

指导性文件

GUIDANCE NOTES

GD24-2023



中国船级社

海上油气二氧化碳捕集利用 与封存系统检验指南

2023

生效日期：2023年6月1日

北京

目 录

第 1 章 通 则	1
第 1 节 一般规定	1
第 2 节 定义和缩写	2
第 3 节 适用标准	2
第 2 章 检验与发证	5
第 1 节 一般规定	5
第 2 节 图纸审查	5
第 3 节 产品检验	6
第 4 节 建造检验	8
第 5 节 建造后检验	11
第 3 章 系统设计通则	15
第 1 节 一般规定	15
第 2 节 总体布置	16
第 4 章 设备和管路	18
第 1 节 一般规定	18
第 2 节 材 料	18
第 3 节 设 备	19
第 4 节 管 路	21
第 5 章 电气、仪表和控制系统	23
第 1 节 一般规定	23
第 2 节 技术要求	23
第 6 章 工艺安全系统	24
第 1 节 一般规定	24
第 2 节 安全保护系统	24
第 7 章 二氧化碳捕集	30
第 1 节 一般规定	30
第 2 节 井口物流二氧化碳捕集	30
第 3 节 天然气处理系统二氧化碳捕集	30
第 4 节 烟气二氧化碳捕集	31
第 8 章 二氧化碳管道输送	33

第 1 节 一般规定	33
------------------	----

第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 《海上油气二氧化碳捕集利用与封存系统检验指南》（以下简称“本指南”）制定的目的是为海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的设计、建造、安装和检验提出可接受标准，使该系统对人员、环境和财产带来的风险减至最小程度，实现降低海上油气二氧化碳排放，提升资源有效循环利用的低碳、低污染目标。

1.1.1.2 本指南旨在为中国船级社开展海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统检验发证和技术服务提供依据。

1.1.1.3 除本指南规定外，二氧化碳捕集、利用与封存系统还应满足相应主管机关的要求。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本指南适用于安装在固定设施、浮动设施、移动平台、陆岸终端和人工岛的二氧化碳捕集、利用和封存系统。

1.1.2.2 本指南规定的海上油气二氧化碳捕集系统是将油气田伴生的二氧化碳或烟气中的二氧化碳或海底管道、船舶输入的二氧化碳进行捕集处理的系统，不含生产井、注入井及井筒等地下构造相关部分。

1.1.2.3 本指南规定的二氧化碳利用、封存系统是安装在固定设施、浮动设施、移动平台、陆岸终端和人工岛的二氧化碳地质利用、化工利用、物理利用、生物利用系统或地质封存系统。本指南检验范围详见图 1.1.2.3。

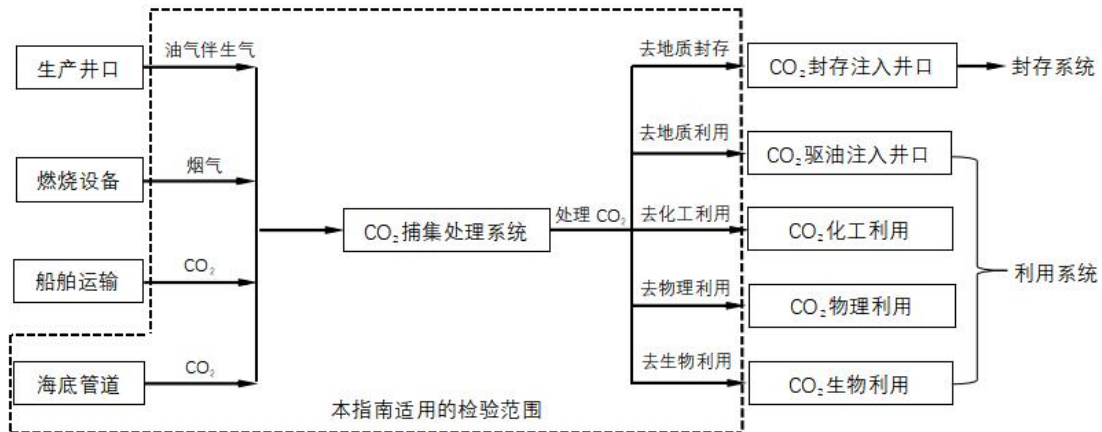


图 1.1.2.3 检验范围示意图

1.1.2.4 海上非油气二氧化碳捕集、利用与封存系统可参照本指南执行。

1.1.3 等效与免除

1.1.3.1 与本指南要求（包括接受标准要求）不一致的设计规定可予以接受以替代本指南的相应要求，其条件是以书面文件证明或表明其至少与本指南要求具有同等的安全水准。

1.1.3.2 对于具有新颖特性的二氧化碳捕集、利用与封存系统，如应用本指南的任何规定可能妨碍对这种特性的研究，经中国船级社同意，可免除该项规定。

1.1.4 风险评估的应用

1.1.4.1 凡业主、作业者、设计者或其他机构欲通过风险评估对系统或单元进行设计、建造和操作，经中国船级社对其风险评估文件进行审核认为满意之后，则风险评估中采用的

风险控制措施及方案可代替本指南的全部或部分规定。

1.1.4.2 风险评估可按照中国船级社《油气定量风险评估指南》或中国船级社接受的标准、方法。

第2节 定义和缩写

1.2.1 定义

1.2.1.1 除另有规定外，本指南采用下列定义：

(1) 海上油气二氧化碳：系指以开采海洋石油、天然气为目的的海上勘探、开发、钻采、生产等相关活动所产生的二氧化碳。

(2) 临界压力：临界温度下的饱和蒸气压，二氧化碳的临界压力为 7.3773 MPa。

(3) 临界温度：液体保持液相的最高温度，高于该温度时，仅通过增大压强不能使气体液化，二氧化碳的临界温度为 30.9782 °C。

(4) 超临界二氧化碳：在温度高于临界温度、压力高于临界压力条件下的二氧化碳。

(5) 密相二氧化碳：在温度低于临界温度、压力高于临界压力条件下的二氧化碳，区别于普通气相二氧化碳和液相二氧化碳。

(6) 二氧化碳泄漏：二氧化碳从封闭设备或管道的意外逃逸。

(7) 二氧化碳捕集：从油气田伴生的二氧化碳和/或烟气中的二氧化碳中分离、产生易于运输、利用或储存的高浓度二氧化碳的过程。

(8) 二氧化碳输送：将捕集的二氧化碳运送到可利用或封存场地的过程。根据运输方式的不同，分为船舶运输和管道运输。

(9) 二氧化碳封存：将二氧化碳封存在地质储层或其它形式的储层中，使之长期与大气隔离的过程。

(10) 二氧化碳利用：将捕集的二氧化碳实现资源化利用的过程。根据工程技术手段的不同，可分为地质利用、化工利用、生物利用和物理利用。

(11) 烟气：燃料燃烧产生的气体，通常经过脱硫脱硝除尘后排放到大气中。

(12) 建构筑物：包括建筑物和构筑物。建筑物是指用建筑材料构建的空间和实体，供人们居住和进行各种活动的场所；构筑物是指为某种使用目的而建筑的、人们一般不直接在其内部进行生产和生活活动的工程实体或附属建筑设施。

1.2.2 缩写

1.2.2.1 除另有规定外，本指南采用的缩写如下：

API	美国石油学会
ASME	美国机械工程师协会
CCUS	二氧化碳捕集利用与封存
CSES	中国环境科学协会
GB	中国国家标准
ISO	国际标准化组织
JB	中国机械行业标准
NACE	美国防腐蚀工程师协会
NB	中国能源行业标准
SH	中国石油化工行业标准
SY	中国石油天然气行业标准
TEMA	美国管壳式换热器制造商协会

第3节 适用标准

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统除满足适用标准外，还应满足所依托

设施或平台依据的规范、标准。

1.3.1.2 除满足本指南要求外，中国船级社接受国际标准、国家标准和行业标准的适用部分对海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的机械设备、容器、管路和仪表等进行设计、建造、安装、检验和试验。

1.3.1.3 应避免同一设备或系统使用不同的标准。

1.3.1.4 如对同一要求，所采标准要求与本指南要求不一致时，应以本指南为准；如所采标准之间要求不一致时，应充分论证后再进行采标，并经业主和本社同意。

1.3.1.5 除特别注明外，均采用最新标准。

1.3.2 主要适用的标准

1.3.2.1 中国船级社接受适用于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的现行有效的国际标准、国家标准和行业标准，其最新版本适用于本指南：

- | | | |
|------|---------------------|--------------------------------|
| (1) | GB 150 | 压力容器 |
| (2) | GB/T 151 | 热交换器 |
| (3) | GB/T 3215 | 石油、石化和天然气工业用离心泵 |
| (4) | GB/T 3216/XG1 | 回转水力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级 |
| (5) | GB/T 7782 | 计量泵 |
| (6) | GB 12337/XG1 | 钢制球形储罐 |
| (7) | GB/T 20972 | 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 |
| (8) | GB 50183 | 石油天然气工程设计防火规范 |
| (9) | GB 50264 | 工业设备及管道绝热工程设计规范 |
| (10) | GB/T 51316 | 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准 |
| (11) | GB/T 20801 | 压力管道规范 |
| (12) | GB/T 6052 | 工业液体二氧化碳 |
| (13) | GB/T 50770 | 石油化工安全仪表系统设计规范 |
| (14) | GB/T 25359 | 石油及天然气工业用集成撬装往复压缩机 |
| (15) | GB/T 20322 | 石油及天然气工业用往复压缩机 |
| (16) | NB/T 47004 | 板式热交换器 |
| (17) | NB/T 47013 | 承压设备无损检测 |
| (18) | NB/T 47041 | 塔式容器 |
| (19) | NB/T 47042 | 卧式容器 |
| (20) | NB/T 47003.1 | 钢制焊接常压容器 |
| (21) | JB 4732 | 钢制压力容器——分析设计标准 |
| (22) | SY/T 0011 | 天然气净化厂设计规范 |
| (23) | SY/T 0077 | 天然气凝液回收设计规范 |
| (24) | SY/T 6565 | 石油天然气开发注二氧化碳安全规范 |
| (25) | SY/T 7440 | CO ₂ 驱油田注入及采出系统设计规范 |
| (26) | SY/T 10043 | 泄压和减压系统指南 |
| (27) | SY/T 10047 | 海上油(气)田开发工程环境保护设计规范 |
| (28) | SY/T 6650 | 石油、化学、天然气工业用往复压缩机 |
| (29) | SY/T 6651 | 石油、化学和天然气工业用轴流和离心压缩机及膨胀机—压缩机 |
| (30) | SH/T 3092 | 石油化工分散控制系统设计规范 |
| (31) | T/CSES 41 | 二氧化碳捕集、利用与封存术语 |
| (32) | 环境保护部环办科技(2016) 64号 | 二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南 |
| (33) | ISO 13631 | 石油和天然气工业成套往复气体压缩机 |
| (34) | ISO 27914 | 二氧化碳捕集、运输和地质封存 |

- | | | |
|------|----------------|---------------------------------|
| (35) | ASME B31.3 | 工艺管道 |
| (36) | ASME VIII | 压力容器 |
| (37) | API RP14E | 海上生产平台管道系统设计安装推荐作法 |
| (38) | API RP14C | 海上生产平台基本上部设施安全系统分析、设计、安装和测试推荐作法 |
| (39) | API Std 610 | 石油、石油化工和天然气工业用离心泵 |
| (40) | API Std 617 | 轴流和离心式压缩机和膨胀压缩机 |
| (41) | API Std 618 | 石油、化工和气体工业用往复式压缩机 |
| (42) | API Std 619 | 石油、化工和天然气工业用旋转型容积式压缩机 |
| (43) | API Std 674 | 容积泵——往复泵 |
| (44) | API Std 675 | 容积泵——石油、化工和气体工业用计量泵 |
| (45) | API Std 676 | 容积泵——转子泵 |
| (46) | API Std 672 | 石油、化工和气体工业用成套整体齿轮增速离心式空气压缩机 |
| (47) | TEMA STANDARDS | 管壳式换热器标准 |

第2章 检验与发证

第1节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 对于二氧化碳捕集、利用与封存系统检验，除本指南规定外，还应满足所依托设施/平台适用规范、标准的相关要求。

2.1.1.2 业主或作业者应及时向中国船级社提出保持证书有效性的各种检验的申请，并按指南要求作好检验的项目准备和为检验提供安全措施。

2.1.2 检验种类及证书

2.1.2.1 二氧化碳捕集、利用与封存系统检验种类包括建造检验、年度检验、定期检验（换证检验）和临时检验。

2.1.2.2 业主或作业者根据二氧化碳捕集、利用与封存系统检验种类的规定，申请并经中国船级社检验确认系统符合指南要求，将由中国船级社签发/换发或签署相应证书和/或报告。证书的有效期通常不超过5年，特殊情况可根据实际状况适当缩减其有效期，即根据所在设施或平台的检验周期和周年日，在征得业主或作业者同意的前提下，可协调二氧化碳捕集、利用与封存系统的检验周期和周年日与所在设施或平台保持一致。

2.1.2.3 任何可能影响证书有效性的损坏、故障和修理，作业者应及时向中国船级社报告。中国船级社将进行评估和/或检验，并提出要求和意见。

2.1.2.4 凡遇下列情况之一者，中国船级社签发的二氧化碳捕集、利用与封存系统的相应证书和/或报告即自行失效：

- (1) 在规定的检验间隔期内未申请或未完成检验及试验；
- (2) 二氧化碳捕集、利用与封存系统遭遇环境和事故破坏致使完整性受损，未及时申请检验；
- (3) 未经中国船级社同意，二氧化碳捕集、利用与封存系统发生了影响完整性的改建和修理；
- (4) 检验发现二氧化碳捕集、利用与封存系统存在遗留问题而未能在要求期限内消除。

2.1.2.5 证书失效后，在满足以下要求时证书有效性可予以恢复：

- (1) 对于2.1.2.4款(1)情况，在按照最近一次年度/定期检验（换证检验）的范围完成检验后时；
- (2) 对于2.1.2.4款(2)情况，在经作业者申请检验并完成修理后时；
- (3) 对于2.1.2.4款(3)情况，在作业者补充改建和修理的资料并得到审图通过，现场补充检验并满意后时；
- (4) 对于2.1.2.4款(4)情况，在缺陷消除并经检验满意后时。

第2节 图纸审查

2.2.1 一般规定

2.2.1.1 开工前，申请单位应将本节规定的图纸资料一式三份或电子版图纸提交中国船级社审查。必要时，中国船级社可要求扩大送审设计文件的范围。

2.2.1.2 工艺性文件、系统操作手册、系统调试及试验大纲均应提交中国船级社审查。

2.2.1.3 已批准的图纸资料，如有原则性的修改或补充，申请人应将修改或补充部分重新提交审查。

2.2.2 需送审的设计文件

2.2.2.1 申请方应提交下列图纸和资料，必要时中国船级社可要求扩大送审图纸资料的

范围。

- (1) 总说明书/规格书；
- (2) 构件尺寸和布置图；
- (3) 结构强度分析报告；
- (4) 系统图图例、符号和说明；
- (5) 设备布置图；
- (6) 危险区划分图；
- (7) 工艺流程图；
- (8) 管线仪表图；
- (9) 热量和质量平衡表；
- (10) 安全分析表；
- (11) 因果矩阵图；
- (12) 配管规格书；
- (13) 管路应力分析报告；
- (14) 管路直径和壁厚计算报告；
- (15) 橇装设备规格书、数据表；
- (16) 压力释放安全阀的尺寸计算报告；
- (17) 减压阀的尺寸计算报告；
- (18) 放空设计计算报告；
- (19) 仪表和控制系统规格书；
- (20) 控制系统图；
- (21) 可燃气体探测和报警系统图；
- (22) 电气相关图纸资料。

第3节 产品检验

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统所涉及的设备应接受产品检验以确认其符合本指南或委托方的要求。

2.3.1.2 本指南涉及的产品，如未规定具体的技术要求时，可按中国船级社认可的标准进行设计、制造、检验和试验。

2.3.1.3 对于本指南规定的产品，可以接受相应标准作为替代。但应经过设计评估、建造中检验、测试和功能试验，以确认其等效于本指南规定。

2.3.1.4 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统所涉及的设备检验合格后，将向申请人签发相关证书和/或其它检验证明文件。

2.3.2 检验和证书分类

2.3.2.1 产品按以下 A、B、C 三类进行检验。

设备按 A、B、C 三类（见表 2.3.2.1）进行取证检验。其原则是 A、B 类设备应具有中国船级社证书，并应在证书显著位置标明种类；C 类只需工厂证书。表 2.3.2.1 为设备取证分类的最低要求，申请方和中国船级社可根据生产具体要求对该表进行调整。CA 表示由中国船级社签发的产品检验证书，W 表示制造厂签发的合格证书。

(1) A 类设备取证要求

- ① 设计文件应经过中国船级社审查批准；
- ② 开工前，有关建造文件应经中国船级社审查批准；
- ③ 责任方和中国船级社派代表参加开工会；
- ④ 制造过程中，应根据质量保证计划报检；
- ⑤ 性能、功能试验、压力试验和负荷试验应报检；
- ⑥ 中国船级社应审核设备制造记录。

(2) B 类设备取证要求

- ① 与安全有关的设计资料应经过中国船级社审查批准；
- ② 性能、功能试验、压力试验和负荷试验应报检；
- ③ 中国船级社应审核设备制造记录。

对于 A、B 类设备，中国船级社应审核制造厂的质量管理体系及其质量保证/质量控制（QA/QC）系统，开工前应审核制造厂的质量计划，并确定质量控制点和检验活动类别。

(3) C 类设备工厂证书要求

与安全有关的，中国船级社接受制造厂提供产品证书的设备。工厂应根据公认的标准、规范，按公认的制造方法进行制造。

(4) 表 2.3.2.1 未涵盖的设备应参照主管机关相关法规和中国船级社海工产品检验取证要求进行检验。

(5) 安装于平台/设施的二氧化碳捕集利用与封存系统的入级产品应按中国船级社型式认可 B 进行认可，并取得船用产品证书。

设备检验和证书分类

表 2.3.2.1

设备名称	检验类别			证书类别	
	A	B	C	CA	W
二氧化碳分离器橇		×		×	
二氧化碳分离器		×		×	
再生气分离器橇		×		×	
再生气分离器		×		×	
二氧化碳压缩机橇		×		×	
二氧化碳压缩机		×		×	
再生气压缩机橇		×		×	
再生气压缩机		×		×	
热交换器橇		×		×	
热交换器		×		×	
电加热器橇		×		×	
电加热器		×		×	
气体脱水器橇		×		×	
气体脱水器		×		×	
聚结滤器		×		×	
二氧化碳管汇		×		×	
吸收器/塔		×		×	
洗涤器/塔		×		×	
解吸器/塔		×		×	
干燥器/塔		×		×	
精馏器/塔		×		×	
二氧化碳储存罐		×		×	
二氧化碳驳运泵		×		×	
二氧化碳冷凝器		×		×	
气体探测报警系统		×		×	
防爆设备		×		×	
高压开关柜		×		×	

中压开关柜		×		×	
低压开关柜		×		×	
变压器		×		×	
非防爆现场仪表(液位、压力及温度变送器等 PT, PDT, TT, SDY, LT, LG, XI)			×		×

第4节 建造检验

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统在建造之前，申请方应向中国船级社提交建造检验的书面申请或双方应签订检验合同。

2.4.1.2 建造厂自制设备的检验

- (1) 建造厂自制设备应按本章第3节产品检验的规定进行设计审查和检验；
- (2) 当设备组装成撬块或模块时，验船师应根据已批准的图纸和试验程序对设备装配、管路和电气装置进行检验并见证整个撬块或模块相应设备或管路的压力和功能试验。

2.4.1.3 采购设备的检查

- (1) 按本章 2.3.2 的相关要求审查采购设备的证书；
- (2) 核对设备铭牌与证书的一致性。

2.4.2 检验前准备

2.4.2.1 对于首次建造海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的建造厂，现场验船师应对建造厂的生产能力，包括生产场所、设施及建造厂的质量保证体系、施工人员的总体资质、分包方等各方面进行评估。

2.4.2.2 开工前，现场验船师应对建造厂开工建造及其检验的有关准备情况进行检查和确认，如：建造准备工作计划、施工/焊接工艺、焊工/无损检测人员资质、产品持证要求清单、焊接规格表、无损检测图、密性试验图、检验/试验项目表、有关建造用材料、建造公差标准、分包方情况（适用时）以及开工前必需的图纸文件、技术资料等。对于个别不影响开工的项目，验船师可在相应建造阶段之前予以检查和确认。

2.4.2.3 现场验船师应审批现场施工图纸、施工工艺、试验大纲，以确认其符合已批准的图纸资料（含审图意见）和相关规范要求并按已批准的图纸资料、工艺和试验大纲进行检验。

2.4.3 建造过程中的检验要求

2.4.3.1 焊接、热处理和无损探伤检验

压力容器、压力管道和重要构件的焊接、热处理和无损检测应按照中国船级社审批的相关文件执行。

2.4.3.2 安全阀的设定压力试验

- (1) 确认安全阀的安装符合本指南第6章安全保护系统的相关要求；
- (2) 确认安全阀已经由有资质的专业机构完成标定和校准；
- (3) 确认安全阀的开启和关闭压力符合要求；
- (4) 当安全阀在未经认可的机构进行调试时，验船师应在现场见证安全阀的试验，确认安全阀已进行了调试并符合要求，必要时予以铅封。

2.4.3.3 管路的预制和安装检验

- (1) 确认管路的预制符合本指南第4章的相关要求；
- (2) 确认管路的安装符合本指南第3章和第4章的相关要求。

2.4.3.4 液压试验

- (1) 验船师应见证系统的液压试验，在液压试验前应确认具备下列条件：
 - ① 管路系统的安装符合设计和施工图纸资料的要求；
 - ② 管路的支架和吊架安装完毕、材质和安装位置正确、连接可靠、焊接合格；

- ③ 焊接、热处理和无损探伤已全部完成、合格；
 - ④ 焊缝未涂油漆、可拆卸接头未包覆绝缘并便于检查；
 - ⑤ 试验前应将有不参与试验的项目如安全阀、仪表等进行有效的隔离。
- (2) 检查液压试验所使用的液体种类、质量符合要求。一般使用清洁的淡水，当生产工艺有特殊要求时也可使用其它液体，如使用可燃液体，但其闪点不应低于 60 °C；
- (3) 检查液压试验的环境温度符合要求。液压试验宜在环境温度 5 °C 以上进行，当环境温度低于 5 °C 时，应采取防冻措施；
- (4) 检查液压试验所使用的液体的温度符合要求：
- ① 对于非合金钢和低合金钢的管道不小于 5 °C；
 - ② 对于高合金钢的管道不小于 15 °C，且应高于相应金属材料的脆性转变温度。
- (5) 由奥氏体不锈钢材料制成的系统用水做压力试验时，应检查水中氯离子的含量不高于 25 mg/L；
- (6) 检查液压试验压力符合设计要求；
- (7) 确认液压试验前后对系统进行了吹扫和清洁；
- (8) 确认液压试验时系统内的空气已排净；
- (9) 确认液压试验时，加压和减压缓慢进行；
- (10) 在液压试验保压期间对系统进行全面的详细检查，确认无漏泄现象，保压时间应不低于 10 分钟；
- (11) 验船师应确认液压试验已完成并符合要求后，在试验记录上进行签署。

2.4.4 调试前的全面检查

2.4.4.1 为了保证设备/橇块和系统在调试前具有合格的建造、施工和安装质量，二氧化碳捕集、利用与封存系统应按已批准的文件进行检验。

2.4.4.2 机械完工资料的核查

机械完工资料的审核主要包括以下各项：

- (1) 核查施工检验报告，包括管路液压试验、管路密性试验、施工材料合格证、施工单位的检验报告、焊接质量检验报告、电气系统绝缘电阻耐压试验报告及其他必需的检验报告等，确认无遗留项目，特别是中国船级社的整改意见；
- (2) 核查设备出厂证明文件，确认无遗留的试验项目；
- (3) 核查设备和管路的吹扫记录，保证设备和管路内部的洁净。

2.4.4.3 设备检查

- (1) 确认设备铭牌牢固、耐久、清楚、内容正确；
- (2) 确认设备、标志或代号正确；
- (3) 确认设备的位置、方向和数量正确；
- (4) 确认设备的专用工具齐全；
- (5) 确认设备包括附属部件、管路、仪表电线完整无损；
- (6) 确认旋转部件有安全保护措施，机械密封完好；
- (7) 确认所有的连接螺栓已拧紧；
- (8) 确认设备已按安装工艺和建造商的说明进行组装和安装；
- (9) 确认设备与底座连接牢固；
- (10) 确认设备底座与主结构连接牢固；
- (11) 确认橇块及设备间的管路和电气连接正常；
- (12) 确认涂装、保温绝缘、支架和支架安装情况合格；
- (13) 确认保温、防冻措施良好；
- (14) 确认操作、维修通道和空间满足设计要求；
- (15) 确认操作小平台、栏杆、梯子满足设计要求；
- (16) 确认场地周围无杂物和危险品；
- (17) 确认设备或容器内部无异物、无积液，涂层完整无损；
- (18) 确认内部结构、隔板、器件、管路等安装牢靠和布置正确；
- (19) 确认容器人孔、手孔盖已拧紧；
- (20) 确认设备内部防腐衬层完好无损；

(21) 确认设备调试用的润滑油、热交换液、添加剂处于可用状态。

2.4.4.4 管路的检查

- (1) 确认管路的布置整齐便于检查和保养；
- (2) 确认管路中可拆卸的接头保持在所需的最低数量；
- (3) 确认管路在设备上的安装自由对中无附加应力；
- (4) 确认管路的支撑合格；
- (5) 确认阀门的数量、种类、通径符合设计要求；
- (6) 确认阀门的进出口和介质的流向正确；
- (7) 确认阀门旋转方向和启闭状态显示正确；
- (8) 确认安全阀垂直安装；
- (9) 确认安全阀进出口管尺寸和安装正确；
- (10) 确认滤器的安装方向正确；
- (11) 确认滤器的更换方便，滤芯清洁；
- (12) 确认关断阀的数量、布置、质量符合设计要求；
- (13) 确认管路的保温、伴热符合要求。

2.4.4.5 电气系统检查

- (1) 确认动力、控制、安全、信号电路的接线正确；
- (2) 确认安全电路独立于控制电路；
- (3) 确认报警、安全电路符合故障安全原理；
- (4) 确认电缆型号、规格符合设计要求；
- (5) 确认电缆布置合理，不易受损，避开热源和液体漏泄源；
- (6) 确认电缆安装牢固、整齐，查线方便；
- (7) 确认导电连接、接地连接有效、正确；
- (8) 确认设备、仪器、仪表电缆符合设计要求；
- (9) 确认设备的控制盘完好、布置合理、操作方便；
- (10) 确认系统中在控制室的对应控制、报警指示齐全、完好；
- (11) 确认应急关断的操作位置符合设计要求。

2.4.4.6 仪表控制系统检查

- (1) 确认系统中安装的仪表全部经过专业部门的检验、标定；
- (2) 确认仪表外观整洁、数字符号清楚；
- (3) 确认仪表的安装位置正确；
- (4) 确认仪表指示仪表回零或处于常态指示。

2.4.5 设备、橇装设备的检验/试验

2.4.5.1 检验设备、系统的安装情况，验证设备性能和操作是否符合设计的要求。一般包括但不限于：外观检查、内部检查、绝缘检查、模拟试验、启动和停止试验、运行试验、振动和噪音测试等。

2.4.5.2 泵

- (1) 外观检查；
- (2) 绝缘检测，对电机冷、热态绝缘电阻进行测试；
- (3) 安全装置报警及关断功能试验合格；
- (4) 起动和停止试验；
- (5) 对泵的性能参数和电机或柴油机的参数进行检查。泵的运转性能应满足制造厂流量-压力曲线要求；
- (6) 测量轴承温度，应满足制造厂或规格书的规定；
- (7) 测试振动值、噪声值。

2.4.5.3 压缩机

- (1) 外观检查；
- (2) 绝缘检测：对电机的冷、热态绝缘电阻进行测试；
- (3) 采用模拟试验的方法对下列报警和关断保护进行试验，一般包括：
 - ① 润滑油低压报警及关断；

- ② 气体温度高报警及关断；
 - ③ 气体压力高、低报警及关断；
 - ④ 气体过滤器和油气分离器压差高报警及关断；
 - ⑤ 露点温度高报警；
 - ⑥ 冷却器出口温度高报警及关断；
 - ⑦ 中控关断和本地应急关断试验。
- (4) 起动和停止试验；
- (5) 运转试验时检查压缩机自动卸载和加载功能，测试压缩机和电机及附属设备的参数；

- (6) 测试振动值、噪声值。

2.4.5.4 换热器

- (1) 外观检查；
- (2) 换热器的进出口的压力和温度符合设计要求；
- (3) 安全装置报警及关断功能试验合格。

2.4.5.5 压力容器

- (1) 外观检查和内部检查；
- (2) 采用模拟试验的方法对下列报警和关断保护进行试验，一般包括：
 - ① 压力高、低的报警及关断保护；
 - ② 液位高、低的报警及关断保护；
 - ③ 温度高报警和保护。

2.4.5.6 塔

- (1) 外观检查和内部检查；
- (2) 采用模拟试验的方法对下列报警和关断保护进行试验，一般包括：
 - ① 压力高、低的报警及关断保护；
 - ② 液位高、低的报警及关断保护；
 - ③ 温度高报警和保护。

2.4.5.7 气体探测报警系统

- (1) 确认气体探测报警系统的安装符合本指南第5章的相关要求；
- (2) 确认气体探测器经有资质的专业机构进行了标定和校准；
- (3) 确认气体探测报警系统已进行了调试并符合要求。

2.4.5.8 二氧化碳管汇

- (1) 外部检查；
- (2) 检查法兰、阀和附件等连接处是否有漏泄和松动现象；
- (3) 液压试验；
- (4) 安全报警及关断功能试验合格。

2.4.6 二氧化碳输送海底管道系统的检验/试验

2.4.6.1 二氧化碳输送海底管道系统的建造检验应满足中国船级社《海底管道系统规范》的适用要求。

2.4.7 试投产

2.4.7.1 试投产之前，应遵循已批准的程序逐步接入二氧化碳气源。验船师应确认接入程序得以执行并满足系统运行设计要求。

第5节 建造后检验

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 为保证生产中二氧化碳捕集、利用与封存系统的安全，应执行本节规定的各种检验。

2.5.1.2 业主或作业者应及时向中国船级社提出保持证书有效性的各种检验的申请，并

按指南要求作好检验的项目准备和为检验提供安全措施。

2.5.1.3 在检验中,如发现影响证书的有效性的损坏或缺陷时,验船师应将处理意见及时通知申请人对损坏或缺陷进行处理。

2.5.2 检验种类与周期

2.5.2.1 年度检验

二氧化碳捕集、利用与封存系统应进行年度检验。年度检验应在建造检验后初次定期检验日期或上次定期检验(换证检验)日期的每周年日的前后3个月内进行。

2.5.2.2 定期检验(换证检验)

二氧化碳捕集、利用与封存系统应进行定期检验(换证检验),其检验间隔期不应超过5年,可在现有证书到期前后3个月内进行。

2.5.2.3 临时检验

当二氧化碳捕集、利用与封存系统遭到认为可能影响系统安全的损坏,或进行改造、修复或更换,以及输送介质或输送条件有改变时,业主/作业者应及时向中国船级社申请对二氧化碳捕集、利用与封存系统进行临时检验。

2.5.3 年度检验

2.5.3.1 检验项目

(1) 土建/结构

- ① 确认土建/结构没有发生影响安全的建构筑物变化;
- ② 总体检查终端的全部土建/结构,特别应注意大型建构筑物、结构框架的沉降情况;
- ③ 检查储罐或塔器的沉降情况;
- ④ 检验防腐涂层、防火涂层;
- ⑤ 检查螺栓连接件和焊接件的连接情况;
- ⑥ 检查可能影响结构整体性的结构或载荷的变化情况。

(2) 二氧化碳捕集、利用与封存系统

① 一般事项

- a. 向操作人员了解整个系统的运行情况;
- b. 查看二氧化碳捕集、利用与封存系统的运行日志、检修记录;
- c. 查看总体布置是否有所改变。

② 安全保护装置

- a. 检查高、低压控制系统的技术状态,在允许的条件下进行报警和关断动作试验;
- b. 对温度控制系统进行检验,在允许的条件下进行报警和关断动作试验;
- c. 对液位计及液位控制系统进行检查,在允许的条件下进行报警和关断动作试验;
- d. 外部检视安全阀的技术状态,核查安全阀的标定压力或标定证书;
- e. 检查安全阀前的截止阀并查看锁紧装置;
- f. 检查减压阀的技术状态;
- g. 外部检查关断阀的技术状况;
- h. 对应急关断站进行外部检查,在允许的条件下进行关断试验;
- i. 检查气体探测器和报警装置的完整性,对气体探测器和报警装置进行效用试验,检查探测器及接线盒的接线是否满足防护等级及防爆等级的相应要求。

③ 压力容器(含储罐、塔器)

- a. 检查容器安全操作手册;
- b. 对上次定期检验(换证检验)或年度检验提出的要求进行落实;
- c. 检查容器的绝缘包覆状况;
- d. 对无绝缘的容器检查腐蚀、变形、裂纹及有无其它缺陷;
- e. 检查储罐或塔器壁板、顶板外表面有无变形、结构损坏、腐蚀和渗漏等;

- f. 检查容器的人孔、手孔、法兰和短管节等附件是否有漏泄现象，螺丝有无松动；
 - g. 焊缝检查，必要时探伤；
 - h. 必要时，对结构腐蚀严重部位测厚；
 - i. 检查容器的支承结构、工作平台及梯道扶手是否完好；
 - j. 检查接地状况；
 - k. 记录仪表参数；
 - l. 液位显示监控系统检查和试验；
 - m. 加热、温度显示及监控系统检查和试验。
- ④ 回转机械
- a. 在工作状况下，对回转机械进行外部检查，查看运动部件运转是否正常，有无漏泄；
 - b. 记录各种参数。
- ⑤ 管路
- a. 检查是否有严重变形、腐蚀等缺陷；
 - b. 检查法兰、阀和附件等连接处是否有漏泄和松动现象；
 - c. 检查支承、管夹是否紧固；
 - d. 检查包覆是否完好；
 - e. 检查管路是否有剧烈的振动；
 - f. 检查管路的膨胀补偿情况。
- (3) 电气设备与自动化控制
- ① 对电动机械、配电板、开关装置等进行总体检查，并进行运行状态下的检查；
 - ② 检查防止触电、电气火灾、防止静电、防雷击及其它由电气引起灾害的预防措施完整性；
 - ③ 对通用报警系统进行效用试验；
 - ④ 对危险区域内的电气设备进行检查，确认这些设备处于良好工作状态，且防爆等级满足所在区域的防爆要求；
 - ⑤ 应对自动化设备进行总体检查，查看运行记录，确认其安全系统和控制系统处于正常状态；
 - ⑥ 电伴热系统的检查：
 - a. 外观检查电伴热系统的完整性；
 - b. 查阅运行保养记录，了解系统运行情况和元件更换情况；
 - c. 检查各控制系统是否处于良好正常运行状态；
 - d. 应对电伴热系统接地故障报警装置进行试验；
 - e. 检查系统中电气连接有无松动情况及各种密封装置有无损坏。
- (4) 防腐、保温、保冷检查
- ① 对阴极电流保护系统进行检查，对输出电压、输出电流、保护电位等记录进行查阅；
 - ② 对区域性牺牲阳极的外观进行检查或了解；
 - ③ 对设备、管道的防腐、保温、保冷情况进行检查。
- (5) 二氧化碳输送海底管道系统
- 年度检验应满足中国船级社《在役海底管道检验指南》第2章第2节年度检验的要求。

2.5.4 定期检验（换证检验）

除完成本节规定的年度项目外，还应完成下列项目：

2.5.4.1 压力容器（含储罐、塔器）

(1) 对压力容器尽可能在拆开的情况下做内部检验，小型的热交换器、洗涤器和 0.7MPa 及以上的压力容器不能做内部检验时，经中国船级社批准可用 1.25 倍工作压力的液压试验或测厚代替内部检验。

(2) 检查压力容器等设备基础结构情况。

(3) 应尽可能对罐内进行清理，对内部结构及焊缝进行检查。如有特殊情况而采用其

它检验方式应经中国船级社同意。

(4) 测厚和结构评估

- ① 应对罐体及基座结构进行测厚，测厚点数应能反映结构的总体腐蚀情况；
- ② 罐体结构的腐蚀量应不超过设计腐蚀增量；
- ③ 基座结构的允许腐蚀量满足设计要求；
- ④ 应对测厚报告进行认真分析，并在此基础上做出对罐体结构总体评估，必要时可要求进行评估计算。验船师应在评估基础上提出必要的修理要求、使用限制条件、年度检验时的扩大检验要求等。

(5) 无损探伤

应对储罐或塔器壁底圈钢板的纵向对接焊缝、罐壁与罐底板的角接焊缝进行 100% 磁粉探伤，对其它位置焊缝的探伤比例可根据现场情况定。

(6) 储罐或塔器罐体在经过重大修理或验船师认为有必要时，可要求做强度试验，强度试验要求与建造检验的要求一致。

2.5.4.2 对回转机械在实际可能的情况下进行拆开检验。

2.5.4.3 电气设备

- (1) 危险区内电气线路进行绝缘试验；
- (2) 尽可能对重要用途的电动机及其控制设备在工作状态下进行效用试验；
- (3) 检查主要电缆和电气设备的护罩有无破损，并测量重要电气设备供电电缆的绝缘电阻。

2.5.4.4 二氧化碳输送海底管道系统

定期检验（换证检验）应满足中国船级社《在役海底管道检验指南》第2章第3节换证检验的要求。

第3章 系统设计通则

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 二氧化碳捕集、利用与封存系统应具有以下功能：

- (1) 系统的设计应适应海洋的外部环境和所运送流体的内部环境；
- (2) 系统的强度和密性设计足以容纳所运送的流体；
- (3) 系统设有冗余的安全保护措施，具有预防意外事件发生的能力；
- (4) 系统具有流体泄漏后的关断能力；
- (5) 系统具有流体泄漏后的收集和无害应急处理能力；
- (6) 系统具有处置释放流体（分液、冷放空）的能力；
- (7) 二氧化碳的储存具有冗余的容纳能力；
- (8) 系统中的设备包括元件和仪表适用于其预定的用途；
- (9) 系统的安装坚固、可靠，无附加的应力产生；
- (10) 系统的布置利于安全、环保，便于操作和保养。

3.1.1.2 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统中禁止使用石棉材料。

3.1.1.3 二氧化碳利用工艺应充分考虑其处理过程中可能的相态变化带来的影响。

3.1.2 设计压力

3.1.2.1 二氧化碳捕集、利用与封存系统的设备和管道的设计压力应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》的相关要求。

3.1.3 设计温度

3.1.3.1 二氧化碳捕集、利用与封存系统的设备和管道的设计温度应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》的相关要求。

3.1.4 人员防护

3.1.4.1 可能对工作人员造成危害的运动部件，应设置护罩、栏杆或其它安全防护设施。

3.1.4.2 所有无防护的露天甲板区、走道和甲板开口的边缘，均应设置可靠的安全防护栏杆。

3.1.4.3 所有工作区、走道的地板表面及梯子表面等人员经常通过的地方，均应考虑防滑措施，以保证人员的安全。

3.1.4.4 所有可能产生羁绊、磕碰、跌落危险的位置应设有醒目的标识。

3.1.4.5 人行通道应设有适当的净空高度；梯子两边应设扶手和栏杆，梯步板应为防滑型，梯子和地板间夹角不宜大于 50°。

3.1.4.6 为避免高温表面灼伤人员，应对高温表面进行隔热包扎，使其表面温度降至 60℃ 以下，如达不到此要求，应设置围栏以防止人员触及高温表面。对于低于 0℃ 的表面宜采取适当的绝热保护。

3.1.4.7 应有防止触电、电气火灾及其他电气灾害的预防措施。

3.1.5 误操作的预防

3.1.5.1 设备布置应能防止由于单一操作的失误而导致设施和人员处于危险状态。

3.1.5.2 设备和管路的布置应能防止由于漏泄或阀件误操作而导致对设备和人员构成威胁。

3.1.5.3 应急关断等类似的手动按钮应有防止误操作的保护盖。

3.1.5.4 阀门应设有明显的启闭标志。

3.1.5.5 为避免机械设备和系统在操作及转换中的差错，应在醒目处设有安全操作说明标牌和标签。

3.1.6 保温与伴热

3.1.6.1 输送温度较高或易冻介质的管道、法兰和阀门应进行隔热保温，保温材料应为不可燃或阻燃材料。

3.1.6.2 低温设备应设有有效的保冷措施。

3.1.7 防低温措施

3.1.7.1 必要时，应对低温管路与其邻接的钢结构件进行热隔离，以防止钢结构温度降低到其材料的设计温度以下。当液体管路需经常被拆开或预计其可能有液体泄漏时（如接头处和货泵轴封处等），则应对其下方的钢结构部分提供保护措施。

3.1.8 放泄和放气装置

3.1.8.1 各种系统应根据需要在泵、滤器和其他设备上以及管路上设有放泄阀或旋塞。

3.1.8.2 应根据系统运行和维修需要在设备、部件和管路上设置放气阀。

3.1.8.3 泄放出口应避免人员活动场所。

3.1.9 静电控制

3.1.9.1 设在危险区的设备和管路应可靠地接地，它们与平台结构间的电阻不应超过 1 MΩ。

第2节 总体布置

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 固定设施上的二氧化碳捕集、利用和封存系统总体布置应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》的相关要求。

3.2.1.2 移动平台上的二氧化碳捕集、利用和封存系统总体布置应满足中国船级社《海上移动平台入级规范》的相关要求。

3.2.1.3 浮动设施上的二氧化碳捕集、利用和封存系统总体布置应满足中国船级社《海上浮动设施入级规范》的相关要求。

3.2.1.4 陆岸终端上的二氧化碳捕集、利用和封存系统总体布置应满足中国船级社《海洋石油陆岸终端发证检验指南》的相关要求。

3.2.1.5 人工岛上的二氧化碳捕集、利用和封存系统总体布置应满足相关法规和标准规范的适用要求。

3.2.2 设备布置

3.2.2.1 设备应设置在具有良好通风的开敞甲板上。

3.2.2.2 设备布置应能避免二氧化碳泄漏后积聚造成人员伤害风险，如无法避免，应设置有效通风。

第4章 设备和管路

第1节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统中设备、管路的设计、建造、安装和试验，应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》的适用要求。

4.1.2 设计载荷

4.1.2.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统中设备、管路的设计应考虑所有适用的环境、操作和试验载荷或其联合作用，包括但不限于：

- (1) 环境载荷
 - ① 地震；
 - ② 风；
 - ③ 雪（如适用）；
 - ④ 温度。
- (2) 操作载荷
 - ① 静压力；
 - ② 弯曲；
 - ③ 瞬时压力波动；
 - ④ 振动；
 - ⑤ 温度波动；
 - ⑥ 设备所在的海上设施或平台运动而产生的惯性力；
 - ⑦ 流体静压头；
 - ⑧ 拉力。
- (3) 设备运输时产生的载荷；
- (4) 设备安装时产生的载荷；
- (5) 设备调试时产生的载荷；
- (6) 试验载荷。

第2节 材料

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 设备和管路所用材料的化学成分、力学性能、建造和试验应符合中国船级社《材料与焊接规范》或本指南接受的规范、标准的相关规定。

4.2.1.2 设备和管路的材料应与其内部的介质和承担的用途相适应，减缓发生腐蚀、硬化和分解等情况。

4.2.1.3 设备和管路的设计应考虑二氧化碳泄漏或泄放时可能产生的低温工况。

4.2.1.4 与海水接触的设备、管道及部件所使用的材料（包括涂料）应对海洋生物无害。

4.2.2 外部防腐

4.2.2.1 暴露于海洋环境或其它易腐蚀环境中的设备和管路应选用耐腐蚀的材料制成

或采取有效的外部防腐措施。

4.2.2.2 若采用防腐涂层进行保护，选择的外防腐涂层应具有优良的耐热和耐低温特性，并应满足其他设计要求。

4.2.2.3 危险区域不应使用含铝涂料。

4.2.3 内部防腐

4.2.3.1 钢质设备和管路的内部防腐一般应采取以下一种或数种措施：

- (1) 选择耐腐蚀的材料，包括高合金材料；
- (2) 对于碳钢材料，设计时应考虑腐蚀增量；
- (3) 添加缓蚀剂；
- (4) 脱水处理；
- (5) 内设衬层或涂层（如适用）。

4.2.3.2 二氧化碳脱水前的管路和设备建议采用耐腐蚀材料。

4.2.3.3 处理含硫化氢介质的设备和管路应符合 GB/T 20972《石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料》的要求。

4.2.3.4 系统中如有不同金属相连，则应有防止电化学腐蚀的措施。

4.2.3.5 输送二氧化碳的管路泄压时易导致管内温度骤降，涂层易从管壁上剥落，故不宜使用内涂层来防腐或减阻。

4.2.4 焊接和无损检测

4.2.4.1 设备和管路的焊接、无损检测应符合中国船级社《材料焊接与规范》第3篇或本指南接受的规范、标准的适用规定。

第3节 设备

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 设备的设计应考虑设计规模、工艺流程、流体特性、设计压力及温度等因素。

4.3.1.2 设备应按照本指南 1.3.2 所列的规范、标准进行设计、建造、安装和测试。

4.3.1.3 设备还应符合中国船级社《海上油气处理系统规范》第9章主要设备的适用要求。

4.3.2 压力容器、塔和热交换器

4.3.2.1 压力容器、塔和热交换器的设计应符合本指南可接受标准的有关规定。

4.3.2.2 压力容器、塔和热交换器除应满足强度和稳定性要求外，还应满足吊装和运输的刚度要求。

4.3.2.3 储罐的设计应符合下列规定：

- (1) 储罐的充装系数不大于 0.9；
- (2) 储罐应采取保冷措施，保冷层的厚度计算应符合现行国家标准 GB 50264《工业设备及管道绝热工程设计规范》的有关规定。

4.3.2.4 储罐附属设备的设置应符合下列规定：

- (1) 储罐应设置全启闭式安全阀及备用安全阀，备用安全阀的泄放能力不应小于主安全阀的泄放能力；
- (2) 安全阀与储罐之间应设切断阀，切断阀在正常操作时应处于铅封开启状态；

- (3) 储罐进出口管道应设置可远程操作的切断阀；
- (4) 单罐容积大于 200 m³ 液体储罐的气相排放管道上应设置可远程控制的释放阀；
- (5) 储罐应分别设置就地和远传温度仪表，温度检测应设置高温报警；
- (6) 储罐的气相部位应分别设置就地和远传压力仪表，压力检测应设置高压报警、高高报警并自动联锁释放阀开启措施；
- (7) 储罐应分别设置就地和远传液位仪，液位检测应设置高低液位报警、高高液位报警并联锁关闭储罐进口切断阀、低低液位报警可联锁储罐出口切断阀或停泵。

4.3.2.5 热交换器的选择应符合下列规定：

- (1) 板式热交换器、管壳式热交换器的冷端温差应满足工艺设计要求；
- (2) 贫、富液换热器宜选用板式换热器；
- (3) 再沸器宜选用热虹吸式或釜式再沸器。

4.3.3 压缩机

4.3.3.1 压缩机组应符合下列规定：

- (1) 进、出口管道宜设置自动切断阀和自动放空阀；
- (2) 压缩机进出口应设置压力限值报警并联锁停机；
- (3) 压缩机组润滑油和冷却水系统应设置压力及温度报警，润滑油系统应设低低压力报警并联锁停机、冷却水系统应设温度高高报警并联锁停机；
- (4) 压缩机组内空冷器风机应设置振动超限报警并联锁停机；
- (5) 离心式压缩机应设置喘振监测及控制措施；
- (6) 离心式压缩机的干气密封系统应设置泄放报警；
- (7) 往复式和离心式压缩机入口及各级出口管道上应设置安全阀。

4.3.3.2 当二氧化碳采用气态注入时，注入设备应选用压缩机，并应满足以下要求：

- (1) 注气压缩机的选型和台数，应考虑设计规模，如总流量、总压比、注入压力等参数，并结合设备备用方式确定；
- (2) 注气压缩机宜选用往复式；在注气量较大且效率可以接受的工况下，宜选用离心压缩机；
- (3) 应在压缩机组周围设置二氧化碳气体探测器，以及时发现二氧化碳的泄漏。

4.3.4 泵

4.3.4.1 泵应符合下列规定：

- (1) 离心泵及转子泵的轴密封宜选用机械密封；
- (2) 离心泵宜采用自排气型；
- (3) 容积式泵出口应设置安全阀，安全阀的泄放能力应不小于泵的最大排量；
- (4) 容积泵宜采用填料或活塞环密封，对于安装在封闭空间内的容积泵，宜设置密封泄漏收集和放空装置；
- (5) 容积泵进、出口应设置压力脉动缓冲罐；
- (6) 泵应设置必要的安全保护装置，如振动、温度等的监测报警及越控、超限停机。

4.3.4.2 当二氧化碳采用液态注入时，注入设备应选用泵。

- 4.3.4.3 注入泵的选型和台数，应考虑设计规模，如总流量、总扬程、汽蚀余量、注入压力、介质温度等参数，并结合设备备用方式确定。

4.3.5 二氧化碳管汇

4.3.5.1 管汇的布置应使每个阀门便于接近和操作。

4.3.5.2 管汇的设计应限制最大流速，通向生产集管的管路宜最短，弯曲应最少。

4.3.5.3 所有管汇干管的终端应使用盲板法兰封堵，以便为流体提供缓冲并为以后扩大管汇提供方便。

4.3.5.4 每一支管与干管的焊接应有加强焊座，焊妥后从支管至干管其内孔应圆滑过渡无毛刺。

第4节 管路

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 本节适用于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统处理二氧化碳介质的管路，不适用于二氧化碳长距离输送管道。

4.4.1.2 服务于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统，但不属于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的公用及其他系统管路，应符合海上二氧化碳捕集、利用与封存系统所在设施或平台适用的中国船级社规范或接受标准的相应要求。

4.4.2 管路设计

4.4.2.1 管路的设计应能使其承受所遭遇的最苛刻的压力、温度及其他载荷的组合，以及工作环境的组合。

4.4.2.2 管路的设计及其投产后的缺陷评估，除了考虑输送介质的危险性，还应考虑但不限于下列相关因素：

- (1) 内、外部压力；
- (2) 流速与冲蚀；
- (3) 腐蚀；
- (4) 振动，包括瞬时振动产生的应力；
- (5) 水击；
- (6) 压力脉冲；
- (7) 极端温度，包括介质与环境高、低温的影响；
- (8) 外部冲击载荷；
- (9) 泄漏；
- (10) 相连设备和支撑的传递应力。

4.4.2.3 管壁的厚度可根据公认的标准进行计算确定，但计算结果应经中国船级社同意。

4.4.2.4 对于径厚比 $D/\delta \leq 6$ 或设计压力不低于 42 MPa 的管路，需考虑失效机理、疲劳影响及热应力等因素。

4.4.2.5 管路及其附件的选用应考虑介质特性、各种可能出现的操作工况以及外部环境的要求。

4.4.2.6 管路及其组成件的材料应具有良好的韧性和焊接性能，并应根据流体的性质、操作工况以及外部环境对材料提出韧性指标要求。

4.4.2.7 管件、法兰材质应与其连接的管路材质相匹配。

4.4.2.8 阀门的选择应符合下列要求：

(1) 阀门的类型、结构及其各部件材料，应根据流体的特性、设计温度和设计压力选用；

(2) 阀门不宜使用润滑脂或密封脂。如不能避免，应根据二氧化碳介质的组分、压力、温度优选阀门、泵等管路连接部件处的石油基或合成润滑脂，防止润滑脂恶化变质，确保润

滑脂的各项性能正常；

(3) 低温介质管路上的阀门宜安装在水平管路上，阀杆方向宜垂直向上；

(4) 具有密闭中腔结构的阀门应具备超压泄放功能；

(5) 若采用氨制冷，则氨管路上的阀门应选用氨专用截止阀，不应选用闸阀，不得采用铜及合金部件。

4.4.2.9 对于易产生应力腐蚀的管路，在选材、建造和施工技术要求中应采取防止应力腐蚀开裂的措施。

4.4.2.10 管路中可拆卸的接头应减少到维修检查所需要的最低数量。

4.4.2.11 管路应进行应力分析，应考虑管路及其结霜重量所引起的所有应力，包括加速载荷、内压、热收缩和管路系统的每个分支因中拱和中垂导致的载荷。

4.4.2.12 蒸发器内所有管路的材料应考虑管路中介质的物理和化学特性的影响。

4.4.3 管路布置

4.4.3.1 管路布置应整齐有序，宜集中成排，且管路距离地板、顶板、壁板应有一定距离以便于维修检查。

4.4.3.2 为了保证管路的密性，管路的连接尽可能采用焊接。

4.4.3.3 管路的设计和布置应防止液体管路中产生气袋、气体管路中形成液袋。

4.4.3.4 管路中的法兰、管件和阀件的布置应便于检查、维修和操作。

4.4.3.5 设备、部件和管路的布置应考虑防止漏泄或溢流的液体喷落到带电物体上。

4.4.3.6 管路在设备上的安装应自由对中、对齐，防止由于管路的安装对设备产生附加应力，对于振动较大的设备应设有振动补偿措施。

4.4.3.7 应防止管路振动，且不妨碍管路的伸缩及维修。

4.4.3.8 高压管系的管支架应配备减震吸能装置。

4.4.3.9 任何二氧化碳管路不得穿过起居处所、控制站或其他服务处所。

第5章 电气、仪表和控制系统

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的电气设备、电缆、仪表控制系统等应满足所依托设施或平台规范的适用要求。

5.1.1.2 海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统应设置自动监测及控制系统。

5.1.1.3 仪表控制系统、气体探测报警系统及应急关断系统应由主电源供电，当主电源失效时，能自动连接到备用蓄电池组供电或由不间断电源装置（UPS）保持连续供电。蓄电池组或UPS的容量应保证至少供电30 min。

5.1.1.4 气体探测报警系统

生产过程中含有二氧化碳、氨气等可导致窒息或有毒气体，对于有可能泄漏和易聚集的场所，应设置气体探测报警系统。

第2节 技术要求

5.2.1 气体泄漏探测

5.2.1.1 可能泄漏或聚集二氧化碳气体的位置应设有二氧化碳气体探测器，本地及集控室应设声光报警装置。

5.2.1.2 探测器应安装在无冲击、无振动、无强电磁场干扰、易于检修的场所，探测器安装地点与周边工艺管路或设备之间的净空不应小于0.5 m。高度应高出甲板/地面0.3 m~0.6 m。

5.2.1.3 氨制冷装置区应设固定式氨气探测装置（如适用）。

5.2.2 仪表防爆及防护

5.2.2.1 安装在危险区内的检测装置和探测装置应符合该危险区的防爆要求。

5.2.2.2 安装在处所外的仪表设备防护等级不应低于IP56。

第6章 工艺安全系统

第1节 一般规定

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章安全系统仅适用于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存过程中的工艺系统发生意外事件而采取的安全保护措施和一旦发生意外事件后的关断措施。

6.1.1.2 对于系统中存在易燃易爆危险介质的安全系统要求，应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》的适用要求。

6.1.2 安全系统的设计分析

6.1.2.1 在安全系统设计中，应对每一流程单元进行安全分析，识别出预计可能发生的意外事件，分析发生意外事件的原因和后果，找出可探测的异常状态并确定出相应的安全保护措施。

6.1.2.2 安全保护措施应符合以下要求：

(1) 安全系统应有两级保护（一级和二级）以防止或使流程系统内设备失效的影响最小化；

(2) 如果单个安全装置不能提供完整的一级或二级保护时，可采用几个安全装置组合起来提供必要的保护；

(3) 用于两级保护的安全装置应独立于正常流程操作使用的控制装置；

(4) 一级保护应比二级保护反应更快、更安全、更可靠，一级保护装置提供最高顺序的保护，二级保护装置提供次高顺序的保护。

6.1.2.3 如果某一处理单元与其上游或下游的单元相通并且在操作状态下没有隔离而且其上游或下游的单元的安全装置能对其进行保护时，则该处理单元所要求的安全装置可以免设。

6.1.2.4 当安全装置探知意外事件后，应在有人值守的控制站内发出声光报警。

6.1.2.5 应使用安全分析功能表列出每一流程单元所要求的安全装置和每一安全装置所要执行的安全功能（关断、转换输入源、压力释放等）以便全面验证安全系统的设计逻辑是否合理。

6.1.3 关断设计

6.1.3.1 在海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统的关断设计中，应与所在平台或设施上生产工艺等其他系统的关断设计统筹考虑，采取一体化设计。

第2节 安全保护系统

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 本节适用于海上油气二氧化碳捕集、利用与封存系统中单元安全装置的配备，对于新颖特征的单元可按本章 6.1.2 的要求进行设计分析。

6.2.2 压力容器

6.2.2.1 压力安全保护

- (1) 压力容器应采用压力高保护 (PSH), 若符合下列条件之一则可免设:
- ① 输入源是泵或压缩机, 但其产生的压力不可能大于容器的最大许用工作压力;
 - ② 输入源不是井口或海底管道, 且每一输入源由 PSH 保护, 该 PSH 可起到保护容器的作用;
 - ③ 容器上连接下游单元的气体出口管路有足够的尺寸, 无隔离或调节阀, 该下游单元由 PSH 保护, 并能起到保护上游容器的作用;
 - ④ 容器是火炬、释放、放空系统的最终分液器, 并能经得起最大背压;
 - ⑤ 容器在大气压力下工作且有足够的放空系统。
- (2) 压力容器应采用压力低保护 (PSL), 若符合下列条件之一则可免设:
- ① 作业中的最小工作压力为常压;
 - ② 每个输入源设有 PSL, 且在 PSL 和容器之间无任何压力控制装置或限制;
 - ③ 容器是分液器和小捕液器而不是流程单元, 且由下游的 PSL 或设计功能进行有效的保护;
 - ④ 容器与下游设备气体出口连接管路未设关断阀 (SDV) 或调节阀, 该设备由一个保护上游容器的 PSL 保护。
- (3) 容器应采用压力安全阀 (PSV) 保护, 若符合下列条件之一, 则可免设:
- ① 每一输入源有 PSV 保护, 其开启压力不高于容器的最大许用工作压力, 而且容器上有对火灾和热膨胀进行保护的 PSV;
 - ② 每一输入源有 PSV 保护, 其开启压力不高于容器的最大许用工作压力, 而且至少其中一个 PSV 不能与容器相隔离;
 - ③ 下游设备上的 PSV 满足容器的释放要求, 而且不能与容器相隔离;
 - ④ 容器是火炬、泄压、放空系统的最终分液器, 并能经得起最大的积聚背压, 而且没有任何内、外部阻隔;
 - ⑤ 容器是火炬、释放、放空系统的最终分液器, 并能经得起最大的积聚背压, 而且配备有能旁通内、外部阻隔的爆破片或易熔塞。

6.2.2.2 液位安全保护

- (1) 容器应采用液位高保护 (LSH), 若符合下列条件之一, 则可免设:
- ① 气体出口的下游设备不是火炬或放空系统, 而且可以安全地处理气体所携带的最大的液量;
 - ② 容器没有分离流体相的功能;
 - ③ 容器是小的捕液器, 其液体由手工排放。
- (2) 容器应采用液位低保护 (LSL), 若符合下列条件之一, 则可免设:
- ① 液位不是自动保持的, 而且容器内没有遭受超温的被浸加热元件;
 - ② 液体出口的下游设备能安全地处理经流体出口排出的最大气流量, 而且容器内没有遭受超温的被浸加热元件, 可在排出管路上设限以减少气的流量。

6.2.2.3 温度安全保护

当容器有热源时应设温度高保护 (TSH), 如热源不可能引起超温时则可不设。

6.2.2.4 流动安全保护

容器的每一出口应设止回阀 (FSV), 若符合下列条件之一, 则可免设

- (1) 从下游设备回流的容量是可以忽略不计的;
- (2) 管线上的控制装置将有效地减少回流。

6.2.2.5 安全装置位置

(1) 压力安全装置

PSH 和 PSL 传感器以及 PSV 安装的位置应能检测或释放容器的气腔压力, 一般设在容器顶部或接近容器顶部的位置。若容器到检测点的压降可忽略, 并且这些安全装置不能与容器隔开, 则可以安装在气体管线的出口上。

(2) 液位安全装置

LSH 传感器所处的位置应高于最高操作液位一段足够的距离, 以防止误关断, 但在 LSH

传感器之上应有适当的容器空间以防止关断进行之前发生溢流。

LSL 传感器所处的位置应低于最低操作液位一段足够的距离，以防止误关断，但在 LSL 传感器和液体出口之间应有适当的液体空间以防止关断进行之前发生气窜。在火管式加热单元中，LSL 应位于火管之上。

LSH 和 LSL 传感器宜安装在容器外。

(3) 流动安全装置

FSV 应安装在出口管路上。

(4) 温度安全装置

温度传感器，除易熔型或表面接触型外，应安装在热偶套管中，以便于取出和测试。热偶套管应安装在易于接近的地方，并使其能连续浸没在加热的流体中。

6.2.3 常压容器

6.2.3.1 压力安全保护

(1) 常压容器应有透气保护；

(2) 常压容器应采用压力-真空装置进行保护，如符合下列条件之一，则可免设：

- ① 常压容器上有第二透气并能处理最大的气流量；
- ② 常压容器是压力容器设计成真空时不会塌陷，工作在大气压下，并配有足够尺寸的透气管；
- ③ 常压容器没有（密封覆盖气体和/或人工放泄除外）压力源，且配备有足够尺寸的透气管。

6.2.3.2 液位安全保护

(1) 常压容器应采用 LSH 保护，若符合下列条件之一，则可免设：

- ① 常压容器的充液连续有人监控；
- ② 常压容器的溢流被分流或被其他单元所容纳。

(2) 常压容器应采用 LSL 保护，若符合下列条件之一，则可免设：

- ① 配备有足够的收集容纳系统；
- ② 液位不是自动保持的，而且常压容器内没有遭受超温的被浸加热元件；
- ③ 常压容器是收集容纳系统的最终容器。

6.2.3.3 温度安全保护

当容器有热源时应设 TSH，如热源不可能引起超温时则可不设。

6.2.3.4 安全装置位置

(1) 压力安全装置

透气和真空透气管（PVS）应位于常压容器的顶部。

(2) 液位安全装置

LSH 传感器所处的位置应高于最高操作液位一段足够的距离以防止误关断。但在 LSH 传感器之上要留有适当的容器空间以容纳关断期间流入的液体。

LSL 传感器所处的位置应低于最低操作液位一段足够的距离，以避免误关断。在火管加热的设备中，LSL 应位于火管之上。

(3) 温度安全装置

温度传感器，除易熔型或表面接触型外，应安装在热偶套管中，以便于取出和测试。热偶套管应安装在易于接近的地方，并使其能连续浸没在加热的流体中。

6.2.4 泵

6.2.4.1 压力安全保护

(1) 二氧化碳外输泵

- ① 在泵的排出管路上应设 PSH 和 PSL 保护；

- ② 在泵的排出管线上应设 PSV，当采用动能型泵时，其排出压力不可能大于排出管线的最大许用压力时，则可免设。

(2) 其他泵

- ① 泵的出口管路上应设 PSH 保护，若符合下列条件之一，则可免设：
- 泵的最大排出压力不超过排出管路最大许用工作压力的 70%；
 - 由人连续监控的手动泵；
 - 小的低容积泵，如化学品注入泵；
 - 泵液排出到常压容器内；
 - 泵是由甘醇驱动的甘醇泵（如适用）。
- ② 泵的出口管路上应设 PSL 保护，若符合下列条件之一，则可免设：
- 由人连续监控的手动泵；
 - 具有足够的容纳装置；
 - 较小的低容量泵，如化学品注入泵；
 - 泵液排出到常压容器内。
- ③ 泵的排出管路上应设 PSV，若符合下列条件之一，则可免设：
- 泵的最大排出压力低于排出管线的最大许用工作压力；
 - 泵本体上具有内部压力释放能力；
 - 泵是由甘醇驱动的甘醇泵，而且其最大的排出压力不高于湿甘醇低压排出管路的额定值；
 - 泵是由甘醇驱动（如适用）的甘醇泵，而且湿甘醇的低压排出管路由下游单元的 PSV 保护，且不能与之隔离（如适用）。

6.2.4.2 安全装置位置

(1) 压力安全装置

- PSH 和 PSL 传感器应位于泵排出管线的 FSV 或任何 SDV 的上游；
- 对于以甘醇为动力的甘醇泵，富甘醇高压管线上的 PSL 应位于泵和 SDV 之间（如适用）；
- 在需要 PSV 的泵上，PSV 应位于泵排出管线上的任何 SDV 的上游。

(2) 流动安全装置

FSV 应装设在泵排出管线靠近泵端的位置上，以将回流降至最低限度。

(3) 关断装置

在外输泵和储存单元（如罐、分离器等）之间应设置关断装置，且靠近储存单元出口端。

6.2.5 压缩机

6.2.5.1 压力安全保护

(1) 压缩机每一吸入管路上应设 PSH 和 PSL 保护，除非每一输入源上设有 PSH 和 PSL 并能保护压缩机；

(2) 压缩机每一排出管路上应设有 PSH 和 PSL 保护，除非下游的 PSH 和 PSL 能保护压缩机且不能与压缩机隔离；

(3) 压缩机每一吸入管路上应设有 PSV 保护，除非每一输入源上设有 PSV 并能保护压缩机；

(4) 压缩机每一排出管路上应设有 PSV 保护，若符合下列条件之一，则可免设：

- 压缩机由下游的 PSV 保护，并设置在任何冷却器的上游，而且不能与压缩机有任何的隔离；
- 压缩机是动能型的，其排出压力不可能超过压缩机本身或排出管线的最大许用工作压力。

6.2.5.2 流动安全保护

在压缩机的最终排出管路上应设 FSV 保护以使回流减至最小。

6.2.5.3 温度安全保护

压缩机的每一气缸或壳体上应设 TSH 保护。

6.2.5.4 安全装置位置

(1) 压力安全装置

在所有吸入管线上设置的 PSH 和 PSL 传感器应尽量靠近压缩机。在所有排出管线上设置的 PSH 和 PSL 传感器应位于 FSV 和任何 SDV 的上游。

在所有吸入管线上设置的 PSV 应尽量靠近压缩机，在所有排出管线设置的 PSV 应与压缩机之间始终贯通。如果 PSV 位于围蔽处所内，它的排放口应通过管线引至围蔽处所之外的安全地点。

(2) 流动安全装置

FSV 应装设在压缩机组最终的排出管线上，以将回流降至最低限度。如果压缩机组安装在围蔽处所内，则 FSV 应放在围蔽处所之外。

(3) 温度安全装置

TSH 传感器应装设在所有压缩机气缸或机壳的排出管线上，并尽量靠近气缸或机壳。

(4) 关断装置

SDV 应装设在压缩机每一流程吸入管线，以便能切断压缩机的输入源。

泄放阀应装设在压缩机组最终的排出管线上。泄放阀可以由来自火灾探测、气体探测、平台/设施 ESD 系统或压缩机 ESD 系统等信号启动。

6.2.6 外输管路

6.2.6.1 压力安全保护

(1) 外输管路应采用 PSH 保护，如符合下列条件之一，则可免设：

- ① 输出管线由安装在其上游设备上的 PSH 保护；
- ② 每一输入源均有 PSH 保护，并且该 PSH 同时也能保护输出管线或双向管线；
- ③ 管线由安装在一个平行单元上的 PSH 保护。

(2) 外输管路上应采用 PSL 保护，如符合下列条件之一，则可免设：

- ① 输出管线由安装在其上游单元上的 PSL 保护；
- ② 每一输入源均有 PSL 保护，并且该 PSL 同时也能保护输出管线或双向管线；
- ③ 管线由安装在一个平行单元上的 PSL 保护。

(3) 外输管路上应采用 PSV 保护，如符合下列条件之一，则可免设：

- ① 管线的最高允许操作压力高于所有输入源的最高压力；
- ② 每一压力高于管线最高允许操作压力的输入源均有一套 PSV 保护，并且该 PSV 的设定压力不高于管线的最高允许操作压力；
- ③ 管线不以平台流程系统作为其输入源。

6.2.6.2 流动安全保护

(1) 海底管道上应采用 FSV 保护，如符合下列条件之一，则可免设：

- ① 输出管线上装设有由 PSL 控制的 SDV；
- ② 管线上所有的输入源都由 FSV 保护，并且其位置能使管线所有有效管段均避免回流；
- ③ 管线用于双向流动。

6.2.6.3 安全装置位置

(1) 压力安全装置

PSH 和 PSL 传感器应位于所有输入源的下游，及输出管路 FSV 的上游。如需 PSV，应位于所有输入源的下游，并使其与输入源始终贯通。

(2) 流动安全装置

输送到流程站的输入管路上应装设 FSV，其位置应紧靠流程站的上游。

外输管路的 FSV 应位于管路下游尽可能远的位置上，但要在 SDV 的上游。

(3) 关断装置

外输管路上的 SDV, 其位置应使暴露在所在设施或平台的管路部分尽量减少。所有 SDV 应由所在设施或平台 ESD 系统、易熔塞回路及任何管路液体流经的下游设备上的传感器来启动。

与输出管线相连的管路上的 SDV 应由输出管线上的 PSH 和 PSL 传感器、ESD 系统及易熔塞回路来启动。

双向管线应在与每个设施或平台的边界处装设 SDV。

6.2.7 换热器（管壳式）

6.2.7.1 压力安全保护

(1) 换热器的供热段和受热段应分别设 PSH 保护, 若符合下列条件之一, 则可免设:

- ① 每段的输入源所产生的压力不可能大于热换热器该段的最大许用工作压力;
- ② 每一输入源有 PSH 保护, 并能保护换热器上的该段;
- ③ 下游设备上有 PSH 保护, 且没有隔离阀或调节阀对换热器段进行隔离。

(2) 换热器的供热或受热段应设 PSL 保护, 若符合下列条件之一, 则可免设:

- ① 另一设备上的 PSL 能保护换热器上的该段, 且作业时不能与之隔绝;
- ② 当作业时, 最小的操作压力是常压。

(3) 换热器的供热段和受热段应设 PSV 保护, 若符合下列条件之一, 则可免设:

- ① 每一输入源上设有 PSV, 其开启压力不高于换热器上该段的最大许用工作压力, 而且该段设有火灾和热释放的 PSV;
- ② 每一输入源上设有 PSV, 其开启压力不高于换热器相应段的最大许用工作压力, 且不能与该段相隔离;
- ③ 下游设备上的 PSV 能满足换热器该段的释放要求并且与换热器该段始终保持贯通;
- ④ 换热器该段的输入源不能产生大于换热器该段的最大许用工作压力的压力, 且该段不可能由于其他段的温度或压力而超压;
- ⑤ 每一输入源都由 PSV 保护, 其设定压力不高于换热器上该段的最大许用工作压力, 且该段不可能由于其他段的温度或压力而超压。

6.2.7.2 压力安全装置位置

PSH、PSL 传感器和 PSV 应位于能对换热器的每个段进行检测或泄压的位置上。如从换热器上的该段到检测点的压力降很小, 并且这些安全装置与换热器部分始终贯通, 则这些安全装置可以安装在进口或出口管路上。

6.2.8 冷箱和蒸发器

液化系统中使用的冷箱、液化气再气化系统中使用的蒸发器属于热交换器, 其上应设的安全保护装置至少应符合本章 6.2.7 的规定。

6.2.9 二氧化碳储罐

二氧化碳储罐上应设的安全保护装置至少应符合本章 6.2.2 的规定。但对于温度安全保护装置, 储罐上应设置高位报警。

第7章 二氧化碳捕集

第1节 一般规定

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 海上油气二氧化碳捕集系统除符合本章要求外，还应满足本指南第4章至第6章的相关要求。

7.1.1.2 二氧化碳捕集常用的方法有物理吸收法、化学吸收法、吸附分离法、膜分离法和深冷法。应根据实际情况选择适宜的分离方法。

第2节 井口物流二氧化碳捕集

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 本节适用于井口物流高浓度二氧化碳捕集。

7.2.1.2 井口物流二氧化碳捕集系统主要包括二氧化碳分离、二氧化碳压缩、二氧化碳脱水。设备一般包括二氧化碳分离设备、压缩机、涤气罐、冷却器、脱水干燥橇等。脱水干燥橇主要包含分离器、脱水器、再生加热器、换热器、分水罐等。

7.2.2 二氧化碳分离

7.2.2.1 油气井物流二氧化碳分离依托油气生产系统，分离工艺设计应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》第5章的规定。

7.2.3 二氧化碳压缩

7.2.3.1 二氧化碳压缩机的检验参照中国船级社相关规范/指南执行。

7.2.3.2 二氧化碳压缩机的压力安全保护应满足本指南第6章的规定。

7.2.4 二氧化碳脱水

7.2.4.1 二氧化碳脱水可以采用吸收法（甘醇吸收法）、吸附法（分子筛吸附法）或低温法，方法的选取应根据油气田开发方案、总体布置、二氧化碳压力、组成、二氧化碳产品要求、脱水深度等综合比较确定。

7.2.4.2 二氧化碳脱水使用的承压容器管或壳式换热器应符合国际或国内适用的规范标准的要求。

第3节 天然气处理系统二氧化碳捕集

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 天然气处理系统二氧化碳捕集即为天然气脱碳，天然气脱碳工艺一般采用膜过滤法或醇胺化学吸收法。

7.3.1.2 海上移动平台、固定平台、浮式生产储油装置上安装的天然气伴生二氧化碳捕

集系统应满足中国船级社《海上油气处理系统规范》第 7 章第 2 节脱酸的相关要求。

7.3.1.3 陆岸终端安装的天然气处理系统二氧化碳捕集系统应满足 SY/T 0011《天然气净化厂设计规范》和中国船级社《海洋石油陆岸终端发证检验指南》的相关要求。

第 4 节 烟气二氧化碳捕集

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 本节适用于海上平台或设施使用天然气或原油为燃料的锅炉、柴油机、燃气轮机及其它型式的内燃机烟道气捕集系统。

7.4.1.2 二氧化碳捕集宜采用化学或物理吸收法。

7.4.1.3 烟气二氧化碳捕集使用的塔式容器应符合国际或国内适用的规范标准的要求。

7.4.1.4 烟气二氧化碳捕集使用的其他承压容器应符合国际或国内适用的规范标准的要求。

7.4.1.5 管路和附件的设计和布置应能防止烟气泄漏入围蔽处所。

7.4.1.6 烟气二氧化碳捕集系统安装后,在各种运行条件下排气背压应能始终维持在燃气或燃油燃烧装置制造厂规定的范围内。

7.4.1.7 烟气二氧化碳捕集系统的设计与布置应保证当烟气二氧化碳捕集系统故障或正常停止工作时,燃气或燃油燃烧装置仍能正常运行。如需设置旁通装置实现以上目标,则旁通装置应满足以下要求:

- (1) 就地及遥控位置设有正确指示其工作状态的设施;
- (2) 工作可靠,任何情况下应保证燃气或燃油燃烧装置能安全运行;
- (3) 旁通阀和对应的烟气二氧化碳捕集系统进口阀之间应设有安全联锁装置,确保任何情况下燃气/燃油燃烧装置的排气能顺利排出;
- (4) 故障报警。

7.4.1.8 接入二氧化碳捕集系统的烟气总管上,应装设隔离阀。隔离阀应设有开闭状态指示装置。锅炉烟道气至二氧化碳捕集系统总管上安装的隔离阀还应能与锅炉吹灰装置之间设有连锁装置或其他有效装置,以防止当隔离阀打开时锅炉吹灰,此外该阀应设有吹洗设施。

7.4.2 烟气预处理

7.4.2.1 预处理后的烟气温度、粉尘含量、SO₂、NO_x含量等指标应满足二氧化碳吸收装置的要求。

7.4.2.2 预处理系统的烟气进出口管路上应设取样口。

7.4.3 二氧化碳吸收与解吸

7.4.3.1 吸收剂应选用吸收二氧化碳的能力强、再生性能好、腐蚀性小、不易降解的溶剂。

7.4.3.2 二氧化碳吸收与解吸系统应保持水平衡。

7.4.3.3 吸收塔、解吸塔的设计空塔气速宜取泛点气速的 50%~70%。

7.4.3.4 进入吸收塔的贫液温度宜为 40 ℃~50 ℃,解吸塔底的温度宜为 100 ℃~125 ℃。

7.4.3.5 吸收塔洗涤系统补充用水应采用脱盐水。

7.4.3.6 吸收塔烟气进口管路应设温度和流量监测,烟气出口管路上应设取样口,贫液进口管路应设旁路过滤器,旁路过滤器宜包括预过滤器、活性炭过滤器和后过滤器。

7.4.3.7 解吸塔塔顶出口管路宜设温度检测及高低温报警，并宜与塔底再沸器蒸汽流量联锁调节。

7.4.3.8 贫液、富液管路上应设取样口。

7.4.3.9 设置增压风机时，应符合下列规定：

- (1) 增压风机宜选用离心式风机；
- (2) 增压风机可采用进口节流或变速调节，电机直联驱动的增压风机宜采用进口节流调节；
- (3) 增压风机的最小流量不应小于喘振流量的 105%；
- (4) 增压风机的出口压力宜取系统通过最大气量时压力降的 1.2 倍。

7.4.4 二氧化碳压缩与脱水

7.4.4.1 二氧化碳压缩系统应能适应气体组成、进气压力、进气温度和进气量的波动。

7.4.4.2 二氧化碳压缩机的选型，宜符合下列要求：

- (1) 气量较大时，宜选用离心式压缩机；
- (2) 压比较大、气量较小时，宜选用往复式压缩机；
- (3) 压比较小、气量较小时，宜选用螺杆式压缩机。

7.4.4.3 往复式压缩机应设置减振措施。

7.4.4.4 二氧化碳脱水系统应设在压缩机级间或未级之后。

7.4.4.5 二氧化碳脱水后的露点温度应满足下列要求：

- (1) 若产品要求为气态，水露点应低于输送条件下最低环境温度 5℃；
- (2) 若产品要求为液态，水露点应低于液化温度 5℃。

7.4.4.6 二氧化碳脱水系统出口管路上应设在线水露点分析仪。

7.4.5 二氧化碳液化与储存

7.4.5.1 二氧化碳液化工艺可采用高压液化法或低温液化法。

7.4.5.2 二氧化碳液化采用高压液化法时，应采用管路直接外输。

7.4.5.3 二氧化碳液化采用低温液化法时，制冷剂宜选用氨。

第 8 章 二氧化碳管道输送

第 1 节 一般规定

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 本章的规定适用于海上输送二氧化碳的海底管道。

8.1.1.2 二氧化碳输送海底管道应满足中国船级社《海底管道系统规范》第 3.1.2.1 条的要求，对于超临界二氧化碳和液态二氧化碳应划分为 E 类输送介质，气相二氧化碳应划分为 C 类介质。

8.1.1.3 二氧化碳采用气相输送时，沿线任何一点的压力都不应高于输送温度下二氧化碳的饱和蒸气压。

8.1.1.4 二氧化碳采用液相输送时，沿线任何一点的压力应高于输送温度下二氧化碳的饱和蒸气压。

8.1.1.5 二氧化碳采用超临界输送时，沿线任一点的压力不应低于临界压力的 1.1 倍。

8.1.1.6 二氧化碳介质的水含量、水露点、硫化氢含量、总硫含量等应符合依据的标准、规范要求。

8.1.1.7 采用液相和超临界输送二氧化碳管道的设计应进行水击分析。

8.1.1.8 存在超压的管道，应设置安全阀或其他压力控制设施。