

涡轮式机器 制造工艺学



机械工业出版社

渦輪式機器制造工艺学

蕭斯塔柯維奇、拉法洛維奇著

譚 道 譯



机械工業出版社

1957

出版者的話

本書敘述了各类渦輪式机器主要部件的制造工艺，以及渦輪式机器的裝配和試驗，它反映了苏联列宁工厂在制造各种結構的渦輪式机器方面的多年經驗。

本書敘述的虽然只限于压送气体的渦輪式机器，但是由于它們的各主要部件都差不多与汽輪机和各种离心式水力机器相同，所以本書也适宜于汽輪机和各种离心式水力机器制造部門的工程技術人員参考。

本書适用于渦輪式机器（离心式鼓風机）制造工厂的工程技術人員，对于机器制造的高等学校学生來說，也有很大的参考价值。

苏联 Б. В. Шостакович, П. М. Рафалович 著 'Технология производства турбомашин' (Машгиз 1950 年第一版)

*

*

*

NO. 1276

1957 年 5 月第一版 1957 年 5 月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数 154 千字 印張 6^{5/16} 0,001—3,100 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 1.20 元

目次

序言	5
緒論	7

第一篇 机械加工及部件裝配之工藝

第一章 定子部分的制造	15
1 气缸	15
2 擴散器	30
3 隔板	34
4 气封	37
5 支持軸承（主軸承）	44
6 止推軸承	54
7 机座	56
第二章 轉子零件的制造	58
8 概論	58
9 主軸	65
10 工作輪	70
11 叶片	81
12 鉚釘	104
13 具有摺边叶片的工作輪的裝配	105
14 具有笏头式叶片和貫穿鉚釘的工作輪的裝配	111
15 平衡活塞	112
16 定距套筒（圖32,5）	113
17 推力盤（圖32,4）	114
第三章 轉子的裝配及平衡	116
18 裝配	116
19 靜平衡和动平衡	121
20 工作輪的靜平衡	122

21 轉子的動平衡	127
-----------	-----

第二篇 機組的調節裝置及油系統

第一章 調節裝置	134
1 概論	134
2 空氣流量的調節	137
3 反跳動裝置 (圖81,18)	137
4 轉速的極限調節	138
5 調節裝置的構件及其製造	139
第二章 機組的油系統	146
6 油系統概述	146
7 油系統的零件及其製造	148

第三篇 渦輪式機器的總裝配及試驗

第一章 渦輪式機器的總裝配	156
1 裝配概述	156
2 定子各部件對正中心, 修配和安裝	157
3 氣缸內上下隔板的修配和對正中心	161
4 軸承軸瓦的修配和對正中心	163
5 轉子的安裝和測量	164
6 氣封和擴散器的修配及安裝	164
7 填寫間隙記錄簿	165
8 油泵對正中心	166
9 機組按半聯軸節對正中心	166
10 渦輪式機器蓋上蓋(蓋上氣缸)和準備試車(圖110)	172
第二章 渦輪式機器在製造廠試驗和消除所發現的缺陷	174
11 機組機械工作的試驗及調整	175
12 機器性能曲線的測繪	177
13 在機器試車和調整期間可能發現的缺陷及其消除方法	180
14 渦輪式機器試車時的振動	187
參考文獻	192
中俄名詞對照表	193

序 言

苏联在1946~1950年关于恢复和发展国民经济的五年计划中，规定要大大地发展冶金、化学、机器制造以及其它的工业部门，同时也规定气化工業方面的許多工作，因而引起了对于輸送和供应空气和各种瓦斯气体的机器的强烈要求。

高爐鼓風机、貝斯麥轉爐鼓風机、有色冶金轉爐鼓風机、燒結裝置用燒結抽風机、煉焦抽气机、升压机、抽風机、瓦斯吹送机以及許多其它型式的渦輪式机器，都是冶金、化学、机器制造、瓦斯以及其它工业部門所需要的。

渦輪式机器制造业可以認為是一个独立的机器制造部門，早在第一个五年计划的年代，也就是說，需要大量渦輪式机器的各个工业部門在增長的时期，渦輪式机器的制造在苏联就已經得到了發展。

苏联的工程师們，曾独立地進行了渦輪式机器理論方面的許多研究工作，并創造了計算、設計、制造和試驗渦輪式机器的方法。

制造渦輪式机器的主要工厂是列寧工厂，該工厂还远在战前就已經制造各种类型的許多渦輪式机器，其中有世界上最大的机器，例如，出气量为4100公尺³/分的高爐鼓風机，出气量为1500公尺³/分的貝斯麥轉爐鼓風机，出气量为1200公尺³/分的煉焦抽气机，出气量为3500公尺³/分的燒結抽風机，以及压力为9个絕對大气压的大型渦輪压縮机等。

近年來，由于設計了許多具有新式調節系統的新結構渦輪式机器，采用了新的通用化方法，以及采用了制造渦輪式机器的新方法，所以就給我們工厂創造了条件，使得能够生產出無論在机器的运轉性能方面以及在制造渦輪式机器所需要的工时方面，都具有世界上最高指标的渦輪式机器。

作者在本書所引用的資料，反映了列寧工廠在制造各种結構的渦輪式機器方面的多年經驗。

編寫本書時，作者力求在制造各种渦輪式機器主要部件的工藝方面，以及在渦輪式機器的裝配方面，能給予讀者一个綜合性的概念。

作者認為“渦輪式機器”这个名詞并不怎样恰当，而和它并用的“离心式壓縮机”这个名詞也还是不很恰当，但是，这两个專門名詞在各种場合中，都同样地被采用。

本書的編寫工作是由兩人共同分担的，而內容的系統化及其校訂工作則由蕭斯塔柯維奇(Б. В. Шостакович)所担任。

緒 論

在本制造工藝學中所討論到的那些機器，它們的工作原理是相同的，而其用途也都是作為壓縮空氣或壓縮瓦斯之用。

鼓風機、抽風機、瓦斯吹送機以及空氣壓縮機等都屬於這一類機器。

由於這些機器的工作原理相同，所以它們的各主要部件的結構形式及制造工藝也就有許多共同之點，為了簡化起見，下面我們就將這些機器統稱為“渦輪式機器”。

本書中所述的各种渦輪式機器都屬於离心式機器之類，在离心式機器中靠离心力的作用來壓縮氣體，這種機器通常被稱為“离心式空氣壓縮機”。

圖 1 所示是高爐鼓風用的多級渦輪式機器的縱剖面圖。

空氣在此種機器中壓縮（這可以作為所有渦輪式機器的范例），是按照下述方法進行的：軸 1 與套裝在其上的並有許多氣道的工作輪 2，是由汽輪機或電動機來傳動。空氣受离心力的作用，從第一級工作輪中被拋甩入環狀氣道——擴散器里去。空氣從擴散器中流出，即沿着氣缸中的環狀氣道和裝置有導流葉片的隔板 3 的迴流氣道，而進入下一級的工作輪中。

隔板上導流葉片的作用，是使進入下一級工作輪的氣流能獲得一定的方向，以免氣流在進入下一級工作輪的葉片時發生撞擊。

當渦輪式機器開始工作時，存留在工作輪各氣道中的空氣就與這些工作輪一起旋轉，在离心力的作用下，這些空氣就離開中心而向外圍方向移動。因此，工作輪的進口處便產生真空，於是外界的空氣就通過氣缸的進氣管 *B* 而進入工作輪中。

空氣從工作輪中流出時，其壓力和速度都獲得增大。但當空氣經過擴散器再向前流動時，其動能部分就轉變成為壓力能，此

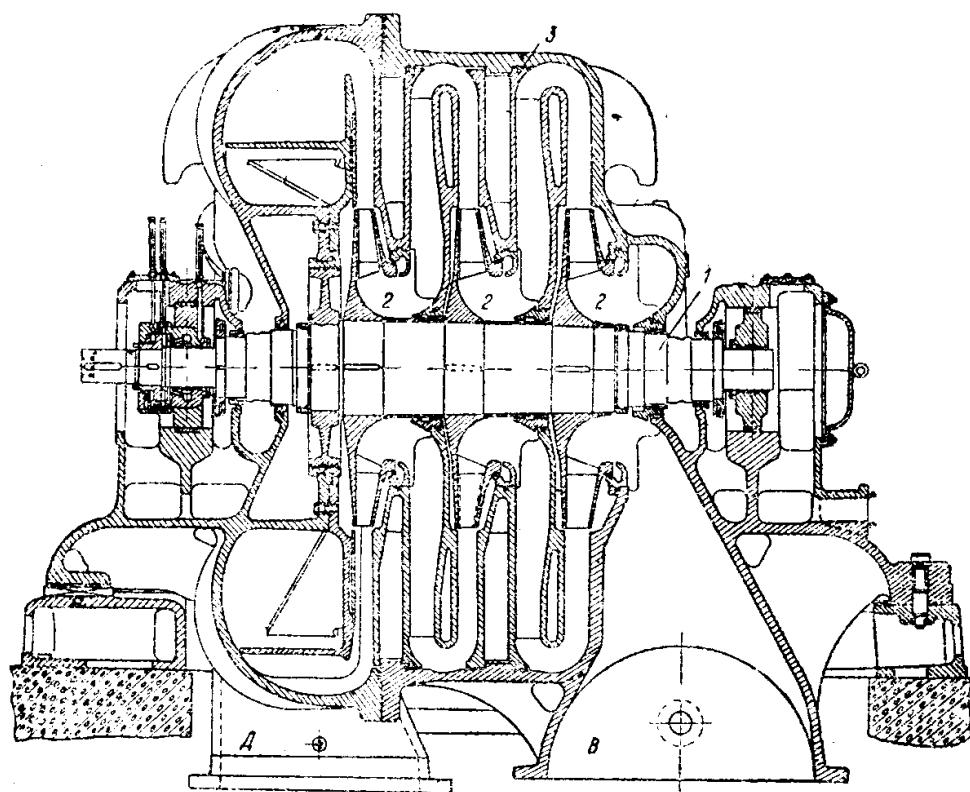


圖 1 單側進氣式渦輪鼓風機(縱剖面):

1 —— 主軸; 2 —— 工作輪; 3 —— 隔板。

后, 空气就通过具有若干導流叶片的迴流气道而引入下一級的工作輪, 此时, 气流的速度遂獲得下降, 而压力却獲得上升, 以此类推, 直到空气進入出气室 A 为止。若要增大最終的压力, 就必須增加叶輪的級数(輪数)。

渦輪壓縮机与渦輪鼓風机不同之点, 就是渦輪壓縮机依靠增加工作輪的数量而產生較大的最終压力——从 4 到 13 絕對大气压。

因为空气受到大的壓縮时, 会發生強烈的热度, 使机器的正常工作遭受破坏, 所以在渦輪壓縮机內一定的輪組后面要裝置中間冷却的空气冷却器。

为了增大進入空气的容積, 可以將渦輪式机器制造成双側進

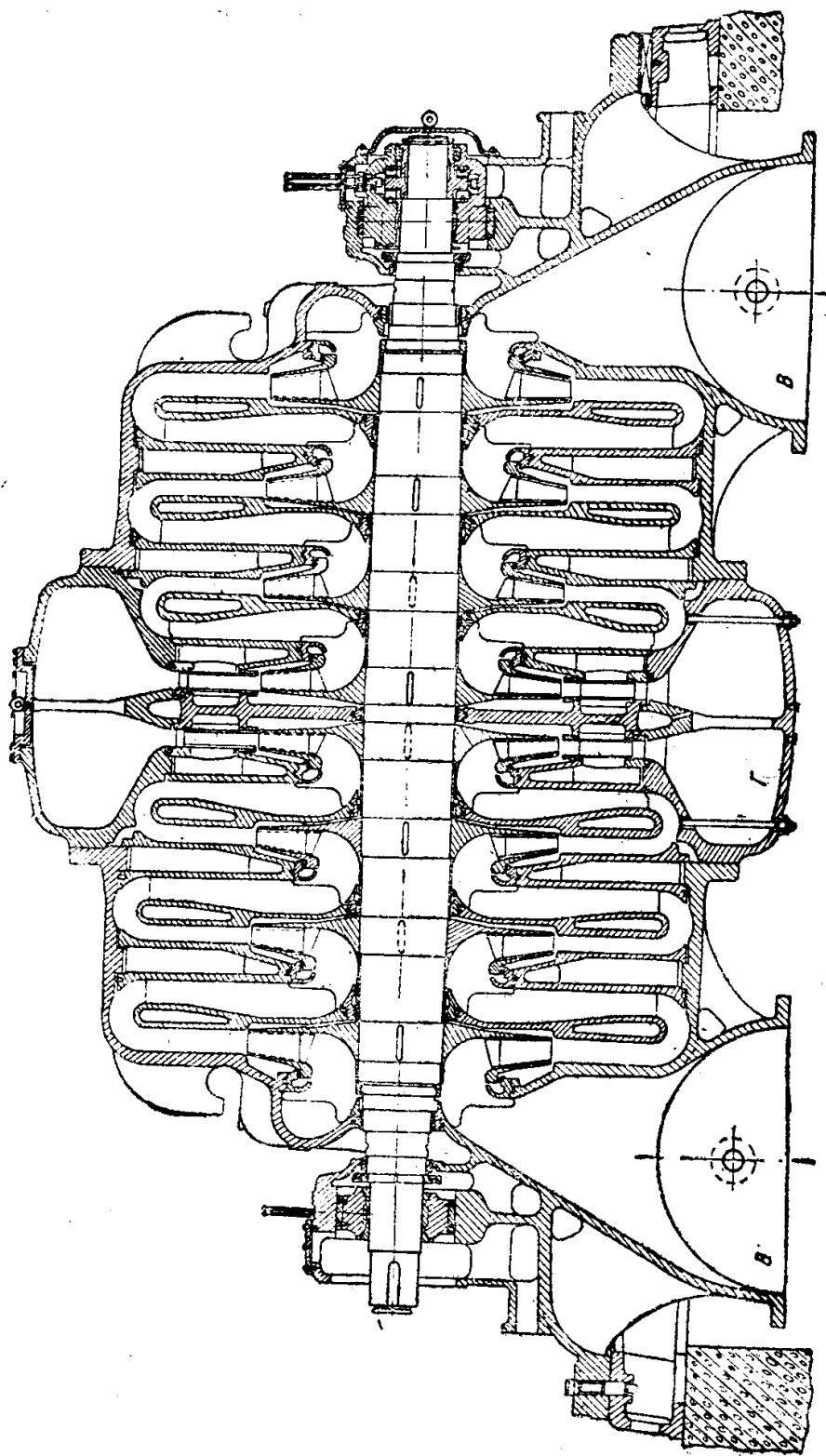


圖 2 雙側進氣式渦輪放風機(縱剖面)。

气的。在單側進气时，空气或瓦斯僅从机器的一側進入，并且要依次經過所有各級，而在壓縮的狀態下進入出气導管。如当雙側進气时，則空气或瓦斯就同时从机器的兩側進入進气室 B (圖2)，然后經過每側所有的各級，進入蝸形出气室所处的中間部分 Γ 。蝸形出气室用隔板分隔为兩部分，但却与总的出气導管相連通。

圖 1 和圖 2 所示为多級的渦輪式机器，这种机器是由汽輪机所傳动。

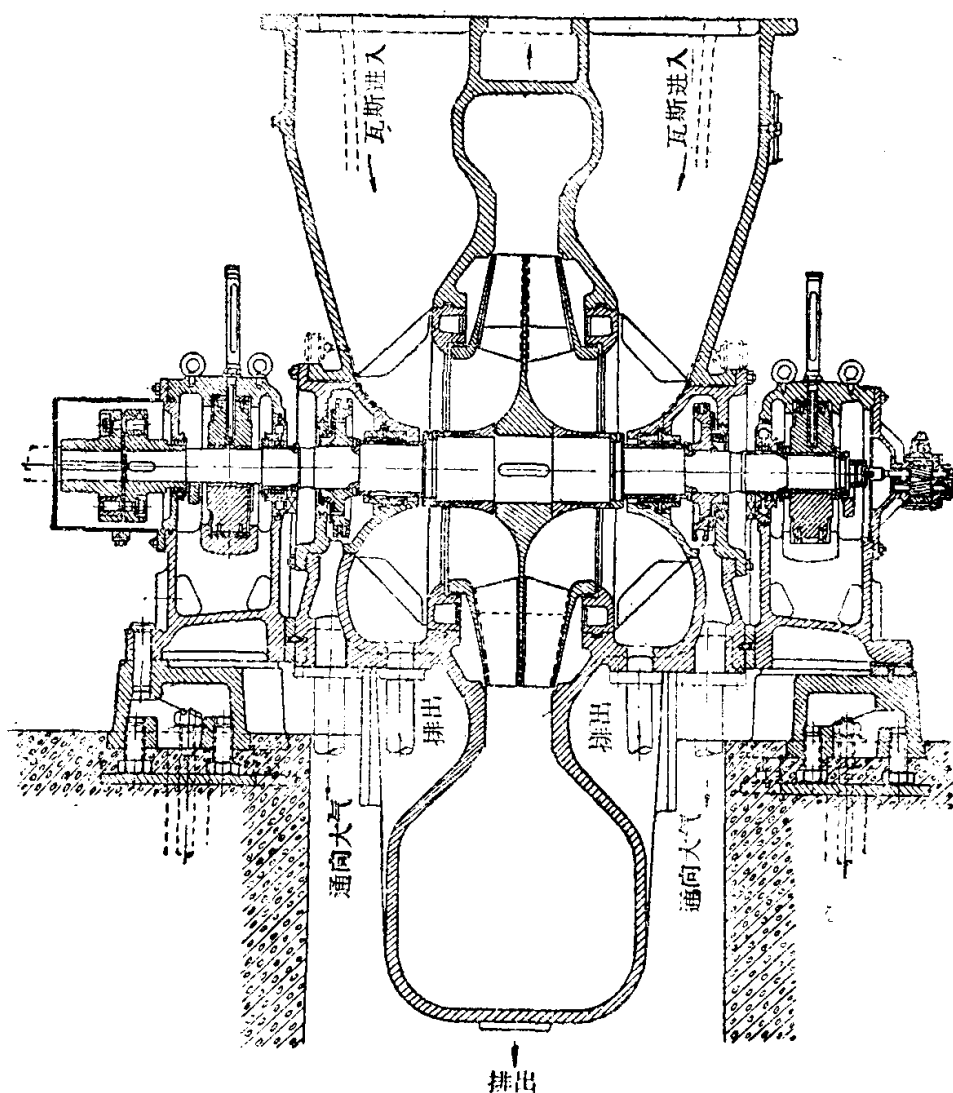


圖 3 雙側進气的單級式升压机(縱剖面)。

圖3所示是利用电动机傳动的双側進气單級渦輪式机器的縱剖面圖。

渦輪式机器与活塞式机器相比，其主要的优点是：結構比較簡單，轉速高，沒有往复运动的部分。

渦輪式机器的特点是：緊湊，机組与地基的重量小，厂房的面積無需很大。在運轉的性能方面，渦輪式机器的特点是：工作可靠，維護簡單。

各种类型的渦輪式机器，在國民經濟各部門中都有它的用途。

高爐鼓風机、貝斯麥爐鼓風机、冶金工厂瓦斯管系的升压机、抽風机、煉焦抽气机、燒結抽風机、瓦斯吹送机和空气壓縮机等，都適用於冶金、化学、机器制造以及其它的工業部門。

根据生產上各种不同的要求，渦輪式机器也制成各种型式和各种結構。

傳动这些机器的都是一些專用的汽輪机或电动机。

渦輪式机器所需要的功率，由机器的参数(出气量、压力)和机器的效率來決定。在大型机器中，其功率通常可达到12000千瓦。

最緊湊而級数最少(靠提高每一級中的压力)的渦輪式机器，可利用增大工作輪的圓周速度而达到之(輪級中压力的改变，約与圓周速度的平方成比例)。因此，渦輪式机器的轉数通常都很高。为了提高轉数，渦輪式机器經常是由电动机通过增速器(圖4)來傳动。

从制造渦輪式机器的技術要求方面來看，生產渦輪式机器是屬於重型机器制造中的高級技術部門之一。

由于渦輪式机器的类型及結構种类繁多，不可能創造出条件，使其完全轉变为成批生產。因此，渦輪式机器各主要零件的制造，仍保留着單件生產的性質。單件生產的固有特点是：可采用万能的設備，裝配鉗工及修配的工作量很大，按工藝卡片進行工作，以及可采用万能的夾具等等。

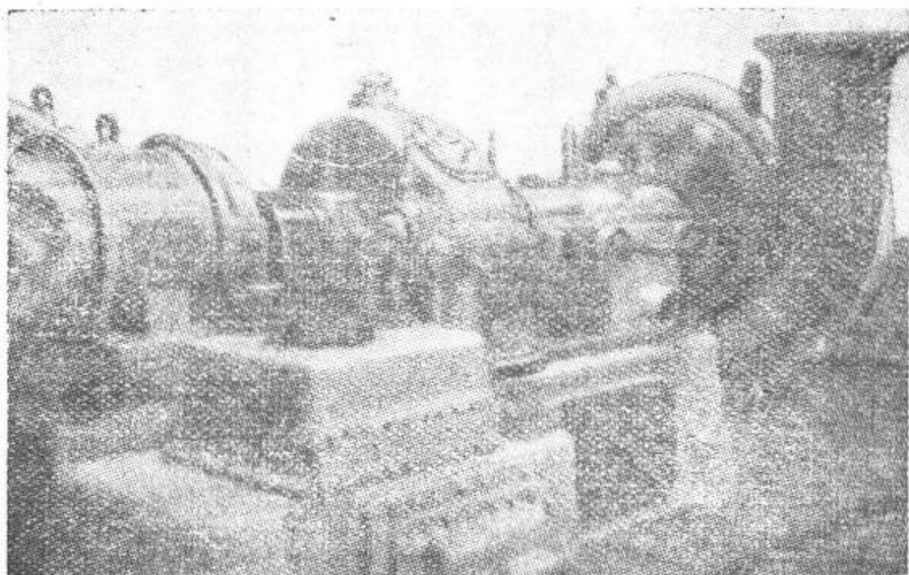


圖 4 通过增速器傳动的瓦斯吹送机。

为了力求使單件生產轉变为成批生產，所以渦輪式机器各零件及部件的标准化和通用化，就成为設計机构的主要任务之一。

在工厂的設計科中，也就是在設計渦輪式机器的地方，目前正在着手解决渦輪式机器的生產組織問題。在設計的过程中，不僅要从空气动力性能、高的效率以及机器运转的可靠性等方面，來研究選擇正确的結構，而且还要研究結構的工藝性、采用标准化的部件与零件、選擇公差以及正确地將全部机器划分为若干部件等問題。所有这些問題，对于生產过程的組織都有很大的影响。

当設計渦輪式机器时，設計者不僅应首先从符合于計算数据和可靠运行的条件來着手，而且要从縮短制造工时，減輕重量，便于制造、装配、运输及安裝等观点來考慮，而选定出整部机器及其各个部件設計的类型(定型)。例如，圖 9 中所示的渦輪式机器的气缸，在第一个方案中曾經是設計为具有垂直分面的，但在取消了此垂直分面之后，气缸的重量便減輕，鑄造、机械加工以及

裝配方面的工时也都降低，于是机器制造的周期也就縮短。

在設計大型鑄件时，必須周密地考慮到下列問題：用焊接的結構來代替鑄件的問題，減少中分面数量的問題，鑄造型芯便于定位的問題，以及鑄件內部型砂易于清理的問題。同时还必須考慮到零件在机床上安裝时校正的可能性，零件可靠牢固定位的可能性，以及便于測量尺寸的可能性。

当設計特別巨大的气缸零件时，必須考慮到工厂中現有的起重設備，以及它所能吊起的最大可能高度。檢查所設計的零件重量，在許多情況下，不僅應考慮到直接所設計的零件重量，同时还要考慮到，与其相連結的零件重量。因为在机器总裝配时，各个裝配工序要求翻轉和吊起已經裝配成为一个部件的各个零件（例如，上气缸須与裝配在气缸中的隔板一起翻轉或吊起）。

各个部件及零件的設計，不僅应以尽可能廣泛地采用标准化和規格化的結構为基础，而且还应以采用已經采用于生產中的各个構件为基础。成批生產，旧夾具的使用，以及采用同一的毛坯等等，在很大程度上都取决于設計时是否采用了生產中已掌握的各个部件、零件以及各零件的構件。所有这些，不僅能降低机器的制造成本，而且还可以在很大程度上縮短生產周期。

在机械加工-裝配車間中，渦輪式机器的生產組織是按部件建立的。整个車間划分为若干工段，每一个工段都担任生產該部件的全部工作；只有当所制造的零件，由于某种結構的特性需要在專門的机床上加工，而該工段又沒有这一种机床时，才与其他的工段進行协作生產。

中間(机床間)的鉗工工序，以及部件的裝配，都应当就在該工段中進行，不管鉗工組应当直屬於誰領導，都毫無关系，但是他們的工作都应听从該工段工長或裝配工段工長的指揮。

渦輪式机器的总裝配工段和試車工段，通常是統一領導的。这样的优点，就是机器在試車期間，經常發現的一些裝配缺陷問題，能够及时地得到修正和解决。這兩個工段的統一領導，还可

以避免机器在試車时的重复拆开和裝配，如果这两个工段是分开的話，那么这就將成为不可避免的。

在机器的整个制造过程中，甚至于已經熟習生產时，設計师、工藝师以及操作者的协同配合，仍然是完全必要的。

对所制造的机器提出的主要要求，就是不僅要使机器符合于設計的数据，在运行中安全可靠，而且还要使其符合于現代化机器的各种技術要求。因此，不能將渦輪式机器的生產过程及其生產組織，認為是永恒不变和确定不移的。

廣泛地运用斯大哈諾夫工作法，采用新的工藝規程，推廣高速切削，以及尽力地縮短生產周期，这些都將能不断地改進現有渦輪式机器生產的工藝过程。

第一篇 機械加工及部件裝配之工藝

第一章 定子部分的制造

1 气缸

渦輪式机器(參閱緒論)的气缸，是作为在其中壓縮工作介質(空气、瓦斯)到一定压力之用的。

渦輪式机器气缸中的工作介質温度，壓縮的最終压力，是随着机器的用途和結構的不同而有所差异。

不管以上这两种性能的最大数值如何，对于气缸提出有以下的主要技術要求：

1. 气缸必須有足够的强度，以便能支持住其中介質的工作压力；
2. 气缸的壁面必須很嚴密，不能讓其中的空气或瓦斯泄漏出去；
3. 气缸各中分面的法蘭必須具有很好的剛性，而不能在机器工作期間發生任何的变形。

除了上述这些主要的要求以外，还有一些为渦輪式机器运行的特殊性所引起的其它要求，例如，瓦斯吹送机的气缸材料就必须具有抵抗瓦斯腐蝕的穩定性，燒結抽風机的气缸壁面就必须能很好地抵抗磨損等等。

每一气缸在所有机械加工完畢之后，都应当根据試驗的压力進行水压試驗，以檢查气缸的强度及其壁面材料的嚴密性。

結構 任何渦輪式机器的气缸都必須有中分面，以保證机器的通流部分有裝配的可能和轉子有放入气缸的可能。通常这些分

面都是水平的。大型机器的气缸，除了有水平的分面之外，还有垂直的分面。具有此一分面，不僅是因为总重达40噸的气缸盖閉起來加工困难，鑄工車間須配备大的起重設備，以及大型鑄件制造複雜等緣故，而且还由于机器运給用戶时，受运输条件限制的原故。

气缸有了垂直分面之后，就在一定程度上增大了机器的总重，并且也增加了机械加工的工序和鉗工装配的工序，如垂直中分法蘭面的加工，法蘭上鑽孔，中分面的修配（припиловка），气缸各部分对正中心，以及装配等等。此外，还需要制造連結的零件。

因此，中型的和不大的現代渦輪式机器，沒有任何特殊情况而必須具有垂直分面时，其气缸都沒有垂直分面。

如果各个气缸都有共同的構件，那么就宜于采用垂直分面，同时对于气缸的各部分（進气部分、出气部分等等）可使用共同的模型。配合起这些模型，就可以鑄造出各种不同机器的气缸，而無需單獨地制造各个气缸的模型。

根据所制的渦輪式机器的数量，可以經濟而合理地制造出許多組合的模型，以便在造型时配合起來，即可獲得無垂直分面的各种气缸鑄件。

当設計各种机器的气缸而力圖避免有垂直分面时，那么就需要考慮到盖閉起來的气缸在鏜床上鏜孔的困难，以及需要很貴重的專門夾具和設備。

对有垂直分面的气缸鏜孔时，可以不必使用較小的專門夾具，同时气缸的加工表面也易于檢查。

單級渦輪式机器的气缸，或多級式机器气缸的各組，都可以作成焊接的結構。当气缸的結構形狀很簡單时，采用焊接的結構是特別的適宜，同时在生產中还可以接受單个的定貨。焊接气缸的成本，一般也低于用模型澆鑄出的气缸成本。

在許多渦輪式机器的結構中，气缸不直接安裝在机座上，而懸置于裝置在机座上的軸承体上。这样的結構如圖3所示，气缸兩边懸置在有兩個水平鍵的軸承半法蘭上，并用螺栓拉緊。这样