

電力工業生產知識

鍋 爐

水利電力部幹部學校編

水利電力出版社

电力工业干部培训教材

电力工业生产知识

鍋 爐

水利电力部干部学校編

水利电力出版社

內 容 提 要

本书簡要地介紹了蒸汽鍋炉的基本知識，着重敘述了鍋炉的种类、构造和功用。內容較新，文字淺显，說理清楚。

本书不仅适合电业系統的轉业干部和需要熟悉电力工业知識的同志学习之用，而且对电业系統的一般技术人員也有参考价值。

电力工业生产知識

鍋 炉

水利电力部干部学校編

*

2164R 177

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本*4 $\frac{1}{4}$ 印張*108千字*定价(第8类)0.51元

1959年1月北京第1版

1960年1月北京第1次印刷(0001—9,120册)

序 言

“电力工业生产知識”是水利电力部干部学校火电专业班的培訓教材。

本教材是在建設社会主义大跃进中，根据干部培訓工作的发展，經過广泛征求电力工业生产部門的意見以及学习人員的一般要求，并参照历年来培訓工作的經驗体会，在原有教材“电力工业生产过程基本知識”的基础上，經過反复修改重新編写的。

由于专业班學員都是老干部，所以在編写教材时，尽量使其內容結合生产实际，力求簡明易懂，并且避免引用过多复杂繁难的公式及外文符号。

本教材共計六本：鍋炉，汽輪机，电工基础，电力机械，电气設備，繼电保护装置；此外另有輔助教材(数理化)一本。

編写輔助教材的目的，是为了給學員在学习本套教材前打下基础。

編写本书时，虽然我們在主观上尽了很大的努力，但由于水平所限，加以缺乏写作經驗，因而不可避免的会存在一些問題。我們誠恳地希望讀者提出宝贵的意見和批評，以便今后进一步改进。

水利电力部干部学校

1959年9月

目 录

第一章 鍋炉設備 鍋炉本体.....	4
第1节 鍋炉設備的一般概念.....	4
第2节 鍋炉本体.....	8
第3节 改善蒸汽质量設備.....	25
第二章 鍋炉的燃料、燃燒和燃燒室.....	32
第1节 鍋炉的燃料.....	32
第2节 燃燒和傳热.....	39
第3节 燃燒室.....	41
第三章 鍋炉机組的輔助受熱面.....	47
第1节 过热器.....	47
第2节 省煤器.....	55
第3节 空气預热器.....	61
第四章 鍋炉的輔助設備.....	67
第1节 送吸风机設備.....	67
第2节 除灰設備.....	73
第3节 除尘設備.....	77
第4节 煤粉制造設備.....	81
第五章 鍋炉的仪表及附件.....	89
第1节 溫度計.....	89
第2节 压力表.....	90
第3节 水位計.....	92
第4节 单冲力自动給水調整器.....	94
第5节 安全門.....	95
第6节 炉烟分析器.....	97
第六章 鍋炉的运行、維護和檢修.....	99
第1节 鍋炉設備的运行.....	99

第2节	鍋炉运行的事故	109
第3节	鍋炉设备的檢修	111
第七章	鍋炉的水处理	115
第1节	关于水和水处理的基本概念	115
第2节	防止鍋炉金属表面結垢	121
第3节	防止鍋炉腐蚀和苛性脆化	127
第4节	保証蒸汽质量良好	132

*

*

*

常用符号和名称对照表

D	蒸发量	C^P	工作质的礞
P	压力	V	揮发物
t	温度	W	水分
η	鍋炉效率	Q_H^P	低位发热量
K	循环倍率	Q_B^P	高位发热量
H	(1)受热面; (2)氢; (3)风压(液柱高度表示)	a	过剩空气系数
C	礞	q	热損失(用百分数表示时)
O	氧	Q	风机出力(风量)
N	(1)氮; (2)风机功率	n	轉速
S_J	硫(揮发硫)	R	煤粉細度
C^T	可燃质的礞	h	高度
C^O	干燥质的礞	γ	比重
		$p \cdot p \cdot m$	百万分之一

第一章 鍋炉設備 鍋炉本体

第1节 鍋炉設備的一般概念

一、鍋炉設備的含义及其用途 鍋炉是工业上常見的設備，它是利用燃燒燃料所发生的热量将水变为蒸汽的設備。它所发生的蒸汽可用来推动原动机，也可供取暖用。在发电厂中的鍋炉，发生大量的蒸汽供汽輪机用。蒸汽使汽輪机轉动而带动发电机发出电能，也有一部分蒸汽作为取暖用或其他的用途。本书所討論的仅限于发电厂所用的鍋炉。

二、鍋炉設備的組成部分 鍋炉設備包括主要設備（鍋炉机組）和輔助設備两大部分。

鍋炉主要設備由下列五个部件組成：

1. 鍋炉本体(汽鍋)：为一密封(不通大气)的热交換設備，由汽鼓和許多鋼管所組成，內儲以水，外部与热炉烟接触，利用热炉烟的热量生产具有一定压力的饱和蒸汽。

2. 燃燒室(炉子)：燃燒設備，它是由火磚构成的火室，火磚外包普通磚，在普通磚外再包鉄皮，煤在燃燒室內燃燒，放出热能。

3. 蒸汽过热器：由許多鋼管所組成，它的用途是将鍋炉內的饱和蒸汽加热至所需要的温度，即我們所說的过热蒸汽。

4. 省煤器：是利用热炉烟进行热交換的設備，它的用途是使給水在进入鍋炉汽鼓前先在这里加热。

5. 空气預热器：也是利用热炉烟进行热交換的設備，它的用途是使空气在进入燃燒室前先在这里加热。

鍋炉輔助設備由下列八部分組成：

1. 送吸风設備：由送风机、吸风机和烟囱組成。送风机使空气經空气預热器送入燃燒室，以助燃燒。而燃燒后的产物(炉烟)

由吸风机吸出，經烟囱排入大气。

2. 除灰設備：清除和运走鍋炉机組的煤灰和煤渣。

3. 除尘設備：清除炉烟中的飞灰，以利环境卫生。

4. 給水設備：由給水泵和給水管路組成，主要用来輸送供給鍋炉的用水。

5. 水处理設備：用来清潔鍋炉給水。

6. 輸煤設備：接受、輸送和保管鍋炉用煤。

7. 煤粉設備：制造、輸送和儲备鍋炉用的煤粉（煤粉式鍋炉才有）。

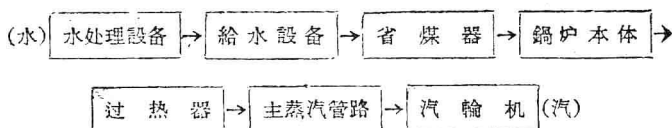
8. 主蒸汽管路：把鍋炉中的蒸汽引导至用汽部門。

通常所說的“鍋炉”，广义的是指鍋炉設備的总称；狹义的是指鍋炉本体（汽鍋）和燃燒室而言。“鍋中盛水，炉中燒火”，鍋炉这个名称就是由此而来的。

三、鍋炉設備的汽水系統和烟风系統 煤、水和空气（俗称风）是鍋炉运行中的三大要素。煤好比鍋炉的粮食，水好比鍋炉的血液。

用煤、水、风三大运行要素，根据各自参加鍋炉运行的程序，把上述的鍋炉組成部分有机地联系起来，可得两大系統如下：

1. 汽水系統

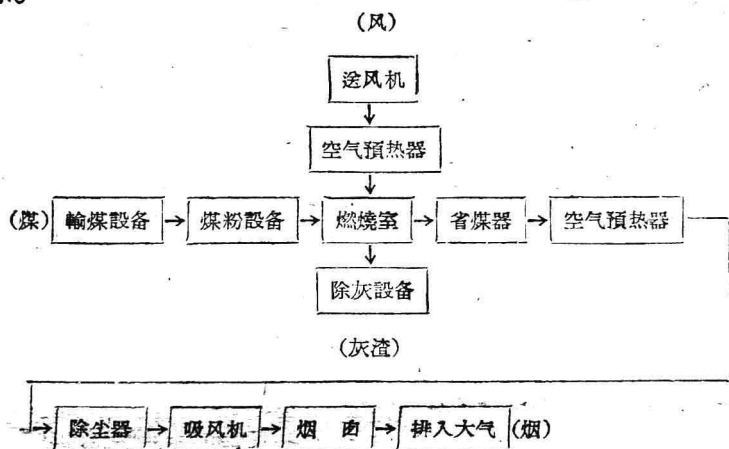


汽水系統表明：水先后經過水处理設備、給水設備、省煤器，进入鍋炉本体受热变为蒸汽，又經過热器、主蒸汽管道送往汽輪机。

2. 烟风系統

烟风系統表明：煤經過輸煤設備、煤粉設備进入燃燒室；空气（风）經過送风机、空气預热器也进入燃燒室。煤和空气在燃燒

室内燃烧放出热量，并形成炉烟和灰渣。炉烟经省煤器、空气预热器、除尘器、吸风机、烟囱最后排入大气。灰渣由除灰设备排除。



了解和熟悉这两大系统，大大有助于学习锅炉知识。

在图 1-1 中可以看出，各个组成部分在两大系统中放置的大体位置。这是中容量链条式锅炉，没有煤粉设备和除尘设备，水处理设备在图上没有画出。

四、锅炉的基本工作特性

1. 蒸发量(容量或出力): 锅炉每小时所生产的蒸汽量，通用符号为 D ，通用单位为吨/时或公斤/时。

2. 蒸汽参数:

(1) 蒸汽压力(汽压): 通用符号为 P ，通用单位是大气压或公斤/平方厘米。大气压又分表大气压和绝对大气压。它们之间的关系是:

$$\text{绝对大气压} = \text{表大气压} + 1.$$

(2) 过热温度(汽温): 通用符号为 t ，通用单位是摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)。

如果锅炉所生产的蒸汽为饱和蒸汽，其蒸汽参数则为蒸汽压力和湿度。

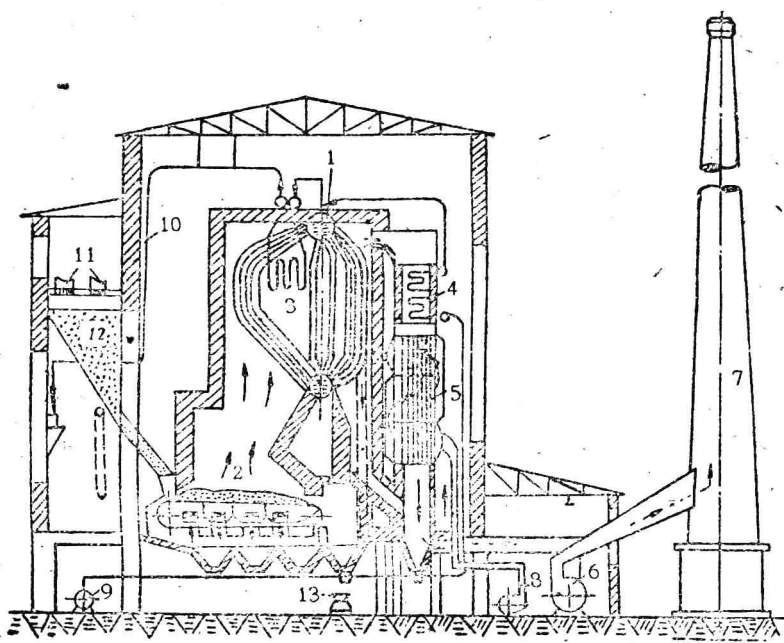


图 1-1 中容量鍋炉設備各部件組合图

1—鍋炉本体；2—燃燒室；3—过热器；4—省煤器；5—空气預热器；6—吸风机；7—烟肉；8—送风机；9—給水泵；10—主蒸汽管道；11—輸煤設備；12—煤斗；13—出灰車。

3. 鍋炉热效率：即在鍋炉中有效利用的热量与燃料在炉中燃燒时所放出的热量之比。这个数值表示出鍋炉工作的經濟性。通用符号为 η ，計算結果常以百分数表示。

五、鍋炉的分类 鍋炉的型式很多，分类的方法也很多。主要的分类方法有如下几种：

1. 按蒸发量分：20吨/时以下的为小容量鍋炉；20~75吨/时的为中容量鍋炉；75吨/时以上的为大容量鍋炉。

2. 按蒸汽压力分：低压为15表大气压以下；中压为15~60；次高压为60~90；高压为90~140；超高压为140以上；单位均为表大气压。

3.按燃燒方式分：可分为炉床燃燒式(手燒炉、鏈条炉等)和炉膛燃燒式(煤粉炉、气体炉等)。

4.按汽水循环分：可分为自然循环鍋炉、强迫循环鍋炉和单流式鍋炉。

5.按受热方式分：可分为火管式鍋炉和水管式鍋炉。

通常这几种分类方法同时使用，以表示鍋炉的类型。在发电厂的習慣上，只需說明鍋炉的压力、容量、汽鼓个数和燃燒方式，就可以表明鍋炉的概貌，例如說 39 大气压，75吨/小时单汽鼓煤粉炉。

第2节 鍋炉本体

鍋炉本体是鍋炉設備中使炉水进行蒸发形成饱和蒸汽的設備，简称汽鍋；它是鍋炉主要設備之一。

为了了解鍋炉的性能，我們常常提到“受热面”和“蒸发率”这两个名詞。所謂受热面是指鍋炉中被炉烟加热的面积，通用符号是 H ；通用单位是平方米。所謂蒸发率是指蒸发量与受热面之比，通用符号为 $\frac{D}{H}$ ，通用单位是公斤/平方米·小时。

一、汽水循环 水和汽水混合物在鍋炉的閉合管路中連續流动叫做汽水循环。汽水循环是鍋炉本体工作的基本原理。

图1-2 是一簡單的汽水循环原理說明图。这种鍋炉由上下两

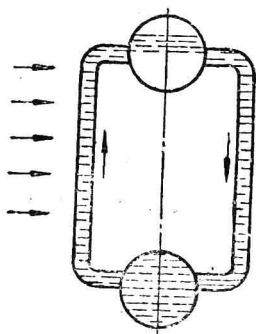


图 1-2 汽水循环示意图

汽鼓組成，汽鼓間有排管連接。由于鍋炉本体各部分受热的不同，在受热較多的地方水比較热，而且可能产生部分蒸汽，形成汽水混合物；受热較少的地方，水則比較冷。在图上左边排管受热較多，而右边排管受热較少。一般的情况下热水比冷水輕（因热水比重小），汽又比水輕，汽水混合物也比水輕。这样，左边排管里的

热水和汽水混合物，因为比較輕向上流动（左边排管就称上升管）；而右边排管里的水，因为比較重就向下流动（右边排管就称下降管），因而形成了汽水循环。这样依靠水的冷热不同，热水、冷水和汽水混合物輕重不同而产生的循环，就叫做自然循环。若循环的方式是利用專門的循环泵迫使水和汽水混合物在鍋炉中循环流动，則称为强迫循环。

汽水循环使得水在鍋炉内部連續流动，不断地从受热面上吸取热量，这样，一方面保証鍋炉水不断受热，由水化汽；另一方面保証炉管不断冷却，不致被燒毀。这就是汽水循环对于鍋炉的重要性。

为了說明汽水循环的情况，常常要提到“循环倍率”这个名詞。循环倍率就是在同一个時間内，由下降管进入上升管的总水量和上升管中产生的蒸汽量的比，一般用字母 K 表示。循环倍率可以表示出要一分水完全蒸发，需要若干倍的水在其中循环。

鍋炉本体一般首先按汽水循环的方式来分类。

二、鍋炉本体的基本組成部分 鍋炉本体的基本組成部分是：汽鼓（又称鍋筒或汽包）、炉管（内分水排管和水冷壁管）和联箱。由于这三个基本組成部分組合情况的不同，产生了各种型式的鍋炉本体。

1. 汽鼓 汽鼓是一个汇集炉水及飽和蒸汽的圓形筒，它是鍋炉本体的主要設備之一。有的鍋炉只有一个汽鼓，所以称为单汽鼓式鍋炉；有的鍋炉有两个或两个以上汽鼓，所以称为双汽鼓或多汽鼓式鍋炉。为了承受巨大的压力，汽鼓多造成圓筒形。圓筒的长度、直徑、厚薄是根据鍋炉容量、汽水压力、溫度和材料性能等决定的。大多数情况下，汽鼓内徑約为 $0.8 \sim 1.9$ 米，长度約为 $4 \sim 13$ 米，厚度約为 $15 \sim 120$ 毫米。旧式鍋炉的汽鼓是用鋼板鉚接而成的，这种汽鼓的鉚接处容易腐蝕而产生漏泄，所以近代鍋炉的汽鼓不用鉚接而用焊接或鍛造成整个的。汽鼓的一端或两端有椭圆形的人孔，以便停炉后工作人員可以进入汽鼓内进行清洗和檢修。人孔盖用螺絲紧压在人孔上。鍋炉的主汽鼓一般都安

装在锅炉顶部，便于促进汽水自然循环(见图1-3)。

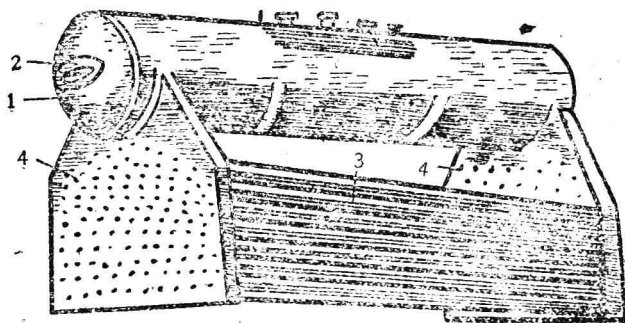


图 1-3 锅炉本体基本组成部分图

1—汽鼓；2—汽鼓的人孔和人孔盖；3—炉管(斜管)；4—联箱(方扁形整联箱)。

旧式锅炉的主汽鼓，安设在燃烧室出口处的烟气道路上，用铁瓦及耐火泥使之与烟气不直接接触。为了改善汽水循环和避免汽鼓变形，现代锅炉的主汽鼓都装在烟道外，不与烟气接触；联接在汽鼓下部的下降管也都有绝热装置，不从炉内下去，而从炉外接到下联箱。

由省煤器来的水，先进入主汽鼓，再均匀地流入各下降水管，水由下降水管再分别进入到各受热水管中受热，一部分逐渐变成饱和蒸汽，形成汽水混合物，然后进入主汽鼓。在汽鼓内使汽、水分离，饱和蒸汽进入过热器，受热的水又流入下降水管继续循环。因此，主汽鼓内有水空间和蒸汽空间之分。水和蒸汽的交界面叫做蒸发面。

汽鼓的作用可以归结为以下三点：

(1) 储水：在负荷变化时，能使各受热水管得到适当的水量。

(2) 储汽：饱和蒸汽首先汇集于此。在负荷骤然变化时，能保持过热器中所需要的蒸汽流量，以适应负荷的要求。

(3) 使汽水初步分离：汽水混合物进入汽鼓以后，因汽、水比重的不同而进行自然分离。在新式的大型高压炉中，还在主汽

鼓后面装設一个副汽鼓(分离汽鼓),使汽水混合物先在副汽鼓内分离,然后进入主汽鼓再次分离以改善蒸汽质量。为了儲存饱和蒸汽,有的鍋炉还在主汽鼓上方,装設干汽鼓(干汽包)。

由此可知,汽鼓是汽、水汇集和分离之处;并不是鍋炉的受热面。

通常鍋炉都有几个汽鼓,在上方者称上汽鼓,在下方者称下汽鼓。主汽鼓和副汽鼓都是上汽鼓。由于上汽鼓是汽水汇集分离之处,所以又称汽水鼓。以上所講的着重于汽水鼓方面。下汽鼓位于鍋炉底部,水中杂质多沉淀于此,定期排污也在这里进行,因此又称泥水鼓(泥包)。一般所說的“汽鼓”,广义的是指汽水鼓和泥水鼓的总称,狭义的是指汽水鼓而言。

2. 炉管 炉管是鍋炉本体中水管的总称,它是鍋炉的主要受热面。其中分水排管和水冷壁管两种。

(1) 水排管

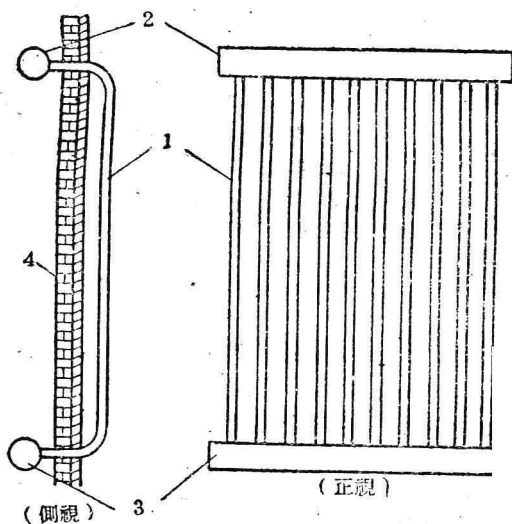


图 1-4 水冷壁結構示意图

1—水冷壁管; 2—上联箱; 3—下联箱; 4—炉墙。

它是旧式鍋炉的主要受热面。水排管通常由直徑为 90~102 毫米的无縫鋼管做成。管子两端装在汽鼓或联箱上，經适当地排列，組成一个严密的循环系統。使水在其中作合理的自然循环，迅速吸收管壁的热量，发生蒸汽。

水排管按其构造和放置形式，可分为斜管和陡管两种。

1) 斜管：是傾斜放置的直形水管。一般分一組或多組脹接在联箱上，排列方法是上下錯开排列，以利受热(見图 1-3 中的 3)。

2) 陡管：是傾斜度較大，甚至是垂直放置的弯形水管。一般是分一組或多組直接脹接或焊接在汽鼓上的，排列上因受弯曲形状限制，大都不能錯开排列，必須平行排列(見图 1-9 中的 4、5、6)。

水排管不論是斜管或陡管，用作鍋炉的受热面，都是以对流受热为主。因为对流受热不及輻射受热的效能高，而且汽水循环也較差，所以近代鍋炉都尽量减少甚至取消水排管，而以水冷壁来代替。

(2) 水冷壁

它是近代鍋炉的主要受热面。

水冷壁由許多垂直排列在燃燒室四周的水管所組成。这許多垂直的水管称为水冷壁管。由于这些水冷壁管垂直排列于燃燒室的四周，象一面墙一样，故有水冷壁或水墙之称。

水冷壁的构成方法如下：水冷壁管的末端弯曲到一定角度，从炉墙穿出，然后接到联箱上去(見图 1-4)。

汽鼓中的水經下降管进入水冷壁的下部联箱，然后再进入水冷壁內受热。受热的水变成汽水混合物上升进入水冷壁的上部联箱，由上部联箱經上升管进入汽鼓(也有的水冷壁无上部联箱，水冷壁管的上端直接和汽鼓連接)。水冷壁构成自己独立的汽水循环系統。

水冷壁受到的不是对流热，而是輻射热，受热效率比水排管高。装設水冷壁以后，第一可以加大鍋炉輻射受热面，提高蒸发率；第二可以降低炉墙温度，防止炉墙上結焦和燒坏，因此广为

新式鍋爐所採用。

3. 聯箱 聯箱一般是長的圓形或矩形筒，用以联接兩組或多組方向排列不同的爐管，起溝通汽水循環的作用。

聯箱外表上開有許多圓孔，以便和爐管脹接起來。圓孔的對方開有方形或橢圓形的手孔，這是為了脹管、更換和清洗管子時方便。手孔用手孔蓋，從聯箱內部向外蓋住，并用螺栓擰緊，以防滲漏。新式的鍋爐聯箱和爐管之間多採用焊接的方法，因此在管孔的對面不再開有手孔。這樣就加強了聯箱的強度，并使構造簡化。

三、自然循環式鍋爐 自十九世紀初出現最原始的鍋爐（即圓筒鍋爐）以來，根據人們生產和生活的要求，鍋爐設備有很大的發展。總的發展趨勢是結構由簡到繁，蒸發量由小到大，蒸汽參數由低到高，鍋爐效率不斷提高，在鍋爐的安全性和經濟性方面都有極大的改善。

在幾種不同循環形式的鍋爐中，自然循環式鍋爐產生得最早，在目前仍然占主要的地位，而且在各種電廠中均被普遍採用。

自然循環式鍋爐因其汽水循環為自然循環而得名。它又可按受熱方式分為火管式和水管式兩大類。

火管式鍋爐的特征，是煙氣在管內流動而水在管外流動。

火管式鍋爐一般蒸發量不大，蒸汽參數不高，鍋爐效率很低，在結構上欠缺伸縮性，金屬耗量很大，所以只宜用作小型低壓鍋爐，一般電廠中已絕少使用。

水管式鍋爐與火管式鍋爐相反，它的特征，是汽水在汽鼓和爐管內流動，爐煙在爐管外流過以加熱爐水，使水化為蒸汽。現在發電廠所用的都是水管式鍋爐。圖1-1所示的就是水管式鍋爐。

水管式鍋爐和火管式鍋爐比較起來，前者有許多優點：（1）水管式鍋爐的壓力和蒸發量不受限制。這是由於水管直徑較小，汽鼓直徑也不大，因而可提高蒸汽壓力。水管是主要受熱面，增加水管就可以提高蒸發量；（2）鍋爐熱效率比較高；（3）鍋爐單位

蒸发量的金属耗量较少，占用面积也较小。

本节着重介绍各型水管式锅炉。

水管式锅炉按其炉管的配置方法可分成两大类，即卧式水管锅炉和立式水管锅炉。

1. 卧式水管锅炉 这类锅炉的特征是，锅炉的炉管为斜管，它与水平方向成不大的角度（ $10 \sim 15^\circ$ ），并用联箱把炉管联接起来，联箱与汽鼓之间接有管子，形成一个闭合循环回路，所以又叫联箱式锅炉。

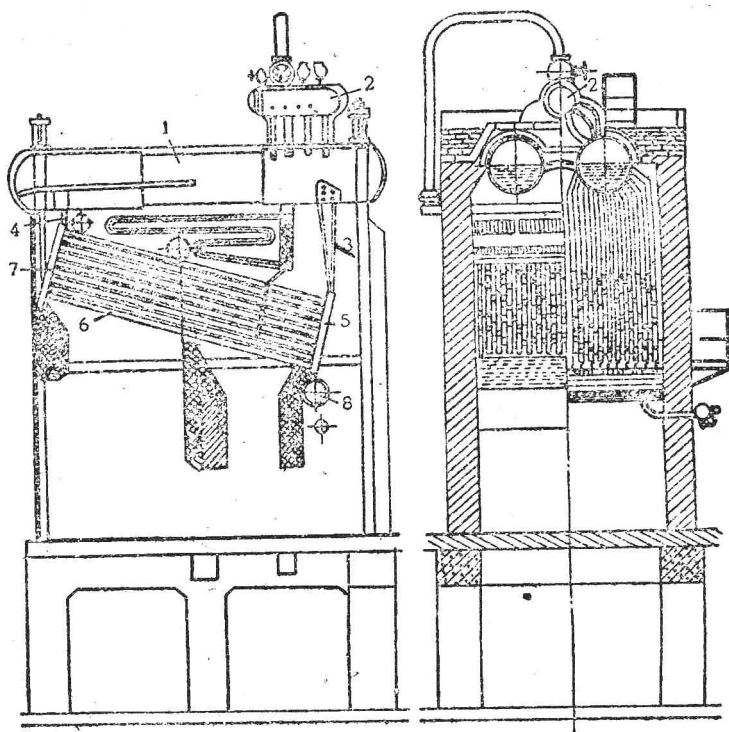


图 1-5 纵汽鼓分联箱锅炉图

1—汽鼓；2—下降水管；3—下降水管；4—蒸汽引出管；5—后分联箱；6—炉管（斜管）；7—前分联箱；8—泥水鼓。