

章节 3.3

水管锅炉

水管锅炉

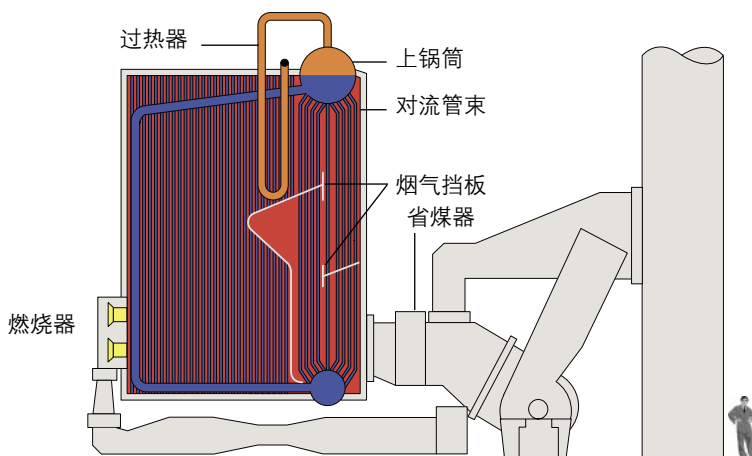


图3.3.1 水管锅炉

水管锅炉与锅壳锅炉不同，炉水在管内循环，热源在管外围。参考圆周应力公式3.2.1，很容易理解，水管直径非常小时，在同样的应力下可承受更高的压力。

水管锅炉用于电站时要求：

- 高蒸发量 (高达 500 kg/s)。
- 高蒸汽压力 (高达 160 bar)。
- 过热蒸汽 (高达 550°C)。

无论如何，水管锅炉也能制造与锅壳锅炉相应的容量。

小水管锅炉能制造组装为一个单个设备，就像快装锅壳锅炉，尽管大的水管锅炉通常制造成部件到现场组装。

很多水管锅炉以水自然循环原理运行（也被称为热虹吸）。在考虑各种水管锅炉形式以前，先学习水自然循环原理。图3.3.2有助于解释这个原理：

- 较冷的给水从锅炉锅筒的隔板后进入，由于冷水密度大，它在下降管内向下流向较低的下锅筒取代向上进入前部水管较热的水。
- 继续加热会在前部水管产生蒸汽泡，在上锅筒内与热水分离并离开上锅筒。

可是，当水管锅炉内的压力上升，水与饱和水之间的密度差下降，因而发生循环减弱。为了在更高的压力保持同样的蒸发量，下锅筒和上锅筒之间的距离必须增加，或使用强制循环。

水管锅炉部件

从热源来的热量可以通过辐射，对流和传导的方式吸收。

炉膛或辐射传热部分

这是一个空旷的区域容纳着从燃烧器来得火焰。如果火焰直接与炉管接触，将发生严重的冲蚀并最终导致炉管损坏。炉膛墙面排列着带鳍片的炉管称为膜板，设计用于吸收来自火焰的辐射热，如图3.3.3所示。

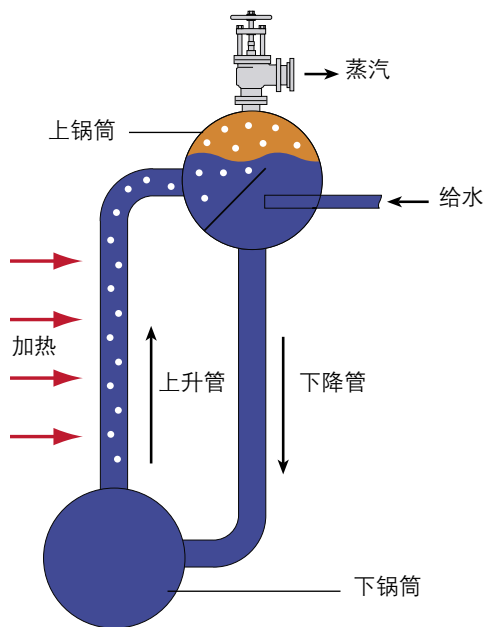


图3.3.2 水的水管锅炉自然循环

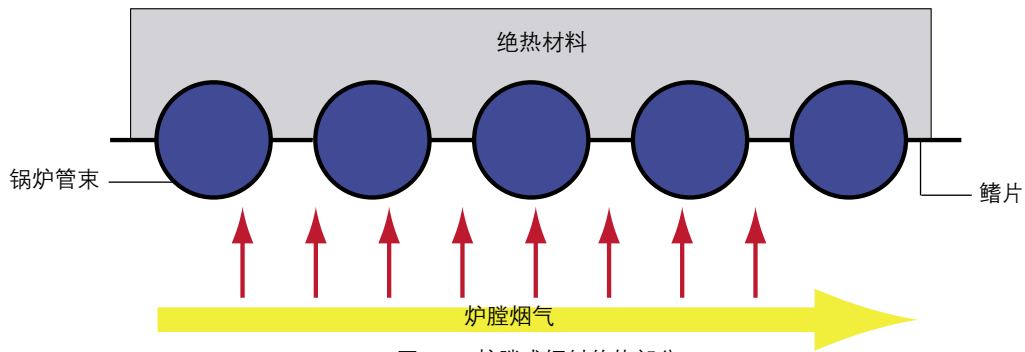


图3.3.3 炉膛或辐射传热部分

对流部分

这部分设计通过对流和传导来吸收高温烟气的热量。

大型锅炉有一系列的管排（称为对流管束）用于最大化的从高温烟气吸收热量。

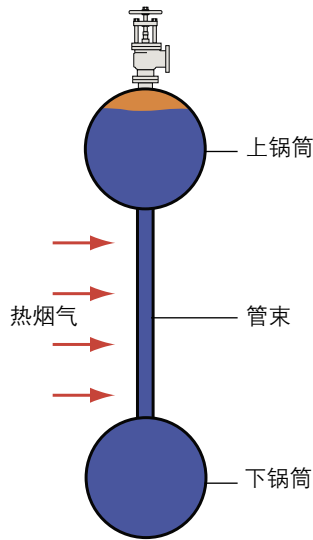


图3.3.4 对流部分的传热

水管锅炉的名称

水管锅炉通常按某种特性分类，见表3.3.1。

表3.3.1 水管锅炉分类

锅筒布置方式	例，纵置式或横置式
水循环	例，自然对流或强制对流
锅筒数目	例，双锅筒、三锅筒
蒸发量	例，25500 kg/h、7 kg/s、55000 lb/h

水管锅炉布局的选择

下面的布局适用于和其它水管锅炉同样的原理，蒸发量从5000 kg/h到180000 kg/h。

纵置锅筒锅炉

纵置锅筒锅炉是最初的水管锅炉形式，以热虹吸原理运行(见图3.3.5)。较冷的给水进入纵向布置在热源上方的锅筒。较冷的水下降到后面循环联箱进入几个倾斜的被加热的炉管。当水温度上升，就向上通过倾斜的炉管，沸腾后密度下降，因此沿倾斜炉管向上循环，热水和蒸汽进入前循环联箱返回锅筒。在锅筒内，蒸汽泡与水分离后蒸汽离开。

纵置锅筒锅炉典型的容量范围从2250 kg/h到36000 kg/h。

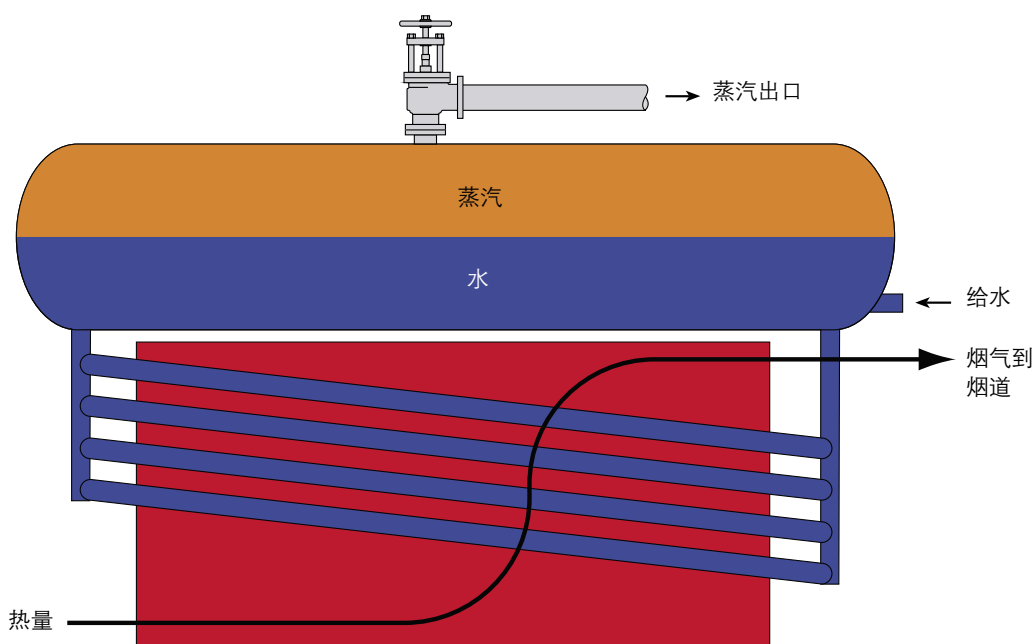


图3.3.5 纵置锅筒锅炉

横置锅筒锅炉

横置锅筒锅炉与纵置锅筒锅炉的不同之处在于锅筒与热源交叉布置，见图3.3.6。横置锅筒与纵置锅筒工作原理相同，只是沿锅筒的温度更均匀。因此在高负荷时有水循环失效的风险，如果上升管内变干，管子就要过热直至损坏。横置锅筒锅炉也有额外的优势，由于横置的方式因此可布置很多倾斜管。

横置锅筒锅炉典型的容量范围为从700 kg/h到240000 kg/h。

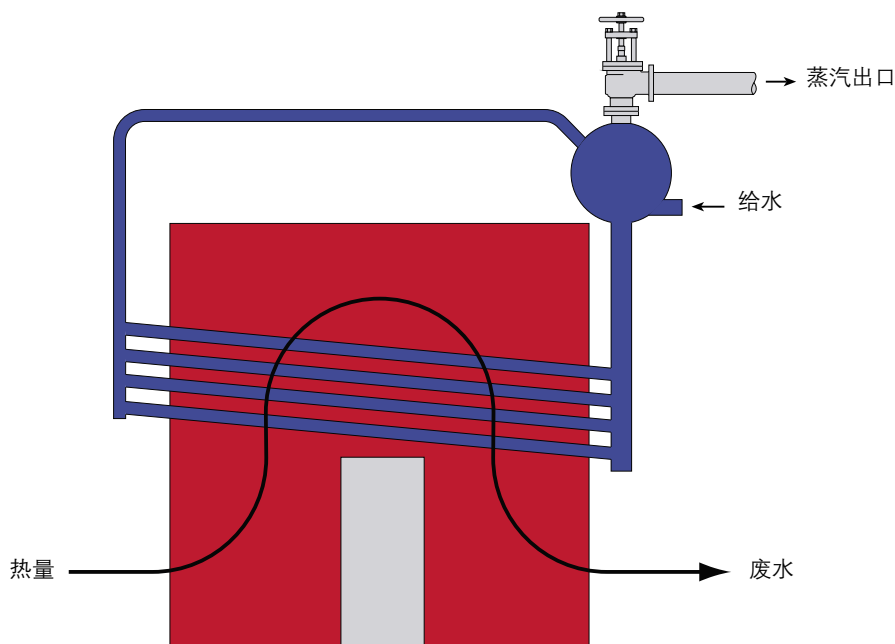


图3.3.6 横置锅筒锅炉

弯管或斯特灵锅炉

水管锅炉进一步发展出现弯管或斯特灵锅炉，见图3.3.7。它的运行原理还是水的温度和密度原理，但是依次使用了4个锅筒。较冷的给水进入左边的上锅筒，由于密度大向下流动进入低位或下锅筒。下锅筒和连接到另外2个上锅筒水管内的水被加热，产生的蒸汽泡上升进入上锅筒，在上锅筒蒸汽离开。弯管或斯特灵锅炉有更大的传热面积，促进了水的自然循环。

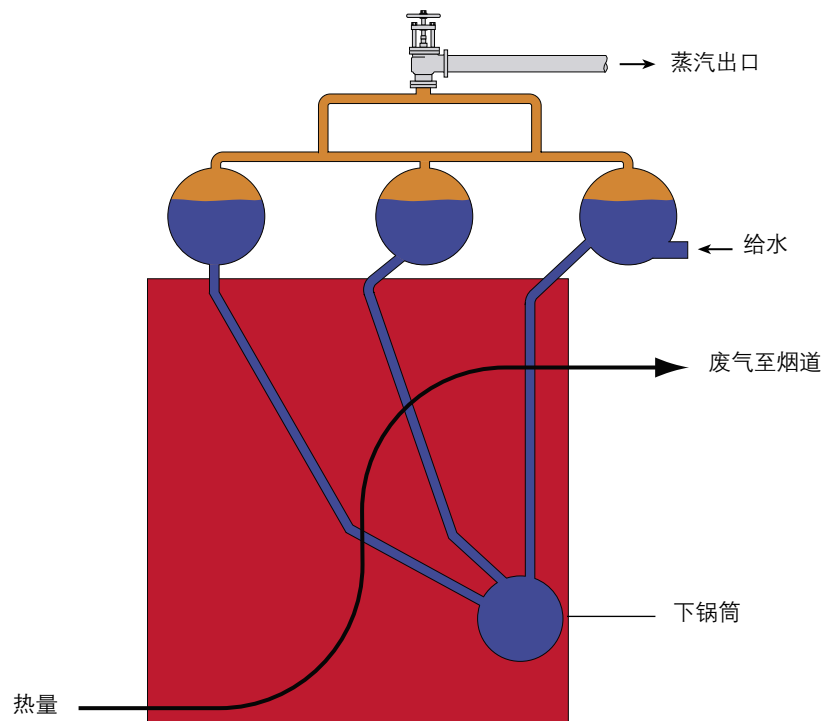


图3.3.7 弯管或斯特灵锅炉

水管锅炉的优点:

- 水容积小, 因此对负荷变化和热量输入反应快。
- 炉管和锅筒直径小意味着可承受更高的压力, 直到160 bar, 可用于电站。
- 在炉墙上可设计很多燃烧器, 可水平或垂直燃烧, 容易控制锅炉各部分的温度。这点对如果锅炉有过热器, 并且要求控制过热温度来说特别重要。

水管锅炉的缺点:

- 它们不像锅壳锅炉那样简单的作成快装形式, 因此要求更多的现场工作量。
- 多燃烧器选项提供了灵活性, 但在电站使用30个或更多燃烧器意味着复杂的控制系统。

热电联产(CHP) 工厂

上述水管锅炉通常容量很大。但工厂对小型的、特殊用途的以及和燃气轮机相连的较小型的废热锅炉的需求越来越多。

几种与燃气轮机一起生产蒸汽的工厂形式:

- 热电联产 - 这个系统直接将燃气轮机来的乏气 (接近 500°C) 进入锅炉, 产生饱和蒸汽供设备使用, 如图3.3.8所示。这些系统典型应用于工厂或现场对蒸汽和电力都有需求, 并且其比例与CHP系统相匹配。效率可高达 90%。

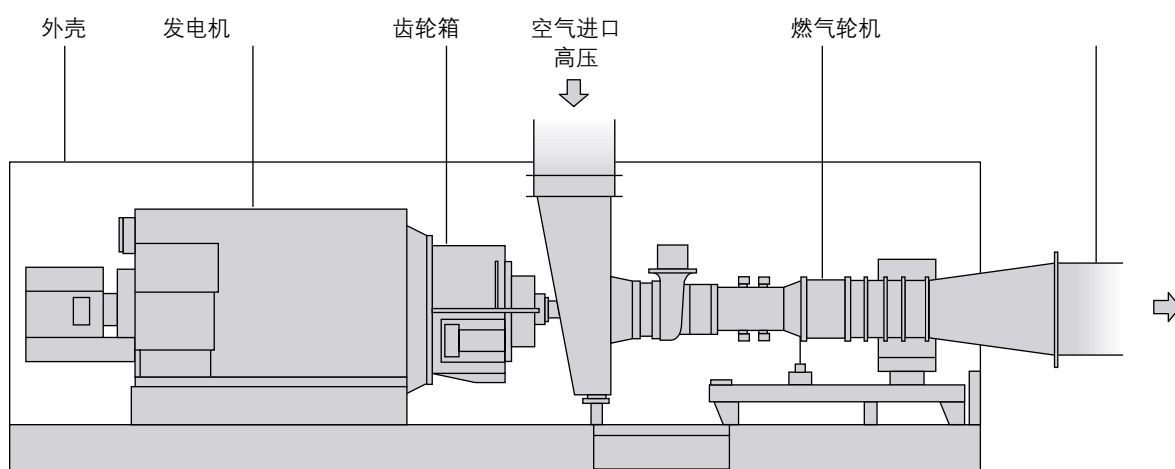


图3.3.8 燃气轮机/交流发电机组

□ 联合循环工厂 - 这是对CHP系统的延伸，并且饱和蒸汽被引入过热器产生过热蒸汽。过热器可单独加热因为燃气轮机的乏气温度较低。产生的过热蒸汽驱动另外的蒸汽轮机发电。

这种工厂的调节能力差，因为透平旋转的速度要求与电的频率同步。因此要求这些设备在全负荷运行，仅提供基本的蒸汽负荷到工厂。

由于燃气轮机乏气与传统锅炉燃烧火焰相比温度相当低，对给定的加热负荷就要求更大的锅炉传热面积。但不需要安置燃烧器的位置。就此而言，水管锅炉可以更紧凑。因为决定使用CHP的主要因素是效率，这种锅炉都设计了省煤器(给水加热器)。

如果工厂是“联合循环”，还可能设计过热器。但是相对较低的温度意味着要求额外的燃烧器将蒸汽加热到蒸汽轮机所要求的参数。

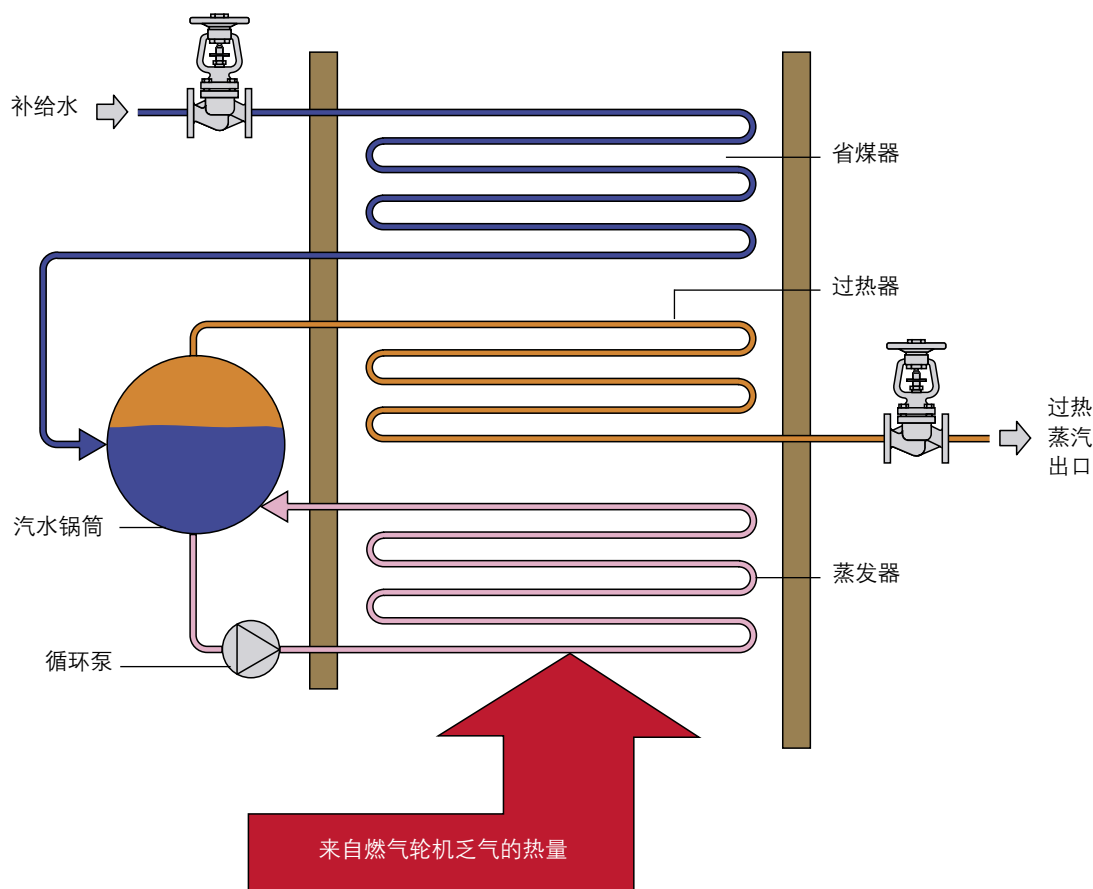


图. 3.3.9 CHP工厂使用的强制循环水管锅炉

Questions

1. Why can higher pressure steam be produced in a water-tube boiler compared with a shell boiler ?
 - a| A superheater is incorporated in a water-tube boiler
 - b| Water-tube boilers incorporate a radiant and convection section
 - c| In a water-tube boiler the water is in tubes and a higher stress and pressure can be accepted
 - d| Water-tube boilers have a greater heat transfer surface
2. Which of the following is a disadvantage of a water-tube boiler compared to a shell boiler ?
 - a| They have a lower water content
 - b| They are more difficult to control because of the number of burners
 - c| They are physically much larger
 - d| It is more difficult to produce superheated steam in a water-tube boiler
3. Why are water-tube boilers typically used in power stations ?
 - a| Ease of temperature turndown as load changes
 - b| They are flexible to rapid load changes
 - c| Because of their pressure, capacity and the degree of superheat
 - d| Because the body of a water-tube boiler can accept a higher stress than a shell boiler
4. Which of the following is a disadvantage of a cross drum boiler ?
 - a| It does not permit superheating
 - b| It doesn't incorporate a mud drum
 - c| Due to having an external steam drum steam quality can be poor
 - d| Faulty circulation can occur at high steam loads
5. What is the advantage of a CHP system ?
 - a| Saturated steam is produced from waste gases
 - b| The system is at least 90% efficient
 - c| The steam produced is a by-product of power generation
 - d| All of the above
6. Which of the following is a disadvantage of a gas turbine/alternator set ?
 - a| The turndown ratio is poor
 - b| The superheater always needs separate firing
 - c| Because of the low gas temperature only low pressure steam can be produced
 - d| The superheated steam produced is unsuitable for driving another generator

Answers

1: c, 2: b, 3: c, 4: d, 5: d, 6: a