

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47019.1—2021
代替 NB/T 47019.1—2011

锅炉、热交换器用管订货技术条件 第 1 部分：通则

Purchase technical specification for boiler & heat exchanger tubes—
Part 1: General requirements

2021-01-07 发布

2021-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	4
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	6
4 分类和标记	6
5 一般要求	7
6 尺寸、外形、重量及允许偏差	8
7 技术要求	12
8 检验和试验规则	16
9 运输包装、标记和质量证明书	17
附录 A（规范性） 超长直管、盘管附加要求	18
附录 B（规范性） U形换热管附加要求	19
附录 C（资料性） 光亮化处理的非合金钢管和低、中合金钢管运输包装附加要求	23

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1部分。

本文件代替 NB/T 47019.1—2011《锅炉、热交换器用管订货技术条件 第1部分：通则》，与 NB/T 47019.1—2011 相比，主要技术变化如下：

- 增加了 T I（特级）换热管，并规定了该级别换热管的外径偏差、表面粗糙度 Ra 等级要求；
- 增加镍及镍合金管相关内容；
- 规定了制作商、供应商和需方的权力、责任和义务；
- 修订了换热管 II 级（普通级）、I 级（高级）的尺寸公差等要求；
- 增加了规范性附录 A，超长直管（30m~50m）和盘管（300m 以内）成品的尺寸偏差、取样、检验及运输包装等附加要求；
- 增加了规范性附录 B，U 形换热管附加要求；
- 增加了资料性附录 C，光亮化处理的非合金钢管和低、中合金钢管运输包装附加要求。

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：上海蓝滨石化设备有限责任公司、中国特种设备检测研究院、中国石化工程建设有限公司、中石化广州工程有限公司、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、浙江中达新材料股份有限公司、浙江久立特种科技股份有限公司、无锡腾跃特种钢管有限公司、江苏冠邦钢管有限公司、江苏常宝钢管股份有限公司、中国昆仑工程有限公司、宝钛集团有限公司。

本文件主要起草人：张延丰、张迎恺、周文学、张国信、张瑞、陈志伟、刘树华、万网胜、徐姚松、邵羽、高屹峰、马忠贤、王志标、孙登峰、陈战杨。

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 47019.1—2011；
- 本次为第一次修订。

锅炉、热交换器用管订货技术条件

第1部分：通则

1 范围

1.1 本文件规定了锅炉、热交换器传热用管的一般要求，尺寸、外形、重量及允许偏差，技术要求，检验和试验规则，运输包装、标记和质量证明书等订货技术要求，并规定了相关各方的职责、权利和义务。

1.2 本文件适用于锅炉、热交换器等承压设备用的非合金钢、合金钢、不锈钢、低温用低合金钢管子，以及钛及钛合金、铜及铜合金、镍及镍合金管子的订货。

1.3 本文件换热管外径适用范围为 $\phi 10\text{mm} \sim \phi 127\text{mm}$ ，超出该尺寸范围时可参照本文件并按合同要求订货。

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 150（所有部分） 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB/T 242 金属管 扩口试验方法

GB/T 244 金属材料 管 弯曲试验方法

GB/T 245 金属材料 管 卷边试验方法

GB/T 246 金属材料 管 压扁试验方法

GB/T 2102—2006 钢管的验收、包装、标志和质量证明书

GB/T 8888—2014 重有色金属加工产品的包装、标志、运输、贮存和质量证明书

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 16507（所有部分） 水管锅炉

GB/T 16508（所有部分） 锅壳锅炉

GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差

JB/T 4745 钛制焊接容器

JB/T 4755 铜制压力容器

JB/T 4756 镍及镍合金制压力容器

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

NB/T 47019.3 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

NB/T 47019.7 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第7部分：铜和铜合金

NB/T 47019.8 锅炉、热交换器用管订货技术条件 第8部分：钛和钛合金

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

供方（卖方） **supplier (seller)**

提供符合本文件产品和服务的组织，包括制作商和供应商。

3.2

管子制作商 **tube mill**

制作符合本文件产品，并提供给需方（买方）产品和服务的工厂组织。

3.3

需方（买方） **purchaser (buyer)**

购买符合本文件产品和服务，并将其用于锅炉、热交换器零部件制造的工厂组织。

3.4

管子 **tube**

锅炉管和换热管的统称。

3.5

锅炉管 **boiler tube**

用于余热锅炉和非直接受火锅炉换热用管子。

3.6

换热管 **heat exchanger tube**

热交换器传热用无缝管或焊接管。

3.7

焊接管 **welded tube**

直缝焊接和直缝焊接加轧制管的统称。

4 分类和标记

4.1 管子的制作方式分为以下几类：

- a) 热轧（挤压）无缝管；
- b) 锻造镗孔无缝管；
- c) 冷拔（轧）无缝管；
- d) 焊接管：长度不限，材料仅限奥氏体不锈钢管、钛及钛合金管。

4.2 管子材料分为以下几大类：

- a) 非合金钢（碳素结构钢）；
- b) 低合金钢（合金元素总含量小于5%的钢）、中合金钢（合金元素总含量在5%~10%的钢）；
- c) 高合金钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、奥氏体-铁素体型双相钢不锈钢；
- d) 铜及铜合金；
- e) 钛及钛合金；
- f) 镍及镍合金。

4.3 管子交货方式有以下几种：

- a) 无缝直管，包括常规直管和超长直管；
- b) 盘管，当以盘管供货时，盘圆圈径一般为 1 400mm~1 800mm，轴盘缠绕后交货；
- c) U 形管，按订单规定的系列 r 值，弯曲后交货或弯曲后对弯管段进行热处理后交货。

4.4 管子长度规格有以下几种：

- a) 常规直管（无缝）：长度小于或等于 30m，不限材料；
- b) 超长直管（无缝）：长度为 30m~50m，仅限于奥氏体不锈钢管、铜及铜合金管；
- c) 盘管：无缝管长度为 50m~100m，仅限奥氏体不锈钢管、铜及铜合金管；
- d) 焊接管：长度不限，材料仅限奥氏体不锈钢管、钛及钛合金管。

4.5 管子标记应包括下述内容：

- a) 本文件编号；
- b) 材料牌号；
- c) 制作方式；
- d) 规格（包括公称外径、公称壁厚和长度）以及根数；
- e) 管子级别，锅炉管级别分为 II 级（普通级）和 I 级（高级），换热管级别分为 II 级（普通级）、I 级（高级）和 T I 级（特级）。

5 一般要求

5.1 依据本文件生产的相应产品，除应满足本文件的规定外，还应符合 GB/T 150、GB/T 151、GB/T 16507、GB/T 16508、JB/T 4745、JB/T 4755、JB/T 4756 等对相关产品使用范围的规定和要求。

5.2 供方应保证所提供的管子质量与本文件要求相一致，并按标准或合同约定进行检验。

5.3 供应商应经制作商授权提供管子的销售和服务。

5.4 产品标记至少应包含 4.5 所规定的内容。

5.5 需方向制作商或供应商提供以下订货资料。如果需方有超出本条款的要求，应在合同中特别规定。

- a) 本文件编号；
- b) 产品名称；
- c) 材料牌号；
- d) 制作方式；
- e) 交货状态（热处理等）；
- f) 规格（公称外径、公称壁厚和长度）及管子级别；
- g) 重量或只数以及交货方式；
- h) 试验要求；
- i) 用户指定的管端切口加工要求；
- j) 用户指定的其他特殊要求。

5.6 制作热交换器用 T I 级换热管的制作商应有相关经备案的企业标准作为参照。

5.7 超长直管和盘管的长度允许偏差、取样和运输包装应符合附录 A 的规定。

5.8 热交换器用 I 级换热管宜经光亮热处理后交货；热交换器用 T I 级换热管应经保护气氛光亮热处理后交货。

- 5.9 用作换热管的超长直管应采用无缝整管制作，不应拼接。
- 5.10 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管应避免铁离子污染。
- 5.11 钢管有高温强度及持久蠕变强度要求时，应按 NB/T 47019.3 的规定选用。

6 尺寸、外形、重量及允许偏差

6.1 外径允许偏差

6.1.1 按公称外径 D 交货时，锅炉管外径允许偏差应符合表 1 的规定。合同未约定时，管子外径的允许偏差按 II 级（普通级）的规定供货。

表 1 锅炉管外径允许偏差

单位为毫米

锅炉管制作方法	尺寸		外径允许偏差	
	公称外径 D	壁厚 S	II 级	I 级
热轧（挤压）无缝	$D \leq 54$	—	± 0.40	± 0.30
	$54 < D \leq 325$	$S \leq 35$	$\pm 0.75\%D$	$\pm 0.5\%D$
		$S > 35$	$\pm 1\%D$	$\pm 0.75\%D$
	$D > 325$	—	$\pm 1\%D$	$\pm 0.75\%D$
冷拔（轧）无缝	$D \leq 25$	—	± 0.15	± 0.10
	$25 < D \leq 38$	—	± 0.20	± 0.15
	$38 < D \leq 50$	—	± 0.25	± 0.20
	$50 < D \leq 60$	—	± 0.30	± 0.25
	$D > 60$	—	$\pm 0.5\%D$	—
锻造镗孔无缝	$219 \leq D \leq 273$	—	$-0.8 \sim +1.6$	
	$273 < D \leq 457.2$	—	$-0.8 \sim +2.4$	
	$457.2 < D \leq 660.4$	—	$-0.8 \sim +3.2$	
	$660.4 < D \leq 863.6$	—	$-0.8 \sim +4.0$	
	$D > 863.6$	—	$-0.8 \sim +4.8$	

6.1.2 铜及铜合金、钛及钛合金换热管的外径允许偏差按 NB/T 47019.7 和 NB/T 47019.8 的规定。

6.1.3 按公称外径 D 交货时，换热钢管外径允许偏差应符合表 2 的规定。合同未约定换热管级别时，换热管外径的允许偏差按 II 级（普通级）的规定供货。

表2 换热管外径允许偏差

单位为毫米

换热管制作方式	外径 D	外径允许偏差		
		Ⅱ级	I级	TI级
无缝、焊接	$D \leq 25$	± 0.10	± 0.08	± 0.05
	$25 < D \leq 38$	± 0.15	± 0.13	± 0.10
	$38 < D \leq 50$	± 0.20	± 0.15	± 0.15
	$50 < D \leq 65$	± 0.25	± 0.20	± 0.20
	$65 < D \leq 76$	± 0.30	± 0.25	± 0.20
	$76 < D \leq 127$	$\pm 0.5\%D$	$\pm 0.5\%D$	

6.2 内径允许偏差

6.2.1 按公称内径 d 交货时，其内径允许偏差为 $\pm 1\%d$ 。

6.2.2 锻造镗孔管，其内径上偏差为0，下偏差为-1.6mm。

6.3 壁厚允许偏差

6.3.1 锅炉管壁厚 S 允许偏差应符合表3的规定。锅炉管一般按公称壁厚交货，如果需方有要求，也可按最小壁厚交货。当合同未约定时，锅炉管壁厚的允许偏差应满足Ⅱ级的规定。

表3 锅炉管壁厚允许偏差

单位为毫米

锅炉管制作方式	尺寸		壁厚允许偏差			
			按公称平均壁厚供货		按最小壁厚供货	
	壁厚 S	外径 D	Ⅱ级	I级	Ⅱ级	I级
热轧（挤压）无缝	$S \leq 4.0$	—	± 0.45	± 0.35	$+0.90$ 0	$+0.70$ 0
	$4.0 < S \leq 20$	—	$+12.5\%S$ $-10\%S$	$\pm 10\%S$	$+22\%S$ 0	$+20\%S$ 0
	$S > 20$	$D < 219$	$\pm 10\%S$	$\pm 7.5\%S$	$+20\%S$ 0	$+15\%S$ 0
		$D \geq 219$	$+12.5\%S$ $-10\%S$	$\pm 10\%S$	$+22\%S$ 0	$+20\%S$ 0
冷拔（轧）无缝	$S \leq 3.0$	—	± 0.3	± 0.2	$+0.60$ 0	$+0.40$ 0
	$S > 3.0$	—	$\pm 10\%S$	$\pm 7.5\%S$	$+20\%S$ 0	$+15\%S$ 0
锻造镗孔无缝	—	—	—	—	$+3.2$ 0	

6.3.2 铜及铜合金、钛及钛合金换热管的壁厚允许偏差按 NB/T 47019.7 和 NB/T 47019.8 的规定。

6.3.3 换热钢管壁厚 S 的允许偏差应符合表4的规定。换热管一般按最小壁厚交货，如果需方有要求，也可按公称平均壁厚交货。当合同未约定时，换热管壁厚的允许偏差应满足Ⅱ级的规定。

表 4 换热管钢管壁厚允许偏差

单位为毫米

换热管制作方式	尺寸		壁厚允许偏差					
			按公称平均壁厚供货			按最小壁厚供货		
	壁厚 S	外径 D	II 级	I 级	TI 级	II 级	I 级	TI 级
冷轧(拔)无缝、直缝焊接轧制	$S \leq 2.5$	$S \leq 38$	$\pm 10\%S$	$\pm 7.5\%S$	$\pm 5\%S$	$+20\%S$ 0	$+15\%S$ 0	$+10\%S$ 0
	$S > 2.5$	$S \leq 38$	$\pm 9\%S$	$\pm 7\%S$	$\pm 5\%S$	$+18\%S$ 0	$+15\%S$ 0	$+10\%S$ 0
	—	$S > 38$	$\pm 10\%S$	$\pm 9\%S$	$\pm 7.5\%S$	$+22\%S$ 0	$+18\%S$ 0	$+15\%S$ 0
直缝焊接	—	—	$\pm 5\%S$			$+15\%S$ 0		

6.3.4 U形弯管部分的最小壁厚应符合附录 B 的规定。

6.3.5 热轧换热钢管的壁厚允许偏差应符合表 3 的规定。

6.4 壁厚不均

6.4.1 管子横截面上壁厚不均 $S_{不均}$ 按式 (1) 计算：

$$S_{不均} = S_{max} - S_{min} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

S_{max} ——实测最大壁厚，mm；

S_{min} ——实测最小壁厚，mm。

6.4.2 无缝管的壁厚不均 $S_{不均}$ 不应超过管子壁厚公差 的 80%。

6.5 长度允许偏差

6.5.1 锅炉管和换热管一般以直管交货，常规交货长度 L 为 3m~30m。

6.5.2 管子采用定尺或倍尺交货时，长度允许偏差按下述规定：

a) $D \leq 57\text{mm}$ 时：

$L \leq 6\,000\text{mm}$ ，允许偏差为 0mm~4mm；

$6\,000\text{mm} < L \leq 9\,000\text{mm}$ ，允许偏差为 0mm~6mm；

对于超出 9 000mm 的则为每 3 000mm 或其余数再增加 3mm，但最大为 13mm。

b) $57\text{mm} < D \leq 159\text{mm}$ 时：

$L \leq 6\,000\text{mm}$ ，允许偏差为 0mm~10mm；

$6\,000\text{mm} < L \leq 9\,000\text{mm}$ ，允许偏差为 0mm~15mm；

$L > 9\,000\text{mm}$ ，允许偏差为 0mm~20mm。

c) $D > 159\text{mm}$ 时，允许偏差为 0mm~30mm。

6.5.3 当无缝奥氏体不锈钢、铜管直管的交货长度 L 为 30m~50m 时，长度允许偏差为 0mm~15mm。

6.5.4 U形换热管弯制后供货的附加技术要求按附录 B 的规定执行。

6.5.5 盘管的长度允许偏差按附录 A 的规定执行。

6.5.6 管子采用定尺或倍尺交货时，每个倍尺长度应按下述规定留出切口余量：

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

b) $D > 159\text{mm}$ 时，切口余量为 10mm~15mm。

6.6 圆度

6.6.1 无缝管和直缝焊接轧制管的圆度公差应不超过公称外径公差的 80%；盘管交货的换热管在圆弧处的圆度公差应不超过换热管公称直径的 2.0%；焊接管的圆度公差应不超过外径允许公差。

6.6.2 公称外径 $D \leq 50\text{mm}$ 、壁厚 $S \leq 2\%D$ 或公称外径 $D > 50\text{mm}$ 、壁厚 $S \leq 3\%D$ 的薄壁管，公称外径公差可不按表 1、表 2 的规定，但应按表 5 控制其圆度（任一截面外径最大值与最小值的差值）。

表 5 薄壁管的圆度公差

单位为毫米

薄壁管制作方式	公称外径 D	圆度公差不大于
无缝，直缝焊接轧制	$D \leq 25$	0.5
	$D > 25$	$2.0\%D$
直缝焊接	—	$1.5\%D$

6.7 弯曲度（直度公差）

6.7.1 铜及铜合金直管的弯曲度（直度公差）应符合 NB/T 47019.7 的规定。其他材料的常规直管交货时，I 级和 II 级常规长度管子允许的每米弯曲度应符合如下规定：

- $S \leq 15\text{mm}$ 时，弯曲度不大于 1.2mm/m ；
- $15\text{mm} < S \leq 30\text{mm}$ 时，弯曲度不大于 2.0mm/m ；
- $S > 30\text{mm}$ 时，弯曲度不大于 3.0mm/m ；
- 任意公称壁厚的 $D \geq 127\text{mm}$ 的管子，其全长弯曲度应不大于管子长度的 0.10%。

6.7.2 T I 级常规直管管子允许的弯曲度应不大于 1.0mm/m 。

6.7.3 对于 $S \leq 15\text{mm}$ 的超长直管，允许的弯曲度应不大于 2.0mm/m 。

6.8 管端加工

6.8.1 管子两端面切口应光滑，无毛刺和裂纹；切斜应按表 B.6 的规定执行。

6.8.2 经供需双方协商并在合同中规定，交货管子的端部可以加工成倒角（见图 1）交货。倒角 α 应为 $30^\circ +5^\circ$ ，端面处 C 值应为 $1.6\text{mm} \pm 0.8\text{mm}$ 。如果管子壁厚大于 20mm ，倒角尺寸应双方协议规定。

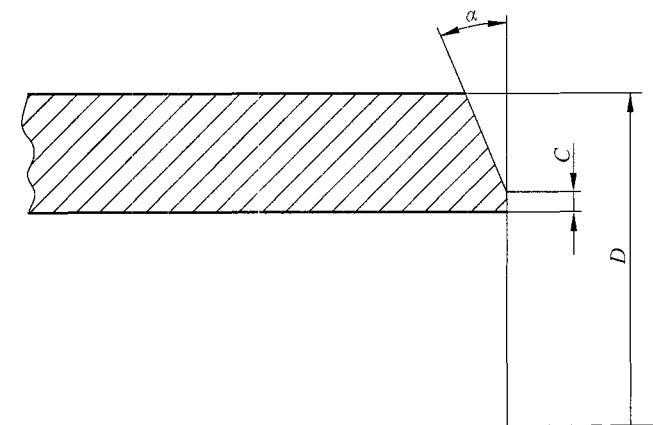


图 1 管端倒角

6.9 直缝焊接管焊缝余高

6.9.1 焊缝外侧余高应清除至与母材平齐。

6.9.2 焊缝内侧余高应以机械方法清除，对于外径 $D \leq 38\text{mm}$ 的焊接管，管内任意点的最大余高应不大于 0.15mm ；对于外径 $D > 38\text{mm}$ 的焊接管，管内任意点的余高应不大于 0.25mm 。

6.10 重量

6.10.1 钢管应按实际重量交货，且满足 NB/T 47019 相应部分规定的要求。经供需双方协商，并在合同中注明，也可按理论重量交货。

6.10.2 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管应按实际重量交货。

6.10.3 钢管理论重量按 GB/T 17395 的规定计算。除合同另有约定外，非合金、低合金钢常规直管、U 形管单根钢管实际重量与理论重量的允许偏差为理论重量的 $\pm 7.5\%$ 。不锈钢常规直管、U 形管单根钢管实际重量与理论重量的允许偏差为理论重量的 $-5\% \sim +10\%$ 。

6.10.4 奥氏体不锈钢超长直管、盘管单根实际重量与理论重量的允许偏差为理论重量的 $-5\% \sim +10\%$ 。

7 技术要求

7.1 制作方法

7.1.1 管子材料的冶炼应符合 NB/T 47019 各相关部分的要求。

7.1.2 管坯可采用模铸、连铸或热轧（锻）方法制作。

7.1.3 钢管可采用热轧（挤压）、锻造镗孔、冷拔（轧）、直缝焊接等方法制作。直接采用模铸坯（钢锭）或连铸坯制作钢管时，其轧比或锻造比应不低于 3。

7.1.4 铜及铜合金管、钛及钛合金管、镍及镍合金管制作方法应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

7.1.5 U 形管可以热弯或冷弯加工。弯管后的热处理按合同规定执行。经热处理后的 U 形弯管和直管段部分的力学性能和耐蚀性能应与弯制前的换热管相同。

7.1.6 管子基体金属的缺陷不应采用焊接的方法进行修补。

7.2 化学成分

7.2.1 制作商应对每一炉钢进行熔炼分析，化学成分应符合相应牌号的产品标准。

7.2.2 铜及铜合金、钛及钛合金换热管应提供铸锭的分析结果，镍及镍合金换热管应提供冶炼成分结果。

7.2.3 NB/T 47019 相关部分有规定时，可对管子进行成品化学分析。

7.3 力学性能

7.3.1 管子应符合 NB/T 47019 各部分规定的拉伸性能要求。

7.3.2 管子的硬度应符合 NB/T 47019 相应部分规定的要求。焊接管硬度测试应在远离焊缝处进行。

7.3.3 管子夏比缺口冲击试验应符合 NB/T 47019 相应部分规定的要求，冲击试样应符合下列规定。

7.3.3.1 外径 $D < 219\text{mm}$ 的管子，冲击试样可由制作商选择沿管子纵向或横向取样。如合同中无特殊规定，仲裁试样应沿管子纵向截取。 $D \geq 219\text{mm}$ 的管子，冲击试样应沿管子横向取样。

7.3.3.2 无论沿管子纵向截取还是沿管子横向截取，冲击试样均应为全尺寸、3/4 尺寸或 1/2 尺寸中可能的较大尺寸试样。当管子尺寸不足以截取 1/2 尺寸冲击试样时，管子不做冲击试验。

7.3.3.3 当管子尺寸无法制备冲击吸收能量全尺寸试样时，可以采用 3/4 尺寸或 1/2 尺寸的小尺寸

试样；采用小尺寸冲击试样时，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 6 的递减系数。

表 6 小尺寸冲击试样冲击递减系数

试样规格	试样尺寸/mm	递减系数
全尺寸	10.0×10.0	1.00
3/4 尺寸	10.0×7.5	0.75
1/2 尺寸	10.0×5.0	0.50

7.4 工艺性能

7.4.1 换热管应按 GB/T 246 进行压扁试验及评定，并符合以下规定。

7.4.1.1 将换热管试样置于两块平板之间进行冷态压扁，焊接管的焊缝应置于与加力方向成 90° 角的位置（最大弯曲点处）。

7.4.1.2 压扁试验分延性试验和闭合压扁试验。压扁试样一般为环状试样，当标准有规定时，也可按标准要求制作 C 型试样。

7.4.1.3 延性试验系将试样压至两块平板间距离为 H ， H 值按式（2）计算：

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

式中：

H ——两平板间的距离，mm。

S ——管子公称壁厚，mm。

D ——管子公称外径或计算外径，mm。

α ——单位长度变形系数，按下列规定取值：

- a) 非合金钢、低合金钢和中合金钢为 0.08，当 $S/D > 0.1$ 时， α 可取 0.07；
- b) 奥氏体不锈钢为 0.09；
- c) 奥氏体-铁素体型双相不锈钢为 0.07。

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。

7.4.1.4 闭合压扁试验在上述延性试验的基础上继续进行，压到试样破裂或试样管相对两壁相碰。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。

7.4.1.5 下述情况不能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无金属光泽的裂纹；
- b) 当 $S/D > 0.1$ 时，试样 6 点钟（底）和 12 点钟（顶）位置处内表面的裂纹。

7.4.1.6 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管压扁试验应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

7.4.2 当合同有约定时，壁厚不大于 10mm 的管子应按 GB/T 242 的规定在室温下进行扩口试验及评定，试样长度大于 50mm，顶芯锥度为 60°。扩口后试样的外径扩口率应符合表 7 的规定。

表 7 外径扩口率

材料种类	外径扩口率/%		
	内径/外径 ^a		
	≤0.6	>0.6~0.8	>0.8
非合金钢	10	12	17
低合金钢和中合金钢	8	10	15
奥氏体不锈钢无缝管	12	15	18
奥氏体-铁素体型双相不锈钢、 铁素体不锈钢	10		
奥氏体不锈钢焊接管	20		
铜及铜合金、钛及钛合金、 镍及镍合金	应符合 NB/T 47019 相关部分的规定		
^a 实测试样的原始内径和原始外径。			

7.4.3 当需要时，外径不大于 65mm 的换热管可按批抽取 1 只按 GB/T 244 的规定进行弯曲试验。弯曲试验弯曲角度为 90°，弯模半径为管子外径的 6 倍。

7.4.4 当合同有约定时，焊接管应按 GB/T 245 的规定进行卷边试验。将管子试样向外卷边，使卷边与管体成直角。卷边宽度（由内壁量起）不应小于外径的 15%，也不应小于公称壁厚的 1.5 倍。

7.4.5 当相应焊接管标准中未规定展平试验时，应在合同中约定是否需要进行展平试验。展平试验时，将一段管子试样沿与焊缝成 90°角两侧纵向剖开，将带焊缝半圆弧试样平放在两块平行板之间，在室温下用压力机或其他方法将试样均匀地展平，展平后试样不应出现裂缝或裂口。

7.4.6 当合同有约定时，焊接管应进行反向弯曲试验。将已展平的管子试样围绕一个直径为 4 倍壁厚的心轴进行弯曲，心轴平行于焊缝，内壁焊缝位于试样外侧最大弯曲处。弯曲后试样不应出现裂缝或裂口。

7.5 耐压试验

7.5.1 进行水压试验时，水压试验压力按式（3）计算，且最高试验压力不宜超过 20MPa：

$$p = \frac{2SR}{D} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

p ——试验压力，MPa。

S ——管子壁厚，mm。

D ——管子公称外径或计算外径，mm。

R ——允许应力，MPa；应按下列规定取值：

- 非合金钢和合金耐热钢无缝管为材料标准规定的屈服强度下限值的 80%；
- 奥氏体不锈钢无缝管、焊接管为材料标准规定的屈服强度下限值的 70%；
- 铁素体无缝钢管为材料标准规定的屈服强度下限值的 60%；
- 奥氏体-铁素体型双相不锈钢取材料标准规定的屈服强度下限值的 50%。

7.5.2 当采用高于式（3）计算得到的试验压力时，管壁应力 $\sigma = pD/2S$ 不应高于材料标准规定的屈服强度 R_{eL} 或规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 下限值的 90%。

7.5.3 当试验材料为奥氏体不锈钢时，水中的氯离子含量应不大于 25mg/L。水压试验后应去除残留水。

7.5.4 如合同没有约定，相关标准允许时制造商可以采用涡流检测或漏磁检测代替水压试验，但应规定相应的合格等级。

7.5.5 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管水压试验压力计算公式、最大试验压力和压力保持时间应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

7.5.6 以盘管方式交货的钢管应逐根进行水压试验，保压时间不少于 5min。超长直管不宜进行水压试验时，在合同有约定的情况下可用超声检测代替水压试验。其他钢管的耐压试验压力保持时间不少于 10s。

7.5.7 水压试验不能检查管子的端部时，管子制造商应确定不能受检的管端长度，并按 NB/T 47019 相关部分的要求消除盲区。

7.6 水下密封试验

7.6.1 当合同有约定时，焊接管应逐根进行水下密封试验。

7.6.2 将一根内外表面清洁、干燥的管子浸泡在清水中，使用干净且不带水的、压力不小于 1.0MPa 的压缩空气进行水下气压试验。当试验管为焊管时，应使其焊缝朝向观测者，以便于目视观察。

7.6.3 试验时应有良好的照明，最好为水下照明，光照度 $\geq 1\ 000\text{Lux}$ 。对奥氏体不锈钢管子，测试用水氯离子 $\leq 50\text{mg/L}$ 。在水表面趋于平静且压力保持 5s 后，开始检查管子的整个外表面，不应有任何泄漏。泄漏段允许切除，但保留的管子须重新进行密封试验。试验后应立即吹干或擦干管子表面。

7.7 无损检测

7.7.1 所有的无损检测操作都应由具备操作资格的人员完成。

7.7.2 无损检测可采用超声检测和涡流检测等检测方法，检测方法应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

7.7.3 制造商应确定不能检验管子端部的无损检测盲区的长度，并采用人工方法或其他机械方法去除，每端去除长度为盲区长度加 20mm。

7.7.4 焊接管焊缝全长应按 NB/T 47013.2 的规定进行射线检测。

7.8 低倍检验

7.8.1 钢管的低倍检验应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

7.8.2 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管的低倍检验应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

7.9 金相检验

7.9.1 金相检验包括非金属夹杂物、脱碳层、晶粒度、显微组织等检验方法。

7.9.2 钢管的金相检验按 NB/T 47019 相应部分的规定进行。

7.10 腐蚀试验

换热管的腐蚀试验按 NB/T 47019 相应部分的规定进行。

7.11 表面质量

7.11.1 管子的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查表面质量。

7.11.2 管子应具有良好的表面质量，并应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

7.11.3 换热管内外表面不应有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤。

7.11.4 管子内外表面清理等级或粗糙度应符合下列要求：

- a) 热加工的非合金钢、低合金钢管内外表面应酸洗或喷砂清理至无氧化皮状态，达到 GB/T 8923.1—2011 中的 Sa2 级外观标准；
- b) 冷加工的非合金钢、低合金钢管内外表面应酸洗或喷砂清理至无氧化皮状态，达到 GB/T 8923.1—2011 中的 Sa $\frac{1}{2}$ 级外观标准；
- c) I 级不锈钢管内外表面粗糙度 Ra 应小于或等于 $3.2\mu\text{m}$ ；T I 级换热管内外表面粗糙度 Ra 应小于或等于 $1.6\mu\text{m}$ ，其他级别管子表面粗糙度 Ra 由供需双方协商规定。

7.12 尺寸检验

7.12.1 管子的尺寸和直度应采用符合精度要求的量具逐根测量。

7.12.2 管子直径应在管子的任意处测量。直管应在头、中、尾部错开 120° 测量 3 个截面，超长直管和盘管应在头、中、尾部各测量 3 处。

7.12.3 管子壁厚应在管子的任意处测量，且不少于 2 处。

7.12.4 焊接管内焊缝的余高，应在展平试样上测量。

7.13 材料鉴别

7.13.1 采用适当的方法对合金钢管子进行检验鉴别，以确保材料正确无误。

7.13.2 采用合同规定的方法对铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管检验鉴别。

8 检验和试验规则

8.1 检验和试验

8.1.1 制作商应按 NB/T 47019 相应部分规定的检验和试验范围，对管子进行出厂检验和试验，并在质量证明书上填写检验和试验的结果及数据。检验和试验由制作商质量监督部门进行。

8.1.2 按国外牌号标准生产的管子应符合相应国外标准的规定，但应对照 NB/T 47019 补充所缺少的试验项目。

8.2 组批规则

8.2.1 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，每批只数按 NB/T 47019 相应部分的规定选取，NB/T 47019 相应部分规定的每批只数为热处理后成品切割前的只数，每批的成品只数不超过相应组批只数的 4 倍。

8.2.2 钢管的化学成分按炉批号，选 1 根管子进行化学成分检验。

8.2.3 铜及铜合金、钛及钛合金换热管的化学成分按同一铸锭进行检验；镍及镍合金换热管的化学成分按炉号进行检验。

8.2.4 超长直管、盘管的力学性能和弯曲等工艺性能试验取样，每批取 1 个。同批应由相同外径和壁厚、在 8h 作业班内用同一炉钢制作，并在相同温度和时间条件下于间歇式炉内同一次装料下或连续式炉内热处理的，以及同时提交检查的管子组成。

8.2.5 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管的力学性能和工艺性能试验组批规则应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

8.2.6 常规直管的力学性能和工艺性能试验的组批规则应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

8.2.7 常规直管的其他检验和试验项目按批进行，管子的组批规则应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

8.3 试验方法和取样方法

8.3.1 管子的力学性能和工艺性能试验的取样方法和试验方法应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

8.3.2 管子的金相检验、腐蚀试验和低倍试验的取样方法、取样数量和试验方法应符合 NB/T 47019 相关部分的规定。

8.4 复验与判定规则

8.4.1 当合同未做约定时，钢管的复验和判定按 GB/T 2102 的相关规定执行。

8.4.2 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管复验与判定规则应符合 NB/T 47019 相应部分的规定。

9 运输包装、标记和质量证明书

9.1 运输包装、标记

包装物和标记印记中，不应含有对环境和作业人员有害的物质。

9.2 包装标志、质量证明书

除合同规定外，钢管的包装标志和质量证明书应符合 GB/T 2102 的规定，质量证明书中应有信息化标识。运输包装应符合下列规定：

- a) I 级和 II 级非合金钢直管一般采用钢带捆扎固定，用彩条布或涂塑布外包裹；
- b) I 级和 II 级低、中合金钢直管一般采用钢带捆扎固定，用彩条布外包裹，并装入坚固的容器（铁箱或木箱）中发运；
- c) I 级和 II 级不锈钢直管一般采用钢带捆扎固定，用 PVC 涂塑布外包裹，并装入坚固的容器（铁箱或木箱）中发运；
- d) 非合金和低、中合金钢 U 形换热管应将相同弯管半径的换热管采用钢带捆扎在一起的方式固定，用彩条布外包裹，然后捆扎在基架上发货；
- e) 不锈钢 U 形弯管应按 U 形弯管的弯曲半径整齐码放、固定，用麻袋或塑料布紧密包裹，装入坚固的容器（铁箱或木箱）中发运；
- f) T I 级钢管和表面粗糙度 Ra 不大于 $1.6\mu\text{m}$ 的不锈钢抛光管应按 GB/T 2102—2006 中 5.4 的规定包装，装入坚固的容器（铁箱或木箱）中发运；
- g) 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金换热管的运输包装应符合 NB/T 47019 相应部分的规定；
- h) 超长直管和盘管的运输包装应符合附录 A 的规定；
- i) 光亮化处理的非合金钢和低、中合金钢管运输包装附加要求参见附录 C。

9.3 产品标志

9.3.1 每一捆管子、每一根管子的产品包装箱上应牢固地捆扎产品标志。

9.3.2 钢管产品标志除符合 GB/T 2102 的规定外，还应包括以下内容：

- a) 管子制作厂名和商标；
- b) 管子标准号（NB/T 47019 相应部分编号和冶金标准号，可不带标准年代号）；
- c) 规格、尺寸精度等级。

9.3.3 对于奥氏体不锈钢管，打印的油墨或墨水不应含有任何有害金属或金属盐，如锌、铅或铜。

9.3.4 作为补充标记，钢管产品标志等信息推荐采用条形码或二维码方式表达。

附录 A
(规范性)
超长直管、盘管附加要求

A.1 长度及其允许偏差

A.1.1 超长直管长度及其允许偏差应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 超长直管长度及其允许偏差 单位为毫米

长度 L	长度允许偏差
$30\,000 < L \leq 40\,000$	+200 0
$40\,000 < L \leq 50\,000$	+300 0

A.1.2 盘管长度及其允许偏差应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 盘管长度及其允许偏差 单位为毫米

长度 L	长度允许偏差
$L \leq 100\,000$	+300 0
$100\,000 < L \leq 200\,000$	+500 0
$200\,000 < L \leq 300\,000$	+2.5%公称长度 0
$L > 300\,000$	+3.0%公称长度 0

A.2 取样规定

A.2.1 超长直管和盘管的组批规则同 8.2 的规定。

A.2.2 盘管每批任取 2 个试样，取样位置为头或尾部截掉 2m 后分别各取 1 个试样。

A.2.3 超长直管每批任取 2 个试样，取样位置为头或尾部各取 1 个试样。

A.3 运输包装

A.3.1 盘管的标志、运输包装应符合 GB/T 8888 的规定。

A.3.2 超长直管换热管的标志、运输包装应符合 GB/T 8888—2014 中 3.8.3 的规定，用塑料薄膜封装后，用木夹板或金属 U 形槽包装。

附录 B
(规范性)
U形换热管附加要求

B.1 一般规定

B.1.1 管束用 U 形弯管一般采用冷弯工艺进行弯制。当采用热弯工艺时，应控制加热温度和时间，防止弯管内、外表面氧化皮的产生。

B.1.2 当允许拼接时，一根 U 形管上最多允许有 2 道拼接焊缝，且只允许在直管段上拼接。拼接焊缝应远离 U 形弯管起点 50mm 以上。最短直管长度不应小于 500mm，且应大于管板厚度 50mm 以上。拼接后的 U 形管应进行通球检测，检测用钢球直径应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 钢球直径

单位为毫米

换热管外径 D	$D \leq 25$	$25 < D \leq 40$	$D > 40$
钢球直径	$0.75d_i^a$	$0.8d_i$	$0.85d_i$
^a d_i 为换热管内直径。			

B.1.3 弯管机应确保管子不接触任何杂质元素，如锡、镉、铜、铅、铝、汞等。

B.1.4 弯曲磨具表面应光滑，无影响 U 形弯管表面质量的缺陷。

B.2 弯制后的热处理、无损检测及耐压试验

B.2.1 当合同规定时，U 形换热管弯制后，U 形弯曲部分及至少 150mm 的直管段应进行热处理，热处理规范应由设计文件或订货合同规定。

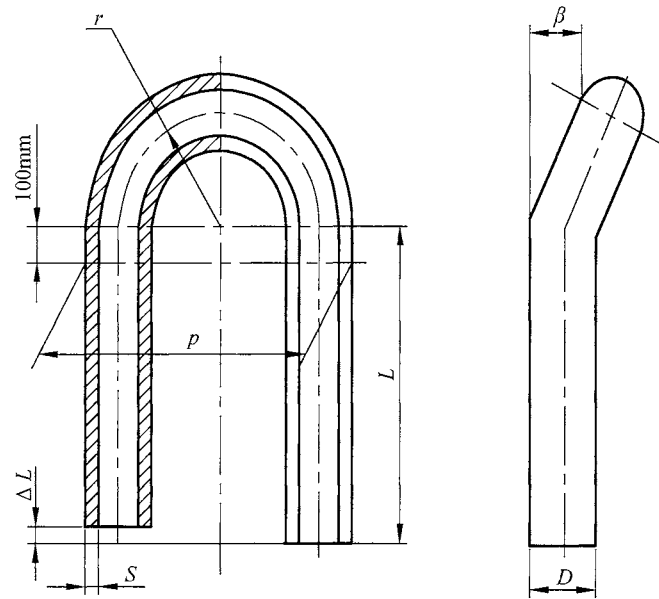
B.2.2 U 形换热管弯制后，应逐根进行水压试验。当设计文件未作规定时，试验压力不应低于管、壳程耐压试验压力的较高值。

B.2.3 除合同规定外，试压后应对每批 U 形换热管最小弯管半径的 U 形管弯管部分外表面进行渗透检查，应符合 NB/T 47013.5—2015 中的 I 级规定。发现有不合格者，应至少扩检 3 个较小弯管半径的 U 形管。

B.3 U 形弯管的尺寸检测

B.3.1 U 形换热管弯制后，应逐根进行下列各项尺寸检测，U 形弯管详见图 B.1。

B.3.2 非合金钢及低、中合金钢弯管壁厚不应小于表 B.2 的规定。



- D ——公称外径, mm;
- S ——壁厚, mm;
- r ——弯曲半径, mm;
- L ——直管部分长度, mm;
- ΔL ——两直管部分长度差, mm;
- p ——直管部分间距, mm (p 的理论值为 $2r + D$);
- β ——弯曲部分平面度, mm。

图 B.1 U形弯管

表 B.2 U形弯管部分最小壁厚

弯曲半径 r^a	I级和II级管	TI级管
$r \leq 2 \times D^b$	$0.75 \times S^c$	$0.80 \times S^c$
$2D < r \leq 4D^b$	$0.80 \times S^c$	$0.85 \times S^c$
$r > 4D^b$	$0.90 \times S^c$	$0.90 \times S^c$

^a U形弯管半径以管子中心线计。
^b D 为换热管公称外径。
^c S 为换热管公称壁厚。

B.3.3 不锈钢弯管部分的壁厚应不小于由式 (B.1) 确定的值, 铜和铜合金、钛和钛合金及镍和镍合金可参照执行。

$$S_f = 4rS_{\min} / (4r + D) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- S_f ——U形弯管部分的壁厚, mm;
- S_{\min} ——弯管前的最小允许壁厚, mm;
- r ——U形弯管的弯曲半径, mm;
- D ——管子的公称外径, mm。

B.3.4 U形弯曲部分应与直管部分所在平面平齐，平面度 β 公差应符合表B.3的规定。测量点从切线开始，其余直管部分应保持平直。

表 B.3 U形弯曲部分平面度 β 公差

单位为毫米

弯曲半径 r	平面度 β 公差	
	I级和II级管	TI级管
$r \leq 100$	≤ 1.5	≤ 1.0
$r > 100$	≤ 1.5	≤ 1.5

B.3.5 U形管直管段切管后，从弯曲部分的顶点到直管的末端长度 L 的允许偏差应符合表B.4的规定。

表 B.4 U形管直管段长度 L 的允许偏差

单位为毫米

直管段部分长度 L	长度 L 的允许偏差
$L \leq 6\,000$	$0 \sim +3.2$
$6\,000 < L \leq 9\,000$	$0 \sim +4.0$
$L > 9\,000$	$0 \sim +4.8$

B.3.6 U形管切头后的两管脚的长度差 ΔL 应符合表B.5的规定。

表 B.5 U形管直管段切头后的两管脚长度差 ΔL

单位为毫米

弯曲半径 r	两管脚长度差 ΔL 允许值	
	I级和II级管	TI级管
$r < 250$	≤ 3.0	≤ 0.8
$250 \leq r \leq 500$	≤ 3.0	≤ 1.5
$r > 500$	≤ 3.0	≤ 2.5

B.3.7 U形管切头后，应清除切口毛刺，管端切斜允许偏差应符合表B.6的规定。

表 B.6 管端切斜允许偏差

单位为毫米

外径 D	管端切斜允许偏差	
	I级和II级管	TI级管
$D \leq 16$	≤ 0.40	≤ 0.25
$D > 16$	$\leq 2.5\%D$	≤ 0.40

B.3.8 U形管弯管段圆度公差应符合表 B.7 的规定。

表 B.7 U形管弯管段圆度公差

单位为毫米

弯曲半径 r	圆度公差	
	I 级或 II 级管	TI 级管
$1.5D \leq r < 2.5D$	$15\%D$	$13\%D$
$2.5D \leq r \leq 10D$	$10\%D$	$8\%D$
$r > 10D$	$5\%D$	$5\%D$

B.3.9 U形管直管部分间距 p 的允许偏差应符合表 B.8 的规定。

表 B.8 两直管部分间距 p 的允许偏差

单位为毫米

直管部分间距的理论值 p ($p=2r+D$)	两直管部分间距 p 的允许偏差	
	I 级和 II 级管	TI 级管
$p < 200$	± 2.0	± 1.0
$p \geq 200$	± 3.0	± 1.5

B.3.10 U形管直管部分每米的弯曲度公差应符合表 B.9 的规定。

表 B.9 U形管直管部分每米的弯曲度公差

单位为毫米

公称壁厚 S	U形管直管部分弯曲度公差	
	I 级和 II 级管	TI 级管
$S \leq 4$	1.5	1.0
$S > 4$	1.5	1.2

附录 C

(资料性)

光亮化处理的非合金钢管和低、中合金钢管运输包装附加要求

C.1 总则

本附录规定了光亮化处理的非合金钢管和低、中合金钢管运输包装附加要求，需方也可规定不同于本附录的其他技术要求。

C.2 技术要求

C.2.1 光亮管表面涂层，光亮管采用水溶型气相防锈剂（VPCI-377）涂管材表面，并且晾干或吹干，保证管材干燥。

C.2.2 光亮管半年防锈方案：I级和TI级光亮管一般采用塑钢带捆扎固定，塑料套袋套装，加干燥剂，用彩条布或塑料布外包装裹。

C.2.3 光亮管1年防锈方案：I级和TI级光亮管应装入垫有两层0.15mm塑料薄膜的坚固容器（铁箱或木箱）中，容器中加入干燥剂，并充氮气塑封。

C.2.4 光亮管2年防锈方案：I级和TI级光亮管应装入垫有两层0.15mm塑料薄膜的坚固容器（铁箱或木箱）中，容器中加入干燥剂和气相防锈剂，并充氮气塑封。

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

