

化工设备设计手册

4

高压设备



上海人民出版社

81.18073

152

4:3

化工设备设计手册

4

高压设备

《化工设备设计手册》编写组

38212/02



内 容 提 要

本手册共分《材料与零部件》、《金属设备》、《非金属防腐蚀设备》、《高压设备》、《常用技术条件》五个分册。

本册较为系统地介绍了高压容器的筒体设计、零部件设计、密封设计、温差应力计算、焊缝系数和焊缝坡口型式、爆破压力计算及高压容器设计实例,并专章论述了低温高压容器、高温高压容器和超高压容器,对于高压管件、紧固件以及高压球阀也在附录中予以介绍,可供从事高压设备设计、制造、使用部门的工人、技术人员以及高等院校有关专业师生参考。

化工设备设计手册

4

高 压 设 备

《化工设备设计手册》编写组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.5 字数 266,000

1973年4月第1版 1973年4月第1次印刷

印数 1—37,000

统一书号: 15171·97 定价: 1.17 元

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

《中华人民共和国第一届全国人民代表大会
第一次会议开幕词》

备战、备荒、为人民。

转摘自《中国共产党第八届中央委员会第十
一次全体会议公报》

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

转摘自《周恩来总理在第三届全国人民代表
大会第一次会议上的政府工作报告》

前 言

无产阶级文化大革命焕发出来的亿万人民的革命干劲，推动着我国工农业生产和科学技术的迅速发展，一个“抓革命，促生产，促工作，促战备”的新高潮正在全国蓬勃兴起。

为了贯彻伟大领袖毛主席提出的“备战、备荒、为人民”的战略方针，迎接当前石油化学工业发展的新形势，适应开展工人、革命干部和技术人员“三结合”设计的需要，上海化学工业设计院，在燃化部和上海市化工局的领导下，组织全国几十个工厂、学校、设计和科研单位，共同编写了一套《化工设备设计手册》，供从事化工设备设计、制造、使用部门的工人和技术人员在工作中参考。

这套手册的编制，立足于国内，从化工设备设计的实际需要出发，按照简明、实用的原则，力求内容比较全面，以常用的技术内容为主，不常用的也推荐代表性的内容，同时对技术革新的新产品、新设备、新结构、新材料等内容也有一定的介绍。

在编写手册过程中，我们坚持工人阶级领导，组织了工人、革命干部、技术人员“三结合”形式的编写组，并到许多厂矿、设计和科研单位进行调查研究，收集资料，听取意见，反复讨论，共同定稿。

这套手册共分五册：第一册为材料与零部件、第二册为金属设备、第三册为非金属防腐蚀设备、第四册为高压设备、第五册为常用技术条件。

本册系根据化工设备设计专业技术中心站组织有关单位共同编制的高压容器设计手册，经过调查研究重新修订编成。

由于我们学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想不够，了解的情况有限，目前化工生产和化工技术发展很快，本手册的内容一定有很多不足之处，热忱希望广大读者提出宝贵意见，以便今后改正，使这套手册更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

在这套手册的编写过程中，得到了很多单位的指导和帮助，在此，致以深切的谢意。

《化工设备设计手册》编写组

1972年10月

31576

目 录

第一章 总论	1
一、范围	1
二、设计压力	1
三、设计温度	1
四、容器的壁厚	1
五、安全系数和许用应力	2
六、压力试验	3
第二章 筒体设计	6
一、概述	6
二、单层厚板筒体	6
三、层板包扎筒体	9
四、绕带式筒体	11
五、扁平钢带筒体	13
六、绕板式筒体	14
七、锻造筒体	15
八、铸钢筒体	17
九、球形容器	18
第三章 密封设计	20
一、概述	20
二、平垫密封	21
三、双锥密封	38
四、卡扎里密封	45
五、C 形环密封	53
六、O 形环密封	54
七、B 形环密封	61
八、组合式密封	64
九、楔形垫密封	71
十、三角垫密封	75

十一、平垫自紧密封	77
第四章 零部件设计	79
一、概述	79
二、筒体顶部、端部法兰	79
三、容器封头底盖	87
四、卡箍	91
五、爆破帽	94
六、开孔设计	95
七、衬里设计	107
第五章 温差应力	112
一、概述	112
二、单层圆筒形高压容器的温差应力计算	112
三、组合圆筒形高压容器的温差应力计算	114
四、单层球形高压容器的温差应力计算	115
五、内压和温差同时存在的容器强度计算	115
第六章 焊缝系数和焊缝坡口型式	117
一、焊缝系数	117
二、焊缝坡口型式	117
第七章 低温高压容器	124
一、概述	124
二、材料	125
三、设计和制造中一般规定	126
第八章 高温高压容器	127
一、在高温高压下长期工作的钢材的选用	127
二、高温高压容器设计计算	129
第九章 超高压容器	131
一、单层筒体	131
二、自增强筒体	132
三、组合筒体	141

第十章 爆破压力计算及设计实例	143
一、爆破压力计算	143
二、筒体设计计算	144
三、考虑温差应力的筒体计算	149
四、定型高压容器的设计参数汇总表	150
附录 I P_g 160、220 和 320 公斤/厘米 ² 高压管件及紧固件 (JB×××-71)	157
一、高压管件用无缝钢管技术条件	157
二、高压管件端部加工	159
三、焊接三通	162
四、三通式焊接单引出口透镜垫	168
五、插入式焊接单引出口透镜垫	169
六、插入式焊接双引出口透镜垫	171
七、带直边弯头	173
八、不带直边弯头	176
九、异径管	177
十、透镜垫密封管丝头	180
十一、平垫密封管丝头	183
十二、活接头	184
十三、温度计套管	187
十四、流量孔板	192
十五、透镜垫密封螺纹法兰	195
十六、平垫密封螺纹法兰	198
十七、透镜垫密封法兰盖	199
十八、平垫密封法兰盖	201
十九、透镜垫	202
二十、无孔透镜垫	203
二十一、平垫	205
二十二、双头螺柱	206
二十三、拧入双头螺柱及螺孔	209
附 录 法兰连接尺寸	212
附录 II P_g 320 高压球阀系列及技术条件	222
一、Q73S-320 高压球阀系列	222
二、 P_g 320 高压球阀技术条件(草案) (HF3QJ-69)	227

第一章 总 论

一、范 围

本手册重点叙述压力范围为 $100\sim 1000$ 公斤/厘米²、温度范围为 $-20\sim 420^{\circ}\text{C}$ 的高压容器。

对于工作压力超过 1000 公斤/厘米² 的超高压容器、工作温度低于 -20°C 的低温高压容器以及工作温度超过 420°C 的高温高压容器另有章节作补充说明。

二、设 计 压 力

最大工作压力系指容器在整个使用过程中可能出现的最大表压。

设计压力系指容器设计时用以确定壳壁计算厚度及其零部件尺寸的压力。为考虑安全装置泄压的滞后情况,推荐设计压力为最大工作压力的 1.05 倍。

三、设 计 温 度

设计温度系指容器整个使用过程中,在相应的设计压力下壳壁或零部件金属预计可能达到的最高温度或最低温度(指 0°C 以下)。

当无法预计壳壁温度时,分别情况按下述方法确定设计温度:

1. 对于不被加热或冷却的壳壁,当在壳壁外敷设保温层或保冷层时,可取操作介质的最高温度或最低温度(指 0°C 以下)。

2. 对于用水蒸汽、热水或其他液体介质加热或冷却的壳壁,可取加热介质的最高温度或冷却介质的最低温度(指 0°C 以下)。

3. 对于用电加热的容器:

(1) 直接加热容器者,应取容器内介质温度再增加 50°C ;

(2) 间接加热容器者,应取容器内介质温度再增加 20°C 。

四、容 器 的 壁 厚

本手册中容器的计算壁厚是指按规定的计算公式求得的最小壁厚,未考虑腐蚀裕度。

设计图样上标注的容器厚度,应为制成品的厚度,即容器的设计壁厚。容

器的设计壁厚由以下三部分组成,即

$$S_{sh} = S + C_1 + C_2$$

式中: S_{sh} ——容器的设计壁厚(毫米);

S ——容器的计算壁厚(毫米);

C_1 ——腐蚀裕度(毫米);

C_2 ——复合钢板的复层或衬里层的厚度(毫米)。

制造厂在使用一定厚度的钢板进行加工时,应预先考虑到钢板的负偏差和加工工艺过程中可能损失的裕度。

五、安全系数和许用应力

(一)材料的基本许用应力 取下列数值的最小值:

$$\left. \begin{aligned} [\sigma]_g &= \frac{\sigma_b}{n_b} \\ [\sigma]_g &= \frac{\sigma_b^t}{n_b} \\ [\sigma]_g &= \frac{\sigma_s}{n_s} \\ [\sigma]_g &= \frac{\sigma_s^t}{n_s} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中: $[\sigma]_g$ ——材料的基本许用应力(公斤/厘米²);

σ_s, σ_b ——在常温下材料的屈服限和强度限(公斤/厘米²);

σ_s^t, σ_b^t ——在设计温度下材料的屈服限和强度限(公斤/厘米²);

n_s, n_b ——安全系数,取值如下:

钢材(不包括奥氏体不锈钢): $n_b = 2.6, n_s = 1.6$;

奥氏体不锈钢: $n_b = 2.6, n_s = 1.5$ (对于常温下的屈服限)
或 1.3 (对于设计温度下的屈服限)。

当碳钢和低合金钢的设计温度超过420°C,合金钢的设计温度超过450°C,奥氏体不锈钢的设计温度超过550°C时必须进行持久限或蠕变限验算,取以下两者中的较小值为基本许用应力($[\sigma]_g$):

$$[\sigma]_g = \frac{\sigma_d^t}{n_d} \quad \text{或} \quad [\sigma]_g = \frac{\sigma_n^t}{n_n} \quad (1-2)$$

式中: σ_d^t, σ_n^t ——在设计温度下材料的持久限和蠕变限(公斤/厘米²);

n_d, n_n ——安全系数,取值如下:

钢材(不包括奥氏体不锈钢): $n_d = 1.6$ (σ_d^t 取平均值时)或
1.25 (σ_d^t 取最低值时);

奥氏体不锈钢: $n_d = 1.5$ (σ_d^t 取平均值时)或 1.25 (σ_d^t 取最

低值时)。

所有各种钢材， $n_n=1.0$ 。

(二)各种受压元件的许用应力 按下式确定：

$$[\sigma]=Y[\sigma]_g \tag{1-3}$$

式中： $[\sigma]$ ——各种受压元件的许用应力(公斤/厘米²)；

Y ——元件系数(查表 1-1)。

表 1-1 元 件 系 数 Y

受 压 元 件 名 称	Y
筒体(单层、多层、锻造、绕带、绕板)，球壳及冲压球形封头	1.0
扁平钢带筒体	0.9
筒体顶部及底部(环形锻件)	0.9
底封头(碗形锻件)	0.8
顶盖及底盖(饼形锻件)	0.7

(三)螺栓的许用应力 $[\sigma]$ 根据螺栓直径的大小确定(表 1-2)。

表 1-2 螺 栓 的 许 用 应 力 $[\sigma]$

螺 栓 直 径	$[\sigma]$ (取下列数值的较小值)
$>M48$	$\frac{\sigma_s}{2.5}$ 或 $\frac{\sigma_s^t}{2.5}$
$M24\sim M48$	$\frac{\sigma_s}{3.0}$ 或 $\frac{\sigma_s^t}{3.0}$
$<M24$	$\frac{\sigma_s}{3.5}$ 或 $\frac{\sigma_s^t}{3.5}$

六、压 力 试 验

(一)水压试验 容器制造完成后应进行水压试验，试验合格后方可交付使用。

- 1. 水压试验时的用水温度和环境温度，不得低于 5℃。
- 2. 试验压力不得低于设计压力的 1.25 倍。

设计温度大于 200℃ 的容器，其试验压力按下式计算：

$$P_*=1.25P\frac{[\sigma]_{试}}{[\sigma]} \tag{1-4}$$

式中: $P_{\text{水}}$ ——水压试验压力(公斤/厘米²);

P ——设计压力(公斤/厘米²);

$[\sigma]_{\text{试}}$ ——试验温度下筒体材料的许用应力(公斤/厘米²);

$[\sigma]$ ——设计温度下筒体材料的许用应力(公斤/厘米²)。

拔制式容器用作贮瓶时,水压试验压力应为设计压力的1.5倍。

3. 打压时应逐级升压,每级最大升压间隔为50公斤/厘米²,但升至试验压力不得少于3级。每升压1级,须保压2分钟,升至试验压力时保压不少于20分钟,以便对焊缝和密封部位进行检查。卸压时应缓慢降压,卸压级数及每级保压时间与升压相同。

4. 水压试验中,应对焊缝及密封部位进行宏观检查,不得产生泄漏和影响强度的缺陷。

5. 对于层板包扎容器、绕带容器、扁平钢带容器及绕板容器,在水压试验中应作残余变形测定:

(1) 容器公称直径小于和等于500毫米者,作容积残余变形测定;

容器公称直径大于500毫米者,作内径残余变形或容积残余变形测定。

(2) 用加水量测量的容积残余变形率应不大于10%。

(3) 内径残余变形测量的截面数按表1-3规定。

表 1-3 内径残余变形的测量截面数

筒 体 长 度 (米)	截 面 数
<6	2
6~12	3
>12	5

每个截面位于筒节中部,各截面沿筒体均匀分布。每个截面至少包括水平和垂直二个位置。

内径残余变形率应不大于0.03%。

(二) 验证性水压试验

1. 凡容器或其部件强度不能准确地计算时,其最高许用工作压力由验证性水压试验来决定。

2. 在升压过程中用应变测定或脆性涂料等方法来确定容器产生明显屈服时的试验压力。

3. 根据在验证性水压试验中测得的容器筒体产生明显屈服时的试验压力,按下式确定容器的最高工作压力:

$$P = \frac{1}{1.6} P_{\text{试}} \left(\frac{S - C}{S} \right) \frac{[\sigma]}{[\sigma]_{\text{试}}} \quad (1-5)$$

式中: P ——容器允许的最高工作压力(公斤/厘米²);

$P_{\text{试}}$ ——容器产生明显屈服时的试验压力(公斤/厘米²);

S ——容器的实际壁厚(毫米);

C ——壁厚附加量,即 $C = C_1 + C_2$ (毫米);

其他符号同前。

第二章 筒体设计

一、概述

高压容器是高压工艺过程中的关键设备,因而对于材料、设计和制造都有严格的要求。设计时,应满足下列条件:

(1) 在工作条件(包括高压高温、高压低温以及有腐蚀介质存在的情况)下安全可靠。

(2) 结构简单,便于制造。

(3) 能长期连续使用。

随着我国社会主义建设的飞速发展,大量新兴工业不断出现,高压容器得到了越来越广泛的应用。几年来,已经普遍使用的高压容器结构有单层卷焊式、单层瓦片式、无缝钢管式、层板包扎式、绕带式、扁平钢带式、绕板式、整体锻造式、锻焊式、拔制式、热套式(参见第九章超高压容器中组合容器)、铸造式以及球式等。此外,超高压自增强容器的研究也取得很大的成绩。

容器结构的正确选择和设计是一个相当复杂的问题,不仅决定于设备制造厂的生产能力和操作条件,同时还要保证运行中的安全性。因此在结构选择时,必须对机械制造和冶金技术水平、生产规模以及制造该种容器的技术经济指标是否先进等因素作全面的综合分析。为此对上述各种结构的特点、适用范围以及有关因素分别在以下各节加以叙述,以备选择结构时的参考。

至于筒体的内径主要由使用部门根据工艺需要来确定。但由于高压容器日益增多,需要尽量简化容器的设计和生产,并考虑到选用的方便,特根据我国目前生产使用情况推荐如下系列(无缝钢管式容器直径系列见表 2-1):

$\phi 100, \phi 200, \phi 300, \phi 400, \phi 500, \phi 600, \phi 700, \phi 800, \phi 900, \phi 1000,$
 $\phi 1200, \phi 1400, \phi 1600, \phi 1800, \phi 2000, \phi 2400$ 毫米。

二、单层厚板筒体

(一)概述 单层厚板筒体有如下三种结构型式,现分别叙述于后。

1. 单层卷焊式: 这种型式的筒体是由厚钢板在卷板机上卷成圆筒,然后焊接纵缝成为筒节,最后通过焊接环缝,将筒节与筒节、筒节与筒体顶部、底部或封头组装而成。

焊接有手工焊、自动焊和电渣焊三种方法,可由各制造厂根据条件决定。

一般的做法是,纵焊缝采用自动焊或电渣焊,环焊缝则采用自动焊。

这种型式的容器生产率高、工序少、制造比较简单,自动化生产程度高,同时,还可以对焊好纵缝的筒节进行喷淋淬火,以提高材料的强度,所以目前已被逐渐推广使用。但是,它要求具备大型卷板机和热处理设备,而且还要有优质的厚钢板。

一般使用范围:

- (1) 容器内径为 $\phi 400 \sim 3200$ 毫米;
- (2) 压力为 $100 \sim 1000$ 公斤/厘米²;
- (3) 各种温度范围(低温、常温和高温);
- (4) 容器壁厚不超过 110 毫米。

2. 单层瓦片式: 这种型式的筒体与单层卷焊式筒体的不同之处,在于构成筒节时所采用的方法不同。它是由水压机将厚钢板压成圆弧形板坯(瓦片状),然后通过焊接二条以上纵焊缝而使其成为筒节。这种结构只有在卷板机能力不够,且具备水压机设备时方才采用。它的制造方法比单层卷焊式复杂、工夹具多、费工时、费料。

一般使用范围为:

- (1) 容器内径为 $\phi 400 \sim 1800$ 毫米;
- (2) 压力为 $100 \sim 1000$ 公斤/厘米²;
- (3) 各种温度范围(低温、常温和高温);
- (4) 容器的壁厚可根据水压机的能力和钢板供应的情况而定。

表 2-1 无缝钢管筒体推荐尺寸

外径×壁厚(毫米)	K 值 范 围	外径×壁厚(毫米)	K 值 范 围
$\phi 168 \times 5 \sim 45$	1.06~2.16	$\phi 299 \times 8 \sim 50$	1.06~1.5
($\phi 173 \times 18 \sim 25$)	1.26~1.41	($\phi 308 \times 16 \sim 40$)	1.12~1.35
$\phi 180 \times 5 \sim 45$	1.06~2.0	$\phi 325 \times 8 \sim 50$	1.05~1.44
($\phi 185 \times 16 \sim 28$)	1.21~1.44	($\phi 336 \times 16 \sim 40$)	1.10~1.33
$\phi 194 \times 5 \sim 45$	1.05~1.86	$\phi 351 \times 8 \sim 30$	1.05~1.2
($\phi 203 \times 16 \sim 30$)	1.20~1.42	$\phi 377 \times 9 \sim 28$	1.05~1.17
$\phi 219 \times 6 \sim 50$	1.06~1.84	$\phi 402 \times 9 \sim 28$	1.05~1.16
($\phi 225 \times 16 \sim 30$)	1.17~1.37	$\phi 426 \times 9 \sim 25$	1.04~1.13
$\phi 245 \times 7 \sim 50$	1.06~1.69	$\phi 459 \times 9 \sim 25$	1.04~1.12
($\phi 252 \times 16 \sim 40$)	1.15~1.47	$\phi 480 \times 9 \sim 25$	1.04~1.115
$\phi 273 \times 7 \sim 50$	1.05~1.58	$\phi 500 \times 9 \sim 25$	1.04~1.11
($\phi 282 \times 16 \sim 40$)	1.13~1.39		

注: 有括号者为非标准。

3. 无缝钢管式: 这种型式的高压容器是用无缝钢管作为筒节, 两端与筒体顶部、底部或封头焊接而成, 因而制造简单、生产周期短, 在我国的小型化肥厂中已广泛采用。但是, 由于无缝钢管规格的限制, 仅用于小直径容器。

使用范围由无缝钢管的规格而定, 见表 2-1。

对于腐蚀性介质, 为节约贵重合金起见, 建议采用衬里结构、复合钢板或组合容器。

(二) 材料

1. 选材原则: 高压容器用钢材必须根据下述原则进行选取。第一, 根据其操作条件 (工作压力、温度、介质腐蚀性能)、使用寿命、钢材的机械性能 (强度、塑性和冲击韧性)、焊接性能、加工工艺性能及热处理等方面来选取。第二, 同时还须考虑我国合金元素资源和当前钢材的供应情况。

单层筒体选材的具体要求如下:

(1) 必须选用平炉、电炉或纯氧顶吹转炉冶炼的镇静钢。

(2) 单层厚板筒体用钢材, 应具有良好的可焊性、塑性和冲击韧性, 一般要求延伸率 $\delta_5 \geq 15\%$ 。

(3) 用于腐蚀介质场合, 要满足耐腐蚀的要求。

2. 筒体推荐材料

(1) 单层卷焊式及瓦片式: A3R, 16MnR, 15MnVR, 18MnMoNbR, 14MnMoVg, 20g*, 16Mng*, 15MnVg*, 12Cr2Mo1A**。

(2) 无缝钢管式: 10, 20, 15MnV, 09Mn2V, 14MnMoV。

(三) 设计计算 只受内压作用的容器的强度计算如下:

$$\sigma = \frac{P(D_n + S)}{2S} \leq [\sigma]\varphi \quad (2-1)$$

$$S \geq \frac{PD_n}{2[\sigma]\varphi - P} \quad (2-2)$$

式中: σ ——内压容器壳壁的计算应力 (公斤/厘米²);

P ——设计压力 (公斤/厘米²);

D_n ——筒体内径 (厘米);

S ——筒体最小壁厚 (厘米);

φ ——焊缝系数, 见第六章;

$[\sigma]$ ——许用应力 (公斤/厘米²), 见第一章。

内压和温差同时存在, 并需计算温差应力时, 其计算方法详见第五章。

注: (1) 有 * 者为代用材料, 其他各节相同。

(2) 有 ** 者系在高温耐氢腐蚀场合使用, 其他各节相同。

三、层板包扎筒体

(一)概述 层板包扎式筒体,一般先用厚度 13~20 毫米的优质钢板或厚度 8~13 毫米的不锈钢板卷焊成内筒,纵焊缝经 100% 射线探伤或超声波探伤并经热处理和机械加工后,再将预先弯成半圆形或瓦片形的厚度为 4~8 毫米(我国目前普遍采用 6 毫米)的层板,用钢丝绳扎紧并点焊固定在内筒上,然后松去钢丝绳,焊接纵缝,并用砂轮磨平焊缝。以后用同样的方法逐层包扎,直至其层数达到设计要求为止。这样就成为一个整体筒节。最后,筒节两端经机械加工,车出环焊缝坡口,通过环缝组装成完整的筒体。

1. 主要优缺点:

(1) 在包扎与焊接各层层板时,由于钢丝绳的拉紧及纵焊缝的收缩作用,筒体内壁存在着预应力。在承受内压时,筒壁内应力沿壁厚分布较单层筒体均匀。

(2) 筒体上各层板的纵焊缝沿圆周均匀分布,即在任何轴向剖面上无二条以上焊缝,即使某层层板的纵缝存在缺陷,也不致延展至其他各层,因此焊缝削弱影响小;破坏时无碎片,安全性高。

(3) 制造条件要求不高,所需设备简单,不需大型复杂装置,中小型厂也能制造。层板层数一般不受限制,因此层板包扎式容器适用于压力高、直径大、筒壁较厚的场合。

(4) 制造周期长,包扎松紧不易均匀。因层板间总是存在着微量间隙与气膜,传热性能远不如整体的筒节,因此层板包扎式筒体不适用于外加热或利用筒壁进行换热的场合,例如带有加热或冷却夹套的反应釜等。

(5) 环焊缝一般不作焊后热处理,深槽环焊缝工作量大,且环缝探伤较困难,因此其环缝质量不如单层卷焊容器。

(6) 钢板材料利用率低。

2. 一般使用范围: 此种结构形式一般用在直径为 $\phi 500 \sim 3200$ 毫米,压力 ≤ 500 公斤/厘米², 温度 $\leq 500^{\circ}\text{C}$ 的场合。较大的直径应用于较低的设计压力。过大的直径和过高压力将使包扎层数太多,在这种场合使用多层包扎式并不是最合理的。

(二)材料

1. 选材原则: 选材原则参见单层厚板筒体,其具体要求如下:

(1) 内筒和层板材料都必须选用电炉、平炉或纯氧顶吹转炉冶炼的镇静钢。

(2) 内筒与层板材料都应具有良好的塑性与冲击韧性,一般要求内筒材料延伸率 $\delta_5 \geq 16\%$, 层板材料延伸率 $\delta_5 \geq 14\%$ 。