

全国压力容器标准化技术委员会 编

GB 151—1999
《管壳式换热器》
标准释义

云南科技出版社

2001174

GB 151—1999

《管壳式换热器》
标准释义

• 全国压力容器标准化技术委员会 编

云南科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

GB 151—1999《管壳式换热器》标准释义/全国压力容器标准化技术委员会编. —昆明:云南科技出版社, 2000.11

ISBN 7-5416-1456-4

I. G... II. 全... III. 换热器, 管壳式—国家标准—解释—中国 IV. TK172-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 57382 号

书 名: GB 151—1999《管壳式换热器》标准释义

作 者: 全国压力容器标准化技术委员会

出 版 者: 云南科技出版社(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼, 邮编: 650034)

责任编辑: 王超超

封面设计: 李 波

责任校对: 刘 敏

印 刷 者: 北京新华彩印厂

开 本: 880mm×1230mm 1/16

印 张: 7

字 数: 158 千字

版 次: 2000 年 12 月第 1 版

印 次: 2000 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5416-1456-4/TB·24

广告许可证: 5300004000065

定 价: 48.00 元



浙江久立集团股份有限公司

ZHEJIANG JIULI GROUP CO., LTD.

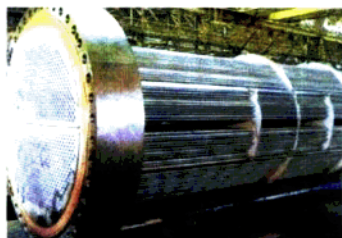


始建于1987年的浙江久立集团股份有限公司是全国第二批现代企业制度试点单位和浙江省“五个一批”重点骨干企业。主要生产不锈钢无缝管和不锈钢焊接管；防（耐）火电线电缆、电力电缆等系列产品。下属湖州久立不锈钢管有限公司为浙江省同行业中规模最大的不锈钢冷拔无缝管和不锈钢焊接管专业生产厂家。公司拥有国内先进的生产工艺和检测设备。产品应用领域为石油、化工、

医药、造纸、核电、机械、造船、化纤等行业。“久立牌”不锈钢无缝管和焊接管已被上海金山石化、扬子石化、燕山石化、大庆石化、齐鲁石化、广东岭澳核电有限公司、西昌卫星发射中心、巴基斯坦恰希玛核电站等一百多项重点工程所广泛采用，并且出口美国、意大利、西班牙等国，深受国内外用户的好评。

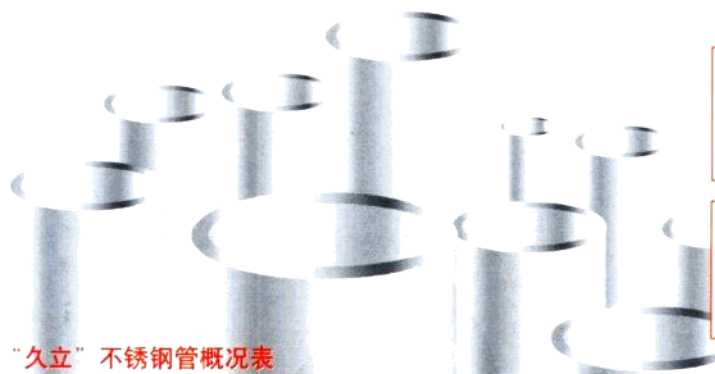
公司建有严格的质量保证体系，并已获得ISO9002质量认证证书和中国方圆标志产品质量认证证书，国家冶金工业局颁发的生产许可证、中国船级社工厂认可证书、全国压力容器标准化技术委员会技术评审证书等。是国家石油和化学工业局中国化工装备总公司及中国石油物资装备总公司的定点生产厂。

浙江久立集团愿为您竭诚服务，并成为您满意的合作伙伴。



我们的宗旨是

一流的管理 一流的产品 一流的服务 一流的品牌



“久立”不锈钢管概况表

名称	钢 号	产品规格	执行标准	执行国外标准(部分)
无缝 钢管	304、304L、316、316L、317、317L、310S、321、347、C4	$\Phi 6 \times 1 - \Phi 219 \times 12$	GB13296—91 GB/T 14976—94 GB/T 14975—94	ASTMA213/A213M ASTMA312/A312M JISG 3459 JISG 3463 DIN 17456 DIN 17458
				ASTMA409/A409M ASTMA269 ASTMA249/A249M ASTMA312/A312M ASTMA688/A688M
				JISG 3463 JISG 3468 DIN A 17455 DIN A 17457
焊接 钢管	304、304L、316、316L、317、317L、310S、347	$\Phi 10 \times 0.5 - \Phi 89 \times 3$ $\Phi 168 \times 2.5 - \Phi 630 \times 12$	GB12771—91 GB12770—91 HG 20537.2—92 HG 20537.3—92 HG 20537.4—92	

董 事 长：周志江

公司地址：浙江省湖州市镇西

邮 编：313012

电 话：(0572)3620999 (总机) 转 2039

直 拨：(0572) 3621699

传 真：(0572)3620789

电子信箱：zjjl@mail.huptt.zj.cn

主 页：WWW.JIULI.COM

中国石油天然气集团公司 乌鲁木齐石油化工设计院



院长 崔晓明

● 乌鲁木齐石油化工总厂设计院（简称：UPDI）创建于1971年1月，目前具有石油化工、化工、建筑工程乙级设计资格和工程咨询乙级资格，一、二、三类压力容器及应力分析设计资格和工程总承包乙级资格。

● 现有工艺、安装、储运、设备、建筑、结构、电气、电讯、热工、暖通、给排水、自控、总图、概预算、经济分析、电子计算机开发及应用和科技情报等18个专业。职工总数144人，各类专业技术人员125人，其中高中级职称的技术人员89人。UPDI现已完全实现工程设计计算机化和出版设备现代化，各专业工程

计算软件和计算机辅助设计软件配套齐全，实现图纸计算机绘图率98%。

● 建院以来，先后承接各类大小工程设计项目1200多项，累计完成设计投资近20亿元，曾荣获省部级优秀设计奖、科技进步奖10项，其他各种奖励20多项，在同行业及相关行业中享有较高的知名度和良好的社会信誉。

● UPDI始终坚持用户第一、质量第一的原则，以质量求生存，以质量求发展。为确保设计质量，UPDI建立了一整套完善的质量管理体系，目的是使质量意识贯穿于全方位和全过程。从1999年

起，UPDI全面启动ISO9001贯标认证工作，2000年6月通过ISO9001认证。

UPDI在工程设计项目上对用户做如下承诺：

严格执行ISO9001质量标准，保证设计达到优良。

坚持设计原则，充分发挥技术优势，严格控制工程投资和设计进度，力求在保证项目的安稳运行、技术先进的基础上，工程投资最经济。

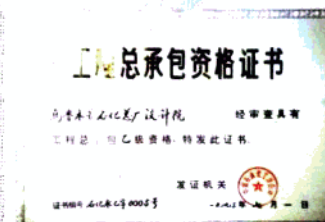
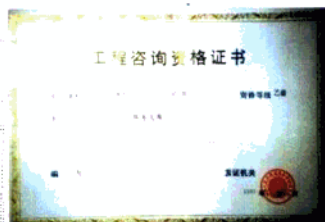
在整个设计和施工等全过程中，保证提供优质的技术服务和现场服务，为该工程的如期运行提供优良的条件。

联系人：摆金山

电话：(0991) 6892627

传真：(0991) 6892438

E-mail: sjy-cuixm@mail.upc.com.cn



目 录

一、前言	(1)
二、主要修订内容	(3)
三、编制原则的说明	(5)
1 与 GB150 的关系	(5)
2 计算公式	(5)
3 结构设计	(5)
4 换热器分类	(5)
四、主要章节及附录的说明	(10)
1 范围	(10)
2 引用标准	(11)
3 总则	(11)
4 材料	(12)
5 设计	(14)
6 管板计算	(21)
7 制造、检验与验收	(36)
8 附录 A (标准的附录) 低温管壳式换热器	(42)
9 附录 B (标准的附录) 换热管与管板接头的焊接工艺 评定	(42)
10 附录 C (标准的附录) 换热管用奥氏体不锈钢焊接 钢管	(43)
11 附录 D (标准的附录) 有色金属设计数据	(44)
12 附录 E (提示的附录) 管束振动	(47)
13 附录 F (提示的附录) 壁温计算	(51)
14 附录 G (提示的附录) 管板与圆筒、管箱的连接 ..	(51)
15 附录 H (提示的附录) 垫片	(51)
16 附录 J (提示的附录) 换热管特性表	(51)

17 附录 K (提示的附录) 壳体与管束间的入口或出口

面积的计算 (52)

五、计算示例 (53)

例题 1 浮头式换热器 (54)

例题 2 填料函式换热器 (66)

例题 3 固定管板换热器—管板兼作法兰, 不带膨胀节 ... (70)

例题 4 固定管板换热器—管板不兼作法兰, 带膨胀节 ... (86)

例题 5 U 形管板换热器 (a 型) (101)

例题 6 U 形管板换热器 (d 型) (104)

一、前言

GB 151—1989《钢制管壳式换热器》自1989年9月1日实施以来,已历时10年。按国家质量技术监督局《国家标准管理办法》的规定,于1993年列入了《制修订国家标准项目计划》。

参加《钢制管壳式换热器》(以下简称换热器)标准修订工作的单位与人员情况如表1所示。

表 1

章 节 内 容	负 责 单 位	负 责 人
主 编	兰州石油机械研究所	朱巨贤
1 范围; 2 引用标准; 3 总则	中国寰球化学工程公司	郑天孙
4 材料	中石化兰州石化设计院	何勇才
5 设计		
5.1 平盖; 5.2 管箱; 5.3 圆筒; 5.4 接管; 5.5 换热管	中石化洛阳石化工程公司	桑培清 李明伟
5.6 管板结构设计	中石化北京石化工程公司	兰文清
5.7 管板计算	中石化北京石化工程公司	李世玉
	清华大学	黄克智 薛明德
5.8 换热管与管板的连接	兰州石油机械研究所	朱巨贤 张延丰 马小珍
5.9 折流板、支持板; 5.10 拉杆、定距管	中石化北京石化工程公司	兰文清
5.11 防冲与导流; 5.12 双壳程结构; 5.13 防短路结构; 5.14 钩圈式浮头; 5.15 钩圈; 5.16 填料函; 5.17 滑道; 5.18 波形膨胀节; 5.19 垫片; 5.20 支座; 5.21 附件		
6 制造、检验与验收	兰州石油化工机器厂	方祖赐 李晓阳
7 安装、试车和维护	中石化洛阳石化工程公司	桑培清
附录 A 低温管壳式换热器	中石化兰州石化设计院	何勇才
附录 B 换热管与管板接头的焊接工艺评定	兰州石油机械研究所	朱巨贤
附录 C 换热管用奥氏体不锈钢焊接钢管	中国通用石化机械工程总公司	秦晓钟
附录 D 有色金属设计数据	兰州石油机械研究所	朱巨贤
附录 E 管束振动	天津大学	聂清德

续表 1

章 节 内 容	负 责 单 位	负 责 人
附录 F 壁温计算	中石化洛阳石化工程公司	桑培清
附录 G 管板与圆筒、管箱的连接	中国五环化学工程公司	刘佑义
附录 H 垫片	中石化洛阳石化工程公司	桑培清
附录 J 换热管特性表	兰州石油机械研究所	马小珍
附录 K 壳体与管束间的入口或出口面积的计算	兰州石油机械研究所	朱巨贤
标准释义	兰州石油机械研究所	朱巨贤 张延丰 陈晓洲
		宋秉堂 邹建东
	天津大学	聂清德
	中石化北京石化工程公司	李世玉
	清华大学	薛明德

自 1993 年开始, 本标准修订工作组召开了多次会议, 并得到了国内许多设计、制造、安装和使用单位的大力支持; 进行了诸如铝、铜、钛管的胀接和拉脱及密封试验, 奥氏体不锈钢焊管的胀、焊、耐压、拉脱及爆破等试验; 先后编制了征求意见稿和送审稿; 进行了审查并获得了通过。1997 年底 GB 150 的修订工作完成后, 根据 GB 150 修订的情况对本标准进行了适当的修改并于 1998 年 6 月完成了本标准的修订。

本标准的修订原则是: 针对 1989 年版实施以来所取得的经验及各方面反映的意见, 补充不足并吸取国际同类先进标准的实用内容, 以使本标准的水平不断有所提高。

二、主要修订内容

根据修订工作会议纪要和全国压力容器标准化技术委员会（以下简称容标委）的修订意见，在参照国外同类先进标准的基础上，对 GB 151 作了如下修订：

(1) 根据 TEMA 最新版本修订了适用参数范围。

(2) 变“钢制管壳式换热器”为“管壳式换热器”。取消了“钢制”，意味着增加了铝、铜、钛及其合金的换热管和可能使用的这些材料的受压元件，这样既解决了国内有产品无标准的难题，同时也使本标准向国际同类先进标准更靠近了一步。

①除了碳钢、低合金钢和高合金钢作换热管外，铝、铜、钛及其合金作为耐腐蚀或高传热性能用管，在我国已有较成熟的经验。对钛材的认识，如对于塔顶冷凝的场合，钛材表现了极其优良的抗露点腐蚀性能。目前，钛材的使用正处于发展阶段，国内已有很多厂家生产了钛管束换热器。

②本标准取消了“钢制”，虽然主要原因是采用了有色金属管，但在一定的场合下，采用有色金属管的换热器，其管板和其他受压元件也可能采用有色金属材料（如钛管必须和钛管板才能焊接），因此本标准必须对有色金属的许用应力、安全系数、焊接接头系数等提出有别于钢材的要求。根据原劳动部《压力容器安全技术监察规程》和由容标委审定的《压力容器材料实用手册》以及铝、钛容器标准等资料，并参照了 ASME 等国外先进标准后，编制了附录 D（标准的附录）“有色金属设计数据”。

(3) U 形管式换热器的管板计算有了较大的变动。

随着科学技术不断的发展，清华大学与北京石化工程公司对 U 形管式换热器进行了大量的试验研究，提出了更为精确也较复杂的计算方法并纳入了本标准。

(4) 计算公式：给出了管板的孔桥宽度计算公式，修订了平盖和浮头法兰的计算公式。

(5) 由于 1989 年版标准中采用的 I、II 级换热器分类只存在于碳素钢和低合金钢换热管束中，所以本次修订取消了 I、II 级换热器，而以 I、II 级管束来加以区别。

(6) 由于制订了国家标准 GB 16749—1997《压力容器波形膨胀节》，故撤消了 GB 151—1989 中附录 A“膨胀节”。

(7) 根据 GB 151—1989 第 2 号修改单，本标准以附录 C（标准的附录）的形式正式列入了奥氏体不锈钢焊接钢管作为换热管。

(8) 新增加了附录 K（提示的附录）“壳体与管束间的入口或出口面积的计算”。

壳程进出口处流体的压降是设计者及用户十分关心的参数，所以流体进入或流出管束的流通面积应大于或等于接管内径截面积。为方便设计者，本附录给出了排满管和局部排

管情况下有或无防冲板时流通面积的近似计算式。

(9) 修订了有关的制造条款。

三、编制原则的说明

1 与 GB 150 的关系

GB 151《管壳式换热器》从属于压力容器范畴,又与一般压力容器稍有差别(如有管、壳程之分,同一受压元件可能承受两种介质、温度和压力的作用等)。其理论基础、安全系数、许用应力和材料选择等方面与 GB 150 相同,二者的关系犹如 ASME Ⅶ—1 与 TEMA 及原日本的 JIS B 8243 与 JIS B 8249 之间的关系一样。

2 计算公式

凡主要用于管壳式换热器的计算公式,本标准都予以纳入(如管板、管箱、平盖、浮头等);凡属通用的计算公式且已纳入 GB 150 的,本标准不再重复。

3 结构设计

本标准尽可能多地收集了有关资料,经过筛选提供了有关的结构设计及尺寸,这些内容大大地超出了 TEMA 及 JIS B 8249 的内容。本标准给出这些结构设计后,不等于不准使用本标准以外的结构设计和结构尺寸,当有成功使用经验时允许采用新结构或变更本标准的结构设计或结构尺寸。

4 换热器分类

(1) 本标准没有像 TEMA 或 JIS B 8249 那样按用途把换热器分成三类,其原因为:

①按用途分类,划界不清。如无法把“石油及有关加工过程”与“化工过程”严格区分;再者不是所有的“化工过程”都比“石油及有关加工过程”危害程度低;

②TEMA 的“R”、“C”、“B”及 JIS B 8249 中的 I、II、III 三类全部区别共 18 项(见表 2),关键的内容更少。本标准虽没按用途分类,但从表中不难看出,基本包括了上述两标准中的三类内容。其中差别较大者为碳钢腐蚀裕量, R 类 3.175 mm, C、B 类 1.587 mm;而本标准采用 GB 150 的规定不小于 1 mm。虽然从数值上看,差异较大,但对一个称职的设计者来说,应该清楚腐蚀裕量是取腐蚀速率与使用寿命的乘积。我国标准的规定把腐蚀裕量的决定权交给了设计者,以使设计的取值更趋于经济合理。

(2) 我国的《压力容器安全技术监察规程》已根据压力容器的使用状态、设计压力、介质危害程度等把压力容器划为三类,这一规定同样适用于换热器,故本标准无需另行分类。

表 2 TEMA—1999 R、C、B 主要区别及与 GB 151 对比

TEMA—1999						GB 151
序号	内容	章节	R	C	B	
1	定义	1.12	石油及有关工艺过程,一般严格要求	工业及一般工艺过程,一般中等要求	化工过程	非直接火的管壳式换热器的设计、制造、检验与验收
			非直接火的管壳式换热器的设计和制造			
2	碳钢腐蚀裕量	1.51	1/8"(3.175 mm)	1/16"(1.587 mm)		与 GB 150 一致, ≥ 1 mm
3	管间距和最小清洗通道	2.5	管间距为 1.25 倍管外径,最小清洗通道为 1/4"	$d_0 > 5/8"$ 时,与 R 类同; $d_0 \leq 5/8"$ 时,机械清洗时, $DN < 12"$,最小清洗通道为 3/16"; $DN > 12"$,最小清洗通道为 1/4"		管间距为 1.25 倍管外径(最小), $d_0 \geq 19$ mm 时清洗通道为 6~15 mm
4	壳体、管箱、封头的最小厚度 δ	3.13	DN 13~29" 30~39" 40~60" 61~100" 碳钢 δ 3/8" 7/16" 1/2" 1/2" 合金 δ 3/16" 1/4" 5/16" 1/2"	DN 13~23" 24~29" 30~39" 40~60" 61~100" 碳钢 δ 5/16" 5/16" 3/8" 7/16" 1/2" 合金 δ 1/8" 3/16" 1/4" 1/4" 1/2"		400 800 1100 1600 2100 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
		700 1000 1500 2000 2600				
		9.1			碳 U 型钢	8 10 12 14 16
					固定	6 8 10 12 14
5	纵向折流板厚度	4.42	$\delta_{\min} = 1/4"$	合金 $\delta_{\min} = 1/8"$ 碳钢 $\delta_{\min} = 1/4"$		高合金钢 4.5 6 8 10 12 $\delta_{\min} = 6$ mm

续表 2

序号	内容	TEMA—1999				GB 151
		章节	R	C	B	
6	拉杆直径与最少数量	4.71	DN 6~15" 16~27" 28~33" 34~48" 49~60" 61~100" 直径 3/8" 1/2" 5/8" 数量 4 6 6 8 10 12	DN 6~15" 16~27" 28~33" 34~48" 49~60" 61~100" 直径 1/4" 3/8" 1/2" 5/8" 数量 4 6 6 8 10 12		相当于 R 级, 而且按壳体直径划分更细(见 5.10.2)
7	浮头盖流通面积	5.1	为管程流通面积的 1.3 倍	与管程流通面积相同		为管程流通面积的 1.3 倍
8	外密封 浮动管板 (W 型)	5.5	设计温度: $t \leq 375^\circ\text{F}$ 最大设计压力: 300 psi, DN 6~24" 150 psi, DN 25~42" 75 psi, DN 43~60" 50 psi, DN 61~100"	介质: 水、蒸汽、空气、润滑油或类似场合 最大设计压力: 600 psi	同 R 类	不适用于易挥发、易燃、易爆、有毒及贵重介质 外填料函结构一般用于 2.5 MPa 以下
9	垫片材料	6.2	对内浮头, $P > 300$ psi 或烃类物料的场所用金属包垫或实心金属垫片	对内浮头: $P > 300$ psi 或烃类物料的场所, 用金属包垫或实心金属垫片; 对 $P \leq 300$ psi 的场所, 允许使用石棉制品垫片		无具体规定, 因有换热器专用的行业标准
10	垫片接触面	6.32	20° 的弧内不平度 $\leq \pm 1/32"$	试压不漏		试压不漏
11	最小管板厚度 (用于胀接)	7.131	等于管外径 d_0 , 且不小于 $3/4"$	a) $d_0 \leq 1"$ 时, 为 $0.75d_0$ b) $d_0 = 1.25"$ 时, 为 $7/8"$ c) $d_0 = 1.5"$ 时, 为 $1"$ d) $d_0 = 2"$ 时, 为 $1 \frac{1}{4}"$		用于炼油及易燃、易爆场合 $d_0 \leq 19\text{mm}$ 为 20mm ; $d_0 \geq 25\text{mm}$ 取 d_0 值。用于无害一般场合还可略薄

续表 2

序号	内容	TEMA—1999				GB 151
		章节	R	C	B	
12	管板孔开槽	7.44	至少开两个槽	设计温度 > 350°F, 设计压力 > 300 psi 时开两个槽	至少开两个槽	按 8—3—6—3 的尺寸能开两个槽的全部开两个槽
13	胀接长度	7.51	取 2" 与管板厚度减 1/8" 中较小者	取 2 倍管外径、2" 及管板厚度减 3/8" 中较小者	同 R 类	取 a) 管板名义厚度减 3 mm; b) 50 mm 中较小者
14	管板分程隔板槽	7.6 9.22	槽深 3/16", 复合层或衬层与流体接触的表面公称厚度 $\geq 1/8"$	$P > 300$ psi, 槽深 3/16", 或者用其他措施使垫片就位; 当使用复合板或衬层时, 复合板或衬层与流体接触的表面积公称厚度 $\geq 1/8"$		槽深一般不小于 4 mm 槽宽: 碳钢 12 mm 不锈钢 11 mm
15	管螺纹接头	10.3	采用 6000 psi 标准接头	采用 3000 psi 标准接头		无规定
16	压力表接口	10.32	接管 $\geq 2"$, 设 3/4" 接口	由用户确定	接管 $\geq 2"$, 设 1/2" 接口	由用户确定
17	温度计接口	10.33	接管 $\geq 4"$, 设 1" 接口	由用户确定	同 R 类	由用户确定
18	最小螺栓直径	11.1	3/4"	1/2" (推荐值), 用更小螺栓时, 要防止螺栓过应力	5/8"	本标准无规定 (因压力容器法兰、管法兰都有标准, 仅浮头法兰要自行设计)

(3) 本标准中的Ⅰ级和Ⅱ级换热器管束，仅仅针对碳钢、低合金钢换热管国内标准中还存在着“较高级”和“普通级”制订的。一旦国内换热管能够全部采用“较高级”钢管时，碳钢、低合金钢管换热器管束无需再分Ⅰ级和Ⅱ级。

四、主要章节及附录的说明

1 范围

(1) 直径

本标准规定的最大直径为 2600 mm, 与 TEMA—1999 相当 (见表 3)。其原因为:

- ①近年来引进的和国内自行设计的换热器直径达到或超过 DN 2000 的为数不少;
- ②国内压力容器主要的零配件标准已能满足 $DN \geq 2000$ 的要求;
- ③TEMA—1999 也已将 DN 扩大到了 2600 mm。

表 3

标 准	GB 151	TEMA—1999	JIS B 8249
$DN_{\max}$	2600 mm	100" (2540 mm)	1500 mm

(2) 压力

GB 151 的最高设计压力与 GB 150 相同, 尽管 GB 150 规定的设计压力是各类国际标准中最高的 (见表 4), 但其安全性在 GB 150—1989 标准释义中已有阐述, 而其在常规设计中经济合理性用 $DN \cdot PN$ 的乘积控制是不会有问题的。

表 4

标 准	GB 150、GB 151	ASME、TEMA	JIS B 8243、JIS B 8249
$PN_{\max}$	35 MPa	3000 psi (20 MPa)	300 kgf/cm ² (~30 MPa)

(3) $(DN \cdot PN)_{\max} \leq 1.75 \times 10^4$

这一控制值比 GB 151—1989 大 75% 而与 TEMA 最新版本基本一致, 控制 DN 与 PN 乘积的目的是避免在常规篇的设计中引起过厚的壳体壁厚和过大的螺栓直径而造成的保守。正因为本标准控制 $(DN \cdot PN)_{\max} \leq 1.75 \times 10^4$, 尽管本标准的 DN、PN 允许值都比国外标准高, 但不会形成经济性差的不合理设计。

(4) 超出使用范围 (PN、DN、 $DN \cdot PN$) 的出路

①本标准尽管限制了 PN、DN 和 $DN \cdot PN$, 但不是说一定不能超出上述限制。当超出参数范围的设计、计算值能够被接受时, 该换热器也可参照本标准设计, 这也是本标准