

中华人民共和国国家标准

GB/T 16507.3—××××
代替GB/T 16507—1996

水管锅炉 第3部分：结构设计

Water-tube Boilers
(Part 3: Structure design)

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××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

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	1
5 焊接连接要求	2
6 锅筒	9
7 减温器	9
8 吊杆	10
9 开孔	10
10 锅炉钢结构和钢梯及平台	11

前 言

GB/T 16507《水管锅炉》分为八个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：材料；
- 第3部分：结构设计；
- 第4部分：受压元件强度计算；
- 第5部分：制造；
- 第6部分：检验、试验和验收；
- 第7部分：安全附件和仪表；
- 第8部分：安装与运行。

本部分为 GB/T 16507 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 16507—1996 中的第 5 章，与 GB/T 16507—1996 相比，主要技术变化如下：

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。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会锅炉分技术委员会（SAC/TC 262/TC1）组织起草并审查。

本部分负责起草单位：北京巴布科克威尔科克斯有限公司。

本部分参与起草单位：

本部分主要起草人：

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16507—1996。

水管锅炉 第3部分：结构设计

1 范围

本部分规定了水管锅炉锅筒、集箱、减温器、管道、膜式壁、管子、管接头、吊杆、开孔、门孔、钢结构、钢梯及平台等结构设计的要求。

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，仅所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/T 2900.48	电工名词术语 锅炉
GB 4053（所有部分）	固定式钢梯及平台安全要求
GB/T 16507.1	水管锅炉 第1部分：总则
GB/T 16507.4	水管锅炉 第4部分：水管锅炉受压元件强度计算
GB/T 22395	锅炉钢结构设计规范
GB/T 985.1	气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
GB/T 985.2	埋弧焊的推荐坡口
JB/T 6735	锅炉吊杆强度计算方法

3 术语和定义

3.1 GB/T 2900.48 中的术语和定义适用于本部分。

3.2 GB/T 16507.1 中的术语和定义适用于本部分。

4 基本要求

4.1 锅炉设计的基本原则应符合本系列标准中的第1部分 GB/T 16507.1 的规定。

4.2 设计时应按本部分的规定和 GB/T 16507.1 及 GB/T 16507.4 专门要求确定所需考虑的计算荷载及所需进行的荷载计算。

4.3 设计时应保证元件的最高壁温不超过持久强度允许的限值、表面壁温不超过抗高温氧化所允许的限值。

4.4 设计时应按 GB/T 16507.4 中有关强度计算公式或应力分析计算公式和规定，确定受压元件的最小需要厚度。对于承受荷载的非受压元件应按有关规定确定其计算尺寸。

4.5 设计时应保证在预期的运行工况下蒸发受热面、过热器、再热器和省煤器系统工作可靠，保证水动力特性稳定，防止传热恶化。

4.6 炉膛、包墙及尾部烟道的结构应有足够的承载能力，防止出现永久变形和炉墙垮塌，并应有良好的密封性。

4.7 承重结构在承受设计载荷时应具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐蚀性。

4.8 各部件的设计应保证其运行时能按设计预定方向自由膨胀，额定压力不小于 3.8MPa 的锅炉的

锅筒和集箱应装设膨胀指示器。悬吊式锅炉本体设计确定的膨胀中心应予固定，应设置膨胀导向装置保证炉体沿预定方向膨胀。额定压力不小于 9.8MPa 的锅炉，当设备及固定结构不能承受安全阀排气反力、地震力等瞬时荷载时，应在适当位置设置阻尼装置以减小所受冲击力，防止设备损坏。

4.9 燃烧方式、炉膛和燃烧设备的结构以及布置应当与所设计的燃料相适应，对于燃煤锅炉应防止炉膛结渣或者结焦。

4.10 对于受压件的结构形式、开孔和焊缝的布置，设计时应考虑尽量避免或减少应力叠加及应力集中。

4.11 启停频繁、参数波动较大的锅炉的锅筒或启动分离器，应按照 GB/T 16507.4 附录 A 的规定校验疲劳应力。

4.12 燃煤锅炉（特别是循环流化床锅炉）应有防止受热面磨损的措施。

4.13 液态排渣锅炉和可能产生高温腐蚀的固态排渣锅炉，应采取防止高温腐蚀的措施。

4.14 变压运行的直流锅炉，蒸发受热面内不应发生膜态沸腾和水平管圈的汽、水分层流动。

4.15 直流锅炉应当设置启动系统，容量应当与锅炉最低直流负荷相适应。

4.16 直流锅炉启动系统的疏水排放能力应当满足锅炉在各种启动方式下发生汽水膨胀时的最大疏水流量。

4.17 对于控制循环锅炉、低循环倍率锅炉及超临界压力复合循环锅炉，其锅水循环泵（启动循环泵）及其进水管的布置应能避免管内及泵入口处工质发生汽化。

4.18 受热面的管夹、吊挂、夹持管等应设置合理可靠，防止超温、烧损、拉伤和引起管子相互碰撞及摩擦。

5 焊接连接要求

5.1 锅炉角焊缝的强度计算应当符合 GB/T 16507.4 的规定。

5.2 受压元件主要焊缝及其邻近区域应当避免焊接附件。如果不能避免，则焊接附件的焊缝可以穿过主要焊缝，而不应当在主要焊缝及其邻近区域终止。

5.3 锅炉管接头与锅筒、集箱、管道的连接，在下列情况下应当采用全焊透的接头型式：

- a) 强度计算中，开孔需以管接头进行强度补强时；
- b) 额定工作压力大于等于 9.8MPa 的锅炉，管接头外径大于 76mm 时；
- c) 额定工作压力大于等于 3.82MPa 的锅炉锅筒上的集中下降管管接头；
- d) 下降管或者其管接头与集箱连接时（外径小于或者等于 108mm 并且采用插入式结构的下降管除外）。

5.4 锅炉受热面管子(异种钢接头除外)以及管道直段上，对接焊缝中心线间的距离 L 应当满足下列要求：

- a) 外径小于 159mm， $L \geq 2$ 倍外径；
- b) 外径大于或者等于 159mm， $L \geq 300$ mm。

当锅炉结构难以满足上述要求时，对接焊缝的热影响区不应当重合，并且 $L \geq 50$ mm。

5.5 受热面管子及管道（盘管及成型管件除外）对接焊缝应当位于管子直段上。受热面管子的对接焊缝中心线至锅筒及集箱外壁、管子弯曲起点、管子支、吊架边缘的距离至少为 50mm，对于额定工作压力大于等于 3.82MPa 的锅炉，上述距离至少为 70mm；对于管道，上述距离应当不小于

100mm。

5.6 锅筒、分离器、集箱、过热器管道及再热器管道的纵向和环向焊缝，封头、管板的拼接焊缝等应当采用全焊透型焊缝。锅炉受压元件的焊缝不应采用搭接结构。

5.7 锅筒（筒体壁厚不相等的除外）上相邻两筒节的纵向焊缝，以及封头、管板的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝，都不应彼此相连。其焊缝中心线间外圆弧长至少应为钢板公称厚度的3倍，且不小于100mm。

5.8 由两片不等壁厚钢板压制后焊成的锅筒，相邻两筒节的纵缝允许相连，但焊缝的交叉部位应经射线检测合格。

5.9 锅筒纵、环缝两边的钢板中心线应对齐。锅筒环缝两侧的钢板不等厚时，一般应采用中轴线对齐，也允许一侧的边缘对齐。公称壁厚不同的两元件或钢板对接时，两侧中任何一侧的名义边缘厚度差值若超过第5.10条规定的边缘偏差值，则厚板的边缘须削至与薄板边缘平齐，削出的斜面应平滑，并且斜率不大于1:3，必要时，焊缝的宽度可在斜面内，参见图1。

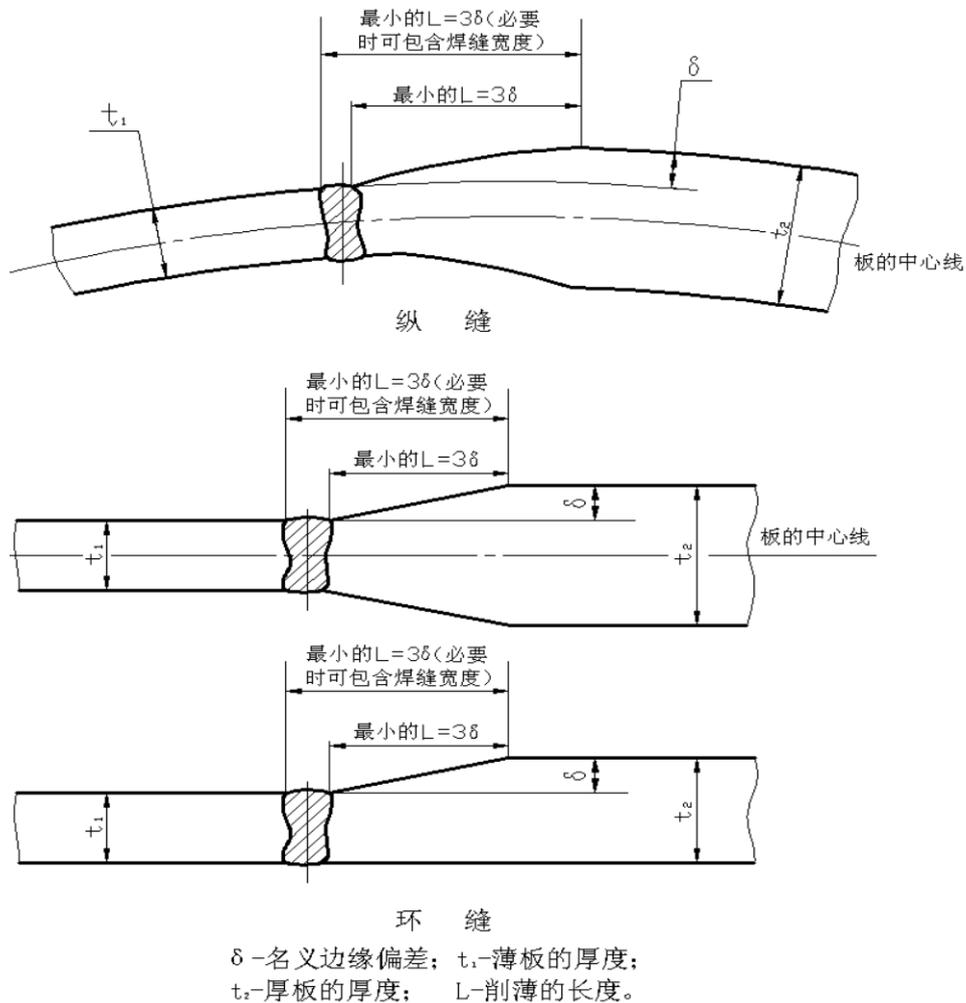


图1 筒体削薄

5.10 锅筒对接焊缝边缘偏差规定如下：

- a) 纵缝或封头（管板）拼接焊缝两边钢板的实际边缘偏差值不大于名义板厚的10%，且不超

过 3mm；当板厚大于 100mm 时，不超过 6mm。

- b) 环缝两边钢板的实际边缘偏差值（包括板厚差在内）不大于名义板厚的 15%加 1mm，且不超过 6mm；当板厚大于 100mm 时，不超过 10mm。
- c) 不同厚度的两元件或钢板对接并且边缘已削薄的，按钢板厚度相同对待，上述的名义板厚指薄板；不同厚度的钢板对接但不带削薄的，则上述的名义板厚指厚板。

5.11 管子、管道对接边缘偏差应不大于表 1 规定：

表 1 管子、管道对接边缘偏差

单位：mm

管子、管道外径 DW	最大边缘偏差
$DW \leq 51$	0.8
$51 < DW \leq 108$	1.0
$DW > 108$	2.5

5.12 除了球形封头以外，扳边的元件（如封头、管板等）与圆筒形元件对接焊接时，扳边弯曲起点至焊缝中心线的距离（L）应符合表 2 中的数值。

表 2 扳边弯曲起点至焊缝中心线距离

单位：mm

封头外径	距离 L
≤ 600	≥ 25
> 600	≥ 38

5.13 外径小于 32mm 的排气、疏水、排污和取样管等管接头与锅筒、集箱、管道相连接时，应当采用底部加强型的管接头，如图 2 所示。

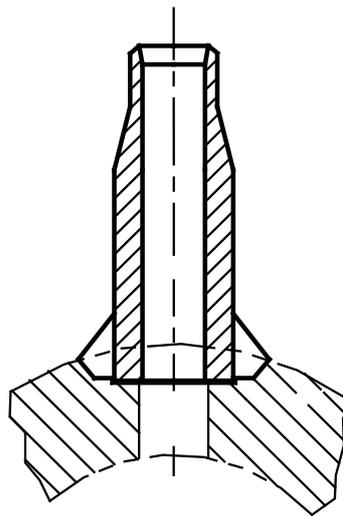


图 2 加强型的管接头

5.14 锅筒、集箱、管道与支管或管接头连接时，不应采用奥氏体钢和铁素体类钢的异种钢焊接。

5.15 承受主要荷载的吊耳与受压元件之间可采用全焊透型焊缝连接、坡口焊缝与角焊缝的组合

焊缝连接，或者沿周界或接触面全长连续分布的角焊缝连接，如图 3 所示。

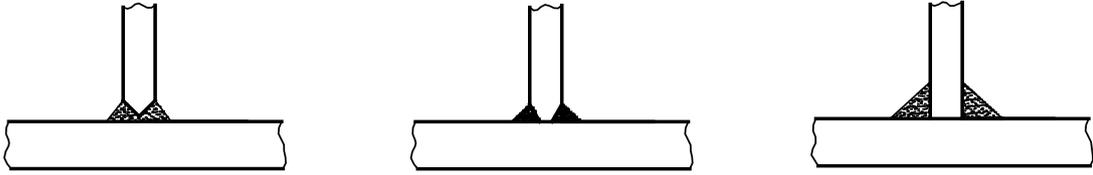
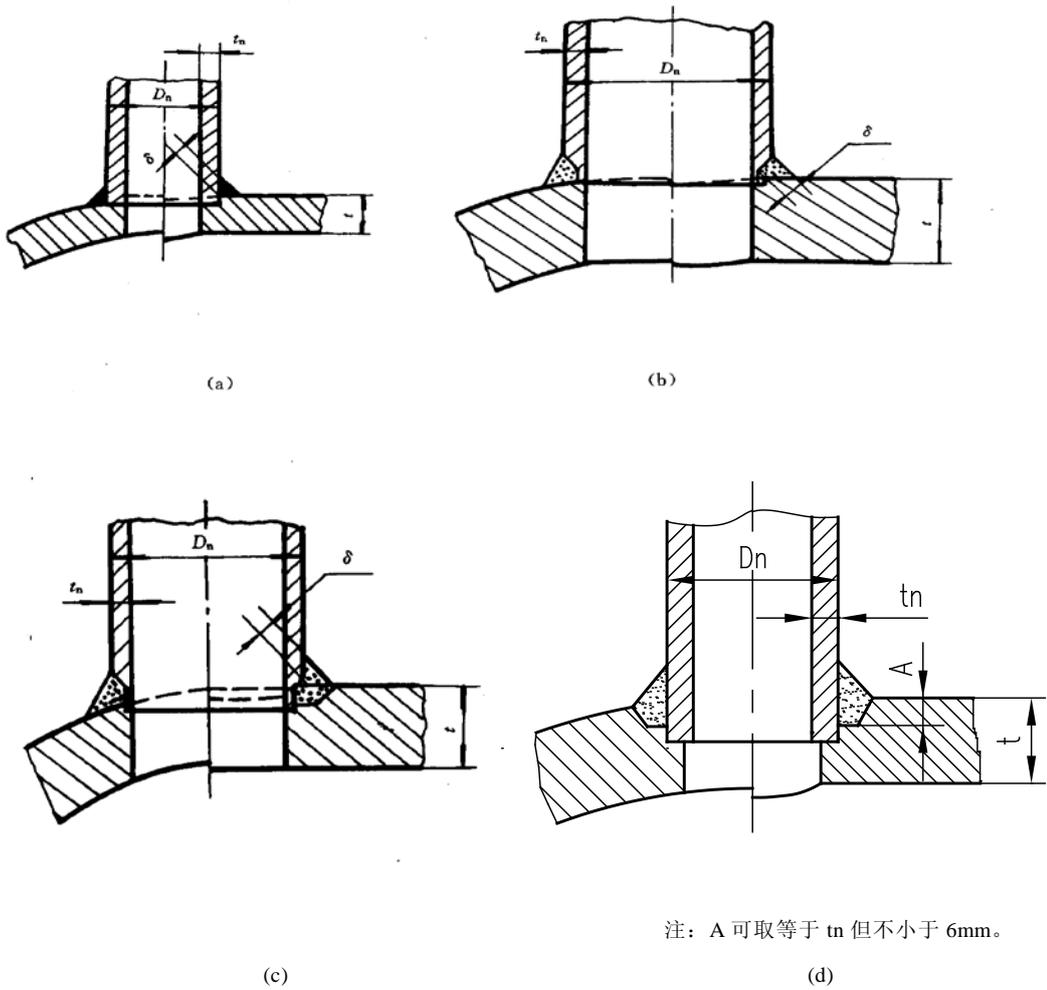
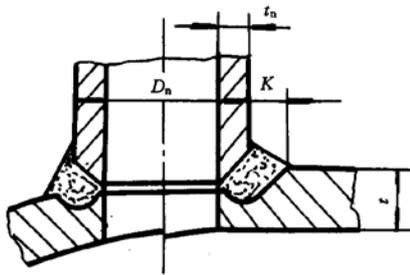


图 3 吊耳连接型式

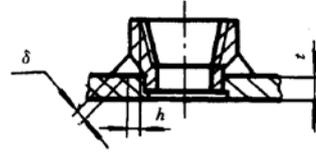
5.16 对接焊接接头型式，可参照 GB/T 985.1、GB/T 985.2 的规定。

5.17 管子或管接头与筒体或封头的焊接连接允许采用的型式如图 4 和图 5 所示。





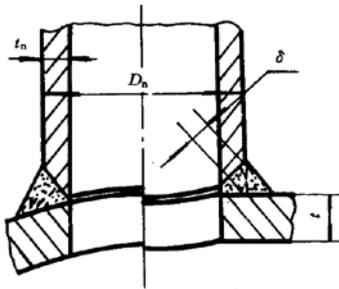
(e)



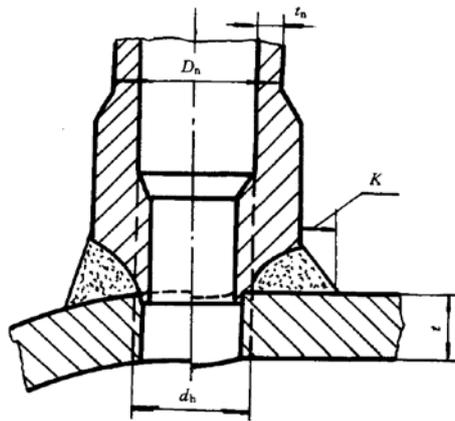
(f)

注：用于公称管径不大于 76 mm 的内螺纹附件，
\$h\$ 不小于连接管的厚度。

A 部分焊透型

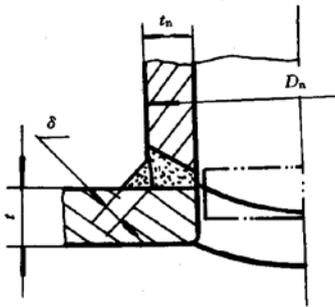


(g)

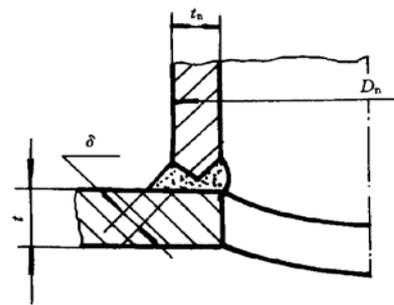


(h)

注：\$K\$ 不小于 \$t_n/3\$ 并且不小于 6 mm。



(i)

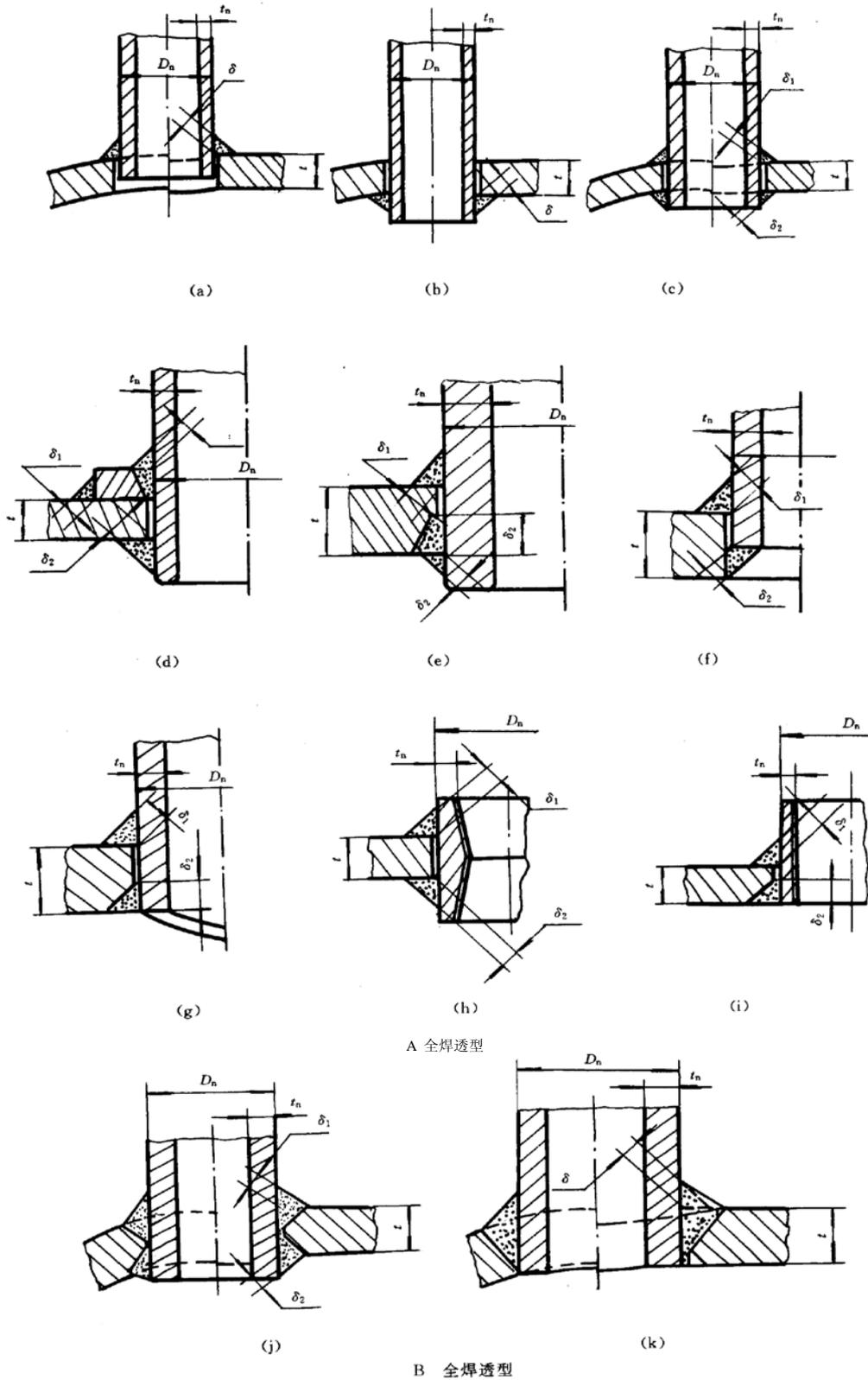


(j)

B 全焊透型

注：\$\delta\$ 不小于 \$0.7 t_n\$ 和 6 mm 两者中的较小值。

图 4 外置式焊接连接允许采用的型式



注

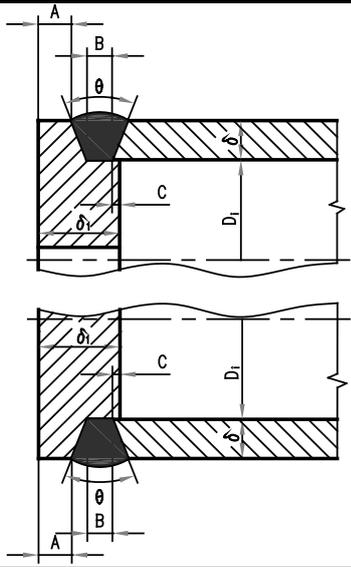
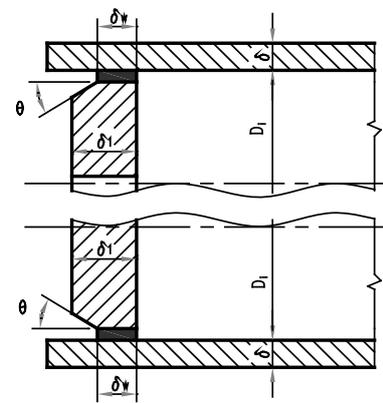
- 1 δ 不小于 $0.7 t_n$ 和 6 mm 两者中的较小值。
- 2 $\delta_1 + \delta_2 \geq 1.25 t_n$ 。

图 5 内插式焊接连接允许采用的型式

5.18 平端盖允许采用的型式如下表所示

表 3 平端盖允许采用的型式

1 型		2 型	
尺寸要求	$r \geq \frac{2}{3}\delta; l \geq \delta$	尺寸要求	$r \geq 1.5\delta; \delta_2 \geq 0.8\delta_1$
3 型		4 型	
尺寸要求	$r \geq 3\delta; l \geq \delta$	尺寸要求	$r \geq \frac{1}{3}\delta; r \geq 5mm; \delta_2 \geq 0.8\delta_1$
5 型		6 型	
尺寸要求	$h \leq 1 \pm 0.5mm$	尺寸要求	$K_1 \geq \delta; K_2 \geq \delta; h \leq 1.5mm$

<p>7 型</p>		<p>8 型</p>	
<p>尺寸要求</p>	<p>$A \geq 6\text{mm}$; $B \geq 3\text{mm}$; $C \geq 3\text{mm}$ $\theta \geq 30^\circ$;</p>	<p>尺寸要求</p>	<p>最小 $\delta_w = 2\delta_0$、且 $\delta_w \geq 1.25\delta_1$ 但 $\delta_w \leq \delta_1$ $\theta \leq 45^\circ$ 注：δ_0 为强度未减弱圆筒体的理论计算厚度。</p>

6 锅筒

- 6.1 在任何情况下锅筒筒体的取用壁厚不应小于 6mm；当受热面管与锅筒采用胀接连接时，锅筒筒体的取用壁厚不应小于 12mm。
- 6.2 当受热面管与锅筒采用胀接连接时，胀接管孔间的净距离不应小于 19mm。外径大于 108mm 的管子不宜采用胀接。
- 6.3 锅筒筒体上最短筒节的长度不小于 300mm。
- 6.4 封头尽量用整块钢板制成。必须拼接时，允许用两块钢板拼成。拼接焊缝至封头中心线的距离不大于封头公称内径的 30%，并且不应通过扳边人孔，也不应将拼接焊缝布置在人孔扳边圆弧上。
- 6.5 锅筒吊杆不应布置在锅筒环向焊缝附近，吊杆与焊缝间中心距离不小于 200mm。吊杆部位的筒体下部 180°范围内的纵向筒体焊缝应磨平。
- 6.6 凡能够引起锅筒筒壁局部热疲劳的连接管（给水管、加药管等），在穿过锅筒筒壁处应当加装套管，避免温度较低的水与温度较高的锅筒壁直接接触，以降低壁温差和热应力。
- 6.7 锅筒的最低安全水位，应能保证下降管可靠供水。
- 6.8 自然循环锅炉锅筒应当设置紧急放水装置，放水管口应当高于最低安全水位。
- 6.9 锅筒内部装置应固定牢靠，防止运行中脱落。

7 减温器

- 7.1 喷水减温器的减水管在穿过减温器筒体处应加装套管。
- 7.2 喷水减温器的筒体与内衬套之间以及喷水管与管座之间的固定方式，应能允许其相对膨胀，并能避免共振，且结构和布置应便于检修。减温器内衬套的长度应满足水汽化的要求。
- 7.3 减温器的内衬套允许拼接，拼接焊缝应采用全焊透的结构型式。

7.4 减温器附近至少应当设置 1 个内径不小于 80mm 的检查孔，检查孔的位置应当便于对内衬套以及喷水管进行检查。

8 吊杆

8.1 吊杆装置应有足够的强度，应根据各种运行工况下所承受的荷载和位移对各受力构件进行强度计算，必要时，还应进行刚度和稳定性计算。

8.2 吊杆装置的设置应满足锅炉总体布置和所支吊受压部件的布置要求。

8.3 吊杆装置应结构简单合理、制造安装方便，宜选用成熟可靠并且经济的结构型式。

8.4 悬吊式锅炉顶部的普通吊杆，有无密封罩壳，其吊杆直径均不宜小于 M16。

8.5 吊杆装置的结构型式、材料选用及其计算等按 JB/T 6735 的规定。

9 开孔

9.1 设计时，应按照 GB/T 16507.4 的要求进行受压元件上开孔的相关计算。

9.2 受压元件上管孔的布置应符合下列规定：

- a) 胀接管孔中心与焊缝边缘及管板扳边起点的距离不应小于 $0.8d$ (d 为管孔直径)，且不小于 $0.5d + 12\text{mm}$ 。胀接管孔不应开在锅筒筒体的纵向焊缝上，同时应避免开在环焊缝上。当结构设计不能避免时，在管孔周围 60mm (若管孔直径大于 60mm ，则取孔径值) 范围内的焊缝经射线检测合格，且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，并对开孔部位的焊缝内外表面进行磨平和将受压部件整体热处理后，方可在环向焊缝上开胀接管孔。
- b) 集中下降管的管孔不应开在焊缝上，管孔中心线与焊缝边缘的距离不小于 $0.5d + 120\text{mm}$ (d 为管孔直径)。其他焊接管孔也应避免开在焊缝上及其热影响区。当不能避免时，在管孔周围 60mm (若管孔直径大于 60mm ，则取孔径值) 范围内的焊缝经射线或超声检测合格，并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，管接头焊后经热处理消除应力的情况下，方可在焊缝上及热影响区开孔。
- c) 凸形封头开孔应满足下列条件：
 - 1) 开孔直径大于 38mm 时，在任意两孔中心连线上，两孔边缘之间距离的投影长度不应小于两孔径投影之和的 $1/3$ 。
 - 2) 开孔直径不大于 38mm 时，在任意两孔中心连线上，两孔边缘之间距离的投影长度不应小于较小孔径的投影。
 - 3) $h_n/D_n \leq 0.35$ 的封头，开孔边缘至封头外壁边缘之间的投影距离不应小于 $0.1D_n + \delta$ 。(这里 h_n 为封头内高度， D_n 为封头内径， δ 为封头取用厚度，下同)。
 - 4) $h_n/D_n > 0.35$ 的封头，开孔边缘至封头与直段交接处的弧长不应小于 $\sqrt{D_n \delta_L}$ 。(这里 δ_L 为封头理论计算厚度)
 - 5) 开孔边缘与孔扳边起弯点 (或与焊接圈焊缝) 的距离不应小于 δ 。
 - 6) 扳边人孔不应与焊缝重合。
 - 7) 封头人孔密封面切口部位，径向最小剩余厚度不应小于封头成品最小需要厚度。

9.3 检查孔

9.3.1 锅炉受压元件上人孔、手孔或其他型式的检查孔的设置应满足内部检查或清洗的需要。

9.3.2 人孔圈、头孔圈与筒体、封头的连接应当采用全焊透结构。

9.3.3 额定压力大于等于 3.8MPa 的锅炉受压元件上的人孔盖、头孔盖、手孔盖应当采用内闭式结构。额定压力小于 3.8MPa 的锅炉受压元件上的人孔盖、头孔盖、手孔盖可以采用法兰连接结构。

9.3.4 内径大于或等于 800mm 的锅筒，应在筒体或封头上开设人孔。内径小于 800mm 的锅筒，至少应在筒体或封头上开设一个头孔。

9.3.5 锅炉受压元件上椭圆人孔不应小于 280×380mm，圆形人孔直径不应小于 380mm。人孔圈最小的密封平面宽度为 19mm，人孔盖凸肩与人孔圈之间总间隙不应超过 3mm（沿圆周各点上不超过 1.5mm），并且盖板凹槽的深度应达到能完整地容纳密封垫片。

9.3.6 锅炉受压元件上椭圆头孔不应小于 220×320mm，颈部或孔圈高度不应超过 100mm，头孔圈最小的密封平面宽度为 15mm。

9.3.7 锅炉受压元件上椭圆手孔不应小于 80×94mm，圆形手孔不应小于 80mm。颈部或孔圈高度不应超过 65mm，手孔圈最小的密封平面宽度为 6mm。

9.3.8 锅炉受压元件上，清洗孔内径不应小于 50mm，颈部高度不应超过 50mm。

9.3.9 若颈部或孔圈高度超过上述第 9.3.6~9.3.8 的规定时，各孔的尺寸应适当放大。

9.3.10 手孔的型式可采用可拆卸式和焊接式，可拆卸式手孔装置应采用内闭式结构，其手孔盖不应采用铸铁。额定压力大于 9.8MPa 的锅炉应采用焊接式手孔。

9.3.11 集箱和防焦箱上的手孔，当孔盖与孔圈采用非焊接连接时，应避免直接与火焰接触。

9.3.12 需要进行焊缝射线检测的受压元件，当无合适的开孔可供射线照相用，则应开设射线照相检查孔。

9.4 炉墙门孔

9.4.1 炉墙上椭圆形人孔一般应不小于 400×450mm，圆形人孔直径一般应不小于 450mm，矩形门孔一般应不小于 300×400mm。

9.4.2 微正压燃烧的锅炉，炉墙、烟道和各部位门孔必须有可靠的密封，看火孔必须装设防止火焰喷出的联锁装置。

9.4.3 炉墙上的人孔门应装设坚固的门闩；炉墙上监视孔的孔盖应保证不会被烟气冲开。

9.4.4 额定蒸发量小于或者等于 75t/h 的燃用煤粉、油或者气体的水管锅炉，未设置炉膛安全自动保护系统时，在炉膛和烟道宜设置防爆门，防爆门的设置应当不致危及人身的安全。

10 锅炉钢结构和钢梯及平台

10.1 锅炉钢结构的设计应当符合 GB/T 22395 的规定。

10.2 钢梯及平台的设计应当符合 GB 4053 的规定。