



中华人民共和国国家标准

GB/T 5310—2023

代替 GB/T 5310—2017

高压锅炉用无缝钢管

Seamless steel tubes and pipes for high pressure boiler

2023-09-07 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

<https://www.botopsteelpipe.com>

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 分类和代号	3
5 订货内容	3
6 尺寸、外形、重量及允许偏差	3
7 技术要求	7
8 试样	21
9 试验方法	22
10 检验规则	23
11 包装、标志和质量证明书	24
附录 A (资料性) 订货可选特殊要求	25
附录 B (资料性) 国内外相关标准的牌号对照	26
附录 C (规范性) 钢管的高温规定塑性延伸强度	27
附录 D (资料性) 钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据	28
参考文献	30

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 5310—2017《高压锅炉用无缝钢管》，与 GB/T 5310—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了订货内容(见 5.1、5.2,2017 年版的第 4 章)；
- b) 更改了外径和壁厚允许偏差(见 6.1.3 和 6.1.4,2017 年版的 5.1.3 和 5.1.4)；
- c) 更改了公称内径允许偏差(见 6.1.5,2017 年版的 5.1.5)；
- d) 更改了定尺长度允许偏差(见 6.2.2.2,2017 年版的 5.2.2)；
- e) 删除了不锈钢管理论重量计算系数，增加了不锈钢的密度(2017 年版的 5.6.2)；
- f) 增加了牌号的统一数字代号(见表 3、表 4、表 7、表 8)；
- g) 更改了 07Cr2MoW2VNbB、10Cr9Mo1VNbN 的化学成分要求(见表 4,2017 年版的表 3)；
- h) 增加了牌号 10Cr9MoW2VNbBN 有害元素要求(见表 4)；
- i) 增加了牌号 08Cr9W3Co3VNbCuBN、07Cr23Ni15Cu4NbN、07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN 及其相关要求(见表 4、表 7、表 8、表 11)；
- j) 增加了国内外相关标准的牌号对照(见 7.1.1)；
- k) 删除了牌号 10Cr11MoW2VNbCu1BN、11Cr9Mo1W1VNbBN 及其相关技术要求(见 2017 年版的 6.1.1、6.3、6.4、6.9、6.10)；
- l) 删除了热扩钢管的制造方法限制(见 2017 年版的 6.2.3.2)；
- m) 更改了不锈钢管的交货状态要求(见 7.3.2,2017 年版的 6.3)；
- n) 更改了硬度值(见表 8,2017 年版的表 7)；
- o) 更改了高温规定塑性延伸强度要求值的表述(见 7.4.5,2017 年版的 6.4.5)；
- p) 更改了晶粒度要求(见表 11,2017 年版的表 10)；
- q) 增加了热轧(挤压、扩)钢管的脱碳层要求(见 7.11)；
- r) 删除了晶间腐蚀要求(见 2017 年版的 7.12)；
- s) 更改了壁厚与外径之比不小于 0.3 的钢管无损检测要求(见 7.13.3,2017 年版的 6.14.1)。

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：冶金工业信息标准研究院、衡阳华菱钢管有限公司、德新钢管(中国)有限公司、江苏银环精密钢管有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司、江苏武进不锈钢股份有限公司、钢铁研究总院有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、苏州钢特威钢管有限公司、北京科技大学、中国特种设备检测研究院、钢研纳克检测技术股份有限公司、盛德鑫泰新材料股份有限公司、浙江泰富无缝钢管有限公司、靖江特殊钢有限公司、江苏新长江无缝钢管制造有限公司、张家港保税区恒隆钢管有限公司、华迪钢业集团有限公司、浙江伦宝管业股份有限公司、无锡腾跃特种钢管有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司、浙江中达新材料股份有限公司、宝丰钢业集团有限公司、永兴特种材料科技股份有限公司、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、苏州热工研究院有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、江阴市南方不锈钢管有限公司、青山钢管有限公司、浙江永上特材有限公司、浙江隆达不锈钢有限公司、中兴能源装备有限公司、江阴市华昌

不锈钢管有限公司、天津钢管制造有限公司、山东汇通工业制造有限公司、上上德盛集团股份有限公司、宝武特种冶金有限公司、山东永安昊宇制管有限公司。

本文件主要起草人：李奇、董莉、刘正东、周勇、陈俊德、华杨康、康喜唐、许航、包汉生、刘洪杰、王硕、金仁明、谢锡善、徐彤、许鹏、周文庆、黄大兵、李飞、袁刚、程锡铭、王会森、胡于齐、王志标、苏诚、陈小福、韩士丰、吴明华、崔正强、赵彦芬、米永峰、周仲成、薛建军、文德洪、叶英华、田国雄、仇云龙、黄云云、安健波、贺猛、季学文、赵海平、林世鑫、彭先明、陈冬、吴桂、程健、敬仕煜、姚志浩、罗静、姚勇、王建勇、韩玉龙、钱航宇、何彪、陈正宗、周慧敏、薛建忠。

本文件于 1985 年首次发布，1995 年第一次修订，2008 年第二次修订，2017 年第三次修订，本次为第四次修订。

高压锅炉用无缝钢管

1 范围

本文件规定了高压锅炉用无缝钢管的分类、代号、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试样、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

本文件适用于制造高压及其以上压力的锅炉、管道用无缝钢管(以下简称钢管),其他高温承压设备用无缝钢管可参照使用。

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 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 223.12 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 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
- 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 223.29 钢铁及合金 铅含量的测定 载体沉淀-二甲酚橙分光光度法
- GB/T 223.30 钢铁及合金化学分析方法 对-溴苦杏仁酸沉淀分离-偶氮胂 III 分光光度法测定
铅量
- GB/T 223.31 钢铁及合金 砷含量的测定 蒸馏分离-钼蓝分光光度法
- GB/T 223.36 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-中和滴定法测定氮量
- GB/T 223.38 钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离-重量法测定铈量
- GB/T 223.40 钢铁及合金 铈含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法
- GB/T 223.43 钢铁及合金 钨含量的测定 重量法和分光光度法
- GB/T 223.47 钢铁及合金化学分析方法 载体沉淀-钼蓝光度法测定铈量
- GB/T 223.50 钢铁及合金化学分析方法 苯基荧光酮-溴化十六烷基三甲胺直接光度法测定
锡量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法
- 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 223.65 钢铁及合金 钴含量的测定 火焰原子吸收光谱法

- 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 223.80 钢铁及合金 铋和砷含量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法
- 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 224 钢的脱碳层深度测定法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分:高温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 241 金属管 液压试验方法
- GB/T 242 金属管 扩口试验方法
- GB/T 246 金属材料 管 压扁试验方法
- GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
- 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 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 5777—2019 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 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 7735—2016 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测
- GB/T 10561—2023 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 12606—2016 无缝和焊接(埋弧焊除外)铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 15822(所有部分) 无损检测 磁粉检测
- GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
- 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 30062 钢管术语
- GB/T 31925—2015 厚壁无缝钢管超声波检验方法
- GB/T 32548 钢铁 锡、铋、铈、铅和铋的测定 电感耦合等离子体质谱法
- NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
- YB/T 4149 连铸圆管坯
- YB/T 4395 钢 钼、铌和钨含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- YB/T 4396 不锈钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

YB/T 5137 高压用热轧和锻制无缝钢管圆管坯

3 术语和定义

GB/T 30062 界定的术语和定义适用于本文件。

4 分类和代号

4.1 本文件的无缝钢管按产品制造方式分为两类,其类别和代号如下:

- a) 热轧(挤压、扩)钢管,代号为 W-H;
- b) 冷拔(轧)钢管,代号为 W-C。

4.2 下列符号适用于本文件。

- D 外径(如无特殊说明,包括公称外径和/或计算外径,单位为毫米)
- D_c 计算外径(按公称内径与公称壁厚之和计算的外径值,单位为毫米)
- d 公称内径
- S 壁厚(如无特殊说明,包括公称壁厚和/或平均壁厚,单位为毫米)
- S_c 平均壁厚(按最小壁厚及其允许偏差计算的壁厚最大值与最小值的平均值,单位为毫米)
- S_{\min} 最小壁厚

5 订货内容

5.1 按本文件订购钢管的合同包括下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 本文件编号;
- c) 钢的牌号或统一数字代号;
- d) 订购的数量(总重量或总长度);
- e) 尺寸规格。

5.2 供需双方可协商确定附录 A 中列出的可选特殊要求,并在按本文件订购钢管的合同中注明。

6 尺寸、外形、重量及允许偏差

6.1 外径和壁厚

6.1.1 除非合同中另有规定,钢管按公称外径和公称壁厚交货。根据需方要求,经供需双方协商,钢管可按公称外径和最小壁厚、公称内径和公称壁厚或其他尺寸规格方式交货。

6.1.2 钢管的公称外径和壁厚应符合 GB/T 17395 的规定。根据需方要求,经供需双方协商,可供应 GB/T 17395 规定以外尺寸的钢管。当钢管按公称内径和公称壁厚交货时,其尺寸规格由供需双方协商确定。

6.1.3 钢管按公称外径和公称壁厚交货时,公称外径和公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 钢管公称外径和公称壁厚允许偏差

单位为毫米

分类代号	制造方式	钢管尺寸		允许偏差		
				普通级	高级	
W-H	热轧 (挤压) 钢管	公称外径 (D)	<57		±0.4	±0.3
			57~325	S≤35	±0.75%D	±0.5%D
				S>35	±1%D	±0.75%D
			>325~600 ^a		允许上偏差: +1%D 或 +5, 取较小者 允许下偏差: -2	—
		>600 ^a		允许上偏差: +1%D 或 +7, 取较小者 允许下偏差: -2	—	
		公称壁厚 (S)	≤4.0		±0.45	±0.4
	>4.0~20		+12.5%S -10%S	±10%S		
	>20		D<219	±10%S	±7.5%S	
			D≥219	+12.5%S -10%S	±10%S	
	热扩钢管	公称外径(D)	全部		±1%D	±0.75%D
公称壁厚(S)		全部		+15%S -10%S	+12.5%S -10%S	
W-C	冷拔(轧) 钢管	公称外径 (D)	≤25.4		±0.15	—
			>25.4~40		±0.2	—
			>40~50		±0.25	—
			>50~60		±0.3	—
			>60		±0.5%D	—
		公称壁厚 (S)	<3.0		±0.3	±0.2
	≥3.0		±10%S	±7.5%S		
^a D/S≥20 的钢管, 其外径允许偏差为 ± _{0.75} %D。						

6.1.4 钢管按公称外径和最小壁厚交货时, 公称外径的允许偏差应符合表 1 的规定, 壁厚的允许偏差应符合表 2 的规定。

表 2 钢管最小壁厚的允许偏差

单位为毫米

分类代号	制造方式	壁厚范围	允许偏差	
			普通级	高级
W-H	热轧(挤压、扩)钢管	$S_{\min} \leq 4.0$	$\begin{matrix} +0.9 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.7 \\ 0 \end{matrix}$
		$S_{\min} > 4.0$	$\begin{matrix} +25\% S_{\min} \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +22\% S_{\min} \\ 0 \end{matrix}$
W-C	冷拔(轧)钢管	$S_{\min} < 3.0$	$\begin{matrix} +0.6 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0.4 \\ 0 \end{matrix}$
		$S_{\min} \geq 3.0$	$\begin{matrix} +20\% S_{\min} \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +15\% S_{\min} \\ 0 \end{matrix}$

6.1.5 钢管按公称内径和公称壁厚交货时,热扩钢管公称内径的允许偏差为 $\pm 0.75\% d$,其余钢管公称内径的允许偏差为 $\pm 1\% d$,公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

6.1.6 当需方未在合同中注明钢管尺寸允许偏差级别时,钢管外径和壁厚的允许偏差应符合普通级的规定。根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可供应表 1 和表 2 规定以外尺寸允许偏差的钢管,或其他内径允许偏差的钢管。

6.2 长度

6.2.1 通常长度

6.2.1.1 钢管的通常长度为 4 000 mm~12 000 mm。

6.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可交付长度大于 12 000 mm 或小于 4 000 mm 但不小于 3 000 mm 的钢管;长度短于 4 000 mm 但不短于 3 000 mm 的钢管,其数量应不超过该批钢管交货总数量的 5%。

6.2.2 定尺长度和倍尺长度

6.2.2.1 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管可按定尺长度或倍尺长度交货。

6.2.2.2 钢管的定尺长度允许偏差应符合如下规定:

- $D \leq 325$ mm 时, $\begin{matrix} +15 \\ 0 \end{matrix}$ mm;
- $D > 325$ mm 时, $\begin{matrix} +30 \\ 0 \end{matrix}$ mm。

6.2.2.3 倍尺长度每个切口应按下述规定留出余量:

- $D \leq 159$ mm 时,切口余量为 5 mm~10 mm;
- $D > 159$ mm 时,切口余量为 10 mm~15 mm。

6.3 弯曲度

6.3.1 钢管的每米弯曲度应符合如下规定:

- $S \leq 15$ mm 时,不大于 1.5 mm/m;
- $15 \text{ mm} < S \leq 30$ mm 时,不大于 2.0 mm/m;
- $S > 30$ mm 时,不大于 3.0 mm/m。

6.3.2 $D \geq 127$ mm 的钢管,其全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.10%。

6.3.3 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管的每米弯曲度和全长弯曲度可采用其他规定。

6.4 不圆度和壁厚不均

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径(内径)和壁厚公差的 80%。

6.5 端头外形

钢管两端端面应与钢管轴线垂直,切口毛刺应予清除。

6.6 重量

6.6.1 交货重量

6.6.1.1 钢管按公称外径和公称壁厚或公称内径和公称壁厚交货时,钢管按实际重量交货,亦可按理论重量交货。

6.6.1.2 钢管按公称外径和最小壁厚交货时,钢管按实际重量交货;供需双方协商,并在合同中注明,钢管亦可按理论重量交货。

6.6.2 理论重量的计算

6.6.2.1 钢管理论重量的计算按 GB/T 17395 的规定,08Cr9W3Co3VNbCuBN 的密度按 7.90 kg/dm^3 ,其余优质碳素钢和合金钢的密度按 7.85 kg/dm^3 ,不锈(耐热)钢的密度按表 3 的规定。

表 3 不锈(耐热)钢的密度

序号	统一数字代号	牌号	密度 kg/dm^3
1	S30409	07Cr19Ni10	7.90
2	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	7.94
3	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	7.92
4	S31009	07Cr25Ni21	7.98
5	S31059	07Cr25Ni21NbN	7.97
6	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	8.10
7	S32169	07Cr19Ni11Ti	8.03
8	S34779	07Cr18Ni11Nb	8.03
9	S34770	08Cr18Ni11NbFG	8.00

6.6.2.2 按最小壁厚交货钢管,应采用平均壁厚计算理论重量;按公称内径交货钢管,应采用计算外径计算理论重量。

6.6.3 重量允许偏差

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,交货钢管实际重量与理论重量的偏差应符合如下规定:

- a) 单根钢管:±10%;
- b) 每批最小为 10 t 的钢管:±7.5%。

7 技术要求

7.1 钢的牌号和化学成分

7.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼成分)应符合表 4 的规定。国内外相关标准的牌号对照参见附录 B。

Botop Steel

表 4 钢的牌号和化学成分

钢 类 号	统 一 数 字 代 号	牌 号	化 学 成 分 (质 量 分 数) ^a /%																
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	B	Ni	Alt	Cu	Nb	N	W	P	S	
优 质 碳 素 钢	1	U50207	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	2	U50208	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	3	U50257	0.22~ 0.27	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	4	A65158	0.12~ 0.20	0.17~ 0.37	0.40~ 0.80	—	0.25~ 0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	5	A65208	0.15~ 0.25	0.17~ 0.37	0.40~ 0.80	—	0.44~ 0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	6	A30120	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	0.40~ 0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	7	A30158	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.40~ 0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	8	A30128	0.08~ 0.15	≤0.50	0.40~ 0.60	2.00~ 2.50	0.90~ 1.13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.015	不大于
	9	A31128	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	0.25~ 0.35	0.15~ 0.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025 0.010	不大于
	10	A32128	0.08~ 0.15	0.45~ 0.75	0.45~ 0.65	1.60~ 2.10	0.50~ 0.65	0.28~ 0.42	0.08~ 0.18	0.002 0~ 0.008 0	—	—	—	—	—	—	—	0.30~ 0.55	0.025 0.015
			合 金 钢																

表 4 钢的牌号和化学成分(续)

钢 类	序 号	统一 数字 代号	牌 号	化学成分(质量分数) ^a /%																
				C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	B	Ni	Alt	Cu	Nb	N	W	P	S	
合 金 钢	11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	0.04~	≤0.50	0.10~	1.90~	0.05~	0.20~	0.005~	0.000 5~	≤0.40	—	—	0.02~	≤0.015	1.45~	0.025	0.010	
				0.10	0.60	0.30	2.60	0.30	0.060	0.006 0	—	—	0.08	1.75						
	12	A31120	12Cr3MoVSiTiB	0.09~	0.60~	0.50~	2.50~	1.00~	0.25~	0.22~	0.005 0~	—	—	—	—	—	—	0.025	0.015	
				0.15	0.90	0.80	3.00	1.20	0.38	0.011 0	—	—	—	—	—	—	—			
	13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	0.10~	0.25~	0.80~	0.25~	0.25~	—	—	—	—	1.00~	≤0.050	0.50~	≤0.020	—	0.025	0.015	
				0.17	0.50	1.20	0.50	—	—	1.30	—	—	—	0.80	0.045	—	—			
	14	A31108	10Cr9Mo1VNbN [†] (熔炼成分)	0.08~	0.20~	0.30~	8.00~	0.85~	0.18~	≤0.01	≤0.001 0	—	—	—	—	0.06~	0.035~	≤0.05	0.015	0.005
				0.12	0.40	0.50	9.50	1.05	0.25	—	—	—	—	—	—	0.10	0.070	—		
	15	A38108	10Cr9Mo1VNbN [†] (成品成分)	0.07~	0.20~	0.30~	8.00~	0.80~	0.16~	≤0.01	≤0.001 0	—	—	—	—	0.05~	0.035~	≤0.05	0.020	0.005
				0.13	0.40	0.50	9.50	1.05	0.27	—	—	—	—	—	—	0.11	0.070	—		
	16	A32088	08Cr9W3Co3VNBcCuBN [†] (熔炼成分)	0.07~	≤0.50	0.30~	8.50~	0.30~	0.15~	≤0.01	0.001 0~	—	—	—	—	0.04~	0.030~	1.50~	0.015	0.005
				0.13	—	0.60	9.50	0.60	0.25	—	—	0.006 0	—	—	—	0.09	0.070	2.00		
	17	S30409	07Cr19Ni10	0.065~	≤0.50	0.30~	8.50~	—	0.16~	≤0.01	0.010~	—	—	—	—	0.50~	0.005~	2.40~	0.015	0.006
				0.095	—	0.70	9.50	—	0.24	—	—	0.020	—	—	—	1.10	0.018	3.10		
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN (成品成分)	0.060~	≤0.55	0.27~	8.40~	—	0.13~	≤0.02	0.008~	—	—	—	—	0.40~	0.005~	2.33~	0.020	0.010	
			0.100	—	0.73	9.60	—	0.27	—	—	0.022	—	—	—	1.20	0.019	3.17			
不 锈 (耐 热) 钢	S30409	07Cr19Ni10	0.04~	≤0.75	≤2.00	18.00~	—	—	—	—	—	8.00~	—	—	—	—	—	0.030	0.015	
			0.10	—	20.00	20.00	—	—	—	—	—	—	—	11.00	—	—	—			
不 锈 (耐 热) 钢	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	0.07~	≤0.30	≤1.00	17.00~	—	—	—	—	—	7.50~	0.003~	2.50~	0.050~	—	—	0.030	0.010	
			0.13	—	19.00	19.00	—	—	—	—	—	—	—	10.50	0.030	0.120	—			

7.1.2 钢中残余元素(熔炼成分)的含量应符合表 5 的规定。

表 5 钢中残余元素含量

钢类	残余元素(质量分数)				
	%				
	Cu	Cr	Ni	Mo	V ^a
	不大于				
优质碳素钢	0.20	0.25	0.25	0.15	0.08
合金钢	0.20	0.30	0.30	—	0.08
不锈(耐热)钢	0.25	—	—	—	—

^a 15Ni1MnMoNbCu 的 V 含量应不大于 0.02%。

7.1.3 10Cr9Mo1VNbN(A31108)、08Cr9W3Co3VNbCuBN(A32088)、07Cr23Ni15Cu4NbN(S30989) 钢管的成品化学成分应符合表 4 的规定,其他牌号钢管的成品化学成分允许偏差应符合表 6 的规定。成品化学成分的相关术语、定义和判定方法应符合 GB/T 222 的规定。

表 6 成品化学成分允许偏差

元素	规定的熔炼化学成分上限值 %	允许偏差 %	
		上偏差	下偏差
C	≤0.27	0.01	0.01
Si	≤0.37	0.02	0.02
	>0.37~1.00	0.04	0.04
Mn	≤1.00	0.03	0.03
	>1.00~2.00	0.04	0.04
P	≤0.030	0.005	—
S	≤0.015	0.005	—
Cr	≤1.00	0.05	0.05
	>1.00~10.00	0.10	0.10
	>10.00~15.00	0.15	0.15
	>15.00~26.00	0.20	0.20
Mo	≤0.35	0.03	0.03
	>0.35~1.20	0.04	0.04
V	≤0.10	0.01	—
	>0.10~0.42	0.03	0.03
Ti	≤0.01	0	—
	>0.01~0.38	0.01	0.01
	>0.38~0.60	0.05	0.05

表 6 成品化学成分允许偏差 (续)

元素	规定的熔炼化学成分上限值 %	允许偏差 %	
		上偏差	下偏差
Ni	≤ 1.00	0.03	0.03
	$> 1.00 \sim 1.30$	0.05	0.05
	$> 1.30 \sim 10.00$	0.10	0.10
	$> 10.00 \sim 22.00$	0.15	0.15
	$> 22.00 \sim 27.00$	0.20	0.20
Nb	≤ 0.10	0.005	0.005
	$> 0.10 \sim 1.10$	0.05	0.05
W	≤ 1.00	0.04	0.04
	$> 1.00 \sim 2.00$	0.08	0.08
Cu	≤ 1.00	0.03	0.03
	$> 1.00 \sim 4.00$	0.10	0.10
Al	≤ 0.050	0.005	0.005
B	$\leq 0.005 0$	0.000 5	0.000 1
	$> 0.005 0 \sim 0.011 0$	0.001 0	0.000 3
N	≤ 0.100	0.005	0.005
	$> 0.100 \sim 0.350$	0.010	0.010
Zr	≤ 0.01	0	—
Co	≤ 2.00	0.02	0.02
As	≤ 0.015	0	—
Sn	≤ 0.020	0	—
Sb	≤ 0.010	0	—
Pb	≤ 0.015	0	—
Bi	≤ 0.010	0	—

7.2 制造方法

7.2.1 钢的冶炼方法

7.2.1.1 优质碳素钢和合金钢应采用电弧炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理,或电渣重熔法冶炼。

7.2.1.2 不锈(耐热)钢应采用电弧炉加炉外精炼,或转炉加炉外精炼,或电渣重熔法冶炼。

7.2.1.3 经供需双方协商,并在合同中注明,可采用其他较高要求的冶炼方法。需方指定某一种冶炼方法时,应在合同中注明。

7.2.2 管坯的制造方法及要求

7.2.2.1 管坯可采用连铸、模铸或热轧(锻)方法制造。

7.2.2.2 连铸管坯应符合 YB/T 4149 的规定,其中低倍组织缺陷中心裂纹、中间裂纹、皮下裂纹和皮下气泡的级别应分别不大于 1 级,也可采用经相关各方认可的其他更高质量要求;热轧(锻)管坯应符合 YB/T 5137 的规定;模铸管坯(钢锭)可参照热轧(锻)管坯的规定执行。

7.2.3 钢管的制造方法

7.2.3.1 牌号为 08Cr18Ni11NbFG 的钢管应采用冷拔(轧)无缝方法制造,其他钢管应采用热轧(挤压、扩)或冷拔(轧)无缝方法制造。

7.2.3.2 采用连铸或模铸管坯直接轧制的钢管,其加工变形总延伸系数应不小于 3.0。采用电渣锭直接轧制的钢管,其加工变形总延伸系数应不小于 2.0。

7.3 交货状态

7.3.1 优质碳素钢和合金钢钢管应以热处理状态交货。

7.3.2 不锈(耐热)钢钢管应以热处理并酸洗钝化状态交货。凡经整体磨、镗或保护气氛热处理的钢管可不经酸洗交货。

7.3.3 钢管的热处理制度应符合表 7 的规定。

表 7 钢管的热处理制度

序号	统一数字代号	牌号	热处理制度
1	U50207	20G ^a	正火:正火温度 880 °C~940 °C
2	U50208	20MnG ^a	正火:正火温度 880 °C~940 °C
3	U50257	25MnG ^a	正火:正火温度 880 °C~940 °C
4	A65158	15MoG ^b	正火:正火温度 890 °C~950 °C
5	A65208	20MoG ^b	正火:正火温度 890 °C~950 °C
6	A30120	12CrMoG ^b	正火加回火:正火温度 900 °C~960 °C,回火温度 670 °C~730 °C
7	A30158	15CrMoG ^b	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 900 °C~960 °C;回火温度 680 °C~730 °C。 S>30 mm 的钢管淬火加回火或正火加回火:淬火温度不低于 900 °C,回火温度 680 °C~750 °C;正火温度 900 °C~960 °C,回火温度 680 °C~730 °C,但正火后应进行快速冷却
8	A30128	12Cr2MoG ^b	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 900 °C~960 °C;回火温度 700 °C~750 °C。 S>30 mm 的钢管淬火加回火或正火加回火:淬火温度不低于 900 °C,回火温度 700 °C~750 °C;正火温度 900 °C~960 °C,回火温度 700 °C~750 °C,但正火后应进行快速冷却

表7 钢管的热处理制度(续)

序号	统一数字代号	牌号	热处理制度
9	A31128	12Cr1MoVG ^b	$S \leq 30$ mm的钢管正火加回火:正火温度 980 °C~1 020 °C,回火温度 720 °C~760 °C。 $S > 30$ mm的钢管淬火加回火或正火加回火:淬火温度 950 °C~990 °C,回火温度 720 °C~760 °C;正火温度 980 °C~1 020 °C,回火温度 720 °C~760 °C,但正火后应进行快速冷却
10	A32128	12Cr2MoWVTiB	正火加回火:正火温度 1 020 °C~1 060 °C;回火温度 760 °C~790 °C
11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	正火加回火:正火温度 1 040 °C~1 080 °C;回火温度 750 °C~780 °C
12	A31120	12Cr3MoVSiTiB	正火加回火:正火温度 1 040 °C~1 090 °C;回火温度 720 °C~770 °C
13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	$S \leq 30$ mm的钢管正火加回火:正火温度 880 °C~980 °C;回火温度 610 °C~680 °C。 $S > 30$ mm的钢管淬火加回火或正火加回火:淬火温度不低于 900 °C,回火温度 610 °C~680 °C;正火温度 880 °C~980 °C,回火温度 610 °C~680 °C,但正火后应进行快速冷却
14	A31108	10Cr9Mo1VNbN	正火加回火:正火温度 1 040 °C~1 080 °C;回火温度 750 °C~780 °C。 $S > 70$ mm的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 °C,回火温度 750 °C~780 °C
15	A38108	10Cr9MoW2VNbBN	正火加回火:正火温度 1 040 °C~1 080 °C;回火温度 760 °C~790 °C。 $S > 70$ mm的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 °C,回火温度 760 °C~790 °C
16	A32088	08Cr9W3Co3VNbCuBN	正火加回火:正火温度 1 030 °C~1 140 °C;回火温度 760 °C~795 °C。 $S > 60$ mm的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 030 °C,回火温度 760 °C~795 °C
17	S30409	07Cr19Ni10	固溶处理:固溶温度不低于 1 040 °C,急冷
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	固溶处理:固溶温度不低于 1 100 °C,急冷
19	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	固溶处理:固溶温度不低于 1 120 °C,急冷
20	S31009	07Cr25Ni21	固溶处理:固溶温度不低于 1 040 °C,急冷
21	S31059	07Cr25Ni21NbN ^c	固溶处理:固溶温度不低于 1 100 °C,急冷
22	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	固溶处理:固溶温度 1 180 °C~1 260 °C,急冷

表 7 钢管的热处理制度 (续)

序号	统一数字代号	牌号	热处理制度
23	S32169	07Cr19Ni11Ti ^c	固溶处理:热轧(挤压、扩)钢管固溶温度不低于 1 050 ℃,冷拔(轧)钢管固溶温度不低于 1 100 ℃,急冷
24	S34779	07Cr18Ni11Nb ^c	固溶处理:热轧(挤压、扩)钢管固溶温度不低于 1 050 ℃,冷拔(轧)钢管固溶温度不低于 1 100 ℃,急冷
25	S34770	08Cr18Ni11NbFG	冷加工之前软化热处理:软化热处理温度应至少比固溶处理温度高 50 ℃;最终冷加工之后固溶处理:固溶温度不低于 1 180 ℃,急冷

^a 热轧(挤压、扩)钢管终轧温度在相变临界温度 A_{c3} 至表中规定温度上限的范围内,且钢管是经过空冷时,则应认为钢管是经过正火的,非整体同时加热后扩制的热扩钢管除外。

^b $D \geq 457$ mm 的热扩钢管,当钢管终轧温度在相变临界温度 A_{c3} 至表中规定温度上限的范围内,且钢管是经过空冷时,则应认为钢管是经过正火的,非整体同时加热后扩制的热扩钢管除外; $D < 457$ mm 的热扩钢管以及其他制造方式生产的钢管,在需方同意的情况下,并在合同中注明,可采用符合前述规定的在线正火。

^c 根据需方要求,牌号为 07Cr25Ni21NbN、07Cr19Ni11Ti 和 07Cr18Ni11Nb 的钢管在固溶处理后可接着进行低于初始固溶处理温度的稳定化热处理,稳定化热处理的温度由供需双方协商确定。

7.4 力学性能

7.4.1 交货状态钢管的室温力学性能应符合表 8 的规定。

表 8 钢管的力学性能

序号	统一数字代号	牌号	拉伸性能				冲击吸收能量 (KV ₂)		硬度		
			抗拉强度 (R_m) MPa	下屈服强度或规定塑性延伸强度 (R_{eL} 或 $R_{p0.2}$) MPa	断后伸长率 (A) %		纵向	横向	布氏 (HBW)	维氏 (HV)	洛氏 (HRC 或 HRBW)
					纵向	横向					
1	U50207	20G	410~550	245	24	22	40	27	120~160	125~170	—
2	U50208	20MnG	415~560	240	22	20	40	27	125~170	130~180	—
3	U50257	25MnG	485~640	275	20	18	40	27	130~180	135~190	—
4	A65158	15MoG	450~600	270	22	20	40	27	125~180	130~190	—

表 8 钢管的力学性能 (续)

序号	统一数字代号	牌号	拉伸性能				冲击吸收能量		硬度		
			抗拉强度 (R_m) MPa	下屈服强度或 规定塑性延伸 强度 (R_{eL} 或 $R_{p0.2}$) MPa	断后伸长率 (A) %		收能量 (KV_2) J		布氏 (HBW)	维氏 (HV)	洛氏 (HRC 或 HRBW)
					纵向	横向	纵向	横向			
5	A65208	20MoG	415~ 665	220	22	20	40	27	125~ 180	130~ 190	—
6	A30120	12CrMoG	410~ 560	205	21	19	40	27	125~ 170	130~ 180	—
7	A30158	15CrMoG	440~ 640	295	21	19	40	27	125~ 195	130~ 205	—
8	A30128	12Cr2MoG	450~ 600	280	22	20	40	27	125~ 180	130~ 190	—
9	A31128	12Cr1MoVG	470~ 640	255	21	19	40	27	135~ 195	140~ 205	—
10	A32128	12Cr2MoWVTiB	540~ 735	345	18	—	40	—	160~ 220	170~ 230	85 HRBW~ 97 HRBW
11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	≥510	400	22	18	40	27	150~ 220	160~ 230	80 HRBW~ 97 HRBW
12	A31120	12Cr3MoVSiTiB	610~ 805	440	16	—	40	—	180~ 250	190~ 265	≤25 HRC
13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	620~ 780	440	19	17	40	27	190~ 255	200~ 270	≤25 HRC
14	A31108	10Cr9Mo1VNbN	≥585	415	20	16	40	27	190~ 250	200~ 265	≤25 HRC
15	A38108	10Cr9MoW2VNbBN	≥620	440	20	16	40	27	190~ 250	200~ 265	≤25 HRC
16	A32088	08Cr9W3Co3VNbCuBN	≥660	480	20	16	40	27	195~ 250	195~ 265	—
17	S30409	07Cr19Ni10	≥515	205	35	—	—	—	140~ 192	150~ 200	75 HRBW~ 90 HRBW
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	≥590	235	35	—	—	—	150~ 219	160~ 230	80 HRBW~ 95 HRBW

表 8 钢管的力学性能 (续)

序号	统一数字代号	牌号	拉伸性能					冲击吸收能量 (KV ₂)		硬度		
			抗拉强度 (R _m) MPa	下屈服强度或规定塑性延伸强度 (R _{eL} 或 R _{p0.2}) MPa	断后伸长率 (A) %		J		布氏 (HBW)	维氏 (HV)	洛氏 (HRC 或 HRBW)	
					纵向	横向	纵向	横向				
					不小于							
19	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	≥655	295	35	—	—	—	140~219	150~230	75 HRBW~95 HRBW	
20	S31009	07Cr25Ni21	≥515	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRBW~90 HRBW	
21	S31059	07Cr25Ni21NbN	≥655	295	30	—	—	—	150~256	160~270	80 HRBW~100 HRBW	
22	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	≥670	310	40	—	—	—	≤230	≤240	≤100 HRBW	
23	S32169	07Cr19Ni11Ti	≥515	205	35	—	—	—	125~192	130~200	70 HRBW~90 HRBW	
24	S34779	07Cr18Ni11Nb	≥520	205	35	—	—	—	125~192	130~200	70 HRBW~90 HRBW	
25	S34770	08Cr18Ni11NbFG	≥550	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRBW~90 HRBW	

7.4.2 $D \geq 76$ mm 且 $S \geq 14$ mm 的优质碳素钢和合金钢管应做冲击试验。表 8 中的冲击吸收能量为全尺寸试样夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值。当采用小尺寸冲击试样时,小尺寸试样的最小夏比 V 型缺口冲击吸收能量要求值应为全尺寸试样冲击吸收能量要求值乘以表 9 中的递减系数。

表 9 小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸(宽度×厚度) mm	递减系数
标准试样	10×10	1
小试样	10×7.5	0.75
小试样	10×5	0.5

7.4.3 钢管硬度试验应符合以下规定:

- $S \geq 5.0$ mm 的钢管,做布氏硬度试验或洛氏硬度试验;
- $S < 5.0$ mm 的钢管,做洛氏硬度试验(表 8 中未给出洛氏硬度要求值的不做洛氏硬度试验);
- 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,钢管可做维氏硬度试验代替布氏硬度试验或洛氏硬度试验。当合同规定了钢管维氏硬度试验时,其值应符合表 8 的规定。

7.4.4 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可在钢管外表面做硬度试验,其值应符合表 8 的规定。

7.4.5 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明试验温度,供方可做钢管的高温力学性能试验,高温规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)应符合附录 C 的规定。

7.4.6 成品钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据参见附录 D。

7.5 液压

7.5.1 钢管应逐根进行液压试验。液压试验压力按式(1)计算,最大试验压力为 20 MPa。在试验压力下,稳压时间应不少于 10 s,钢管不应出现渗漏现象。

$$P = 2SR/D \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

P —— 试验压力,单位为兆帕(MPa),当 $P < 7$ MPa 时,修约间隔为 0.5 MPa,当 $P \geq 7$ MPa 时,修约间隔为 1 MPa;

S —— 钢管公称壁厚或平均壁厚(按最小壁厚交货时),单位为毫米(mm);

R —— 允许应力,优质碳素钢和合金钢为表 8 规定下屈服强度或规定塑性延伸强度的 80%,不锈(耐热)钢为表 8 规定塑性延伸强度的 70%,单位为兆帕(MPa);

D —— 钢管公称外径或计算外径(按公称内径交货时),单位为毫米(mm)。

7.5.2 供方可用涡流检测或漏磁检测代替液压试验。涡流检测时,对比样管人工缺陷不锈(耐热)钢管应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 级的规定,其他钢管应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E2H 或 E2 级的规定;漏磁检测时,对比样管外表面纵向人工缺陷应符合 GB/T 12606—2016 中验收等级 F2 的规定。

7.6 工艺性能

7.6.1 压扁

7.6.1.1 $D > 22$ mm 的钢管应做压扁试验。

7.6.1.2 压扁试验按以下两步进行:

a) 第一步是延性试验,将试样压至两平板间距离为 H ,试样不应出现裂缝或裂口。 H 按式(2)计算。

$$H = \frac{(1 + \alpha)S}{\alpha + S/D} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

H —— 两平板间的距离,单位为毫米(mm);

α —— 单位长度变形系数,优质碳素钢和合金钢为 0.08,不锈(耐热)钢为 0.09;当 $S/D > 0.1$ 时,优质碳素钢的 α 可减小 0.01;

S —— 钢管公称壁厚或平均壁厚(按最小壁厚交货时),单位为毫米(mm);

D —— 钢管公称外径或计算外径(按公称内径交货时),单位为毫米(mm)。

b) 第二步是完整性试验(闭合压扁)。压扁继续进行,直到试样破裂或试样相对两壁相碰。在整个压扁试验期间,试样不应出现目视可见的分层、白点、夹杂。

7.6.1.3 下述情况不应作为压扁试验合格与否的判定依据:

a) 试样表面缺陷引起的裂缝或裂口;

b) 当 $S/D > 0.1$ 时,试样 6 点钟(底部)和 12 点钟(顶部)位置处内表面的裂缝或裂口。

7.6.1.4 对 7.6.1.3 b) 有争议时, 可将钢管外壁车削使 S/D 减小至 0.1 后进行压扁试验, 试验方法、两平板间距离 H (按车削后实际外径和壁厚计算) 与判定要求应符合 7.6.1.2 的规定。

7.6.2 弯曲

7.6.2.1 $D > 400$ mm 或 $S > 40$ mm 的钢管可用弯曲试验代替压扁试验。一组弯曲试验应包括一个正向弯曲(靠近钢管外表面的试样表面受拉变形)和一个反向弯曲(靠近钢管内表面的试样表面受拉变形)。

7.6.2.2 弯曲试验的弯芯直径为 25 mm, 试样应在室温下弯曲 180° 。

7.6.2.3 弯曲试验后, 试样弯曲受拉表面及侧面不应出现目视可见的裂缝或裂口。

7.6.3 扩口

根据需方要求, 并在合同中注明, $D \leq 76$ mm 且 $S \leq 8$ mm 的钢管可做扩口试验。扩口试验在室温下进行, 顶芯锥度为 60° 。扩口后试样的外径扩口率应符合表 10 的规定, 扩口后试样不应出现裂缝或裂口。

表 10 钢管外径扩口率

钢类	钢管外径扩口率 %		
	内径 ^a /外径		
	≤ 0.6	$> 0.6 \sim 0.8$	> 0.8
优质碳素钢	10	12	17
合金钢	8	10	15
不锈钢(耐热)钢	12	15	20

^a 钢管按公称外径订货时, 内径为试样计算内径; 钢管按公称内径订货时, 外径为试样计算外径。

7.7 低倍

采用钢锭直接轧制的钢管应做低倍检验。钢管低倍检验横截面酸浸试片上不应有目视可见的白点、夹杂、皮下气泡、翻皮和分层。

7.8 非金属夹杂物

7.8.1 用钢锭和连铸圆管坯直接轧制的钢管应做非金属夹杂物检验。钢管的非金属夹杂物按 GB/T 10561—2023 中的 A 法评级, 其 A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别应分别不大于 2.5 级, DS 类夹杂物应不大于 2.5 级; A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别总数与粗系级别总数应各不大于 6.5 级。

7.8.2 根据需方要求, 经供需双方协商, 并在合同中注明, 成品钢管的非金属夹杂物可要求更严级别。

7.9 晶粒度

成品钢管的实际晶粒度应符合表 11 的规定。

表 11 成品钢管的晶粒度

序号	钢类(钢的牌号)	晶粒度级别	两个试样上晶粒度最大级别与最小级别差
1	优质碳素钢和本表序号 2、序号 3 所列牌号以外的合金钢	4 级~10 级 ^a	不超过 3 级
2	10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN	$D \leq 89$ mm 时,6 级~10 级 $D > 89$ mm 时,3 级~10 级 ^b	不超过 3 级
3	08Cr9W3Co3VNbCuBN	供需双方协商确定	
4	07Cr19Ni10、07Cr25Ni21、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb	4 级~7 级	不超过 3 级
5	10Cr18Ni9NbCu3BN	6 级~10 级	不超过 3 级
6	07Cr23Ni15Cu4NbN、07Cr25Ni21NbN	2 级~7 级	不超过 3 级
7	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	3 级~7 级	不超过 3 级
8	08Cr18Ni11NbFG	7 级~10 级	—
注:晶粒度最大与最小级别差算法举例:最小为 6 级,最大为 8 级,其差为 3 级;最小为 6 级,最大为 9 级,其差为 4 级。			
^a 当显微组织为全贝氏体时,可检验原奥氏体晶粒度。			
^b 可检验原奥氏体晶粒度,其级别应不小于 2 级。			

7.10 显微组织

优质碳素钢和合金钢成品钢管的显微组织应符合如下规定:

- 优质碳素钢应为铁素体加珠光体;
- 15MoG、20MoG、12CrMoG 和 15CrMoG 应为铁素体加珠光体,允许存在粒状贝氏体或全贝氏体,不准许存在相变临界温度 $A_{C1} \sim A_{C3}$ 之间的不完全相变产物(如黄块状组织);
- 12Cr2MoG 和 12Cr1MoVG 应为铁素体加粒状贝氏体,或铁素体加珠光体,或铁素体加粒状贝氏体加珠光体,或全贝氏体,可存在索氏体,不应存在相变临界温度 $A_{C1} \sim A_{C3}$ 之间的不完全相变产物(如黄块状组织);15Ni1MnMoNbCu 应为贝氏体加铁素体,可为全贝氏体;
- 12Cr2MoWVTiB、12Cr3MoVSiTiB 和 07Cr2MoW2VNbB 应为回火贝氏体,可存在索氏体或回火马氏体,不应存在自由铁素体;
- 10Cr9Mo1VNbN 和 10Cr9MoW2VNbBN 应为回火马氏体;对外径大于 150 mm 或壁厚大于 20 mm 的 10Cr9MoW2VNbBN,用金相显微镜(推荐放大倍数 100 倍)检查 10 个大小为 $0.71 \text{ mm} \times 0.71 \text{ mm}$ 的正方形视场,取 10 个视场的平均值, δ -铁素体含量应不超过 5%,最严重视场应不超过 10%;
- 08Cr9W3Co3VNbCuBN 应为回火马氏体,不应存在高温铁素体(δ -铁素体)和自由铁素体。

7.11 脱碳层

除表面整体修磨或机加工的钢管外,其他优质碳素钢和合金钢钢管应检验完全脱碳层,完全脱碳层深度应符合如下规定:

- 冷拔(轧)钢管外表面不大于 0.2 mm,内表面不大于 0.3 mm,两者之和不大于 0.4 mm;
- 壁厚不大于 12 mm 的热轧(挤压、扩)钢管外表面不大于 0.4 mm,内表面不大于 0.3 mm,两者

之和不大于 0.6 mm；壁厚大于 12 mm 的热轧(挤压、扩)钢管不做要求。

7.12 表面质量

7.12.1 钢管的内外表面不应有裂纹、折叠、结疤、轧折和离层。这些缺陷应完全清除，缺陷清除深度应不超过壁厚的 10%，缺陷清除处的实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。

7.12.2 钢管内外表面直道(含非尖锐芯棒擦伤)允许的直道深度应符合如下规定。

- a) 冷拔(轧)钢管:不大于壁厚的 4%，且最大为 0.2 mm；
- b) 热轧(挤压、扩)钢管:不大于壁厚的 5%，且最大为 0.4 mm。

7.12.3 经供需双方协商，并在合同中注明，可规定 7.12.2 以外的直道深度要求。

7.12.4 不超过壁厚允许下偏差的其他局部缺欠允许存在。

7.12.5 钢管内外表面的氧化铁皮应清除，但不妨碍检查的氧化薄层允许存在。外径大于 300 mm 的 08Cr9W3Co3VNbCuBN 钢管内外表面应整体修磨或机加工后交货。

7.12.6 对外径不小于 219 mm 且壁厚不小于 25 mm 的钢管，表面缺陷修磨处或对表面质量有疑问时，制造厂应选择采用液体渗透检测或磁粉检测。液体渗透检测或磁粉检测应符合如下规定。

- a) 液体渗透检测应符合 NB/T 47013.5 的规定。凡呈现下述显示缺陷都应标明位置，并按 7.12.1 的规定进行清除：
 - 线性缺陷显示；
 - 尺寸超过 3 mm 的非线性缺陷显示；
 - 3 个或 3 个以上排列成行，且边缘间距小于 3 mm 的缺陷显示；
 - 在 100 cm² 的矩形面积上，累计有 5 个或 5 个以上密集缺陷显示，该矩形长边不大于 20 cm，且取自缺陷显示评定最不利的部位。
- b) 磁粉检测应符合 GB/T 15822 的规定。磁粉检测显示的缺陷都应标明位置，并按 7.12.1 的规定进行清除。磁粉检测由制造厂选择采用缺陷修磨处的局部检测或全长检测，局部检测或全长检测的标准试片应分别符合如下规定：

——表面缺陷修磨处的局部检测采用 A-30/100(相对槽深为 $\frac{30}{100} \pm 8 \mu\text{m}$)；

——全长检测采用 A-60/100(相对槽深为 $\frac{60}{100} \pm 8 \mu\text{m}$)。

7.13 无损检测

7.13.1 对于壁厚与外径之比不大于 0.2 的钢管，应按 GB/T 5777—2019 的规定逐根全长进行超声检测，验收等级应为 U2。

7.13.2 对于壁厚与外径之比大于 0.2 且小于 0.3 的钢管，钢管应按 GB/T 31925—2015 的规定逐根全长进行超声检测，验收等级应为 U2。

7.13.3 对于壁厚与外径之比不小于 0.3 的钢管，除非合同中另有规定，钢管应按 GB/T 5777—2019 附录 A 中 A.3 的规定逐根全长进行超声检测，验收等级应为 U2。

7.13.4 当钢管按最小壁厚交货时，对比样管刻槽深度按平均壁厚计算。

7.13.5 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可增做其他无损检测。

8 试样

8.1 拉伸试验试样

8.1.1 $D < 219$ mm 的钢管，拉伸试验应沿钢管纵向取样。

8.1.2 $D \geq 219$ mm 的钢管,当钢管尺寸允许时,拉伸试验应沿钢管横向截取直径为 10 mm 的圆形横截面试样;当钢管尺寸不足以截取 10 mm 试样时,则应采用直径为 8 mm 或 5 mm 中可能的较大尺寸横向圆形横截面试样;当钢管尺寸不足以截取 5 mm 圆形横截面试样时,拉伸试验应沿钢管纵向取样。横向圆形横截面试样应取自未经压扁的样坯。

8.2 冲击试验试样

冲击试验应优先沿钢管横向截取试样,当不能截取横向试样时,试样应沿钢管纵向截取。无论沿钢管横向截取还是沿钢管纵向截取,冲击试样均应为标准尺寸、厚度 7.5 mm 或厚度 5 mm 中可能的较大尺寸试样。

8.3 弯曲试验试样

8.3.1 试样制备

弯曲试验的试样应沿钢管的一端横向截取,试样的制备应符合 GB/T 232 的规定。试样截取时,正向弯曲试样应尽量靠近外表面,反向弯曲试样应尽量靠近内表面。试样弯曲受拉变形表面不应有明显伤痕和其他缺陷。

8.3.2 试样尺寸

试样加工后的截面尺寸为 12.5 mm×12.5 mm 或 25 mm×12.5 mm(宽度×厚度);截面上的四个角应加工成圆角,圆角半径不大于 1.6 mm;试样长度不大于 150 mm。

9 试验方法

9.1 钢管化学成分分析的取样遵守 GB/T 20066 的规则。化学成分分析通常遵守 GB/T 4336、GB/T 11170、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 32548、YB/T 4395、YB/T 4396 或其他通用方法的规定,仲裁时应遵守 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.18、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.25、GB/T 223.26、GB/T 223.29、GB/T 223.30、GB/T 223.31、GB/T 223.36、GB/T 223.38、GB/T 223.40、GB/T 223.43、GB/T 223.47、GB/T 223.50、GB/T 223.59、GB/T 223.63、GB/T 223.65、GB/T 223.78、GB/T 223.80、GB/T 223.84、GB/T 223.85、GB/T 223.86、GB/T 32548、YB/T 4395、YB/T 4396 的规定。

9.2 当要求进行外表面硬度试验时,除非合同中另有规定,外表面的硬度试验应符合如下规定:

- a) 牌号为 12Cr1MoVG 的外径不小于 406 mm 且壁厚不小于 70 mm 钢管,逐根进行;
- b) 壁厚不小于 25 mm 牌号为 10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN、08Cr9W3Co3VNbCuBN 的钢管,逐根进行;
- c) 其余牌号、规格的钢管,每批选取 2 根钢管进行(当一批钢管只有 1 根时可选取 1 根)。

9.3 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

9.4 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查,直道深度应采用符合精度要求的量具测量。

9.5 钢管其他检验项目的取样方法和试验方法应符合表 12 的规定。

表 12 钢管检验项目的取样数量、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	每炉取 1 个试样	GB/T 20066	9.1
2	室温拉伸	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975,8.1	GB/T 228.1
3	冲击	每批在两根钢管上各取 1 组 3 个试样	GB/T 2975,8.2	GB/T 229
4	硬度	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 230.1、 GB/T 231.1、 GB/T 4340.1	GB/T 230.1、 GB/T 231.1、 GB/T 4340.1
5	外表面硬度	9.2	7.4.4 和 9.2	供需双方协商
6	高温拉伸	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 228.2
7	液压	逐根	—	GB/T 241
8	涡流检测	逐根	—	GB/T 7735—2016
9	漏磁检测	逐根	—	GB/T 12606—2016
10	压扁	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 246	GB/T 246
11	弯曲	每批在两根钢管上各取 1 组 2 个试样	GB/T 232,8.3	GB/T 232,7.6.2
12	扩口	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 242	GB/T 242
13	低倍	每炉在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 226	GB/T 226、GB/T 1979
14	非金属夹杂物	每炉在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 10561—2023	GB/T 10561—2023 中 A 法
15	晶粒度	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 6394	GB/T 6394
16	显微组织	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 13298,7.10	GB/T 13298,7.10
17	脱碳层	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 224	GB/T 224
18	液体渗透	7.12.6	—	NB/T 47013.5
19	磁粉	7.12.6	—	GB/T 15822
20	超声	逐根	—	GB/T 5777—2019、 GB/T 31925—2015

10 检验规则

10.1 检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量技术监督部门进行。

10.2 组批规则

钢管的化学成分、低倍检验和非金属夹杂物检验可按熔炼炉检查和验收，钢管其余检验项目应按批检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格和同一热处理制度（炉次）的钢管组成。每批钢管的数量应不超过如下规定：

- a) $D \leq 76 \text{ mm}$ 且 $S \leq 3.0 \text{ mm}$, 400 根；
- b) $D > 351 \text{ mm}$, 50 根；

GB/T 5310—2023

c) 其他尺寸,200 根。

10.3 取样数量

钢管各项检验的取样数量应符合表 12 的规定。

10.4 复验与判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T 2102 的规定。

11 包装、标志和质量证明书

钢管的包装、标志和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定。

Botop Steel

附 录 A
(资料性)
订货可选特殊要求

表 A.1 列出的可选特殊要求由供需双方在订货时协商确定,并在按本文件订购钢管的合同中注明。

表 A.1 订货可选特殊要求

序号	内容	本文件章条号
1	尺寸规格交货方式	6.1.1
2	尺寸允许偏差级别	6.1.6
3	尺寸允许偏差	6.1.6
4	短尺或超长钢管	6.2.1.2
5	定尺或倍尺钢管	6.2.2.1
6	每米弯曲度和全长弯曲度	6.3.3
7	不圆度和壁厚不均	6.4
8	重量交货方式	6.6.1
9	钢的冶炼方法	7.2.1.3
10	连铸管坯低倍组织缺陷级别	7.2.2.2
11	$D < 457$ mm 的热扩钢管在线正火	7.3.3
12	维氏硬度试验	7.4.3
13	外表面硬度试验	7.4.4
14	高温力学性能试验	7.4.5
15	扩口试验	7.6.3
16	非金属夹杂物级别	7.8.2
17	08Cr9W3Co3VNbCuBN 晶粒度	7.9
18	直道深度	7.12.3
19	无损检测	7.13.5

附录 B

(资料性)

国内外相关标准的牌号对照

国内外相关标准的牌号对照参见表 B.1。

表 B.1 国内外相关标准的牌号对照

序号	本文件牌号 统一数字代号	本文件牌号	ASME	EN 10216-2、EN 10216-5
1	U50207	20G	SA-106 B、SA-210 A-1	P235GH
2	U50208	20MnG	SA-106 B、SA-210 A-1	P235GH
3	U50257	25MnG	SA-106 C、SA-210 C	P265GH
4	A65158	15MoG	—	16Mo3
5	A65208	20MoG	SA-209 T1a	—
6	A30120	12CrMoG	SA-213 T2/SA-335 P2	—
7	A30158	15CrMoG	SA-213 T12/SA-335 P12	13CrMo4-5
8	A30128	12Cr2MoG	SA-213 T22/SA-335 P22	10CrMo9-10
9	A31128	12Cr1MoVG	—	—
10	A32128	12Cr2MoWVTiB	—	—
11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	SA-213 T23/SA-335 P23	—
12	A31120	12Cr3MoVSiTiB	—	—
13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	SA-213 T36/SA-335 P36	15NiCuMoNb5-6-4
14	A31108	10Cr9Mo1VNbN	SA-213 T91/SA-335 P91	X10CrMoVNb9-1
15	A38108	10Cr9MoW2VNbBN	SA-213 T92/SA-335 P92	X10CrWMoVNb9-2
16	A32088	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	—
17	S30409	07Cr19Ni10	SA-213 TP304H	X6CrNi18-10
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	SA-213(S30432)	—
19	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	—
20	S31009	07Cr25Ni21	SA-213 TP310H	—
21	S31059	07Cr25Ni21NbN	SA-213 TP310HCbN	—
22	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	SA-213(S31035)	—
23	S32169	07Cr19Ni11Ti	SA-213 TP321H	X7CrNiTi18-10
24	S34779	07Cr18Ni11Nb	SA-213 TP347H	X7CrNiNb18-10
25	S34770	08Cr18Ni11NbFG	SA-213 TP347HFG	—

附录 C

(规范性)

钢管的高温规定塑性延伸强度

钢管的高温规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)应符合表 C.1 的规定。

表 C.1 钢管的高温规定塑性延伸强度

序号	统一 数字 代号	牌号	高温规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)											
			MPa 不小于											
			温度 ℃											
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
1	U50207	20G	—	—	215	196	177	157	137	98	49	—	—	—
2	U50208	20MnG	219	214	208	197	183	175	168	156	151	—	—	—
3	U50257	25MnG	252	245	237	226	210	201	192	179	172	—	—	—
4	A65158	15MoG	—	—	225	205	180	170	160	155	150	—	—	—
5	A65208	20MoG	207	202	199	187	182	177	169	160	150	—	—	—
6	A30120	12CrMoG	193	187	181	175	170	165	159	150	140	—	—	—
7	A30158	15CrMoG	—	—	269	256	242	228	216	205	198	—	—	—
8	A30128	12Cr2MoG	192	188	186	185	185	185	185	181	173	159	—	—
9	A31128	12Cr1MoVG	—	—	—	—	230	225	219	211	201	187	—	—
10	A32128	12Cr2MoWVTiB	—	—	—	—	360	357	352	343	328	305	274	—
11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	379	371	363	361	359	352	345	338	330	299	266	—
12	A31120	12Cr3MoVSiTIB	—	—	—	—	403	397	390	379	364	342	—	—
13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	422	412	402	392	382	373	343	304	—	—	—	—
14	A31108	10Cr9Mo1VNbN	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198	—
15	A38108	10Cr9MoW2VNbBN	419	411	406	402	397	389	377	359	333	297	251	—
16	A32088	08Cr9W3Co3VNbCuBN	465	450	435	430	421	412	401	383	364	342	316	244
17	S30409	07Cr19Ni10	170	154	144	135	129	123	119	114	110	105	99	—
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	203	189	179	170	164	159	155	150	146	142	138	—
19	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	249	227	209	195	183	175	168	164	161	158	157	155
20	S31009	07Cr25Ni21	181	167	157	149	144	139	135	132	128	—	—	—
21	S31059	07Cr25Ni21NbN	245	224	209	200	193	189	184	180	175	—	—	—
22	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co2MoNbN	250	245	225	215	210	200	200	200	195	190	180	180
23	S32169	07Cr19Ni11Ti	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	120	—
24	S34779	07Cr18Ni11Nb	189	177	166	158	150	145	141	139	137	131	114	—
25	S34770	08Cr18Ni11NbFG	185	174	166	159	153	148	144	141	138	135	131	—

附录 D
(资料性)

钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据

钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据参见表 D.1。

表 D.1 钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据

序号	统一数字代号	牌号	100 000 h 持久强度推荐数据																																		
			MPa																																		
			温度 ℃																																		
1	U50207	20G	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700				
2	U50208	20MnG	128	116	104	93	83	74	65	58	51	45	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3	U50257	25MnG	—	—	—	110	100	87	75	64	55	46	39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4	A65158	15MoG	—	—	—	—	—	245	209	174	143	117	93	74	59	47	38	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5	A65208	20MoG	—	—	—	—	—	—	—	—	145	124	105	85	71	59	50	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
6	A30120	12CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	144	130	113	95	83	71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
7	A30158	15CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	145	124	106	91	75	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	A30128	12Cr2MoG	—	—	—	—	—	172	165	154	143	133	122	112	101	91	81	72	64	56	49	42	36	31	25	22	18	—	—	—	—	—	—	—	—		
9	A31128	12Cr1MoVG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	169	153	138	124	110	98	85	75	64	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	A32128	12Cr2MoWVTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	176	162	147	132	118	105	92	80	69	59	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	A38078	07Cr2MoW2VNbB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	171	158	145	134	122	111	101	90	80	69	58	43	28	14	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	A31120	12Cr3MoVSiTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	148	135	122	110	98	88	78	69	61	54	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	A61158	15Ni1MnMoNbCu	373	349	325	300	273	245	210	175	139	104	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	A31108	10Cr9Mo1VNbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	165	153	140	128	116	103	93	83	73	63	53	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	A38108	10Cr9MoW2VNbEN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	170	156	143	129	116	103	91	79	68	57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	A32088	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	196	186	174	159	142	127	102	80	59	40	24	—	—	—	—	—	—	—	—

表 D.1 钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据 (续)

序号	统一数字代号	牌号	100 000 h 持久强度推荐数据																														
			MPa																														
			温度 ℃																														
17	S30409	07Cr19Ni10	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750					
18	S30489	10Cr18Ni9NbCu3BN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96	88	81	74	68	63	57	52	47	44	40	37	34	31	28	26					
19	S30989	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137	131	124	117	107	97	87	79	71	64	57	50	45	39					
20	S31009	07Cr25Ni21	167	160	150	139	127	115	103	92	83	73	65	58	52	46	41	37	34	30	27	24	22	20	18	16	15						
21	S31059	07Cr25Ni21NbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	177	160	144	129	116	103	94	85	76	69	62	56	51	46	42	37					
22	S31089	07Cr22Ni25W3Cu3Co 2MoNbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	231	214	203	191	178	167	152	139	126	114	96.6	91	81	71	62	55.7			
23	S32169	07Cr19Ni11Ti	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	123	118	108	98	89	80	72	66	61	55	50	46	41	38	35	32	29	26	24	22
24	S34779	07Cr18Ni11Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	121	110	100	91	82	74	66	60	54	48	43	38	34	31	28			
25	S34770	08Cr18Ni11NbFG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	148	132	122	111	99	90	81	73	66	59	53	48	43	37	33			

参 考 文 献

- [1] ASME SA-106/SA-106M Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
- [2] ASME SA-209/SA-209M Specification for Seamless Carbon-Molybdenum Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes
- [3] ASME SA-210/SA-210M Specification for Seamless Medium-Carbon Steel Boiler and Superheater Tubes
- [4] ASME SA-213/SA-213M Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Super-heater, and Heat-Exchanger Tubes
- [5] ASME SA-335/SA-335M Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service
- [6] EN 10216-2 Seamless steel tubes for pressure purposes—Technical delivery conditions—Part 2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties
- [7] EN 10216-5 Seamless steel tubes for pressure purposes—Technical delivery conditions—Part 5: Stainless steel tubes
-