

ICS 47.020.05

CCS U 04

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 180—2025

船用液态二氧化碳 C 型储罐材料选用规范

Specification for material selection of type-C liquid carbon dioxide storage tanks
for ships



2025-12-29 发布

2026-02-01 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号	2
5 选用要求	2
5.1 一般要求	2
5.2 钢板材料	3
5.3 钢锻件材料	4
5.4 钢管材料	5
5.5 螺柱（含螺栓）和螺母材料	6

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中太能源科技（上海）有限公司、南京钢铁股份有限公司、大连船舶海洋工程有限公司、山东豪迈机械制造有限公司。

本文件主要起草人：何炜、冯展光、罗岚兮、潘中德、王思聪、郭超、于世旭、马俊、张学亮、田有良。

引言

随着全球对碳捕获、利用与封存（CCUS）技术的日益重视，以及船舶工业绿色低碳转型的深入推进，液态二氧化碳的运输需求显著增长。C型储罐作为液态二氧化碳海上收集及运输的核心装备，其材料的安全性与可靠性直接关系到船舶的运行安全与环境保护。

目前，国内缺乏专门针对船用液态二氧化碳C型储罐的材料选用标准。这一现状导致设计方与船东在前期方案设计阶段对C型储罐的材料选用比较混乱，不仅增加了产品的技术风险和质量控制难度，也在一定程度上制约了该技术装备的发展和应用推广。

为填补现有标准体系的空白，满足行业发展的迫切需求，指导相关企业科学、合理地选用材料，确保船用液态二氧化碳C型储罐的安全、可靠与耐久性，特制定本规范。本规范旨在为船用液态二氧化碳C型储罐的材料选用提供技术依据。



船用液态二氧化碳 C 型储罐材料选用规范

1 范围

本文件规定了船用液态二氧化碳C型储罐中钢板材料、钢锻件材料、钢管材料、螺柱（含螺栓）和螺母材料的选用要求。

本文件适用于设计温度不低于-60 °C，设计压力不大于7.4 MPa的船用液态二氧化碳C型储罐材料的选用。

2 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 150（所有部分） 压力容器
- GB/T 713.1 承压设备用钢板和钢带 第1部分：一般要求
- GB/T 713.3 承压设备用钢板和钢带 第3部分：规定低温性能的低合金钢
- GB/T 713.4 承压设备用钢板和钢带 第4部分：规定低温性能的镍合金钢
- GB/T 713.6 承压设备用钢板和钢带 第6部分：调质高强度钢
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.15 紧固件机械性能 不锈钢螺母
- GB/T 5777 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 18984 低温管道用无缝钢管
- GB/T 21143 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法
- GB/T 26929 压力容器术语
- CB/T 4240 船用全压式液化气储罐
- NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- ISO 9328-6:2018 承压用钢制扁平产品 交货技术条件 第6部分：淬火与回火可焊细晶粒钢
(Steel flat products for pressure purposes — Technical delivery conditions — Part 6:
Weldable fine grain steels, quenched and tempered)
- 国际海事组织 国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则（简称“IGC规则”）
(International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases
in Bulk)

3 术语和定义

GB/T 150（所有部分）、CB/T 4240界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

C型储罐 type-C storage tank

符合压力容器标准，独立于船体结构而靠自身结构支持的储罐，亦称C型独立液货舱。

[来源：CB/T 4240—2013，3.2，有修改]

3.2

设计压力 design pressure

设定的容器顶部的最高压力。

注：与相应的设计温度一起作为容器的基本设计载荷条件，其值不低于工作压力。

[来源：GB/T 150.1—2024，3.1.4]

3.3

设计温度 design temperature

容器在正常工作情况下，设定的元件的金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。

注：设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。设计温度的上限值称为最高设计温度，设计温度的下限值称为最低设计温度。

[来源：GB/T 150.1—2024，3.1.8]

4 符号

下列符号适用于本文件。

A: 断裂后伸长率，%。

CTOD: 裂纹尖端张开位移，单位为毫米（mm）。

d: 螺纹公称直径，单位为毫米（mm）。

KV₂: 冲击吸收能量值，单位为焦耳（J）。

m: 螺母高度，单位为毫米（mm）。

R₀: 材料标准室温下抗拉强度下限值，单位为兆帕（MPa）。

R_{el}: 材料标准室温下屈服强度，单位为兆帕（MPa）。

R_{p0.2}: 材料标准室温下规定塑性延伸率为0.2%时的强度，单位为兆帕（MPa）。

S₀: 保证应力，单位为兆帕（MPa）。

T: 温度，单位为摄氏度（°C）。

t: 厚度，单位为毫米（mm）。

5 选用要求

5.1 一般要求

5.1.1 选择船用液态二氧化碳C型储罐用钢材时应考虑容器的使用条件（设计温度、设计压力、流体速度、介质特性和操作特点等），钢材的化学成分、微观组织，钢材的性能（力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能等）、储罐的制造工艺以及经济合理性。

5.1.2 钢材除应符合有关标准的要求外，还应符合本文件对钢材的技术要求及使用限制和范围的规定。

5.1.3 钢材[钢板、钢锻件、钢管、螺柱（含螺栓）和螺母]的性能、质量、规格和标志除应符合现行国家标准、行业标准或有关技术条件的规定，还应符合 GB/T 150（所有部分）的要求。

5.1.4 船用液态二氧化碳 C 型储罐用钢材应附有钢厂的钢材质量证明书，其内容应齐全、清晰，且印刷可追溯的信息化标识，加盖钢厂质量检验章。可追溯的信息包括：钢厂名称、钢材标准号、牌号、规格、炉批号、交货状态、质量证明书签发日期等。

5.1.5 对于未列入本文件的钢材标准（国家标准、行业标准）及牌号，以及未列入本文件的新钢种、按国外标准生产的钢材、施工时的钢材代用等，经评定认为材料性能和技术要求与本文件所列钢材标准相当或更高、且能满足本文件相应的技术要求也可为设计选用。

5.1.6 船用液态二氧化碳中常含有氧气、水、氮气、硫化氢、二氧化硫、氮氧化物、胺类、甲醇、乙醇、乙二醇等杂质，应充分考虑二氧化碳中的杂质对材料腐蚀、化学反应促进等影响。

5.2 钢板材料

5.2.1 检测

容器用钢板应逐张按NB/T 47013.3进行超声波探伤检验，表面质量应符合GB/T 713.1的规定。

5.2.2 热处理

钢板应以正火、正火加回火或淬火加回火状态交货。

5.2.3 力学性能

5.2.3.1 钢板的力学性能应符合 GB/T 713.3、GB/T 713.4、GB/T 713.6 及 IGC 规则的要求，且应符合表 1 的规定。

5.2.3.2 夏比（V型缺口）冲击试验结果按 1 组 3 个全尺寸试样的算术平均值计算，仅允许有 1 个试样的冲击吸收能量小于规定的平均值，但不应低于规定值的 70%。

表1 钢板的力学性能

牌号	t/mm	R_{el}^1 /MPa	R_w /MPa	A/%	夏比V型缺口冲击试验 ²		180° 弯曲试验 ⁴ b=2a	
					试验温度 T/℃	冲击吸收能量 KV_2/J		
16MnDR	5~16	≥315	490~620	≥21	-40	≥47	D=2a	
	>16~36	≥295	470~600				D=3a	
	>36~50	≥285	460~590					
Q420DR	6~20	≥420	590~720	≥19	-40	≥60	D=3a	
	>20~30	≥400	570~700				D=3a	
Q460DR	6~20	≥460	630~730	≥18	-40	≥60	D=3a	
15MnNiNbDR	6~16	≥370	530~630	≥20	-50	≥60	D=3a	
	>16~36	≥360	530~630					
	>36~50	≥340	520~620					
13MnNiDR	5~36	≥345	490~610	≥22	-60	≥60	D=3a	
	>36~50	≥335					D=2a	
09MnNiDR	6~16	≥300	440~570	≥23	-70	≥60		
	>16~36	≥280	430~560					
	>36~50	≥270	430~560					
11MnNiMoDR	5~50	≥420	560~670	≥19	-70	≥60	D=3a	
08Ni3DR	6~50	≥320	490~620	≥21	-100	≥60	D=3a	

表1 钢板的力学性能（续）

牌号	t/mm	R_{el} ¹ /MPa	R_u /MPa	A/%	夏比V型缺口冲击试验 ²		180° 弯曲试验 ⁴ b=2a
					试验温度 T/℃	冲击吸收能量 KV ₂ /J	
07Ni5DR	5~30	≥370	530~700	≥20	-120	≥80	D=3a
	>30~50	≥360					
06Ni7DR	5~30	≥560	680~820	≥18	-196	≥80	D=3a
	>30~50	≥550					
06Ni9DR	5~30	≥560	680~820	≥18	-196	≥80	D=3a
	>30~50	≥550					
Q490DRL1	10~50	≥490	610~730	≥17	-40	≥80	D=3a
Q490DRL2	10~50	≥490	610~730	≥17	-50	≥80	D=3a
Q580DR	10~50	≥580	690~820	≥16	-50	≥80	D=3a
Q690DR	10~50	≥690	800~920	≥16	-40	≥80	D=3a
P690QL2 ³	≤50	≥690	770~940	≥14	-60	≥40	D=3a

注：

1：当屈服现象不明显时，可测量规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替 R_{el} ，最小屈服强度超过410 MPa的材料可由主管机关或代表机关的被认可组织认可。

2：拉伸及冲击试验取横向试样。

3：本钢板材料参考ISO 9328-6:2018，可满足船用液态二氧化碳C型储罐材料性能和技术要求。

4：a为试样厚度，b为试样宽度，D为弯曲压头直径。弯曲试验取横向试样，试样宽度为2倍板厚，并保证最小宽度不小于20mm。

5.2.4 CTOD 试验

按照GB/T 21143进行CTOD试验，钢板在试验温度下的CTOD特征值应不小于0.2 mm。

注：若钢厂能提供符合本文件要求的CTOD试验报告，其结论可予采纳，无需重复进行试验。

5.3 钢锻件材料

5.3.1 检测

容器用钢锻件应逐件按NB/T 47013.3进行超声波探伤检验，表面质量应符合NB/T 47009的规定。

5.3.2 热处理

碳锰钢锻件应以正火、正火加回火或淬火加回火状态交货，奥氏体钢锻件应进行固溶处理。

5.3.3 力学性能

5.3.3.1 钢锻件的力学性能应符合NB/T 47009、NB/T 47010及IGC规则的要求，且应符合表2的规定。

5.3.3.2 每批钢锻件至少应取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样，夏比(V型缺口)冲击试验结果按1组3个全尺寸试样的算术平均值计算，仅允许有1个试样的冲击吸收能量小于规定值，但不应低于规定值的70%。

表2 钢锻件的力学性能

牌号	t/mm	R_{el}^1/MPa	R_u/MPa	A/%	夏比V型缺口冲击试验	
					试验温度 T/°C	冲击吸收能量 KV_2/J
16MnD	≤50	≥305	480~630	≥20	-45	≥47
20MnMoD	≤50	≥370	530~700	≥18	-40	≥60
08MnNiMoVD	≤50	≥480	600~760	≥17	-40	≥80
10Ni3MoVD	≤50	≥480	600~760	≥17	-50	≥80
09MnNiD	≤50	≥280	440~590	≥23	-70	≥60
08Ni3D	≤50	≥260	460~610	≥21	-100	≥60
06Ni9D	≤50	≥550	680~840	≥18	-196	≥60
06Cr19Ni10 (S30408)	≤50	≥220	≥520	≥35	-196	≥41
022Cr19Ni10 (S30403)	≤50	≥210	≥480	≥35	-196	≥41
06Cr17Ni12Mo2 (S31608)	≤50	≥220	≥520	≥35	-196	≥41
022Cr17Ni12Mo2 (S31603)	≤50	≥210	≥480	≥35	-196	≥41

注：
1：当屈服现象不明显时，可测量规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替 R_{el} ，最小屈服强度超过410 MPa的材料可由主管机关或代表机关的被认可组织认可。

5.4 钢管材料

5.4.1 检测

容器用无缝钢管应逐根按GB/T 5777进行超声波探伤检验，表面质量应符合GB/T 18984的规定。

5.4.2 热处理

碳锰钢管应以正火、正火加回火或淬火加回火状态交货，奥氏体钢管应进行固溶处理。

5.4.3 力学性能

5.4.3.1 钢管的力学性能应符合GB/T 18984、GB/T 14976及IGC规则的要求，且应符合表3的规定。

5.4.3.2 每批钢管冲击试验应取1组3个夏比V型缺口冲击试样，夏比(V型缺口)冲击试验结果按1组3个全尺寸试样的算术平均值计算，仅允许有1个试样的冲击吸收能量小于规定值，但不应低于规定值的70%。

表3 钢管的纵向力学性能

牌号	t/mm	R_{el}^1/MPa	R_m/MPa	A/%	夏比V型缺口冲击试验 ²	
					试验温度 T/°C	冲击吸收能量 KV ₂ /J
16MnDG	≤16	≥325	490~665	≥30	-45	≥27
	>16~25	≥315				
10MnDG	≤25	≥240	≥400	≥35	-45	≥27
09DG	≤25	≥210	≥385	≥35	-45	≥27
09Mn2VDG	≤25	≥300	≥450	≥30	-70	≥27
06Ni3MoDG	≤25	≥250	≥455	≥30	-100	≥27
06Ni9DG	≤25	≥520	≥690	≥22	-196	≥34
06Cr19Ni10 (S30408)	≤25	≥205	≥520	≥35	-196	≥41
022Cr19Ni10 (S30403)	≤25	≥175	≥480	≥40	-196	≥41
06Cr17Ni12Mo2 (S31608)	≤25	≥205	≥520	≥35	-196	≥41
022Cr17Ni12Mo2 (S31603)	≤25	≥175	≥480	≥40	-196	≥41

注:

1: 当屈服现象不明显时, 可测量规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替 R_{el} , 最小屈服强度超过410 MPa的材料可由主管机关或代表机关的被认可组织认可。

2: 冲击试验取纵向试样。

5.5 螺柱(含螺栓)和螺母材料

5.5.1 力学性能

5.5.1.1 螺栓、螺柱的力学性能应符合 GB/T 3098.6 的要求, 且应符合表 4 的规定。

表4 螺栓和螺柱的力学性能

不锈钢类别	组别	性能等级	$R_{p0.2}$ min/MPa	R_m min/MPa	断后伸长量 min/mm
奥氏体 ¹	A1、A2、A3	50	210	500	0.6d
		70	450	700	0.4d
		80	600	800	0.3d
	A4、A5	50	210	500	0.6d
		70	450	700	0.4d
		80	600	800	0.3d
		100	800	1000	0.2d
	A8	70	450	700	0.4d
		80	600	800	0.3d
		100	800	1000	0.2d

注:

1: 非奥氏体材料应满足-60 °C的使用要求。

5.5.1.2 螺母的力学性能应符合 GB/T 3098.15 的要求，且应符合表 5 的规定。

表5 螺母的力学性能

不锈钢类别	组别	标准螺母和高螺母 (1型和2型)		薄螺母 (0型)	
		性能等级 标记和代号	保证应力 S_p/MPa	性能等级 标记和代号	保证应力 S_p/MPa
奥氏体 ¹	A1、A2、A3	50	500	025	250
		70	700	035	350
		80	800	040	400
	A4、A5	50	500	025	250
		70	700	035	350
		80	800	040	400
		100	1000	050	500
	A8	70	700	035	350
		80	800	040	400
		100	1000	050	500

注：

1：非奥氏体材料应满足-60 °C的使用要求。