

紡織廠土法办电叢書

土 蒸 汽 原 动 机

紡織工業部生产技术司專題研究組編

紡織工業出版社

目 录

前 言	(2)
第一章 蒸汽机	(3)
一、卧式蒸汽机	(3)
二、立式蒸汽机	(15)
第二章 土汽轮机	(17)
一、偏心活叶式土汽轮机	(17)
二、离心活叶式土汽轮机	(19)
三、单级重复迭汽式(耍龙式)土汽轮机	(31)
四、单级复速式土汽轮机	(38)
五、其他型式土汽轮机	(44)
第三章 利用其他设备改装的土蒸汽原动机	(51)
一、空气压缩机改装蒸汽机	(51)
二、往复式锅炉给水泵改装为蒸汽机	(54)
第四章 土蒸汽原动机应注意的问题	(55)
一、安全方面	(55)
二、经济方面	(56)
三、运行方面	(56)

前 言

在工农业大躍进的形势下，各方面对电力的需要量大为增加，如何满足各地电力的需要是目前一个亟待解决的问题。为了克服缺电困难，各地特别是东北地区，展开了全民办电的群众性运动，并已取得了巨大的成绩。

群众办电，首先遇到的是设备问题。根据各地土法办电的经验，除土发电机外，土蒸汽原动机也是目前较普遍采用的一种土法办电设备。这种土蒸汽原动机的制造工艺和使用技术都比较简单，钢材、有色金属及特殊材料用的很少。纺织厂利用原有的蒸汽锅炉设备、后备动力设备和废弃的破旧设备加以检修或改装，就可以发电。因此，土蒸汽原动机也很适宜于纺织厂采用。现在我们把目前东北地区的一些土蒸汽原动机分别介绍出来，供各地纺织厂办电时参考。

第一章 蒸汽机

一、臥式蒸汽机

沈陽麻袋厂的35匹馬力簡易蒸汽机,是由四十三个零件、十八种不同規格的螺絲和三个油杯組成(見图1)。这种型式的蒸汽机制造比較容易,全部可使用一般的鑄鉄和少量碳鋼。沈陽

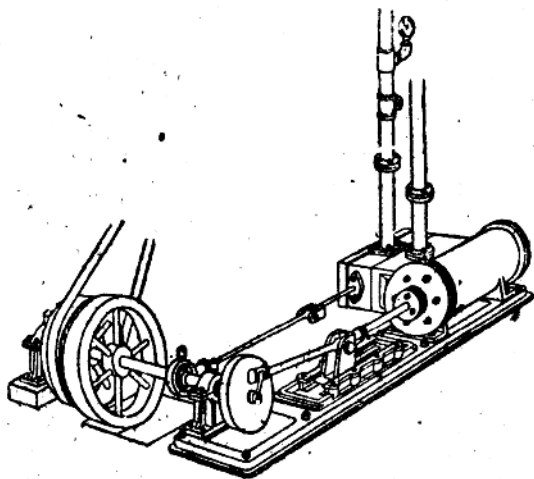


图 1

麻袋厂用簡陋設備进行小批生产,每台約500工时,成本1300~1400元。利用原有的工业鍋爐(低压兰开夏式)供汽,在这样的条件下,簡易蒸汽机的汽耗比其他的土汽輪机低,同时管理比較簡單,还能直接帶动机台,从目前來說是办电和代电比較

好的方法之一。

(一) 蒸汽机的构造与工作原理

蒸汽机的工作原理如下：有压力的蒸汽作用在活塞上，使活塞成直线运动，通过十字头和曲拐轴，直线运动变成圆周运动。蒸汽机系由汽缸、活塞、十字头、曲拐轴、偏心轴、错汽阀、飞轮等部分组成（见图2）。

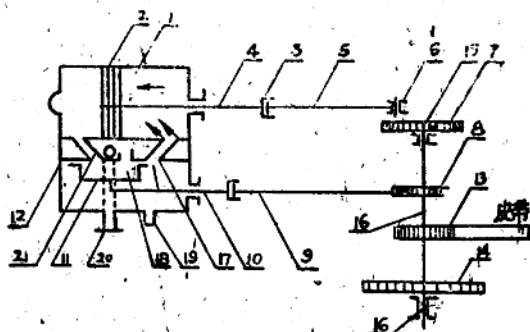


图 2

1. 汽缸 2. 活塞 3. 十字头 4. 活塞杆 5. 主通杆 6. 连杆销轴 7. 偏心拐盘
8. 错汽偏心轴 9. 偏心拉杆 10. 错汽拉杆 11. 错汽阀 12. 错汽箱 13. 皮带
14. 飞轮 15. 轴瓦 16. 主轴 17. 进汽口 18. 乏汽口 19. 进汽管 20. 排汽管

上图表示各部件的位置，活塞自中部向汽缸左端顶点（死点）运动，活塞与十字头系硬性连接，十字头与活塞一起作直线往复运动。而十字头与连杆作铰链连接，连杆本身又与偏心拐盘相连。活塞作直线运动，偏心拐盘作圆周运动。蒸汽机的进汽与排汽是由错汽阀来支配的。如图所示，蒸汽自错汽阀的进汽口

进入机器，錯汽閥偏向左侧，因此蒸汽由錯汽閥与汽缸右侧相連的管道进入汽缸，蒸汽推动活塞向左端运动。活塞左边的乏汽从汽缸左侧与錯汽閥連接的管子暢通地排出。在活塞越过汽缸中綫后再向左侧运动过程中，錯汽閥已由向左侧运动改为向右侧运动，遮住了右端汽缸的进汽連通管道，这时汽缸內活塞的运动完全靠着活塞受压端蒸汽的热膨胀的能作功。在活塞还没有达到左侧死点时，錯汽閥已打开右侧連管，活塞右边工作过的蒸汽可以自由地排空。如此交替地右侧进汽，左侧排汽，或左侧进汽，右侧排汽，蒸汽机正常进行工作。

为了防止汽缸与活塞杆的连接处漏汽，在汽缸及錯汽閥內側裝填料，密封汽缸与錯汽閥。

飞輪的作用是使蒸汽机的主軸有均匀的角速度，因为往复式的全程行动中，各点的能量是变化的，由最小到最大，因而造成主軸运动的不平衡。加上一个相当質量的飞輪后，把活塞推动力大时的能量儲藏起来；当推动力小时，再由飞輪輸出。

图3表示蒸汽在汽缸內工作变化的情形。縱座标代表蒸汽的压力，横座标代表蒸汽的容积。蒸汽沿綫3、4、5加入。在点4的压力微低于鍋爐压力。进汽門在点5关闭（停汽点），过点5后，

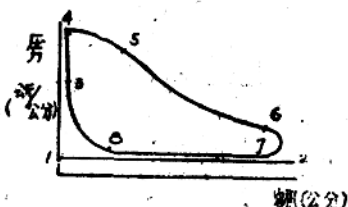


图3 示功图

蒸汽沿膨胀綫5、6由点5膨胀至点6。在点6排汽門打开（乏汽点）。由6至8为排汽，点8为排汽門关闭之处，这点称为压汽点。汽缸內剩余的一部分乏汽，开始被压缩，直到点3，新蒸汽又开始进入。点3叫进汽点。活塞的另一端有同样的动作。图3称謂示功图，可利用示功器直接画出来。

(二) 蒸汽机出力计算

从图3可以计算出平均压力 P ：

$$P = \frac{P_1}{r} (1 + \log_e r) - P_2$$

式中： P_1 ——进汽压力（公斤/平方公分）；

r ——膨胀率（ $= \frac{V_2}{V_1}$ ）

P_2 ——排汽压力（公斤/平方公分）；

V_1, V_2 ——进汽与排汽时汽缸的容积（立方公分）。

确定蒸汽机的转速、行程、平均压力和活塞直径后，利用下列公式可计算出蒸汽机的出力：

$$\text{蒸汽机出力} = \frac{2 \times N \times L \times \frac{\pi D^2}{4} \times P}{75 \times 60} \text{ 馬力}$$

式中： N ——蒸汽机转速（转/分）；

L ——活塞行程（公尺）；

D ——活塞直径（公分）；

P ——平均压力（公斤/平方公分）。

活塞的直径和行程可自行确定。转速通常以活塞线速度来考虑。单缸蒸汽机的活塞线速度为2~3公尺/秒，因此：

$$N = \frac{60V}{2L} = \frac{30V}{L}$$

式中： V ——活塞线速度（公尺）；

L ——活塞行程（公尺）。

(三) 主要机件计算与数据

1. 汽缸体 汽缸体为蒸汽机的主要机件，承受蒸汽的工作

压力和温度的变化。其構造分汽缸（图4）、前缸盖与后缸盖三部分（见图4），均为鑄铁鑄成，并且要求无砂眼与其他缺陷。汽缸壁厚度通常根据經驗公式来計算，同时考虑到磨損与汽缸条件，可以采用下列公式計算：

$$S = \frac{PD_B}{400} + 1$$

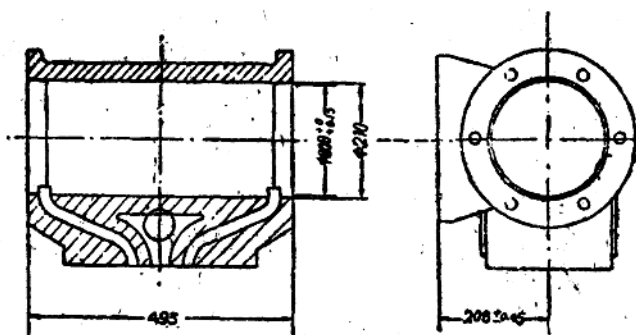


图 4

式中：S——壁厚（公分）；

D_B ——內徑（公分）；

P——操作压力（公斤/平方公分）。

同时还可以以承受內部压力的压力容器驗算汽缸壁厚度：

$$S = \frac{PD_B}{230R_P - P} + C$$

式中： R_P ——容許受拉应力；

C——附加壁厚度。

根据以上二公式計算，采用較大数值作为汽缸壁的厚度。

2. 活塞 活塞的功用是承受蒸汽汽压并且把汽缸密封地分

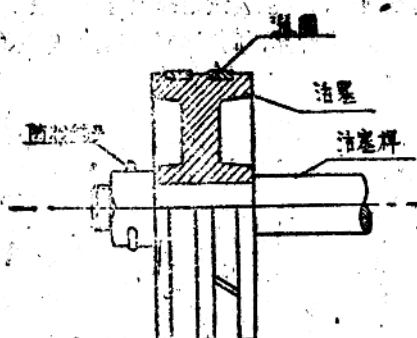


图5 活塞

为二部分。活塞的受压是变化的。进行由减速到加速、再减速的重复运动。活塞用铸铁制成，围有二个涨圈（见图5），涨圈也是铸铁的，涨圈上有斜开口，一般二个涨圈可以达到密封度的要求。

活塞宽度的推荐

数据如下：

汽缸直径（公厘）	活塞宽度（公厘）
190	80
225	85
250	90
275	100
300	110

3. 涨圈 加工涨圈时，要先车一比加工后所需直径D稍大的圆环，其直径等于 $D + \frac{a}{z} + z$ （a—斜口宽度=0.08D）见图6。再把此圆环切成45°斜口，然后夹在胎具上加工，严格要求涨圈的外径为D。用上述方法加工的涨圈具有弹性。

4. 活塞杆 活塞杆系钢制，与活塞相连的一端铸成锥形，顶端有螺栓扣、螺帽。与活塞装配好后，在螺帽侧边打孔，插入防松销子，防止蒸汽机运转过久时螺帽松动。活塞杆的另一端与十字头连接。

、活塞杆直径为 $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{7} D$ ，设计
活塞杆直径可在此范围内选择。

5. 连杆 连杆为连接十字头与偏心拐盘的部件，它传递活塞上受力 P 的分力 S 。由于偏心拐盘的位置时刻在变更，因此力 S 亦随之变化。当 $\alpha = 90^\circ$ 时， β 角最大，亦即活塞受力 P 的分力 S 为最大（见图7）。

卧式蒸汽机的连杆长 l ，一般为行程的2~3倍，其强度计算公式为：

$$P \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times F = \frac{\pi^2 \times E \times l}{l^3}$$

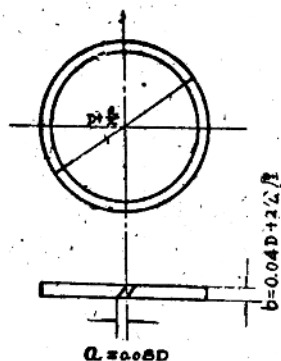


图 6 活塞胀圈

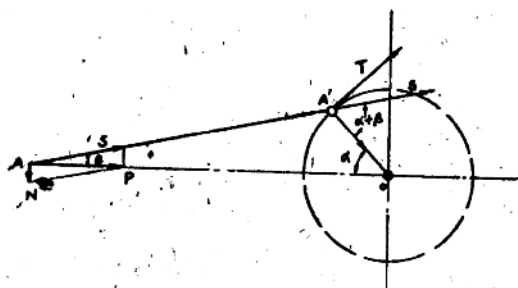


图 7 活塞与连杆所受力的关系

式中：P—操作压力（公斤/平方公分）；

D——汽缸直径（公分）；

F——安全系数（平均1公尺/秒者30，2公尺/秒者20）；

E——材料的弹性模数（普通钢为 2×10^6 公斤/平方公分）；

l——連杆长度 (公分)；

I——慣性力矩 (公分⁴) (圓截面 $I = \frac{\pi}{64} d^4$ ；矩形截

$$面 I = \frac{hb^3}{12})。$$

6. 飛輪 飛輪的作用是調整往復運動的活塞在行程中各點不同能量變化所造成的不均勻速度。

主軸的平均速度為偏心拐盤的最高及最低速度的平均值。

$$\bar{V} = \frac{V_{最高} + V_{最低}}{2}$$

則飛輪轉速的不均度為：

$$C = \frac{V_{最高} - V_{最低}}{\bar{V}}$$

不均度大小是根據工作機械而異的：

$$紡織機 C = \frac{1}{60} \sim \frac{1}{100}$$

$$直流發電機 C = \frac{1}{100} \sim \frac{1}{150}$$

$$交流發電機 C = \frac{1}{250} \sim \frac{1}{300}$$

假設飛輪緣重為 $\bar{W}$ 公斤，則飛輪在速度變化時儲藏的能量為：

$$\Delta E = \frac{\bar{W}}{2g} (V_1^2 - V_2^2) = \frac{\bar{W}}{g} \bar{V}^2 \times C \text{ (公斤/公尺)}。$$

設：D——飛輪直徑 (公尺)；

N——轉速 (轉/分)；

E——每轉所作的功 (公斤/公尺)。

$$\left(E = \frac{HP_{指示} \times 75 \times 60}{N} \right)$$

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{60}$$

因此:

$$\Delta E = \frac{W}{g} \left(\frac{\pi DN}{60} \right)^2 C$$

$$W = \frac{\Delta E}{C} \times \left(\frac{60}{\pi DN} \right)^2$$

$$= \frac{K}{C} \times E \times \left(\frac{60}{\pi DN} \right)^2 = 3570 \frac{K}{C} \frac{E}{D^2 N^2} \text{ (公斤)}$$

式中: k —修正系数 (单缸蒸汽机为0.12~0.16)。

(四) 主要机件的制造

1. 汽缸 汽缸体为铸铁铸成, 由于汽缸系承受蒸汽压力及温度变化的压力容器, 因此铸体的质量要求无砂眼与其他缺陷。由翻砂铸出坯型后, 清除汽路的芯砂, 本应在龙门刨床上加工底平面, 和利用镗床加工汽缸的内部。而沈阳麻袋厂没有这些设备, 在划好线后, 就将汽缸卡在旧式皮带车床上加工。加工时, 先卡汽缸前端, 一次将汽缸后端面与内孔加工好, 这样容易正确地掌握后端面与内孔的垂直性, 以便装入活塞连杆时, 能够准确地运动。在调转后端加工前端面时, 前端面也应力求与内孔垂直。车床加工后, 可用土磨床电钻上加装一个砂布轮将加工的刀锋琢磨平。

2. 活塞与涨圈 活塞为铸铁制, 为了便于铸造施工, 可根据设计图纸铸成一整块柱状物。活塞可用普通车床加工, 不过外圆与装置活塞连杆的内孔必须保证其同心度, 若有偏移, 将造成涨圈接触不均, 影响效率。加工时, 应将一个端面的内孔及外圆一次车削好, 调转后仅车削剩下的一个端面, 这样才可确保同心性。

漲圈與汽缸的緊密程度好壞影響到蒸汽機效率的高低。漲圈要有耐磨性，又要有一定的彈性。沈陽麻袋廠在鑄毛坯時就有意識的將加工余量放大十多倍，其目的是使毛坯內孔尺寸縮小，減弱產生向心鑄造應力的傾向。

由於該廠沒有磨床設備，也用車床加工。漲圈的邊緣要做成圓滑的，以便行動時不致磨損汽缸；同時漲圈又必須自由地嵌入活塞的溝槽中，不得有隙縫。但在加工時應考慮到熱膨脹後應有的間隙，以防在熱狀態下發生阻塞現象。

3. 主連桿與連桿銷軸瓦 主連桿用整塊材料鍛造，右端的

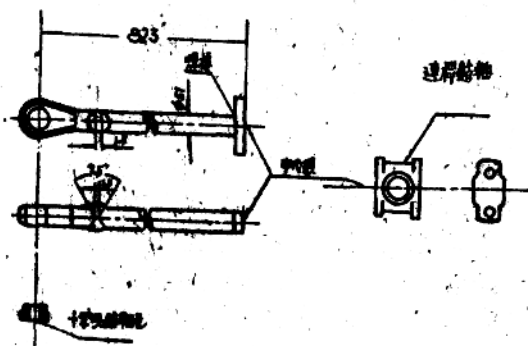


圖 8

鐵板可以焊接，在鍛造困難時，左端也可焊接，但須留出焊接縫。所有鑲入軸瓦襯的內孔都須在焊接好後再加工，以防焊後變形。加工方法系將主連桿卡于刀架上，刀杆裝在車床卡盤上進行加工。

連桿銷軸瓦與十字頭銷軸瓦都用軸承銅鑄成，連桿銷軸瓦的中心與主連桿的中心必須一致（見圖8），以保證運轉中的一致性。為了保證十字頭銷軸瓦與主連桿結合牢固，採取重打入的配

合座,在打入后,
再加工十字头销
轴瓦的内孔。

(五) 錯汽 閥的調整

正确地調整
錯汽閥是保証蒸
汽机正常工作的
重要环节,由于
裝在主軸上的偏
心拐盘和錯汽偏
心盘夹着一个角
度,而这个角度
的大小影响到錯
汽閥的調整工
作。根据沈陽麻
袋厂的經驗,两
偏心夹角在 110°
~ 112° 较为恰
当。

拐盘偏心距
水平綫尚有 4° 未
达死点,錯汽閥
正向左移动,閥
脚端面与进汽口
边缘在一条綫

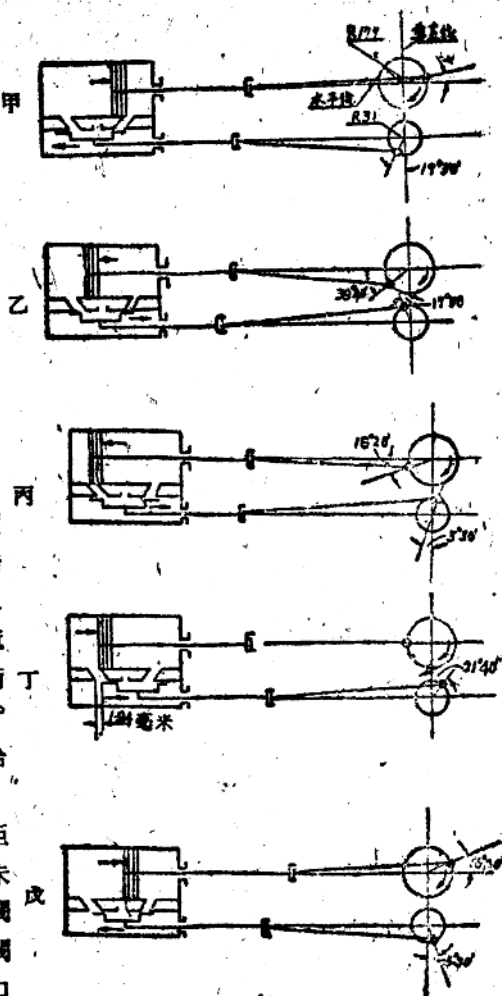


图 9

上。拐盘偏心再略向前回轉，右端就开始进汽，这时拐盘距水平綫的角度，叫做前进角，或称为提前进汽角。扩大这个角度，就增加提前进汽的时间；反之，則縮短提前进汽的时间。

图9 甲为右端即将开始进汽的情况，但活塞仍向右端滑动。

图9 乙为向左移动而汽閥向右移动时的情形。閥脚的端面又是正和进汽口边沿在一直綫上，这时右端已停止进汽（拐盘距水平成 $39^{\circ}40'$ ）。活塞未完成的行程将依靠蒸汽的膨胀和飞輪等的情力繼續前进。

图9 丙为閥脚的內余面边沿和汽路边沿在一条直綫上，如果略再旋轉，右端即开始放汽。这时拐盘与水平成 $16^{\circ}20'$ 的角度，活塞由这点起到左端的行程即为死点。活塞前进的速度必将降低，这时将依靠飞輪的情力繼續前进。錯汽偏心盘与垂直綫所成的角度叫提前排汽角（图上为 $5^{\circ}30'$ ）。

图9 丁为拐盘的位置正在水平綫上。活塞以后将向右移动，这时錯汽閥的閥脚离开了汽路口的边沿，已经开始进汽。經計算，其宽度为1.94公厘，这一宽度叫做导程。与图9 甲一样，减少錯汽偏心盘与垂綫的夹角（图上为 $21^{\circ}40'$ ），就是縮短导程；反之則是扩大导程。

图9 戊为閥脚的內余面和汽路的边沿又在一直綫上。右端停止了排汽，这时拐盘与水平綫的夹角是 $16^{\circ}20'$ ，汽缸右端沒有排出的剩余乏汽，将受到压缩。

从图9 甲~戊，我們可以算出，活塞在全部行程中，进汽角度为 $144^{\circ}20'$ ，排汽角度为 169° 。活塞在全部行程中，即拐盘的半周旋轉中，有 $144^{\circ}20'$ 依靠汽路的进汽，扣除提前 4° 进汽角尚余 $140^{\circ}20'$ ， $23^{\circ}20'$ 依靠汽体膨胀， $16^{\circ}20'$ 依靠情性和飞輪的帮助，共計 180° 。

調整錯汽閥的位置时，就是根据上述的道理。如果要求蒸

汽机正轉，將拐盘轉回轉到距汽缸較近的水平綫上，即圖9丁的位置。錯汽偏心盘的鍵孔對到偏垂直綫外 20° 左右的角度，將鍵輕打進少許。再使錯汽閥左端外余面的閥腳，離開汽路邊沿1~2公厘。轉動拐盘到離汽缸較遠的水平綫上。察看汽閥右端閥腳的外余面，離開汽路邊沿的距離。如果較左端窄，則應調節錯汽閥螺帽，使偏心拐盘在兩個水平綫上。汽口邊沿與閥腳的寬度相等，同時提前進汽口介於1~2公厘即為合格。如果兩端開口都大於2公厘，則說明兩偏心盘夾角太大，提前進汽太早，則應將鍵打下，縮小夾角，按上述方法再行試驗。如果小於1公厘，則說明兩偏心盘夾角太小，應放大夾角，再試驗。汽路和錯汽閥都是鑄件，尺寸一般不太精確，因而調整時要耐心。

如果要求反轉時，將拐盘偏心轉至距汽缸較遠的水平綫上，錯汽偏心盘鍵孔的中心要在離垂綫向里（即向汽缸）的 20° 左右，錯汽閥右端的外余面對在離汽缸右端進汽口邊沿的1~2公厘處，按上述方法進行調整。

（六）沈陽麻袋廠簡易蒸汽机的效果

沈陽麻袋廠的簡易蒸汽机帶動三根集傳動軸，原來這三根集傳動軸由二台10馬力和一台3馬力的電動機分別傳動。安裝了該廠自制的土蒸汽机後，除帶動原來由三台電動機所帶動的機台外，還增加了二台整經機。估計這台簡易蒸汽机的出力為30馬力左右，如果把進汽壓力從2.5~2.8公斤/平方公分提高到4公斤/平方公分，出力還可提高。

二、立式蒸汽机

立式蒸汽机與臥式蒸汽机的主要區別是汽缸的位置不同。

立式蒸汽机的汽缸位置系垂直的；而卧式蒸汽机的汽缸位置是水平的。不过立式蒸汽机的占地面积较小，其作用和主要部件与卧式蒸汽机相同，故不再介绍。