

离心式通风机

苏联M.H.涅维里松著



电力工业出版社

离心式通风机

苏联М.И.涅維里松著
韋历中譯 孙文彬校訂

电力工业出版社

內 容 提 要

本書研究了离心式通風机中所發生的物理过程，并在此基础上叙述了空气动力学的計算。

空气动力学的計算是根据苏联中央流体动力研究院的方法进行的。

为了充实內容，本書还叙述了管網內通風机的研究工作，离心式通風机的試驗方法以及計算其强度的数据。計算方法并以例題加以說明。

本書对于經常需要在离心式通風机范圍內工作的，或者有时要接触到离心式通風机設計及运用問題的工程师及科学工作者，都是非常有用的。

本書亦可作为高等工業学校学生的参考讀物。

М.И.НЕВЕЛЬСОН

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1954

离 心 式 通 風 机

根据苏联国立动力出版社1954年莫斯科版翻譯

韋历中譯 孙文彬校訂

*

548R134

电力工業出版社出版(北京府右街25号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787 × 1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 14 $\frac{1}{2}$ 印張 * 284千字 * 定价(第10类) 2.00元

1957年6月北京第1版

1957年6月北京第1次印刷(0001—5,600册)

前 言

离心式通風机是一种構造極其簡單，但其物理过程的性質又很复杂的机械。

这一点就說明了許多实际上很重要的問題在很多工作中至今仍然闡述得不完善或闡述得不正确的原因。

这也說明了虽然离心式通風机的理論已有重大的發展，在实际通風机的制造方面也有了显著的成就，但許多离心式通風机及吸風机到目前為止仍按照不完善的設計系統来制造的原因。因此它們的效率很低，且很难令人滿意，它比現在所能得到的要低 15—25%。

此外，通風机是各工業部門所必需的机械，且其中許多部門对它大量的需要。通風机实际所需要的原动力很大。

只要考虑到苏联国民經济空前的發展速度，就可明了，如果用較完善的机械来代替不完善的机械，那末就可以节约很大数量的电力。

本書的目的就在于协助这项重要任务的完成。

本書供空气动力計算及研究离心式通風机的有关工程师及科学工作者之用。

書中絕大多数的实验資料是由作者得到的。通風机的空气动力計算是根据中央流体动力研究院(ЦАГИ)所用的方法来敘述的。

这种方法的主要原理有别于同时代的許多其他已知的方法(Г. Ф. 普罗斯庫尔, А. П. 盖尔曼, Г. М. 叶蘭契克, И. И. 庫柯列夫斯基, К. 普夫列傑列尔, С. С. 魯德涅夫, И. В. 德米特利叶夫斯基), 它在 20 年前已由 В. И. 波里柯夫斯基教授所提出[参考文献 2, 25]。当时已对离心式通風机开始了广泛的实验研究。

新方法的某些原理尚需要予以說明、發展及部分的修正，这些工作后来在頗大的程度上曾进行过(В. И. 波里柯夫斯基, М. И. 涅維里松)。

因此就很成功地推广了中央流体动力研究院方法的应用范围，而且得到了充分精确和实用的成果。

但是，此項方法的特点基本上沒有改变。按照此項方法曾計算了一系列的高度經济的机械。此項方法在部分改造通風机及吸風机以及改进一般通風机时頗为

适用。許多我們所熟知的優良的离心式机械，也是按照中央流体动力研究院的方法計算的。

由于它能經受時間的考驗，并且符合实用的要求，所以我們再次地向讀者推荐。

本書与作者其他的类似用途的著作[参考文献 4,5]相比較，有下列几个不同点：

(1)离心輪的空气动力学，是根据中央流体动力研究院对通風机的大量实际研究(500个实验)的数据來說明的；

(2)螺形壳的工作照新方式叙述，同时考虑到粘着的及不循环的空气質量；

(3)“进气箱”，“扩散器”，“舌部”，“調整”及“按相似性換算”各章是結合近年来研究所得而予以說明的；这些数据資料是很丰富的；

(4)“間隙損失”一章的材料及有关的推荐資料徹底地进行了修正。

作者認為把中央流体动力研究院的許多資料及把在實驗室与在通風机运行中的試驗資料列入本書，同时簡明地叙述通風机强度的計算方法是很有益处的。

功勛科学技术工作者 В. И. 波里柯夫斯基教授給予本書許多寶貴的指示，作者对他及本書的編輯 С. В. 葛尔屠古同志表示深切的感謝。

作 者

目 录

| | |
|--|-----|
| 前 言 | |
| 概 論 | 5 |
| 第 一 章 离心式通風机的分类 | 8 |
| 1-1 鼓風机的型类及其应用范围 | 8 |
| 1-2 通風机的分类 | 15 |
| 第 二 章 空气經过离心式通風机的一般流动情形及欧拉(эйлера)方程 | 20 |
| 2-1 中央流体动力研究院的方法的特点 | 20 |
| 2-2 欧拉方程 | 22 |
| 第 三 章 通風机进口 | 25 |
| 3-1 进气箱 | 25 |
| 3-2 进气接管 | 34 |
| 第 四 章 通过离心輪的空气流 | 39 |
| 4-1 进入叶輪的进气口直徑 | 39 |
| 4-2 进入叶片气流的轉弯。叶輪寬度及气流寬度。前圓盤 | 41 |
| 4-3 进入叶片前气流的先期旋繞 | 49 |
| 4-4 叶片的开始段 | 51 |
| 4-5 叶片型式及压力系数 | 56 |
| 4-6 叶片間气流的流动。叶輪出口处气流的寬度及相对速度。流动損失 | 59 |
| 4-7 有限叶片数的影响 | 72 |
| 第 五 章 平式环状 扩散器 | 76 |
| 第 六 章 螺形壳 | 83 |
| 6-1 螺形壳的工作 | 83 |
| 6-2 通風机的气流出口、舌、扩散器 | 96 |
| 第 七 章 空气經过間隙的溢流 | 102 |
| 第 八 章 从生功率及机械損失 | 115 |
| 第 九 章 作用于轉子上的 軸向作用力 | 119 |
| 第 十 章 有效压力及效率 | 123 |
| 第 十 一 章 前述計算方法的精确度 | 124 |
| 第 十 二 章 根据相似法的通風机換算 | 126 |

| | | |
|------------------------------|----------------------------|-----|
| 12-1 | 不考虑 Re 数的换算 | 126 |
| 12-2 | 考虑 Re 数的换算 | 129 |
| 第十三章 离心式通风机空气动力计算示例两则 | | 135 |
| 13-1 | 例题一。新型式的通风机的计算及空气动力简图的制定 | 135 |
| 13-2 | 例题二。LB-39 型离心式通风机的验算 | 142 |
| 第十四章 通风机出力的调节 | | 151 |
| 14-1 | 现有调节设备简述 | 151 |
| 14-2 | 利用节流器调节 | 151 |
| 14-3 | 导流器 | 156 |
| (1) | 用轴向导流器(OHA)调节 | 158 |
| (2) | П. А. 利赫傑尔氏双叶片轴向导流器 (OHAP) | 161 |
| (3) | 径向导流器(PHA) | 162 |
| (4) | 多叶片节流器型的简易导流器(VHA) | 165 |
| 14-4 | 用水力联轴器及在电动机转子线路中用变阻器调节法 | 166 |
| 14-5 | 各种调节方法的比较 | 169 |
| 14-6 | 联合调节法 | 173 |
| 第十五章 通风机的试验 | | 174 |
| 15-1 | 概论 | 174 |
| 15-2 | 具有真空室的通风机的试验 | 174 |
| 15-3 | 利用管子作通风机试验 | 188 |
| 15-4 | 在运转条件下进行通风机试验 | 192 |
| 第十六章 离心式通风机现有类型概述 | | 195 |
| 第十七章 离心式通风机的合理系列 | | 207 |
| 附 录 | | |
| 第 一 章 | 通风机在管网中的工作 | 213 |
| 第 二 章 | 通风机工作的稳定性 | 222 |
| 第 三 章 | 通风机的联合工作 | 226 |
| 第 四 章 | 通风机强度的计算 | 233 |
| 后 记 | | 246 |

前 言

离心式通風机是一种構造極其簡單，但其物理过程的性質又很复杂的机械。

这一点就說明了許多实际上很重要的問題在很多工作中至今仍然闡述得不完善或闡述得不正确的原因。

这也說明了虽然离心式通風机的理論已有重大的發展，在实际通風机的制造方面也有了显著的成就，但許多离心式通風机及吸風机到目前為止仍按照不完善的設計系統来制造的原因。因此它們的效率很低，且很难令人滿意，它比現在所能得到的要低 15—25%。

此外，通風机是各工業部門所必需的机械，且其中許多部門对它大量的需要。通風机实际所需要的原动力很大。

只要考虑到苏联国民經济空前的發展速度，就可明了，如果用較完善的机械来代替不完善的机械，那末就可以节约很大数量的电力。

本書的目的就在于协助这项重要任务的完成。

本書供空气动力計算及研究离心式通風机的有关工程师及科学工作者之用。

書中絕大多数的实验資料是由作者得到的。通風机的空气动力計算是根据中央流体动力研究院(ЦАГИ)所用的方法来敘述的。

这种方法的主要原理有别于同时代的許多其他已知的方法(Г. Ф. 普罗斯庫尔, А. П. 盖尔曼, Г. М. 叶蘭契克, И. И. 庫柯列夫斯基, К. 普夫列傑列尔, С. С. 魯德涅夫, И. В. 德米特利叶夫斯基), 它在 20 年前已由 В. И. 波里柯夫斯基教授所提出[参考文献 2, 25]。当时已对离心式通風机开始了广泛的实验研究。

新方法的某些原理尚需要予以說明、發展及部分的修正，这些工作后来在頗大的程度上曾进行过(В. И. 波里柯夫斯基, М. И. 涅維里松)。

因此就很成功地推广了中央流体动力研究院方法的应用范围，而且得到了充分精确和实用的成果。

但是，此項方法的特点基本上沒有改变。按照此項方法曾計算了一系列的高度經济的机械。此項方法在部分改造通風机及吸風机以及改进一般通風机时頗为

适用。許多我們所熟知的優良的离心式机械，也是按照中央流体动力研究院的方法計算的。

由于它能經受時間的考驗，并且符合实用的要求，所以我們再次地向讀者推荐。

本書与作者其他的类似用途的著作[参考文献 4,5]相比較，有下列几个不同点：

(1)离心輪的空气动力学，是根据中央流体动力研究院对通風机的大量实际研究(500个实验)的数据來說明的；

(2)螺形壳的工作照新方式叙述，同时考虑到粘着的及不循环的空气質量；

(3)“进气箱”，“扩散器”，“舌部”，“調整”及“按相似性換算”各章是結合近年来研究所得而予以說明的；这些数据資料是很丰富的；

(4)“間隙損失”一章的材料及有关的推荐資料徹底地进行了修正。

作者認為把中央流体动力研究院的許多資料及把在實驗室与在通風机运行中的試驗資料列入本書，同时簡明地叙述通風机强度的計算方法是很有益处的。

功勛科学技术工作者 В. И. 波里柯夫斯基教授給予本書許多寶貴的指示，作者对他及本書的編輯 С. В. 葛尔屠古同志表示深切的感謝。

作 者

目 录

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 前 言 | |
| 概 論 | 5 |
| 第 一 章 离心式通風机的分类 | 8 |
| 1-1 鼓風机的型类及其应用范围 | 8 |
| 1-2 通風机的分类 | 15 |
| 第 二 章 空气經过离心式通風机的一般流动情形及欧拉(эйлера)方程 | 20 |
| 2-1 中央流体动力研究院的方法的特点 | 20 |
| 2-2 欧拉方程 | 22 |
| 第 三 章 通風机进口 | 25 |
| 3-1 进气箱 | 25 |
| 3-2 进气接管 | 34 |
| 第 四 章 通过离心輪的空气流 | 39 |
| 4-1 进入叶輪的进气口直徑 | 39 |
| 4-2 进入叶片气流的轉弯。叶輪寬度及气流寬度。前圓盤 | 41 |
| 4-3 进入叶片前气流的先期旋繞 | 49 |
| 4-4 叶片的开始段 | 51 |
| 4-5 叶片型式及压力系数 | 56 |
| 4-6 叶片間气流的流动。叶輪出口处气流的寬度及相对速度。流动損失 | 59 |
| 4-7 有限叶片数的影响 | 72 |
| 第 五 章 平式环状 扩散器 | 76 |
| 第 六 章 螺形壳 | 83 |
| 6-1 螺形壳的工作 | 83 |
| 6-2 通風机的气流出口、舌、扩散器 | 96 |
| 第 七 章 空气經过間隙的溢流 | 102 |
| 第 八 章 从生功率及机械損失 | 115 |
| 第 九 章 作用于轉子上的 軸向作用力 | 119 |
| 第 十 章 有效压力及效率 | 123 |
| 第 十 一 章 前述計算方法的精确度 | 124 |
| 第 十 二 章 根据相似法的通風机換算 | 126 |

| | | |
|------------------------------|----------------------------|-----|
| 12-1 | 不考虑 Re 数的换算 | 126 |
| 12-2 | 考虑 Re 数的换算 | 129 |
| 第十三章 离心式通风机空气动力计算示例两则 | | 135 |
| 13-1 | 例题一。新型式的通风机的计算及空气动力简图的制定 | 135 |
| 13-2 | 例题二。LB-39 型离心式通风机的验算 | 142 |
| 第十四章 通风机出力的调节 | | 151 |
| 14-1 | 现有调节设备简述 | 151 |
| 14-2 | 利用节流器调节 | 151 |
| 14-3 | 导流器 | 156 |
| (1) | 用轴向导流器(OHA)调节 | 158 |
| (2) | Л. А. 利赫傑尔氏双叶片轴向导流器 (OHAP) | 161 |
| (3) | 径向导流器(PHA) | 162 |
| (4) | 多叶片节流器型的简易导流器(YHA) | 165 |
| 14-4 | 用水力联轴器及在电动机转子线路中用变阻器调节法 | 166 |
| 14-5 | 各种调节方法的比较 | 169 |
| 14-6 | 联合调节法 | 173 |
| 第十五章 通风机的试验 | | 174 |
| 15-1 | 概论 | 174 |
| 15-2 | 具有真空室的通风机的试验 | 174 |
| 15-3 | 利用管子作通风机试验 | 188 |
| 15-4 | 在运转条件下进行通风机试验 | 192 |
| 第十六章 离心式通风机现有型类概述 | | 195 |
| 第十七章 离心式通风机的合理系列 | | 207 |
| 附 录 | | |
| 第 一 章 | 通风机在管网中的工作 | 213 |
| 第 二 章 | 通风机工作的稳定性 | 222 |
| 第 三 章 | 通风机的联合工作 | 226 |
| 第 四 章 | 通风机强度的计算 | 233 |
| 后 记 | | 246 |

概 論

距今一百多年前，采矿工程师 A. A. 薩勃路科夫 (1783—1857) 已在俄国的矿山上及軍艦上开始运用他所創造的离心式通風机。現在这种机械被視為原始雛型，但当时此項發明曾为俄国及国外的(德国和法国)报章所重視，認為是科学技术界的偉大成就。

薩勃路科夫的通風机曾在俄国，也在德国及法国的許多矿山上被采用。

后来此項發明遭受到革命前的許多其他俄国發明事業的同样命运：它在俄国并没有得到应有的重視，因而它未能获得应有的發展。

虽然缺乏通風机制造的可靠基础，但在 A. A. 薩勃路科夫以后并未能阻碍俄国学者在通風机及泵类制造方面的一系列重要观念的向前推进。这些学者是下列矿业科学的偉大事業家：M. M. 費陀洛夫院士，A. П. 盖尔曼院士，以及 Г. Ф. 普罗斯庫尔院士，И. И. 庫柯列夫斯基教授等。偉大的十月社会主义革命以前，在一般气体动力学以及通風机的气体动力学發展上的重大貢獻，要特別归功于尼古拉·叶高洛維奇·儒柯夫斯基教授。

在近 120 年內薩勃路科夫創制第一台装备以来，我們通風机的制造已跨进了一大步。現在离心式通風机的各种型类数以百十計，其中某些具有很复杂而完美的結構。

現在我們优良的通風机效率，显然已接近到此类机械的極限数值。通風机制造的成就是毫無疑义的。

当时离心式通風机在理論方面發展成效不大，在 15—20 年以前，由于苏联航空科学及技术的突飞猛进，一般气体动力学达到最高水平，而通風机的气体动力学仍处于旧有的技术水平，設計这类机械尚無丰富完善的科学数据为依据。

因此，当通風机裝置后，它所發生的气体动力参数与計算数据相差很远。

此外，理論往往不能解答为什么在某些情况下的設施能取得显著良好的效果，而在某些情况下經常不能取得应有效果的問題，这种情形甚至打击了实验研究的信誉。

在这里适当地討論两种情况，熟悉这种情况可以帮助我們在通風机制造及其現有狀況方面获得較多的理解。

第一种情况是与水力机械的泵类组成一组，就经济性来说通风机远不及泵类。

如果注意三十年代中期所生产的机械的相应数字，则可以确定大批泵类的最大效率可达到85%，而大批通风机仅稍大于70%。

平均效率数值的对比则相差更远：泵类 $\eta_{max} = 0.7 - 0.75$ ，而通风机类 $\eta_{max} = 0.5 - 0.55^*$ 。

优良的泵类与优良的风机类相比较，表明泵类的叶轮与螺形壳所具有的外形轮廓比风机的叶轮与外壳的外形轮廓均匀得多，叶轮和集流器间密封的工作要精密得多，而且叶片具有双重曲线。

至于平均数字的显著差别，亦由于在泵类中大半都利用后向叶片，而在风机中主要是前向叶片。

第二种情况是在革命以前科学和技术的联系不能令人满意。在国外至今仍存在着这种情况。

风机制造的一般情况是这样的，当时为了国家的工业化，创造充分可靠的离心式风机计算方法的任务就摆在了苏联科学机构的面前，为的是在它的基础上创造十分完美的机械。在完成此项任务以及在完成工业气体动力学范围内的许多其他任务中起主要作用的，无疑是儒柯夫斯基中央流体动力研究院。

此研究院在气体动力学方面能够取得巨大的成就，H. E. 儒柯夫斯基的学生起着主要的作用，首先是他的战友 C. A. 恰普雷金院士尽量地促进此项任务能在高度的科学水平上求得完成。

为了引述此项工作的特点，摘要地说明如下：

(1) 离心式风机的初步试验是以找到总的规律为目的的，采用各种型类的叶片在进入叶轮进口的各种直径及其各种宽度的数值中（曾研究了大约100种型类的叶轮），进行了广泛而有系统的研究；

(2) 所考察的并不是西方国家，例如德国作者所一般采用的理想气流，而是以从叶轮壁等作用下所分离的实际气流作研究的；

(3) 在计算内所用的各种系数，并非“调整”系数（用于计算及实验的协调），而具有明显的物理意义；

(4) 自计算开始一直都是按原件循序逐项进行计算的，并不依靠一般的系数（如流动效率或压力头系数等）使失去机械的个别特征。

在初期，中央流体动力研究院很少致力于机械个别型类的改进研究。在所有情况下，此项工作都几乎是在没有目的地进行研究，仅在已得的结论及所得纪录上做些核对整理工作。

* 这一数值考虑了各类风机 η_{max} 的平均数值。

由于苏联科学机构有不受资料限制的可能，致使研究工作得以紧张而迅速地进行，大约于1935—1936年间，在B. И. 波里柯夫斯基教授的指导下创立了计算方法(第一次近似计算)，在此项方法中已包括了所有主要的规律，不仅足以供测定性能的基本计算点，而且能测定其某一个段。

在计算基础上准确模型的出现，而使此项方法更为精确，是随后5—6年的贡献，此时曾注意到进口(进口箱等)条件的影响，在许多情况下此项影响可能具有很大的意义。计算条件的范围曾扩大到负撞击角的方式。

用这种方法成功地创立了第二次近似算法，此项算法由于战争时期的关系，仅在1946年才公布。

在所有这些工作中得到的资料使能够解决其他最重要的问题，即创造一系列的经济的通风机，有规律地控制着离心式通风机所具有的比转数的领域。计算的精密程度现在仍有许多不足的地方，因而离心式通风机气体动力学研究范围内所达到的成果，当然尚不能将此类机械有关计算及设计方面的所有全部问题详尽地发掘，但是所有这些成果在通风机制造范围内，就计算的可靠性及其所达成的经济指标来说，苏联是站在世界所有其他国家的前列的。

第一章 离心式通风机的分类

1-1 鼓风机的型类及其应用范围

苏联国民经济中，每年提出需要大量的强制送风(气体)或强制排风的装备。此項装备的主要部分是鼓风机械。

根据动作原理，鼓风机分为下列各类：

(1) 活塞式的，主要的工作部件为活塞，它在汽缸内进行往复运动，并且由于将空气在汽缸内强制压缩而保证空气(气体)压力的增高(图 1-1)；

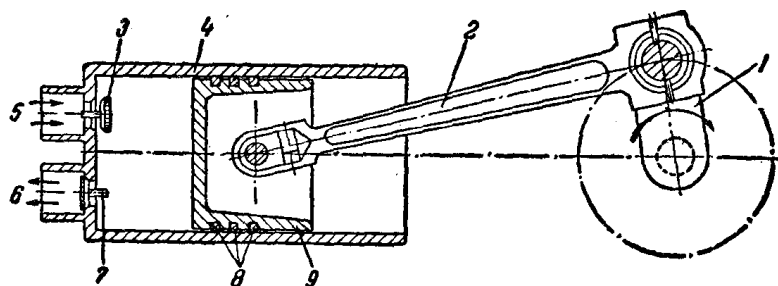


图 1-1 活塞式鼓风机图

1—曲轴；2—连杆；3—进气阀；4—汽缸；5—空气进口；
6—空气出口；7—排气阀；8—活塞环；9—活塞。

(2) 迴旋式的，主要的工作部件为具有可以自由滑动的滑板的輪鼓，或者为两个具有8字形断面作迴轉运动并保证空气压力增高(与上述情况相同，由于强制压缩所致)的轉子(图 1-2 及 1-3)；

(3) 叶片式，主要的工作部件为具有某种型式叶片的轉子，此轉子作迴轉运动，而空气压力的增高是由于空气在流过轉子时动量的变更所致。

凡叶片式鼓风机械当 $\gamma_{\text{продви}} = 1.2$ 公斤/公尺³，而其产生的压力 H 不超过 1000 公斤/公尺² 时，即称为通风机。

凡叶片式机械，其所产生的压力 H 处于 0.06 表大气压 (600 公斤/公尺²) 至 3 表大气压或真空度由 0.06 至 0.3 绝对大气压的范围内，即称为鼓风机。

凡叶片式机械，其所产生的压力 H 由 3 表大气压起至更大的，称为压缩机。

进行抽气工作的压缩机称为真空泵。这种机械产生的真空达到 0.03 绝对大气压(真空度——97%)。

由上所述可以看出，就使用范围来说，通风机及鼓风机可以彼此互用。就构

造來說這些機械彼此亦近似，而且在鼓風機中各類明顯的界限是不存在的。

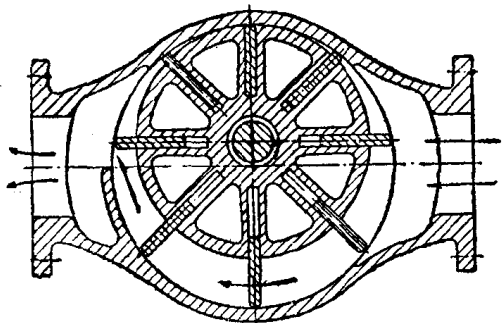


圖 1-2 迴旋式鼓風機圖

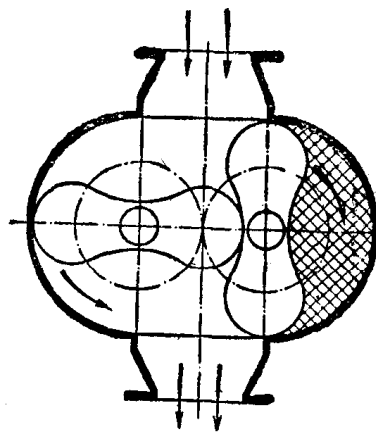


圖 1-3 具有兩個轉子的迴旋式鼓風機圖

但亦能指出某些特征，說明每類的典型機械。

通風機一般是由低級牌號的鋼製造的，而且具有由板材組合成的平坦的外殼。

既然軸向壓力不大，照例不需要設置任何減輕負荷的裝置。

通風機構造中所採用的圓周速度一般不超過 70—80 公尺/秒，但可以达到 120—130 公尺/秒。在后一種情況下，其葉輪部件要採用高級鋼製造。

通風機是按“葉輪-螺形殼”系統圖製造的，例外的情況很少。

鼓風機照例有由高級鋼製成的葉輪及鑄造的外殼。為了減少葉輪與集流器間

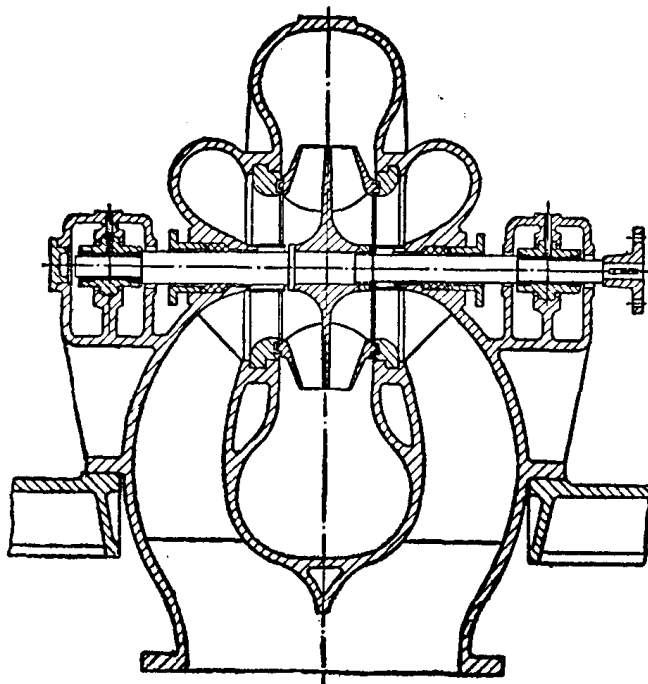


圖 1-4 單級離心式鼓風機圖

余隙的漏損，余隙采用迷宮式密封。

鼓風机可制成單級式如圖 1-4 所示的“叶輪-螺形壳”，亦可制成具有导流器的多級式如圖 1-5 所示的。

鼓風机可在圓周速度 120—150 公尺/秒以及更高的速度下工作。

有特殊用途的鼓風机(例如風动原动机)，其轉子的圓周速度亦可达到 400 公尺/秒 以及更高的速度。

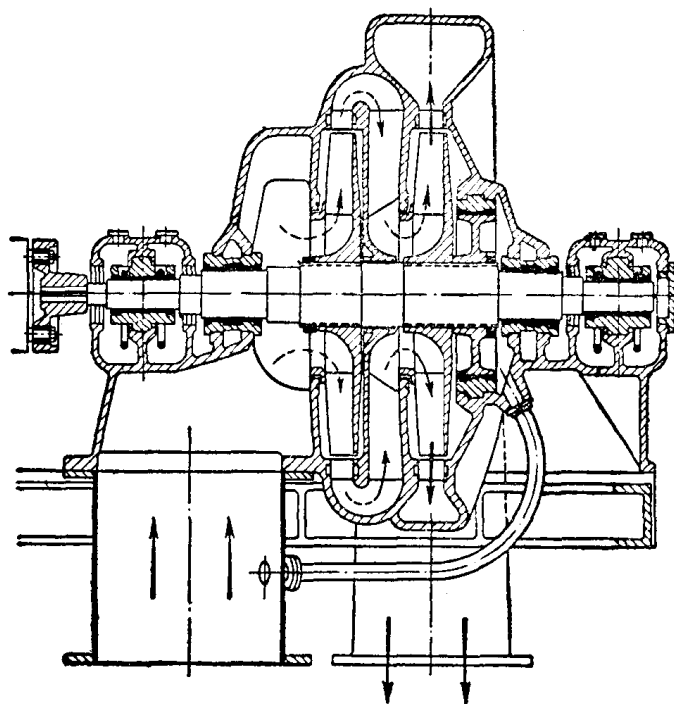


圖 1-5 多級离心式鼓風机

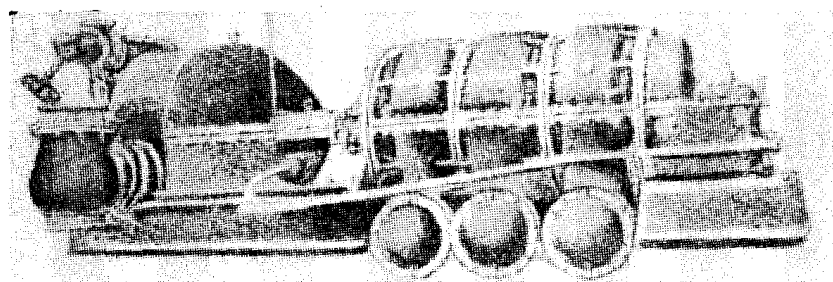


圖 1-6 多級式壓縮机

單面进風的鼓風机，其軸向力可达到很高，不得已时必须采取特殊的減輕負荷的裝置。

壓縮机一般制成多級式的，而且常是級数較多的。

大型的固定式壓縮机，在某級之間进行冷却就够了(亦常常进行机体的冷却)，因此將壓縮机分为若干“汽缸”，在各汽缸內各集合 2—3 个轉子(圖 1-6)。