**《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》**

**标准编制说明**

一、任务来源

本文件由中国特钢企业协会提出并归口，冶金工业规划研究院作为标准组织协调单位。根据中国特钢企业协会团体标准化工作委员会团体标准制修订计划，由南京钢铁股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同参与起草，并共同参与前期研究、调研和标准的编制、修改、技术数据验证以及标准推广等工作。

二、制定本文件的目的和意义

对二氧化碳的捕捉、利用与封存已成为全球探索未来减碳路径的重要方式，而液化二氧化碳运输船是其中不可或缺的一环。据相关能源咨询机构预测，到2030年将需要一支由55艘液化二氧化碳（LCO2）运输船组成的船队，以满足海上碳封存项目即将带来的需求。二氧化碳在运输储存过程中一般是低温环境下呈液化状态，因此二氧化碳运输船对于钢板的强度、低温韧性、屈强比、抗开裂性等有着更高的要求，

液化二氧化碳运输需要保持低温、高压两种状态，因此建设二氧化碳运输船技术要求较高，此前在国内外尚无相关实践案例。随着近些年发展的需要，国内外钢铁企业逐步研发出具备高强度、超低温韧性、抗开裂性能（CTOD）等良好性能的低温钢，已经在二氧化碳运输船中应用，填补了二氧化碳存储运输材料领域的空白。目前国家标准《船舶及海洋工程用结构钢》（GB/T712-2022），适用于制造远洋，沿海和内河航区航行船舶、渔船等船体结构用厚度不大于150mm及海洋工程结构用厚度不大于250mm的钢板，厚度不大于25.4mm的钢带及剪切板。该标准技术要求是普适性要求，缺乏针对二氧化碳运输船用钢板，低温、高压等针对性的要求，不适用于二氧化碳运输船用低温钢板的指导，本标准的制定，便于积极应对大型液化二氧化碳运输船市场扩大带来的钢材需求增加，并完善船用钢板的标准体系。

三、标准编制过程

南京钢铁股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同承担了《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》团体标准的编制工作，共同组建了该团体标准起草小组，明确各自的责任和分工并开展工作。在《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》标准制定过程中，起草小组认真查阅有关资料、收集相关数据信息，以《船舶及海洋工程结构钢》（GB/T 712）为参考，并考虑船级社的相关认可要求，结合国内液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板主要两家生产企业，鞍钢和南钢的生产情况，产品下游用户对液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板的性能要求，进行本团体标准的编制工作。

2024年4月：提出制定标准项目，并进行了标准立项征求意见和论证工作；

2024年5月：中国特钢企业协会发布项目计划；

2024年7-8月：进行起草标准的调研、问题分析和相关资料收集等准备工作，完成了标准制定提纲、标准草案；

2024年8月：工作组内征求意见和讨论；

2024年9月：计划召开标准启动会，围绕标准草案进行讨论，按照与会意见和建议将标准名称修改为《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》进行修改，形成征求意见稿并发出征求意见；

2024年9月：计划完成征求意见处理、形成标准送审稿；

2024年X月：计划完成该标准审定会和标准报批稿，上报中国特钢企业协会审批；

2024年X月：计划发布、实施标准。

四、讨论会后修改

1、表3，修改角注，a、b、c

2、7.4.3参照国标通用标准表述。

3、增加……具体CTOD特征是要求在合同中注明。

4、CTOD试验在新牌号、新规格产品进行船级社初次认证时进行。

5、9.2组批规则，……每批由同一炉号、同一牌号、同一厚度、同一热处理批次成品钢板组成。

6、其他编辑性修改。

五、标准编制原则

一是满足用户使用需要的原则。力争达到“科学、合理、先进、实用”。二是实践标准供给侧改革的原则。争取实现团体标准的“及时性”、“先进性”和“市场性”的要求。三是技术创新的原则。在与国家标准体系协调一致的基础上，在标准结构、内容及主要技术指标等方面进行技术创新，在标准中充分体现新产品的技术特点。

标准牵头单位南京钢铁股份有限公司具有一定液化二氧化碳储罐用钢领域钢板产品生产经验，为进一步完善钢材产品标准体系，保障二氧化碳船用储罐的使用安全，冶金规划院等单位积极配合起草组开展标准预研等基础工作，标准研制过程中，编制组细致收集比对现行有效标准，着重调研下游行业重点关注的技术指标，并广泛征求利益相关方意见，强化标准的适用性、先进性和公正性，提升标准应用实施效果。

六、标准的研究思路及内容

（一）编制思路

《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》主要以解决企业生产和下游需求为导向，进行标准设计与研制。据悉，液化二氧化碳低温储罐主要由钢板进行加工后制得，原材料质量对二氧化碳运输船的使用寿命影响较大。根据使用环境的需要，低温韧性与焊接性能是影响二氧化碳运输船用钢的主要因素，除与钢材成分有关外，还与钢板组织均匀性有较大关系，是保障产品的主要技术指标。

本文件在编制过程中指标体系的设置参考《船舶及海洋工程结构钢》（GB/T712）、船级社规范要求，产品性能指标根据南钢的生产数据进行完善，并重点对下游客户关注的技术指标进行完善补充，使标准更具有针对性和实用性。

（二）标准技术框架

本文件包含以下部分

前 言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 分类和代号

5 订货内容

6 尺寸、外形、重量

7 技术要求

8 试验方法

9 检验规则

10 包装、标志及质量证明书

（三）主要技术内容

1. 范围

目前下游客户定制化主要为80mm以下产品，本文件适用制造液化二氧化碳运输船储罐用厚度不大于80mm的钢板。

2. 规范性引用文件

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。

3. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4．牌号表示方法

本文件命名方式不同于GB/T 712，采用常用的牌号表示方法，体现细分领域用途，避免发生重复。

钢的牌号由代表屈服强度的“屈”字的汉语拼音首字母“Q”、规定的最小屈服强度值、国际上代表液化二氧化碳的英文字母“LC”（Liquefied Carbon dioxide的缩写）三部分组成。

示例：Q690LC

当需方要求钢板具有厚度方向性能时，则在上述规定的牌号后加上代表厚度方向（Z向）性能级别的符号，例如：Q690LCZ25。

5. 订货内容

按本文件订货时，合同或订单应包括下列内容：本文件编号；

产品名称；牌号；尺寸及精度；重量；交货状态；特殊要求。

6. 尺寸、外形、重量

钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合GB/T 709规定。钢板的厚度允许偏差应符合GB/T 709-2019中的C类规定。

7　技术要求

7.1牌号和化学成分

本文件给出了产品的化学成分要求，碳当量要求和计算公式，本文件的成分设计参考GB/T 712中F级钢的化学成分，355级和390级主要为TMCP交货状态，500级、550级和690级参照QT交货状态产品，加严了S含量的要求。考虑到本标准对钢板的低温韧性及焊接性能与GB/T 712 相比加严了690级产品的碳当量上限，减低690级钢板中碳含量的上限，本文件与GB/T 712对比情况见下表。

，

表1 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Cu | Mo | Nb | V | Ti | B | Zr | N | Alt | Ni |
| 不大于 | | | | | | | | | | | | | | 不小于 |
| 本文件 | Q355LC | 0.16 | 0.40 | 1.60 | 0.020 | 0.005 | 0.20 | 0.35 | 0.08 | 0.05 | 0.10 | 0.02 | — | — | 0.012 | 0.020 | ≤0.80 |
| 国标 | FH36 | 0.16 | 0.50 | 0.90～1.60 | 0.020 | 0.020 | 0.20 | 0.35 | 0.08 | 0.02～0.05 | 0.05～0.10 | 0.02 | — | — | 0.009 | 0.020 | ≤0.80 |
| 本文件 | Q390LC | 0.16 | 0.40 | 1.60 | 0.020 | 0.005 | 0.20 | 0.35 | 0.08 | 0.05 | 0.10 | 0.02 | — | — | 0.012 | 0.020 | ≤0.80 |
| 国标 | FH40 | 0.16 | 0.50 | 0.90～1.60 | 0.020 | 0.020 | 0.20 | 0.35 | 0.08 | 0.02～0.05 | 0.05～0.10 | 0.02 | — | — | 0.009 | 0.020 | ≤0.80 |
| 本文件 | Q500LC | 0.18 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.005 | 1.50 | 0.50 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | — | 0.015 | 0.018 | 0.20  ~1.50 |
| 国标 | FH500（QT） | 0.18 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.010 | 1.50 | 0.50 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | — | 0.015 | 0.018 | ≤2.00 |
| 本文件 | Q550LC | 0.18 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.005 | 1.50 | 0.50 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | — | 0.015 | 0.018 | 0.20  ~1.50 |
| 国标 | FH550（QT） | 0.18 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.010 | 1.50 | 0.50 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | — | 0.015 | 0.018 | ≤2.00 |
| 本文件 | Q690LC | 0.12 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.005 | 1.50 | 0.30 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | 0.15 | 0.015 | 0.018 | 1.50-2.50 |
| 国标 | FH690（QT） | 0.18 | 0.80 | 1.70 | 0.020 | 0.010 | 1.50 | 0.50 | 0.70 | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.005 | — | 0.015 | 0.018 | ≤2.00 |

表2 碳当量（熔炼分析）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 碳当量CEV/% | |
| 公称厚度/mm | |
| ≤50 | 50~80 |
| 本文件 | Q355LC | ≤0.38 | ≤0.40 |
| 国标 | FH36 | ≤0.38 | ≤0.40 |
| 本文件 | Q390LC | ≤0.40 | ≤0.42 |
| 国标 | FH40 | ≤0.40 | ≤0.42 |
| 本文件 | Q500LC | ≤0.48 | ≤0.50 |
| 国标 | FH50 | ≤0.48 | ≤0.50 |
| 本文件 | Q550LC | ≤0.56 | ≤0.60 |
| 国标 | FH55 | ≤0.56 | ≤0.60 |
| 本文件 | Q690LC | ≤0.60 | ≤0.62 |
| 国标 | FH69 | ≤0.64 | ≤0.66 |

7.2冶炼方法

本文件规定钢由电炉或转炉冶炼，应进行炉外精炼。

7.3交货状态

本文件规定钢板以热机械控制轧制（TMCP）或淬火+回火状态交货。

7.4 力学性能和工艺性能

本文件钢板力学性能指标符合表3的规定。

钢板的力学性能参考了相关国标、IGC船规的要求、实际生产应用中的要求，进行了适当调整，增加了屈强比的指标，保证产品的使用性能，考虑到CO2在一个大气压下液化温度为-78.5℃，本文件增加了-85℃的冲击试验要求。本文件的产品组织和力学性能的稳定性和均匀性较高，缩小抗拉强度的控制范围，断后延伸率、冲击吸收能量和抗拉强度与国标基本一致。厚度方向性能钢板的厚度方向断面收缩率应符合GB/T 5313的规定。增加模拟焊后热处理（PWHT）的双方协商项，此项指标来源于IGC船规的要求。

表3 力学性能

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 厚度 | 横向拉伸试验 | | | | 横向夏比V型冲击试验 | |
| 屈服强度a  ReH/MPa | 抗拉强度Rm/MPa | 屈强比 | 断后伸长率A/% | 试验温度/℃ | 冲击值  KV2/J |
| Q355LC | ≤40 | ≥355 | 490~620 | ≤0.94 | ≥21 | -60 | ≥27 |
| ＞40-80 | -85 | ≥27 |
| FH36 | ≤50 | ≥355 | 490~630 | — | ≥21 | -60 | ≥24 |
| ＞50-70 | -60 | ≥27 |
| ＞70-150 | -60 | ≥34 |
| Q390LC | ≤40 | ≥390 | 510~650 | ≤0.94 | ≥20 | -60 | ≥27 |
| ＞40-80 | -85 | ≥27 |
| FH40 | ≤50 | ≥390 | 510~660 | — | ≥20 | -60 | ≥27 |
| ＞50-70 | -60 | ≥31 |
| ＞70-150 | -60 | ≥37 |
| Q500LC | ≤50 | ≥500 | 590~770 | ≤0.96 | ≥17 | -60 | ≥33 |
| ＞50-80 | ≥480 | 590~770 | ≤0.96 | ≥17 |
| FH500 | 3~50 | ≥500 | 590~770 | — | ≥17 | -60 | ≥33 |
| ＞50-100 | ≥480 | ≥17 |
| Q550LC | ≤50 | ≥550 | 640~820 | ≤0.96 | ≥16 | -60 | ≥37 |
| ＞50-80 | ≥530 | 640~820 | ≤0.96 | ≥16 |
| FH550 | 3~50 | ≥550 | 640~820 | — | ≥16 | -60 | ≥37 |
| ＞50-100 | ≥530 | ≥16 |
| Q690LC | ≤50 | ≥690 | 770~940 | ≤0.97 | ≥14 | -60 | ≥46 |
| ＞50-80 | ≥670 | 770~940 | ≤0.97 | ≥14 |
| FH690 | 3~50 | ≥690 | 770~940 | — | ≥14 | -60 | ≥46 |
| ＞50-100 | ≥650 | 770~940 | ≥14 |
| a 当屈服不明显时，可测量规定塑性延伸强度Rp0.2代替ReH。 | | | | | | | |

7.5 CTOD试验

相较于GB/T 712，本文件新增CTOD试验，按照GB/T 2358标准进行CTOD试验，钢板CTOD性能应符合表4的规定。CTOD试验在新牌号、新规格产品进行船级社初次评价时进行。

表4 钢板CTOD性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 试验温度（℃） | CTOD特征值δm（mm） |
| Q355LC | -55 | ≥0.20 |
| Q390LC | -55 | ≥0.20 |
| Q500LC | -55 | ≥0.20 |
| Q550LC | -55 | ≥0.20 |
| Q690LC | -35 | ≥0.20 |

7.6晶粒度

由于下游客户对于晶粒度关注度不高，且国标控制指标不算严格，本文件删除了晶粒度的要求。

7.7 表面质量

参考GB/T 712，删除允许带缺陷交货条款，增加钢板不允许焊补条款。

7.7超声检测

钢板应逐张按NB/T 47013.3进行超声波探伤检验，合格级别在合同中注明。

8. 试验方法

8.1钢的化学成分试验方法应按GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 2014、GB/T 20125或通用的化学分析法进行，仲裁时应按GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.58、GB/T 223.62、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.79、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 11261、GB/T 20125的规定进行。

8.4章节针对钢板的检验项目和试验方法提出要求，具体内容如表5所示。

表5　检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | | 取样数量 | 取样方法 | 试验方法 |
| 1 | 化学成分 | 熔炼分析 | 1个/炉 | GB/T 20066  成品分析试样应位于板厚1/4处 | 见8.1 |
| 成品分析 | 1个/批 |
| 2 | 拉伸试验 | | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 冲击试验 | | 3个/批 | GB/T 2975 | GB/T 229 |
| 4 | 厚度方向性能 | | 3个/批 | GB/T 5313 | GB/T 5313 |
| 5 | CTODa | | 协商 | — | GB/T 2358 |
| 6 | 超声波检验 | | 逐张 | — | GB/T 2970 |
| 7 | 表面质量 | | 逐张 | — | 目视 |
| 8 | 尺寸、外形 | | 逐张 | — | 合适的量具 |
| a CTOD试验在新牌号、新规格产品进行船级社初次评价时进行。 | | | | | |

9检验规则

本文件对检查和验收、组批规则、取样数量、复验与判定进行了要求。

10　包装、标志及质量说明书

钢板的包装、标志和质量证明书应符合GB/T 247的规定。

七、试验分析

八、标准的应用领域

本文件确定了液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板的订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则等技术指标，进一步满足液化二氧化碳运输领域用钢需求，对下游用户的采购、加工和制造具有指导意义。强化了上下游企业的衔接和联系，简化了双方采购合同的复杂性，降低了双方企业的管理成本，有助于产业链的协同发展。

本文件的实施，符合我国钢铁工业由高速度发展向高质量发展的整体趋势，能够为我国运输船领域提供有力支撑，使原料生产企业充分满足下游用户对钢板的各参数要求，引导双方形成合力，共同助力下游行业快速发展。

九、标准属性

本标准属于中国特钢企业协会团体标准。

十、标准水平及预期效果

该标准的制定能有效规范液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板的生产、销售和使用，对液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板产品的有序发展具有重要意义。同时该标准对产品的质量提升具有意义，有利于促进下游产品的质量提升与推广应用，体现团体标准的引领作用。

十一、贯彻要求及建议

本标准归口单位为中国特钢企业协会，经过审定报批后，由中国特钢企业协会发布。建议在对液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板的生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。

《液化二氧化碳运输船用低温储罐钢板》标准编制工作组

2024年9月