

## 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47019.3—2021

代替 NB/T 47019.3—2011

---

### 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第 3 部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢

**Purchase technical specification for boiler & heat exchanger tubes/pipes—  
Part 3: Non-alloy and alloy steel with specified elevated temperature properties**

2021-01-07 发布

2021-07-01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言	43
1 范围	45
2 规范性引用文件	45
3 术语和定义	46
4 一般要求	46
5 化学成分和供货状态	47
6 钢管性能和质量要求	54
7 试验方法	60
8 检验规则	61
9 包装、标志和质量证明书	62
附录 A (资料性) 100 000h 持久强度推荐数据	63
参考文献	65

## 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。

NB/T 47019—2021 涵盖了锅炉、热交换器等承压设备中常用的钢管和有色金属管的订货技术条件，主要分为以下9个部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：规定室温性能的非合金钢和合金钢；
- 第3部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢；
- 第4部分：低温用低合金钢；
- 第5部分：不锈钢；
- 第6部分：奥氏体-铁素体型双相不锈钢；
- 第7部分：铜和铜合金；
- 第8部分：钛和钛合金；
- 第9部分：镍和镍合金。

本文件为 NB/T 47019—2021《锅炉、热交换器用管订货技术条件》的第3部分。

本文件代替 NB/T 47019.3—2011《锅炉、热交换器用管订货技术条件 第3部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢》。与 NB/T 47019.3—2011 相比，主要技术变化如下：

- 增加了 GB/T 8163 规定的 10 和 20 钢管（见表 1、表 4、表 5、表 6 和表 7）；
- 增加了 GB/T 9711 规定的 L210 钢管（见表 1、表 4、表 5 和表 7）；
- 增加了 GB/T 5310 新增加的 07Cr25Ni21 和 07Cr25Ni21NbN 等钢管（见表 1、表 4、表 5、表 6、表 7 和表 8）；
- 增加了 09CrCuSb、10Cr9Mo1VNbN、08Cr9W3Co3VNbCuBN 和 07Cr23Ni15Cu4NbN 钢管（见表 1、表 4、表 5、表 6、表 7 和表 8）；
- 更改了硬度要求（见表 5，NB/T 47019.3—2011 中表 5）；
- 更改了气体元素（H、O、N）含量要求（见 5.1.1.5，NB/T 47019.3—2011 中 5.1.1.2）；
- 增加元素 Zr 和 Co 熔炼分析极限值的允许偏差（见表 3）；
- 更改了液压试验的最大试验压力和稳压时间的要求（见 6.4.2，NB/T 47019.3—2011 中 5.7.2）；
- 更改了脱碳层的深度要求（见 6.9，NB/T 47019.3—2011 中 5.9.4）。

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。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本文件起草单位：上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、上海工业锅炉研究所有限公司、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、上海锅炉厂有限公司、武进不锈钢股份有限公司、武汉武锅能源工程有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司、钢铁研究总院、宝钢特钢有限公司、湖北新冶钢有限公司、扬州龙川钢管有限公司、江苏华程工业制管股份有限公司、德新钢管

(中国)有限公司。

本文件起草人：张瑞、余安明、石回回、杨华春、程义、孔伟怡、宋建新、陈永康、邵羽、刘正东、黄泽民、孔繁革、尤凤志、黄良福、李金领。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2011年首次发布为 NB/T 47019.3—2011；

——本次为第一次修订。

## 锅炉、热交换器用管订货技术条件

### 第3部分：规定高温性能的非合金钢和合金钢

#### 1 范围

本文件规定了具有高温性能的、由非合金钢和合金钢制造的、用于锅炉和热交换器等承压设备的钢管的一般要求，化学成分和供货状态，钢管性能和质量要求，试验方法，检验规则，包装、标志和质量证明书等订货技术要求。

本文件适用于规定高温性能的非合金和合金钢的锅炉、热交换器用无缝钢管的订货。

#### 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 223（所有部分） 钢铁及合金化学分析方法
- 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 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
- 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 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体（双相）不锈钢晶间腐蚀试验方法
- 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 5310 高压锅炉用无缝钢管
- 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—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 8163 输送流体用无缝钢管
- GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- 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 16507.2 水管锅炉 第2部分：材料
- GB/T 16508.2 锅壳锅炉 第2部分：材料
- 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 20409 高压锅炉用内螺纹无缝钢管
- GB/T 28883 承压用复合无缝钢管
- GB/T 31925—2015 厚壁无缝钢管超声波检验方法
- NB/T 47019.1 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第1部分：通则
- YB/T 4173 高温用锻造镗孔厚壁无缝钢管
- T/CSTM 00155—2019 承压设备用10Cr9Mo1VNbNG无缝钢管

### 3 术语和定义

NB/T 47019.1 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 一般要求

- 4.1 钢管的制造企业应具有生产制造相应钢管的能力和生产业绩，并通过合格供方审查。
- 4.2 钢的冶炼和钢管的制造加工应符合相应国家标准和行业标准的规定。
- 4.3 钢管的外径、壁厚、长度和外形的允许偏差应符合 NB/T 47019.1 的规定。
- 4.4 非本文件规定的牌号订货时，其性能和质量不应低于近似牌号的相关国家标准或行业标准的规定。
- 4.5 根据 GB/T 16507.2 和 GB/T 16508.2 选材和用材的规定，以及产品设计的具体要求，除钢管产品标准的基本规定外，还可附加以下要求：
  - a) 规定 As、Sn、Sb、Pb、Bi 五大有害元素的含量；
  - b) 规定 H、O、N 气体元素的含量；
  - c) 化学成分的产品分析；
  - d) 钢的冶炼方法；
  - e) 钢管的制造方法；
  - f) 检验钢管的硬度；
  - g) 检验纵向冲击值；
  - h) 提供高温规定塑性延伸强度  $R_{p0.2}$  实际试验数据；

- i) 扩口试验;
- j) 密实性检验方法;
- k) 成品钢管的非金属夹杂物级别;
- l) 晶间腐蚀试验;
- m) 附加的标记;
- n) 采用特殊保护。

## 5 化学成分和供货状态

### 5.1 化学成分

#### 5.1.1 熔炼分析

5.1.1.1 钢管的化学成分分析(熔炼分析)结果应符合表 1 的规定。可选择合适的物理或化学分析方法进行测定,当有异议时,应按化学分析方法测定。

5.1.1.2 若表 1 中未专门列出,钢中残余元素含量应符合表 2 的规定。

5.1.1.3 除非冶炼需要,未经需方同意,不应在钢中有意添加表 1 和表 2 中未提及的元素。冶炼时应采取一定的措施,以防止废钢或生产过程中把削弱钢材力学性能和适用性的元素带入钢中。

5.1.1.4 对于 GB/T 5310 的 20MnG、25MnG 钢管,在规定的最大碳含量以下,含碳量每降低 0.01%,则允许含锰量在规定的最大锰含量之上增加 0.06%,直至最大不超过 1.35%;对于 GB/T 9711 的 L210 钢管,含碳量比规定的最大含碳量每降低 0.01%,则允许锰含量比规定的最大锰含量高 0.05%。

5.1.1.5 若无特别规定,高压锅炉管钢气体元素(H、O、N)含量应满足如下要求:

- a) 铁素体类钢, $H \leq 0.0003\%$ 、 $O \leq 0.0035\%$ 、非规定元素  $N \leq 0.010\%$ ,且  $H+O+N \leq 0.012\%$ ;
- b) 奥氏体类钢, $H \leq 0.0008\%$ 、 $O \leq 0.0050\%$ 、非规定元素  $N \leq 0.020\%$ ,且  $H+O+N \leq 0.022\%$ 。

5.1.1.6 用于超超临界锅炉高温段的合金钢管控制有害元素(As、Sn、Sb、Pb 和 Bi)含量:

- a) 若无特别要求,有害元素控制为  $As \leq 0.015\%$ 、 $Sn \leq 0.015\%$ 、 $Sb \leq 0.010\%$ 、 $Pb \leq 0.010\%$ 、 $Bi \leq 0.010\%$ , $As+Sn+Sb+Pb+Bi \leq 0.035\%$ ;
- b) 08Cr9W3Co3VNbCuBN 钢应控制在  $As \leq 0.015\%$ 、 $Sb \leq 0.015\%$ 、 $Bi \leq 0.005\%$ 、 $Sn \leq 0.020\%$ 、 $Pb \leq 0.015\%$ , $As+Sb+Bi+Sn+Pb \leq 0.035\%$ ;
- c) 07Cr23Ni15Cu4NbN 钢应控制在 Pb、Sn、As 含量分别  $\leq 0.015\%$ , Sb、Bi 含量分别  $\leq 0.010\%$ ,且  $As+Sb+Bi+Sn+Pb \leq 0.050\%$ 。

#### 5.1.2 产品分析

当要求钢管制造商提供钢管的化学成分分析结果时,表 3 规定了产品分析对表 1 给出的熔炼分析极限值的允许偏差。

表 1 化学成分 (熔炼分析, 质量分数)

钢类	序号	牌号	参考标准	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Ni	Al <sub>tot</sub>	Cu	Ti	Zr	Nb	N	W	P	S
优质碳素结构钢	1	10	GB/T 8163、 GB/T 3087	0.07~ 0.13	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.15	—	—	—	≤0.30	—	≤0.25	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	2	20	GB/T 8163、 GB/T 3087	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.25	—	—	—	≤0.30	—	≤0.25	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	3	L210	GB/T 9711	≤0.22		≤0.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	4	20G	GB/T 5310、 YB/T 4173、 GB/T 20409、 GB/T 28883	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	—	—	—	—	—	<sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	5	20MnG	GB/T 5310、 YB/T 4173、 GB/T 20409、 GB/T 28883	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	6	25MnG	GB/T 5310、 GB/T 20409	0.22~ 0.27	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
合金结构钢	7	09CrCuSb	—	≤0.12	0.20~ 0.40	0.35~ 0.65	0.70~ 1.10	—	—	—	—	—	0.25~ 0.45	—	—	—	—	Sb: 0.04~ 0.10	≤0.030	≤0.020
	8	15MoG	GB/T 5310	0.12~ 0.20	0.17~ 0.37	0.40~ 0.80	—	0.25~ 0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	9	20MoG	GB/T 5310	0.15~ 0.25	0.17~ 0.37	0.40~ 0.80	—	0.44~ 0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	10	12CrMoG	GB/T 5310、 GB/T 20409	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	0.40~ 0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	11	15CrMoG	GB/T 5310、 YB/T 4173、 GB/T 20409	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.40~ 0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015
	12	12Cr2MoG	GB/T 5310、 YB/T 4173、 GB/T 20409	0.08~ 0.15	≤0.50	0.40~ 0.60	2.00~ 2.50	0.90~ 1.13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015



表 1 (续)

钢 类	序 号	牌 号	参 考 标 准	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Ni	Al <sub>tot</sub>	Cu	Ti	Zr	Nb	N	W	P	S	
合 金 结 构 钢	13	12Cr1MoVG	GB/T 5310、 YB/T 4173、 GB/T 20409、 GB/T 28883	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	
			GB/T 5310	0.08~ 0.15	0.45~ 0.75	0.45~ 0.65	1.60~ 2.10	0.50~ 0.65	0.28~ 0.42	0.002 0~ 0.008 0	—	—	—	—	0.08~ 0.18	—	—	0.30~ 0.55	—	≤ 0.025	≤ 0.015
	15	07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	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	1.45~ 1.75	≤ 0.025	≤ 0.010
			GB/T 5310	0.09~ 0.15	0.60~ 0.90	0.50~ 0.80	2.50~ 3.00	1.00~ 1.20	0.25~ 0.35	0.005 0~ 0.011 0	—	—	—	—	0.22~ 0.38	—	—	—	—	≤ 0.025	≤ 0.015
	17	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	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	—	≤ 0.025	≤ 0.015
			GB/T 5310、 YB/T 4173	0.08~ 0.12	0.20~ 0.40	0.30~ 0.50	8.00~ 9.50	0.85~ 1.05	0.18~ 0.25	—	≤0.40	—	—	≤0.020	—	—	0.06~ 0.10	0.030~ 0.070	—	≤ 0.020	≤ 0.010
	18	10Cr9Mo1VNbN	T/CSTM00155	0.12	0.20~ 0.40	0.30~ 0.50	—	1.05	—	0.001	—	≤0.20	—	≤0.10	≤0.01	—	—	0.035~ 0.070	≤0.05	≤ 0.015	≤ 0.005
			GB/T 5310、 YB/T 4173	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
	19	10Cr9MoW2VNbBN	—	0.065~ 0.095	≤0.50	0.30~ 0.70	8.50~ 9.50	—	—	0.16~ 0.24	0.012~ 0.020	≤0.03	≤0.010	0.50~ 1.10	≤ 0.01	Co: 2.85~ 3.20	0.03~ 0.09	0.005~ 0.012	2.40~ 3.10	≤ 0.015	≤ 0.006
			—	0.065~ 0.095	≤0.50	0.30~ 0.70	8.50~ 9.50	—	—	0.16~ 0.24	0.012~ 0.020	≤0.03	≤0.010	0.50~ 1.10	≤ 0.01	Co: 2.85~ 3.20	0.03~ 0.09	0.005~ 0.012	2.40~ 3.10	≤ 0.015	≤ 0.006

表 1 (续)

钢类	序号	牌号	参考标准	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Ni	Al <sub>tot</sub>	Cu	Ti	Zr	Nb	N	W	P	S	
奥氏体耐热钢	21	07Cr19Ni10	GB/T 5310、 GB/T 28883	0.04~ 0.10	≤0.75	≤2.00	18.00 ~ 20.00	—	—	—	8.00~ 11.00	—	—	—	—	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.015	
	22	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	0.07~ 0.13	≤0.30	≤1.00	17.00 ~ 19.00	—	—	0.0010 ~ 0.0100	7.50~ 10.50	0.003 ~ 0.030	2.50~ 3.50	—	—	0.30~ 0.60	0.050 ~ 0.120	—	≤ 0.030	≤ 0.010	
	23	07Cr25Ni21	GB/T 5310	0.04~ 0.10	≤0.75	≤2.00	24.00 ~ 26.00	—	—	—	—	19.00 ~ 22.00	—	—	—	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.015	
	24	07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	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
	25	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	0.04~ 0.10	≤0.75	≤2.00	17.00 ~ 20.00	—	—	—	—	9.00~ 13.00	—	—	4C~ 0.60	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.015	
	26	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	0.04~ 0.10	≤0.75	≤2.00	17.00 ~ 19.00	—	—	—	—	9.00~ 13.00	—	—	—	—	8C~ 1.10	—	≤ 0.030	≤ 0.015	
	27	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	0.06~ 0.10	≤0.75	≤2.00	17.00 ~ 19.00	—	—	—	—	10.00 ~ 12.00	—	—	—	—	8C~ 1.10	—	≤ 0.030	≤ 0.015	
	28	07Cr23Ni15Cu4NbN (SP2215)	—	0.04~ 0.10	≤0.75	≤2.00	22.0~ 24.0	—	—	—	0.002 ~ 0.006	13.00 ~ 17.00	—	3.00~ 4.00	—	—	0.30~ 0.70	0.15~ 0.35	—	≤ 0.030	≤ 0.010

注: Al<sub>tot</sub>指全铝含量。

<sup>a</sup> 20G 钢中 Al<sub>tot</sub> 小于或等于 0.015%, 不做交货要求, 但应填入质量证明书中。

表2 钢中残余元素含量

钢类	残余元素(质量分数)						
	Cu	Cr	Ni	Mo	V <sup>a</sup>	Ti	Zr
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 <sup>b</sup>	≤0.01 <sup>b</sup>
奥氏体耐热钢	≤0.25	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 15Ni1MnMoNbCu 的残余 V 含量应不超过 0.02%。  
<sup>b</sup> 只适用于 10Cr9Mo1VNbN 和 10Cr9MoW2VNbBN。

表3 产品分析对表1给出的熔炼分析极限值的允许偏差

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
Nb	≤0.10	0.005	0.005
	>0.10~1.10	0.05	0.05

表 3 (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
W	≤1.00	0.04	0.04
	> 1.00~2.50	0.08	0.08
	> 2.50	0.10	0.10
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	—
Co	> 0.05~0.50	0.01	0.01
	> 0.50~2.00	0.02	0.02
	> 2.00	0.05	0.05

## 5.2 供货状态

钢管应以热处理状态供货，钢管的热处理制度应符合表 4 的规定。所有奥氏体耐热钢钢管最终的固溶热处理不应使用制造工艺中的热处理替代。

表 4 热处理制度

序号	牌号	参考标准	热处理制度
1	10 <sup>a</sup>	GB/T 3087、 GB/T 8163	正火
2	20 <sup>a</sup>		
3	L210	GB/T 9711	正火
4	20G <sup>a</sup>	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火：温度为 880℃~940℃
5	20MnG <sup>a</sup>	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火：温度为 880℃~940℃
6	25MnG <sup>a</sup>	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火：温度为 880℃~940℃
7	09CrCuSb	—	正火
8	15MoG	GB/T 5310	正火：温度为 890℃~950℃
9	20MoG	GB/T 5310	正火：温度为 890℃~950℃
10	12CrMoG	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火+回火：正火温度为 900℃~960℃，回火温度为 670℃~730℃

表 4 (续)

序号	牌号	参考标准	热处理制度
11	15CrMoG	GB/T 5310、 YB/T 4173	$S \leq 30\text{mm}$ 的钢管正火+回火：正火温度为 $900^{\circ}\text{C} \sim 960^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $680^{\circ}\text{C} \sim 730^{\circ}\text{C}$ ； $S > 30\text{mm}$ 的钢管淬火+回火或正火+回火：淬火温度不低于 $900^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $680^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ ；或正火温度为 $900^{\circ}\text{C} \sim 960^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $680^{\circ}\text{C} \sim 730^{\circ}\text{C}$ ，但正火后应进行快速冷却
12	12Cr2MoG	GB/T 5310、 YB/T 4173	$S \leq 30\text{mm}$ 的钢管正火+回火：正火温度为 $900^{\circ}\text{C} \sim 960^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $700^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ ； $S > 30\text{mm}$ 的钢管淬火+回火或正火+回火：淬火温度不低于 $900^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $700^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ ；或正火温度为 $900^{\circ}\text{C} \sim 960^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $700^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ ，但正火后应进行快速冷却
13	12Cr1MoVG	GB/T 5310、 YB/T 4173	$S \leq 30\text{mm}$ 的钢管正火+回火：正火温度为 $980^{\circ}\text{C} \sim 1020^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $720^{\circ}\text{C} \sim 760^{\circ}\text{C}$ ； $S > 30\text{mm}$ 的钢管淬火+回火或正火+回火：淬火温度为 $950^{\circ}\text{C} \sim 990^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $720^{\circ}\text{C} \sim 760^{\circ}\text{C}$ ；或正火温度为 $980^{\circ}\text{C} \sim 1020^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $720^{\circ}\text{C} \sim 760^{\circ}\text{C}$ ，但正火后应进行快速冷却
14	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	正火+回火：正火温度为 $1020^{\circ}\text{C} \sim 1060^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$
15	07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火+回火：正火温度为 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1080^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$
16	12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	正火+回火：正火温度为 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1090^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $720^{\circ}\text{C} \sim 770^{\circ}\text{C}$
17	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310、 YB/T 4173	$S \leq 30\text{mm}$ 的钢管正火+回火：正火温度为 $880^{\circ}\text{C} \sim 980^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $610^{\circ}\text{C} \sim 680^{\circ}\text{C}$ ； $S > 30\text{mm}$ 的钢管淬火+回火或正火+回火：淬火温度不低于 $900^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $610^{\circ}\text{C} \sim 680^{\circ}\text{C}$ ；或正火温度为 $880^{\circ}\text{C} \sim 980^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $610^{\circ}\text{C} \sim 680^{\circ}\text{C}$ ，但正火后应进行快速冷却
18	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火+回火：正火温度为 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1080^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$ ； $S > 70\text{mm}$ 的钢管可淬火+回火，淬火温度不低于 $1040^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$
	10Cr9Mo1VNbNG	T/CSTM 00155	$S \leq 70\text{mm}$ 正火（或加速冷却）+回火：正火温度为 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1080^{\circ}\text{C}$ （保温时间不少于 $20\text{min}$ ），回火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$ （保温时间不少于 $90\text{min}$ ）； $S > 70\text{mm}$ 正火（淬火或加速冷却）+回火：淬火温度不低于 $1040^{\circ}\text{C}$ （保温时间不少于 $60\text{min}$ ），回火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$ （保温时间不少于 $90\text{min}$ ）
19	10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310、 YB/T 4173	正火+回火：正火温度为 $1040^{\circ}\text{C} \sim 1080^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$ ； $S > 70\text{mm}$ 的钢管可淬火+回火，淬火温度不低于 $1040^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$
20	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	正火+回火：正火温度为 $1030^{\circ}\text{C} \sim 1140^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 795^{\circ}\text{C}$ ； $S > 60\text{mm}$ 的钢管可淬火+回火，淬火温度不低于 $1030^{\circ}\text{C}$ ，回火温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 795^{\circ}\text{C}$
21	07Cr19Ni10	GB/T 5310	固溶处理：固溶温度 $\geq 1040^{\circ}\text{C}$ ，急冷
22	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	固溶处理：固溶温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，急冷

表4(续)

序号	牌号	参考标准	热处理制度
23	07Cr25Ni21	GB/T 5310	固溶处理：固溶温度 $\geq 1040^{\circ}\text{C}$ ，急冷
24	07Cr25Ni21NbNb	GB/T 5310	固溶处理：固溶温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，急冷
25	07Cr19Ni11Ti <sup>b</sup>	GB/T 5310	固溶处理：热轧（挤压、扩）钢管固溶温度 $\geq 1050^{\circ}\text{C}$ ，冷拔（轧）钢管固溶温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，急冷
26	07Cr18Ni11Nb <sup>b</sup>	GB/T 5310	固溶处理：热轧（挤压、扩）钢管固溶温度 $\geq 1050^{\circ}\text{C}$ ，冷拔（轧）钢管固溶温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，急冷
27	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	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 $50^{\circ}\text{C}$ ，最终冷加工之后固溶处理，固溶温度 $\geq 1180^{\circ}\text{C}$ ，急冷
28	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	固溶处理：固溶温度 $\geq 1120^{\circ}\text{C}$ ，急冷
<sup>a</sup> 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。 <sup>b</sup> 根据要求，固溶处理后可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双方协商确定。			

## 6 钢管性能和质量要求

### 6.1 力学性能

#### 6.1.1 室温拉伸性能

钢管室温拉伸性能应符合表5的规定。

#### 6.1.2 硬度试验

高压锅炉钢管的硬度值应符合表5的规定。还可进行钢管表面硬度的检验，结果应满足表5的要求。金属洛氏硬度试验方法应符合GB/T 230.1的规定，布氏硬度试验方法应符合GB/T 231.1的规定，维氏硬度试验方法应符合GB/T 4340.1的规定。

钢管的维氏硬度试验可代替布氏硬度试验或洛氏硬度试验，硬度试验应符合以下规定：

- a)  $S \geq 5.0\text{mm}$  的钢管，应做布氏硬度试验或洛氏硬度试验；
- b)  $1.7\text{mm} \leq S < 5.0\text{mm}$  的钢管，应做洛氏硬度试验；
- c)  $S < 1.7\text{mm}$  的钢管，不做硬度试验。

#### 6.1.3 冲击试验

6.1.3.1 外径 $D \geq 76\text{mm}$ ，且壁厚 $S \geq 14\text{mm}$ 的钢管应进行室温冲击试验。

6.1.3.2 冲击试验一组3个试样冲击吸收能量的算术平均值应符合表5的规定，其中一个试验值可低于规定值，但不应低于规定值的70%。

6.1.3.3 试样的尺寸、方向、测得的冲击吸收能量值和算术平均值计算结果均应报告。

6.1.3.4 一般应检验钢管的横向冲击性能，也可要求检验钢管纵向冲击性能。

表5 钢管的室温力学性能

序号	牌号	参考标准	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 $R_{eL}$ 或规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$		断后伸长率 $A/\%$		纵向	横向	布氏 (HBW)	维氏 (HV)	洛氏 (HR)
						纵向	横向					
1	10	GB/T 8163	335~475	$t \leq 16$	$\geq 205$	$\geq 24$	—	$\geq 27$	—	—	—	
				$16 < t \leq 30$	$\geq 195$							
				$t > 30$	$\geq 185$							
		GB/T 3087	335~475	$\geq 205$	$\geq 195$	$\geq 24$	—	$\geq 27$	—	—	—	
2	20	GB/T 8163	410~530	$t \leq 16$	$\geq 245$	$\geq 20$	—	$\geq 27$	—	—	—	
				$16 < t \leq 30$	$\geq 235$							
				$t > 30$	$\geq 225$							
		GB/T 3087	410~550	$\geq 245$	$\geq 235$	$\geq 24$	—	$\geq 39$	$\geq 27$	—	—	
3	L210	GB/T 9711	$\geq 335$	$\geq 210$	—	—	$\geq 27$	—	—	—		
4	20G	GB/T 5310	410~550	$\geq 245$	$\geq 24$	$\geq 22$	$\geq 40$	$\geq 27$	120~160	120~160	—	
5	20MnG	GB/T 5310	415~560	$\geq 240$	$\geq 22$	$\geq 20$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~170	125~170	—	
6	25MnG	GB/T 5310	485~640	$\geq 275$	$\geq 20$	$\geq 18$	$\geq 40$	$\geq 27$	130~180	130~180	—	
7	09CrCuSb	—	390~550	$\geq 245$	$\geq 25$	—	$\geq 27$	—	—	—		
8	15MoG	GB/T 5310	450~600	$\geq 270$	$\geq 22$	$\geq 20$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~180	125~180	—	
9	20MoG	GB/T 5310	415~665	$\geq 220$	$\geq 22$	$\geq 20$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~180	125~180	—	
10	12CrMoG	GB/T 5310	410~560	$\geq 205$	$\geq 21$	$\geq 19$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~170	125~170	—	
11	15CrMoG	GB/T 5310	440~640	$\geq 295$	$\geq 21$	$\geq 19$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~195	125~195	—	
12	12Cr2MoG	GB/T 5310	450~600	$\geq 280$	$\geq 22$	$\geq 20$	$\geq 40$	$\geq 27$	125~180	125~180	—	
13	12Cr1MoVG	GB/T 5310	470~640	$\geq 255$	$\geq 21$	$\geq 19$	$\geq 40$	$\geq 27$	135~195	135~195	—	
14	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	540~735	$\geq 345$	$\geq 18$	—	$\geq 40$	—	160~220	160~230	HRB: 85~97	
15	07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	$\geq 510$	$\geq 400$	$\geq 22$	$\geq 18$	$\geq 40$	$\geq 27$	150~220	150~230	HRB: 80~97	
16	12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	610~805	$\geq 440$	$\geq 16$	—	$\geq 40$	—	180~250	180~265	HRC: $\leq 25$	
17	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	620~780	$\geq 440$	$\geq 19$	$\geq 17$	$\geq 40$	$\geq 27$	185~255	185~270	HRC: $\leq 25$	
18	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	$\geq 585$	$\geq 415$	$\geq 20$	$\geq 16$	$\geq 40$	$\geq 27$	185~250	185~265	HRC: $\leq 25$	
	10Cr9Mo1VNbNG	T/CSTM 00155	600~850	450		$\geq 18$			195~250	196~265	—	
19	10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	$\geq 620$	$\geq 440$	$\geq 20$	$\geq 16$	$\geq 40$	$\geq 27$	185~250	185~265	HRC: $\leq 25$	

表 5 (续)

序号	牌号	参考标准	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 $R_{eL}$ 或规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}/MPa$	断后伸长率 $A/\%$		纵向	横向	布氏 (HBW)	维氏 (HV)	洛氏 (HR)
					纵向	横向					
20	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	≥660	≥480	≥20	≥16	≥40	≥27	195~250	195~265	—
21	07Cr19Ni10	GB/T 5310	≥515	≥205	≥35	—	—	—	140~192	150~200	HRB: 75~90
22	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	≥590	≥235	≥35	—	—	—	150~219	160~230	HRB: 80~95
23	07Cr25Ni21	GB/T 5310	≥515	≥205	≥35	—	—	—	140~192	150~200	HRB: 75~90
24	07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	≥655	≥295	≥30	—	—	—	150~256	—	HRB: 80~100
25	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	≥515	≥205	≥35	—	—	—	140~192	150~200	HRB: 75~90
26	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	≥520	≥205	≥35	—	—	—	140~192	150~200	HRB: 75~90
27	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	≥550	≥205	≥35	—	—	—	140~192	150~200	HRB: 75~90
28	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	≥655	≥295	≥35	—	—	—	140~219	150~230	HRB: 75~95

## 6.1.4 高温规定塑性延伸强度

高温规定塑性延伸强度  $R_{p0.2}$  的值应不低于表 6 的规定。钢管的高温规定塑性延伸强度由钢管制造商保证, 若需提供实测数据, 应在订货时予以规定。

## 6.1.5 持久强度

钢管的持久强度推荐数据参见附录 A。持久强度是钢管的冶炼、制管、热处理等工艺综合控制的结果, 若需进行验证试验, 可按 GB/T 2039 的规定执行。

表 6 高温规定塑性延伸强度

序号	牌号	参考标准	下列温度 (°C) 下高温规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 的下限值/MPa										
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1	10	GB/T 8163	—	—	165	145	122	111	109	—	—	—	—
		GB/T 3087	—	—	165	145	122	111	109	—	—	—	—
2	20	GB/T 8163	—	—	188	170	149	137	134	—	—	—	—
		GB/T 3087	—	—	188	170	149	137	134	—	—	—	—
3	20G	GB/T 5310	—	—	215	196	177	157	137	98	49	—	—
4	20MnG	GB/T 5310	219	214	208	197	183	175	168	156	151	—	—
5	25MnG	GB/T 5310	252	245	237	226	210	201	192	179	172	—	—
6	09CrCuSb	—	220	205	190	180	170	—	—	—	—	—	—



表 6 (续)

序号	牌号	参考标准	下列温度 (°C) 下的高温规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 的下限值/MPa										
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
7	15MoG	GB/T 5310	—	—	225	205	180	170	160	155	150	—	—
8	20MoG	GB/T 5310	207	202	199	187	182	177	169	160	150	—	—
9	12CrMoG	GB/T 5310	193	187	181	175	170	165	159	150	140	—	—
10	15CrMoG	GB/T 5310	—	—	269	256	242	228	216	205	198	—	—
11	12Cr2MoG	GB/T 5310	192	188	186	185	185	185	185	181	173	159	—
12	12Cr1MoVG	GB/T 5310	—	—	—	—	230	225	219	211	201	187	—
13	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	—	—	—	—	360	357	352	343	328	305	274
14	07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	379	371	363	361	359	352	345	338	330	299	266
15	12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	—	—	—	—	403	397	390	379	364	342	—
16	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	422	412	402	392	382	373	343	304	—	—	—
17	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	384	378	377	377	376	371	358	337	306	260	198
	10Cr9Mo1VNbNG	T/CSTM 00155											
18	10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	419	411	406	402	397	389	377	359	333	297	251
19	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	465	450	435	430	421	412	401	383	364	342	316
20	07Cr19Ni10	GB/T 5310	170	154	144	135	129	123	119	114	110	105	99
21	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	203	189	179	170	164	159	155	150	146	142	138
22	07Cr25Ni21	GB/T 5310	181	167	157	149	144	139	135	132	128	—	—
23	07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	245	224	209	200	193	189	184	180	175	—	—
24	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	184	171	160	150	142	136	132	128	126	123	120
25	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	189	177	166	158	150	145	141	139	137	131	114
26	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	185	174	166	159	153	148	144	141	138	135	131
27	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	249	227	209	195	183	175	168	164	161	158	157

<sup>a</sup> 该牌号材料的数据为该温度下的抗拉强度 ( $R_m$ )。

## 6.2 工艺性能

### 6.2.1 压扁试验

6.2.1.1 22mm < 外径  $D$  < 400mm, 且壁厚  $S \leq 40$ mm 的钢管应按 NB/T 47019.1 的规定进行压扁试验。压扁试验分两步进行: 第一步是延性试验, 第二步是完整性试验。

6.2.1.2 压扁试验延性试验阶段, 试样一直压到板间距离为  $H$  时, 无缝管试样的内外表面或端部表面不应有裂纹或破裂, 其中  $H$  的值按 NB/T 47019.1 的规定选取。

6.2.1.3 压扁试验完整性试验阶段, 在整个压扁试验期间, 试样不应出现肉眼可见的分层、白点、夹杂。

### 6.2.2 弯曲试验

6.2.2.1 外径  $D > 400$ mm 或壁厚  $S > 40$ mm 的钢管, 可采用试板弯曲试验替代压扁试验。弯曲试验分别为正向弯曲 (靠近钢管外表面的试样表面受拉变形) 和反向弯曲 (靠近钢管内表面的试样表面受拉变形)。

6.2.2.2 弯曲试样应在钢管的一端横向截取，一个试样靠近外表面，另一个试样靠近内表面。试样的截面尺寸为宽 25mm，厚 12.5mm。截面 4 个角应倒成圆角，圆角半径小于或等于 1.6mm。试样长度小于或等于 200mm。

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

6.2.2.4 弯曲试验后，试样弯曲受拉表面及侧面不应出现肉眼可见的裂缝或裂口。

### 6.2.3 扩口试验

6.2.3.1 外径  $D \leq 76\text{mm}$  且壁厚  $S \leq 8\text{mm}$ ，采用胀接结构或异径管对接的钢管，可按 NB/T 47019.1 的规定进行扩口试验。

6.2.3.2 扩口后的试样不应出现裂缝或裂口。

### 6.3 表面质量

6.3.1 钢管的内外表面不应有裂纹、折叠、结疤、轧折和离层。若有这些表面缺陷，应通过打磨或机械加工完全清除，缺陷清除深度应小于或等于壁厚的 10%，缺陷清除处的实际壁厚应大于或等于壁厚允许的最小值。

6.3.2 深度大于壁厚的 5% 或 3mm 的其他任何缺陷（深度小于或等于 0.3mm 的表面缺陷除外）也应修磨，但应保证壁厚的最小值。

6.3.3 如果表面缺陷已损及规定的最小壁厚，应视为有害，钢管如有此种缺陷，应判为不符合标准。

6.3.4 在钢管的内外表面上直道（芯棒擦伤）允许的深度应符合如下规定：

a) 冷拔（轧）钢管：小于或等于壁厚的 4%，且最大值为 0.2mm；

b) 热轧（挤压、扩）钢管：小于或等于壁厚的 5%，且最大值为 0.4mm。

6.3.5 碳素钢和合金结构钢钢管的内外表面氧化铁皮应清除，不应有明显锈蚀、麻点等现象，但可有不妨碍检查的氧化薄层存在。

6.3.6 奥氏体耐热钢钢管以及有防锈要求的钢管的内外表面，不应有锈蚀和氧化存在。

### 6.4 液压试验

6.4.1 钢管应逐根进行液压试验。

6.4.2 钢管液压试验压力按式（1）计算，高压锅炉管最大试验压力不超过 20MPa，低中压锅炉管不超过 10MPa。在试验压力下，高压锅炉管稳压时间应不少于 10s，低中压锅炉管不少于 5s。在试验压力下和压力保持时间内，钢管不应出现渗漏。

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

式中：

$p$ ——试验压力，MPa；

$S$ ——钢管壁厚，mm；

$D$ ——钢管公称外径或计算外径，mm；

$R$ ——允许应力，MPa。优质碳素钢和合金耐热钢为下屈服强度或规定塑性延伸强度的 80%；奥氏体耐热钢为下屈服强度或规定塑性延伸强度的 70%。

6.4.3 一般可采用涡流检测或漏磁检测代替液压试验以检验钢管的密实性。

6.4.4 采用涡流检测代替液压试验时，对比样管人工缺陷不锈（耐热）钢、低中压锅炉管应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E4H 或 E4 级的规定，其余高压锅炉管应符合 GB/T 7735—2016 中验收等级 E2H 或 E2 级的规定；采用漏磁检测代替液压试验时，对比样管外表面纵向人工缺陷高压锅炉管应符合 GB/T 12606—2016 中验收等级 F2 级的规定，低中压锅炉管应符合 GB/T 12606—2016

中验收等级 F4 级的规定。

### 6.5 无损检测

6.5.1 对于壁厚外径比小于或等于 0.2 和壁厚外径比大于或等于 0.3 的高压锅炉用钢管，应按 GB/T 5777—2019 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 级。当钢管的外径与壁厚之比 ( $D/T$ ) 小于 5 但不小于 4 时，钢管内壁人工缺陷深度按 GB/T 5777—2019 的附录 A 中表 A.1 的规定执行。

6.5.2 对于壁厚外径比大于 0.2 且小于 0.3 的高压锅炉用钢管，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 级。

6.5.3 当钢管按最小壁厚交货时，对比样管刻槽深度按钢管平均壁厚计算。

6.5.4 若低中压锅炉用钢管增加无损检测，可按 GB/T 5777—2019 进行超声检测，对比样管纵向刻槽深度等级为 U2.5 级。

6.5.5 若有特殊需要，也可规定其他合格等级或采用其他无损检测方法。

### 6.6 低倍检验

用连铸圆管坯或钢锭直接轧制的钢管应进行低倍检验，其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。

### 6.7 非金属夹杂物

用连铸圆管坯或钢锭直接轧制的钢管应进行非金属夹杂物检验。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各小于或等于 2.5 级，DS 类夹杂物应小于或等于 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小于或等于 6.5 级。

若对钢管质量有特殊要求，可规定更严级别的非金属夹杂物检验级别。

### 6.8 晶粒度

钢管的实际晶粒度应符合表 7 的规定。

表 7 钢管的实际晶粒度

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	10、20、L210、20G、20MnG、25MnG、15MoG、20MoG、09CrCuSb、12CrMoG、15CrMoG、12Cr2MoG、12Cr1MoVG、12Cr2MoWVTiB、07Cr2MoW2VNbB、12Cr3MoVSiTiB、15Ni1MnMoNbCu	4 级~10 级 <sup>a</sup>	不超过 3 级
2	10Cr9Mo1VNbN、10Cr9Mo1VNbNG、10Cr9MoW2VNbBN、08Cr9W3Co3VNbCuBN	外径小于或等于 273mm， ≥4 级 <sup>a</sup>	不超过 3 级
		外径大于 273mm，实际晶 粒度按实际检验结果 <sup>a</sup>	—
3	07Cr19Ni10、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb、07Cr25Ni21	4 级~7 级	不超过 3 级
4	07Cr25Ni21NbN	2 级~7 级	不超过 3 级
5	10Cr18Ni9NbCu3BN、08Cr18Ni11NbFG	7 级~10 级	不超过 3 级
6	07Cr23Ni15Cu4NbN	4 级~7 级	不超过 3 级
注：晶粒度最大与最小级别差算法，若最小为 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。			
<sup>a</sup> 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，其级别大于或等于 2 级。			

### 6.9 脱碳层

外径  $D \leq 76\text{mm}$  的冷拔（轧）优质碳素结构钢和合金结构钢钢管应检验全脱碳层。外表面全脱碳层深度应小于或等于  $0.2\text{mm}$ ，内表面全脱碳层深度应小于或等于  $0.3\text{mm}$ ，两者之和应小于或等于  $0.4\text{mm}$ 。

### 6.10 显微组织

钢管的显微组织应符合表 8 的规定。

表 8 钢管的显微组织

分类	牌号	参考标准	显微组织
非合金钢	20G、20MnG、25MnG	GB/T 5310	铁素体加珠光体
合金钢	15MoG、20MoG、12CrMoG、15CrMoG	GB/T 5310	铁素体加珠光体，可以有粒状贝氏体或全贝氏体存在，但不应有相变临界温度 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的不完全相变产物（如黄块状组织）存在
	09CrCuSb	—	
	12Cr2MoG、12Cr1MoVG	GB/T 5310	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。可有索氏体存在，但不应有相变临界温度 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 之间的不完全相变产物（如黄块状组织）存在
	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	贝氏体加铁素体，或全贝氏体
	12Cr2MoWVTiB、07Cr2MoW2VNbB、12Cr3MoVSiTiB	GB/T 5310	回火贝氏体。可有索氏体或回火马氏体存在，但不应有自由铁素体存在
	10Cr9Mo1VNbNG	T/CSTM 00155	回火马氏体或保持马氏体位相的回火索氏体
	10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	回火马氏体或保持马氏体位相的回火索氏体。10Cr9MoW2VNbBN 可有少量 $\delta$ -铁素体存在，但含量不应超过 5%
	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	回火马氏体。不应有高温铁素体（ $\delta$ -铁素体）和自由铁素体存在
奥氏体耐热钢	07Cr19Ni10、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb、07Cr25Ni21、07Cr25Ni21NbN、10Cr18Ni9NbCu3BN、08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	奥氏体
	07Cr23Ni15Cu4NbN	—	

### 6.11 晶间腐蚀试验

一般情况下不做晶间腐蚀试验。如有要求，奥氏体耐热钢钢管可按 GB/T 4334 的要求进行晶间腐蚀试验，具体方法和合格标准由供需双方协商确定。

## 7 试验方法

7.1 钢管的尺寸与外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

7.2 钢管的内外表面质量应逐根目视检查。

7.3 其他检验项目的取样和试验方法应符合表 9 的规定。

## 8 检验规则

### 8.1 检查和验收

按本文件订购的钢管，应通过规定的检验来验证是否符合订单的要求。钢管的检验应由制造商的质量监督部门进行。

### 8.2 组批规则

钢管按批进行检查和验收，同批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一热处理制度（炉次）的钢管组成，每批钢管的数量应符合相应产品的材料标准规定。

### 8.3 取样数量

钢管的检验和试验项目、取样数量应符合表9的规定。

### 8.4 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。

表9 试验一览表

序号	试验项目	试验方法	取样方法	取样数量
1	熔炼分析	GB/T 223、GB/T 4336、 GB/T 11170、GB/T 20123、 GB/T 20124	GB/T 20066	每炉 1 个试样
	成品分析			
2	室温拉伸	GB/T 228.1	GB/T 2975	每批 2 根钢管各取 1 个试样
3	高温拉伸	GB/T 228.2	GB/T 2975	每批 2 根钢管各取 1 个试样
4	冲击试验	GB/T 229	GB/T 2975	每批 2 根钢管各取 1 组 3 个试样
5	硬度试验	GB/T 230.1、 GB/T 231.1、 GB/T 4340.1	GB/T 2975	每批 2 根钢管各取 1 个试样
6	压扁试验	GB/T 246	GB/T 246	每批 2 根钢管各取 1 个试样
7	弯曲试验	GB/T 232	GB/T 232	每批 2 根钢管各取 1 组 2 个试样
8	扩口试验	GB/T 242	GB/T 242	每批 2 根钢管（压扁试验以外钢管）各取 1 个试样
9	液压试验	GB/T 241	—	逐根
10	涡流检测	GB/T 7735—2016	—	逐根
11	漏磁检测	GB/T 12606—2016	—	逐根
12	超声检测	GB/T 5777—2019、 GB/T 31925—2015	—	逐根
13	低倍检验	GB/T 226、GB/T 1979	GB/T 226	每批 2 根钢管各取 1 个试样
14	非金属夹杂物	GB/T 10561—2005	GB/T 10561—2015	每批 2 根钢管各取 1 个试样
15	晶粒度	GB/T 6394—2017	GB/T 6394—2017	每批 2 根钢管各取 1 个试样
16	脱碳层	GB/T 224	GB/T 224	每批 2 根钢管各取 1 个试样
17	显微组织	GB/T 13298	GB/T 13298	每批 2 根钢管各取 1 个试样
18	尺寸检验	量具	—	逐根
19	表面质量	目视	—	逐根
20	合金钢材料鉴别	适当的方法	—	逐根
21	晶间腐蚀试验	GB/T 4334	GB/T 4334	每批 2 根钢管各取 1 个试样

## 9 包装、标志和质量证明书

### 9.1 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 NB/T 47019.1 和 GB/T 2102 的规定。

### 9.2 附加标记

必要时，钢管上可使用附加记号。

### 9.3 采用特殊保护

钢管交货时一般不涂短期防腐剂，可采用短期防护或长期防护或（和）涂防腐材料。

附录 A  
(资料性)  
100 000h 持久强度推荐数据

表 A.1 列出了本文件钢管材料的 100 000h 持久强度 (平均值) 推荐数据。

表 A.1 100 000h 持久强度推荐数据

序号	牌号	下列温度 (°C) 下 100 000h 持久强度推荐值/MPa																															
		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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	169	153	138	124	110	98	85	75	64	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	12Cr2MoWVTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	176	162	147	132	118	105	92	80	69	59	50	—	—	—	—	—	—	
11	07Cr2MoW2VNbB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	184	171	158	145	134	122	111	101	90	80	69	58	43	28	14	—	—	—	—	—	
12	12Cr3MoVSiTiB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	148	135	122	110	98	88	78	69	61	54	47	—	—	—	—	—	—

表 A.1 (续)

序号	牌号	下列温度(°C)下100 000h持久强度推荐值/MPa																														
		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
13	15Ni11MnMoNbCu	373	349	325	300	273	245	210	175	139	104	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	10Cr9Mo1VNbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10Cr9Mo1VNbNG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	10Cr9MoW2VNbBN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	170	156	143	129	116	103	91	79	68	57	—	—	—	—	
16	08Cr9W3Co3VNbCuBN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	172	158	141	120	98	75	53	35	21	12	6
	(G115)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	07Cr19Ni10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96	88	81	74	68	63	57	52	47	44	40
18	10Cr18Ni9NbCu3BN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137	131	124	117	107	97	87	79	71
19	07Cr25Ni21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	167	160	150	139	127	115	103	92	83	73	65	58	52	46	41	37	34	30	27	24
20	07Cr25Ni21NbN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	177	160	144	129	116	103	94	85	76	69	62
21	07Cr19Ni11Ti	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	123	118	108	98	89	80	72	66	61	55	50	46	41	38	35
22	07Cr18Ni11Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	132	121	110	100	91	82	74	66	60	54	48
23	08Cr18Ni11NbFG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	161	148	132	122	111	99	90	81	73	66	59
24	07Cr23Ni15Cu4NbN (SP2215)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	192	178	164	151	138	126	115	105	95	86	78

注：数据来源于 GB/T 5310 及相关团体标准。



## 参 考 文 献

- [1] T/CISA 006—2019 电站锅炉用 07Cr23Ni15Cu4NbN (SP2215) 新型奥氏体耐热钢无缝  
钢管
- [2] T/CSTM 00017—2017 电站用马氏体耐热钢 08Cr9W3Co3VNbCuBN (G115) 无缝钢管

---

加入“常州精密钢管博客官方知识星球”即可免费下载所有的专业技术文档!

**常州精密钢管博客** 知识星球

专业的 钢铁知识 钢管知识 热处理知识 钢铁行业资讯 分享网站

官方网站: <http://www.josen.net>

微信扫码加入星球

 知识星球

