

全民办电叢書之十五

空气压缩机改装 蒸汽机

大連機車車輛厂著

水利电力出版社

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。本書主要是介紹大連機車車輛厂將空气压缩机改成蒸汽机的情况。这里从設計計算上确定改裝后的尺寸、功率、以及其他有关技术規格。初步試运行結果，一般性能还是好的。这在电源不足的情况下，对于解决原动力設備問題，是有参考价值的。

空气压缩机改裝蒸汽机

大連機車車輛厂著

·*

1798R381

水利电力出版社出版（北京西郊科学館二里溝）

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 $\frac{1}{32}$ 开本 * $\frac{10}{16}$ 印張 * 13千字

1958年11月大連第一版

1959年2月北京第2次印刷（5,001—10,820册）

統一書号：15143·1409 定价（第8类）0.09元

目 录

一、响应办节电号召，將空气压缩机改裝为 蒸汽机.....	1
二、空气压缩机改裝为蒸汽机的經過.....	1
三、改裝中的一些簡單技术介紹.....	2
四、改裝后試运行情况.....	17
五、改裝后的一些体会.....	17

一、響應辦節電號召，將空氣壓

縮機改裝為蒸汽機

自從黨提出為完成 1,070 萬噸鋼而奮鬥的響亮口號以後，全國人民又一次掀起了建設高潮，作為一切動力的先行官——電力，已遠遠不能滿足這躍進形勢的需要，為了保證鋼鐵元帥的升帳，為了保證所有一切工業的躍進，必須大力開展群眾性的辦節電運動，這是當前刻不容緩的一項重大任務。

我們工廠與全國所有其它企業一樣，也開展了轟轟烈烈的群眾性的辦節電運動，提出了全廠動員，人人動手，大力辦電的號召，做到了以政治掛帥，書記、廠長親自出馬，領導辦電的實際行動，致使我廠的辦節電工作，能在較短的時間內迅速開展，初步達到了辦節電指標，完成了上級所交給的辦電任務，所有這些成績的取得，是與黨的正確領導與緊密依靠群眾，發動群眾的智慧與力量，是不可分割的，而空氣壓縮機改裝為蒸汽機，便是在辦節電工作中所取得成就之一。

二、空氣壓縮機改裝為蒸汽機的經過

自今年九月中旬，供電情況日趨緊張，市內供給我廠的用電量，又較前削減了30%，嚴重地影響了我廠的正常生產。當時經過上級的分析，我們明確到缺電問題要依靠自己來解決，必須自力更生，作好長遠打算，不能坐着等待，更不應向上伸手要，只有這樣，才能從根本上解決缺電的問題，所以我廠才開始自行辦電。但是怎樣辦電？辦那一類型的？對這些問題，還不够明確。

當時因供電緊張，暫停了兩台 250 瓩(B300—2K) 的立式空氣壓縮機，由此聯想到是否能將此種壓縮機改為蒸汽機來作動力，而節省用電呢？在這種思想支配之下，我們徵求了各方面的意見，最後認為是完全有可能的。於是我們馬上着手改裝工作，先後共用了約一周的時間，即將改裝的全部技術圖紙資料準備完畢，並發車間施工。

在改 B300—2K 型 250 瓩立式空氣壓縮機的同時，我們又發現了倉庫內存有一台 285 馬力的臥式雙缸壓縮機，也可利用改裝成為蒸汽機，故又改裝了一台單脹臥式蒸汽機。截至目前為止，我們廠共計改裝成五台蒸汽機（其中 3 台仍舊用來直接帶動打風，兩台用作發電），成為我廠發電設備的主要力量。

我們所以付出全力，進行改裝壓縮機為蒸汽機的原因在於：

1. 改裝技術要求不高，手續方便，制作簡單，僅僅只需更換一個汽缸就可，其它部件全部可用原有的。
2. 由於改裝技術簡單，制造時間短，故可採用土洋結合的辦法，從而能够早日投入生產，符合當前提早發電的要求。
3. 如今後電源充足，而風力不够時，仍可恢復原狀，進行打風工作，只需更換一下缸子就行了，是一舉兩得的事情，符合勤儉辦企業的原則。

三、改裝中的一些簡單技術介紹

(1) 一般介紹：

蒸汽機分類標準較多，按汽缸工作情況來分，有全壓式和膨脹式兩類。

全壓式蒸汽機，在活塞整個工作冲程中，，都有蒸汽進入汽缸，完全依靠蒸汽的進汽壓力，來推動工作，不能充分利用蒸汽，效率較差。

膨脹式蒸汽機與上不同，只有在活塞行程開始一部份時間內，進入蒸汽，然後依靠蒸汽膨脹作用，推動活塞工作，能充分利用蒸汽，故效率較好。

按汽缸膨脹過程來分，有單次膨脹式與多次膨脹式兩類。

由於我們所改裝的 B300—2K 型立式空氣壓縮機是二次壓縮式，故有條件改為立式二次膨脹式蒸汽機，其工作過程，即是蒸汽由鍋爐來，首先進入高壓配汽閥，由高壓配汽閥進入高壓缸，使活塞進行工作，已工作過的蒸汽，就從高壓缸出來經過蒸汽管道（稱容受器），再進入低壓配汽閥，並再在低壓缸內工作，然後進排汽口，排至大氣中去。我們所改的 B300—2K 型壓縮機，其兩只汽缸位置，相差半個冲程（90°），見圖（1）所示。

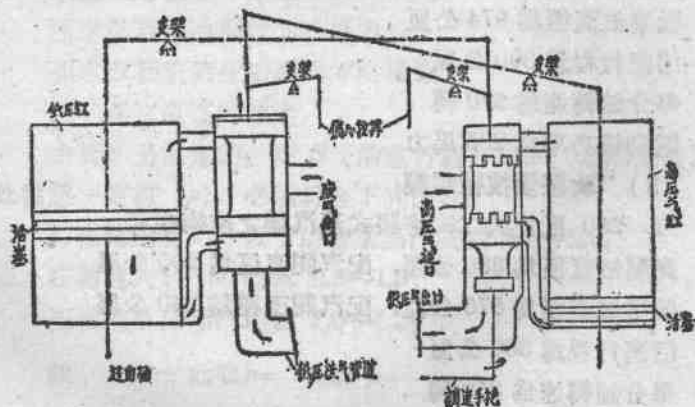


圖 1 B300—2K 改裝蒸汽機工作原理示意圖

註：有虛線所示是無偏心輪錯氣

我們改的另一台臥式雙缸壓縮機也有條件改爲雙脹式蒸汽機，但因時間倉促，急需發電，故未考慮使用經濟效果，改裝成爲單脹雙缸蒸汽機，其工作原理即是蒸汽自鍋爐來，進入錯汽閥，而後由汽閥分配蒸汽至汽缸內，使活塞工作，工作過後的蒸汽，經錯汽閥通向排汽口，排至大氣中去。兩汽缸工作情況相同，只是活塞位置相差半個冲程 (60°) 而已。

(2) 改裝前技術規範:

1. B300—2K 立式 250 瓩空氣壓縮機之技術規範:

高壓缸直徑爲 340 公厘

低壓缸直徑爲 570 公厘

活塞行程爲 300 公厘

轉速每分鐘爲 330 轉

電動機功率爲 250 瓩 (指示功率)

2. 臥式雙缸 285 馬力空氣壓縮機之技術規範:

高壓缸直徑爲 574 公厘 (利用壓縮比差進行工作)

低壓缸直徑爲 574 公厘

活塞行程爲 390 公厘

每分鐘轉速爲 270 轉

電動機功率爲 285 馬力

(3) 改裝後技術規範:

1. 250 瓩立式二次膨脹式蒸汽機之技術規範:

高壓缸直徑爲 380 公厘，配汽閥直徑爲 200 公厘

低壓缸直徑爲 570 公厘，配汽閥直徑爲 240 公厘

活塞行程爲 300 公厘

每分鐘轉速爲 350 轉

功率爲 220 瓩 (實際功率)

2. 400 馬力臥式雙缸單脹式蒸汽機技術規範:

汽缸直徑 434 公厘 配汽閥直徑為 217 公厘

活塞行程 390 公厘

每分鐘轉速 258 轉

功率 400 馬力

(4) 基本要素的決定

一般說來，蒸汽機的基本要素就是指汽缸直徑與活塞行程。

由於我們是改裝，因此活塞行程是固定的，故而只要計算汽缸直徑就可，現將我們改裝的兩種（單脹式和雙脹式）蒸汽機的簡單計算示例如下（因為 285 馬力空氣壓縮機改裝資料較完整，故對於這種敘述較詳細，而 250 瓩空壓縮改裝的蒸汽機，則除予概略介紹外，關於聯動部分，附圖以資補充）：

（一）400 馬力臥式單脹式蒸汽機之計算：

已知條件：原壓縮機之活塞行程 S 為 390 公厘

鍋爐額定壓力 P_0 為 16 大氣壓

原來壓縮機功率為 285 馬力

要求改裝後產生功率為 400 馬力

① 蒸缸直徑的確定

由於 S 是固定的，而 S （活塞行程）與 D （蒸缸直徑）之比值為一定值（ μ ），必須符合下列條件：

μ 在轉速為 160 以下的普通蒸汽機為 1.5~2.0，

在轉速大於 160 時為 0.9~1.5

正常的單流蒸汽機為 1.0~1.3；

故 如取 $\mu=0.9$ ，則 $\mu = \frac{S}{D}$ ，

$$\therefore D = \frac{S}{\mu} = \frac{390}{0.9} \approx 434 \text{ 公厘}$$

假定 D 取此值，因為選取的 ρ 值在允許範圍之內，故上述計算是允許存在的，但必須根據下式重覆驗算 D 之值

$$N_i = 1000 \times F \times P_{im} \times C / 75$$

上式 N_i 為指示馬力

下為活塞有效面積，平方公尺

P_{im} 為平均汽缸壓力，公斤/平方公分

C 為活塞平均速度，公尺/秒，

式中 P_{im} 平均汽缸壓力可根據下列經驗公式計算而得：

對於單缸冷凝式蒸汽 $P_{im} = 1.2 + 0.2P_a$

對於單缸排汽式蒸汽 $P_{im} = 1.2 + 0.25P_a$

對於兩次膨脹式蒸汽 $P_{im} = 1.2 + 0.09P_a$

對於三次膨脹式蒸汽 $P_{im} = 1.2 + 0.05P_a$

式中 P_a 為鍋爐額定壓力。

以上公式求得的 P_{im} ，對於多次膨脹式蒸汽，當應減小 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$ ，以保證安全。

$$\therefore C = \frac{2 \cdot n \cdot S}{60} = \frac{n \cdot S}{30}$$

故
$$N_i = 4.44 \times F \times P_{im} \times n \times S$$

$$F \text{ (活塞面積)} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{N_i}{4.44 \times \frac{\pi}{4} \times P_{im} \times n \times S}}$$

由於 (活塞平均速度) 可以由表 (一) 選擇，而 S 為已知

$$\therefore n = \frac{C \cdot 30}{S}$$

假選取 $C=3.3$ 則 $n = \frac{3.3 \times 30}{0.39} = 258$ 轉/分

至此可驗算 D 是否適合 $\frac{S}{\mu}$ 所求得的數值。

假如 D 值是正確的話，那麼可以根據確定的 D 來計算出功率的大小：

設 D 為 434 公厘

$$\text{則 } F = 0.98 \times \frac{\pi D^2}{4} = 1384.74 \text{ 平方公分}$$

式中 0.98 為一修正係數，考慮到活塞杆斷面影響而得。所以指示馬力可根據下式正式決定：

$$N_i = \frac{1}{75} \times P_{im} \times F \times C$$

由於 $P_{im} = 1.2 + 0.25 \times 16 \approx 5.2$

$$\therefore N_i = \frac{1}{75} \times 5.2 \times 1385 \times 3.3 \approx 366 \text{ 馬力}$$

由此知改變 D 或 C 均可提高 N_i 之值的。

$\therefore \eta = N_e / N_i$ 式中 η 為機械效率（可按表（三）選取）
 N_e 為有效馬力，

設 η 選取 0.9

$$\therefore N_e = \eta \times N_i = 0.9 \times 366 \approx 330 \text{ 馬力}$$

必須指出：求得的 D 之值與 S 之比，必須符合 μ 之範圍內，如求得的 D 與 S 之比不合 μ 之值，則應重新計算之。

② 主要零件的強度計算與尺寸的決定

1) 汽缸厚度的決定：

蒸汽機之汽缸通常鑲有汽缸套，其壁厚計算應以套壁厚為準。

$$\delta = \frac{D \times P_{\text{im}}}{360 + 10P_{\text{im}}} + 10$$

式中 δ 為套壁厚， D 為缸徑， P_{im} 為平均壓力

$$\therefore \delta = \frac{434 \times 6}{360 + 10 \times 6} + 10 \approx 7 + 10 = 17 \text{ 公厘}$$

若蒸汽機為高壓蒸汽的，則壁厚允許加 2~5 公厘

表 1 單缸蒸汽機活塞平均速度的參考數字

馬力匹數	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700
公尺/秒	1.7	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.8

表 2 二次膨脹式蒸汽機活塞平均速度的參考數字

馬力匹數	50	75	100	150	200	300	400	500	600	700	800
公尺/秒	1.8	2	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0

表 3 蒸汽機的機械效率 η 的平均數字

馬力匹數	2—20	20—50	50—100	100—200	200—500	500—1000
在用最大馬力的情況下	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92
在正常情況下	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90
在用半數馬力的情況下	0.60	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85

表 4 各種蒸汽機的熱量消耗和蒸汽消耗（就每匹指示馬力每小時而言）

種 類	熱量消耗（大卡）	蒸汽消耗量（公斤）
單缸排汽式蒸汽機	4,700到5,100（大卡）	6.5到7.0（公斤）
單缸冷凝式蒸汽機	3,800到4,000	5.2到5.5
順流式蒸汽機	3,200到3,500	4.4到4.8
二次膨脹排汽式蒸汽機	4,400到4,700	6.0到6.5
二次膨脹冷凝式蒸汽機	3,000到3,200	4.2到4.4

無缸套的汽缸壁厚 $\delta_a = (1.1 \sim 1.15) \delta + (3 \sim 5)$ 公厘

$$\delta_a = 1.15 \times 20 + 5 \approx 30 \text{ 公厘}$$

其它均以套壁厚為基準計算出來：

汽缸法蘭厚度 $\delta_{fr} = 1.3 \sim 1.4 \delta$

固定在機架上的螺栓直徑 $\delta_r = 1.5 \sim 1.8 \delta$

汽道壁厚 $\delta_a = 0.9 \delta$

汽缸套與汽缸壁之間間隙 $\Delta = 15 \sim 20$

Δ 之值係根據經驗數據而定。

2) 活塞高度之決定

$$h_n = Z h + (Z - 1) h + 2 h_1$$

上式

h_n 為活塞總高度

Z 為漲圈數

h 為漲圈的高度

h_1 為相隣環槽高度

h_2 為兩外側凸部高度

活塞上的漲圈數（即環數）一般根據蒸汽壓力和汽缸直徑

確定，通常漲圈數為2~6根，選取 Z 為3根。

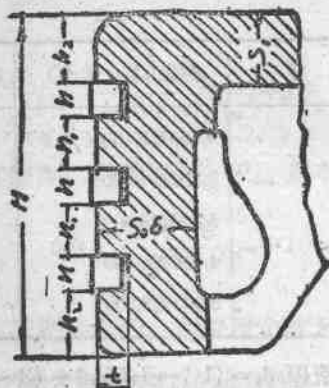


圖 2 活塞輪緣和脹圈布置草圖

活塞環的尺寸可根據表（五）選擇。

設 Z 為3，選用 h 為18

則 $h_1 = 1.2h = 1.2 \times 18 = 21.6$ 取22

$$h_2 = 1.5h = 1.5 \times 18 = 27$$

$$\therefore h_n = 3 \times 18 + (3-1) 22 + 2 \times 27$$

$$= 54 + 44 + 54 = 152 \text{ 公厘}$$

3) 汽缸總長的決定

汽缸總長應根據下式決定

$$L_m = H + h_n + S_n + S_k$$

上式

L_m 為汽缸總長

H 為活塞行程

h_n 為活塞高度

S_n 為與缸端間隙

S_x 為與底端間隙

一般說來極端間隙（即指缸底端間隙）應按餘隙容積計算而得。

$$\sigma = \frac{V_0}{V_h}$$

式中

σ 為餘隙容積比

V_0 為餘隙容積

V_h 為活塞工作容積

但照上述計算，甚為麻煩，我廠是按經驗選定的

設

$$S_x = 8 \text{ 公厘}$$

$$S_x = 10 \text{ 公厘}$$

則

$$h_m = 390 + 152 + 8 + 10 = 560 \text{ 公厘}$$

4) 活塞桿尺寸之確定

活塞桿尺寸之確定，首先應從決定活塞桿上的螺紋直徑來進行

螺紋直徑的計算可從下式求得

$$d_1 = \sqrt{\frac{4P_0}{\pi\sigma_p}}$$

式中

d_1 為螺紋底徑， P_0 為最大負荷

σ_p 為拉應力為 500~700 公斤/平方公分

而

$$P_0 = \frac{\pi D^2}{4} \times P_x$$

式中

D 為汽缸直徑

P_x 為計算蒸汽壓力

$$\therefore P_s = \frac{3.14 \times 43.4^2}{4} \times 8 = 11304$$

設取 $\sigma_p = 500$

$$\text{則 } d_1 = \sqrt{\frac{4P_s}{\pi\sigma_p}} = \sqrt{\frac{4 \times 11304}{3.14 \times 500}} \approx 5.4 \text{ 公分}$$

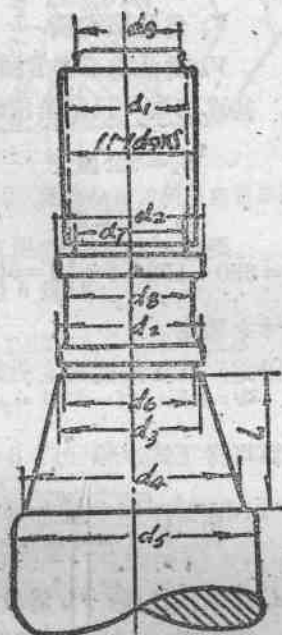


圖 3 活塞桿頭部草圖

由於 d_1 (螺紋公徑) = 54 公厘故取 d_0 (螺紋外徑) = 60 公厘, 活塞桿上的其它尺寸, 均按 d_1 來求得

桿上錐體截面 (最小處) 的直徑 $d_2 = d_1 \sim [d_1 + (1 \sim 2)]$

桿端圓柱體的凸部直徑 $d_2 = d_0 + (1 \sim 2)$

錐度 $(\frac{d_4 - d_3}{L})$ 的比 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$

桿上錐體截面 (最大處) 的直徑 $d_4 = d_3 + \frac{L}{3 \sim 4}$

錐體長度 $L = (0.5 \sim 0.9) a$

上式 a 指活塞殼高度

桿的直徑 $d_5 = d_4 - [d_4 + (2 \sim 4)]$

5) 分配閥 (配汽閥) 尺寸之確定

首先應確定選用那類型的分配閥, 然後進行計算

由於我們改裝的蒸汽機全部採用活塞式分配閥, 其尺寸計算如下:

閥徑一般可取缸徑的 $0.4 \sim 0.6$,

即 D_1 (閥徑) $= 0.4 \sim 0.6 D$ (缸徑)

假設取 0.5 則 $D_1 = 0.5 D = 0.5 \times 434 = 217$ 公厘

閥套厚度 $\delta_{\text{套}} = \frac{D_{\text{套}}}{30} + 10$

上式 $D_{\text{套}}$ 為襯套內徑 (即閥徑)

$\therefore \delta_{\text{套}} = \frac{217}{30} + 10 = 17$ 公厘

閥壁厚度 $\delta_{\text{閥.套}} = 0.85 \sim 0.95 \delta$

設取 0.9 , 式中 δ 指汽缸壁厚,

則 $\delta_{\text{閥.套}} = 0.9 \times 30 = 27$ 公厘

汽口有效截面可根據下式求得

$$f = \frac{F \cdot C_m}{W}$$

上式

F 爲活塞面積

C_m 爲活塞平均速度

W 爲蒸汽的假想速度，可按表（六）選取
求得 f 數值後則汽口高度也可根據下式求出

$$a \text{ (汽口高度)} = \frac{f}{h}$$

式中

h 爲汽口寬度，應由下式求得

$$h \text{ (汽口寬度)} = 0.65\pi D_1$$

上式

D_1 指配汽閥徑

配汽閥上較有關重要的進汽餘面、排汽餘面，導程等，可以作滑閥圖來量取，但較複雜，我們是按經驗選定的，

至此我們認爲改裝蒸汽機要用的尺寸均有了，其它的尺寸我們均是憑經驗與選擇已有的參考數據，而確定的。

表 5 自脹式鑄鐵活塞環的尺寸

汽缸 直徑 D	自由 狀態 下環 徑 D_1	環的厚度		環的 高度 h	切口 長度 C	活 塞 上 環 的 深 度	汽缸 直徑 D	自由 狀態 下環 徑 P_1	環的厚度		環的 高度 h	切口 長度 C	活 塞 上 環 的 深 度
		S	S_1						S	S_1			
120	125	4.5	4.5	5~7	16	6	400	413	14	11	14~16	43	16
150	156	6	6	7~8	21	8	450	464	16	12	16~18	47	18
200	207	7	7	8~10	24	9	500	515	17	13	18~20	50	19
250	259	9	8	10~12	29	11	550	567	19	14	18~20	55	21
300	310	11	9	12~14	34	13	600	618	20	15	20~22	58	22
350	362	13	10	13~15	39	15	650	669	22	16	20~22	63	24