

高压锅炉用无缝钢管

1 范围

本标准规定了高压锅炉用无缝钢管的分类、代号、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。
本标准适用于制造高压及其以上压力的蒸汽锅炉、管道用无缝钢管。

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,仅注日期的版本适用于本文
本。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 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量

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 223.23 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-重量法测定铌量

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-溴化十六烷基三甲基胺直接光度法测定
锡量

GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量

GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和铋磷钼蓝分光光度法

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 223.80 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 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(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)
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—2008 无缝钢管超声波探伤检验方法
GB/T 6394—2017 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—2005 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 31925—2015 厚壁无缝钢管超声波检验方法
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 5137 高压用热轧和锻制无缝钢管圆管坯

3 分类和代号

3.1 本标准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。

3.2 下列代号适用于本文件。

- 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)
- 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_{min} 最小壁厚
- d 公称内径
- D_c 计算外径(按公称内径与公称壁厚之和计算出来的外径值,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)

4 订货内容

按本标准订购钢管的合同或订单应包括但不限于下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 标准编号;
- c) 钢的牌号;
- d) 订购的数量(总重量或总长度);
- e) 尺寸规格;
- f) 特殊要求。

5 尺寸、外形、重量及允许偏差

5.1 外径和壁厚

5.1.1 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。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

5.1.4 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。

5.1.5 钢管按公称内径和公称壁厚交货时,其公称内径的允许偏差为±1%*d*,公称壁厚的允许偏差应符合表 1 的规定。

5.1.6 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。

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	±0.40	±0.30
			57~325	S≤35	±0.75%D
				S>35	±1%D
			>325~600	允许上偏差: +1%D 或 +5, 取较小者 允许下偏差: -2	—
			>600	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	±0.35
			>4.0~20	+12.5%S -10%S	±10%S
			>20	D<219	±10%S
				D≥219	+12.5%S -10%S

表 1 (续) 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	热扩钢管	公称外径 (D)	全部	$\pm 1\% D$	$\pm 0.75\% D$
		公称壁厚 (S)	全部	$+20\% S$ $-10\% S$	$+15\% S$ $-10\% S$
W-C	冷拔(轧)钢管	公称外径 (D)	≤ 25.4	± 0.15	—
			$> 25.4 \sim 40$	± 0.20	—
			$> 40 \sim 50$	± 0.25	—
			$> 50 \sim 60$	± 0.30	—
			> 60	$\pm 0.5\% D$	—
		公称壁厚 (S)	≤ 3.0	± 0.3	± 0.2
			> 3.0	$\pm 10\% S$	$\pm 7.5\% S$

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)钢管	$S_{\min} \leq 4.0$	$+0.9$ 0	$+0.7$ 0
		$S_{\min} > 4.0$	$+25\% S_{\min}$ 0	$+22\% S_{\min}$ 0
W-C	冷拔(轧)钢管	$S_{\min} \leq 3.0$	$+0.6$ 0	$+0.4$ 0
		$S_{\min} > 3.0$	$+20\% S_{\min}$ 0	$+15\% S_{\min}$ 0

5.2 长度

5.2.1 通常长度

- 5.2.1.1 钢管的通常长度为 4 000 mm~12 000 mm。
- 5.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可交付长度大于 12 000 mm 或短于 4 000 mm 但不短于 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%。

5.2.2 定尺长度和倍尺长度

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。钢管的定尺长度允许偏差为 $+^{15}_0$ mm。每个倍尺长度应按下述规定留出切口余量:

a) $D \leq 159$ mm 时,切口余量为 5 mm~10 mm;

b) $D > 159$ mm 时,切口余量为 10 mm~15 mm。

5.3 弯曲度

- 5.3.1 钢管的每米弯曲度应符合如下规定:
- a) $S \leq 15$ mm 时,不大于 1.5 mm/m;
- b) $15 \text{ mm} < S \leq 30$ mm 时,不大于 2.0 mm/m;
- c) $S > 30$ mm 时,不大于 3.0 mm/m。
- 5.3.2 $D \geq 127$ mm 的钢管,其全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.10%。
- 5.3.3 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。

5.4 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和壁厚公差 的 80%。

5.5 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。

5.6 重量

5.6.1 交货重量

- 5.6.1.1 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。
- 5.6.1.2 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。

5.6.2 理论重量的计算

钢管理论重量的计算按 GB/T 17395 的规定(钢的密度按 7.85 kg/dm³),不锈(耐热)钢管的理论重量为按 GB/T 17395 规定计算理论重量的 1.015 倍。

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。

5.6.3 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: $\pm 10\%$;
- b) 每批最小为 10 t 的钢管: $\pm 7.5\%$ 。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

- 6.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼成分)应符合表 3 的规定。
- 6.1.2 钢中残余元素的含量应符合表 4 的规定。

表 1 (续) 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	热扩钢管	公称外径 (D)	全部	$\pm 1\% D$	$\pm 0.75\% D$
		公称壁厚 (S)	全部	$+20\% S$ $-10\% S$	$+15\% S$ $-10\% S$
W-C	冷拔(轧)钢管	公称外径 (D)	≤ 25.4	± 0.15	—
			$> 25.4 \sim 40$	± 0.20	—
			$> 40 \sim 50$	± 0.25	—
			$> 50 \sim 60$	± 0.30	—
			> 60	$\pm 0.5\% D$	—
		公称壁厚 (S)	≤ 3.0	± 0.3	± 0.2
			> 3.0	$\pm 10\% S$	$\pm 7.5\% S$

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)钢管	$S_{\min} \leq 4.0$	$+0.9$ 0	$+0.7$ 0
		$S_{\min} > 4.0$	$+25\% S_{\min}$ 0	$+22\% S_{\min}$ 0
W-C	冷拔(轧)钢管	$S_{\min} \leq 3.0$	$+0.6$ 0	$+0.4$ 0
		$S_{\min} > 3.0$	$+20\% S_{\min}$ 0	$+15\% S_{\min}$ 0

5.2 长度

5.2.1 通常长度

- 5.2.1.1 钢管的通常长度为 4 000 mm~12 000 mm。
- 5.2.1.2 经供需双方协商,并在合同中注明,可交付长度大于 12 000 mm 或短于 4 000 mm 但不短于 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的 5%。

5.2.2 定尺长度和倍尺长度

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。钢管的定尺长度允许偏差为 $^{+15}_0$ mm。每个倍尺长度应按下述规定留出切口余量:

- a) $D \leq 159$ mm 时,切口余量为 5 mm~10 mm;

- b) $D > 159$ mm 时,切口余量为 10 mm~15 mm。

5.3 弯曲度

- 5.3.1 钢管的每米弯曲度应符合如下规定:
- a) $S \leq 15$ mm 时,不大于 1.5 mm/m;
- b) $15 \text{ mm} < S \leq 30$ mm 时,不大于 2.0 mm/m;
- c) $S > 30$ mm 时,不大于 3.0 mm/m。
- 5.3.2 $D \geq 127$ mm 的钢管,其全长弯曲度应不大于钢管长度的 0.10%。
- 5.3.3 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。

5.4 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和壁厚公差 的 80%。

5.5 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。

5.6 重量

5.6.1 交货重量

- 5.6.1.1 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。
- 5.6.1.2 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。

5.6.2 理论重量的计算

钢管理论重量的计算按 GB/T 17395 的规定(钢的密度按 7.85 kg/dm³),不锈(耐热)钢管的理论重量为按 GB/T 17395 规定计算理论重量的 1.015 倍。

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。

5.6.3 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%。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

- 6.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼成分)应符合表 3 的规定。
- 6.1.2 钢中残余元素的含量应符合表 4 的规定。

表 3 (续)

钢 类	序 号	牌 号	化 学 成 分 (质 量 分 数) %															
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	B	Ni	Al _{tot}	Cu	Nb	N	W	P	S
合 金 结 构 钢	15	10Cr9MoW2VNbBN	0.07~0.13	≤0.50	0.30~0.60	8.50~9.50	0.30~0.60	0.15~0.25	—	0.001 0~0.006 0	≤0.40	≤0.020	—	0.04~0.09	0.030~0.070	1.50~2.00	0.020	0.010
	16	10Cr11MoW2VNBcu1BN	0.07~0.14	≤0.50	≤0.70	10.00~11.50	0.25~0.60	0.15~0.30	—	0.000 5~0.005 0	≤0.50	≤0.020	0.30~1.70	0.04~0.10	0.040~0.100	1.50~2.50	0.020	0.010
	17	11Cr9Mo1W1VNbBN	0.09~0.13	0.10~0.50	0.30~0.60	8.50~9.50	0.90~1.10	0.18~0.25	—	0.000 3~0.006 0	≤0.40	≤0.020	—	0.06~0.10	0.040~0.090	0.90~1.10	0.020	0.010
	18	07Cr19Ni10	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	18.00~20.00	—	—	—	—	8.00~11.00	—	—	—	—	—	0.030	0.015
不 锈 (耐 热) 钢	19	10Cr18Ni9NbCu3BN	0.07~0.13	≤0.30	≤1.00	17.00~19.00	—	—	—	0.001 0~0.010 0	7.50~10.50	0.003~0.030	2.50~3.50	0.30~0.60	0.050~0.120	—	0.030	0.010
	20	07Cr25Ni21	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	24.00~26.00	—	—	—	—	19.00~22.00	—	—	—	—	—	0.030	0.015
	21	07Cr25Ni21NbN	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	24.00~26.00	—	—	—	—	19.00~22.00	—	—	0.20~0.60	0.150~0.350	—	0.030	0.015
	22	07Cr19Ni11Ti	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	17.00~20.00	—	—	4C~0.60	—	9.00~13.00	—	—	—	—	—	0.030	0.015
	23	07Cr18Ni11Nb	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	17.00~19.00	—	—	—	—	9.00~13.00	—	—	8C~1.10	—	—	0.030	0.015
	24	08Cr18Ni11NbFG	0.06~0.10	≤0.75	≤2.00	17.00~19.00	—	—	—	—	10.00~12.00	—	—	8C~1.10	—	—	0.030	0.015

注 1: Al_{tot}指全铝含量。
注 2: 牌号 08Cr18Ni11NbFG 中的“FG”表示细晶粒。

除非冶炼需要,未经需方同意,不应在钢中有意添加本表中未提及的元素。制造厂应采取所有恰当的措施,以防止废钢和生产过程中所使用的其他材料把会削弱钢材力学性能及适用性的元素带入钢中。
20G 钢中 Al_{tot} 不大于 0.015%,不作交货要求,但应填入质量证明书中。

表 4 钢中残余元素含量

钢类	残余元素(质量分数)/%						
	Cu	Cr	Ni	Mo	V ^a	Ti	Zr
	不大于						
优质碳素结构钢	0.20	0.25	0.25	0.15	0.08	—	—
合金结构钢	0.20	0.30	0.30	—	0.08	0.01 ^b	0.01 ^b
不锈(耐热)钢	0.25	—	—	—	—	—	—

^a 15Ni1MnMoNbCu 的残余 V 含量应不超过 0.02%。
^b 只适用于 10Cr9Mo1VNbN,10Cr9MoW2VNbBN,10Cr11MoW2VNbCu1BN 和 11Cr9Mo1W1VNbBN。

表 5 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
Ni	≤1.00	0.03	0.03
	>1.00~1.30	0.05	0.05
	>1.30~10.00	0.10	0.10
	>10.00~22.00	0.15	0.15

6.1.3 成品钢管的化学成分允许偏差应符合表 5 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。

6.2 制造方法

6.2.1 钢的冶炼方法

6.2.1.1 优质碳素结构钢和合金结构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。

6.2.1.2 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。

6.2.1.3 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。

6.2.2 管坯的制造方法及要求

6.2.2.1 管坯可采用连铸、模铸或热轧(锻)方法制造。

6.2.2.2 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。

6.2.3 钢管的制造方法

6.2.3.1 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。

6.2.3.2 热扩钢管应是坯料钢管经整体加热后扩制变形而成的更大口径的钢管。

6.2.3.3 采用连铸或模铸钢坯直接轧制的钢管,其加工变形总延伸系数应不小于 3。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。

表 3 钢的牌号和化学成分

钢 类	序 号	牌 号	化学成分(质量分数)/%												
			C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	B	Ni	Al _{tot}	Cu	Nb	N
优 质 碳 素 结 构 钢	1	20G	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	20MnG	0.17~0.23	0.17~0.37	0.70~1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	25MnG	0.22~0.27	0.17~0.37	0.70~1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 金 结 构 钢	4	15MoG	0.12~0.20	0.17~0.37	0.40~0.80	—	0.25~0.35	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	20MoG	0.15~0.25	0.17~0.37	0.40~0.80	—	0.44~0.65	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	12CrMoG	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.40~0.70	0.40~0.55	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	15CrMoG	0.12~0.18	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.40~0.55	—	—	—	—	—	—	—	—
	8	12Cr2MoG	0.08~0.15	≤0.50	0.40~0.60	2.00~2.50	0.90~1.13	—	—	—	—	—	—	—	—
	9	12Cr1MoVG	0.08~0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.90~1.20	0.25~0.35	0.15~0.30	—	—	—	—	—	—	—
	10	12Cr2MoWVTiB	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	—	—	—	—	—
	11	07Cr2MoW2VNbB	0.04~0.10	≤0.50	0.10~0.60	1.90~2.60	0.05~0.30	0.20~0.30	—	0.000 5~0.006 0	—	≤0.030	—	0.02~0.08	≤0.030
	12	12Cr3MoVSitB	0.09~0.15	0.60~0.90	0.50~0.80	2.50~3.00	1.00~1.20	0.25~0.35	0.22~0.38	0.005 0~0.011 0	—	—	—	—	—
	13	15Ni1MnMoNbCu	0.10~0.17	0.25~0.50	0.80~1.20	—	0.25~0.50	—	—	—	1.00~1.30	≤0.050	0.50~0.80	0.015~0.045	≤0.020
	14	10Cr9Mo1VNbN	0.08~0.12	0.20~0.50	0.30~0.60	8.00~9.50	0.85~1.05	0.18~0.25	—	—	≤0.40	≤0.020	—	0.06~0.10	0.030~0.070

6.4 力学性能

- 6.4.1 交货状态钢管的室温力学性能应符合表 7 的规定。
- 6.4.2 $D \geq 76$ mm 且 $S \geq 14$ mm 的钢管应做冲击试验。表 7 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 8 中的递减系数。
- 6.4.3 钢管硬度试验应符合以下规定:
- a) $S \geq 5.0$ mm 的钢管,做布氏硬度试验或洛氏硬度试验;
 - b) $S < 5.0$ mm 的钢管,做洛氏硬度试验;
 - c) 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 7 的规定。
- 6.4.4 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 7 的规定。
- 6.4.5 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。当合同规定了钢管高温规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$)时,其值应符合附录 A 的规定。
- 6.4.6 成品钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据参见附录 B。

表 7 钢管的力学性能

序号	牌 号	拉伸性能				冲击吸收能量 (KV ₂)/J		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	HBW	HV	HRC 或 HRB	
不 小 于											
1	20G	410~550	245	24	22	40	27	120~160	120~160	—	
2	20MnG	415~560	240	22	20	40	27	125~170	125~170	—	
3	25MnG	485~640	275	20	18	40	27	130~180	130~180	—	
4	15MoG	450~600	270	22	20	40	27	125~180	125~180	—	
5	20MoG	415~665	220	22	20	40	27	125~180	125~180	—	
6	12CrMoG	410~560	205	21	19	40	27	125~170	125~170	—	
7	15CrMoG	440~640	295	21	19	40	27	125~170	125~170	—	
8	12Cr2MoG	450~600	280	22	20	40	27	125~180	125~180	—	
9	12Cr1MoVG	470~640	255	21	19	40	27	135~195	135~195	—	
10	12Cr2MoWVTiB	540~735	345	18	—	40	—	160~220	160~230	85 HRB~ 97 HRB	
11	07Cr2MoW2VNbB	≥510	400	22	18	40	27	150~220	150~230	80 HRB~ 97 HRB	
12	12Cr3MoVSiTb	610~805	440	16	—	40	—	180~250	180~265	≤25 HRC	

表 7 (续)

序号	牌 号	拉伸性能				冲击吸收能量 (KV ₂)/J		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	HBW	HV	HRC 或 HRB
				纵向	横向					
13	15Ni1MnMoNbCu	620~780	440	19	17	40	27	185~255	185~270	≤25 HRC
14	10Cr9Mo1VNbN	≥585	415	20	16	40	27	185~250	185~265	≤25 HRC
15	10Cr9MoW2VNbBN	≥620	440	20	16	40	27	185~250	185~265	≤25 HRC
16	10Cr11MoW2VNbCu1BN	≥620	400	20	16	40	27	185~250	185~265	≤25 HRC
17	11Cr9Mo1W1VNbBN	≥620	440	20	16	40	27	185~250	185~265	≤25 HRC
18	07Cr19Ni10	≥515	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRB~ 90 HRB
19	10Cr18Ni9NbCu3BN	≥590	235	35	—	—	—	150~219	160~230	80 HRB~ 95 HRB
20	07Cr25Ni21	≥515	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRB~ 90 HRB
21	07Cr25Ni21NbN	≥655	295	30	—	—	—	175~256	—	85 HRB~ 100 HRB
22	07Cr19Ni11Ti	≥515	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRB~ 90 HRB
23	07Cr18Ni11Nb	≥520	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRB~ 90 HRB
24	08Cr18Ni11NbFG	≥550	205	35	—	—	—	140~192	150~200	75 HRB~ 90 HRB

表 8 小尺寸试样冲击吸收能量递减系数

试样规格	试样尺寸(高度×宽度)/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

6.5 液压

6.5.1 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。

表 5 (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
Nb	≤0.10	0.005	0.005
	>0.10~1.10	0.05	0.05
W	≤1.00	0.04	0.04
	>1.00~2.50	0.08	0.08
Cu	≤1.00	0.03	0.03
	>1.00~3.50	0.10	0.10
Al	≤0.050	0.005	0.005
B	≤0.005 0	0.000 5	0.000 1
	>0.005 0~0.011 0	0.001 0	0.000 3
N	≤0.100	0.005	0.005
	>0.100~0.350	0.010	0.010
Zr	≤0.01	0	—

6.3 交货状态

钢管应以热处理状态交货。钢管的热处理制度应符合表 6 的规定。

表 6 钢管的热处理制度

序号	牌号	热处理制度
1	20G ^a	正火:正火温度 880 ℃~940 ℃
2	20MnG ^a	正火:正火温度 880 ℃~940 ℃
3	25MnG ^a	正火:正火温度 880 ℃~940 ℃
4	15MoG ^b	正火:正火温度 890 ℃~950 ℃
5	20MoG ^b	正火:正火温度 890 ℃~950 ℃
6	12CrMoG ^b	正火加回火:正火温度 900 ℃~960 ℃,回火温度 670 ℃~730 ℃
7	15CrMoG ^b	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 900 ℃~960 ℃;回火温度 680 ℃~730 ℃。 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 ℃,回火温度 680 ℃~750 ℃;正火温度 900 ℃~960 ℃,回火温度 680 ℃~730 ℃,但正火后应进行快速冷却
8	12Cr2MoG ^b	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 900 ℃~960 ℃;回火温度 700 ℃~750 ℃。 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 ℃,回火温度 700 ℃~750 ℃;正火温度 900 ℃~960 ℃,回火温度 700 ℃~750 ℃,但正火后应进行快速冷却

表 6 (续)

序号	牌号	热处理制度
9	12Cr1MoVG ^b	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 980 ℃~1 020 ℃,回火温度 720 ℃~760 ℃。 S>30 mm 的钢管淬火加回火或正火加回火:淬火温度 950 ℃~990 ℃,回火温度 720 ℃~760 ℃;正火温度 980 ℃~1 020 ℃,回火温度 720 ℃~760 ℃,但正火后应进行快速冷却
10	12Cr2MoWVTiB	正火加回火:正火温度 1 020 ℃~1 060 ℃;回火温度 760 ℃~790 ℃
11	07Cr2MoW2VNbB	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 080 ℃;回火温度 750 ℃~780 ℃
12	12Cr3MoVSiTiB	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 090 ℃;回火温度 720 ℃~770 ℃
13	15Ni1MnMoNbCu	S≤30 mm 的钢管正火加回火:正火温度 880 ℃~980 ℃;回火温度 610 ℃~680 ℃。 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 ℃,回火温度 610 ℃~680 ℃;正火温度 880 ℃~980 ℃,回火温度 610 ℃~680 ℃,但正火后应进行快速冷却
14	10Cr9Mo1VNbN	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 080 ℃;回火温度 750 ℃~780 ℃。S>70 mm 的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 ℃,回火温度 750 ℃~780 ℃
15	10Cr9MoW2VNbBN	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 080 ℃;回火温度 760 ℃~790 ℃。S>70 mm 的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 ℃,回火温度 760 ℃~790 ℃
16	10Cr11MoW2VNbCu1BN	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 080 ℃;回火温度 760 ℃~790 ℃。S>70 mm 的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 ℃,回火温度 760 ℃~790 ℃
17	11Cr9Mo1W1VNbBN	正火加回火:正火温度 1 040 ℃~1 080 ℃;回火温度 750 ℃~780 ℃。S>70 mm 的钢管可淬火加回火,淬火温度不低于 1 040 ℃,回火温度 750 ℃~780 ℃
18	07Cr19Ni10	固溶处理:固溶温度不低于 1 040 ℃,急冷
19	10Cr18Ni9NbCu3BN	固溶处理:固溶温度不低于 1 100 ℃,急冷
20	07Cr25Ni21	固溶处理:固溶温度不低于 1 040 ℃,急冷
21	07Cr25Ni21NbN ^c	固溶处理:固溶温度不低于 1 100 ℃,急冷
22	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
23	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
24	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 A₃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。

^b D≥457 mm 的热扩钢管,当钢管终轧温度在相变临界温度 A₃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;其余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。

6.10 显微组织

优质碳素结构钢和合金结构钢成品钢管的显微组织应符合如下规定:

- 优质碳素结构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,不允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、10Cr9MoW2VNbBN、10Cr11MoW2VNbCu1BN 和 11Cr9Mo1W1VNbBN 应为回火马氏体或保持马氏体位相的回火索氏体;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%。

6.11 脱碳层

$D \leq 76 \text{ mm}$ 的冷拔(轧)优质碳素结构钢和合金结构钢成品钢管应检验全脱碳层,其外表面全脱碳层深度应不大于 0.2 mm,内表面全脱碳层深度应不大于 0.3 mm,两者之和应不大于 0.4 mm。

6.12 晶间腐蚀

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,不锈(耐热)钢钢管可做晶间腐蚀试验,晶间腐蚀试验方法和判定要求由供需双方协商确定。

6.13 表面质量

6.13.1 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。

6.13.2 钢管内外表面直道(含非尖锐芯棒擦伤)允许的深度应符合如下规定:

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

6.13.3 不超过壁厚允许负偏差的其他局部缺欠允许存在。

6.13.4 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。

6.13.5 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:

- 液体渗透检测应符合 NB/T 47013.5 的规定。凡呈现下述显示的缺陷都应标明位置,并按 6.13.1 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 cm^2 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。
- 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 6.13.1 条的

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 $\frac{60}{100} \pm 8 \mu\text{m}$)。

6.14 无损检测

6.14.1 对于壁厚外径比小于等于 0.2 或大于等于 0.3 的钢管,应按 GB/T 5777—2008 的规定逐根全长进行超声检测。超声检测对比样管纵向刻槽深度等级为 L2。当钢管壁厚外径比大于或等于 0.3 时,除非合同中另有规定,钢管内壁人工缺陷深度按 GB/T 5777—2008 附录 C 中 C.1 的规定执行。

6.14.2 当钢管壁厚与外径之比大于 0.2 且小于 0.3 时,钢管应按 GB/T 31925—2015 的规定逐根全长进行超声检测。超声检测对比样管纵向刻槽深度等级为 U2。

6.14.3 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。

6.14.4 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。

7 试样

7.1 拉伸试验试样

7.1.1 $D < 219 \text{ mm}$ 的钢管,拉伸试验应沿钢管纵向取样。

7.1.2 $D \geq 219 \text{ mm}$ 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。

7.2 冲击试验试样

7.2.1 $D < 219 \text{ mm}$ 的钢管,冲击试验沿钢管纵向或横向取样;如合同中有特殊规定,仲裁试样应沿钢管纵向截取。

7.2.2 $D \geq 219 \text{ mm}$ 的钢管,冲击试验应沿钢管横向取样。

7.2.3 无论沿钢管纵向截取还是沿钢管横向截取,冲击试样均应为标准尺寸、宽度 7.5 mm 或宽度 5 mm 中可能的较大尺寸试样。

7.3 弯曲试验试样

7.3.1 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。

7.3.2 试样尺寸

试样加工后的截面尺寸为 $12.5 \text{ mm} \times 12.5 \text{ mm}$ 或 $25 \text{ mm} \times 12.5 \text{ mm}$ (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。

$P = 2SR/D$ (1)

式中:

- P —— 试验压力,单位为兆帕(MPa),当 $P < 7$ MPa 时,修约到最接近的 0.5 MPa,当 $P \geq 7$ MPa 时,修约到最接近的 1 MPa;
- S —— 钢管壁厚,单位为毫米(mm);
- D —— 钢管外径,单位为毫米(mm);
- R —— 允许应力,优质碳素结构钢和合金结构钢为表 7 规定屈服强度的 80%,不锈(耐热)钢为表 7 规定屈服强度的 70%,单位为兆帕(MPa)。

6.5.2 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。

6.6 工艺性能

6.6.1 压扁

6.6.1.1 $D > 22$ mm 的钢管应做压扁试验。

6.6.1.2 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 。 H 按式(2)计算。

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

式中:

- H —— 两平板间的距离,单位为毫米(mm);
- S —— 钢管壁厚,单位为毫米(mm);
- D —— 钢管外径,单位为毫米(mm);
- α —— 单位长度变形系数,优质碳素结构钢和合金结构钢为 0.08,不锈(耐热)钢为 0.09;当 $S/D > 0.1$ 时,优质碳素结构钢的 α 可减小 0.01。

试样压至两平板间距离为 H 时,试样上不应存在裂缝或裂口。

- 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。

6.6.1.3 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。

6.6.1.4 对 6.6.1.3b) 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 6.6.1.2 的规定。

6.6.2 弯曲

6.6.2.1 $D > 400$ 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)。

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

6.6.2.3 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。

6.6.3 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 9 的规定,扩口后试样不应出现裂缝或裂口。

表 9 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
优质碳素结构钢	10	12	17
合金结构钢	8	10	15
不锈(耐热)钢	12	15	20
^a 内径为试样计算内径。			

6.7 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。

6.8 非金属夹杂物

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—2005 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。

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。

6.9 晶粒度

成品钢管的实际晶粒度应符合表 10 的规定。

表 10 成品钢管的晶粒度

序号	钢类(钢的牌号)	晶粒度级别	两个试片上晶粒度最大级别与最小级别差
1	优质碳素结构钢和本表序号 2 所列牌号以外的合金结构钢	4~10 级 ^a	不超过 3 级
2	10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN、10Cr11MoW2VNbCu1BN 和 11Cr9Mo1W1VNbBN	≥ 4 级 ^a	不超过 3 级
3	07Cr25Ni21、07Cr19Ni10、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb	4~7 级	不超过 3 级
4	07Cr25Ni21NbN	2~7 级	不超过 3 级
5	10Cr18Ni9NbCu3BN、08Cr18Ni11NbFG	7~10 级	不超过 3 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或马氏体时,可检验原奥氏体晶粒度,其级别应不小于 2 级。			

附录 A
(规范性附录)
高温规定塑性延伸强度

表 A.1 列出了钢管的高温规定塑性延伸强度($R_{p0.2}$),其要求仅当合同有规定时才适用。

表 A.1 高温规定塑性延伸强度

序号	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	
1	20G	—	—	215	196	177	157	137	98	49	—	—	
2	20MnG	219	214	208	197	183	175	168	156	151	—	—	
3	25MnG	252	245	237	226	210	201	192	179	172	—	—	
4	15MoG	—	—	225	205	180	170	160	155	150	—	—	
5	20MoG	207	202	199	187	182	177	169	160	150	—	—	
6	12CrMoG	193	187	181	175	170	165	159	150	140	—	—	
7	15CrMoG	—	—	269	256	242	228	216	205	198	—	—	
8	12Cr2MoG	192	188	186	185	185	185	185	181	173	159	—	
9	12Cr1MoVG	—	—	—	—	230	225	219	211	201	187	—	
10	12Cr2MoWVTiB	—	—	—	—	360	357	352	343	328	305	274	
11	07Cr2MoW2VNbB	379	371	363	361	359	352	345	338	330	299	266	
12	12Cr3MoVSiTiB	—	—	—	—	403	397	390	379	364	342	—	
13	15Ni1MnMoNbCu	422	412	402	392	382	373	343	304	—	—	—	
14	10Cr9Mo1VNbN	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198	
15	10Cr9MoW2VNbBN	419	411	406	402	397	389	377	359	333	297	251	
16	10Cr11MoW2VNbCu1BN*	618	603	586	574	562	550	533	511	478	434	374	
17	11Cr9Mo1W1VNbBN	413	396	384	377	373	368	362	348	326	295	256	
18	07Cr19Ni10	170	154	144	135	129	123	119	114	110	105	99	
19	10Cr18Ni9NbCu3BN	203	189	179	170	164	159	155	150	146	142	138	
20	07Cr25Ni21	181	167	157	149	144	139	135	132	128	—	—	
21	07Cr25Ni21NbN	245	224	209	200	193	189	184	180	175	—	—	
22	07Cr19Ni11Ti	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	120	
23	07Cr18Ni11Nb	189	177	166	158	150	145	141	139	137	131	114	
24	08Cr18Ni11NbFG	185	174	166	159	153	148	144	141	138	135	131	

* 表中所列牌号 10Cr11MoW2VNbCu1BN 的数据为材料在该温度下的抗拉强度(R_m)。

附录 B
(资料性附录)
100 000 h 持久强度推荐数据

表 B.1 列出了钢管的 100 000 h 持久强度推荐数据。

表 B.1 100 000 h 持久强度推荐数据

序 号	牌 号	100 000 h 持久强度推荐数据 / MPa																															
		温 度 / ℃																															
		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	
1	20G	128	116	104	93	83	74	65	58	51	45	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	20MnG	—	—	—	110	100	87	75	64	55	46	39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	25MnG	—	—	—	120	103	88	75	64	55	46	39	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	15MoG	—	—	—	—	—	245	209	174	143	117	93	74	59	47	38	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	20MoG	—	—	—	—	—	—	—	—	145	124	105	85	71	59	50	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	12CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	144	130	113	95	83	71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	15CrMoG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	145	124	106	91	75	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	12Cr2MoG	—	—	—	—	—	172	165	154	143	133	122	112	101	91	81	72	64	56	49	42	36	31	25	22	18	—	—	—	—	—	—	
9	12Cr1MoVG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	12Cr2MoWVTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	07Cr2MoW2VNbB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	12Cr3MoVSiTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	15Ni1MnMoNbCu	373	349	325	300	273	245	210	175	139	104	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	10Cr9Mo1VNbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	10Cr9MoW2VNbBN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

8 检验和试验方法

- 8.1 钢管的化学成分分析取样按 GB/T 20066 的规则进行。化学成分的仪器分析按 GB/T 4336、GB/T 11170、GB/T 20123、GB/T 20124 的规定进行,湿法分析按 GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.11、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.18、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 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78、GB/T 223.80 的规定进行,但仲裁时应按湿法分析的规定进行。
- 8.2 当要求进行外表面硬度试验时,外表面的硬度试验应符合如下规定:
- a) 牌号为 12Cr1MoVG 且外径不小 406 mm 且壁厚不小于 70 mm 的钢管,应逐根进行;
 - b) 牌号为 10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN 且壁厚不小于 25 mm 的钢管,应逐根进行;
 - c) 其余牌号、规格的钢管,每批应选取 2 根钢管进行(当一批钢管只有 1 根时可选取 1 根)。
- 8.3 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。
- 8.4 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。
- 8.5 钢管其他检验项目的取样方法和试验方法应符合表 11 的规定。

表 11 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	见 8.1
2	室温拉伸	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975、7.1	GB/T 228.1
3	冲击	每批在两根钢管上各取一组 3 个试样	GB/T 2975、7.2	GB/T 229
4	硬度	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 2975	GB/T 230.1、 GB/T 231.1、 GB/T 4340.1
5	外表面的硬度	见 8.2	见 6.4.4 和 8.2	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一组 2 个试样	GB/T 232、7.3	GB/T 232
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	GB/T 10561—2005
15	晶粒度	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 6394	GB/T 6394—2017
16	显微组织	每批在两根钢管上各取 1 个试样	GB/T 13298、6.10	GB/T 13298、6.10
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	晶间腐蚀	每批在两根钢管上各取 1 组试样	供需双方协商	供需双方协商

表 11 (续)

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
19	渗透检测	见 6.13.5	—	NB/T 47013.5
20	磁粉检测	见 6.13.5	—	GB/T 15822
21	超声检测	逐根	—	GB/T 5777—2008、 GB/T 31925—2015

9 检验规则

9.1 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。

9.2 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;
- c) 其他尺寸:200 根。

9.3 取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表 11 的规定。

9.4 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。

10 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。