团体标准

T/SSEA XXXX—XXXX

海洋石油平台导管架用钢板

Steel plate of jacket for off shore oil platform

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国特钢企业协会发布

ICS 77.140.50

CCS H 46

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。

本文件由中国特钢企业协会团体标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

海洋石油平台导管架用钢板

1. 范围

本文件规定了海洋石油平台导管架用钢的分类及牌号表示方法、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本文件适用于海洋石油平台导管架用厚度不大于150mm的钢板（以下简称钢板）。

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成为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 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法

GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S分光光度法

GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量

GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量

GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法

GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量

GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定　硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.37 钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法

GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法　乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.63 钢铁及合金 锰含量的测定 高碘酸钠（钾）分光光度法

GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法

GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量

GB/T 223.84 钢铁及合金 钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法

GB/T 228.1 金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证书的一般规定

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 2970 厚钢板超声检测方法

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样的制备

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱方法（常规法）

GB/T 5313 厚度方向性能钢板

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法

GB/T 17505 钢及钢产品交货一般技术要求

GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)

GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法（常规方法）

GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法

1. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

1. 分类及牌号表示方法
	1. 牌号表示方法

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、“导管架”汉语拼音首字母“DGJ”和质量等级符号四部分组成。

示例：Q355DGJE

Q——屈服强度的中文首字母；

355——规定最小屈服强度数值，单位为兆帕（MPa）；

DGJ——导管架的首字母组合；

E——质量等级为E。

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：Q355DGJEZ35。

* 1. 分类

钢板按强度级别分为：一般强度、高强度和超高强度用钢三类。钢板的牌号应符合表1的规定。

1. 钢板按强度级别分类

|  |  |
| --- | --- |
| 强度级别分类 | 牌号 |
| 一般强度 | Q235DGJA、Q235DGJB、Q235DGJD、Q235DGJE |
| 高强度 | Q315DHJA、Q315DHJD、Q315DHJE、Q315DHJF |
| Q355DGJA、Q355DGJD、Q355DGJE、Q355DGJF |
| 超高强度 | Q420DGJA、Q420DGJD、Q420DGJE、Q420DGJF |
| Q460DGJA、Q460DGJD、Q460DGJE、Q460DGJF |

1. 订货内容

按本文件订货的合同或订单应包括下列内容：

1. 产品名称；
2. 本文件编号；
3. 牌号；
4. 尺寸及精度；
5. 重量；
6. 交货状态；
7. 特殊要求。
8. 尺寸、外形、重量
	1. 钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合GB/T 709规定。
	2. 钢板的厚度允许偏差应符合GB/T 709-2019中的B类规定。
9. 技术要求
	1. 牌号和化学成分
		1. 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表2的规定。
		2. 钢的熔炼分析碳当量（CEV）应符合表3的规定，按式（1）计算。

Ceq=C+Mn/6+（Cr+Mo+V）/5+(Ni+Cu)/15……………………………………（1）

* + 1. 裂纹敏感系数（Pcm）应符合表3的规定，按式（2）计算。

Pcm=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B…………………（2）

1. 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号 | 化学成分b,c,d,e,f（质量分数）/% |
| C | Si | Mn | P | S | Cu | Cr | Ni | Nb | V | Ti | Mo | N | Alsa |
| Q235DGJA | ≤0.21 | ≤0.50 | ≥0.50 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.35 | ≤0.30 | ≤0.30 | — | — | — | — | — | — |
| Q235DGJB | ≤0.35 | ≥0.80 |
| Q235DGJD | ≥0.60 | ≤0.030 | ≤0.030 | ≥0.015 |
| Q235DGJE | ≤0.18 | ≥0.70 | ≤0.025 | ≤0.025 |
| Q315DGJA | ≤0.16 | ≤0.50 | 0.90～1.60 | ≤0.030 | ≤0.030 | ≤0.35 | ≤0.20 | ≤0.40 | 0.02～0.05 | 0.05～0.10 | ≤0.02 | ≤0.08 | — | ≥0.015 |
| Q355DGJA |
| Q315DGJD | ≤0.025 | ≤0.025 |
| Q355DGJD |
| Q315DGJE |
| Q355DGJE |
| Q315DGJF | ≤0.16 | ≤0.020 | ≤0.020 | ≤0.70 | ≤0.009 |
| Q355DGJF |
| Q420DGJA、Q420DGJDQ420DGJE、Q420DGJF | ≤0.14 | ≤0.50 | 1.15~1.60 | ≤0.020 | ≤0.010 | ≤0.30 | ≤0.25 | ≤0.70 | ≤0.030 | ≤0.080 | ≤0.020 | ≤0.15 | ≤0.010 | 0.015~0.055 |
| Q460DGJA、Q460DGJDQ460DGJE、Q460DGJF | ≤0.14 | ≤0.55 | ≤1.70 | ≤0.050 | ≤0.025 | ≤0.25 |
| a 对于厚度大于25mm的D级、E级钢材的铝含量应符合表中规定；可测定总铝含量代替酸溶铝含量，此时总铝含量应不小于0.020%。经船级社同意，也可使用其他细化晶粒元素。b 细化晶粒元素Al、Nb、V、Ti可单独或以任一组合形式加入钢中。当单独加入时，其含量应符合本表的规定；若混合加入两种或两种以上细化晶粒元素时，表中细晶元素含量下限的规定不适用，同时要求Nb+V+Ti≤0.12%。c 当F级钢中含铝时，N≤0.012%。d Q235DGJA/B/D/E的碳当量Ceq≤0.40%。碳当量计算公式：Ceq=C+Mn/6。e 添加的任何其他元素，应在质量证明中注明。f 对于超高强度导管架用钢，要求B含量不大于0.0005%。 |

1. 碳当量和焊接裂纹敏感系数（熔炼分析）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 热机械轧制（TMCP） | 正火（N） | 调质（QT） |
| Ceq/% | Pcm/% | Ceq/% | Pcm/% | Ceq/% | Pcm/% |
| ≤50mm | >50mm~≤100mm | >100mm~≤150mm | ≤150mm | ≤150mm | ≤150mm | ≤40mm | >40mm~≤150mm | ≤40mm | >40mm~≤150mm |
| 不大于 |
| Q315DGJAQ315DGJ DQ315DGJEQ315DGJF | ≤0.36 | ≤0.38 | ≤0.40 | — | 0.43 | 0.23 | — | — | — | — |
| Q355DGJAQ355DGJDQ355DGJEQ355DGJF | ≤0.38 | ≤0.40 | ≤0.42 | — | 0.43 | 0.23 | — | 0.43a | — | 0.23a |
| Q420DGJAQ420DGJDQ420DGJEQ420DGJF | ≤0.42 | ≤0.22 | — | — | 0.42 | 0.45 | 0.23 | 0.25 |
| Q460DGJAQ420DGJDQ420DGJEQ420DGJF | ≤0.43 | ≤0.22 | — | — | 0.43 | 0.45 | 0.23 | 0.25 |
| a 仅针对Q355DGJF钢适用。 |

* + 1. 成品钢板的化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。
	1. 冶炼方法

钢由电炉或转炉冶炼，应进行炉外精炼。

* 1. 交货状态
		1. 海洋平台导管架用钢板的交货状态满足表4的规定。
1. 交货状态

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 强度级别分类 | 牌号 | 交货状态 |
| 钢材厚度/mm |
| ≤12mm | ＞12mm~25mm | ＞25mm |
| 一般强度 | Q235DGJAQ235DGJB | AR、CR、NR、TMCP、N |
| Q235DGJDQ235DGJE | AR、CR、TMCP、NR | N |
| 高强度 | Q315DGJAQ315DGJDQ315DGJEQ315DGJF | AR、CR、NR | N |
| Q355DGJAQ355DGJDQ355DGJEQ355DGJF |
| Q355DGJF | NR、N、QT |
| 超高强度 | Q420DGJAQ420DGJDQ420DGJEQ420DGJFQ460DGJAQ460DGJDQ460DGJEQ460DGJF | TMCP、TMCP+T、QT |
| 注1：AR：热轧状态；CR：控轧状态；NR-正火轧制；N-正火；TMCP-热机械控制轧制状态；TMCP+T-热机械控制轧制+回火状态。注2：一般强度和高强度钢级的 Z25/Z35，交货状态为正火。注3：经供需双方协商，也可采用其他交货状态。 |

* 1. 力学性能和工艺性能
		1. 钢板的力学性能和工艺性能应符合表5的规定。
		2. 对厚度为6mm~12mm的钢板取冲击试样时，可分别取5mm×10mm×55mm和7.5mm×10mm×55mm的小尺寸试样，此时冲击功值分别为不小于规定值的2/3和5/6。优先采用较大尺寸的试样。
		3. 钢板的冲击试验结果按一组3个试样的算术平均值进行计算，允许其中有1个试验值低于规定值，但不应低于规定值的70%。
		4. Z向钢厚度方向断面收缩率应符合表6的规定。3个试样的算术平均值应不低于表6规定的平均值，仅允许其中一个试样的单值低于表6规定的平均值，但不得低于规定的最小单值。
1. 力学性能和工艺性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 拉伸试验a | 横向V型冲击试验c d |
| 屈服强度b*R*eL/MPa | 抗拉强度*R*m/MPa | 断后伸长率A/% | 屈强比 | 试验温度/℃ | 平均冲击吸收能量（KV2/J） |
| Q235DGJA | ≥235 | 400～520 | ≥22 | —e | 20 | 41 |
| Q235DGJB | 0 | 41 |
| Q235DGJD | -20 | 41 |
| Q235DGJE（Z35） | -40 | 41 |
| Q315DGJA（Z35） | ≥315 | 450～570 | 0 | 46 |
| Q315DGJD（Z35） | -20 | 46 |
| Q315DGJE（Z35） | -40 | 46 |
| Q315DGJF（Z35） | -60 | 46 |
| Q355DGJA（Z35） | ≥355 | 490～630 | ≥21 | 0 | 50 |
| Q355DGJD（Z35） | -20 | 50 |
| Q355DGJE（Z35） | -40 | 50 |
| Q355DGJF（Z35） | -60 | 50 |
| Q420DGJA（Z35） | ≥420 | 520～680 | ≥19 | ≤0.93 | 0 | 60 |
| Q420DGJD（Z35） | -20 | 60 |
| Q420DGJE（Z35） | -40 | 60 |
| Q420DGJF（Z35） | -60 | 60 |
| Q460DGJA（Z35） | ≥460 | 540～720 | ≥17 | 0 | 60 |
| Q460DGJD（Z35） | -20 | 60 |
| Q460DGJE（Z35） | -40 | 60 |
| Q460DGJF（Z35） | -60 | 60 |
| a 拉伸试验取横向试样。b 当屈服不明显时，可测量*R*p0.2代替下屈服强度。c 冲击试验取横向试样，但供方应保证纵向冲击性能满足横向冲击性能指标要求。d 厚度不大于25mm的B级钢、以TMCP状态交货的A级钢，经需方同意可不做冲击试验。e 如需方有要求，经供需双方协商，并在合同中注明，屈强比可不大于0.94。 |

1. Z向钢厚度方向断面收缩率

|  |  |
| --- | --- |
| 厚度方向断面收缩率/% | 断面收缩率Z/% |
| 3个试样平均值 | ≥35 |
| 单个试样最小值 | ≥25 |

* + 1. 经供需双方协商，并在合同中注明，钢板可进行冷弯实验，结果应符合表7的规定。
1. 冷弯性能

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号 | 180°弯曲试验D-弯曲压头直径 a-试样厚度 |
|
| Q235DGJA | D=2a |
| Q235DGJB | D=3a |
| Q235DGJD | D=3a |
| Q235DGJE（Z35） | D=3a |
| Q315DGJA（Z35） | D=2a |
| Q315DGJD（Z35） | D=3a |
| Q315DGJE（Z35） | D=3a |
| Q315DGJF（Z35） | D=3a |
| Q355DGJA（Z35） | D=2a |
| Q355DGJD（Z35） | D=3a |
| Q355DGJE（Z35） | D=3a |
| Q355DGJF（Z35） | D=3a |
| Q420DGJA（Z35） | D=2a |
| Q420DGJD（Z35） | D=3a |
| Q420DGJE（Z35） | D=3a |
| Q420DGJF（Z35） | D=3a |
| Q460DGJA（Z35） | D=2a |
| Q460DGJD（Z35） | D=3a |
| Q460DGJE（Z35） | D=3a |
| Q460DGJF（Z35） | D=3a |
| 注： A级钢做窄冷弯（b=2a）弯曲180°；B、D、E级钢做宽冷弯（b=5a）弯曲120°，不得有可见裂纹 |

* 1. 金相组织

超高强度级钢材的晶粒度应为6级或更细，如供方能保证，可不做检验。

* 1. 表面质量
		1. 钢板表面不应有气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂和压入的氧化铁皮等影响使用的缺陷。钢板不应有目视可见的分层。
		2. 钢板表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮或锈蚀，或由压入氧化铁皮脱落和轧辊所引起的不显著的粗糙、网纹、划痕及其他局部缺陷，但其深度不应大于钢板的厚度公差之半，且应保证缺陷处钢板厚度不小于钢板允许的最小厚度。
		3. 钢材的表面缺陷允许用修磨方法清除，清理处应平滑无棱角，厚度减薄量应不大于公称厚度的7%且不大于3 mm，取二者较小值；单个修磨面积应不大于0.25m2，局部修磨面积之和不应大于总面积的2%，两个修磨面之间的距离应大于它们的平均宽度，否则认为是一个修磨面。
		4. 钢板不允许焊补。
	2. 超声检测
		1. 对于高强和超高强钢板，要求逐张按照GB/T 2970进行超声检测，达到一级标准。对于有Z向性能要求的钢板，不允许存在下述缺陷：
1. 底面反射波损失超过50%的，直径超过3英寸(76毫米)的内部缺陷。
2. 底面反射波全部损失的，直径超过3/8英寸(10毫米)的内部缺陷。
	* 1. 对于一般强度的厚度≥ 25mm的钢板要求逐张按照GB/T 2970进行超声波探伤，达到三级标准。
		2. 经双方协议，可采用其他文件进行超声检测，并在合同中注明检测文件和合格等级。
	1. 可焊性

根据需方要求，提供可焊性数据。（见附录A）

* 1. CTOD性能

根据需方要求，提供CTOD性能数据。（见附录B）

* 1. 特殊要求

经双方协商，需方可对钢板提出其他特殊要求。

1. 试验方法
	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 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.84、GB/T 11261、GB/T 20125的规定进行。
	2. 厚度测量
		1. 钢板厚度测量部位按GB/T 709 的规定。
		2. 钢板平均厚度测量方法：
2. 钢板的平均厚度可采用自动或手工方法测量。
3. 钢板的厚度测量位置：采用自动方法测量时，测量点距侧边和板端的距离应在10 mm～300 mm之间；采用手工方法测量时，测量点距侧边和板端的距离应在10 mm～100 mm。
4. 按图1 所示，至少选两条线进行测量，每条线至少选3 个测量点（当每条线的测量点多于3点时，每条线的测量点应数量相等，且位置对应）；并按平均值计算钢板平均厚度。



图1 钢板的平均厚度测量点位置

* 1. 取样位置
		1. 拉伸试样

拉伸试验试样应在每一批中最厚的钢板上制取横向试样，样板应取自钢板宽度1/4位置。厚度不大于40mm的钢板，拉伸试样采用全厚度矩形试样，试样宽度为25mm,当试验机能力不足时，可在试样的一个轧制面加工，使厚度减薄至25mm；厚度大于40mm的钢板，拉伸试样采用圆形试样，试样直径为14mm，试样轴线应尽可能位于板厚1/4处，可根据试验机能力，采用全截面试样。厚度大于100 mm 的超高强度级钢材，当采用圆截面试样时，还应在钢材厚度中心增加1 个试样。

* + 1. 冲击试样
			1. 一般强度和高强度钢板冲击试验试样应在每一批中最厚的钢板中制取，样板应取自钢板宽度1/4位置，冲击试样方向为横向，缺口应垂直于原轧制面，具体取样要求如下：
1. 厚度不大于30mm的钢板，冲击试样应为近表面试样，试样边缘距一个轧制面小于2mm。
2. 厚度大于30mm而小于等于50mm的钢板取冲击试样两组：
3. 近表面试样一组，试样边缘距一个轧制面小于2mm；
4. 厚度1/2冲击一组，试样轴线应位于板厚1/2处或尽量接近此位置。
5. 厚度大于50mm而小于等于80mm的钢板取冲击试样两组：
6. 近表面试样一组，试样边缘距一个轧制面小于2mm；
7. 厚度1/3冲击一组，试样轴线应位于板厚1/3处或尽量接近接近此位置。
8. 厚度大于80mm而小于等于150mm的钢板取冲击试样两组：
9. 近表面试样一组，试样边缘距一个轧制面小于2mm；
10. 厚度1/4冲击一组，试样轴线应位于板厚1/4处或尽量接近接近此位置。
	* + 1. 超高强度钢板冲击试验试样应在每一批中最厚的钢材上制取，样板应取自钢板宽度1/4位置，冲击试样方向为横向，缺口应垂直于原轧制面，冲击试样应为近表面试样，试样边缘距一个轧制面小于2 mm；当钢材的厚度大于40 mm时，应增加一组冲击试样，冲击试样的轴线位于钢材厚度的1/2 处。
		1. Z向拉伸试样
			1. Z向拉伸试验试样应在每一批中最厚的钢板上制取，样板应取自钢板宽度1/2位置。Z向拉伸试样采用圆形试样，当钢板厚度不大于15mm时，试样直径为10mm，厚度大于25mm的钢板，试样直径为10mm，试样轴线应垂直于钢板轧制面。
			2. Z向性能钢板除了满足8.3.2的a）~d）冲击试样取样要求外，还需加做一组“取板宽和板厚的中心（横向）”的试样。
	1. 钢板的检验项目和试验方法应符合表7的规定。
11. 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 | 1个/炉 | GB/T 20066 | 见8.1 |
| 2 | 拉伸试验a | 1个/批 | GB/T 2975，8.3.1 | GB/T 228.1 |
| 3 | 冲击试验 | 1组（3个）/批 | GB/T 2975，8.3.2 | GB/T 229 |
| 4 | 厚度方向性能 | 1组（3个）/批 | GB/T 5313，8.3.3 | GB/T 5313 |
| 5 | 冷弯 | 2个/批 | GB/T 232 | GB/T 232 |
| 6 | 晶粒度 | 1个/批 | GB/T 6394 | GB/T 6394 |
| 7 | 超声波检验 | 逐张 | — | GB/T 2970 |
| 8 | 表面质量 | 逐张 | — | 目视及测量 |
| 9 | 尺寸、外形a | 逐张 | — | 合适的量具，8.2 |
| a 当超高强度级钢材厚度大于100 mm时，应在钢材厚度中心处增加1个试样。 |

1. 检验规则
	1. 检查和验收

钢板的检查和验收由供方质量检验部门进行。

* 1. 组批规则
		1. 钢板应成批验收，一般强度和高强度钢级的钢材，每批应由同一牌号、同一炉号、同一交货状态、厚度差（或直径差）小于10 mm 的钢材组成；超高强度钢级的钢材，每批应由同一牌号、同一炉号、同一交货状态、同一厚度的钢材组成。
		2. 对于拉伸试验，一般强度和高强度钢级的钢材，每批钢材的重量不大于50 t；超高强度钢级的钢材，每批钢材的重量不大于25 t。
	2. 厚度方向性能钢按轧制坯验收。
	3. 取样数量

钢板的取样数量和取样方法应符合表7的规定

* 1. 复验与判定
		1. 拉伸实验复验与判定

钢板拉伸试验的复验与判定按符合GB/T 17505的规定，对于首次不合格样品允许复验。

* + 1. 冲击试验的复验与判定
			1. 单个钢板的复验

当一组3个试样的冲击试验结果不合格时，若低于规定平均值的试样不多于2个，且低于规定平均值70%的试样不多于1个，可在原取样钢材附近再取一组3个试样进行复验。前后两组6个试样的算术平均值不应低于规定的平均值，且低于规定平均值的试样不应超过2个，其中低于规定平均值70%的试样不应超过1个，否则该个钢板不能验收。

* + - 1. 批量钢板的复验

如果单个钢板的复验不符合要求，将该个钢板挑出。可在该批钢板中另取两个钢板，每个钢板各取一组试样进行再验。再验的每组试验结果都应符合要求，否则，该批不能验收。

* + 1. Z向钢厚度方向断面收缩率的复验与判定

图2规定了允许复验的三种情况。在这些情况下，需要对剩余的3个备用试样进行试验。6个试样的平均值应大于规定的最小平均值，低于平均值的结果不大于2个，但不得低于表5规定的最小单值。否则该批钢材不能验收。



图2 Z向钢厚度方向断面收缩率的复验与判定

* + 1. 弯曲试验复验与判定

弯曲试验的复验与判定：复验的两个试样满足表6的要求。

* + 1. 晶粒度的复验与判定

钢板晶粒度的复验与判定应符合GB/T 17505的规定。

* + 1. 重新热处理

对复验不合格的钢板，允许进行重新热处理并按新的一批提交验收。

* 1. 数值修约

数值判定采用修约值比较法进行修约，修约规则应符合GB/T 8170的规定。

1. 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或GB/T 2101的规定。

附录 A

（资料性）

对接焊缝的焊接性能测试和力学测试

1. 一般要求
	* 1. 对接焊缝应按照A.3.5中热输入进行一系列对接焊。焊接应按照常规操作进行，但一侧应使用直角边缘焊缝。焊缝应符合A.4.1中规定的力学性能。
		2. 对接焊缝应采取预防措施，防止出现可能使试验无效的缺陷。
		3. 如果需方在询盘和/或订购时规定了其他焊接和试验标准，则供需双方应就此达成协议。
2. 焊接工艺和流程
	* 1. 本标准中提及的焊接工艺见表A.l。

表A.1 焊接工艺

|  |  |
| --- | --- |
| 工艺 | 工艺编号 |
| 手工电弧焊接(MMA/SMAW) | 111 |
| 自保护包芯焊条电弧焊(FCAW-S) | 114 |
| 埋弧焊(SAW) | 12 |
| 实心焊丝埋弧焊 | 121 |
| 熔化极气体保护焊(GMAW) | 13 |
| MIG焊:熔化极惰性气体保护焊(含熔化极Ar弧焊) | 131 |
| MAG焊:熔化极非惰性气体保护焊(含CO2保护焊) | 135 |
| 非惰性气体保护药芯焊丝电弧焊（FCAW-G） | 136 |
| 非惰性气体保护实芯焊丝电弧焊（MCAW） | 138 |

* + 1. 供方应该提供详细的焊接工艺规程。规程应该包括焊丝或者焊条的尺寸、焊接参数、焊接位置和其它相关参数，例如，埋弧焊焊丝的数量、铁粉添加量、焊缝坡口角度。
		2. 只能使用此种焊接耗材：已经反复证明在-10℃时具有较高断口力学性能值（CTOD值）的材料。试验板的焊接由供方或者其他机构中需方认可的有资格的合适人选来完成。这些机构应该有对海洋结构或者部件装配用钢板进行焊接后测试 CTOD 的丰富经验。
		3. 选择的焊接工艺参数应能适应焊接工艺。
1. 对接焊缝的要求
	* 1. 一般要求

钢板对接焊缝的焊接性测试要求参见表A.2。

表 A.2 钢板对接焊缝的焊接性测试要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 交货态 | 试样状态 | 名义热输入（kJ/mm）g |
| GMAW / FCAW-S a 0.8 ± 0.2 | SAW b`f 3.5 ± 0.2 | SAW b`f 5.0 ± 0.2 |
| 预热温度最小值c= 125 °C层间温度最大值c= 250 °C |
| Q355DGJ | TM、N | 焊接态 | X | xd | X |
| 焊后热处理态 | — | xd | X |
| Q420DGJ | TM、QT | 焊接态 | X | xd | X |
| 焊后热处理态 | — | xd | X |
| Q460DGJ | TM、QT | 焊接态 | X | X | —e |
| 焊后热处理态 | — | X | —e |
| a 只有需方要求时才对厚度小于50mm的材料进行GMAW工艺13和FCAW-S114焊接。b 经供需双方协商，可使用111或114工艺代替SAW[121]（见A.3.5），c 最低预热温度的定义应以最大碳当量和材料厚度为基础，并应体现公认的惯例。根据供需双方之间的协议，可采用替代预热/层间温度。d 如果热输入5.0 kj/mm下进行的试验产生的结果低于需方验收标准，则也可能要求热出入3.5 kj/mm下进行Q355DGJ、Q420DGJ和Q460DGJ试验。e Q460DGJ级别焊接热出入不得超过3.5 KJ/mm以上。f 厚度小于40 mm时，热输入和预热温度可由供方自行决定。g 见公式(A.1) |

* + 1. 试件尺寸
		2. 试件厚度取决于连铸坯和钢锭生产出的钢板的最大厚度，或者由供需双方协商决定。
		3. 钢板焊接方向应与主轧制方向平行。
		4. 每个焊接试板的长度和宽度应足以用于本附件的试验以及复验要求。焊接试件的宽度不得小于500mm。
		5. 坡口细节

对于所有试验焊接，坡口制备时焊缝一侧应采用直角边坡口，以便于形成垂直于轧制表面的直熔合线和热影响区（HAZ）。焊缝另一侧的坡口首选角度不大于45°的斜面。接头应完全保留，可使用或不使用垫板。根部间隙不得超过10 mm。

* + 1. 焊接工艺

每个测试板的定位焊接和前几道焊接可以使用熔化极气体保护焊（GMAW）、封闭金属电弧焊（SMAW）或者助焊剂芯电弧焊（FCAW）工艺。后续的焊接道应从 FCAW、SMAW 和 SAW 里选择合适的工艺。

* + 1. 标称热输入

除了前几道焊接外（例如根部道次），其他焊道适用标称热输入，除非在询盘和订购时双方约定了基材或者存在其他适用于制造工序的热输入值。应该记录所有工艺参数，包括预热和道间温度。应用下列公式进行计算热输入，Q（kJ/mm）：

Q=kUI/v×10-3……………………………………………(A.1)

式中：

K——在 EN1011-1 里定义的焊接工艺的热效率因子，（ 对于GMAW 和FCAW－S，k=0，8； 对于SAW，k=1，0 ）

U——电弧电压，（ V ）

I——焊接电流，（ A ）

v——焊接速率，（ mm/s ）

为了适用于本标准，应计算串联电弧焊接的热输入。

* + 1. 热处理
		2. TMCP工艺生产钢板

焊接后，在 PWHT（焊后热处理）状态下测试的试验焊缝应在580±20℃或者双方协商的其他温度下进行焊后热处理。保温时间不小于每25mm厚钢板1h ，或4h保温时间，选较长时间。加热和冷却速度应按照下面规定进行：

1. 加热速度应不超过(5500/t)℃/h或55℃/h.取最大者。t是钢板的厚度。
2. 试验焊缝冷却到 400℃，冷却速度不超过（6875/t）℃/h或55℃/h.取较大值。
3. 低于400ºC，钢板可在静止空气中冷却。
	* 1. QT工艺生产钢板

适用时，焊后热处理应550~620ºC进行，最高温度应该比检验证书上的回火温度范围低25ºC。热处理时间是4小时或者每25mm板厚1小时，选较长的时间进行保温。加热和冷却速度应参照A.3.6.1。

* + 1. 试件的去氢处理

如果认为有必要，CTOD测试前应对焊接试件进行低温去氢处理。测试结果里应该标明所采用的去氢处理工艺。

推荐热处理条件150ºC保温48h ，准确的参数应与CTOD结果一同给出。

在某些情况下，如特别厚的试件，应调整参数以减少含氢量，如使用更高的温度和/或更长的时间，但任何情况下去氢处理的温度都不能超过250ºC。 供需双方可就具体参数达成协议。

1. 力学测试
	* 1. 一般要求

应根据表A.3进行一系列力学试验。应准备足够数量的试验焊缝，以允许重复试验，特别是在断裂力学试验无效的情况下（见A.4.3.3）。每个焊缝应达到以下力学试验要求：

1. 夏比V型缺口试验。按表A.3中的位置和方向取样，并应符合表A.3中规定的板材试验验收标准。
2. 断裂力学试验。应在-10℃下进行试验，并应符合需方的验收标准。
3. 硬度试验。应按照A.4.4和图A.2的规定对试验焊缝的横截面进行硬度试验，并满足表A.3中规定的验收标准。
4. 交叉焊缝拉伸试验。这些试验应符合表A.3的规定。应仅测定抗拉强度Rm，且试件不得小于母材相应规定的最小值。
	* 1. 夏比V形缺口冲击试验

夏比V型缺口冲击试验试样的位置应符合图A.l的要求，并进行试验，撞击半径为2 mm。在开槽之前，应蚀刻所有试样，以便标记缺口位置。

* + 1. 断裂力学试验（CTOD）
1. 一般要求

焊接试样的断裂力学试验应根据GB/T 21143进行，由供方决定得出CTOD或者J1c值。

1. HAZ 结构的分级
	1. 当单个焊道沉积在钢板上时，应在钢板上定义以下四个HAZ区域，以便基于峰值温度远离焊缝：
2. 粗晶热影响区(GCHAZ): 1 400 °C ≥θ> 1 100 °C；
3. 细晶热影响区(FGHAZ): 1 100 °C≥θ>AC3；
4. 临界热影响区(ICHAZ): Ac3≥θ> Ac1；
5. 亚临界热影响区(SCHAZ): Ac1≥θ。
	1. 多道焊时，第一道的热影响区（HAZ）的某些部分会消除，某些部分会发生严重改变，其他部分会保持不变。图 A.3 给出了单坡口多道焊接时穿过非坡口边部互相重叠的热影响区的示意图。下面列举了特别重要的区域，并在图A.3 做了突出显示。
6. 临界再加热的粗晶热影响区 (IRGCHAZ)；
7. 亚临界再加热的粗晶热影响区 (SRGCHAZ)；
8. 临界热影响区和亚临界热影响区的界面。
9. 测试要求
	* 1. 对下列的每个区域做三个CTOD测试：

——粗晶热影响区(GCHAZ)；

——亚临界热影响区（SCHAZ）和临界热影响区（ICHAZ）的界面；

* + 1. 如果需方要求，需对焊缝金属做 CTOD 测试（从溶合线向里 2mm）。所有 CTOD 试样应横向于钢板轧制方向。
		2. 应使用位移控制和厚度方向开口的试件进行试验。厚度小于75mm时，应使用矩形截面弯曲试件；厚度大于等于75 mm时，可使用方形截面试件。
		3. 应检查试验的有效性，应忽略无效试样，并重复试验。应根据以下要求检查试件的有效性：

——粗晶热影响区。疲劳裂纹应尽可能穿过大部分粗晶区，在熔合线0.5mm 之内，以使试验有效。从厚度中心 75%的部位取粗晶区样品非常重要。 应报告粗晶HAZ的比例。为了尽可能满足疲劳裂纹位置要求，在生产焊件用于 CTOD 取样时，尽可能焊出一条平坦的熔合线。

——亚临界热影响区（SCHAZ）和临界热影响区（ICHAZ）的界面。疲劳裂纹取样应穿过亚临界热影响区（SCHAZ）和临界热影响区（ICHAZ）的界面，以使试验有效。

——焊缝金属。 作为有效试验，疲劳裂纹取样应最少穿过90%的焊缝金属，并位于熔合线2mm以内。

1. 切割法
	* 1. 粗晶热影响区HAZ

应按以下要求检查每个断裂力学试样，以确保疲劳裂纹取样穿过粗晶热影响区HAZ（GCHAZ）：

1. 从每半块试样上切掉15mm，其中应包含断裂面；
2. 从焊缝金属侧横截试样。如果需要确认有效性，应取两个与缺口根部平行的 断面，如图A.4所示。
3. 试样截取时应该能观察到疲劳裂纹中央3/4部分。如果断裂源在试样中央3/4部分以外，那么截取时应包含裂纹源。
4. 对底部一半所裸露的上表面进行抛光和侵蚀，以便宏观检查，如图A.5。
5. 在合适的倍数下检查和拍照片，所拍取的照片应该能看到板的全厚。
6. 疲劳裂纹所穿过的粗晶区百分比应根据图A.5进行计算。百分比应该包含与柱状焊缝金属相邻的IRGCHAZ和SCGCHAZ。

如果侧向偏移过多或者疲劳裂纹的轮廓不规则，则可能导致抛光面离疲劳裂纹最深的点超过2mm。 这种情况下，应经需方同意增加截面取样。

* + 1. 临界热影响区HAZ的界面

SCHAZ断裂力学试样的截取和报告应遵守A.4.3.4.1的要求。

* + 1. 焊缝金属

每个焊缝金属断裂力学试样，仅截取一个半块试样。 应截取包含HAZ的半块样（而非包含大部分焊缝金属的那半块）、制样和拍照。 另外一块含大部分热影响区焊缝金属的试样分块无需分析。

* + 1. 宏观硬度

应制备两个宏观试样，进行硬度测量。图A.2给出了硬度测量位置。距离熔合线最近的硬度压痕不应影响熔合线的清晰度，但是压痕中心应位于熔合线内0.4mm；硬度测试压痕间距为1mm（中心到中心）。

为确保所有热影响区都被测量到，可再打一行硬度压痕，这一行应该与第一行平行并相隔1.0~1.5mm。压痕交错排列。所有硬度测量用10千克的载荷。（HV10=98.07N）如需方要求，可再多打几行平行的硬度压痕。

* + 1. 横向焊缝拉伸试验

如果需方指定此试验，进行两次横向焊缝拉伸试验。

表A.3 钢板对接焊缝的力学测试要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验类型 | 试验数目 | 取样位置a | 接受标准 |
| 夏氏V型冲击 | 1个位置3个试样 | 取样位置如下：1. 轧向的横向;
2. 对FL-2、FL、FL+2 和 FL+5，试样分别从直边的帽部、中间厚度处和根部取（见 A.4.1中a）、A4.2 和图A.1）。如果供需双方达成协议，试样也可从坡口边部取。
 | -40ºC 的冲击功应符合下列要求：1. 对Q355DGJ等级，平均值不能小于36J，单值不能小于26J；
2. 对Q420DGJ等级，平均值不能小于42J，单值不能小于29J；
3. 对Q460DGJ等级，平均值不能小于46J，单值不能小于32J。
 |
| 断裂力学试验（CTOD） | 每个位置测3次 | 取样位置如下：* + - * 1. 轧向的横向：
				2. 在以下每个位置：
	1. GCHAZ；
	2. SCHAZ /ICHAZ 的交界面；
	3. 焊缝金属。

见A.4.3.3 | -10ºC 的 CTOD 值应符合需方要求。 |
| 宏观硬度 | 2 | 见A.4.4和图A.2。 | 验收值最大为325 HV10。 0.8 kj/mm的热量输入，验收值最大为350 HV10，A.4.1中c）。 |
| 横向焊缝拉伸 | 2（可选项） | 横向焊缝，见A4.5 | 见A4.1 |
| a对接焊缝详情见A.3和表A.2. |

尺寸单位是mm



a）单坡口



b）焊缝坡口侧焊接热影响区（HAZ）的夏比V型冲击试样缺口位置

说明：

1—焊缝金属

2—热影响区(HAZ)

3—焊接熔合线

D—试样尺寸

E—熔合线

t—板厚

图A.1 板上对接焊缝夏比V型冲击试件位置（见A.4.2）

单位为mm



a）一般安排



b）放大的区域A

说明：

1—熔合线

2—焊缝

图A.2 对接焊缝试件上的硬度测量（见A.4.4）



说明：

1—柱状焊缝金属

2—亚临界再加热粗晶热影响区（SRGCHAZ）

3—临界再加热粗晶热影响区（IRGCHAZ）

4—Ac3

5—Ac1

6—未转变的临界热影响区（ICHAZ）

7—未转变的亚临界热影响区（SCHAZ）

8—不可见的界面

9—母材金属

10—未转变的细晶热影响区（FGHAZ）

11—未转变的粗晶热影响区（GCHAZ）

12—熔合线

亚临界再加热粗晶热影响区和临界再加热粗晶热影响区是多道焊接所形成的区域。未转变的临界热影响区、未转变的亚临界热影响区、未转变的细晶热影响区和未转变的粗晶热影响区是单道焊接所形成的区域。

图A.3 单坡口多道焊接的热影响区（见A.4.3.2）

单位为mm



说明：

1—锯切线

2—热影响区

3—焊帽

4—加工的缺口

5—疲劳裂纹

6—横截面

7—抛光和侵蚀过的表面

8—疲劳裂纹尖端

t—试样厚度

图A.4—断裂力学试样截取示意（见A.4.3.4）



说明：

L—所测量粗晶区面积的总和

t—板材厚度

图A.5 在半块部件的抛光面上计算粗晶热影响区百分比的示意图（见A.4.3.4.1）

附录 B

（资料性）

CTOD性能数据

本文件推荐的CTOD性能数据按照GB/T 21143规定进行，-10℃CTOD性能满足表B.1。

表B.1 CTOD值

|  |  |
| --- | --- |
| 强度级别 | CTOD值（-10℃），不小于 |
| 钢板 | 焊接热影响区 |
| 高强度 | 0.30mm | 0.15mm |
| 超高强度 | 0.46mm | 0.30mm |

