控制运行，此外，还应设置手动控制功能，以便进行手动操作。

* + 1. 监测要求

船载碳捕集系统电控单元的监测功能应能对系统的传感器、电子元器件及执行机构的主要故障进行报警。

碳捕集系统中因功能故障可能影响系统正常运转的传感器，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存储的传感器，应便于维护，当发生故障或失效时，应能发出报警信号。

碳捕集系统电控单元应能有效监测二氧化碳吸收装置、解吸装置、压缩单元和液化存储单元等关键部件的工作状态，具体监测明细主要包括：

1. 碳捕集系统工作状态；
2. 碳捕集系统中关键指标监测状态，如压力、温度、液位；
3. 压缩单元、液化存储单元工作状态；
4. 系统中泵的工作状态；
5. 电控单元电源、通信状态；
   * 1. 安全系统要求

碳捕集系统如因安全系统的动作而导致系统机电设备停止运行，应发出报警并提示故障，且非经人工复位，该设备不应再自动投入运行，监测项目应满足附录B的要求。

碳捕集系统应配备安全装置以及废气旁通机构应设置联锁装置，应能防止因为误操作导致碳捕集系统通道和旁通管路同时关闭的情况。

* 1. 试验要求
     1. 系统完整性检查

碳捕集系统吸收装置和解吸装置检查内容应包括：

1. 结构性检查，包括装置外形、尺寸及内部结构的布置形式；
2. 气密性检查，试验压力一般应为1.5倍设计压力。

吸收剂供给泵、喷嘴及管路阀门等安装检查。

碳捕集系统完整性检查，如吸收单元、解吸单元、压缩单元和液化存储单元之间的管路连接、电气元器件之间的线缆连接等。

* + 1. 吸收剂性能试验

为保证碳捕集系统性能，应测定记录吸收剂的pH值和粘度等关键理化参数。

应在一定的进口废气温度和气液比等参数条件下，验证特定试验条件下吸收剂的吸收性能。

* + 1. 电控系统试验

电控系统成套设备柜内工作环境温度范围应同时满足柜内和主要元器件的正常工作温度范围，温度过高或过低时应考虑柜内通风散热和加热等措施。

电控系统应进行控制功能试验，确认碳捕集系统工作过程中，电控系统的动作与预计一致，并对控制参数进行核查。

应进行电控系统安全保护和故障监测报警等功能试验。

* + 1. 碳捕集系统性能试验
       1. 吸收、解吸性能试验

1. 应选择特定工况点，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，根据吸收装置废气进出口二氧化碳浓度确定二氧化碳吸收能力；
2. 应测定解吸装置出口冷凝后的气体二氧化碳纯度，验证系统不同工况点下解吸分离的二氧化碳纯度；
3. 应测定不同工况点下解吸装置的蒸气耗量。
   * + 1. 压缩、液化性能试验

应在设计存储压力及温度条件下，测定二氧化碳气体压缩、液化的能耗及工艺路线的安全性。

碳捕集系统应在船上完成确认试验，主要包括：

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要求；
2. 船上确认试验程序中应包括所有可能影响碳捕集系统装置操作和性能的部件和设定值；
3. 碳捕集系统应设有系统工作时能自动记录运行参数的功能，记录参数应至少包括：碳捕集系统吸收装置进出口二氧化碳浓度、吸收剂循环流量、解吸装置出口二氧化碳浓度及流量、再沸器蒸气参数、二氧化碳储罐压力及温度等；

碳捕集系统应编制一份技术手册，至少包括以下内容：

1. 碳捕集系统制造厂、型号、序列号和其他必要的细节信息标识，包括对系统的说明；
2. 碳捕集系统的工作边界范围，至少应包括：吸收剂类型、主要成分、pH值和粘度信息；碳捕集系统最大压力损失；系统适用的燃料品质及标准、最大燃油硫含量；吸收剂溶液使用寿命；二氧化碳减排效率；系统适用的最大废气流量；系统最大二氧化碳吸收能力、解吸温度、解吸二氧化碳纯度、解吸蒸气耗量、压缩单元能耗、液化温度、二氧化碳存储压力、二氧化碳存储温度、液化单元能耗等；
3. 碳捕集系统相关设备的安装、试验要求；
4. 碳捕集系统的操作维护手册。
   1. 标牌、标志、包装、运输和贮存
      1. 标牌和标志

标牌应符合GB/T 13306的规定，碳捕集系统至少应在吸收装置和解吸装置明显位置装有固定标志，至少应包括以下内容：

a）制造商名称；

b）额定处理能力；

c）二氧化碳捕集率；

d）设计进口最大二氧化碳浓度；

e）产品编号；

f）制造日期。

* + 1. 包装、运输和贮存

碳捕集系统装置包装应符合GB/T 13384的规定，保证在正常运输条件下不致因包装不善而损坏，包装与运输的标志应符合GB/T 6388和GB/T 191的规定。

运输时应对设备的接管法兰表面加以保护，采用合理装载加固措施，使法兰面不受损坏，并对包装箱采取防雨淋和防溅水措施。

碳捕集装置电器、仪表及设备宜在库房保存。

1. （规范性）  
   OCCS性能指标表

|  |  |
| --- | --- |
| 1.吸收剂 | |
| 类型/型号 |  |
| 主要成分 |  |
| 适用工作温度范围 |  |
| pH |  |
| 粘度 |  |
| 使用寿命 |  |
| 2.系统参数 | |
| 系统最大压力损失（100%工况） |  |
| 系统捕集率 |  |
| 系统吸收能力 |  |
| 单位捕集能耗（GJ/t·CO2） |  |
| 所需最大电功率 |  |
| 3.吸收单元 | |
| 最大废气流量 |  |
| 最大捕集量 |  |
| 4.解吸单元 | |
| 二氧化碳纯度 |  |
| 蒸汽耗量（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 |  |

1. （规范性）  
   OCCS安全系统监测项目表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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器出口的压差 | 压力差 | 高 | X | X |  |
| 烟气温度（如有） | 温度 | 高 | X | -- |  |
| 二氧化碳吸收塔液位 | — | 高 | X | -- |  |
| 二氧化碳吸收塔压力 | — | 高 | X | -- |  |
| 二氧化碳吸收塔出口处温度 | 温度 | 高 | -- | X |  |
| 3 二氧化碳解吸单元 | | | | | |
| 二氧化碳解吸塔温度 | 温度 | 低 | X | -- |  |
| 二氧化碳解吸塔压力 | — | 高 | X | -- |  |
| 二氧化碳解吸塔液位 | -- | 高 | X | -- |  |
| 解吸泵 | — | 故障 | -- | -- | 启动或更换备用泵 |
| 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 | -- | -- | 启动或更换备用泵 |
| 二氧化碳制冷系统中的液体和蒸汽管道系统中的温度 | 温度 | 高/低 | -- | -- |  |
| 二氧化碳制冷系统中的液体和蒸汽管道系统中的压力 | 压力 | 高 | -- | -- |  |
| 5 二氧化碳液化存储单元 | | | | | |
| 运行/停机 | 运行指示 | 故障/紧急 | X | — |  |
| 排放泵故障 | — | 故障 | -- | -- | 启动或更换备用泵 |
| 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 | -- | -- |  |
| 二氧化碳储罐的蒸汽空间的压力 | 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 | -- | -- | 启动或更换备用泵 |
| 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 | — | -- | -- |  |
| 1. 表中符号及其含义：(1)—:不要求设置; (2)X:适用; (3)\*:如有时 | | | | | |