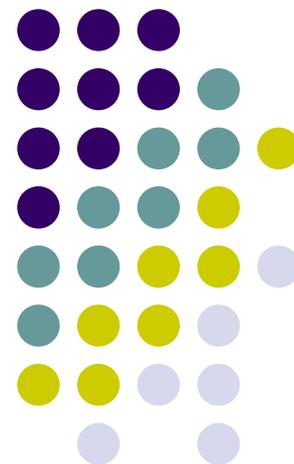


关于锅炉压力容器





第一章 锅炉压力容器分类与结构

第一节 锅炉压力容器分类

一、锅炉的分类

(一) 锅炉的规格

锅炉规格表示锅炉生产蒸汽或加热水的能力及水平。蒸汽锅炉的规格以单位时间内产生蒸汽的数量及蒸汽参数表示，热水锅炉的规格以单位时间内水的吸热量及热水参数表示。

蒸汽锅炉每小时所产生蒸汽的数量，称为锅炉的蒸发量，也称锅炉的容量或出力，常以符号D表示，单位是t/h(吨 / 时)。



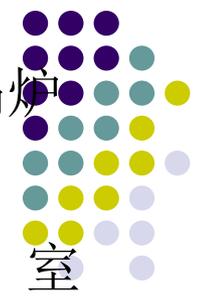
热水锅炉的容量是单位时间内水在锅炉里的吸热量、单位为MW(兆瓦)。其额定值称额定热功率。在比较热水锅炉与蒸汽锅炉时，通常认为0.7MW的容量相当于1t/h蒸发量。

蒸汽锅炉的蒸汽参数以锅炉主汽阀出口处蒸汽的压力(表压)和温度表示。压力的符号为P，单位为MPa(兆帕)；温度的符号为t，单位为℃(摄氏度)。热水锅炉的介质参数以额定出水压力及额定进口 / 出口水温表示，符号与单位同上。



(二) 锅炉的分类

1. **按用途不同**，可以分为电站锅炉、工业锅炉、机车船舶锅炉、生活锅炉等；
2. **按容量的大小**，可以分为大型锅炉、中型锅炉和小型锅炉。习惯上，把蒸发量大于 100t/h 的锅炉称作大型锅炉；把蒸发量为 20—100t/h 的锅炉称为中型锅炉；把蒸发量小于 20t / h 的锅炉称为小型锅炉；
3. **按蒸汽压力的大小**，可以分为低压锅炉($P \leq 2.5 \text{ MPa}$)、中压锅炉($2.5 \text{ MPa} < P \leq 5.9 \text{ MPa}$)、高压锅炉($P = 9.8 \text{ MPa}$)、超高压锅炉($P = 13.7 \text{ MPa}$)、亚临界锅炉($P = 16.7 \text{ MPa}$)和超临界锅炉($P > 22 \text{ MPa}$ 即高于临界压力)；
4. **按燃料和能源种类不同**，可以分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、原子能锅炉、废热(余热)锅炉等；

- 
5. 按锅炉结构形式不同，可以分为锅壳锅炉(火管锅炉)、水管锅炉和 水火管锅炉；
 6. 按燃料在锅炉中的燃烧方式不同，可以分为层燃炉、沸腾炉、室燃炉；
 7. 按工质在蒸发系统的流动方式不同，可以分为自然循环锅炉、强制循环锅炉、直流锅炉等。

电站锅炉一般是压力较高(中压以上)、容量较大(中型以上)、采用室燃方式的水管锅炉，又可以分为许多种。

工业锅炉一般压力较低($P \leq 2.5 \text{MPa}$)，容量较小($D \leq 65 \text{t/h}$)，大都采用层燃，结构形式和燃烧设备种类繁多，主要用于工业生产用汽及采暖供热之中。工业锅炉的分类见表 1—2。



表 1-2 工业锅炉类型

分类方法	锅 炉 类 型	
按锅炉结构形式	锅 壳	立式横水管、立式弯水管、立式直水管、立式横火管、卧式内燃回火管等
	水 管	单锅筒纵置式、单锅筒横置式、双锅筒纵置式、双锅筒横置式、纵横锅筒式、强制循环式等
	水 火 管	卧式快装
按燃烧设备	固定炉排、活动手摇炉排、链条炉排、抛煤机、振动炉排、下饲式炉排、往复推饲炉排、沸腾炉、室燃炉等	
按燃料种类	无烟煤、贫煤、烟煤、劣质烟煤、褐煤、油、气、甘蔗渣、稻壳、煤矸石、特种燃料、余热(废热)等	
按出厂形式	快装、组装、散装	
按供热工质	蒸汽、热水及其他工质	

二、压力容器的分类

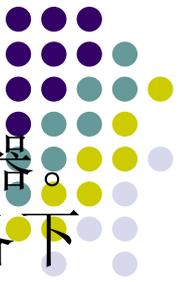
压力容器包括所有承受气液介质压力的密闭容器。目前我国纳入安全监察范围的压力容器则是同时具备下列三个条件的容器：

第一，最高工作压力 $P_w > 0.1\text{MPa}$ (表压，不含液校静压力)；

第二，内直径(非圆形截面指断面最大尺寸) $D_i > 0.15\text{m}$ ，且容积 $V > 0.025\text{m}^3$ ；

第三，介质为气体，液化气体或最高工作温度高于或等于标准沸点(标准大气压对应的饱和温度)的液体。

按容器的壁厚分为薄壁容器和厚壁容器；按承压方式分为内压容器和外压容器；按工作壁温分为高温容器、常温容器和低温容器；按壳体的几何形状分为球形容器、圆筒形容器、圆锥形容器和轮胎形容器等；按制造方法分为焊接容器、锻造容器、铸造容器和铆接容器；按制造材料分为钢制容器、铸铁容器、有色金属容器和非金属容器。



从安全管理和技术监督的角度，一般把压力容器分为两大类，即**固定式容器**和**移动式容器**。

(一)固定式容器

固定式容器有**固定的安装和使用地点**，工艺条件和使用操作人员也比较固定。固定式容器还可以按其**工作压力和用途进行分类**。

1.按压力分类

为了便于对压力容器进行分级管理和技术监督，我国<压力容器安全技术监察规程>将压力容器分为四个压力级别，即：

低压容器 $0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$

中压容器 $1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$

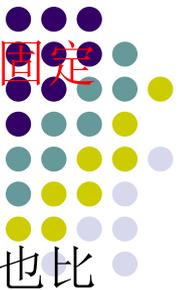
高压容器 $10\text{MPa} \leq P < 100\text{MPa}$

超高压容器 $P \geq 100\text{MPa}$

其中**P**为容器的设计压力。

2.按用途分类

根据容器在生产工艺过程中所起的作用，可以归纳为四大类，即**反应容器、贮存容器、换热容器和分离容器**。





(1)反应容器：主要作用是和工作介质提供一个进行化学反应的密闭空间。如反应器、聚合釜、合成塔等。许多反应容器内工作介质发生化学反应的过程，往往又是放热或吸热过程。为了保持一定的反应温度，常装设一些加热或冷却、搅拌等附属装置。



反应釜



反应釜釜体



啤酒发酵罐

(2)贮存容器：主要用来贮备工作介质，以保持介质压力的稳定，保证生产的持续进行。介质在容器内一般不发生化学变化或物理变化。常用的压缩气体或液化气体贮罐、压力缓冲器等都属于这类容器。贮装容器的结构比较简单，一般仅由壳体、接管及外部一些必要的附件构成。大型的容器多采用球形，小型的容器则常为卧式圆筒形。





(3)换热容器：主要作用是使工作介质在容器内进行热交换。以达到生产工艺过程中所需要的将介质加热或冷却的目的。如消毒器、水洗塔、冷却塔、板式换热器、夹套容器等。

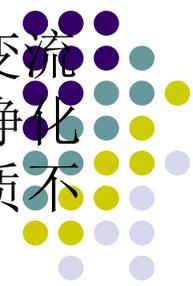


容积式换热器



板式换热器

(4)分离容器：主要作用是让介质通入容器，利用降低沉速、改变流动方向或用其他物料吸收等方式来分离气体中的混合物,从而净化气体或提取、回收杂质中的有用物料。在分离容器中,主要介质不发生化学反应。如分离器、吸收塔、洗涤器、过滤器等。



氨液分离器



洗涤式油分离器



(二)移动式容器

移动式容器是一种贮运容器，它的主要用途是装运永久气体、液化气体和溶解气体。这类容器没有固定的使用地点，一般也没有专职的操作人员，使用环境经常变迁，管理比较复杂，也比较容易发生事故。移动式容器按其容积大小和结构形状分为气瓶、气桶和槽车三种。



液化气体运输车



低温液体运输半挂车



(三)压力容器的安全综合分类

为了在设计制造中对安全要求不同的压力容器有区别地进行技术管理和监督检查。我国<压力容器安全技术监察规程>根据容器压力的高低、介质的危害程度以及在使用中的重要性。将压力容器分为以下三类：

1.三类容器。符合下列情况之一者为三类容器：

(1)高压容器；

(2)中压容器(毒性程度为极度和高度危害介质)；

(3)中压贮存容器(易燃或毒性程度为中度危害介质,且 $PV \geq 10 \text{MPa} \cdot \text{m}^3$)；

(4)中压反应容器(易燃或毒性程度为中度危害介质,且 $PV \geq 0.5 \text{MPa} \cdot \text{m}^3$)；

(5)低压容器(毒性程度为极度和高度危害介质，且 $PV \geq 0.2 \text{MPa} \cdot \text{m}^3$)；

(6)高压、中压管壳式余热锅炉；

(7)中压搪玻璃压力容器；

(8)使用强度级别较高(抗拉强度规定值下限 $\geq 540 \text{MPa}$)的材料制造的压力容器；

(9)移动式压力容器，包括铁路罐车(介质为液化气体、低温液体)、罐式汽车(液化气体、低温液体或永久气体运输车)和罐式集装箱(介质为液化气体、低温液体)等；

(10)球形贮罐(容积 $V \geq 50 \text{m}^3$)；

(11)低温液体贮存容器($V \geq 5 \text{m}^3$)。



2. 二类容器。符合下列情况之一且不在第1款之内者为二类容器

(1) 中压容器；

(2) 低压容器(毒性程度为极度和高度危害介质)；

(3) 低压反应容器和低压贮存容器(易燃介质或毒性程度为中度危害介质)；

(4) 低压管壳式余热锅炉；

(5) 低压搪玻璃压力容器。

3. 一类容器。低压容器且不在第1、第2款之内者。

压力容器中化学介质毒性程度和易燃介质的划分可参照有关规定，或依据下述原则：

最高容许浓度 $C < 0.1 \text{mg/m}^3$ ，为极度危害(I级)；

最高容许浓度 $0.1 \text{mg/m}^3 \leq C < 1.0 \text{mg/m}^3$ ，为高度危害(II级)；

最高容许浓度 $1.0 \text{mg/m}^3 \leq C < 10 \text{mg/m}^3$ ，为中度危害(III级)；

最高容许浓度 $C \geq 10 \text{mg/m}^3$ 为轻度危害毒性介质(IV级)。

而介质与空气的混合物爆炸下限 $< 10\%$ 或爆炸上限与下限之差 $> 20\%$ 者为易燃介质。



第二节 受压元件及压力容器结构

锅炉压力容器中按几何形状划分的基本承压单元称为受压元件。一个封闭的承压结构往往包括多个受压元件。例如，一个圆筒形容器，可以分为圆筒体和封头两大受压元件，圆筒上的接管、人孔及人孔盖则又是另外的受压元件。

压力容器的结构一般比较简单，其主要部件是一个能承受压力的壳体及其他必要的连接件和密封件。压力容器的本体结构形式较多，最常用的是球形和圆筒形壳体。

锅炉的结构形式很多，其系统比较复杂。但主要承压部件如锅筒、集箱、受热面管子、锅壳及炉胆等，大都是直径不同的圆筒形壳体。

综上所述，锅炉和容器的主要受压元件就是球壳、圆筒壳和相与其相配的各种形式的封头。

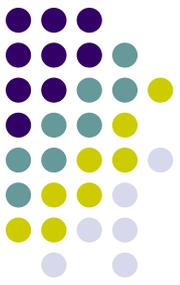


一、球壳

球形容器的本体是一个球壳，一般都是焊接结构。球形容器的直径一般都比较 大，难以整体或半整体压制成形，所以它大多是由许多块按一定的尺寸预先压制成形的球面板组焊而成。这些球面板的形状不完全相同，但板厚一般都相同。只有一些特大型、用以贮存液化气体的球形贮罐，球体下部的壳板才比上部的壳板要稍微厚一些。

从壳体受力的情况来看，最适宜的形状是球形，有以下**优点**：

- (1)同条件下承受的应力相对于圆筒形壳体，为其1/2；
- (2)从壳体的表面积来看，球形壳体的表面积要比容积相同的圆筒形壳体小10%—30%
- (3)表面积小，所使用的板材也少。再加上需要的壁厚较薄，因而制造同样容积的容器，球形容器要比圆筒形容器省板材约30%—40%。
- (4)当需要与周围环境隔热时，还可以节省隔热材料或减少热损失。



缺点:球形容器制造比较困难，工时成本较高，而且作为反应或传热、传质用容器，既不便于在内部安装工艺附件装置，也不便于内部相互作用的介质的流动。

应用:球形容器仅用作贮存容器,最适宜作液化气体贮罐。目前大型液化气体贮罐多采用球形;此外，有些用蒸汽直接加热的容器，为了减少热损失，有时也采用球体;半球壳或球缺可用作圆筒壳的封头。



二、圆筒壳

圆筒形容器是使用得最为普遍的一种压力容器。圆筒形容器比球形容器易于制造，便于在内部装设工艺附件及内部工作介质的流动，因此它广泛用作反应、换热和分离容器。

圆筒形容器由一个圆筒体和两端的封头(端盖)组成。

(一)薄壁圆筒壳

中、低压容器的筒体为薄壁(其外径与内径之比不大于1.2)圆筒壳。薄壁圆筒壳除了直径较小者可以采用无缝钢管外，一般都是焊接结构，即用钢板卷成圆筒后焊接而成。由于圆筒体的周向(环向)应力是轴向应力的两倍，所以制造圆筒时一般都使纵焊缝减至最少。

容器的筒体直径以公称直径 D_s 表示。用无缝钢管制作的圆筒体，其公称直径是指它的外径；对于焊接的圆筒体，公称直径是指它的内径。

夹套容器的筒体由两个大小不同的内外圆筒组成，外圆筒与一般承受内压的容器一样，内圆筒则是一个承受外压的壳体。



(二)厚壁圆筒壳

高压容器一般都不是贮存容器，除少数是球体外，绝大部分是因筒形容器。因为工作压力高，所以壳壁较厚，同样是由圆筒体和封头构成。厚壁圆筒的结构可分为**单层筒体**、**多层板筒体**和**绕带式筒体**等三种形状。

1.单层筒体。单层厚壁筒体主要有三种结构形式，即**整体锻造式**、**锻焊式**和**厚板焊接式**。

(1)整体锻造式厚壁筒体是全锻制结构,没有焊缝。

(2)锻焊式厚壁筒体是在整体锻造式的基础上发展起来的。

(3)厚板焊接式厚壁筒体是用大型卷板机将厚钢板热卷成圆筒，或用大型水压机将厚钢板压制成圆筒瓣，然后用电渣焊焊接纵缝制成圆筒节，再由若干段筒节焊制而成。



缺点:

(1)对于单层厚壁筒体来说，由于壳壁是单层的，当筒体金属存在裂纹等缺陷且缺陷附近的局部应力达到一定程度时，裂纹将沿着壳壁扩展，最后导致整个壳体的破坏。

(2)同样的材料，厚板不如薄板的抗脆性好，综合性能也差一些。

(3)当壳体承受内压时，壳壁上所产生的应力沿壁厚方向的分布是不均匀的。



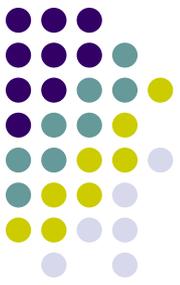
2.多层板筒体。多层板筒体的壳壁由数层或数十层紧密结合的金属板构成。由于是多层结构，可以通过制造工艺在各层板间产生预应力，使壳壁上的应力沿壁厚分布比较均匀，壳体材料可以得到较充分的利用。

优点：

(1) 如果容器的介质具有腐蚀性，可采用耐腐蚀的合金钢做内筒，而用碳钢或其他低合金钢做层板，以节约贵重金属。

(2) 当壳壁材料中存在裂纹等严重缺陷时，缺陷一般不易扩散到其他各层，同时各层均是落板，具有较好的抗脆断性能。

多层板筒体按其制造工艺的不同可以分为**多层包扎焊接式**、**多层绕板式**、**多层卷焊式**和**多层热套式**等形式。



多层包扎焊接式筒体是由若干段筒节和端部法兰组焊而成。筒节由一个卷焊成的内筒(一般厚15—25mm)再在外面包扎焊上多层薄钢板(厚约6—12mm)构成。每层层板一般先卷压成两块半圆形, 然后一层一层包扎进行纵缝焊接, 层板间的纵缝相互错开, 使其分布在圆筒的各个方位。



多层绕板式厚壁筒体也是由若干段筒节组焊而成。筒节由内筒、绕板层和外筒三部分组成。内筒是用稍厚的钢板卷焊而成的；绕板层是用3—5mm厚的带状钢板在内筒外面连续卷绕的多层非同心圆螺旋状层板。在绕板的始端和末端都焊上一段较长的楔形板，使其厚度逐渐变化。绕板时用压力辊对内筒及绕板层施加压力，使层板紧贴在内筒上。外筒是两块半圆柱壳体，用机械方法紧包在绕板层外面，然后焊接纵缝。由于带状钢板宽度有限，这种筒节长度一般不超过2.2m，所以筒体环焊缠较多。绕板式厚壁筒体的优点是纵缝较少，生产效率高。



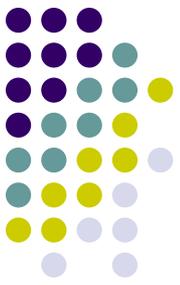
多层热套式厚壁筒体是由几个用中等厚度(一般为20—50mm)的钢板卷焊成的圆筒体,经加热套合制成筒节,再由若干段筒节和端部法兰(也可采用多层热套结构)组焊而成。由于筒节中的每一层圆筒与其外面一层之间部是过盈配合,因而在层间产生预应力,可以改善筒体在承受内压时应力分布不均匀的状况,近年已大量应用于高压容器的筒体上。

优点:

结构制造工艺简单,制造周期较短,制造成本也较低。

缺点:

由于使用中厚钢板,其抗裂性能要比薄板稍差一些。



3. 绕带筒体

绕带筒体的壳体是由一个用钢板卷焊成的内筒和在其外而缠绕的客层钢带构成。它具有与多层板筒体相同的一些优点，而且可以直接缠绕成较长的整个筒体，不需要由多段筒节组焊，因而可以避免多层板筒体所具有的深而窄的环焊缝。

缺点：其制造工艺较复杂，生产效率低，制造周期长，因而采用较少。



三.封头

在中、低压压力容器中，与筒体焊接连接而不可拆的端部结构称为封头，与筒体以法兰等连接的可拆端部结构称为端盖。通常所说的封头则包含了封头和端盖两种连接形式在内。

压力容器的封头或端盖，按其形状可以分为三类，即凸形封头、锥形封头和平板封头。



(一)凸形封头

凸形封头有半球形封头、碟形封头、椭球形封头和无折边球形封头等四种，其形状如图1-1所示。

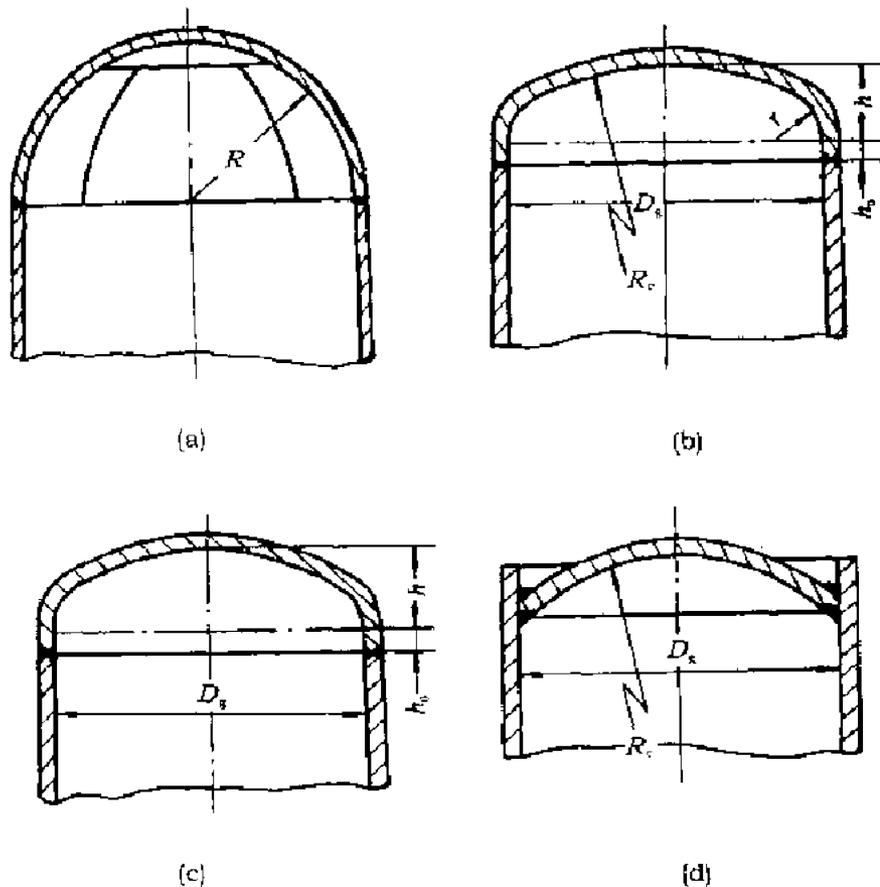


图 1-1 凸形封头

(a) 半球形封头 (b) 碟形封头 (c) 椭球形封头 (d) 无折边球形封头



(二)锥形封头

锥形封头有两种结构形式。一种是无折边的锥形封头，如图1—2所示。由于锥体与圆筒体直接连接，结构形状突然不连续，在连接处附近产生较大的局部应力，因此只有一些直径较小、压力较低的容器。

另一种为带折边的锥形封头，由圆锥体、过渡圆弧和圆筒体三部分组成(见图1—3)。

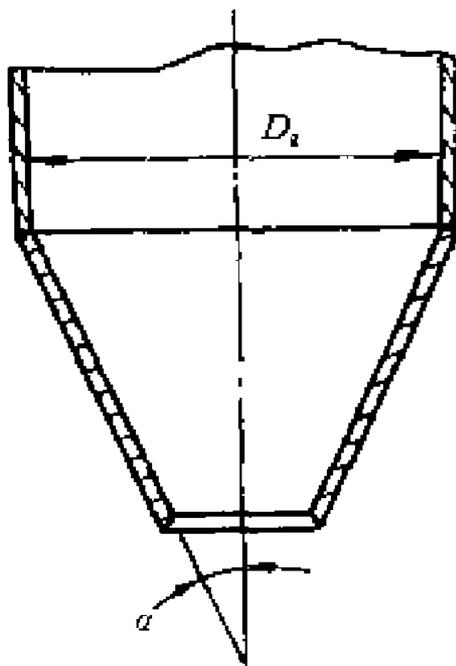


图 1-2 无折边锥形封头

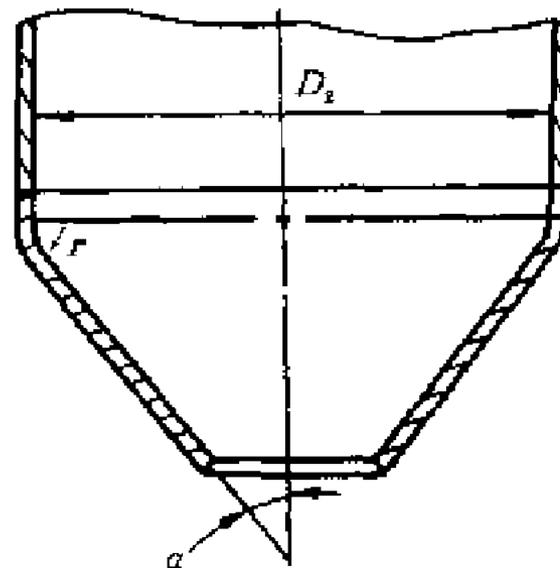


图 1-3 带折边锥形封头



(三)平封头

平板结构简单，制造方便，但受力状况最差。中低压容器用平板作人孔和手孔盖板；高压容器，除整体锻造式直接在筒体端部锻造出凸形封头以及采用冲压成形的半球形封头外，多采用平封头和平端盖(见图—4)。

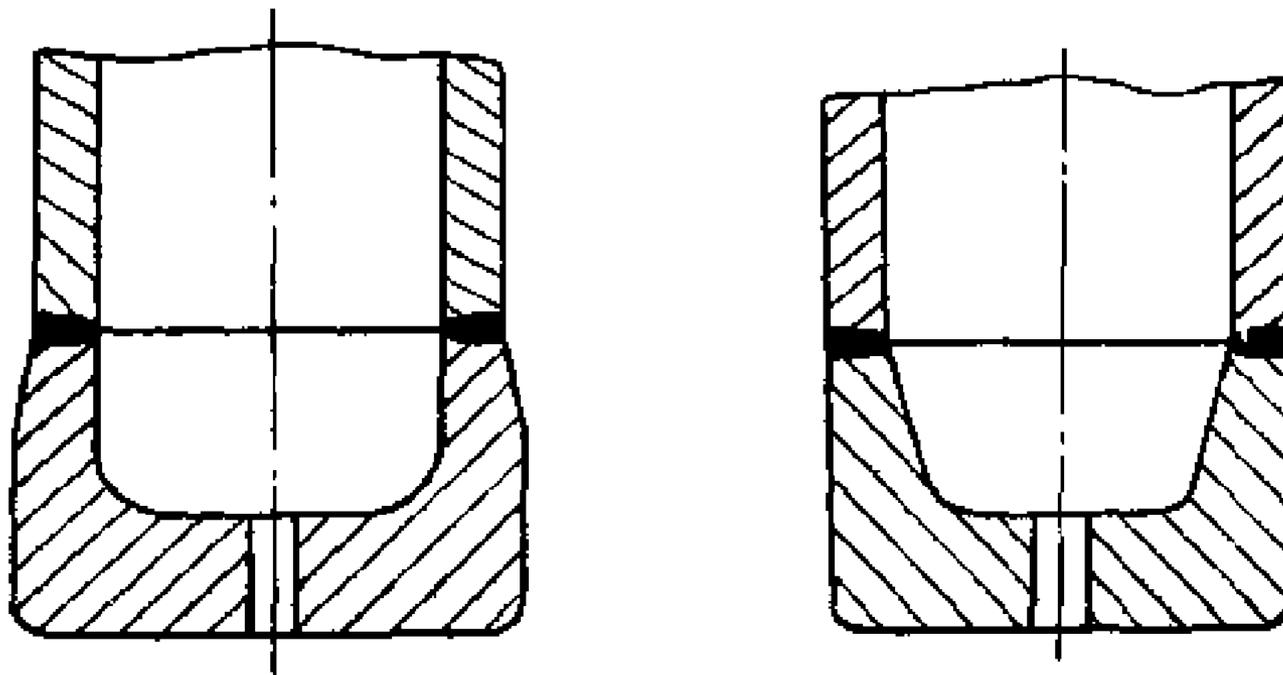


图 1-4 高压容器的平形封头



第三节 锅壳锅炉结构

锅壳锅炉的基本结构是双层夹套结构，其本体是双层夹套容器。其外筒叫锅壳，内筒叫炉胆（火筒），内、外筒之间的环形空间装水；而内筒内部是燃烧室。当水汽介质有压力时，锅壳承受内压，而炉胆承受外压。

锅壳锅炉有立式和卧式。



一、立式锅壳锅炉

立式锅壳锅炉的圆筒形锅壳和其内的炉胆是立置的。锅炉结构紧凑，整装出厂，运输安装方便，占地面积小，便于使用管理。其蒸发量一般在 $1\text{t} / \text{h}$ 以下，蒸汽压力一般在 1.25MPa 以下。燃烧室容积小，周围被水浸泡，水冷程度大，排烟温度高，热效率低，约为 $60\% \sim 70\%$ 。目前常见的是立式直水管锅炉和立式弯水管锅炉。



下脚圈：立式锅壳锅炉下部锅壳与炉胆相连接的部位，即盛水夹套的底部。该部位受力情况比较复杂，容易沉积水渣，严重时会影响炉胆下部的正常传热；外部接近地面，易受腐蚀，是立式锅壳锅炉结构的一个薄弱环节。

下脚圈的结构主要有U形 [见图1-5 (a)] 和S形 [见图1-5 (b)] 两种。

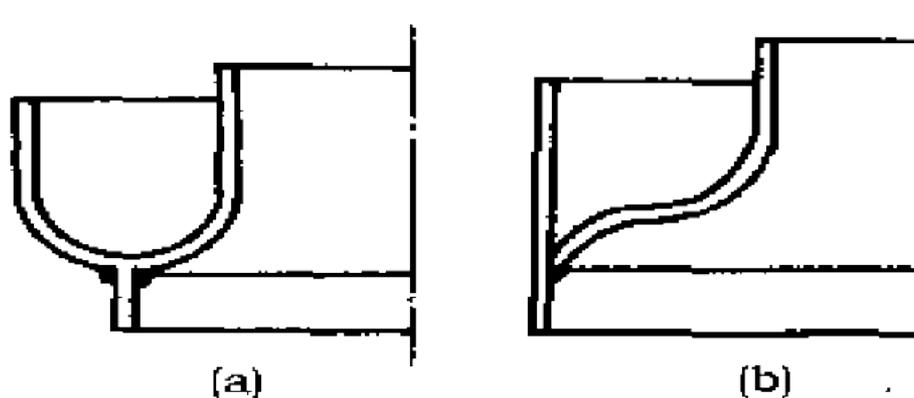


图 1-5 立式锅壳锅炉的下脚圈
(a) U形 (b) S形



（一）立式直水管锅炉

由锅壳、炉胆、上下管板、直水管等主要部件组成，如图1-6所示。

这种锅炉水循环安全可靠，热效率较高。清垢方便；但在直水管区容易积灰，而且直水管刚性较大，胀缩受限制，易造成胀口渗漏。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/137033135155006061>