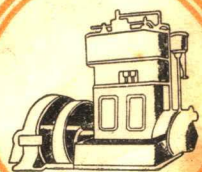


蒸 汽 机

馬 建 隆 編 著

农村发电厂小丛书之四



电力工业出版社

目 录

第一章 蒸汽机的基本工作原理	2
第二章 蒸汽机的構造	4
第一节 蒸汽机的分类	4
第二节 小型发电厂常用的蒸汽机	7
第三节 蒸汽机各部分的構造	13
第三章 蒸汽的分配	21
第一节 蒸汽分配機構的种类	21
第二节 滑閥式配汽機構	21
第三节 提閥式配汽機構	26
第四章 蒸汽机的調速裝置	33
第一节 調速器的概念	33
第二节 調速器的工作原理和構造	34
第五章 蒸汽机的凝汽設備	36
第一节 凝汽設備的概念	36
第二节 凝汽器的种类和構造	37
第六章 蒸汽机的潤滑	40
第一节 潤滑的原理	40
第二节 潤滑的方法	41
第三节 潤滑油的再生	44
第七章 蒸汽机的运行	44
第一节 蒸汽机的起勁	44
第二节 蒸汽机的运行、管理和維護	47
第三节 蒸汽机的停机	50
第四节 蒸汽机的安全技术	51

第一章 蒸汽机的基本工作原理

蒸汽机是利用由鍋爐中产生的具有压力的蒸汽来工作的动力机械。人类利用蒸汽机的历史已將近二百年了，直到現在蒸汽机仍被广泛地应用在各种生产部門和交通運輸工具上，这是因为蒸汽机具有許多优点，它的主要优点是構造簡單、价格低廉、工作中不易發生故障和運轉及修理所需要的技术都比較簡單。但是，它也有一些缺点，如工作效率低、工作动力的容量^①不大（一般为数十以至数百匹馬力）和体积大而重。但是，由於蒸汽机具有上述优点，所以它很适宜用作农村小型發電厂的动力机器。

現代的蒸汽机虽然有各种不同的型式，但它們的基本工作原理都是一样的。蒸汽机的主要組成部分，包括汽缸、活塞、配汽機構、連桿傳动機構、曲柄軸、飞輪和調速器等部分。

为了了解蒸汽机各个主要部件的作用和蒸汽机的工作原理，可參閱圖 1。圖 1 是一个簡單的蒸汽机的構造圖，同时圖中已把汽缸部分剖开了，使讀者能清楚地看到汽缸內部的構造。

汽缸 15 是一个由鑄鐵或鋼鑄成的圓筒，兩端有端盖密封着，汽缸中裝有活塞 8，活塞上裝有活塞桿 17，活塞桿和汽缸外的曲柄連桿機構相連結。活塞的兩側分別称为曲柄側

^① 容量——指蒸汽机所能产生的工作动力的大小，一般以“馬力”为單位，每秒鐘能將 75 公斤重的物体移动 1 公尺距离的工作能力称为 1 馬力。工作容量也可以用“瓩”为單位，1 瓩等於 1.36 馬力。

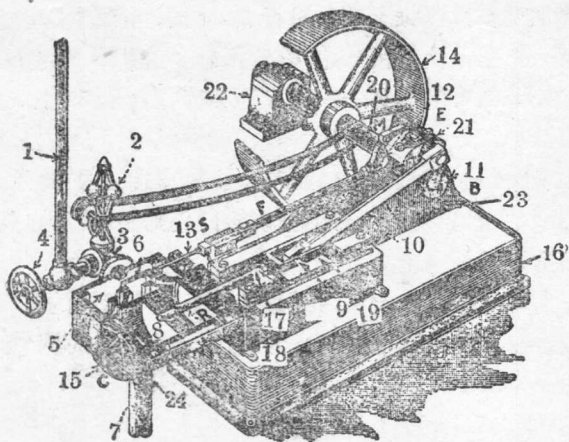


圖1 蒸汽机的構造

1—新蒸汽进汽管；2—飞球式調速器；3—調整汽門；4—主汽門；5—滑閥室；6—滑閥；7—排汽管；8—活塞；9—十字头；10—連桿；11—曲柄；12—偏心輪；13—滑閥桿；14—飞輪；15—汽缸；16—基座；17—活塞桿；18—填料盒；19—滑板导路；20—主軸；21—主軸承；22—外部軸承；23—机身；24—疏水閥。

(靠曲柄連桿機構的一側)和缸盖側；活塞在汽缸中可沿汽缸中心綫自由滑动。由鍋爐送来的新蒸汽由进汽管1經過主汽門4和調整汽門3进入滑閥室5；蒸汽机工作时滑閥桿13就帶动着滑閥6沿汽缸中心綫的方向往返滑行。滑閥室中有兩条汽道分別通向汽缸的曲軸側及缸盖側，当滑閥前后滑行时，这两条汽道就輪流地开閉，蒸汽也就輪流地进入汽缸的曲軸側及缸盖側；进入汽缸中的蒸汽膨脹时，就推动着活塞，使活塞在汽缸中滑行。活塞一側的蒸汽膨脹完畢后，另一側再进入新蒸汽推动活塞沿相反的方向滑行，同时工作完了的乏汽即被活塞压入排汽孔而排出汽缸。

当活塞被蒸汽推着前后滑行的时候，活塞桿 17 即帶动着十字头 9 在两个滑板导路 19 間滑动。連桿 10 用銷釘和十字头相連，同时它的另一头作成圓环套在曲柄 11 上。这样，蒸汽使活塞部分往复运动的力量，就通过連桿、曲柄將蒸汽机的主軸（即曲柄軸）旋轉起来。主軸支持在主軸承 21 和 22 之間。主軸旋轉时就帶动发电机的迴轉子使它旋轉，因而使发电机發出电來。

在大型的蒸汽机中，为了減少活塞与汽缸間的摩擦，常將活塞穿在活塞桿上，使活塞桿架在汽缸前后的滑板导路上，如圖 4 所示。

第二章 蒸汽机的構造

第一节 蒸汽机的分类

现代蒸汽机的种类很多，通常可按下列几种方式来分类。

一、按蒸汽工作的方式可分为：

(1) 單动式蒸汽机——如果蒸汽只从汽缸的一側进入，並只从一面推动活塞（通常是从汽缸盖側），另一側則保持与大气相通，这样的蒸汽机称为單动式蒸汽机。

(2) 双动式蒸汽机——如圖 1 所示，汽缸左側进汽时，右側即排汽，而当右側进汽时，左側則排汽，因此不管活塞往右或往左移动时，都有蒸汽推动活塞工作，所以称为双动式蒸汽机，这种蒸汽机是最常見的型式。

二、按蒸汽的性質可分为：

(1) 用飽和蒸汽的蒸汽机——进入蒸汽机的蒸汽是直接 from 鍋爐中引出的湿蒸汽，或是由另外的蒸汽原动机中排出的

已作过一部分功的乏汽。现在这一种蒸汽机已少见。

(2) 用过热蒸汽的蒸汽机——进入汽机的蒸汽是经过锅炉过热器后再引进来的。这一种蒸汽机在多汽缸式蒸汽机中是常见的。现代蒸汽机可采用的过热蒸汽的温度甚至达 500°C 。因为新蒸汽温度越高，它所含的热量也越多，蒸汽在汽缸中作的功也越多。所以使用过热蒸汽的蒸汽机比工作容量相同而使用饱和蒸汽的蒸汽机的尺寸要小得多。

三、按照乏汽处理的方式可分为：

(1) 排汽式蒸汽机——工作后的乏汽直接排到大气中，这种蒸汽机的效率较低。

(2) 凝汽式蒸汽机——工作后的乏汽引入凝汽器中，使蒸汽和冷却水相遇凝结为水，然后再排出凝汽器。这样，蒸汽机的效率就可以提高很多。

四、按汽缸的数目和排列的方式可分为：

(1) 单汽缸式蒸汽机——容量较小的蒸汽机常属这种型式。单缸式蒸汽机按汽缸排列的方向又可分为卧式(图1)和立式两种。

(2) 多汽缸式蒸汽机——两个以上的汽缸排列在一起，所有的汽缸共用一根主轴。最简单的多汽缸蒸汽机是由几个汽缸组成的，每个汽缸都进入新蒸汽，这些汽缸通常是排成一列的。这种蒸汽机又称为单膨胀式多汽缸蒸汽机。

多汽缸蒸汽机也可以作成多级膨胀的型式，如复膨胀、三膨胀和四膨胀式蒸汽机，但目前四膨胀机已不再制造，三膨胀机也只用在轮船上，只有复膨胀机普遍采用。

在多级膨胀蒸汽机中，通常只从一个汽缸中通入高压的新蒸汽，这个汽缸称为高压汽缸。新蒸汽在高压汽缸中只作一部分功，然后再把这种还具有相当压力的乏汽引入下一个

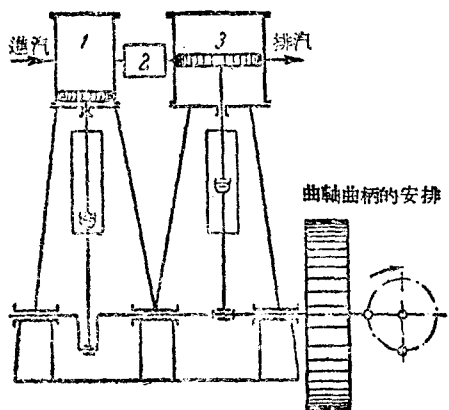


圖2 复式蒸汽机

1—高压汽缸；2—容汽器；3—低压汽缸。

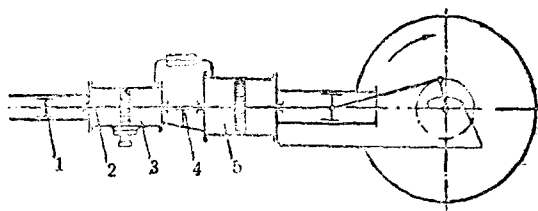


圖3 串缸蒸汽机

1—副活塞桿滑塊；2—副活塞桿；3—高压汽缸；
4—活塞桿中間支承；5—低压汽缸。

汽缸。如在复膨胀式蒸汽机中，蒸汽要在第二个汽缸中膨胀到排汽的压力，这个汽缸称为低压汽缸。这种蒸汽机的汽缸有並排的，如圖2所示（汽缸可以平着排列，也可以立着排列）；也有串連排列的，如圖3所示。前一种称为复式蒸汽机，这种蒸汽机的每个汽缸有一套曲柄連桿机构連接在一根共同的主軸上，主軸上有兩個互相錯开 90° 的曲柄。后一种

称为串缸式蒸汽机，两个活塞装在同一根活塞桿上，因此只有一个曲柄。

五、按照配汽的方式可分为：

(1) 滑閥式蒸汽机——由滑閥控制蒸汽的流入或排出。

(2) 提閥式蒸汽机——进汽和排汽各用一个上下移动的閥門来控制。

此外，每分鐘轉数在 150 轉以下的蒸汽机称为低速蒸汽机；轉数較高的称为高速蒸汽机（通常的轉数为每分鐘 300—400 轉，最快的可达 1500—3000 轉）。

大多数蒸汽机的蒸汽压力为 10~20 个大气压，通常称为中压蒸汽机；蒸汽压力高於 25 个大气压的称为高压蒸汽机。目前蒸汽机的蒸汽压力有高达 130 个大气压的。

第二节 小型发电厂常用的蒸汽机

一、立式單缸和双缸蒸汽机 这种型式的蒸汽机通常多作成高速的，可用在小容量的发电设备中。

圖 4 所示是一部直接与发电机相連的排汽式立式單缸蒸汽机。汽缸直徑为 225 公厘，活塞行程（即活塞在汽缸內可以移动的距离）为 250 公厘。当新蒸汽压力为 9 个表压力、轉数为每分鐘 275 轉时，蒸汽机的出力为 28 匹馬力。蒸汽机的机座和机柱是整体的鑄件，主軸为曲拐軸，新蒸汽通过右側的进汽閥 23 进入汽缸，排汽管 18 用来排除乏汽，发电机的轉子兼作飞輪用。

圖 5 所示为我国自制的中型立式双缸复膨脹式蒸汽机。进汽压力为 10.5 公斤/公分²，轉数为每分鐘 428 轉，排汽压力为 0.08 大气压，蒸汽机的最大連續出力为 375 匹馬力。蒸汽机的主軸与发电机的主軸直接連接，並利用发电机

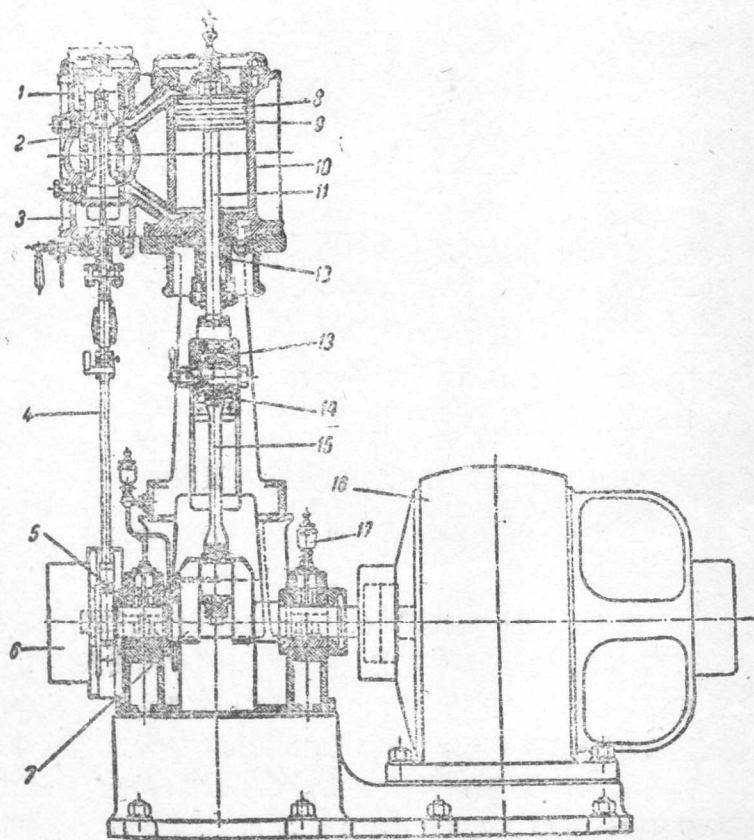
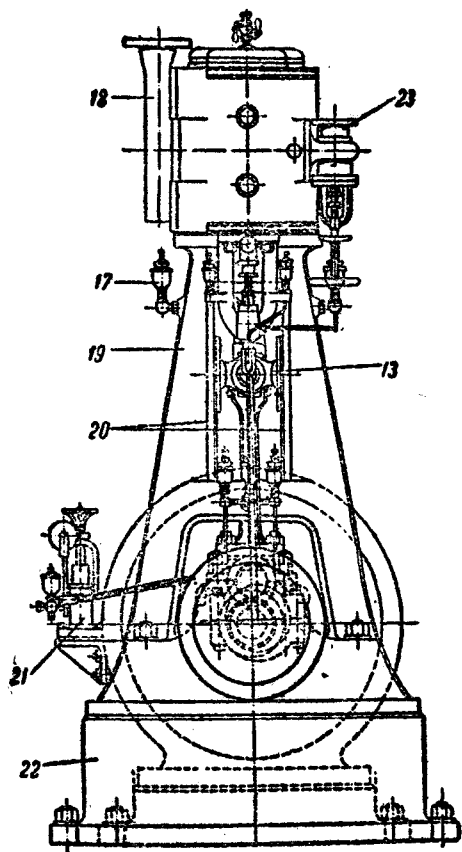


圖4 立式双动

1—滑閥室進汽口；2—滑閥；3—滑
面調速器；7—主軸；8—活塞；9—
12—填料盒；13—十字頭；14—連桿
油杯；18—乏汽排出口；19—機柱機
板；23—新蒸汽入口。



單缸蒸汽机

閥室；4—連桿；5—偏心輪；6—平
 活塞環；10—汽缸；11—活塞桿；
 头；15—連桿；16—發電機；17—滴
 座；20—滑板；21—壓油器；22—底

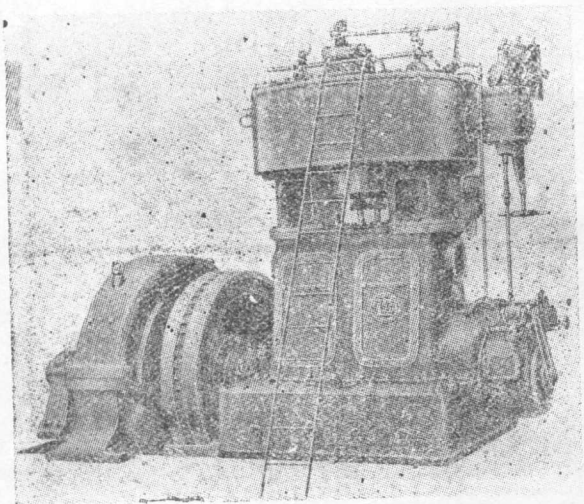


圖5 立式双缸复膨胀式蒸汽机

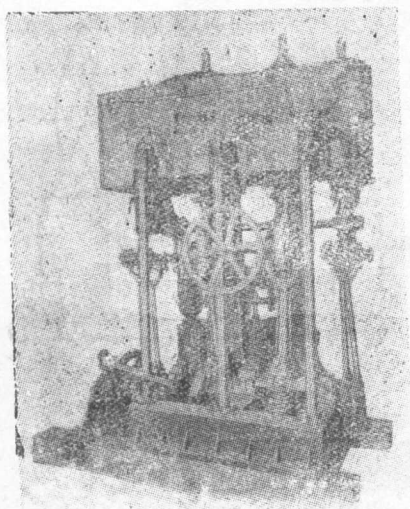


圖6 立式双缸复膨胀冷凝式蒸汽机

的轉子作為飛輪。

圖 6 所示為我國自制的船用或陸用的立式雙缸復脹冷凝式蒸汽機。

這種蒸汽機作為發電或其他工業的原動機時，最大連續出力為 200 匹馬力，進汽壓力為 12.6 公斤/公分²，轉數為每分鐘 500 轉。

二、臥式多級膨脹式蒸汽機 圖 7 所示為一部臥式雙缸復脹式蒸汽機。圖中高低壓汽缸都採用提閘式配汽機構，蒸汽在高压汽缸作功後，經連通管進入低壓汽缸再繼續膨脹作功，最後將乏汽引入混合式凝汽器中，並用濕空氣泵將由乏汽冷凝後的凝結水、冷卻水和含於乏汽中不能凝結的空氣一同排出凝汽器而引入排水溝中。濕空氣泵由蒸汽機以傳動桿帶動。當開機時或沒有冷卻水時，乏汽也可經由危急排氣閥 16 直接向空中排氣。

三、鍋駝機 圖 8 所示是固定式單缸臥式鍋駝機型蒸汽機，鍋駝機是將蒸汽機和鍋爐聯在一起的聯合機組。

圖中蒸汽機的汽缸帶有排汽用的環狀汽道，汽缸固定在基礎台板上，而基礎台板則支架在複式火管鍋爐的外殼上。蒸汽經活瓣式滑閥進入汽缸，往復地推動活塞，乏汽則由汽缸中部的環狀汽道排入凝汽器中。在凝汽器中乏汽和由冷卻水管 19 流進來的冷卻水直接接觸後，即凝結成水，連同未經凝結的空氣一齊被空氣抽出泵 21 抽出，排放到排水溝中去。

四、可搬式蒸汽機 可搬式蒸汽機也是蒸汽機同鍋爐聯合成單一的機組，馬力小的可搬式蒸汽機，廣泛地應用在農業方面；馬力大的（可達 700 匹馬力）多用在城市公用企業、林業和農場等的電氣化方面。

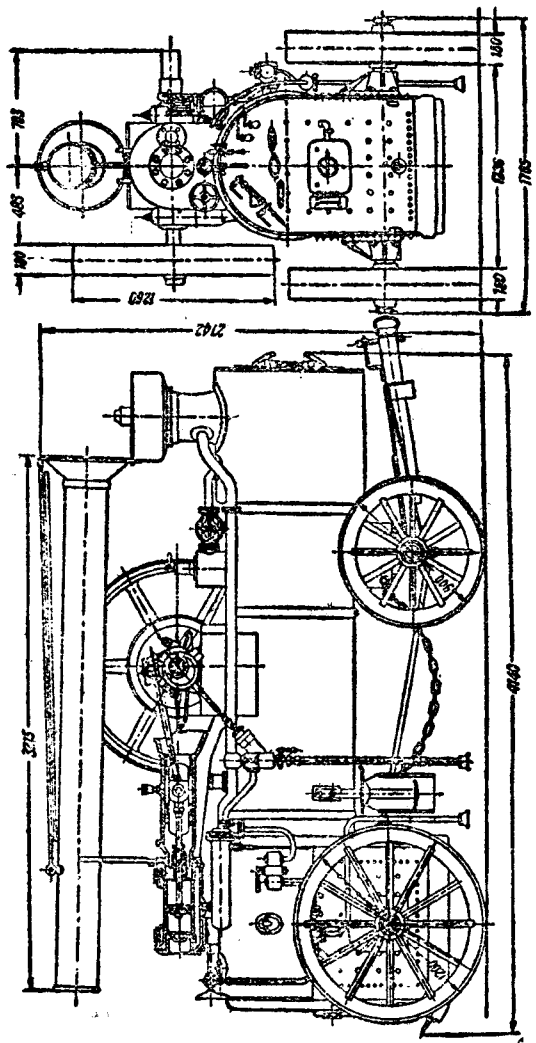


圖 9 流动型可搬式蒸汽机 (功率为 25 匹馬力)

圖 9 所示为流动型可搬式蒸汽机。

圖中蒸汽机的最大連續出力为 25 匹馬力，蒸汽机固定在复式火管鍋爐的外壳上（火管鍋爐的内部結構可參看圖 8），而火管鍋爐又用前后脚撐支架在前后兩組車輪上。这样，就可以很容易地用汽車、拖拉机或畜力来拖到使用的地点。为了搬運便利，鍋爐的烟筒可作成折摺式。

第三节 蒸汽机各部分的構造

一、汽缸 低压蒸汽机的汽缸多用鑄鉄制成，高压蒸汽机的汽缸則用合金鑄鉄或鑄鋼制成。它的內壁必須仔細研磨刮光。在汽缸的兩头裝有用同样材料鑄成的端盖（又称为汽缸盖），端盖用螺栓紧密地扣合在汽缸的兩端。为了防止活塞和汽缸盖相撞，所以在二者之間留有一定尺寸的間隙。汽缸兩端的下部多鑄有脚掌，利用这些脚掌固定在基础上。

滑閥式蒸汽机汽缸的上部多与滑閥箱鑄成一体，汽缸的構造如圖 8 之 7 所示。

二、填料盒 在汽缸盖当中，活塞桿穿过的地方，裝有填料盒如圖 8 之 14 所示，它的

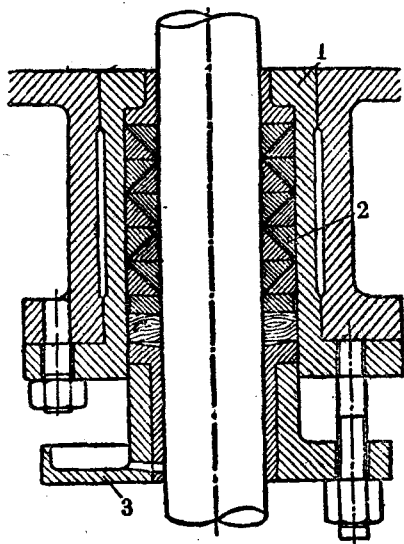


圖 10 填料盒

1—外壳；2—填料；3—压环。

功用是防止汽缸中的蒸汽漏到外面去。

填料盒是由三部分組成的，如圖 10 所示。填料有軟填料（油浸麻繩和石棉繩等）和金屬填料（鑄鐵或特殊合金作成的環）兩種。前者用在低壓蒸汽機上，後者多用在高壓蒸汽機上。

填料盒應製造得適當，並且要安裝得正確，使活塞桿所受到的摩擦減到最小限度。因此上緊壓環時，不應使它偏歪。加石棉繩制的填料時，不應將一根石棉繩在活塞桿上連繞幾圈，而要作成一圈一根，每圈的接口要切成斜坡形，並且要將相鄰兩圈的接口錯開 180° 。

三、活塞和活塞桿 活塞通常是用鑄鐵或鑄鋼制成，它的直徑和汽缸內的差數應為汽缸內徑的 $1/600$ ；在小型的蒸汽機中，這個差數也不得小於 0.5 公厘。如果在臥式蒸汽機的活塞上裝有副活塞桿（如圖 8 中的 37），活塞的重量就由活塞桿和副活塞桿的支承面來承擔。這時活塞好像懸在汽缸中一樣，使活塞運動時不會壓在汽缸內壁上互相摩擦。

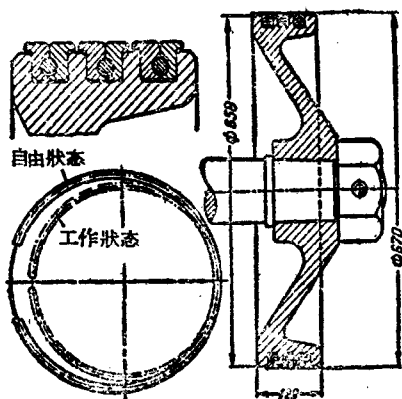


圖 11 盤狀活塞

如果沒有副活塞桿，則活塞的下面會和汽缸壁相接觸，使活塞移動時的摩擦增大。

活塞鑄成空筒形或盤形，如圖 11 所示，這主要是為了減輕活塞的重量。為了使活塞和活塞桿裝得更牢固，常將活塞桿插入活塞的部分作成圓錐形，然後用螺

絲母擰緊，並在螺絲母上裝上銷釘，防止螺絲母鬆動。



圖12 活塞環

為了使活塞四周不漏汽，並防止活塞和汽缸壁直接接觸，因此在活塞四周旋有兩三道活塞環槽，在槽內裝上具有彈性的活塞環（或稱脹

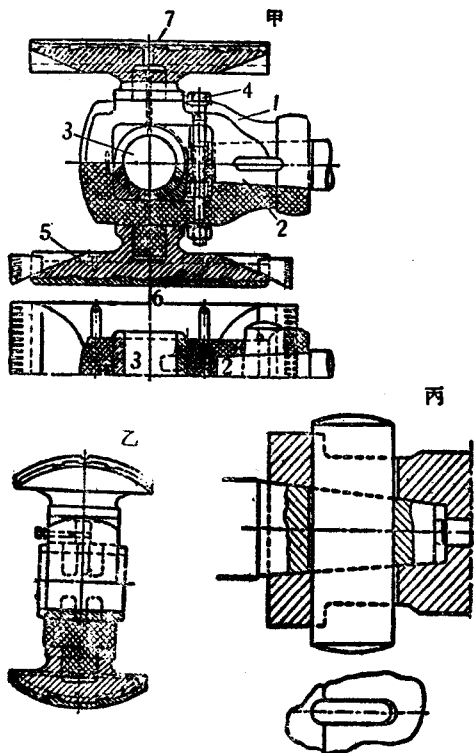


圖13 十字頭

1—十字頭的體；2—活塞桿；3—軸承；4—螺釘；
5—滑靴；6—巴氏合金；7—潤滑油孔。

圈)。它是用特殊鑄鐵或合金鋼先鑄成環狀筒形的毛坯，經加工旋成適當的圓筒后再切成圓環，最后把圓環開成如圖 12 所示的切口，這樣，圓環便具有伸張的彈性。活塞環壓入活塞槽中以後，它就可以和汽缸壁緊密地接觸。為了防止活塞環在活塞上轉動，每個活塞環都應用穩釘固定在活塞上，同時安裝活塞環時，應使各個活塞環的接口互相錯開，以減少漏汽。

活塞桿通常是用碳素鋼或合金鋼制成的，它和活塞的連法，如圖 11 所示。為了防止螺母和汽缸蓋接觸，可將汽缸蓋中心作成凹形。

四、十字頭 十字頭是用來連接活塞桿和連桿的，通常都用鋼制成，利用銷釘把它和作成圓錐形尖頭的活塞桿連接起來，如圖 13 丙所示。

十字頭裝在滑靴上，滑靴通常用鑄鐵制成，在大型的高速蒸汽機中，為了減輕滑靴和滑靴導路的摩擦，在滑靴的外

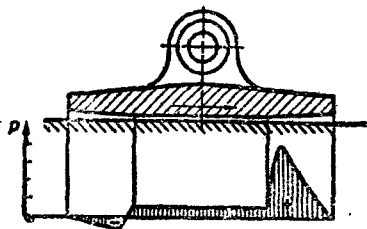


圖 14 滑靴與導路接觸的情況

表面可以澆鑄烏金（或稱巴氏合金）。為了使滑靴下面形成油膜，最好將滑靴兩頭削薄作成如圖 14 所示的傾斜狀。當十字頭向右運動時，滑靴的左下方就可以吸進滑潤油，使

十字頭好像浮在油面上一樣，這樣，就可以減輕摩擦。

五、連桿 連桿的典型構造如圖 15 所示（十字頭與連桿的右端相連），連桿通常都用鋼制成，連桿中軸承的潤滑方式如圖 15 所示。潤滑油由十字頭銷釘的一端加入後，通過軸向和徑向的油孔潤滑銷釘，同時使油通過固定在連桿桿身