

全民办电叢書之五

土蒸汽机的設計 制造与使用

北京化工研究院沈陽分院机动科著

水利电力出版社

PDG

內 容 提 要

这本小册子是大連全民办电現場會議的一个資料。
本書第一部分簡述了沈陽化工研究院破除迷信，开展土
法办电的情况；第二部分着重介紹土蒸汽机的設計与制
造方法，通俗地敘述了土蒸汽机的制造工艺和性能效
果，还告訴讀者在使用和运行中应注意的事項。

土蒸汽机的設計制造与使用 北京化工研究院沈陽分院机动科著

*

1269R259

水利电力出版社出版（北京西郊科學館二號樓）

北京市書刊出版登記證出字第105号

水利电力出版社印刷厂印刷 新华書店發行

787×1092 $1/32$ 开本 * 1 印張 * 23 千字

1958 年 11 月大連第一版

1959 年 2 月北京第 2 次印刷（5,001—10,020 册）

統一書号：15143·1046 定价（第 8 类）0.12 元

目 录

第一部分 破除迷信，敢想敢干，土法办电·····	1
第二部分 土蒸汽机的设计与制造·····	4
一、蒸汽机的构造与工作原理·····	4
二、设计说明与依据·····	8
三、制造工艺·····	20
四、性能与效果·····	27
五、蒸汽机的使用与运转中的注意事项·····	28
六、改进意见与存在的问题·····	30

第一部分 破除迷信、~~（翻砂鑄件）~~辦電

自從電力供應不足以來，我廠~~（翻砂鑄件）~~大力開展辦電節電以外，並對我們科提出了具體要求：要我們科擔負全院的辦電主力，並且要按着多快好省的原則來辦電。根據黨委決定，我們召開了全體職工大會，傳達了黨委的指示，反覆的講清了辦電的重要意義及辦電的方向。我們發電設備雖有一些電動機（用電動機發電），但沒有原動機，因此必須製造原動機，到會的同志都一致表示決心千方百計來完成這一光榮任務，馬上就改裝一台殘舊的二氧化碳輸送泵，同時派人到外單位去參觀，學習辦電經驗，結果我們認為製造蒸汽機較為合適，因為它用汽較少，於是在九月末開始設計40馬力蒸汽機，設計時間將近兩週，同時並與兄弟廠互相協作，計劃10月25日前將10台40馬力蒸汽機全部鑄件交給我們，但由於有些客觀困難未能按時交出加工鑄件，而影響我們工作的按時完成。在此同時，黨委召開了幹部會議，傳達了市委要求必須在10月份完成50%的發電量及辦電高產週的決定。我們根據市委這個決定，研究了10月份完不成辦電任務的原因：主要是蒸汽機本身絕大部份是鑄件。鑄件加工工序要求的時間較長，請外單位加工也有困難，在這種情況下，我們根據小土群的方針，破除迷信、敢想敢幹、依靠群眾來解決辦電問題。在這種思想指導下，我們召開了老工人座談會，將市委關於辦電的要求及高產週的決定結合我科10月份完不成辦電任務的情況，進一步作了動員，在會上大家進行了熱烈的討論，大家認為原定10月份所要製造的40馬力蒸汽機有點太洋，必須搞鑄件少，而容易加工的土蒸汽機，才能爭取時間，經過研究，一致認為一定要在最

短時間內以沖床和刨床製100馬力土蒸汽機。方案確定後，施工設計立即開始，經過苦戰了一週，終於製成成本大約在600多元（材料費）的100馬力土蒸汽機，這種土蒸汽機製造時間快，質量合乎要求，成本低，解決了大型機件加工困難。100馬力蒸汽機所以能够很快的製造成功，主要是按着以下原則進行的：

一 政治掛帥，領導親自動手

當確定製造100馬力蒸汽機後，對所有參加這項工作的同志進行了思想動員，提出苦戰加苦戰的戰鬥口號，因此參加這項工作的同志都感到完成這項任務是光榮的，經過一個時期的日夜苦幹，不但完成了10月份辦電任務，同時也感到對社會主義建設有着一定的好處，當時大家提出完不成任務不回家的口號，不分晝夜的苦幹，困了就睡一會，醒了就幹，堅決完成這項發電的光榮任務。

二 依靠群眾發動群眾

當我們確定製造100馬力蒸汽機的同時，廣泛的徵求了一些老工人的意見，並且發動他們邊施工邊設計，提出大家共同出主意來加快這台蒸汽機製造的進度。這樣，科內的技職人員，領導幹部都和工人同志一起連夜投入戰鬥，例如有的車鉗工兩天兩夜不休息，有的最多三天三夜不休息，尤其是老工人韓有昌同志，一直幹了三天三夜，由於夜間抬汽缸被摔倒，將腿碰傷，醫生確定他休息五天，但他一天也不休息，仍然繼續工作；當車間領導上叫他回家休息時，他說，解放軍戰鬥輕傷不下火綫，我這點小傷算啥，完不成任務就不回家。一直安裝好蒸汽機運轉後才回家休息一下，但馬上又回來參加檢修其他

蒸汽機。

三 貫徹勞技結合是加快完成這項任務的主要原因之一

任務確定後，我們採取勞技結合邊施工邊設計的方法，工程技術人員深入到現場和工人一起勞動，用嘴設計。工人有時到辦公室找技術人員共同研究查閱資料。這樣一來，不僅大大加快了完成速度，同時對工程技術人員也有一些實際教育。如新來我科的技術人員說，關於錯汽的問題，我翻了很長時間的書沒有解決，但韓師傅幾句話就解決了問題。土蒸汽機製造成功，不僅在發電方面有經濟意義，而且對我們更有它很大的政治思想教育意義，也就是：

(1) 土蒸汽機的成功進一步的破除了迷信，解放了思想。由於土蒸汽機的製造成功，加強了用電全部自給的信心，大家認為土的同樣解決問題。如在土蒸汽機製造成功時，有的同志說：根據這次製造蒸汽機的情況，我們也可以製造火車頭。

(2) 找到了適合我們單位發電的方向，這種土蒸汽機，是完全適合我們這種有着小型機床的修理部門，從而克服了大型機件加工，同時也由於不用鑄件而解決了時間問題。

土蒸汽機所以能够製成，這主要是由於黨的正確領導，全體職工同志們積極苦戰，和有關部門的支援，而得到的成果。今後我們還要繼續努力，在現有的基礎上，進一步的加以改進。按着目前我們摸索的方向，準備繼續製造一台較大的 200 馬力土蒸汽機，爭取在較短時間內解決我們用電自給問題。

第二部份 土蒸汽機的設計與製造

一、蒸汽機的構造與工作原理

蒸汽機是最早被用作原動機的機器。它是使具有一定壓力的蒸汽，作用在活塞上，使活塞受力位移而作功，它是把蒸汽勢能變為機械能，也是把熱能變為機械功的機器。它不同於汽輪機，汽輪機是一個因為蒸汽膨脹，把動能變為機械能的機器。

蒸汽機因結構的關係轉速不能太高。當工作機械需要高速時，如用蒸汽機帶動電動機發電，那就得用皮帶輪變速數次來達到。蒸汽機主軸角速度多少有點變化，因而工作是不平穩的。但以小馬力原動機來比較，無凝汽設備時，同樣的出力，汽輪機的耗汽量比蒸汽機大。蒸汽機尚有設備較為簡單、製造容易、啓動和變速方便，工作可靠等特點。

蒸汽機的動作原理是：有壓力的蒸汽作用在活塞上，使活塞直線運動，通過十字頭和曲拐軸，直線運動變成圓周運動，蒸汽機係由汽缸、活塞、十字頭、曲軸、偏心軸、滑閥、飛輪等部份組成，見圖 1。

圖示各部件位置，即活塞將自汽缸左端頂點（也稱死點），向右端運動，活塞與十字頭硬性聯接，十字頭與活塞一起往復地作直線運動。而十字頭與連桿作絞鏈聯接，連桿本身又與曲拐軸相聯。活塞作直線運動，曲拐軸作圓周運動，以曲軸為機器主軸，則機器可帶動各種機械。蒸汽機的進氣與排汽是由滑閥來支配的，圖示位置，蒸汽自滑閥體中間進入機器，滑閥偏向左側，因此蒸汽由滑閥體與汽缸左側相聯的管子進入汽缸，蒸汽推動活塞向右端運動。活塞右邊的乏汽從汽缸右側與滑閥體聯接的管子暢通地排出。在活塞向右侧運動過程中滑閥運動

方向已經由向左侧運動改爲向右侧運動，遮住了聯通的管道，這時汽缸內活塞的運動完全靠着活塞受壓端蒸汽的熱膨脹的能作功。在活塞沒有達到右死點時，滑閥已打開左侧聯管，活塞左邊工作過的蒸汽可以自由地排空。如此交替地左侧進氣，右侧排汽，或右侧進汽，左侧排汽，蒸汽機正常地進行工作。

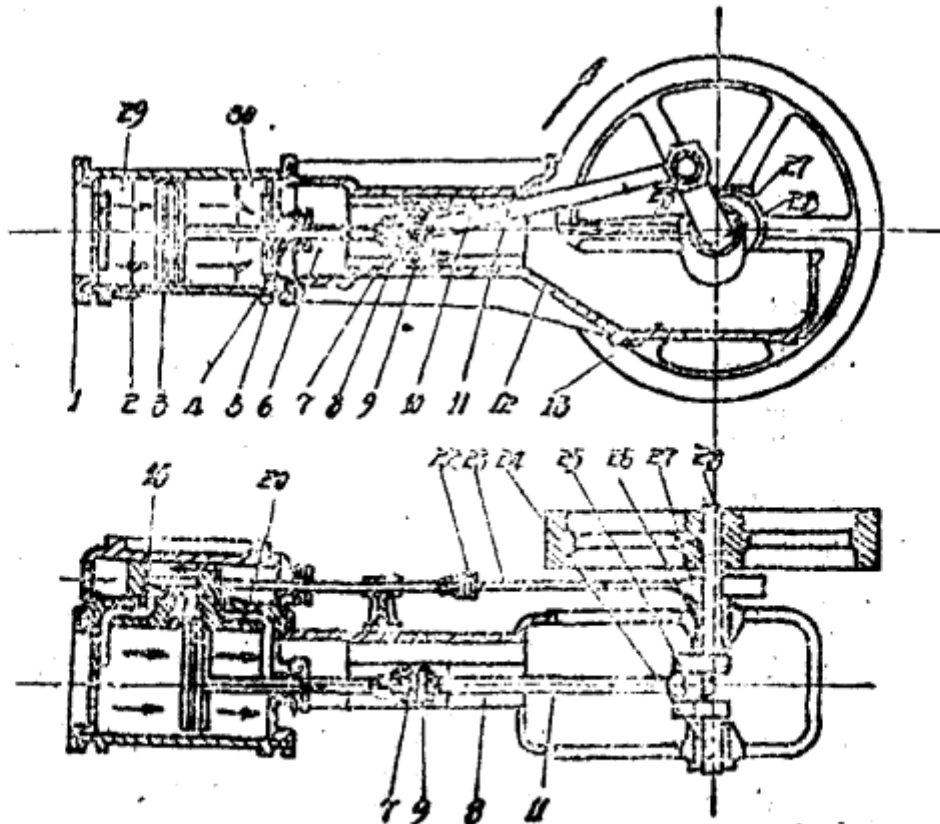


圖 1 臥式單汽缸蒸汽機，滑閥式配汽

1—後汽缸蓋；2—汽缸；3—活塞；4—前汽缸蓋；5—填料函；6—活塞桿；7—十字頭；8—下滑座；9—十字頭銷；10—上滑座；11—連桿；12—機身；13—飛輪；14—進汽口；15—滑閥室；16—汽路；17—活塞環；18—排汽汽路；19—滑閥；20—汽路；21—滑閥桿；22—滑閥桿與偏心桿的鉸鏈聯接；23—偏心桿；24—主軸承；25—曲柄銷軸頭；26—主軸承；27—偏心環；28—偏心輪；29—活塞左死點；30—活塞右死點。

爲了防止汽缸與活塞桿聯接地方漏蒸汽，在汽缸及滑閥內側裝填函，密封汽缸與滑閥。

飛輪的功用，是因為在活塞全程行動中，各點的能量是變化着的，由最小到最大，造成主軸運動不平衡，如果加一個具有相當質量的飛輪，那麼在活塞推動力大時，飛輪儲藏能量，在推動力小時，飛輪給出能量，使得主軸角速度均勻。

十字頭是在導軌中運動的，導軌務必準直，嚴格地要求十字頭作直綫運動。

主軸架在軸承上。

主軸承座，缸體，導軌裝在同一個機座上。汽缸、十字頭、曲拐軸等活動部份都應該經常保持潤滑。

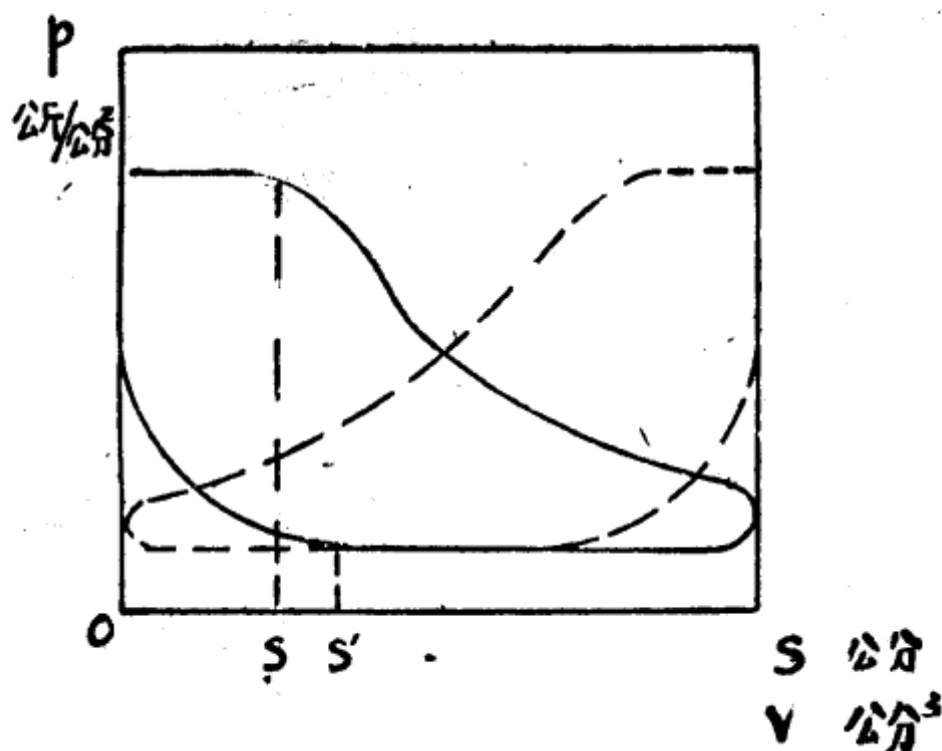
現將幾個主要問題敘述一下：

1. 蒸汽機的出力：

蒸汽機主軸旋轉一周，活塞往返一次，活塞每一單程為曲拐軸柄長的兩倍，往返一次為曲拐軸柄長的四倍。

活塞受壓如前所述，並非始終承受進汽的最大壓力，而是變化的，它的變化如圖 2 所示，在死點時活塞承受進汽的最大壓力。活塞運動至 S 時，滑閥閉住聯接管口，因而停止進汽。從這個時候開始，蒸汽以絕熱膨脹推動活塞運動，一直到活塞達另一死點為止。活塞返程時，活塞背側乏汽壓力與排汽口壓力一樣，在活塞到達 S 時，滑閥閉塞汽口，活塞繼續向死點活動，空間縮小，乏汽壓力增高，更因為活塞達死點前，滑閥打開汽口，新蒸汽送入，壓力再度上升、這個以壓力和活塞行程（或活塞受壓側的容積）作的封閉曲綫可以計算蒸汽機的出力。上述為活塞一側的情形，活塞另一側的情況如虛綫所示。

把曲綫橫座標等分成 n 份，截取封閉曲綫內 n 個縱座標（即活塞二測壓力差），以此 n 個 P 值平均之得到平均壓力 P_m 。



$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_{n-1} + P_n}{n}$$

知道了蒸汽機轉速、行程、平均壓力和活塞直徑，就可以計算蒸汽機的出力了。

$$\text{蒸汽機出力} = \frac{2 \times N \times L \times \frac{\pi D^2}{4} P_m}{75 \times 60} \text{ 馬力}$$

式中 N ——蒸汽機轉速 轉數/分
 L ——活塞行程 公尺
 D ——活塞直徑 公分
 P_m ——平均壓力 公斤/公分²

示功圖可用示功器測，如設計之初或無示功器時，可估計一個 P_m 值，它應小於進汽的壓力。

活塞直徑、活塞行程可自行確定，轉速通常以活塞綫速度來考慮，單缸蒸汽機的活塞綫速度 V 爲 2~3 公尺/秒，因此

$$N = \frac{60V}{2L} = \frac{30V}{L} \text{ 轉/分}$$

2. 蒸汽機的配汽：

配汽是保證蒸汽機正常工作的主要部份，以內進汽配汽裝置爲例，見圖[3]。

從圖 3 可以看到，滑閥在中間位置時，滑閥偏汽口兩邊的長度是不等的，內進汽的配汽，偏距 i 大於 e ，外進汽配汽，則 e 大於 i 。

圖中 θ 爲導前角，它是這樣求得的，以曲拐軸柄長爲半徑作圓，以偏心距爲半徑作同心圓如圖所示活塞位於左死點時，曲拐軸是在水平位置，那個時候，滑閥應當在這樣的地位，活塞右邊早該與排汽口通，而左邊已經與進汽口聯通，因此右側汽口應該比左側汽口開得大一些，這個距離以圖 3 中 B 所示的中心位置爲基準，偏左或偏右多少，知道這個距離後，在圖中相應側邊截綫段 OA ，在 A 點作 OA 的垂綫交小圓爲 E ，聯 OE ，則與 OD 交成一角，此角即爲導前角。蒸汽機在確定了偏心距後，用上法求得導前角，就可以把偏心輪固定在主軸上。

二、設計說明與依據

我們設計這台土蒸汽機是根據先了解現有的材料與可利用的部件，再考慮了工藝條件來進行設計的，如此可防止施工中停工待料與工序不銜接等情況發生，爲了更好的爭取時間，又採取了邊設計邊施工方法，打破了設計製圖預算備料施工等一系列的工作所佔用的時間，實際也證實了在一般較小的設備設

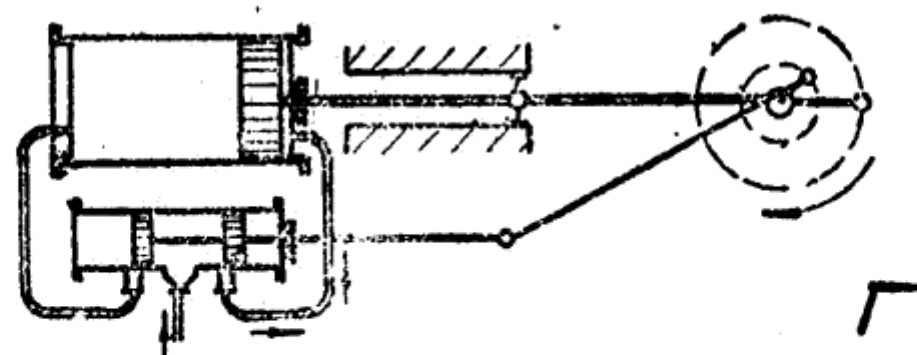
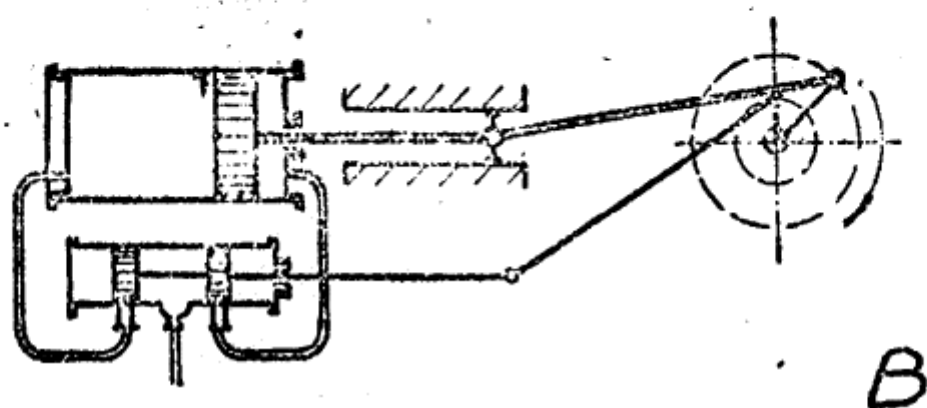
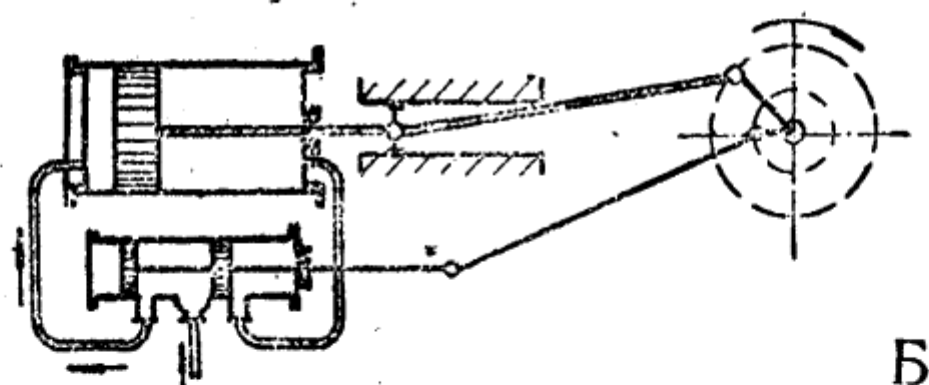
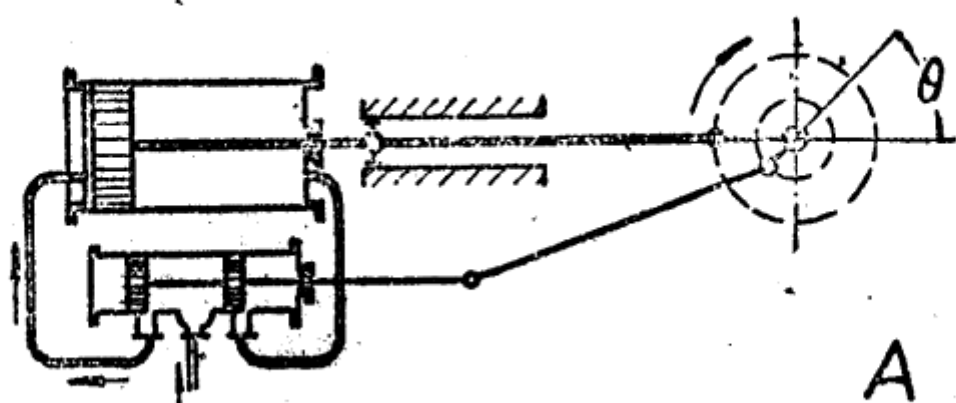


圖 3 蒸汽機進汽配汽裝置

計制度上完全可以這樣做的，可以節約大量的時間，同時設計工作也會與實施連接起來。總之我們認為這是符合多快好省的。

土蒸汽機的出力是確定為 100 馬力，供運轉的蒸汽為 10 公斤/公分² 的過熱蒸汽，型式採用單缸臥式，用滑閥配汽機構，無調速裝置，以人工控制運轉速度，效能預計達到 П25 型 100 馬力移動式鍋駝機的蒸汽機部份相同的效果。

簡化蒸汽機設計構件的基本條件是從施工工序上着手，總結了 П25 型蒸汽機與其他類型的蒸汽機的設計，我們認為首先是鑄件結構複雜，體積也多較大，因之在模型製造、鑄件施工、機床加工上帶來很大的工作，大的機件也就需要大型機床來加工，在整體結構加工上也是不適於由一小型機械廠或各廠的機修車間來製造的，因之我們認為，在執行小土群的方針上存在着很多的問題，怎樣來克服以上的問題？首先減少了鑄造部件複雜程度與數量，變大部件為單一作用的小部件相安裝構成一個整體，一般較大而結構簡單的部件可用鋼板或型鋼焊接製成，一般製造工藝複雜的部件，可採用標準件，不必再進行製造，這樣就可簡化蒸汽機，便於用簡單工藝條件進行施工。

設計的技術規範：

主軸（曲軸）轉速	210 轉/分
汽缸直徑	247.5 公厘
行程	340 公厘
容量	100 馬力
使用蒸汽壓力	10 公斤/公分 ²
飛輪直徑	1.4 公尺

蒸汽機之主要部件，可分為汽缸體、活塞、活塞桿、連桿、曲軸、軸承，飛輪、機座、滑閥缸體、滑閥活塞、滑閥活

塞桿、滑閥連桿、偏心輪等部件，今根據詳情分述如下：

汽缸體：汽缸體為蒸汽機主要的部件，承受蒸汽的工作壓力和壓應力，其構造分為汽缸外體，汽缸套，前缸蓋與後缸蓋四部份，汽缸外體一般多和滑閥缸體與排汽管等鑄於一起，結構頗複雜，難於加工，為了簡化結構，將汽缸體滑閥缸體，與排汽管道分開，這樣汽缸體就可用一段鋼管或用鐵板圈成一段圓管，管兩端焊上兩個法蘭盤，備安裝前後缸蓋之用，缸體下焊出缸座備與機座相裝，汽缸套為汽缸的工作部份，為鑄鐵鑄成，要求無砂眼與其他缺陷，經加工後壓於汽缸體內，要求嵌合嚴密，其鑄鐵規格要求較高，其汽缸壁厚通常根據經驗公式來計算，不根據強度計算壁厚，因為要考慮磨損與銹缸條件，所以一般鑄件汽缸壁厚的計算採用如下公式：

$$S = \frac{P \cdot D_R}{400} + 1$$

S ——壁厚 公分
 D_R ——內徑 公分
 P ——操作壓力 公斤/公分²

代入公式

$$S = \frac{10 \times 24.75}{400} + 1 = 1.62 \text{ 公分}$$

以承受內部壓力的柱狀筒體壁厚公式驗算：

$$S = \frac{PD_R}{230R_p - P} + C$$

P = 操作壓力 = 10 公斤/公分²

D_R = 內 徑 = 247.5 公厘

C = 附加壁厚量 = 6 公厘

R_p = 容許受拉應力

$$R_p = \frac{\sigma_s}{n_s} = \frac{21}{3} = 7 \text{ 公斤/公厘}^2$$

σ_s = 材料抗拉極限強度 = 21 公斤/公厘²

n_s = 安全係數 = 3

代入公式:

$$S = \frac{10 \times 247.5}{230 \times 7 - 10} + C = 1.88 \text{ 公分}$$

根據以上兩個公式的計算，我們採用 18.8 公厘為汽缸套厚度。

汽缸體的前後蓋採用鋼板，用雙頭螺絲固定於汽缸上，其活塞桿填函可焊接於後蓋中心處，其汽缸兩端之汽口，亦可開於前後蓋的下部用普通鋼管接於滑閥缸配氣孔，如此構成一個汽缸體。

活塞：活塞功用是承受蒸汽壓和密封地把汽缸分為二部份，活塞受壓是變化的，活塞由減速到加速，再減速的重復運動。活塞的結構種類很多，一般採用的有兩種型式。活塞的材料是鑄鐵，圍着三個漲圈，漲圈也是鑄鐵的，漲圈上有斜開口，用三個漲圈的汽密程度較好。

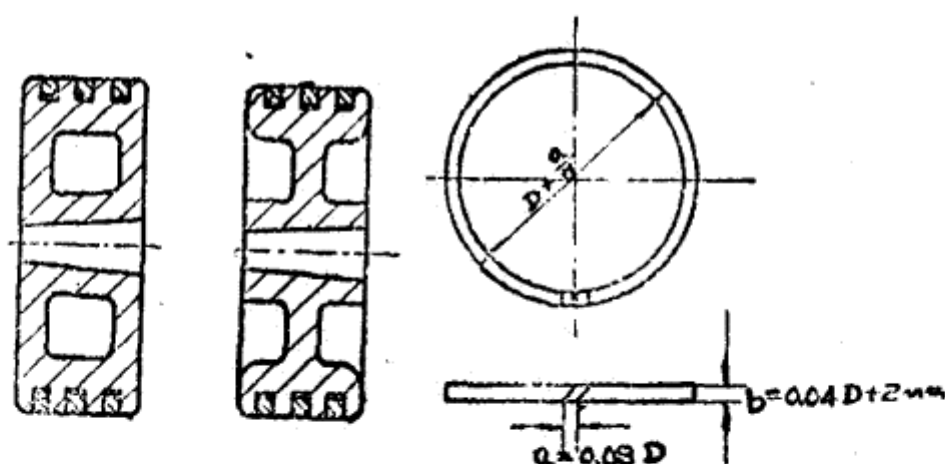
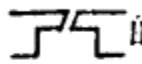
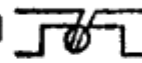
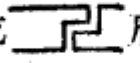


圖 4 活塞漲圈

活塞寬度尺寸的推薦尺寸：

汽缸直徑，公厘	活塞寬，公厘
190	80
225	85
250	90
275	100
300	110

漲圈的加工，先車一比加工後所要求的直徑 D 大一些的圓環，直徑為 $D + \frac{a}{\pi} + z$ 。 a 約為 $0.08D$ ，把此圓環切 45° 斜口，寬為 a ， z 是加工餘量，然後夾在胎具上加工，嚴格要求漲圈外徑為 D 。用上述方法加工的漲圈是有彈性的。

漲圈切口最好加工成  的形狀，這樣可以加一種釘，不使漲圈活動。即  或漲圈加工成  形狀，漲圈開口，以後一種型式為佳，但施工較難。

活塞桿：活塞桿材料是鋼製的，與活塞聯的一端鑲成錐形，頂端有螺紋扣，螺帽，與活塞裝配一起後，在螺帽側邊打孔，插一銷釘，防止蒸汽機運轉過久，螺帽有鬆動的可能，活塞桿的另一端與十字頭聯結。

活塞桿直徑約為 $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{7} D$ ，設計活塞直徑為 247.5 公厘，活塞桿直徑為 45 公厘。

連桿：連桿為聯接十字頭與曲軸的部件，它傳遞活塞上受力 P 的分力 S 。曲軸時刻在變更位置，因此力 S 亦隨之變化。當 α 為 90° 時， β 角最大，亦即活塞受力 P 的分力 S 為最大。

臥式蒸汽機連桿長 l 為行程的 2~3 倍。其強度計算公式為：

$$PF = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^3}$$

式中 P ——活塞最大受力 公斤

F ——安全係數

E ——鋼彈性模數，為 2×10^8 公斤/公分²

l ——連桿長 公分

I ——慣性力矩 公分⁴

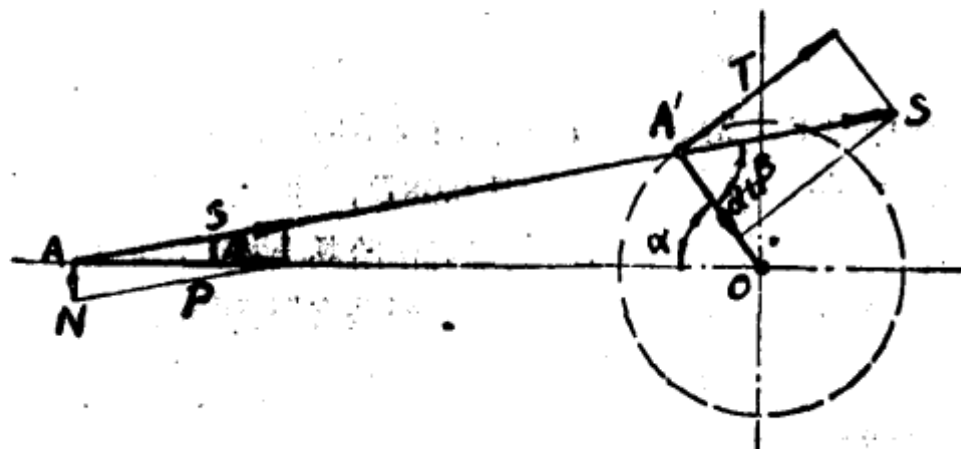
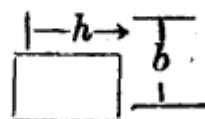
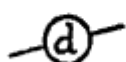


圖 5 活塞與連桿所受力的關係

圓截面慣性力矩為 $\frac{\pi}{64}d^4$ ，矩形截面慣性力矩為 $\frac{hb^3}{12}$



本設計行程為 340 公厘，桿長 727.5 公厘，即連桿長為行程的 2.1 倍。

強度計算：

$$P = 10 \times \frac{\pi \times 24.75^3}{4}$$

$$F = 30$$

(平均速 1 公尺/秒者 30，2 公尺/秒者 20)

則