



中华人民共和国国家标准

GB/T 712—2022

代替 GB/T 712—2011

船舶及海洋工程用结构钢

Structural steel for ship and ocean engineering

2022-10-12 发布

2023-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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。

本文件代替 GB/T 712—2011《船舶及海洋工程用结构钢》，与 GB/T 712—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了海洋工程结构用钢适用厚度范围(见第1章,2011年版的第1章)；
- b) 增加了超高强度 790、890、960 共 3 个钢级 10 个牌号(见第4章)；
- c) 增加了钢板平均厚度要求(见 6.1)；
- d) 更改了超高强度级钢材的化学成分要求(见表 4,2011 年版的表 4)；
- e) 增加了超高强度级钢材的碳当量要求(见表 5)；
- f) 增加了超高强度级厚度方向性能钢和 690、790、890、960 钢级非厚度方向性能钢进行真空脱气处理要求(见 7.2)；
- g) 增加了连铸坯和钢锭轧制压缩比的要求(见 7.2)；
- h) 更改了超高强度级钢材的力学性能要求(见表 7,2011 年版的表 6)；
- i) 增加了超高强度级钢材的晶粒度要求(见 7.5)；
- j) 增加了钢板平均厚度的测量方法(见 8.2)；
- k) 更改了超高强度级钢材取样位置的要求(见 8.3,2011 年版的 7.4)；
- l) 更改了超高强度级钢材组批的要求(见 9.2,2011 年版的 7.3)；
- m) 更改了超高强度级钢材冲击检验批量的要求(见附录 B,2011 年版的附录 A)；
- n) 更改了控制轧制(CR)(见附录 B,2011 年版的附录 A)。

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：鞍钢股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、新余钢铁股份有限公司、湖南华菱湘潭钢铁有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司、河北普阳钢铁有限公司、南京钢铁股份有限公司、本钢板材股份有限公司、中科西王特钢有限公司、广西柳州钢铁集团有限公司、山东钢铁股份有限公司莱芜分公司、青岛钢研纳克检测防护技术有限公司、首钢集团有限公司、中国船级社、广东韶钢松山股份有限公司。

本文件主要起草人：王华、管吉春、朴志民、张维旭、孙梦寒、熊文名、杨建华、孟羽、王智聪、靳星、黄建国、张健、韦昇、王中学、丁国清、狄国标、赵捷、丘文生、严玲、陈华、张鹏、田子健、刘志芳、周文浩、刘观猷、陈建超、尹志钧、任长坡、信世奇、袁勤攀、张佩、杨海洋、秦丽晔、高旭辉。

本文件于 1965 年首次发布，1979 年第一次修订，1988 年第二次修订，2000 年第三次修订，2011 年第四次修订，本次为第五次修订。

船舶及海洋工程用结构钢

1 范围

本文件规定了船舶及海洋工程用结构钢的分类及牌号、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

本文件适用于制造远洋、沿海和内河航区航行船舶、渔船等船体结构用厚度不大于 150 mm 及海洋工程结构用厚度不大于 250 mm 的钢板,厚度不大于 25.4 mm 的钢带及剪切板,厚度不大于 50 mm 的型钢或直径不大于 50 mm 棒材(以下简称钢材)。

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 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 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- 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 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 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- 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

3 术语和定义

GB/T 1591 界定的术语和定义适用于本文件。

4 分类及牌号

- 4.1 钢材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、牌号对照参见附录 A。
- 4.2 当钢材有厚度方向性能要求时,应在表 1 的牌号后加上要求厚度方向性能级别的符号(Z25、Z35)。

表 1 钢材的分类及牌号

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 AH550、DH550、EH550、FH550 AH620、DH620、EH620、FH620 AH690、DH690、EH690、FH690 AH790、DH790、EH790、FH790 AH890、DH890、EH890 AH960、DH960、EH960

5 订货内容

- 5.1 按本文件订货的合同或订单应包括下列内容：
- a) 本文件编号；
 - b) 牌号；
 - c) 规格；

- d) 重量;
- e) 尺寸及尺寸、外形精度;
- f) 交货状态;
- g) 标志;
- h) 特殊要求。

5.2 订货合同对 5.1e)~g)项内容未明确时,可由供方自行确定。

6 尺寸、外形、重量

6.1 钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定,厚度下偏差为 -0.30 mm ,钢板的平均厚度应不小于公称厚度。

6.2 型钢及棒材的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合相应标准的规定。

7 技术要求

7.1 牌号和化学成分

7.1.1 一般强度级、高强度级钢材的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 2 的规定。以 TMCP 状态交货的高强度级钢材,其碳当量应符合表 3 的规定。

7.1.2 超高强度级钢材的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 4 的规定。超高强度级钢材的碳当量(Ceq)应符合表 5 的规定。

7.1.3 当需方要求保证厚度方向性能钢板时,硫含量应符合 GB/T 5313 的规定。

7.1.4 钢材的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

表 2 一般强度级、高强度级钢材的牌号和化学成分

牌 号	化学成分 ^{a,b,c} (质量分数) / %													
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Nb	V	Ti	Mo	N	Als ⁱ
A	≤0.21 ^d	≤0.50	≥0.50	≤0.035	≤0.035	≤0.35	≤0.30	≤0.30	—	—	—	—	—	—
B		≤0.35	≥0.80 ^e	≤0.030	≤0.030									
D			≥0.60	≤0.030	≤0.030									
E	≤0.18		≥0.70	≤0.025	≤0.025									≥0.015 ^f
AH32	≤0.18	≤0.50	0.90~ 1.60 ^g	≤0.030	≤0.030	≤0.35	<0.20	≤0.40	0.02~ 0.05	0.05~ 0.10	≤0.02	≤0.08	—	≥0.015
AH36														
AH40														
DH32														
DH36														
DH40														
EH32														
EH36														
EH40														
FH32	≤0.16			≤0.020	≤0.020	≤0.35	<0.20	≤0.80					≤0.009 ^h	
FH36														
FH40														

^a 细化晶粒元素 Al、Nb、V 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,表中细化晶粒元素含量下限的规定不适用,同时要求 Nb+V+Ti≤0.12%。

^b A、B、D、E 级钢的碳当量 Ceq≤0.40%。碳当量计算公式:Ceq=C+Mn/6。

^c 添加的任何其他元素,应在质量证明中注明。

^d A 级型钢的 C 含量最大不超过 0.23%。

^e B 级钢材做冲击试验时,Mn 含量下限可到 0.60%。

^f 对于厚度大于 25 mm 的 D 级和 E 级钢材的铝含量应符合表中规定。经供需双方协商,可使用其他细化晶粒元素。

^g 当 AH32~EH40 级钢材的厚度不大于 12.5 mm 时,Mn 含量的最小值可为 0.70%。

^h 当 F 级钢中含铝时,N 含量不大于 0.012%。

ⁱ 可测定总铝(Alt)含量代替酸溶铝(Als)含量,此时 Alt 含量应不小于 0.020%。

表 3 以 TMCP 状态交货的高强度级钢材的碳当量

牌号	碳当量 ^{a,b} Ceq(质量分数)/%		
	钢材厚度(<i>t</i>)≤50 mm	50 mm< <i>t</i> ≤100 mm	100 mm< <i>t</i> ≤150 mm
AH32、DH32、EH32、FH32	≤0.36	≤0.38	≤0.40
AH36、DH36、EH36、FH36	≤0.38	≤0.40	≤0.42
AH40、DH40、EH40、FH40	≤0.40	≤0.42	≤0.45
^a 碳当量计算公式: Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15。			
^b 根据需要, 可用焊接裂纹敏感性指数 P _{cm} 代替碳当量, 其值应由供需双方协商确定。P _{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B。			

表 4 超高强度级钢材的牌号和化学成分

牌 号		交货状态	化 学 成 分 ^a (质量分数) / %																									
			C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Cu	Cr ^b	Ni	Nb ^b	V ^b	Ti ^b	Mo ^b	N	Alt ^d												
AH420		N/NR	≤0.20	≤0.60	1.00~ 1.70	≤0.030	≤0.025	≤0.55	≤0.30	≤0.80	≤0.05	≤0.20	≤0.05	≤0.10	≤0.025	≥0.020												
DH420																												
AH460																												
DH460																												
EH420																												
EH460			≤0.18			≤0.020																						
AH420		TM	≤0.16	≤0.60	1.00~ 1.70		≤0.015	≤0.55	≤0.50	≤2.00 ^c	≤0.05	≤0.12	≤0.05	≤0.50	≤0.025	≥0.020												
DH420						≤0.025																						
AH460																												
DH460																												
AH500																												
DH500																												
AH550																												

表 4 超高强度级钢材的牌号和化学成分 (续)

牌 号	交货状态	化学成分 ^a (质量分数) / %													
		C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Cu	Cr ^b	Ni	Nb ^b	V ^b	Ti ^b	Mo ^b	N	Al ^d
DH550	TM	≤0.16	≤0.60	1.00~ 1.70	≤0.025	≤0.015	≤0.55	≤0.50	≤2.00 ^c	≤0.05	≤0.12	≤0.05	≤0.50	≤0.025	≥0.020
AH620															
DH620															
AH690															
DH690															
AH790															
DH790															
AH890															
EH420															
FH420															
EH460															
FH460															
EH500															
FH500															
EH550															
FH550															
EH620															
FH620															
EH690															
FH690															
EH790															
FH790															
DH890 ^e															
EH890 ^e															

表 4 超高强度级钢材的牌号和化学成分 (续)

牌 号	交货状态	化学成分 ^a (质量分数) / %													
		C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Cu	Cr ^b	Ni	Nb ^b	V ^b	Ti ^b	Mo ^b	N	Al ^d
AH420	QT	≤0.18	≤0.80	≤1.70	≤0.025	≤0.015	≤0.50	≤1.50	≤2.00 ^c	≤0.06	≤0.12	≤0.05	≤0.70	≤0.015	≥0.018
DH420															
AH460															
DH460															
AH500															
DH500															
AH550															
DH550															
AH620															
DH620															
AH690															
DH690															
AH790															
DH790															
AH890															
AH960															
EH420	≤0.020	≤0.010													
FH420															
EH460															
FH460															
EH500															

表 4 超高强度级钢材的牌号和化学成分 (续)

牌 号	交货状态	化学成分 ^a (质量分数) / %													
		C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Cu	Cr ^b	Ni	Nb ^b	V ^b	Ti ^b	Mo ^b	N	Al ^d
FH500	QT	≤0.18	≤0.80	≤1.70	≤0.020	≤0.010	≤0.50	≤1.50	≤2.00 ^c	≤0.06	≤0.12	≤0.05	≤0.70	≤0.015	≥0.018
EH550															
FH550															
EH620															
FH620															
EH690															
FH690															
EH790															
FH790															
DH890 ^f															
EH890 ^f															
DH960 ^f															
EH960 ^f															

^a 型钢的 P、S 含量允许比表中规定值高 0.005 %。

^b 除淬火和回火钢外, Nb + V + Ti ≤ 0.26 % 和 Mo + Cr ≤ 0.65 %。

^c 经供需双方协商, 可适当提高 Ni 的含量。

^d 总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作要求。

^e 氧含量 [O] ≤ 50 × 10⁻⁶。

^f 氧含量 [O] ≤ 30 × 10⁻⁶。

^g 当硼作为强化钢的淬硬性而有意加入时, 硼应不大于 0.005 %。

表 5 超高强度级钢材的碳当量

牌号	交货状态	碳当量 $C_{eq}^{a,d}/\%$				碳当量 ($CET^{b,d}$)/ %	焊接裂纹敏 感性指数 (P_{cm}^c)/%
		板材厚度 (t)/mm			型材厚度 (t)/mm		
		≤ 50	> 50 ~ 100	> 100 ~ 250	≤ 50		
AH420、DH420、EH420、FH420	N、NR	≤ 0.46	≤ 0.48	≤ 0.52	≤ 0.47	—	—
	TM	≤ 0.43	≤ 0.45	≤ 0.47	≤ 0.44		
	QT	≤ 0.45	≤ 0.47	≤ 0.49	—		
AH460、DH460、EH460、FH460	N、NR	≤ 0.50	≤ 0.52	≤ 0.54	≤ 0.51	≤ 0.25	—
	TM	≤ 0.45	≤ 0.47	≤ 0.48	≤ 0.46	≤ 0.30	≤ 0.23
	QT	≤ 0.47	≤ 0.48	≤ 0.50	—	≤ 0.32	≤ 0.24
AH500、DH500、EH500、FH500	TM	≤ 0.46	≤ 0.48	≤ 0.50	—	≤ 0.32	≤ 0.24
	QT	≤ 0.48	≤ 0.50	≤ 0.54	—	≤ 0.34	≤ 0.25
AH550、DH550、EH550、FH550	TM	≤ 0.48	≤ 0.50	≤ 0.54	—	≤ 0.34	≤ 0.25
	QT	≤ 0.56	≤ 0.60	≤ 0.64	—	≤ 0.36	≤ 0.28
AH620、DH620、EH620、FH620	TM	≤ 0.50	≤ 0.52	—	—	≤ 0.34	≤ 0.26
	QT	≤ 0.56	≤ 0.60	≤ 0.64	—	≤ 0.38	≤ 0.30
AH690、DH690、EH690、FH690	TM	≤ 0.56	—	—	—	≤ 0.36	≤ 0.30
	QT	≤ 0.64	≤ 0.66	0.70	—	≤ 0.40	≤ 0.33
AH790、DH790、EH790、FH790	TM	≤ 0.58	—	—	—	≤ 0.38	≤ 0.28
	QT	≤ 0.66	≤ 0.70	—	—	≤ 0.40	—
AH890、DH890、EH890	TM	≤ 0.60	—	—	—	≤ 0.38	≤ 0.28
	QT	≤ 0.68	≤ 0.75	—	—	≤ 0.40	—
AH960、DH960、EH960	QT	≤ 0.75	—	—	—	≤ 0.40	—
^a 碳当量 C_{eq} 计算公式：$C_{eq}=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$。 ^b 根据需要，对于 460 及以上钢级，供方可采用 CET 来代替 C_{eq}，且按公式 $CET=C+(Mn+Mo)/10+(Cr+Cu)/20+Ni/40$ 进行计算，其值应符合表 5 的规定。 ^c 根据需要，对于含碳量不大于 0.12% 且交货状态为 TM 或 QT 的钢，供方可用 P_{cm} 代替 C_{eq} 或 CET，且按公式 $P_{cm}=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B$ 进行计算，其值应符合表 5 的规定。 ^d 对于厚度大于 100 mm 的钢板 C_{eq} 和 CET 的上限值可由供需双方协商进行调整。							

7.2 制造方法

7.2.1 钢由转炉或电弧炉冶炼，需要时，应进行炉外精炼。对于 420 MPa 及以上钢级厚度方向性能钢和 690 MPa 及以上钢级非厚度方向性能钢均应进行真空脱气处理。

7.2.2 除非另有规定，420 MPa 及以上钢级，连铸坯和钢锭的轧制压缩比应不小于 3。

7.3 交货状态

钢材的交货状态应符合附录 B 的规定。

7.4 力学性能

7.4.1 钢材的力学性能应符合表 6 和表 7 的规定。对于超高强度级厚度方向性能钢的厚度方向的抗拉强度应不低于规定最小抗拉强度的 80%。

7.4.2 对厚度为 6 mm~<12 mm(或直径 12 mm~<16 mm)的钢材取冲击试验试样时,可分别取 5 mm×10 mm×55 mm 和 7.5 mm×10 mm×55 mm 的小尺寸试样,此时冲击吸收能量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。

7.4.3 钢材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%。

7.4.4 厚度方向性能钢厚度方向断面收缩率应符合表 8 的规定。3 个试样的算术平均值应不低于表 8 规定的平均值,仅允许其中一个试样的单值低于表 8 规定的平均值,但不应低于表 8 中相应钢级的最小单值。

表 6 一般强度级、高强度级钢材的力学性能

牌 号	拉伸试验 ^{a、b}			夏比(V 型缺口)冲击试验 ^c						
	上屈服强度 (R _{eH})/MPa	抗拉强度 (R _m)/MPa	断后伸长率 (A)/%	试验温 度/℃	以下厚度(mm)冲击吸收能量(KV ₂)/J					
					≤50		＞50～70		＞70～150	
					纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向
					不小于					
A	≥235	400～520	≥22	20	—	—	34 ^d	24 ^d	41 ^d	27 ^d
B				0	27 ^e	20 ^e	34	24	41	27
D				—20						
E				—40						
AH32	≥315	450～570		0	31	22	38	26	46	31
DH32				—20						
EH32				—40						
FH32				—60						
AH36	≥355	490～630	≥21	0	34	24	41	27	50	34
DH36				—20						
EH36				—40						
FH36				—60						
AH40	≥390	510～660	≥20	0	41	27	46	31	55	37
DH40				—20						
EH40				—40						
FH40				—60						

^a 板材拉伸试验取横向试样,型材和棒材拉伸试验取纵向试样。经供需双方协商,A 级型钢的抗拉强度可超上限。

^b 当屈服不明显时,可测量规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上屈服强度。

^c 冲击试验只取纵向试样,但供方应保证横向冲击性能,型钢不进行横向冲击试验。

^d 经细化晶粒处理并以正火状态交货时,可不作冲击试验。以 TMCP 状态交货时,经供需双方协商,可不作冲击试验。

^e 厚度不大于 25 mm 的 B 级钢,经供需双方协商,可不作冲击试验。

表 7 超高强度级钢材的力学性能

钢级	交货 状态	拉伸试验 ^{a,b,c}					夏比(V型缺口)冲击试验				
		上屈服强度(R_{eH})/ MPa			抗拉强度(R_m)/ MPa		断后伸长率 (A)/%		试验 温度/ ℃	冲击吸收能量 (KV_2)/J	
		厚度/mm									
		3~50	>50 ~100	>100 ~250	3~100	>100 ~250	横向	纵向		纵向	横向
AH420	N、NR、 TM、QT	≥420	≥390	≥365	520~ 680	470~ 650	≥19	≥21	0	≥42	≥28
DH420									-20		
EH420									-40		
FH420									-60		
AH460	N、NR、 TM、QT	≥460	≥430	≥390	540~ 720	500~ 710	≥17	≥19	0	≥46	≥31
DH460									-20		
EH460									-40		
FH460									-60		
AH500	TM、QT	≥500	≥480	≥440	590~ 770	540~ 720	≥17	≥19	0	≥50	≥33
DH500									-20		
EH500									-40		
FH500									-60		
AH550	TM、QT	≥550	≥530	≥490	640~ 820	590~ 770	≥16	≥18	0	≥55	≥37
DH550									-20		
EH550									-40		
FH550									-60		
AH620	TM、QT	≥620	≥580	≥560	700~ 890	650~ 830	≥15	≥17	0	≥62	≥41
DH620									-20		
EH620									-40		
FH620									-60		
AH690	TM、QT	≥690	≥650	≥630	770~ 940	710~ 900	≥14	≥16	0	≥69	≥46
DH690									-20		
EH690									-40		
FH690									-60		
AH790	TM、QT	≥790	≥740	—	840~ 1 000	800~ 1 000	≥13	≥15	0	≥69	≥46
DH790									-20		
EH790									-40		
FH790									-60		

表 7 超高强度级钢材的力学性能（续）

钢级	交货 状态	拉伸试验 ^{a,b,c}					夏比(V 型缺口)冲击试验				
		上屈服强度(R_{eH})/ MPa			抗拉强度(R_m)/ MPa		断后伸长率 (A)/%		试验 温度/ ℃	冲击吸收能量 (KV_2)/J	
		厚度/mm									
		3~50	>50 ~100	>100 ~250	3~100	>100 ~250	横向	纵向		纵向	横向
AH890	TM、QT	≥890	≥830	—	940~ 1 100	—	≥11	≥13	0	≥69	≥46
DH890									-20		
EH890									-40		
AH960	QT	≥960	—	—	980~ 1 150	—	≥10	≥12	0	≥69	≥46
DH960									-20		
EH960									-40		
^a 板材拉伸和冲击试验取横向试样,型材和棒材拉伸和冲击试验取纵向试样。											
^b 当屈服不明显时,可测量规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替上屈服强度。											
^c 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。											

表 8 厚度方向性能钢厚度方向断面收缩率

厚度方向断面收缩率/%	Z 向性能级别	
	Z25	Z35
3 个试样平均值	≥25	≥35
单个试样值	≥15	≥25

7.5 金相检验

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。

7.6 表面质量

7.6.1 钢材表面不应有气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂和压入氧化铁皮等有害缺陷。钢材不应有目视可见的分层。

7.6.2 钢材的表面允许有不妨碍检查表面质量的薄层氧化铁皮、铁锈及由于压入氧化铁皮和轧辊所造成的不明显的粗糙、网纹、划痕及其他局部缺欠,但其深度不应大于 0.3 mm,并应保证钢材允许的最小厚度。

7.6.3 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 0.25 m²,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。焊补应符合中国船级社规范的规定。应采用磁粉检测或渗透检测证实缺陷已被完全去除。

7.6.4 对于钢带,由于没有机会去除表面带缺陷部分,故允许表面带有一定的缺陷,但每卷钢带缺陷部分的长度不应大于钢带总长度的 6%。

7.7 无损检测

7.7.1 厚度方向性能钢板应进行超声检测,检验方法为 GB/T 2970 或其他方法标准,其试验方法和合格级别应在合同中注明。

7.7.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,其他钢板也可进行无损检验。

8 试验方法

8.1 化学成分

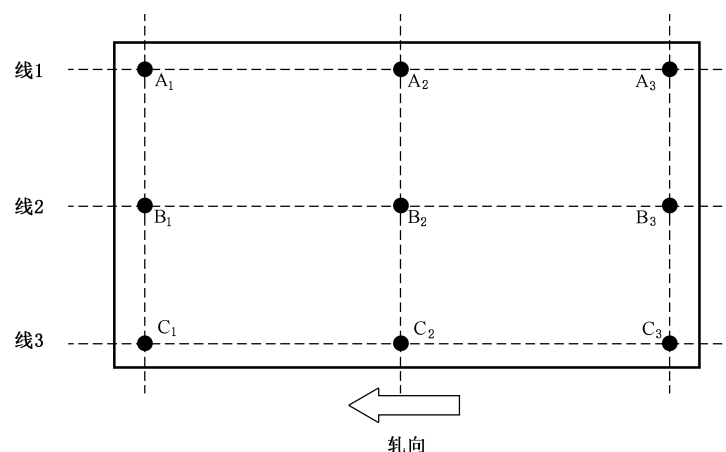
钢的化学成分试验一般按 GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125 或其他通用方法进行,仲裁时应按 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.84、GB/T 11261 或 GB/T 20125 的规定进行。

8.2 厚度测量

8.2.1 钢板和钢带的厚度测量部位按 GB/T 709 的规定。

8.2.2 钢板平均厚度测量方法:

- a) 钢板的平均厚度可采用自动或手工方法测量;
- b) 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;
- c) 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。



说明:

● —— 测量点。

图 1 钢板的平均厚度测量点位置

8.3 取样位置

8.3.1 拉伸试验试样应在每一批中最厚的钢材上制取。当钢材的厚度不大于 40 mm 时,取全截面矩形试样,试样宽度为 25 mm。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 25 mm。当钢材的厚度大于 40 mm 时,取圆截面试样,试样轴线距钢材表面应为钢材 1/4 厚度处或尽量接近此

位置,试样的直径为 14 mm;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。

8.3.2 冲击试验试样应在每一批中最厚的钢材上制取。缺口应垂直于原轧制面。当钢材的厚度不大于 40 mm 时,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,试样轴线应位于钢材 1/4 厚度处或尽量接近此位置。当超高强度级钢材的厚度大于 50 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。

8.4 检验项目的试验方法

每批钢材检验项目的试验方法应符合表 9 的规定。

表 9 钢材的检验项目、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	1 个/炉	GB/T 20066	见 8.1
2	拉伸试验 ^a	1 个/批	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	厚度方向拉伸试验 ^b	1 个/批	GB/T 5313	GB/T 228.1
4	冲击试验 ^c	3 个/批	GB/T 2975	GB/T 229
5	厚度方向断面收缩率	3 个/批	GB/T 5313	GB/T 5313
6	晶粒度	1 个/批	GB/T 6394	GB/T 6394
7	超声波探伤检验	逐张	—	GB/T 2970
8	尺寸、外形	逐张/逐件	—	相应精度的量具,8.2
9	表面质量	逐张/逐件	—	目视及测量
^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。				
^b 适用于超高强度钢。				
^c 当超高强度级钢材厚度大于 50 mm 时,应在钢材厚度 1/2 处增加 1 组试样。				

9 检验规则

9.1 检查和验收

钢材的检查和验收由供方质量检验部门进行。

9.2 组批规则

9.2.1 钢材应成批验收。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(或同一直径)的钢材组成。

9.2.2 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。对于冲击试验,其批量应符合附录 B 的规定。

9.2.3 厚度方向性能钢按轧制坯验收。当 Z25 钢硫含量不大于 0.005% 时,可按批检验,每批重量不大于 50 t。

9.3 取样数量

每批钢材的取样数量和取样方法见表 9。

9.4 复验与判定

9.4.1 拉伸试验的复验与判定

钢材拉伸试验的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。

9.4.2 厚度方向性能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,但不应低于表 8 规定的最小单值,否则该批钢材不予验收。

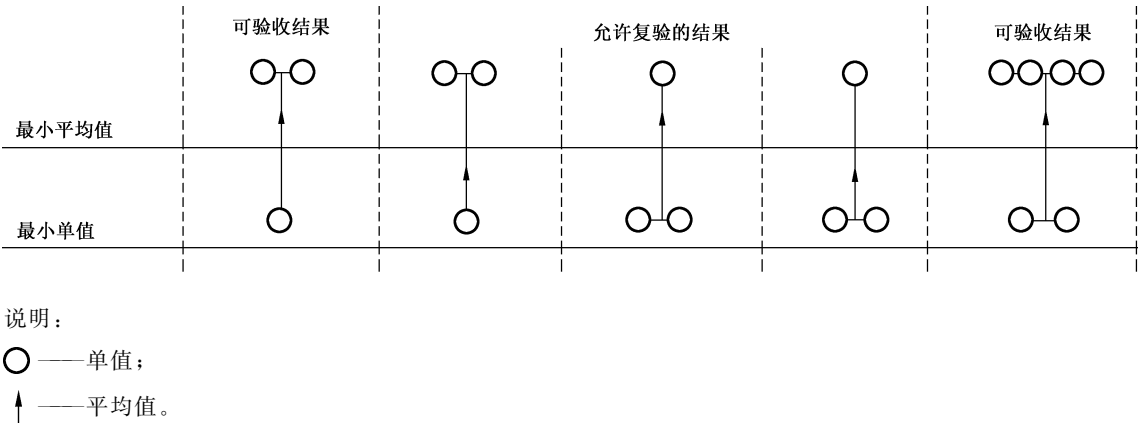


图 2 厚度方向性能钢厚度方向断面收缩率的复验与判定

9.4.3 冲击试验的复验与判定

9.4.3.1 单件钢材的复验

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,否则该件钢材不予验收。

9.4.3.2 批量钢材的复验

如果单件钢材的复验不符合要求,将该件钢材挑出。可在该批钢材中另取两件钢材,每件钢材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。

9.4.4 晶粒度的复验与判定

钢材晶粒度的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。

9.4.5 重新热处理

对复验不合格的钢材,允许进行重新热处理并按新的一批提交验收。

9.5 数值修约

检验结果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。

10 包装、标志及质量证明书

钢材的包装、标志及质量证明书应符合 GB/T 247 或 GB/T 2101 的规定。

附录 A
(资料性)
各船级社规范中规定钢材各钢级、牌号的对应关系表

各船级社规范中规定钢材各钢级、牌号的对应关系见表 A.1。

表 A.1 各船级社规范中规定钢材各钢级、牌号的对应关系

本文件	船级社规范										
	ABS			BV	CCS	DNV	KR	LR	NK	RINA	RS
	AR、CR	TMCP	N								
A	AB/A	AB/A	AB/AN	BVA	CCSA	NV A	KRA	LRA	KA	RINA-A	PC A
B	AB/B	AB/B	AB/BN	BVB	CCSB	NV B	KRB	LRB	KB	RINA-B	PC B
D	AB/D	AB/DN	AB/DN	BVD	CCSD	NV D	KRD	LRD	KD	RINA-D	PC D
E	AB/E	AB/E	AB/EN	BVE	CCSE	NV E	KRE	LRE	KE	RINA-E	PC E
AH32	AB/AH32	AB/AH32	AB/AH32N	BVAH32	CCSAH32	NV A32	KRAH32	LRAH32	KA32	RINA-AH32	PC A32
DH32	AB/DH32	AB/DH32N	AB/DH32N	BVDH32	CCSDH32	NV D32	KRDH32	LRDH32	KD32	RINA-DH32	PC D32
EH32	AB/EH32	AB/EH32	AB/EH32N	BVEH32	CCSEH32	NV E32	KREH32	LR EH32	KE32	RINA-EH32	PC E32
FH32	AB/FH32	AB/FH32	AB/FH32N	BV FH32	CCSFH32	NV F32	KRFH32	LR FH32	KF32	RINA-FH32	PC F32
AH36	AB/AH36	AB/AH36	AB/AH36N	BVAH36	CCSAH36	NV A36	KRAH36	LRAH36	KA36	RINA-AH36	PC A36
DH36	AB/DH36	AB/DH36N	AB/DH36N	BVDH36	CCSDH36	NV D36	KRDH36	LRDH36	KD36	RINA-DH36	PC D36
EH36	AB/EH36	AB/EH36	AB/EH36N	BVEH36	CCSEH36	NV E36	KREH36	LR EH36	KE36	RINA-EH36	PC E36
FH36	AB/FH36	AB/FH36	AB/FH36N	BV FH36	CCSFH36	NV F36	KRFH36	LR FH36	KF36	RINA-FH36	PC F36
AH40	AB/AH40	AB/AH40	AB/AH40N	BVAH40	CCSAH40	NV A40	KRAH40	LRAH40	KA40	RINA-AH40	PC A40
DH40	AB/DH40	AB/DH40N	AB/DH40N	BVDH40	CCSDH40	NV D40	KRDH40	LRDH40	KD40	RINA-DH40	PC D40
EH40	AB/EH40	AB/EH40	AB/EH40N	BVEH40	CCSEH40	NV E40	KREH40	LR EH40	KE40	RINA-EH40	PC E40

表 A.1 各船级社规范中规定钢材各钢级、牌号的对应关系 (续)

船级社规范											
本文件	ABS			BV	CCS	DNV	KR	LR	NK	RINA	RS
	AR、CR	TMCP	N								
FH40	AB/FH40	AB/FH40	AB/FH40N	BVFH40	CCSFH40	NV F40	KRFH40	LRFH40	KF40	RINA-FH40	PC F40
AH420	AB/AQ43	AB/AQ43	AB/AQ43N	BVA420	CCSAH420	NV A420	KRAH43	LRAH42	KA420	RINA-AH420	PC A420
DH420	AB/DQ43	AB/DQ43	AB/DQ43N	BVD420	CCSDH420	NV D420	KRDH43	LRDH42	KD420	RINA-DH420	PC D420
EH420	AB/EQ43	AB/EQ43	AB/EQ43N	BVE420	CCSEH420	NV E420	KREH43	LREH42	KE420	RINA-EH420	PC E420
FH420	AB/FQ43	AB/FQ43	AB/FQ43N	BVF420	CCSFH420	NV F420	KRFH43	LRFH42	KF420	RINA-FH420	PC F420
AH460	AB/AQ47	AB/AQ47	AB/AQ47N	BVA460	CCSAH460	NV A460	KRAH47	LRAH46	KA460	RINA-AH460	PC A460
DH460	AB/DQ47	AB/DQ47	AB/DQ47N	BVD460	CCSDH460	NV D460	KRDH47	LRDH46	KD460	RINA-DH460	PC D460
EH460	AB/EQ47	AB/EQ47	AB/EQ47N	BVE460	CCSEH460	NV E460	KREH47	LREH46	KE460	RINA-EH460	PC E460
FH460	AB/FQ47	AB/FQ47	AB/FQ47N	BVF460	CCSFH460	NV F460	KRFH47	LRFH46	KF460	RINA-FH460	PC F460
船级社规范											
本文件	ABS	BV	CCS	DNV	KR	LR	NK	RINA	RS		
AH500	AB/AQ51	BVA500	CCSAH500	NV A500	KRAH51	LRAH50	KA500	RINA-AH500	PC A500		
DH500	AB/DQ51	BVD500	CCSDH500	NV D500	KRDH51	LRDH50	KD500	RINA-DH500	PC D500		
EH500	AB/EQ51	BVE500	CCSEH500	NV E500	KREH51	LREH50	KE500	RINA-EH500	PC E500		
FH500	AB/FQ51	BVF500	CCSFH500	NV F500	KRFH51	LRFH50	KF500	RINA-FH500	PC F500		
AH550	AB/AQ56	BVA550	CCSAH550	NV A550	KRAH56	LRAH55	KA550	RINA-AH550	PC A550		
DH550	AB/DQ56	BVD550	CCSDH550	NV D550	KRDH56	LRDH55	KD550	RINA-DH550	PC D550		
EH550	AB/EQ56	BVE550	CCSEH550	NV E550	KREH56	LREH55	KE550	RINA-EH550	PC E550		
FH550	AB/FQ56	BVF550	CCSFH550	NV F550	KRFH56	LRFH55	KF550	RINA-FH550	PC F550		
AH620	AB/AQ63	BVA620	CCSAH620	NV A620	KRAH63	LRAH62	KA620	RINA-AH620	PC A620		

表 A.1 各船级社规范中规定钢材各钢级、牌号的对应关系 (续)

本文件	船级社规范								
	ABS	BV	CCS	DNV	KR	LR	NK	RINA	RS
DH620	AB/DQ63	BVD620	CCSDH620	NV D620	KRDH63	LRDH62	KD620	RINA-DH620	PC D620
EH620	AB/EQ63	BVE620	CCSEH620	NV E620	KREH63	LREH62	KE620	RINA-EH620	PC E620
FH620	AB/FQ63	BVF620	CCSFH620	NV F620	KRFH63	LRFH62	KF620	RINA-FH620	PC F620
AH690	AB/AQ70	BVA690	CCSAH690	NV A690	KRAH70	LRAH69	KA690	RINA-AH690	PC A690
DH690	AB/DQ70	BVD690	CCSDH690	NV D690	KRDH70	LRDH69	KD690	RINA-DH690	PC D690
EH690	AB/EQ70	BVE690	CCSEH690	NV E690	KREH70	LREH69	KE690	RINA-EH690	PC E690
FH690	AB/FQ70	BVF690	CCSFH690	NV F690	KRFH70	LRFH69	KF690	RINA-FH690	PC F690
AH790	—	—	—	—	—	—	—	—	—
DH790	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EH790	—	—	—	—	—	—	—	—	—
FH790	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AH890	AB/AQ91	BVA890	CCSAH890	NV A890	KRAH90	LRAH89	KA890	RINA-AH890	PC A890
DH890	AB/DQ91	BVD890	CCSDH890	NV D890	KRDH90	LRDH89	KD890	RINA-DH890	PC D890
EH890	AB/EQ91	BVE890	CCSEH890	NV E890	KREH90	LREH89	KE890	RINA-EH890	PC E890
AH960	AB/AQ98	BVA960	CCSAH960	NV A960	KRAH97	LRAH96	KA960	RINA-AH960	PC A960
DH960	AB/DQ98	BVD960	CCSDH960	NV D960	KRDH97	LRDH96	KD960	RINA-DH960	PC D960
EH960	AB/EQ98	BVE960	CCSEH960	NV E960	KREH97	LREH96	KE960	RINA-EH960	PC E960

附 录 B
(规范性)

钢材的牌号、交货状态和冲击检验批量

钢材的牌号、交货状态和冲击检验批量应符合表 B.1～表 B.3 的规定。

表 B.1 一般强度级钢材的交货状态及冲击检验批量

钢材等级	脱氧方法	产品形式	交货状态				
			钢材厚度(t)/mm				
			≤12.5	>12.5~25	>25~35	>35~50	>50~150
A	厚度不大于 50 mm 除沸腾钢外任何方法； 厚度大于 50 mm 镇静处理	板材	A(—)				N(—)、TM(—)、NR(50)、AR*(50)
		型材	A(—)				—
B	厚度不大于 50 mm 除沸腾钢外任何方法； 厚度大于 50 mm 镇静处理	板材	A(—)	A(50)			N(50)、NR(25)、TM(50)、AR*(25)
		型材					—
D	镇静处理	板材 型材	A(50)		—		
	镇静和细化晶粒处理	板材					
		型材	—				
	E	镇静和细化晶粒处理	板材	N(每轧件)、TM(每轧件)			
型材			N(25)、TM(25)、AR*(15)、NR*(15)				—
注 1：A——任意状态；AR——热轧；NR——正火轧制；N——正火；TM(TMCP)——热机械控制轧制；AR*——经供需双方协商确定后，可采用热轧状态交货；NR*——经供需双方协商确定后，可采用控制轧制状态交货。 注 2：括号内的数值表示冲击试样的取样批量[单位为吨(t)]，(—)表示不作冲击试验。由同一块板坯轧制的所有钢板视为一件。 注 3：所有钢级的 Z25/Z35，细化晶粒元素、厚度范围、交货状态与相应的钢级一致。							

表 B.2 高强度级钢材的交货状态及冲击检验批量

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态					
			钢材厚度(<i>t</i>)/mm					
			≤12.5	>12.5~20	>20~25	>25~35	>35~50	>50~150
A32 A36	Nb 和/或 V	板材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)				N(50)、NR(50)、TM(50)
		型材	A(50)	N(50)、NR (50)、TM(50)、AR * (25)				—
	Al 或 Al 和 Ti	板材	A(50)		AR * (25)		—	
		N(50)、NR(50)、TM(50)			N(50)、NR(25)、TM(50)			
		型材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)、AR * (25)				—

表 B.2 高强度级钢材的交货状态及冲击检验批量（续）

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态					
			钢材厚度(t)/mm					
			≤12.5	>12.5~20	>20~25	>25~35	>35~50	>50~150
A40	任意	板材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)				N(50)、TM(50)、QT(每热处理件)
		型材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)				—
D32 D36	Nb 和/或 V	板材	A(50)	N(50)、NR(25)、TM(50)				N(50)、NR(25)、TM(50)
		型材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)、AR*(25)				—
	Al 或 Al 和 Ti	板材	A(50)	AR*(25)	—			
				N(50)、NR(25)、TM(50)				N(50)、NR(25)、TM(50)
		型材	A(50)	N(50)、NR(50)、TM(50)、AR*(25)				—
D40	任意	板材	N(50)、NR(50)、TM(50)					N(50)、TM(50)、QT(每热处理件)
		型材	N(50)、NR(50)、TM(50)					—
E32 E36	任意	板材	N(每件)、TM(每件)					
		型材	N(25)、TM(25)、AR*(15)、NR*(15)					—
E40	任意	板材	N(每件)、TM(每件)、QT(每热处理长度)					
		型材	N(25)、TM(25)、QT(25)					—
F32 F36	任意	板材	N(每件)、TM(每件)、QT(每热处理长度)					
		型材	N(25)、TM(25)、QT(25)、NR*(15)					—
F40	任意	板材	N(每件)、TM(每件)、QT(每热处理长度)					
		型材	N(25)、TM(25)、QT(25)					—
注 1：A——任意状态；NR——正火轧制；N——正火；TM(TMCP)——热机械控制轧制；QT——淬火加回火；AR*——经供需双方协商确定后,可采用热轧状态交货；NR*——经供需双方协商确定后,可采用控制轧制状态交货。								
注 2：括号中的数值表示冲击试样的取样批量[单位为吨(t)]。								
注 3：所有钢级的 Z25/Z35,细化晶粒元素、厚度范围、交货状态与相应的钢级一致。								

表 B.3 超高强度级钢材的交货状态及冲击检验批量

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态	
			钢材厚度(t)/mm	交货状态
AH420、AH460、AH500、 AH550、AH620、AH690 AH790、AH890、AH960	任意	板材	≤250	N(每件)
			≤150	NR(每件)、TM(每件)、QT(每件)
		型材	≤50	N(25)、NR(25)、TM(25)、QT(25)

表 B.3 超高强度级钢材的交货状态及冲击检验批量（续）

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态	
			钢材厚度 (<i>t</i>)/mm	交货状态
DH420、DH460、DH500、 DH550、DH620、DH690 DH790、DH890、DH960	任意	板材	≤250	N(每件)
			≤150	NR(每件)、TM(每件)、QT(每件)
		型材	≤50	N(25)、NR(25)、TM(25)、QT(25)
EH420、EH460、EH500、 EH550、EH620、EH690 EH790、EH890、EH960	任意	板材	≤250	N(每件)
			≤150	NR(每件)、TM(每件)、QT(每件)
		型材	≤50	N(25)、NR(25)、TM(25)、QT(25)
FH420、FH460、FH500、 FH550、FH620、 FH690、FH790	任意	板材	≤250	N(每件)
			≤150	NR(每件)、TM(每件)、QT(每件)
		型材	≤50	N(25)、NR(25)、TM(25)、QT(25)
注 1：N——正火；NR——正火轧制；TM(TMCP)——热机械控制轧制，包括 TM+AcC 和 TM+DQ；QT——淬火加回火，包括热轧后直接淬火加回火；TM+AcC——热机械控制轧制后进行加速冷却；TM+DQ——热机械控制轧制后直接淬火加回火。 注 2：括号中的数值表示冲击试样的取样批量[单位为吨(t)]。 注 3：所有钢级的 Z25/Z35，细化晶粒元素、厚度范围、交货状态与相应的钢级一致。				