

中等专业学校教学用书

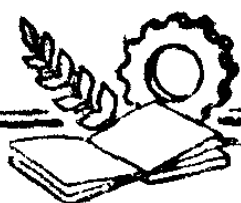
# 泵 和 压 缩 机

兰州石油学校編



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



# 泵和压缩机

兰州石油学校編

中国工业出版社

本書簡單扼要地介紹了泵和壓縮機的原理、結構、使用和操作知識，  
而重點敘述了泵和壓縮機的原理，以及我國與蘇聯出品的泵和壓縮機的結  
構。

本書為中等石油專業學校教材，也可供從事於泵和壓縮機的工程技術  
人員參考。

## 泵 和 壓 縮 機

蘭州石油學校編

\*

中國工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

地質印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

\*

開本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印張 $12\frac{1}{2}$ ·插頁1·字數266,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印數0001—1137·定價（9—4）1.20元

統一書號：15165·591（石油—74）

## 序 言

这本书的编写工作是根据炼厂机械专业四年制“泵和压缩机”教学大纲进行的。本书适合于中等石油专业学校学生使用。

这本书主要介绍泵和压缩机的原理、结构、使用和操作等知识，使学生将来能应用以上知识从事于生产劳动。关于泵和压缩机的安装检修知识，在“炼厂设备安装检修”课程中已有介绍，这里不再介绍了。同时考虑本专业学生将来不专门从事泵和压缩机的设计工作，因此，有关泵和压缩机设计方面的知识，也不作介绍。

这本书的有关内容，可根据天然石油厂和人造石油厂机械专业不同的培养目标有选择的讲授。譬如，人造石油厂机械专业可介绍合成煤气用的煤气压缩机、循环压缩机等知识，但天然石油厂机械专业可以不介绍，储运专业亦可以有选择地采用本书内容。另外，本书中有些章节，例如空气室的理论计算、阀的理论、比转数的推演等仅供教学参考，可以不进行讲授。

这本教材由我校储运教研室集体讨论，梁根松同志执笔编写。在编写本书过程中，由于我们水平较低，加之，时间又很仓促，仅根据现有资料，并参考了一些兄弟院校有关资料匆匆编出，错误定所难免，希望读者给以批评指正。

兰州石油学校

1961.5

# 目 录

序言  
緒論

## 第一篇 泵

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第一章 往复泵 .....              | 11  |
| 第1节 往复泵的工作原理及分类 .....      | 11  |
| 第2节 往复泵的平均理論流量 .....       | 13  |
| 第3节 动力泵活塞的运动規律及流量曲綫图 ..... | 14  |
| 第4节 往复泵的实际流量和流量系数 .....    | 18  |
| 第5节 空气室的原理及其計算 .....       | 19  |
| 第6节 吸入过程和排出过程 .....        | 23  |
| 第7节 往复泵的压头 .....           | 31  |
| 第8节 往复泵的功率和效率 .....        | 32  |
| 第9节 閥的理論 .....             | 34  |
| 第10节 往复泵的主要零件 .....        | 39  |
| 第11节 直接作用蒸汽泵 .....         | 45  |
| 第12节 往复泵的结构 .....          | 49  |
| 第13节 往复泵的操作 .....          | 58  |
| 第二章 离心泵 .....              | 61  |
| 第1节 离心泵的工作原理和分类 .....      | 61  |
| 第2节 液体在叶輪內流动規律 .....       | 63  |
| 第3节 离心泵的理論流量和实际流量 .....    | 64  |
| 第4节 离心泵的吸入过程、排出过程和压头 ..... | 65  |
| 第5节 离心泵的理論 .....           | 66  |
| 第6节 离心泵的效率 and 功率 .....    | 71  |
| 第7节 比轉数 .....              | 72  |
| 第8节 离心泵的特性曲綫 .....         | 75  |
| 第9节 离心泵特性曲綫的換算方法 .....     | 78  |
| 第10节 离心泵在管路上的工作 .....      | 81  |
| 第11节 离心泵的主要零件 .....        | 85  |
| 第12节 离心泵的结构 .....          | 90  |
| 第13节 离心泵的操作 .....          | 127 |
| 第三章 其它型式的泵 .....           | 130 |
| 第1节 轉子泵 .....              | 130 |
| 第2节 手搖泵 .....              | 133 |
| 第3节 比例泵 .....              | 134 |
| 第4节 噴射泵 .....              | 136 |
| 第5节 酸蛋 .....               | 137 |

## 第二篇 压 縮 机

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第四章 往复式压縮机 ..... | 138 |
|------------------|-----|

|            |                             |            |
|------------|-----------------------------|------------|
| 第 1 节      | 往复式压缩机工作原理及分类 .....         | 138        |
| 第 2 节      | 往复式压缩机的流量 .....             | 141        |
| 第 3 节      | 往复式压缩机的功率和效率 .....          | 144        |
| 第 4 节      | 多级压缩机 .....                 | 145        |
| 第 5 节      | 石油气体压缩的特点 .....             | 147        |
| 第 6 节      | 往复式压缩机的主要零件 .....           | 148        |
| 第 7 节      | 往复式压缩机的结构 .....             | 157        |
| 第 8 节      | 往复式压缩机的操作 .....             | 176        |
| <b>第五章</b> | <b>离心式压缩机、鼓风机和通风机 .....</b> | <b>179</b> |
| 第 1 节      | 离心式压缩机和鼓风机的工作原理 .....       | 179        |
| 第 2 节      | 离心式压缩机和鼓风机的性能 .....         | 179        |
| 第 3 节      | 离心式压缩机和鼓风机的特性曲线 .....       | 181        |
| 第 4 节      | 离心式压缩机和鼓风机的主要零件和结构 .....    | 182        |
| 第 5 节      | 离心式通风机的工作原理和分类 .....        | 184        |
| 第 6 节      | 离心式通风机的性能 .....             | 185        |
| 第 7 节      | 离心式通风机的特性曲线 .....           | 188        |
| 第 8 节      | 离心式通风机的主要零件和结构 .....        | 188        |
| <b>第六章</b> | <b>其它型式的压缩机 .....</b>       | <b>191</b> |
| 第 1 节      | 迴转式压缩机和鼓风机 .....            | 191        |
| 第 2 节      | 轴流式通风机 .....                | 194        |
| 第 3 节      | 真空泵 .....                   | 195        |



## 緒 論

泵和压缩机是输送液体和气体的机械设备。输送液体并提高液体压力的机械称为泵，输送气体并提高气体压力的机械称为压缩机。

在石油厂中，整个生产过程就是处理气态和液态原料、中间产品以及最后成品。要完成整个生产过程，必须用泵和压缩机来输送这些液体和气体，并增加它们的压力。泵和压缩机对于石油厂整个生产过程的机械化，特别在近代连续操作的工艺装置中更为重要。因此，在石油厂中，任何工艺装置中几乎都装配着各种类型的泵和压缩机。例如，在常、减压装置中，装配着输送原料油用的原料泵，往塔顶打回流用的回流泵，抽送塔底残油用的残油泵和输送成品用的成品泵；在高压加氢厂中，采用大型多级压缩机往高压室输送压缩氢气，又采用循环压缩机提高从高压室中出来未参加反应的循环氢气压力；此外，给排水要使用各种水泵，设备的安装和检修、控制仪器要使用压缩机以供给压缩空气，蒸汽锅炉、加热爐的鼓风和生产车间的通风等都要使用不同类型的泵。所以，在石油厂的各个工艺装置中，为了实现工艺过程，必须采用各种用途和各种类型的泵和压缩机。

对石油厂中所采用的泵和压缩机，除了应有一般的要求外，还有一些特殊的要求。因为在石油厂中所输送的流体，往往是具有腐蚀性的液体和具有爆炸危险性的气体，并在高温、高压情况下操作。例如，在裂化装置中，要输送温度为 $350-400^{\circ}\text{C}$ 、压力为55—65大气压力的原料；在高压加氢装置中，要输送200压力以上的压缩氢气；此外，在精制设备中，还输送对金属具有腐蚀作用的酸液和碱液等。因此，泵和压缩机不仅要求具有耐高温、耐高压和耐腐蚀的特性，并且要具有特殊的结构型式。

由上述可见，泵和压缩机在石油厂中占有重要的地位，当这些设备一旦发生了故障，就会影响整个生产甚至使整个装置处于停顿状态。为此，我们不仅要了解和熟悉这些设备的工作原理和结构，同时还要熟悉这些设备的正确使用和操作。

泵和压缩机的发展历史是和人类为利用自然力而进行斗争的历史紧密地联系着的。在祖国的历史上，早就有着许多提水工具的卓越创造和发明。原始的戽斗是在公元前1644年—1640年由公刘创造的，它是一个柳条编制的或木制的斗，在两边各连两条绳子，由两人对立着，拉住绳子，把斗挥动，就能从低的地方，把水送到高的田地里去。现在许多地区还很通行。此外，桔槔（图1）是在公元前1765—1760年由伊尹发明的，是利用杠杆原理的提水工具。就是在井边的大树上或者在井边建立架子，横卧一竿，竿的一头，吊着一根长竿，竿头钩住水桶，下垂井中，竿的另一头，缚一块大石头，平衡其重量，提水时可以大为省力。为了从深井中取水，公元前1115年—1079年进一步发明了辘轳（图2）。它是在井边建立架子，上置一根粗的横轴，轴上缠着挂水斗的绳子，轴的一头装着曲柄。人转动曲柄，绳子便带着水斗，上下汲取井水。目前在北方各地农村还广泛的应用。

在江苏、浙江、湖南和四川各省，广泛使用的水车，是在公元前168—189年由马钧发明的。它是利用齿轮和链唧筒的原理，使它吸水。车身是一狭长的板槽，当中安放着一块块连接的木板（龙骨板），连成一个圈，套在大轴的齿轮上，因为龙骨板的宽窄恰好和槽身配合，所以，只要把板槽的一头放进水里，同时，使轮轴转动，就能

把水从板槽里刮上来。为了使大轴转动容易，通常都在大轴的两端，装上拐木四根，放在岸上的木架上，人凭着架子，踏动拐木，龙骨板便能循环不息地刮水上岸了（图3）。到元朝时，水车又经过不断地改良，有了牛转水车（图4）、水转水车（图5）。到明朝末年，又有了风转水车。这些水车，都能进一步利用简单的机械代替人力。现在江浙平原，牛转水车和风转水车仍很普遍。在湖南、四川、贵州、甘肃一带河流湍急的地方，都用水转水车，甘肃兰州的水车如图6所示。据传我国早就有了抽水唧筒，可是由于历来帝王的封建统治，使生产力的发展受到阻碍，甚至许多创造发明失传。

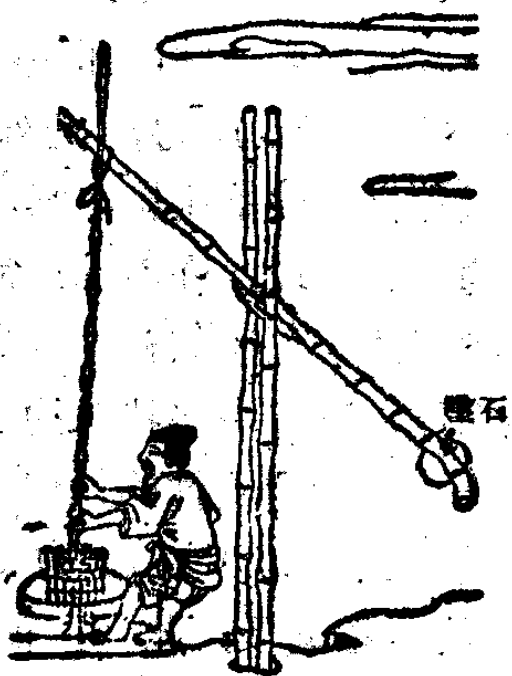


图1 桔槔

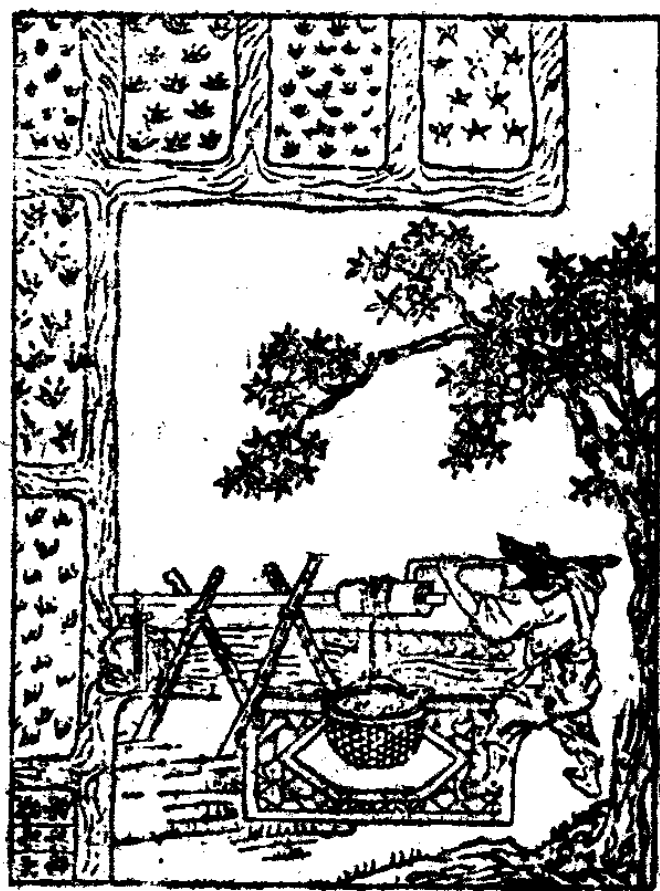


图2 水转水车



图3 水车

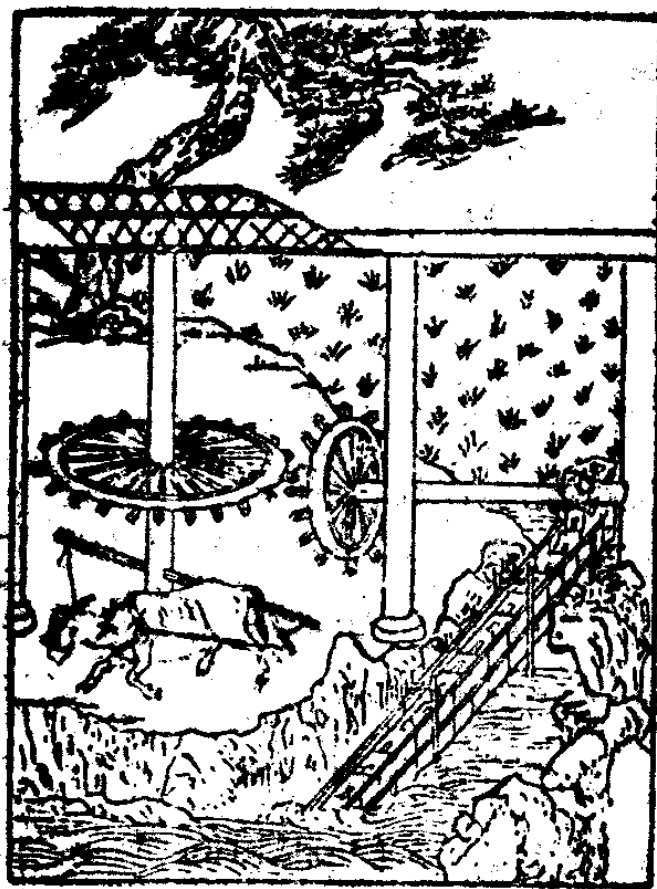


图4 牛转水车

最原始的往复泵（图7），据说是在纪元前一、二世纪古希腊创造的，当时用来灭火。但由于当时技术发展水平较低，在制造上存在困难而受到限制。直至十九世纪，由于钢铁工业发达和蒸汽机的出现，才出现比较成熟的蒸汽直接作用泵。这种泵的泵缸和蒸汽

机合用一个連杆，泵的活塞由蒸汽机的活塞直接推动，不需要任何其它中間机构，因而得到广泛的应用。然后，又出现了多作用的往复泵。

离心泵（图8）在中世紀已經发明出来了，但由于构造不完善，效率亦很低，故沒有得到实际的应用。直到二十世紀初期，电动机和蒸汽透平得到广泛的应用，这时离心泵代替了往复泵而被广泛地应用着，因为它是一种結構紧凑、簡單和費用低，并且操作可靠的高速机械。

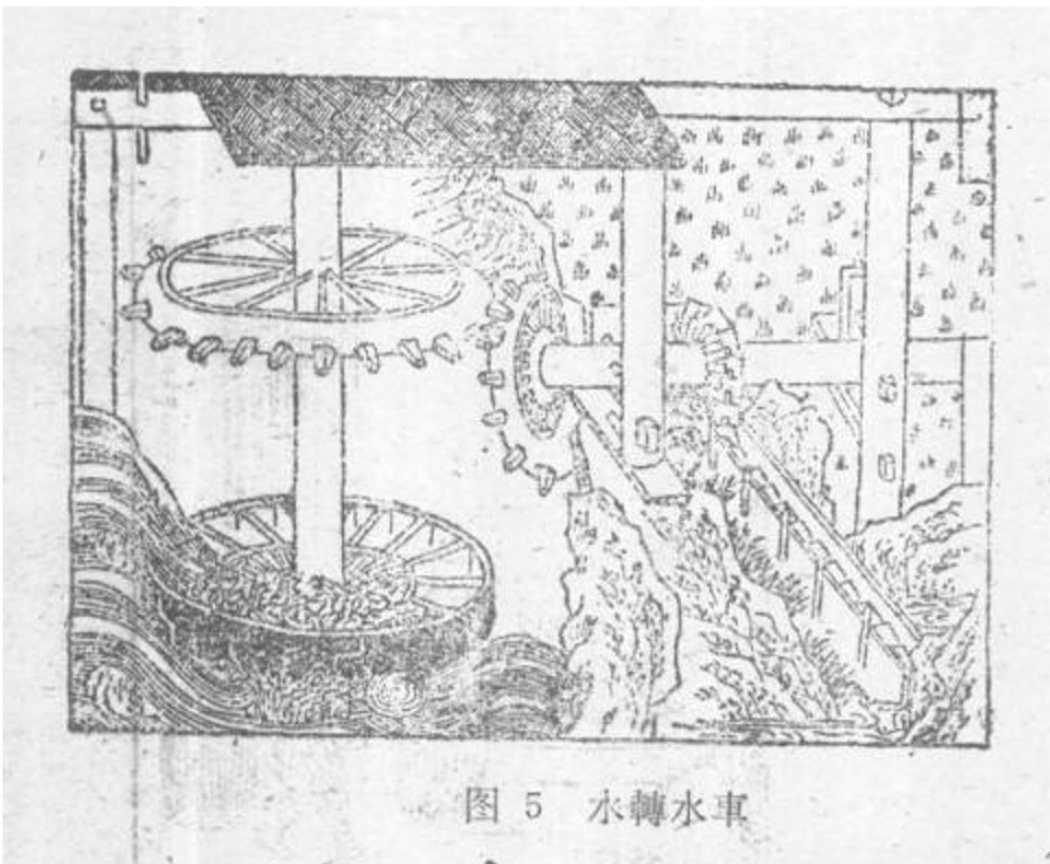


图 5 水轉水車

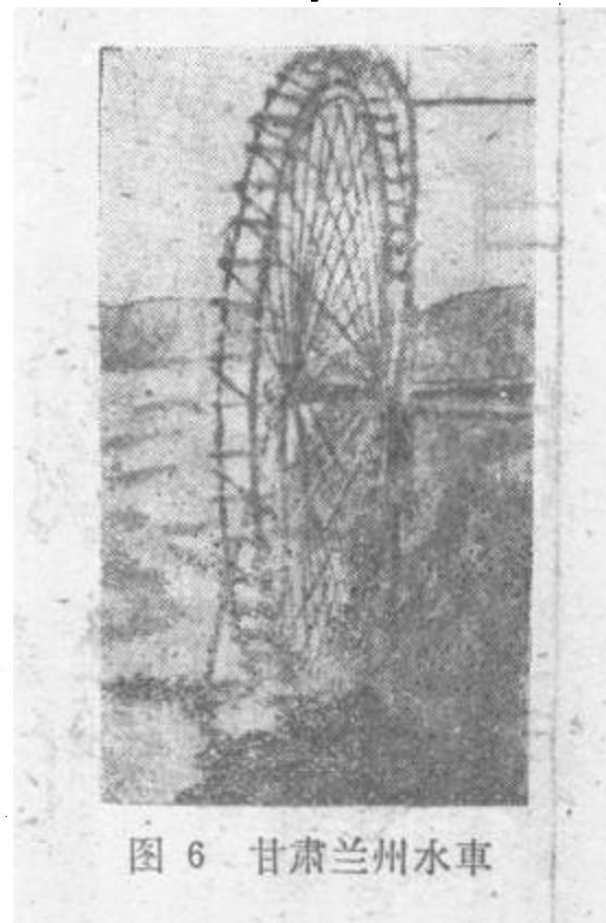


图 6 甘肃兰州水車



图 7 往复泵（老式的）

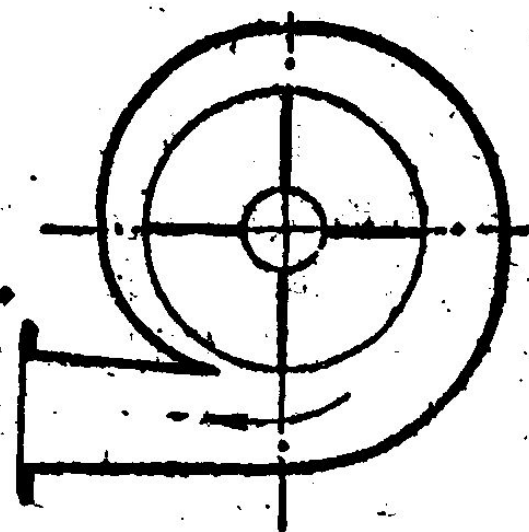


图 8 原始的离心泵

空气压缩机械早在我国很古的时候已經在銅鉄生产中被采用。当时还只是一种比較簡陋的鼓风机——风箱（图9）。它是箱內装着鞣輪（即活塞），以連杆来推动，并有吸气和排气用的活門。随后出现了揚穀风車（图10）。它是由风扇、曲柄和活門等組成。目前，我国南方一带还广泛应用着。在十八世紀中才出现了离心式压缩机和通风机。

我国在解放以前，这类现代化的設備大部分是依靠外国进口的，同时，本国的泵和压缩机制造发展的很慢，甚至沒有专门制造泵和压缩机的工厂。

解放后，在党的领导和苏联的帮助下，我国已能生产各种类型的泵和压缩机，并建立了許多专门制造泵和压缩机的工厂。例如，沈阳水泵厂、沈阳空气压缩机厂、沈阳扇风机厂、大連冷冻机厂、国营重庆空气压缩机厂以及各地方的泵和压缩机制造厂等。这些工厂的产品数量和质量都在不断地提高，特别是自1958年以来，在党的总路綫、大跃进、人民

公社三面紅旗的鼓舞下，广大的工人群众以冲天的革命干劲和科学的革命精神，大搞技术革新和技术革命，使祖国的泵和压缩机制造工业得到迅速的发展。如我国已仿制成条件最苛刻、结构最复杂的热裂化高压离心油泵、多級高压压缩机等。这一切都显示出社会主义社会的强大和无限的生命力。随着我国社会主义革命事业的发展，在泵和压缩机的制造方面，必然会得到更迅速的发展。

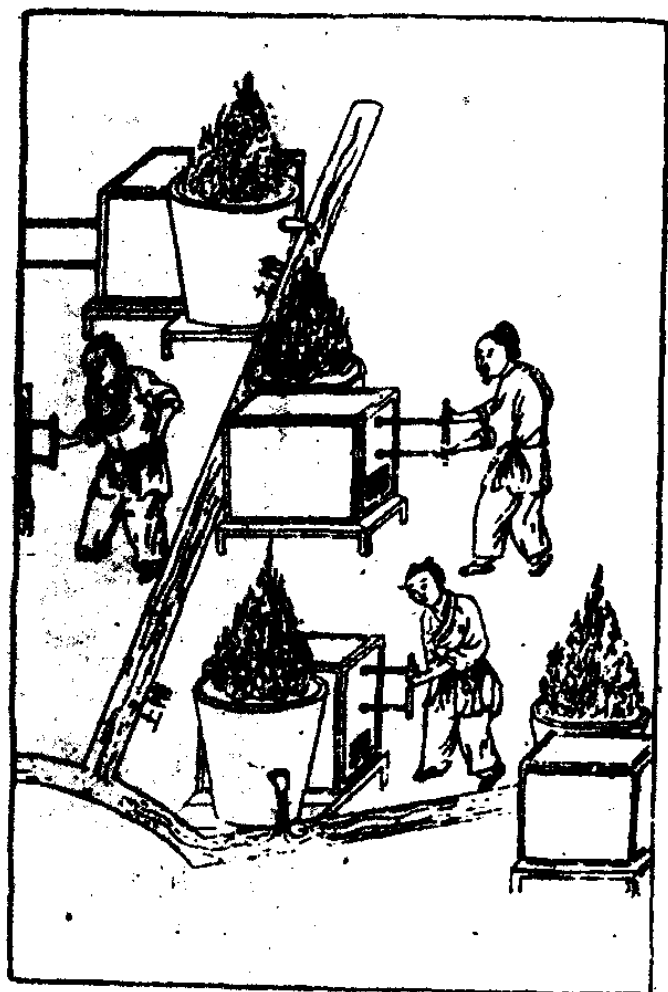


图 9 鑄鼎用的风箱



图 10 风車

下面介紹一下泵和压缩机的分类。

泵是輸送液体的机械設備，它的种类頗多，但基本上可分为三大类：

- 一、容积泵——依靠工作室容积間歇地改变而輸送液体的。例如往复泵和轉子泵，
- 二、叶片泵——依靠工作叶輪的旋轉运动而輸送液体的。例如离心泵和軸流泵，
- 三、噴射泵——依靠工作液体的能量而輸送液体的。例如噴射泵和揚水泵。

压缩机是輸送气体的机械設備，它基本上可分为三类：

- 一、往复式压缩机；
- 二、离心式压缩机；
- 三、軸流式压缩机。

# 第一篇 泵

## 第一章 往 复 泵

### 第 1 节 往复泵的工作原理及分类

#### 一 往复泵的工作原理

往复泵有两个基本组成部分：直接输送液体的液缸（泵缸）部分和从原动机将能量传给液缸部分的传动部分。

图 1—1 中所示为单作用往复泵简图。在泵缸 1 中装有活塞 2。泵缸上装有阀室 4。阀室中装有液体单向流动的吸入阀 5 和排出阀 6。泵缸中活塞与阀之间的空间称为工作室。从下面与吸入阀相连接的有吸入管路 7 和吸入缸 8。在排出阀的上面有排出管路 9 相连接。

当活塞 2 由泵缸 1 的左死点开始向右移动时，泵缸工作室内的容积逐渐增大，形成低压，而吸入缸 8 中的液体，在大气压力作用下进入吸入管路，沿管上升，顶开吸入阀 5 进入工作室。至活塞移动到右死点为止，此时，工作室容积为最大值，所吸入的液体也达到极限。然后，活塞在外力作用下便开始向左移动，液体受到挤压，压力增高，即顶开排出阀 6，进入排出管路 9 中。当活塞移至左死点时，将所吸入的液体排尽，此时已完成一个工作循环。当活塞又开始向右移动时，泵缸工作室内容积增大而压力降低，往复泵即周而复始地不断工作。

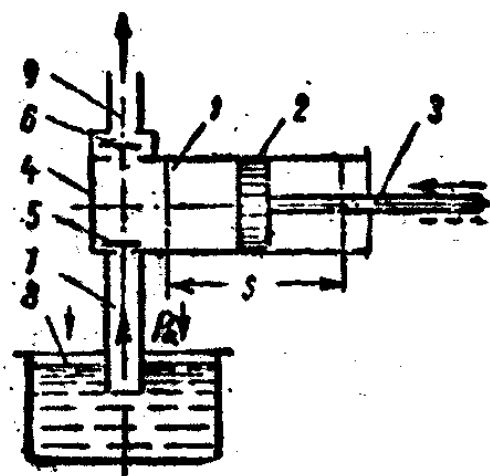


图 1—1 往复泵的液缸部分  
1—泵缸；2—活塞；3—活塞杆；  
4—阀室；5—吸入阀；6—排出  
阀；7—吸入管路；8—吸入缸；  
9—排出管路。

活塞在泵缸内移动到右端顶点或左端顶点，此顶点叫死点。两死点之间的活塞行程叫做冲程（一般以  $S$  表示）。每一个工作循环中有一个吸入冲程和一个排出冲程。连续进行两个冲程，通常称为一个双冲程。

#### 二 往复泵分类

1. 按照泵的传动装置可分为：

- 1) 动力泵——由原动机通过曲柄连杆机构使活塞作往复运动的往复泵（图 1—2a）。
- 2) 直接作用泵——泵缸活塞与动力缸活塞通过同一根活塞杆传动的往复泵（图 1—2b）。

传动用工作介质有蒸汽、压缩空气、压力油等。在石油厂内常用的是蒸汽直接作用泵。

- 3) 手动泵——依靠人力通过槓杆作用使活塞作往复运动的往复泵（图 1—2b）。

## 2. 按照活塞的形状可分为:

1) 活塞泵——泵缸内具有直径较大和厚度较小的活塞(图1-3a)。同时活塞上装有活塞环(涨圈)来密封泵缸内所分隔的高、低压工作室。这种活塞通常叫做盘状活塞。

2) 活柱泵——泵缸内具有一种直径较小,长度至少与冲程相等的柱状活塞(图1-36),通常称为柱塞。柱塞上没有涨圈,因为柱塞泵是依靠与活塞杆接触的盘根箱来达到密封的。

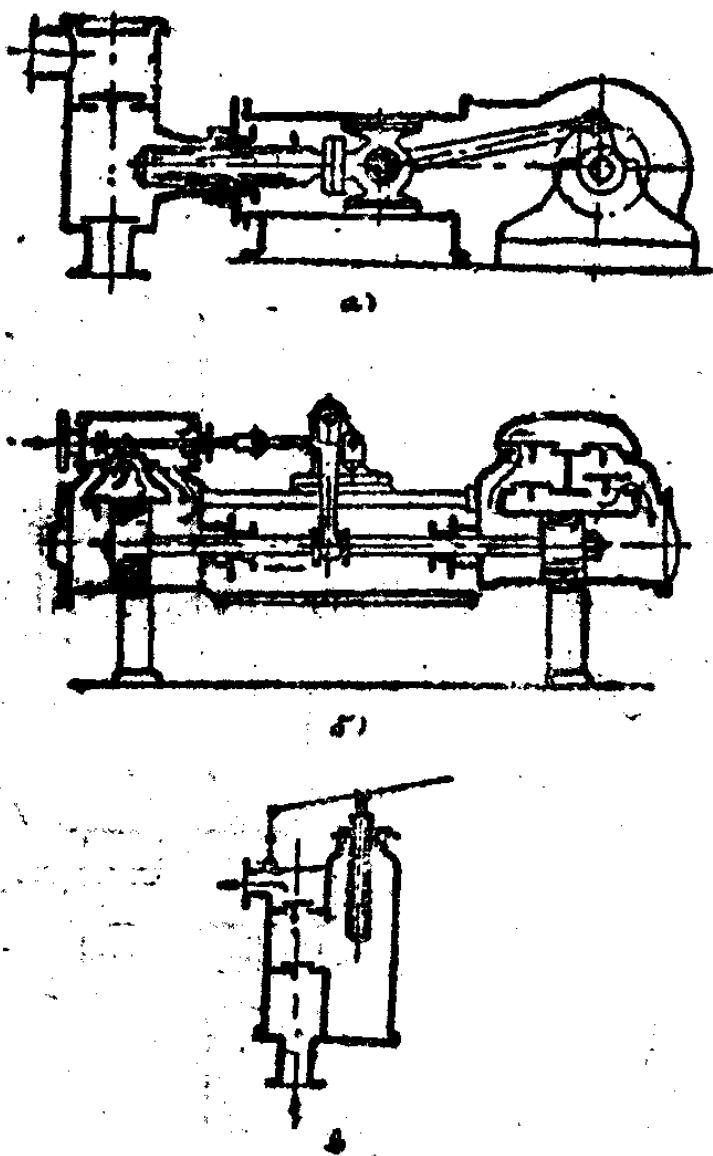


图 1-2 各种往复泵

a—动力泵; b—蒸汽直接作用泵; c—手动泵。

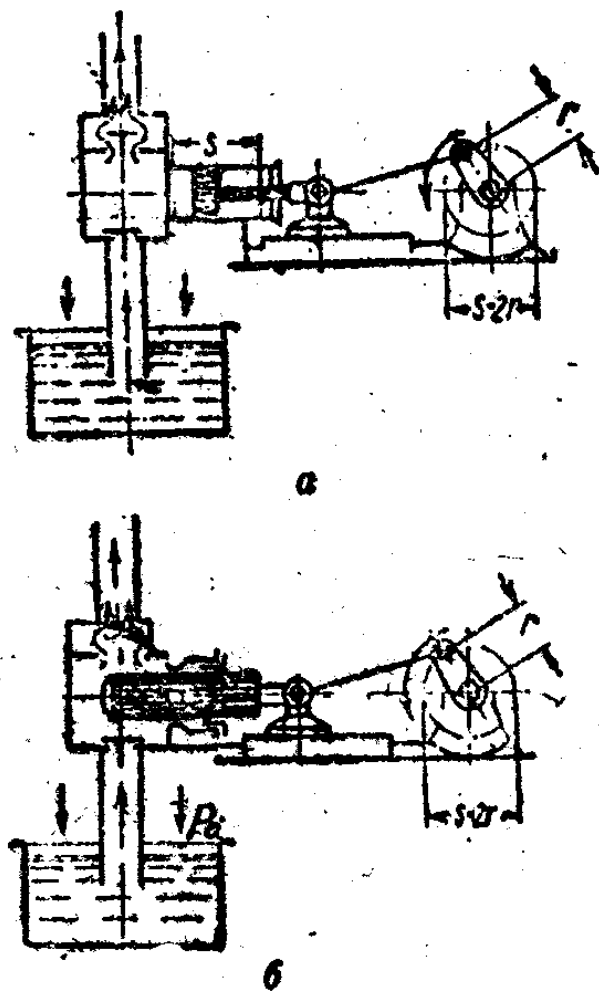


图 1-3 单作用活塞泵(a)和柱塞泵(b)的示意图

## 3. 按照工作方式可分为:

1) 单作用泵——每当轴转一周时(即活塞进行两个冲程时)只有一次吸入过程和一次排出过程(如图1-3)。

2) 双作用泵——每当轴转一周时,有两次吸入过程和两次排出过程(图1-4)。

3) 差动泵——每当轴转一周时,有一次吸入过程和两次排出过程,或者是一次排出过程和两次吸入过程(图1-5)。

通常差动泵活塞的面积为活塞杆面积的两倍。这样,排出的液体可分为两次均匀地吸入(图1-5a)或吸入的液体可分为两次均匀地排出(图1-5b)。

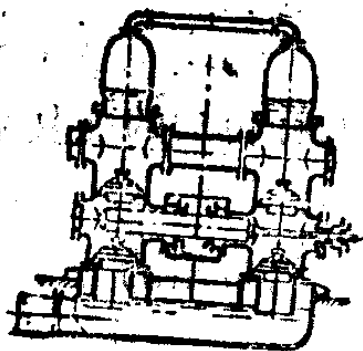


图 1-4 双作用活柱泵示意图

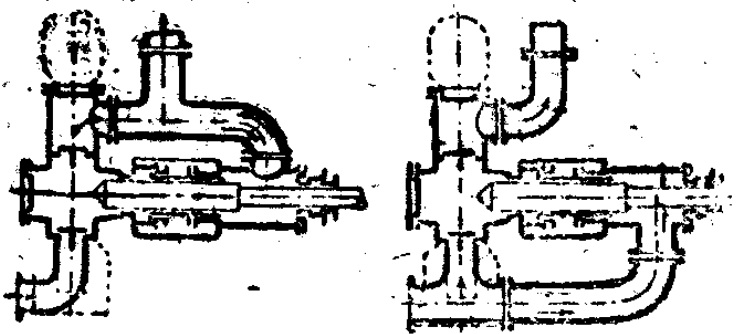


图 1-5 差动泵的示意图

4. 按照泵缸的数目可分为：单缸泵、双缸泵和三缸泵。
5. 按照泵缸的位置可分为：立式泵和卧式泵。
6. 按照所产生的压力可分为：低压泵、中压泵和高压泵。
7. 按照轴的转速可分为：低速泵（ $n=40$ 轉/分），正常泵（ $n=60-75$ 轉/分），高速泵（ $n<120$ 轉/分），超高速泵（ $n>120$ 轉/分）。
8. 按照泵的用途可分为：原料泵、迴流泵、成品泵、备用泵、試压泵等。
9. 按照輸送介质可分为：原油泵、汽油泵、潤滑油泵、酸泵、碱泵等。
10. 按照操作溫度可分为：热油泵、冷油泵等。

因此，按照往复泵的各种用途，可以有各种不同结构的泵。

## 第2节 往复泵的平均理論流量

往复泵的平均理論流量（ $Q_{cp}$ ）——活塞是等速运动，同时不考虑任何漏損，单位時間內泵所排出的液体量称之为平均理論流量。通常以升/秒、米<sup>3</sup>/秒、米<sup>3</sup>/时来表示。

对于单作用泵（图1—3）来说，其平均理論流量計算公式如下。

設单作用泵的冲程长度为  $S$ （米），活塞的工作面积为  $F$ （米<sup>2</sup>），則活塞的排容（即活塞所排出的液体容积）为：

$$V = FS, \text{ 米}^3$$

假如泵每分鐘的轉数为  $n$  轉/分（或每分鐘內活塞的双冲程数，双冲程/分），則泵每秒钟內所排出的平均理論流量为：

$$Q_{cp} = \frac{Vn}{60} = \frac{FSn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-1)$$

对于双缸单作用泵来说，其平均理論流量：

$$Q_{cp} = \frac{2FSn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-2)$$

对于单缸双作用泵来说，其平均理論流量計算如下。

在单缸双作用泵里，泵的两边都排出液体。但在具有活塞杆的工作室内，由于活塞杆的横面积的影响，該側的活塞排容为：

$$V_1 = (F - f)S, \text{ 米}^3$$

式中  $f$ ——活塞杆的横断面积，米<sup>2</sup>。

而活塞的另一側排容与单作用泵相同，即：

$$V_2 = FS, \text{ 米}^3$$

因此，这种泵的活塞排容为：

$$V = V_1 + V_2 = (F - f)S + FS = (2F - f)S, \text{ 米}^3$$

則其平均理論流量为：

$$Q_{cp} = \frac{(2F - f)Sn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-3a)$$

考虑到活塞杆的影响，我們引入活塞杆断面积影响系数  $\psi$ 。这一概念即：

$$\psi = \frac{2F - f}{2F} = 1 - \frac{f}{2F}$$

因此，公式 (1-3a) 可改为：

$$Q_{cp} = \phi \frac{2FSn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-36)$$

对于三缸单作用泵来说，其平均理论流量：

$$Q_{cp} = \frac{3FSn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-4)$$

对于双缸双作用泵来说，其平均理论流量：

$$Q_{cp} = \phi \frac{4FSn}{60}, \text{ 米}^3/\text{秒} \quad (1-5)$$

对于差动泵来说，其平均理论流量与单作用泵相同。

综合上述公式，即往复泵的平均理论流量一般公式为：

$$Q_{cp} = i\phi \frac{2FSn}{60} \quad (1-6)$$

式中  $i$ ——泵缸的数目。

### 第3节 动力泵活塞的运动规律及流量曲线图

蒸汽直接作用泵的流量，由于蒸汽压力不变和活塞运动速度均匀，在整个冲程中几乎是不变的。可是动力泵由于通过曲柄连杆机构（如图1-6）传动，所以活塞的运动速度是不均匀的。

现在我们研究动力泵的活塞运动规律：

设  $x$ ——曲柄角  $\alpha$  时活塞的行程。

于是： $x = l + r - l \cos \beta - r \cos \alpha = r(1 - \cos \alpha) + l(1 - \cos \beta)$

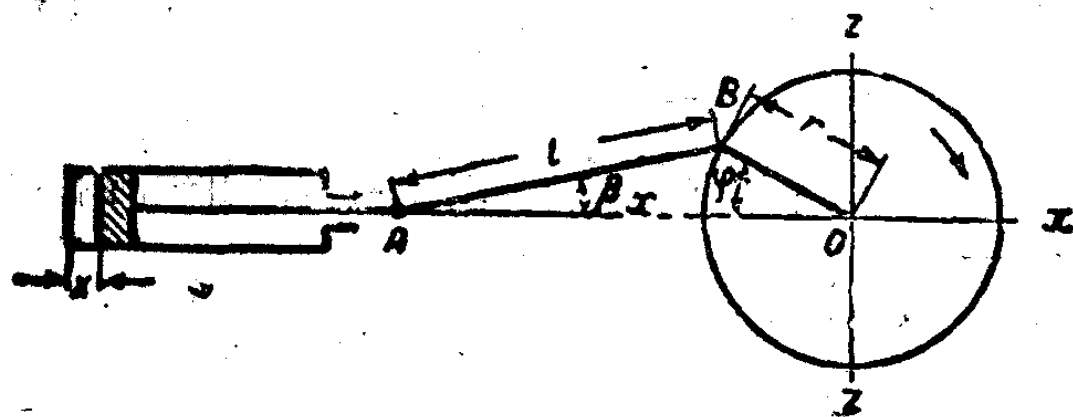


图 1-6 曲柄连杆机构示意图

通常曲柄半径  $r$  与连杆长度  $l$  之比值称之为径长比  $\lambda$ 。往复泵的径长比一般为  $\lambda = \frac{1}{5} - \frac{1}{45}$ 。但实际上我们假定连杆为无限长，而  $\beta$  角度为无限小，则  $\cos \beta \approx 1$ ，其结果误差不大，因此，活塞的行程可以采用下列公式，即：

$$x = r(1 - \cos \alpha) \quad (1-7)$$

单位时间  $dt$  内，活塞行程的变化称之为活塞运动的速度  $u$ ，即：

$$u = \frac{dx}{dt} = r \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

因为  $\frac{d\alpha}{dt} = \omega = \text{常数}$ ，所以

$$u = r\omega \sin \alpha \quad (1-8)$$

式中  $\omega$ ——角速度，1/秒。

单位时间  $dt$  内，活塞速度的变化称之为活塞运动的加速度  $j$ ，即：

$$j = \frac{du}{dt} = r \omega \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

同样的

$$j = r \omega^2 \cos \alpha \quad (1-9)$$

根据上述公式可以判断出，活塞速度是按正弦规律变化，活塞加速度是按余弦规律变化的，而且当  $\alpha = 90^\circ$  及  $270^\circ$  时（活塞在泵缸中间位置时）活塞速度为最大值；当  $\alpha = 0^\circ$  及  $180^\circ$  时（活塞在泵缸死点位置时），活塞加速度为最大值。

知道活塞在整个行程内是非等速运动的，我们便可以找出流量变化的规律。

现在我们以单作用泵为例来讨论一下流量的变化规律。

我们知道泵所排出的液体容积为活塞的面积和活塞的速度乘积，而活塞的面积是一个常数，因此泵所排出的流量在一个冲程中变化是与活塞速度变化相一致的。即单作用泵的瞬时流量为：

$$Q_{\text{瞬}} = F U = F r \omega \sin \alpha \quad \text{米}^3/\text{秒} \quad (1-10)$$

假如我们来证明一下单作用泵所排出的液体容积  $V$ 。

单位时间  $dt$  内，单作用泵所排出的流量为：

$$dQ = F r \omega \sin \alpha dt$$

因为  $\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \text{常数}$ ，所以  $dt = \frac{d\alpha}{\omega}$

$$dQ = F r \sin \alpha d\alpha \quad (1-11)$$

上式从  $\alpha = 0$  到  $\alpha = \pi$  积分，便得到单作用泵所排出的液体容积  $V$ 。

$$V = \int_0^\pi dQ = \int_0^\pi F r \sin \alpha d\alpha = -F r \left| \cos \alpha \right|_0^\pi = 2Fr = FS$$

同理，液体在吸入管路和排出管路内运动的性质和活塞运动的性质是一致的。根据液体连续性流动的定理，它们的关系如下：

$$Q_{\text{瞬}} = F_{\text{吸}} U_{\text{吸}} = F U \quad (1-12)$$

$$Q_{\text{瞬}} = F_{\text{排}} U_{\text{排}} = F U \quad (1-13)$$

式中  $U_{\text{吸}}$ ——吸入管路中的液体速度。

$U_{\text{排}}$ ——排出管路中的液体速度。

$F_{\text{吸}}$ ——吸入管路的截面积。

$F_{\text{排}}$ ——排出管路的截面积。

因为管路的截面积是常数，所以管路中的液体流量变化和泵缸内的液体流量变化是一致的。

为了简单明了起见，我们用曲线图来表示流量变化的规律。这种曲线图便叫做流量曲线图。

### 一 单作用泵的流量曲线图

根据公式 (1-10) 可以如下地作出流量曲线图。

我们以一定的比例画一个半径为  $Fr\omega = \frac{1}{2}FS$  的半圆周（图1-7）。对于任何角

度 $\alpha$ ，同时也是对活塞离开原点任何距离 $x=Oa$ ，綫段 $aa_1$ 与 $dV$ 值成正比。假如以縱坐标按一定比例表示瞬时流量 $Q_{瞬}$ ，横坐标按一定比例表示曲柄旋轉角度 $\alpha$ ，則我們便可得到一条根据曲柄旋轉角度来表示流量变化特性的正弦曲綫，同时包含在这曲綫和横坐标軸之

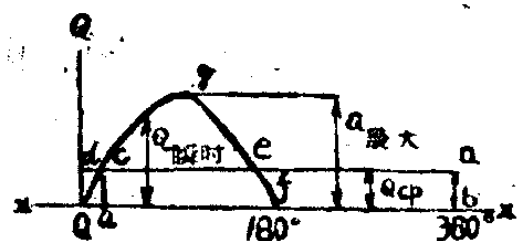


图 1—7 单作用动力泵流量曲綫

間的面积表示了一个冲程里的排容。因为在单作用泵里，相反的冲程里是没有流量的，所以这个面积便是曲柄旋轉一轉时全部流量。

現在我們以 $2\pi$ 为底边，而以 $Od$ 为高的矩形面积表示泵的平均理論流量，其大小与正弦曲綫下所包含的面积相等。

泵在一轉中的最大流量 $Q_{最大}$ 和平均理論流量 $Q_{cp}$ 之比来说明流量不均匀程度，通常将这一比值称为流量不均度，以 $m$ 表示。

单作用泵的流量不均度为：

$$m = \frac{Q_{最大}}{Q_{cp}} \quad (1-14)$$

因

$$Q_{cp} = \frac{FSn}{60} = \frac{Frn}{30}$$

$$Q_{最大} = FC_{最大} = Fr \frac{2\pi n}{60} = \frac{Fr\pi n}{30}$$

則

$$m = \frac{\frac{Fr\pi n}{30}}{\frac{Frn}{30}} = \pi = 3.14$$

这說明单作用泵的最大流量为平均理論流量的3.14倍。

## 二 双作用泵的流量曲綫图

同样地，我們可以画出双作用泵的流量曲綫图（图 1—8）。假如具有大小相等的两个活塞，而由互差 $180^\circ$ 的曲柄带动的双作用泵，其流量曲綫图可以先繪出一个活塞的流量

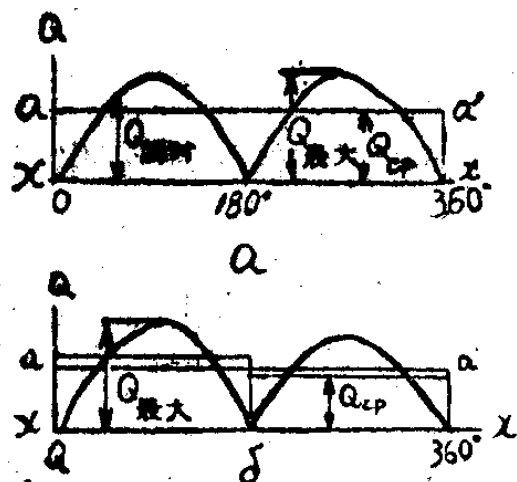


图 1—8 双作用泵流量曲綫

曲綫，然后在 $\pi-2\pi$ 綫段上繪出另一个活塞的流量曲綫，这样就是双作用泵的流量曲綫图（图 1—8.a）。假如所研究的是单缸双作用泵，也就是活塞的两边同时工作时，那么，由于活塞杆的影响，右边的流量将少于左边的流量，因此，代表泵缸右边的正弦曲綫也比左边的低一些（图 1—8b）。

双作用泵的流量不均度为：

$$m = \frac{Q_{最大}}{Q_{cp}}$$

因

$$Q_{cp} = 2 \frac{Frn}{30}$$