

ICS 49.025.05

CCS H 40



# 团体标准

T/CSTM 01101—2023

## 高热输入焊接用船舶及海洋工程结构钢

Engineering structural steels for ship and ocean for high heat input welding

2023-11-30 发布

2024-02-29 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

## 前 言

本文件参照 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。

本文件由中国材料与试验标准化委员会综合标准化领域委员会（CSTM/FC99）提出。

本文件由中国材料与试验标准化委员会综合标准化领域委员会（CSTM/FC99）归口。

全国标准信息公共服务平台  
CSTM标准发布使用

## 引 言

随着船舶及海洋装备的朝着高技术含量、高质量和大型化等方向的发展，厚规格高强钢在船舶、海洋平台等大型结构的使用日益广泛。传统的船舶及海洋工程用钢已不能满足船舶及海工企业在提高焊接效率、降低成本方面的需求，高热输入焊接的船舶及海洋工程用结构钢能够很好的实现高效高质量焊接。该产品在国外得到了较为广泛的发展和工程应用，但在我国尚未得到广泛的推广应用。制定高热输入焊接的船舶及海洋工程用结构钢标准，能够很好地满足我国高端船舶及海洋工程的高质量发展对钢材的需求。

本文件是在参照 GB/T 712《船舶及海洋工程用结构钢》的基础上，根据产品特点及用户要求制定的，主要在厚度允许偏差、成分区间、交货状态、拉伸性能无厚度效应、显微组织、探伤检测等方面进行了加严要求，以更好地适应高热输入焊接用船舶及海洋工程结构钢的发展要求。

# 高热输入焊接用船舶及海洋工程结构钢

## 1 范围

本文件规定了高热输入焊接用船舶及海洋工程结构钢板的术语和定义、分类、牌号及标记、订货内容、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

本文件适用于厚度不大于 100mm，热输入不大于 750kJ/cm 的高热输入焊接用船舶及海洋工程结构钢板（以下简称“钢板”）。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法
- GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钼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 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法
- 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 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法（常规法）
- GB/T 223.81 钢铁及合金 总铝和总硼含量的测定 微波消解-电感耦合等离子体质谱法
- GB/T 223.82 钢铁 氢含量的测定 惰气脉冲熔融热导法
- 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 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 712 船舶及海洋工程用结构钢
- GB/T 2970-2016 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制备
GB/T 4336	碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法(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 13298	金属显微组织检验方法
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
GB / T 38817	大线能量焊接用钢
T/CSTM 00012	钢铁 多元素成分及状态分布表征 激光诱导击穿光谱原位统计分布分析方法

### 3 术语和定义

GB / T 38817 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**热输入 heat input**

指熔焊时,由焊接能源输入给单位长度焊缝上的热能。热输入采用公式(1)计算,

$$E = \frac{\eta IU}{v} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E—单位长度焊缝的热输入(kJ/cm);

I—焊接电流(A);

U—电弧电压(V);

v—焊接线速度(cm/s);

$\eta$ —热效率系数,该系数可根据焊接方式参考选择。\*

\*埋弧焊的热效率系数为 1.0,二氧化碳气体保护焊的热效率系数为 0.85,熔化极惰性气体保护焊的热效率系数为 0.75,气电立焊的热效率系数为 0.8。其他焊接方式的热效率系数由供需双方协商确定。

[来源: GB / T 38817-2020, 3.1, 有修改]

#### 3.2

**高热输入焊接 high heat input welding**

指热输入大于 50kJ/cm 的焊接。

[来源: GB / T 38817-2020, 3.2, 有修改]

### 4 分类、牌号及标记

## 4.1 分类及牌号

4.1.1 钢板的分类及牌号应符合表 1 的规定。各船级社规范中规定各钢级、牌号对照见 GB/T 712。

4.1.2 钢板按焊接热输入以 50kJ/cm 为间隔，分为 100kJ/cm、150kJ/cm、200kJ/cm、250kJ/cm 等 14 个等级。

表1 分类及牌号

分类	牌号
一般强度	A、B、D、E
高强度级	AH32、DH32、EH32、FH32 AH36、DH36、EH36、FH36 AH40、DH40、EH40、FH40
超高强度级	AH420、DH420、EH420、FH420 AH460、DH460、EH460、FH460 AH500、DH500、EH500、FH500

## 4.2 标记

4.2.1 钢板的标记至少应包含牌号、热输入值等。

4.2.2 钢板标记示例：屈服强度 460MPa 级别、适应焊接热输入 100kJ/cm、质量等级为 E 级钢板的标记为 EH460-W100。当有厚度方向性能要求时，则在 EH460-W100 后加上代表厚度方向（Z 向）性能级别的符号（Z25、Z35），如 EH460-W100-Z35。

## 5 订货内容

按本文件订货的合同或订单应提供下列信息：

- a) 本文件编号；
- b) 牌号；
- c) 尺寸、外形及允许偏差；
- d) 交货状态；
- e) 重量（数量）；
- f) 特殊要求。

## 6 尺寸、外形、重量及允许偏差

6.1 钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定，按照船级社牌号供货的钢板厚度公差应符合对应船级社规范的相关要求。

6.2 经供需双方协议，可供应其他尺寸、外形及允许偏差的钢板。

## 7 技术要求

### 7.1 牌号与化学成分

7.1.1 钢的牌号及化学成分（熔炼分析）应符合表 2 的规定。

表2 牌号及化学成分（熔炼分析）

牌号	化学成分 <sup>a, b, c, d, e</sup> （质量分数）/%												
	C	Si	Mn	P	S	Als	Nb	V	Ti	Ni	Cr	Cu	Mo
	不大于												
A、B、D、E	0.18	0.40	1.60	0.015	0.005	0.075	—	—	—	0.30	0.20	0.35	—
AH32、DH32、EH32、FH32	0.16	0.40	1.60	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.02	0.40	0.20	0.35	0.08
AH36、DH36、EH36、FH36	0.14	0.40	1.60	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.02	0.40	0.20	0.35	0.08
AH40、DH40、EH40、FH40	0.12	0.40	1.60	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.02	0.40	0.20	0.35	0.08
AH420、DH420	0.15	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.30
EH420、FH420	0.13	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.30
AH460、DH460	0.16	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.40
EH460、FH460	0.14	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.40
AH500、DH500	0.16	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.40
EH500、FH500	0.14	0.50	1.70	0.015	0.005	0.075	0.05	0.10	0.05	0.80	0.50	0.55	0.40

a 微量元素要求:N≤0.009%，H≤0.00015%。  
b 同时满足 Als≥0.015%，当采用全铝（Alt）含量计算时，全铝含量应为 0.020~0.080%。全铝与氮的比最小应为 2:1；当采用其他固氮元素时，最小铝含量和铝氮比可不受限制。  
c 钢中至少添加 Nb、V、Ti 中一种细化晶粒元素，当单独添加时其含量除符合表 1 要求外，还应符合 Nb≥0.01%或 V≥0.01%或 Ti≥0.005%；当同时添加两种及以上细化晶粒元素时应符合 Nb+V+Ti≤0.12%。  
d 铬、钼还应符合 Cr+Mo≤0.65%。  
e 一般强度钢均应符合 C%+1/6Mn%≤0.40%。

7.1.2 成品钢板化学成分的允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

7.1.3 钢的碳当量应熔炼成分分析值，采用公式（2）和公式（3）计算。焊接冷裂纹敏感性指数 Pcm 以熔炼成分分析值采用公式（4）计算。

$$Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Cu+Ni)/15 \dots\dots\dots (2)$$

$$CET=C+(Mn+Mo)/10+(Cr+Cu)/20+Ni/40 \dots\dots\dots (3)$$

$$Pcm=C+Si/30+(Mn+Cu+Cr)/20+Mo/15+Ni/60+V/10+5B \dots\dots\dots (4)$$

7.1.4 各牌号钢板碳当量及焊接裂纹敏感性指数（熔炼成分）应符合表 3 的规定。

表3 碳当量及焊接裂纹敏感性指数

牌号	Ceq/%，不大于		CET/%，不大于	Pcm/%，不大于
	t≤50	50<t≤100	t≤100	t≤100
AH32、DH32、EH32、FH32	0.36	0.38	-	0.20
AH36、DH36、EH36、FH36	0.38	0.40	-	0.21
AH40、DH40、EH40、FH40	0.40	0.42	-	0.21

AH420、DH420、EH420、FH420	0.43	0.45	-	0.22
AH460、DH460、EH460、FH460	0.45	0.46	0.30	0.23
AH500、DH500、EH500、FH500	0.46	0.47	0.32	0.24

注：t 为名义厚度，单位为 mm。

## 7.2 冶炼方法

应采用转炉或电炉冶炼，并进行炉外精炼和真空脱气处理。

## 7.3 交货状态

船舶结构用一般强度和高强度级钢板以热轧（AR）或控制轧制（CR）或热机械控制轧制（TMCP）或 TMCP+T 状态交货。

海洋工程用超高强度级钢板以正火轧制（NR）或热机械控制轧制（TMCP）或淬火加回火（QT）或 TMCP+T 状态交货。

## 7.4 力学性能

7.4.1 钢板的力学性能应符合表 4 的规定。超高强度级厚度方向性能钢的厚度方向抗拉强度不低于规定最小抗拉强度的 80%。

表 4 力学性能

钢级	屈服强度 $R_{eH}^a$ MPa		抗拉强度 $R_m$ MPa	断后伸长率 A/ %	冲击吸收能量 $KV_2/J$ 不小于		
	t≤50	50<t≤100	t≤100		温度/°C	纵向	横向
	不小于				20	41	27
A	235		400~520	22	0		
B					-20		
D					-40		
E					-60		
AH32	315		440~570	22	0	50	34
DH32					-20		
EH32					-40		
FH32					-60		
AH36	355		490~630	21	0	55	37
DH36					-20		
EH36					-40		
FH36					-60		
AH40	390		510~660	20	0	55	37
DH40					-20		
EH40					-40		

FH40					-60		
AH420	420	390	520~680	19	0	42	28
DH420					-20		
EH420					-40		
FH420					-60		
AH460	460	430	540~720	17	0	46	31
DH460					-20		
EH460					-40		
FH460					-60		
AH500	500	480	590~770	17	0	50	33
DH500					-20		
EH500					-40		
FH500					-60		

<sup>a</sup> 当无明显屈服平台时，应采用  $R_{p0.2}$  代替  $R_{eH}$ 。

注：t 为名义厚度，单位为 mm。

7.4.2 夏比（V 型缺口）冲击吸收能量，按一组 3 个试样的算术平均值进行计算，允许其中有 1 个试样值低于表 2 规定值，但不得低于规定值的 70%。

7.4.3 对厚度小于 12mm 钢板的夏比（V 型缺口）冲击试验应采用小尺寸试样。厚度为 6mm~8mm 的钢板，其尺寸为 10mm×5mm×55mm，其试验结果应不小于表 2 规定值的 2/3。厚度 >8mm~<12mm 的钢板其尺寸为 10mm×7.5mm×55mm，其试验结果应不小于表 2 规定值的 5/6。厚度小于 6mm 的钢板不做冲击试验。

7.4.4 如果钢板的冲击试验结果不符合 7.4.2 和 7.4.3 规定时，应从同一批钢板上再取一组 3 个试样进行试验。前后 6 个试样的算术平均值不得低于规定值，允许其中 2 个试样低于规定值，但低于规定值 70% 的试样只允许有 1 个。

7.4.5 根据需方要求（在合同中注明），可提供厚度方向性能要求钢板。Z 向钢板厚度方向断面收缩率应符合 GB/T 5313 的规定。

7.4.6 经供需双方协议，以船级社牌号供货的力学性能可按照船级社规范执行。

## 7.5 金相检验

超高强度级钢板的晶粒度应为 6 级或更细，如供方能保证，可不做检验。

## 7.6 表面质量

7.6.1 钢板表面不允许存在裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂和压入的氧化铁皮。钢板不应有目视可见的分层。

7.6.2 钢板表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮、铁锈、由压入氧化铁皮脱落所引起的不显著的表面粗糙、划伤、压痕及其它局部缺陷，但其深度不得大于钢板厚度的公差之半，并应保证钢板允许的最小厚度。

7.6.3 钢板表面缺陷不允许焊补，允许修磨清理，但应保证钢板允许的最小厚度。修磨清理处应平滑无棱角。

## 7.7 超声检测

检测方法执行 GB/T 2970-2016，合格级别不低于 II 级。经供需双方协议，并在合同中注明，也可采用其他超声波检测方法，其检测标准和级别应在协议或合同中明确。

## 8 试验方法

8.1 钢的化学成分试验方法应符合 GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125、T/CSTM 00012 或其他通用方法的规定，其中仲裁方法按照 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 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.64、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.79、GB/T 223.81、GB/T 223.82、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 11261 和 GB/T 20125 的规定进行。

8.2 每批钢板的检验项目、取样数量、取样方法、试验方法应符合表 5 的规定。经供需双方协议，取样方法可按照船级社规范执行。

表 5 钢板的检验项目、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	见 8.1
2	拉伸试验	1 个/批	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	夏比冲击试验	3 个/批 <sup>a</sup>	GB/T 2975	GB/T 229
4	Z 向拉伸试验	3 个/批	GB/T 5313	GB/T 5313
5	超声检测	逐张	—	GB/T 2970 或协商
6	晶粒度	1 个/批	GB/T 6394	GB/T 6394
7	表面质量	逐张	—	目视及测量
8	尺寸、外形	逐张	—	合适的量具

<sup>a</sup>厚度大于 50mm 厚时，每批加取厚度 1/2 位置冲击试样 3 个。

## 9 检验规则

### 9.1 检查和验收

钢板检查和验收由供方技术监督部门进行。

### 9.2 组批

钢板应成批验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一轧制制度及同一热处理制度的钢材组成，每批重量不大于 25 吨。经供需双方协议，可按照船级社规范执行。

### 9.3 复验与判定规则

9.3.1 钢板拉伸试验与冲击试验的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。

9.3.2 Z向钢板厚度方向断面收缩率的复验与判定应符合 GB/T 5313 的规定。

9.3.3 经供需双方协议，钢板的复验与判定可按照船级社规范执行。

#### 9.4 力学性能和化学成分试验结果的修约

力学性能和化学成分试验结果采用修约值比较法，修约规则按GB/T 8170的规定。

#### 10 包装、标志及质量证明书

钢板的包装、标志及质量证明书应符合GB/T 247的规定。

附录 A

(资料性)

起草单位和主要起草人

本文件起草单位：南京钢铁股份有限公司、中关村材料试验技术联盟、东北大学、广船国际有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、江南造船（集团）有限责任公司、沪东中华造船（集团）有限公司、上海外高桥造船有限公司、大连船舶重工集团有限公司、扬州中远海运重工有限公司。

本文件主要起草人：李恒坤 李强 谯明亮 王蓬 夏皓春 赵晋斌 叶飞 王丙兴 马金军 刘磊 廖平华 王昆鹏 马上录 陈鸣 陈华 陈林恒 赵柏杰 范益 陈富强 田勇 付军 车马俊 王光磊 汪晶洁 王凌宇 范小芬 曹余良 李松 马刘军。

全 国 标 准 发 布 使 用