



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 28713.2—2012

## 管壳式热交换器用强化传热元件 第2部分：不锈钢波纹管

Enhanced heat transfer elements used in tube-shell heat exchangers—  
Part 2: Stainless steel corrugated tubes

2012-09-03 发布

2013-01-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布



## 前 言

GB/T 28713《管壳式热交换器用强化传热元件》分为 3 个部分：

——第 1 部分：螺纹管；

——第 2 部分：不锈钢波纹管；

——第 3 部分：波节管。

本部分为 GB/T 28713 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分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。

本部分负责起草单位：甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、上海蓝滨石化设备有限责任公司、沈阳仪器仪表工艺研究所、姜堰市曙光压力容器厂。

本部分主要起草人：张延丰、邹建东、王玉、陈大新、张希平、孙家东。



# 管壳式热交换器用强化传热元件

## 第 2 部分: 不锈钢波纹管

### 1 范围

GB/T 28713 的本部分规定了管壳式热交换器用奥氏体不锈钢波纹管的基本参数及技术要求。

本部分适用于公称压力不大于 4.0 MPa, 工作温度高于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、低于  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 工作介质应适合奥氏体不锈钢的场合。

### 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件。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 151 管壳式换热器

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

NB/T 47014 钢制压力容器焊接工艺评定

JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第 5 部分: 渗透检测

### 3 术语、定义和符号

#### 3.1 术语和定义

GB 151 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**奥氏体不锈钢波纹管** austenitic stainless steel corrugated tubes

由奥氏体不锈钢波纹管(以下简称“波纹管”)本体和接头(也可采用其他接头型式)组焊而成的传热元件。波纹管结构与形状见图 1 和图 2, 接头型式见图 3。

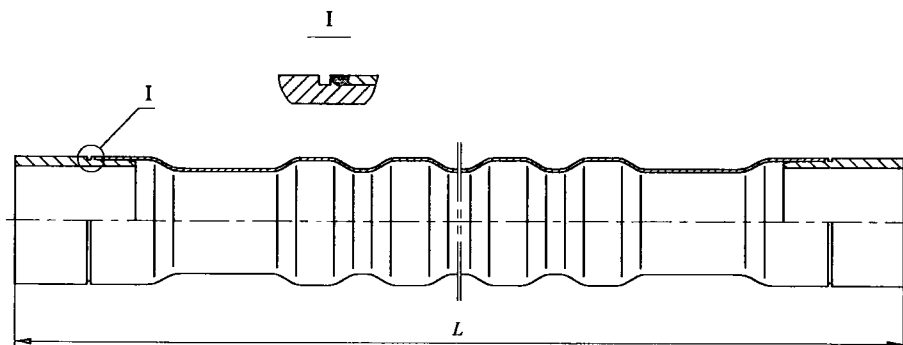


图 1

单位为毫米

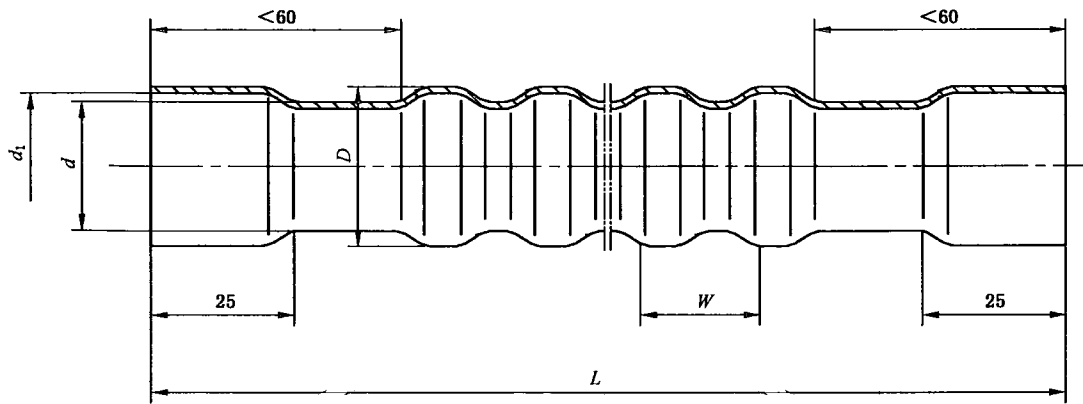
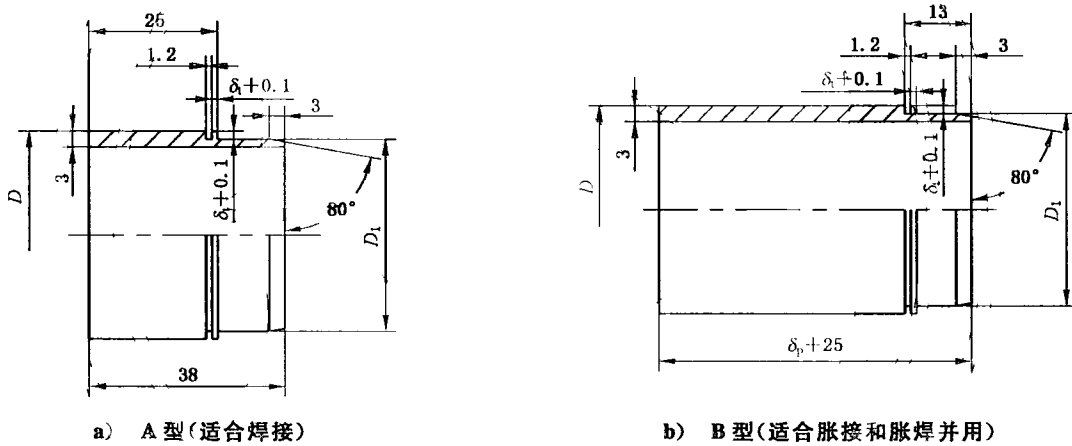


图 2

单位为毫米



a) A 型(适合焊接)

b) B 型(适合胀接和胀焊并用)

图 3

### 3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- $D$  ——波纹管波峰外径, mm;
- $D_1$  ——波纹管接头与本体配合处外径, mm;
- $d$  ——波纹管波谷外径(即钢管外径), mm;
- $d_1$  ——波纹管本体与接头配合内径, mm;
- $L$  ——波纹管长度, mm;
- $n$  ——1 m 管长所含的波数;
- $W$  ——波纹管波距, mm。

### 3.3 基本参数与型号表示

#### 3.3.1 波纹管的基本参数应符合表 1 的规定。

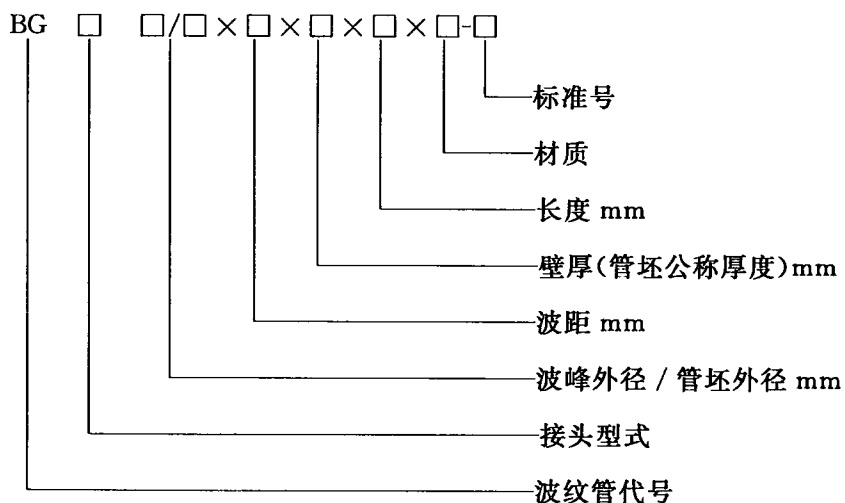
表 1

单位为毫米

管坯公称厚度 $\delta_s$	公 称 尺 寸		
	波谷外径 $d$	波峰外径 $D$	波距 $W$
0.6~1.0	24	30	20,25
		32	
	25	30	
		32	
	26	32	
		34	
0.6~1.2	32	40	25,30
		42	
	33	42	
		44	
	34	44	
		46	

3.3.2 波纹管本体每米长度的质量及换热面积见附录 A。

3.3.3 波纹管型号表示方法。



示例:用管坯外径  $\phi 32$  mm、壁厚为 0.8 mm 的 0Cr18Ni9 奥氏体不锈钢无缝钢管制造波峰外径  $\phi 42$  mm,波距 25 mm 的波纹管本体,与同材质 A 型接头组焊的波纹管,总长度 3 000 mm,表示为:BG A42/32  $\times$  25  $\times$  0.8  $\times$  3 000  $\times$  0Cr18Ni9-GB/T 28713.2—2012。

## 4 技术要求

### 4.1 材料

4.1.1 制造波纹管本体和接头的材料,应符合 GB 13296 的规定。

4.1.2 管坯材料宜按表 2 选用。

表 2

材 料	热处理状态	牌 号	标 准 号
奥氏体不锈钢管	固 溶 处 理	0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti 00Cr19Ni10 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2 0Cr19Ni13Mo3 00Cr19Ni13Mo3	GB 13296

4.1.3 接头材料牌号与波纹管本体材料相同。

#### 4.2 尺寸允许偏差

波纹管本体的尺寸允许偏差应符合表 3 规定；波纹管的尺寸允许偏差应符合表 4 规定；接头机加工表面的线性尺寸的极限偏差按 GB/T 1804 中 m 级的规定。

表 3

单位为毫米

公称尺寸名称	允 许 偏 差				
波谷外径 $d$	按钢管外径规定				
波峰外径 $D$	0 -1.0				
波纹管本体与接头 配合内径 $d_1$	+0.04 0				
波距 $W$	±1.0				
长度 $L$	>800~1 200	>1 200~2 000	>2 000~3 000	>3 000~4 000	>4 000~6 000
长度允许偏差	+1.0 0	+1.2 0	+1.5 0	+1.8 0	+2.0 0
直线度	≤3 mm/m				

表 4

单位为毫米

公称尺寸名称	允 许 偏 差				
接头与波纹管本体 配合处外径 $D_1$	+0.08 +0.04				
接头与管板配合 处外径 $D$	(D≤30) ±0.2 (D>30) ±0.3				
长度 $L$	>800~1 200	>1 200~2 000	>2 000~3 000	>3 000~4 000	>4 000~6 000
长度允许偏差	+1.2 0	+1.5 0	+1.8 0	+2.2 0	+2.5 0
直线度	≤3 mm/m				



### 4.3 壁厚

波纹管本体的壁厚减薄量应不大于 15%。

### 4.4 外观

4.4.1 波纹管表面应逐根目测,不允许有可见的剥层、裂纹、夹杂、焊接飞溅物烧伤和焊接引弧烧伤,以及尖锐压坑、划伤等缺陷。同时外观形状应规整,无波纹歪斜等现象。

4.4.2 波纹管的焊接接头(波纹管本体与接头的对接接头)不得存在气孔,焊接接头不得出现过烧现象。

4.4.3 波纹管接头的试压密封面不得有裂纹、划痕等影响密封可靠性的缺陷。

4.4.4 波纹管的端口应平整光滑。

### 4.5 焊接接头

4.5.1 波纹管本体不允许拼接。

4.5.2 波纹管本体与接头的对接接头,按照 NB/T 47014 规定作焊接工艺评定。

## 5 检验

### 5.1 无损检测

按 JB/T 4730.5 规定进行无损检测,Ⅰ级合格或按供需双方商定的方法进行。

### 5.2 水压试验

波纹管应逐根进行水压试验,试验压力不低于 2 倍设计压力(水压),保压 1 min,应无渗漏。

### 5.3 气密试验

5.3.1 按供需双方协议,可逐根进行气密试验。

5.3.2 气密试验应在水压试验合格后进行。试验压力等于设计压力,保压 1 min,应无漏气。

### 5.4 应力测定

波纹管的常温应力通过试验测定。试验时压力加压至最高允许工作压力(按附录 B 选取)的 2 倍,最大应力值应不大于该管材的许用应力。

### 5.5 外压试验

在常温下,用 1 m 长的波纹管做外压试验,管内不加压,管外加压值为最高允许工作压力(按附录 B 选取)的 2 倍,保压 30 min 无失稳现象。

### 5.6 疲劳试验

在常温下,用 1 m 长的波纹管做疲劳试验,管外加导向筒,管内加压至最高允许工作压力(按附录 B 选取),按  $0.1(n+1)$  mm 位移量做纵向疲劳试验,应保证 1 500 次循环无泄漏。

### 5.7 爆破试验

波纹管的常温爆破压力,应不低于常温设计压力值的 8 倍。

5.8 检验规则

波纹管应逐根进行出厂检验,检验项目按表 5 的规定。经质检部门检查合格,并附产品合格证、说明书方可出厂。

6 型式试验

6.1 波纹管在下列情况之一时,应进行型式试验:

- a) 新产品定型;
- b) 正式生产的产品,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 停产超过半年后,恢复生产时;
- d) 国家技术监督部门有要求时。

6.2 型式试验项目

型式试验的项目按表 5 规定,型式试验的样品应在经出厂检验合格的产品中随机抽取。

表 5

序号	检验项目	技术要求章条号	检测方法章条号	出厂检验	型式试验
1	尺寸允许偏差	4.2	6.3.1	√	√
2	壁厚	4.3	6.3.2	△	√
3	外观	4.4	6.3.3	√	√
4	无损检测	5.1	6.3.4	△	√
5	水压试验	5.2	6.3.5	√	√
6	气密试验	5.3	6.3.6	△	√
7	应力测定	5.4	6.3.7	—	√
8	外压试验	5.5	6.3.8	—	√
9	疲劳试验	5.6	6.3.9	—	√
10	爆破试验	5.7	6.3.10	—	√

注:“√”表示需要;“△”表示图样有规定时需要;“—”表示不需要。

6.3 检测方法

6.3.1 尺寸允许偏差

用分度值为 0.02 mm 的卡尺检测波峰、接头外径;用钢卷尺检测波距(按 1 000 mm/波数)的总长度。

6.3.2 壁厚

用误差不大于所测壁厚 5% 的测厚仪测量最小壁厚,每米长度最少测 3 个波纹,每个波纹至少测 3 个点。必要时剖开波纹管本体采用千分尺测量。

6.3.3 外观

在正常照度下,用目视检查。当目视判断不清时,可用 4 倍放大镜检查。

#### 6.3.4 无损检测

焊接接头的无损检测应符合 5.1 的要求。

#### 6.3.5 水压试验

水压试验应满足以下要求：

- a) 试验设备：电动泵或手动泵、压力表（量程为 1.5 倍~4 倍试验压力，精度 1.6，当试验压力大于 5.0 MPa 时，精度 1 级。以下要求与此同）、试验水槽、专用夹具；
- b) 试验方法：将波纹管装上夹具，一端和泵出口连接，先将水注入管内，待排尽空气后，将出口用堵头封闭，缓慢加压至试验压力，保压 1 min 后进行检查。结果应符合 5.2 的要求；
- c) 应控制水的氯离子含量不超过 25 mg/L。

#### 6.3.6 气密试验

气密试验应在有防护条件下进行，并满足以下要求：

- a) 试验设备：空压机或气瓶组、压力表、水槽；
- b) 试验介质：干燥洁净的空气或氮气、惰性气体；
- c) 试验方法：将波纹管一端安上堵头，另一端与进气口相接，缓慢加压至试验压力 1 min 后进行检查。结果应符合 5.3 的要求。

#### 6.3.7 应力测定

采用电阻应变计测量技术进行检测。结果应符合 5.4 的要求。

#### 6.3.8 外压试验

外压试验应满足以下要求：

- a) 试验设备：专用夹具、手动泵、压力表；
- b) 试验介质：自来水，应控制水的氯离子含量不超过 25 mg/L；
- c) 试验方法：将波纹管装入夹具（两端用 O 型圈密封），将水注入夹具内，排尽空气，缓慢加压至试验压力，保压 30 min 后进行检查。结果应符合 5.5 的要求。

#### 6.3.9 疲劳试验

疲劳试验应满足以下要求：

- a) 试验设备：疲劳试验装置、专用夹具、手动泵、压力表；
- b) 试验介质：自来水，应控制水的氯离子含量不超过 25 mg/L；
- c) 试验方法：将波纹管两端固定在疲劳试验装置上，外部加导向筒，接好入水口、排气阀，然后将水注入管内，排尽空气，加压至常温设计压力值（见附录 A），按位移量  $0.1(n+1)$  mm，6 次/min~12 次/min 的频率进行试验，结果应符合 5.6 的要求。

#### 6.3.10 爆破试验

爆破试验应在有防护措施的条件下进行，并满足以下要求：

- a) 试验设备：电动泵或手动泵、压力表；
- b) 试验方法：将波纹管试样平直放置，两端不得限位。一端安装带有排气阀的堵头，另一端和泵出口连接，将水注入管内，排尽空气，关闭排气阀。缓慢加压直至波纹管破坏，记录试样的破坏压力和破坏情况。结果应符合 5.7 要求。若试验压力超过设计压力值的 8 倍仍未破坏，允许不做到破坏。

## 7 标志、包装和贮存

### 7.1 标志

每批产品均应有以下标识：

- a) 制造单位名称和标准号；
- b) 材料牌号、钢材质量证明书；
- c) 产品名称、型号规格；
- d) 产品批号；
- e) 制造日期。

### 7.2 包装

7.2.1 波纹管包装时，包装箱上应标明：

- a) 产品名称、型号规格；
- b) 产品批号；
- c) 包装日期；
- d) 装箱员代号。

7.2.2 波纹管应采用防尘并防止碰划的软包装或箱包装，包装内应附有：产品合格证，说明书及装箱单。

### 7.3 贮存

波纹管产品应存放在干燥、通风、无腐蚀性气体的库房内。

附 录 A  
(资料性附录)  
波纹管质量及换热面积

波纹管本体每米长度的质量及换热面积见表 A.1。

表 A.1

波峰外径 mm	波谷(管坯)外径 mm	壁厚 mm	波距 mm	质量 kg/m	换热面积 m <sup>2</sup> /m
φ30	φ24	0.6	20/25	0.40/0.39	0.094 2/0.092 0
		0.7		0.46/0.45	
		0.8		0.53/0.52	
		0.9		0.60/0.59	
		1.0		0.66/0.65	
φ32	φ24	0.6	20/25	0.42/0.41	0.103 8/0.100 1
		0.7		0.49/0.48	
		0.8		0.56/0.55	
		0.9		0.63/0.61	
		1.0		0.70/0.68	
φ30	φ25	0.6	20/25	0.40/0.39	0.093 4/0.091 7
		0.7		0.47/0.46	
		0.8		0.54/0.53	
		0.9		0.61/0.60	
		1.0		0.67/0.66	
φ32	φ25	0.6	20/25	0.43/0.42	0.102 4/0.099 4
		0.7		0.50/0.49	
		0.8		0.57/0.56	
		0.9		0.64/0.63	
		1.0		0.71/0.69	
φ32	φ26	0.6	20/25	0.43/0.42	0.101 2/0.098 8
		0.7		0.50/0.49	
		0.8		0.57/0.56	
		0.9		0.65/0.64	
		1.0		0.72/0.71	
φ34	φ26	0.6	20/25	0.46/0.44	0.111 1/0.107 2
		0.7		0.53/0.52	
		0.8		0.61/0.59	
		0.9		0.69/0.67	
		1.0		0.76/0.74	
φ40	φ32	0.6	20/25	0.54/0.53	0.128 3/0.123 7
		0.7		0.63/0.62	
		0.8		0.72/0.70	
		0.9		0.80/0.79	
		1.0		0.89/0.88	
		1.1		0.98/0.97	
		1.2		1.07/1.05	

表 A.1 (续)

波峰外径 mm	波谷(管坯)外径 mm	壁厚 mm	波距 mm	质量 kg/m	换热面积 m <sup>2</sup> /m
φ42	φ32	0.6	25/30	0.56/0.55	0.137 0/0.131 4
		0.7		0.66/0.64	
		0.8		0.75/0.73	
		0.9		0.84/0.82	
		1.0		0.94/0.91	
		1.1		1.03/1.00	
		1.2		1.12/1.10	
φ42	φ33	0.6	25/30	0.57/0.55	0.136 9/0.132 3
		0.7		0.66/0.65	
		0.8		0.75/0.74	
		0.9		0.85/0.83	
		1.0		0.94/0.92	
		1.1		1.04/1.02	
		1.2		1.13/1.11	
φ44	φ33	0.6	25/30	0.59/0.58	0.147 9/0.140 6
		0.7		0.69/0.67	
		0.8		0.79/0.77	
		0.9		0.89/0.87	
		1.0		0.99/0.96	
		1.1		1.09/1.06	
		1.2		1.19/1.16	
φ44	φ34	0.6	25/30	0.60/0.58	0.146 0/0.139 4
		0.7		0.70/0.68	
		0.8		0.80/0.78	
		0.9		0.90/0.87	
		1.0		1.00/0.97	
		1.1		1.10/1.07	
		1.2		1.19/1.17	
φ46	φ34	0.6	25/30	0.63/0.61	0.157 7/0.149 2
		0.7		0.73/0.71	
		0.8		0.84/0.81	
		0.9		0.94/0.91	
		1.0		1.05/1.01	
		1.1		1.15/1.12	
		1.2		1.26/1.22	
<p>注 1: 表中参数斜线前边对应前边,后边对应后边。            注 2: 材料密度均按 <math>8.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3</math> 选取。            注 3: 波纹管的总质量应加上两端接头的质量。</p>					

**附录 B**  
(规范性附录)  
**波纹管最高允许工作压力**

波纹管最高允许工作压力见表 B.1。

**表 B.1**

材 料	规格		温 度/℃								
	波峰 外径 mm	管坯 壁厚 mm	≤20	100	150	200	250	300	350	400	450
			许 用 压 力/MPa								
0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti 0Cr17Ni12Mo2 0Cr19Ni13Mo3	32/42	0.6	2.6/1.9	2.4/1.8	2.3/1.7	2.1/1.6	2.1/1.6	2.0/1.5	2.0/1.5		
		0.7	3.0/2.3	2.9/2.1	2.7/2.0	2.5/1.8	2.4/1.8	2.4/1.8	2.3/1.7		
		0.8	3.4/2.6	3.3/2.5	3.1/2.3	2.9/2.2	2.8/2.1	2.7/2.0	2.6/2.0		
		0.9	3.9/2.9	3.7/2.8	3.5/2.6	3.2/2.4	3.2/2.4	3.1/2.3	3.0/2.2		
		1.0	4.3/3.3	4.1/3.1	3.9/2.9	3.6/2.7	3.5/2.6	3.4/2.6	3.3/2.5		
		1.1	—/3.6	—/3.4	—/3.2	—/3.0	—/2.9	—/2.8	—/2.8		
		1.2	—/3.9	—/3.7	—/3.5	—/3.3	—/3.2	—/3.1	—/3.0		
00Cr19Ni10 00Cr17Ni14Mo2 00Cr19Ni13Mo3	32/42	0.6	2.4/1.8	2.2/1.6	2.0/1.5	1.9/1.4	1.8/1.4	1.7/1.3	1.7/1.3		
		0.7	2.8/2.1	2.5/1.9	2.4/1.8	2.2/1.7	2.1/1.6	2.0/1.5	2.0/1.5		
		0.8	3.2/2.4	2.9/2.2	2.7/2.0	2.6/1.9	2.4/1.8	2.3/1.7	2.3/1.7		
		0.9	3.6/2.7	3.3/2.5	3.0/2.3	2.9/2.2	2.7/2.1	2.6/2.0	2.6/1.9		
		1.0	4.0/3.0	3.7/2.8	3.4/2.5	3.2/2.4	3.1/2.3	2.9/2.2	2.9/2.1		
		1.1	—/3.3	—/3.0	—/2.8	—/2.7	—/2.5	—/2.4	—/2.4		
		1.2	—/3.6	—/3.3	—/3.1	—/2.9	—/2.8	—/2.6	—/2.6		
<p>注 1：爆破压力安全系数取 8。</p> <p>注 2：中间温度的许用压力，可按本表的压力值用内插法求得。</p> <p>注 3：斜线前边为 φ32 系列(包括 φ30、φ32、φ34)许用压力值，后边为 φ42 系列(包括 φ40、φ42、φ44、φ46)许用压力值。</p>											

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
管壳式热交换器用强化传热元件  
第 2 部分：不锈钢波纹管  
GB/T 28713.2—2012

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 23 千字  
2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月第一次印刷

\*

书号：155066·1-45861 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 28713.2-2012