

BS2790 第一期 1973

焊接结构锅壳式锅炉规范

(非水管锅炉)

I 级焊接结构

黑龙江省劳动局

前 言

英国标准BS2790: 1973《焊接结构锅壳式锅炉规范》，是个比较好的国外参考标准，共分二册。一九七六年，我们委托王崇基同志翻译了本标准，拟做为我省锅炉安全监察干部学习参考资料。一九七九年二月，国家劳动总局和一机部召开的《火管锅炉受压元件强度计算标准》修订工作会议决定，以这个标准做为这次修订工作的主要参考资料。根据国家劳动总局的要求，我们委托哈尔滨工业大学李之光、刘曼青、周中也等同志，对原翻译稿第一册进行了复译和技术校对，现予印出。但由于时间仓促，不妥之处在所难免，请同志们批评指正。

在翻译和印刷过程中，得到哈尔滨工业大学、齐齐哈尔卫东机器厂、哈尔滨市松花江、东方红、新曙光锅炉厂和绥化地区劳动局等单位 and 同志的热情帮助和支持，特此致谢。

黑 龙 江 省 劳 动 局

一九七九年四月十日

前 言

本英国标准在1956年曾以《陆用园筒形焊接结构的蒸汽锅炉》的名称发表过。现在按照“国际标准化组织”(ISO)的R831推荐书《固定式锅炉的构造规范》加以修订。从而就有必要把这份标准分成两册发表：第一册仅涉及符合“国际标准化组织”推荐书的Ⅰ级结构与检验的锅炉(但关于可以选用不经正常化处理而另取安全系数的规定，与R831是不相容的，所以，这一规定仅在英国范围内执行)；第二册则仅涉及不符合“国际标准化组织”推荐书的Ⅱ级与Ⅲ级锅炉。

本标准仅是锅炉制造中一系列英国标准中的一项，其他是：

英国标准BS10，管路、阀门及管件用的法兰与螺栓件；

英国标准BS592，一般工程用途的碳素钢铸件；

英国标准BS759，锅炉安装与锅炉连接管道安装中所用的阀门、仪表及其他安全配件；

英国标准BS1113，水管锅炉；

英国标准BS1501，与火焰接触及不与火焰接触的压力容器用钢材——板料；

英国标准BS1502，与火焰接触及不与火焰接触的压力容器用钢材——型材与棒料；

英国标准BS1503，与火焰接触及不与火焰接触的压力容器用钢材——锻件；

英国标准BS1504，与火焰接触及不与火焰接触的压力容器用钢材——铸件；

英国标准BS1971，园筒形锅炉的波纹炉胆；

英国标准BS3059，钢质锅炉管及过热器管；

英国标准BS3601，钢质受压管道与管子——碳素钢，普通级；

英国标准BS3602，钢质受压管道与管子——碳素钢，优质级。

上述各标准合在一起可满足“国际标准化组织”R831推荐书的要求。

“国际标准化组织”推荐书及本系列标准所给出的诸规定能提供：对生命财产的充分保护、合理长久的安全使用期限、对运行损坏留有足够的裕度。

“国际标准化组织”推荐书要不断考虑设计与制造中的新趋势，要不断研究並发展其内容，因此，当更新的推荐书订出来后，本英国标准也将随之修订。

注：关于国际单位制的资料见英国标准BS350“换算系数表”及PD5886“国际单位制的使用”。

目 录

前言.....	(1)
前言.....	(2)

规 范

1、概 论

1.1 范围.....	(1)
1.2 定义.....	(1)
1.3 订货部门与制造部门所提供的资料.....	(1)
1.4 解释权.....	(2)
1.5 遵从本标准条件.....	(2)

2、材料与设计应力

2.1 材料.....	(2)
2.2 设计应力.....	(3)

3、设 计

3.1 概述.....	(4)
3.2 承受内压的园筒形锅壳.....	(4)
3.3 碟形及扳边的封头.....	(9)
3.4 主管与支管.....	(15)
3.5 人孔与观察孔.....	(15)
3.6 拉撑、加强筋及有拉撑的平面.....	(16)
3.7 管子与管板.....	(37)
3.8 受外压的园筒形炉胆及燃烧室.....	(43)
3.9 火箱.....	(45)

4、制 造 与 质 量

4.1 受压部件.....	(48)
4.2 焊接.....	(67)

4.3 热处理.....	(70)
4.4 焊接程序的批准.....	(72)
4.5 焊工的技术水平.....	(74)

5、检 验 与 试 验

5.1 一般要求.....	(76)
5.2 制造时的检验.....	(76)
5.3 产品焊缝的试板及机械试验.....	(77)
5.4 无损检查.....	(81)
5.5 水压试验.....	(82)

6、证明文件与标牌

6.1 图纸、文件及数据记录.....	(83)
6.2 合格证.....	(83)
6.3 标牌.....	(83)

附 录

推荐的连接型式.....	(84)
附注.....	(98)

范 规

1、概 论

1.1 范 围

1.1.1 本标准给出关于圆筒形、立式及机车型用火焰直接加热的锅炉与废热锅炉的要求，它们是以熔焊焊接的，其设计金属温度不超过 350°C 。本标准所属的锅炉是供应蒸汽或高压热水的陆用锅炉。本标准不适用于水管锅炉（见英国标准BS1113^{〔1〕}），也不适用于铁路机车锅炉。

1.1.2 本标准第一册所属的锅炉是I级熔焊结构，本标准包括对焊接处的机械性能试验、无损检查以及对焊后完工的锅炉所进行的热处理（见4.3.3.1）。

1.1.3 本标准适用于直径600毫米或以上的、锅壳壁最小厚度为6.5毫米的锅炉，而且：（1）设计压力超过 0.725牛顿/毫米^2 ^{〔2〕}或（2）以牛顿/毫米²表示的设计压力与以毫米表示的锅炉锅壳平均直径的乘积超过920。

1.1.4 订货部门可能需要的过热器、省煤器、空气予热器、加煤机、煤气或燃料油的燃烧设备、强制或诱导引风设备或其它辅助设备不在本项标准范围以内，而由订货部门与制造部门双方相互适当安排，可参考有关的英国标准来制造，（例如英国标准BS1113，可用于过热器；英国标准BS759^{〔3〕}，可用于锅炉配件）。

1.1.5 本标准不包括砖砌工程、绝热层、配件或炉胆配件。然而，除非在订货单或要求中特别声明不需要之外，一般还是随每台锅炉供应锅炉配件及炉胆配件。

1.2 定 义

英国标准BS499^{〔4〕}中的定义与下列定义对于这本英国标准都是适用的：

（1）检验权力部门：代表订货部门的个人或团体，他保证设计、材料和制造都符合本标准；

（2）证明权力机关：锅炉安装所在国的权力机关，证明安装是符合该国生效的法令要求；

（3）设计压力（对自然循环或辅助循环锅炉）：锅炉的最大许可工作压力。

1.3 订货部门与制造部门所提供的资料

1.3.1 订货部门所提供的资料

在询问时,订货部门应告诉制造部门下列事项:

(1) 代表订货部门的检验权力部门的名称;

(2) 锅炉将来运行时所要求的条件(见3.1.1)。

(3) 锅炉需要遵守的任何特殊法定的或其他的规定(例如英国以外的国家的锅炉法律)。

1.3.2 制造部门所提供的资料

如有需要,制造部门应向订货部门或检验权力部门或者这双方提供能充分详细表明锅炉所有受压部件结构的标有完整尺寸的剖面图纸,其中包括焊接详图(见4.2.2.2);图纸中应包括各种不同部件的设计金属温度的数值(见2.2.2)。

当本标准允许有数种任选的制造或试验的方法,制造部门在着手工作之前应向订货部门或检验权力部门或者这双方阐明它所选定的方法。

1.4 解释权

如果对本标准的任何部份的含义或作用认为有含糊之处或产生怀疑,或者对任何事情确定不了是否应该做或者可以省略,为了充分履行本标准,可把问题提到英国标准协会的锅炉技术委员会,它们对本标准中有争议的问题的解释应是免费的,并应是最终的和结论性的。可以认为采用本标准订立合同的当事各方已经同意标准中的条文,除非他们在合同上明确拒用这种条文或者另外引入一些其他条文。委员会对这些条文可以解释,但无权仲裁任何人在合同中的权利或义务,除非他们为委员会所作的解释所说服。

委员会对于所解释的问题的研究结果可编入标准的修正中。

1.5 遵从本标准的条件

只有在前言中所述的其它标准的有关要求能完全满足时,引用本标准条文去设计和制造才是有效的。只有当适用的各标准的有关要求已满足的情况下,才能按本标准第6部分的规定对锅炉及其辅助受压部件打标牌和出合格证件。

2、材料与设计应力

2.1 材料

2.1.1 用于制造符合本标准的锅炉用的材料应遵守下列要求:

2.1.1.1 钢板

钢板应符合英国标准BS1501:1964〔5〕中下列规范的任何一种:英国标准BS1501—151—161A级或B级;211—213—221B级,但最低为26等。

2.1.1.2 型钢及棒料

型钢与棒料应符合英国标准BS1502〔6〕的要求。

2.1.1.3 钢管

(1) 普通管及拉撑管

普通管及拉撑管应采用无缝管或电阻焊管,应符合英国标准BS3059:1968〔7〕第一册的要求。

(2) 无缝横水钢管及冲天管

无缝横水钢管及冲天管应符合英国标准BS3602,27等HFS或CDS,或者应符合英国标准BS3601,27等HFS或CDS。

2.1.2 管子的公差

如管子规范中有负公差,则应在设计锅炉时加以考虑。这一点对2.1.1.3所论及的所有管子都适用。

2.2 设计应力

2.2.1 许用应力

2.2.1.1 在下文中以符号“f”表示的“许用应力”是指确定受压部件最小尺寸用的应力。

2.2.1.2 许用应力f取下列数值中较低的那一个:

a、如采用经正常化处理的A级或B级的钢板:

$$\frac{E_T}{1.5} \quad \text{及} \quad \frac{R_{2.0}}{2.7}$$

b、如采用未经正常化处理的A级钢板:

$$\frac{E_T}{1.6} \quad \text{及} \quad \frac{R_{2.0}}{2.7}$$

式中: T—设计中所用的金属平均温度;

$R_{2.0}$ —室温时额定最小抗拉强度;

E_T —温度T时额定最小屈服应力或0.2%残余变形的应力。

2.2.1.3 钢板

如为B级钢板,则可自英国标准BS1501〔8〕中的适当的表上取用额定最小屈服应力或0.2%残余变形的应力。如用A级钢板代替B级,则可从表1上取供设计用的屈服应力或0.2%残余变形的应力 E_T 。

2.2.1.4 钢管

如采用英国标准BS3059〔9〕或BS3602的〔10〕钢管,则可按该标准中的相应的表格取用其最小额定屈服应力或0.2%残余变形的应力。对于符合英国标准BS3601〔11〕,的钢管可按表1取用屈服应力值或0.2%残余变形的应力 E_T 。

表1 符合英国标准BS3601A级碳素锅炉钢板及钢管在温度升高时的屈服应力或0.2%残余变形的应力与室温时的额定最小抗拉强度的最小比值

温 度 °C	250	275	300	325	350
$E_T/R_{2.0}$	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33

注：中间值可按插入法算得。

如为250°C以下的温度，可采用250°C时的f值。

2.2.2 金属温度

用以估价许用应力f的金属平均温度T，应由制造部门决定。金属平均温度T的最低值如下所述，但T不能低于250°C：

(1) 对于不设计成用作传热的锅壳、锅筒及其它部件，T可等于其中所装的水的最高温度。

(2) 对于下列部件，T可按其中所装的水的最高温度再加上下列各种情况下所指出的数值：

- a、烟管及承受类似传热率的受压部件：25°C；
- b、卧式湿背式锅炉所用的那种型式的燃烧室，以及暴露于火焰辐射中的薄壁管子：50°C；
- c、干背式锅炉的后管板：70°C；
- d、炉胆、火箱及承受类似传热率的受压部件：90°C。

3、设 计

3.1 概 述

3.1.1 本标准中所用的公式适用于在本标准所规定的条件之下制造的锅炉，并且它们是在一般的通风条件、良好的给水及足够监视管理的条件下运行的。

如果工作条件由于异常的燃烧强度、不良的给水、过份的腐蚀、暴露于室外、冒低气压〔12〕的危险，或其他原因而变得不利，建议对所给公式计算出的尺寸加以特别的考虑。对英国标准BS2486〔13〕应予以注意。如为热水锅炉，则其溢水孔的位置应能使锅炉的锅壳或水通道中不存留空气。

3.1.2 1.2(3)中所规定的设计压力不得低于使任何安全阀抬升的最高压力。应使在锅炉运行时的实际压力与任何安全阀抬升的最低压力之间有一裕量，从而避免安全阀的不必要的抬升。

3.1.3 按照本标准制造的锅炉的一切主焊缝，都认为有100%的焊接效率。因而在计算公式中，省略了焊接系数。

3.2 承受内压的圆筒形锅壳

3.2.1 锅壳厚度

园筒形锅壳的最小厚度应按下述公式确定，但在任何情况下，其厚度不得小于6.5毫米：

$$t = \frac{PRi}{f - 0.5P} + C \quad (1)$$

式中：

t—锅壳的最小厚度，毫米；

P—设计压力，牛顿/毫米²；

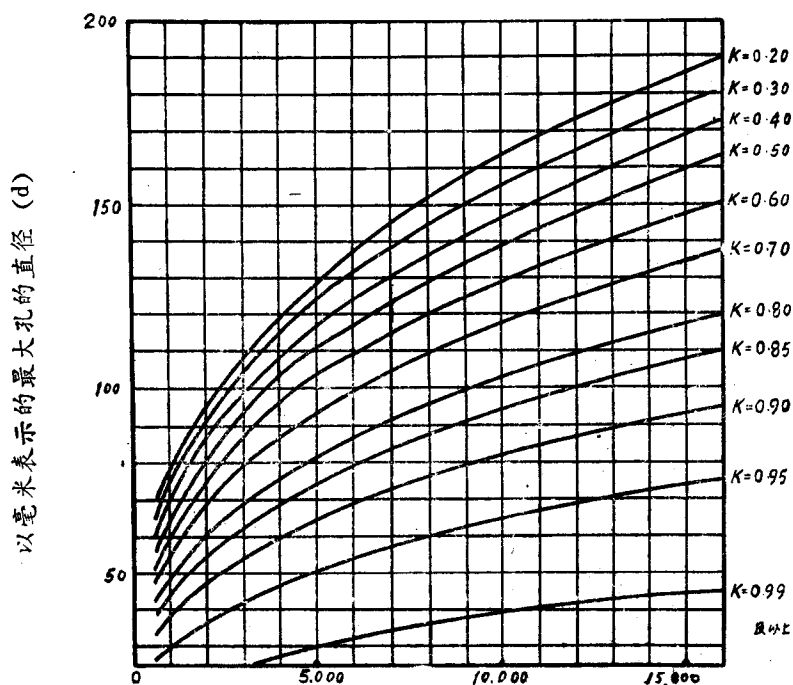
Ri—锅壳内半径，毫米；

f—在金属工作温度下的许用应力，牛顿/毫米²（见2.2.1）；

C—腐蚀增量，取0.75毫米，如考虑不利条件，应取更高的数值。

3.2.2 园筒形锅壳上的孔

3.2.2.1 不补强孔



以毫米表示的锅壳外径 × 以毫米表示的厚度 (D.t)

图1 不补强孔的最大直径

任何不补强孔的最大直径 d 可从图 1 或 2 中的曲线求得。图 1 及 2 中所用的 K 值按下式计算:

$$K = \frac{PD_0}{1.82ft} \quad (2)$$

式中:

P —设计压力, 牛顿/毫米²;

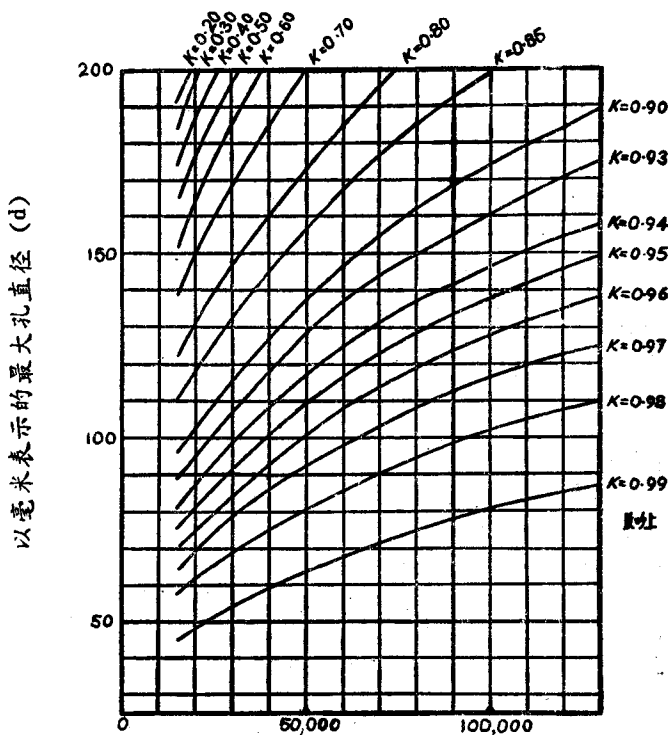
D_0 —锅壳外径, 毫米;

t —锅壳实际厚度, 毫米;

f —许用应力 (即式 1 中所用的), 牛顿/毫米²。

对于椭圆或扁圆形孔, d 可取长径与短径的平均值。

尽管是按图 1 及图 2 求直径 d , 但不补强孔的直径不应超过 200 毫米, 而且如 K 值等于 1 或更大, 则其不补强孔的最大尺寸应为 50 毫米。



以毫米表示的锅壳外径 × 以毫米表示的厚度 (D_0, t)

图 2 不补强孔的最大直径

3.2.2.2 按一定图形布置的孔群

按一定图形布置的孔群,例如管孔群,可按照英国标准BS1113 [14] 中所述的孔带规则进行设计,只要孔群中的最大孔的直径不超过3.2.2.1中所容许的数值即可。

3.2.2.3 补强孔

大于3.2.2.1所允许的孔,应予以补强。补强都应这样来实现:包括连接焊缝在内的局部配置的材料的横断面积,应超过如图3中所示的最低要求;如有要求时,支管厚度应是增厚的。当补偿面积Y(见图3)等于或大于需要补偿的面积X时,则补偿应认为是适当的。

面积X应按支管内半径与厚度A的乘积算得。A是假设锅壳完全没有管孔或其它孔的情况下所要求的锅壳厚度。

面积Y应在通过支管轴线而平行锅壳纵向轴线的平面内,并按下述方法算得:

(1) 对于凸出在锅壳外侧的那部份支管,计算从锅壳板实际外表面算起的在一段距离C范围内的支管基部的全部横断面积,并从中减去按式(19)算得的,并不考虑表6中所示的最小厚度的基部的部分横断面积;

(2) 加上凸出于锅壳内侧的从锅壳内表面算起的在一段距离C范围内的那部份基部的整个横断面积;

(3) 加上锅壳两侧的填角焊缝的横断面积;

(4) 加上由实际锅壳厚度与未开孔的锅壳厚度A之间的差值乘以长度D所得的面积。

如果按上述方法得不到所需的面积Y,则应采用如图50或51所示的任何一种典型的附加补强布置,或者用一种由订货部门、制造部门及检验权力部门互相同意的另选的方法。在这种情况下,附加补强的及其连接焊缝的横断面积应加入到尺寸C及D的范围内,D如图3所示,C则为 $2.5t$ 或 $t_r + 2.5t_a$ 这两个数值中的较小者。

此处 t —锅壳板的实际厚度,毫米;

t_a —支管壁的实际厚度,毫米;

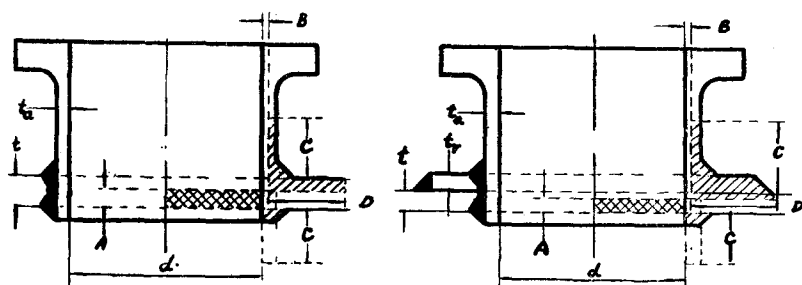
t_r —在锅壳板外侧附加的补强板的实际厚度,毫米。

如果用作补强的材料的许用应力比锅壳或封头的材料的许用应力低,则其有效面积按设计温度下两种许用应力之比值而相应减小。至于采用具有比锅壳或封头板更高应力值的材料时,由此所带来的强度的增加,则不予考虑。

连接支管与补强板的焊缝要有足够的尺寸,使能传递补强面积上的整个力量以及其它可能承受的负荷。

对于焊接上去的人孔、手孔或不装支管的孔,上述方法都适用,但用以决定X的半径应换成锅壳轴线方向上的孔最大宽度的一半数值。

注 按这些规则设计的补强通常是适当的,但有时也可能比需要的大一些,这是因为设计计算都是简化了的缘故。在特殊情况下,也可以应用一种由制造部门、订货部门及检验权力部门所同意的、基于更为详细分析的代用设计方法。



补强的界限
面积Y 不应弱于面积X

图3 a 焊接管孔

图3 b 带补偿板的焊接管孔

A: 按式(1)算得的壁厚, 不考虑3.2.1中所要求的最小厚度;

B: 按式(19)算得的厚度, 不考虑表6中的最小厚度;

C: $2.5t$ 或 $(2.5ta + tr)$ 两个数值中的较小者;

D: $(t + 75 \text{ 毫米})$ 或 $\frac{d}{2}$ 两个数值中的较大者。

注: 如在所讨论的那侧锅壳上没有补偿板, 则 tr 等于零。

图3 焊接支管或立管的补强

3.2.3 将垫板及补偿板连接到圆筒形锅壳上的填角焊缝。

将垫板(见附录A)及补强板(见图4a及4b)连接到锅壳板上的外侧沿边填角焊缝的尺寸, 应按式(3)求得, 但在任何情况下, 不得小于内侧焊缝, 也不得小于1.1.3中规定的最小板厚(即6.5毫米):

$$L_o = \frac{4X - D_i L_i}{D_o} \quad (3)$$

式中: L_o —垫板或补强板沿外周边的填角焊缝的焊脚长度, 毫米;

L_i —垫板或补强板沿内周边的填角焊缝的焊脚长度, 毫米;

X —锅壳上孔的横断面积的半数(基于无孔锅壳厚度), 毫米²(见3.2.2.3);

D_o —园形垫板或补强板的外园周直径, 毫米;

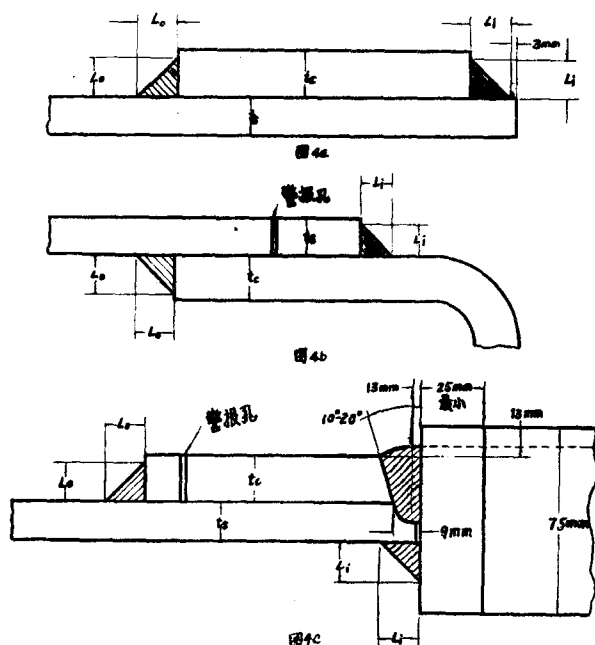
D_i —园式垫板或补强板的内园周直径, 毫米。

对于椭圆形补强板:

$$D_o = \frac{a_o + b_o}{2} \quad D_i = \frac{a_i + b_i}{2}$$

式中: a_o —补强板外长轴, 毫米; b_o —补强板外短轴, 毫米;

a_i —补强板内长轴, 毫米; b_i —补强板内短轴, 毫米。



注：参阅3.2.3有关填角焊缝的大小。

图4 焊接人孔框及补强板的典型方法

3.3 碟形及扳边的封头

3.3.1 扁球形的、半椭圆形的以及半球形的由板料压成的、不加拉撑的、凹面受压的封头，应遵从下列各条规定：

3.3.1.1 扁球形封头

碟形内半径 R_i 不得大于 D_o ；内角半径 r_i 不得小于外直径 D_o 的10%，也不得小于 $3t$ ，

外部高度 H 不得小于 $0.18D_o$ 。

3.3.1.2 半椭圆形封头

外部高度 H 不得小于 $0.2D_o$ ，

此处 D_o —封头圆筒形端边部份的外径，毫米；

t —封头板厚度，毫米。

H 应从弯曲起点测量（见图5）。

3.3.1.3 半球形封头

没有特殊要求。

3.3.2 厚度

3.3.2.1 在3.3.1所限定的条件下, 三种型式封头中任何一种的厚度应按下式计算:

$$t = \frac{PD_o K}{2f} + C \quad (6)$$

式中: t —压成碟形后的最小厚度, 毫米;

P —设计压力, 牛顿/毫米²;

D_o —封头的外径, 毫米;

K —形状系数, (见3.3.2.2);

f —金属工作温度下的许用应力, 牛顿/毫米² (见2.2.1);

C —0.75毫米的腐蚀增量。

在任何情况下, 最小厚度 t 不得小于6.5毫米。

3.3.2.2 式(6)中所用的形状系数 K 可由图6中的曲线求得, 它取决于高度与直径的比值 H/D_o 。

以实线画的曲线供以查找未开孔的封头的系数 K 。如果 H/D_o 值小于0.25, 则 K 值取决于厚度与直径的比值 t/D_o , 也取决 H/D_o 。在求得正确的 K 值以前, 须进行试算。

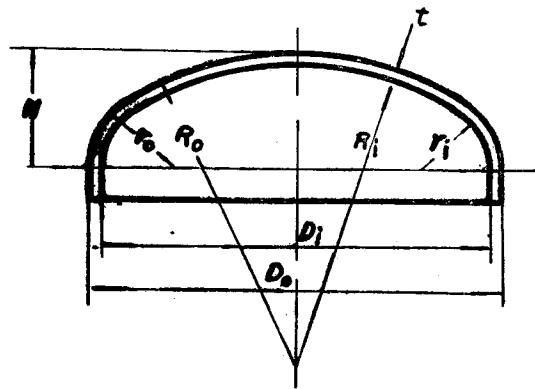


图5a 扁球形封头

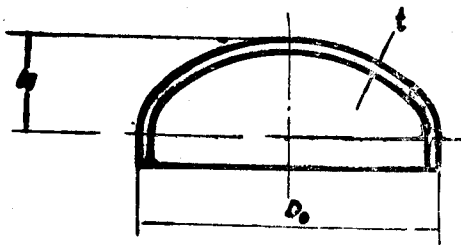


图5b 半椭圆形封头

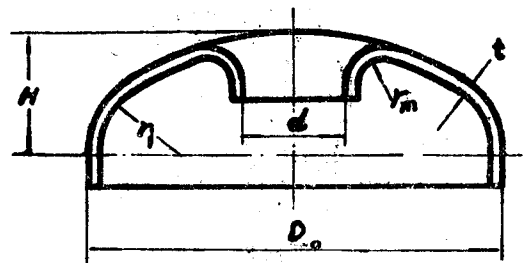


图5c 带人孔的封头(半椭圆形或扁球形封头)

图5 典型的碟形封头

3.3.3 碟形封头上的孔

3.3.3.1 不补强孔

在碟形封头上的孔可以是园形的或者是近似椭圆形的。图 6 中以虚线画的曲线供以查找带有未加强孔（例如人孔或管孔）的封头在式（6）中所用的 K 值。选择曲线取决于：

$$\frac{d}{\sqrt{D_o t}}$$

此处 d —封头板上最大孔的直径（对于椭圆形孔，取椭圆的长轴），毫米；

t —压成碟形后的最小厚度，毫米；

D_o —碟形封头外径，毫米。

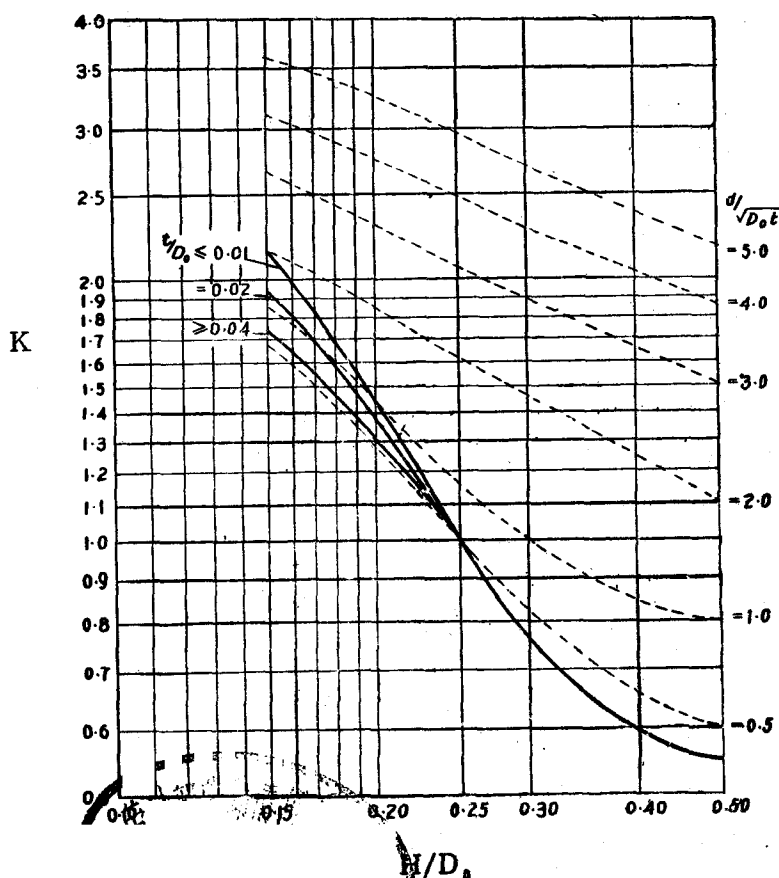


图 6 形状系数

在选定曲线的过程中，需进行试算。在任何情况下，下列要求应予满足：

t/D_o 不得超过 0.1； d/D_o 不得超过 0.5。

注 由图 6 可看出，对于每一个任意选定的 H/D_o 比值，未开孔封头的曲线给出的 K 值，与某一个 $d/\sqrt{D_o t}$ 值所对应的 K 值相同，如开孔的 $d/\sqrt{D_o t}$ 值不大于这样求得的数值，则该封头可认为是无孔的，其厚度不必增加。

3.3.3.2 3.3.3.1中的规定可等同地适用于板边的孔及简单地在封头上割出的不板边的孔。不要因为板边而在封头板厚度方面有所减少。如果孔是板边的，则板边的半径 r_m 不得小于25毫米（见图5及7）。

3.3.3.3碟形封头上的不补强的及板边的孔的布置应使孔边到板外缘的距离以及孔之间的距离，不小于如图7所示的尺寸。图7中的 d_2 属于较小孔的直径。

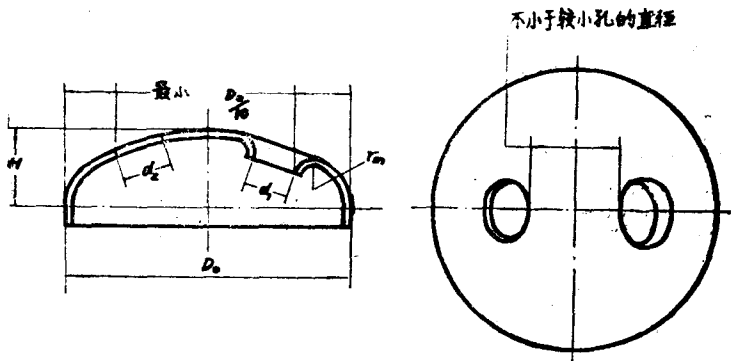


图7 封头上的孔

3.3.3.4补强孔

如果碟形封头上开大孔后，其厚度小于3.3.3.1的要求，则应补强封头。补强措施可以是一个焊接在孔内的圈或立管，也可以是焊在封头板上开孔区外侧或内侧，或内外侧都有的补强板（见图8），也还可以是以上两种方法同时使用。

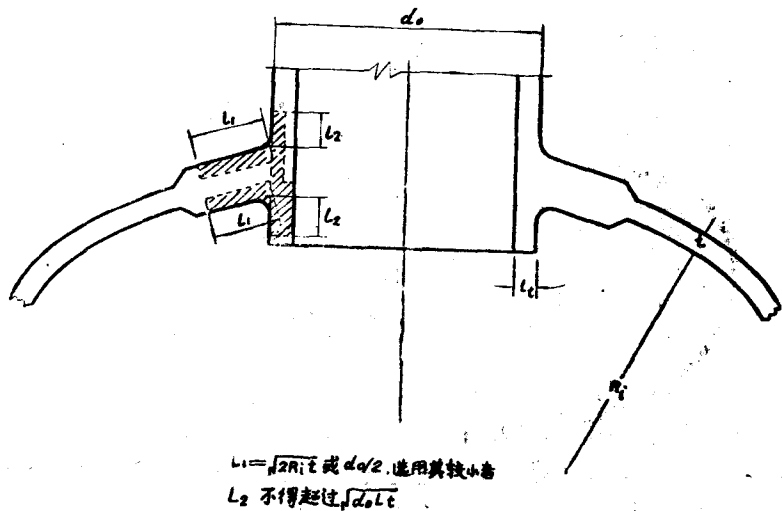


图8 补强的界限