

高等学校交流讲义

泵和压缩机

天津大学等院校合编



中国工业出版社

78.64
131

高等学校交流讲义



泵和压缩机

天津大学等院校合編

中国工业出版社

本书取材于国内某些高等院校的“泵和压缩机讲义”，并参考有关书籍汇编而成，可供大学四、五年制化工机械专业教学之用。

本书以较大篇幅阐述基本原理，以加强理论知识，同时，十分注意有关系与压缩机零件结构的叙述，并简单介绍了主要类型的泵与压缩机，企图通过本书的内容，使学生学到有关系与压缩机选用、运转、维修等基础知识。

本书共分三篇，第一篇以离心泵为主，并对往复泵，其他类型泵做了一定程度的阐述。第二篇为压缩机，主要讲往复式压缩机，特别对于往复式压缩机的主要零件给予很大篇幅。第三篇为鼓风机及真空泵。

由于时间和人力所限，本书不够完善之处在所难免。又因本书系选材汇编而成，因而叙述方式、深广度及内容之间的相互协调都会存在一定问题。为了使这门课程内容不断提高、充实、适用，希各院校师生在教学中、实践中能更多地提出意见，以供再版修改之用。

参加本书选编的，有大连工学院、天津大学、天津化工学院、北京化工学院、成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、河北工学院、浙江大学和南京化工学院等十个院校。

压缩机部分系取材于 M.И. 弗廉克尔所著“活塞式压缩机”一书和 A.M. 卡德罗夫等著“压缩机”一书。

泵 和 压 缩 机

天津大学等院校合编

*

化学工业部图书编辑室编辑（北京安定门外和平北路四号楼）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{16}$ ·印张 $14\frac{1}{8}$ ·插页2·字数315,000

1961年8月北京第一版·1965年2月北京第五次印刷

印数9,924—10,983·定价（科五）1.80元

*

统一书号：K15165·191（化工-9）

緒 言

在化学工业中，气态、液态的原料、中間产品和最終产品是很多的。要实现工艺过程必須用泵或压縮机、鼓风机輸送流体，或增加流体的压头、位头。对于近代連續操作的工艺过程，流体輸送就更显得重要。

輸送液体或提高液体压力的机器称之为泵，輸送气体常用鼓风机，而輸送气体并提高气体压力的机器称之为压縮机。

泵和压縮机应用范围很广，几乎在国民經济各个部門都使用它。因此对泵和压縮机的要求是多种多样的，有时要求流量大，有时要求压头高，有时要求流量十分均匀……。其次泵和压縮机所处的工作条件也十分复杂，有时处理的物料具有强腐蝕性，有时处于高溫操作状态……。所以目前存在的泵和压縮机种类繁多，但各有其特点和使用范围，在結構上都有其特殊性。全面地掌握泵和压縮机的性能及其結構知識，对泵和压縮机的正确选择、运轉、故障分析等都是十分重要的。

泵和压縮机的发展是伴随着生产发展的需要而日趋完善的，最早的提水工具是吊桶、戽斗等，但随着农业灌溉的发展需要，而产生了結構較前复杂的、效率較高的簡單机械，如轆轤、水車等，使提水連續不断。到十九世紀，由于蒸汽机的应用，和机械制造业的进步，才出現了比較完善的往复泵。在17世紀就发明了离心泵，但离心泵广泛被使用是在电动机出現之后，因为在低轉数离心泵不能充分有效地輸送液体。目前离心泵除在压头很高的情况下，几乎排挤了往复泵，这是因为离心泵結構簡單、流量大、費用低。

在压縮机方面首先出現的是熔鉄炉的风箱，随后出現了风車，到十九世紀才广泛地采用了往复式压縮机，到目前为止往复式压縮机仍然被广泛地采用着，在压縮机中占有十分重要的地位，特別在压力較高的情况下。对于流量大、压力不太高时，采用透平式压縮机就更为合理，同时应指出透平压縮机正在不断完善、不断发展着。

解放前，我国所用的这类机器大多依靠从外国进口，我国沒有专门制造泵和压縮机的工厂。

解放后，由于党的正确领导，伴随着国民經济的迅速发展、跃进，泵和压縮机的生产获得了巨大的发展，目前不仅有許多专门制造泵和压縮机的工厂，同时泵和压縮机的研究工作也在迅速向前发展中。

目 录

緒 言.....	6
----------	---

第 一 篇 泵

第 一 章 往復泵.....	7
----------------	---

第一节 往复泵的作用原理及分类.....	7
第二节 往复泵的流量.....	8
第三节 往复泵吸入冲程分析.....	11
第四节 往复泵排送冲程分析.....	15
第五节 气 包.....	17
第六节 往复泵的功率及工作效率.....	19
第七节 往复泵的一般性能及其应用.....	23
第八节 往复泵构造举例.....	24

第 二 章 離心泵.....	26
----------------	----

第一节 作用原理及分类.....	26
第二节 基本方程式.....	28
第三节 离角对压头的影响.....	29
第四节 有限叶片叶輪的理論压头.....	32
第五节 轉能裝置.....	33
第六节 軸向力和平衡裝置.....	35
第七节 离心泵的各种損耗和工作效率.....	37
第八节 离心泵的性能.....	43
第九节 离心泵的相似和比轉数.....	47
第十节 粘度对离心泵性能的影响.....	57
第十一节 离心泵的吸取能力和空蝕.....	62
第十二节 离心泵的流量調节.....	65
第十三节 离心泵的并联及串联工作.....	67
第十四节 离心泵的优缺点及其应用.....	68
第十五节 离心泵的构造零件.....	69
第十六节 离心泵的构造.....	72

第 三 章 其他類型泵.....	89
------------------	----

第一节 軸流泵.....	89
第二节 渦流泵.....	93
第三节 轉子泵.....	94
第四节 酸 蛋.....	103

第 二 篇 压縮机

第 四 章 往復式壓縮機的熱力過程.....	104
------------------------	-----

第一节 往复式压縮机构造原理及分类.....	104
第二节 气体状态方程式.....	105
第三节 理論压縮过程.....	106

08083

第 四 节	压缩机的实际压缩过程	112
第 五 节	吸入系数	114
第 六 节	压缩机的流量	117
第 七 节	多级压缩和级间冷却	118
第 八 节	压缩机的功率及效率	122
第 九 节	压缩机的气量调节	124
第 五 章	往复式压缩机的零件	138
第 一 节	气 缸	138
第 二 节	活 塞	155
第 三 节	活塞杆	163
第 四 节	活塞环	164
第 五 节	柱 塞	168
第 六 节	填料函	169
第 七 节	气 阀	176
第 八 节	压缩机润滑系统的构造和计算	190
第 三 篇 鼓风机和真空泵		
第 六 章	离心式通风机	200
第 一 节	通风机的功用、分类及通风压头	200
第 二 节	离心式通风机的性能	201
第 七 章	罗茨鼓风机	204
第 一 节	罗茨鼓风机的构造和性能	204
第 二 节	罗茨鼓风机的主要零件	205
第 三 节	尺寸选择和动力计算	207
第 八 章	真空泵	208
第 一 节	滑板式回转真空泵	208
第 二 节	水环式真空泵	212

附录

压缩机附图

1.	单作用式四级空气压缩机	218
2.	两级立式压缩机	219
3.	六级压缩机	219
4.	五级氮气压缩机	插图(218~219)
5.	具有级差式活塞的三级压缩机的气缸体	220
6.	焦炉气压缩机, 具有悬挂在活塞杆上的级差式活塞	220
7.	W型二曲拐轴双级三列压缩机的纵剖面图	220
8.	船用200表压压缩机	221
9.	具有级差式活塞的无十字头两级压缩机	222
10.	统一式六级压缩机。第 I—II 级剖面图	223
11.	统一式压缩机。第 III—IV—V—VI 级剖面图	插图(222~223)
12.	850 表压的七级压缩机。第 I—V—III—VI 级的列	插图(222~223)
13.	七级压缩机。第 IV—II—VII 级的列	插图(222~223)
14.	四级柴油压缩机	插图(222~223)

15. 五級空气压缩机第一一二級的列.....	插图(222~223)
16. 空气压缩机第四一三一五級的列.....	插图(222~223)
17. 轉化气体用六級压缩机	插图(222~223)
18. 氮氢混合气体用的增压压缩机	223
19. 8 表压的两級压缩机	224
20. 建立在单級基础上的三級压缩机	224
21. 加热系数 λ_T 与压力比的关系.....	225
22. 氮氢混合气体的特性曲綫	229

参考文献

78.64
131

高等学校交流讲义



泵和压缩机

天津大学等院校合編

中国工业出版社

本书取材于国内某些高等院校的“泵和压缩机讲义”，并参考有关书籍汇编而成，可供大学四、五年制化工机械专业教学之用。

本书以较大篇幅阐述基本原理，以加强理论知识，同时，十分注意有关系与压缩机零件结构的叙述，并简单介绍了主要类型的泵与压缩机，企图通过本书的内容，使学生学到有关系与压缩机选用、运转、维修等基础知识。

本书共分三篇，第一篇以离心泵为主，并对往复泵，其他类型泵做了一定程度的阐述。第二篇为压缩机，主要讲往复式压缩机，特别对于往复式压缩机的主要零件给予很大篇幅。第三篇为鼓风机及真空泵。

由于时间和人力所限，本书不够完善之处在所难免。又因本书系选材汇编而成，因而叙述方式、深广度及内容之间的相互协调都会存在一定问题。为了使这门课程内容不断提高、充实、适用，希各院校师生在教学中、实践中能更多地提出意见，以供再版修改之用。

参加本书选编的，有大连工学院、天津大学、天津化工学院、北京化工学院、成都工学院、华东化工学院、华南化工学院、河北工学院、浙江大学和南京化工学院等十个院校。

压缩机部分系取材于 M.И. 弗廉克尔所著“活塞式压缩机”一书和 A.M. 卡德罗夫等著“压缩机”一书。

泵 和 压 缩 机

天津大学等院校合编

*

化学工业部图书编辑室编辑（北京安定门外和平北路四号楼）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{16}$ ·印张 $14\frac{1}{8}$ ·插页2·字数315,000

1961年8月北京第一版·1965年2月北京第五次印刷

印数9,924—10,983·定价（科五）1.80元

*

统一书号：K15165·191（化工-9）

目 录

緒 言.....	6
----------	---

第 一 篇 泵

第 一 章 往復泵.....	7
----------------	---

第一节 往复泵的作用原理及分类.....	7
第二节 往复泵的流量.....	8
第三节 往复泵吸入冲程分析.....	11
第四节 往复泵排送冲程分析.....	15
第五节 气 包.....	17
第六节 往复泵的功率及工作效率.....	19
第七节 往复泵的一般性能及其应用.....	23
第八节 往复泵构造举例.....	24

第 二 章 離心泵.....	26
----------------	----

第一节 作用原理及分类.....	26
第二节 基本方程式.....	28
第三节 离角对压头的影响.....	29
第四节 有限叶片叶輪的理論压头.....	32
第五节 轉能裝置.....	33
第六节 軸向力和平衡裝置.....	35
第七节 离心泵的各种損耗和工作效率.....	37
第八节 离心泵的性能.....	43
第九节 离心泵的相似和比轉数.....	47
第十节 粘度对离心泵性能的影响.....	57
第十一节 离心泵的吸取能力和空蝕.....	62
第十二节 离心泵的流量調节.....	65
第十三节 离心泵的并联及串联工作.....	67
第十四节 离心泵的优缺点及其应用.....	68
第十五节 离心泵的构造零件.....	69
第十六节 离心泵的构造.....	72

第 三 章 其他類型泵.....	89
------------------	----

第一节 軸流泵.....	89
第二节 渦流泵.....	93
第三节 轉子泵.....	94
第四节 酸 蛋.....	103

第 二 篇 压縮机

第 四 章 往復式壓縮機的熱力過程.....	104
------------------------	-----

第一节 往复式压縮机构造原理及分类.....	104
第二节 气体状态方程式.....	105
第三节 理論压縮过程.....	106

第 四 节	压缩机的实际压缩过程	112
第 五 节	吸入系数	114
第 六 节	压缩机的流量	117
第 七 节	多级压缩和级间冷却	118
第 八 节	压缩机的功率及效率	122
第 九 节	压缩机的气量调节	124
第 五 章	往复式压缩机的零件	138
第 一 节	气 缸	138
第 二 节	活 塞	155
第 三 节	活塞杆	163
第 四 节	活塞环	164
第 五 节	柱 塞	168
第 六 节	填料函	169
第 七 节	气 阀	176
第 八 节	压缩机润滑系统的构造和计算	190
第 三 篇 鼓风机和真空泵		
第 六 章	离心式通风机	200
第 一 节	通风机的功用、分类及通风压头	200
第 二 节	离心式通风机的性能	201
第 七 章	罗茨鼓风机	204
第 一 节	罗茨鼓风机的构造和性能	204
第 二 节	罗茨鼓风机的主要零件	205
第 三 节	尺寸选择和动力计算	207
第 八 章	真空泵	208
第 一 节	滑板式回转真空泵	208
第 二 节	水环式真空泵	212
附录		
压缩机附图		
1.	单作用式四级空气压缩机	218
2.	两级立式压缩机	219
3.	六级压缩机	219
4.	五级氮气压缩机	插图(218~219)
5.	具有级差式活塞的三级压缩机的气缸体	220
6.	焦炉气压缩机, 具有悬挂在活塞杆上的级差式活塞	220
7.	W型二曲拐轴双级三列压缩机的纵剖面图	220
8.	船用200表压压缩机	221
9.	具有级差式活塞的无十字头两级压缩机	222
10.	统一式六级压缩机。第 I—II 级剖面图	223
11.	统一式压缩机。第 III—IV—V—VI 级剖面图	插图(222~223)
12.	850 表压的七级压缩机。第 I—V—III—VI 级的列	插图(222~223)
13.	七级压缩机。第 IV—II—VII 级的列	插图(222~223)
14.	四级柴油压缩机	插图(222~223)

15. 五級空气压缩机第一一二級的列.....	插图(222~223)
16. 空气压缩机第四一三一五級的列.....	插图(222~223)
17. 轉化气体用六級压缩机	插图(222~223)
18. 氮氢混合气体用的增压压缩机	223
19. 8 表压的两級压缩机	224
20. 建立在单級基础上的三級压缩机	224
21. 加热系数 λ_T 与压力比的关系.....	225
22. 氮氢混合气体的特性曲綫	229

参考文献

緒 言

在化学工业中，气态、液态的原料、中間产品和最終产品是很多的。要实现工艺过程必須用泵或压縮机、鼓风机輸送流体，或增加流体的压头、位头。对于近代連續操作的工艺过程，流体輸送就更显得重要。

輸送液体或提高液体压力的机器称之为泵，輸送气体常用鼓风机，而輸送气体并提高气体压力的机器称之为压縮机。

泵和压縮机应用范围很广，几乎在国民經济各个部門都使用它。因此对泵和压縮机的要求是多种多样的，有时要求流量大，有时要求压头高，有时要求流量十分均匀……。其次泵和压縮机所处的工作条件也十分复杂，有时处理的物料具有强腐蝕性，有时处于高溫操作状态……。所以目前存在的泵和压縮机种类繁多，但各有其特点和使用范围，在結構上都有其特殊性。全面地掌握泵和压縮机的性能及其結構知識，对泵和压縮机的正确选择、运轉、故障分析等都是十分重要的。

泵和压縮机的发展是伴随着生产发展的需要而日趋完善的，最早的提水工具是吊桶、戽斗等，但随着农业灌溉的发展需要，而产生了結構較前复杂的、效率較高的簡單机械，如轆轤、水車等，使提水連續不断。到十九世紀，由于蒸汽机的应用，和机械制造业的进步，才出現了比較完善的往复泵。在17世紀就发明了离心泵，但离心泵广泛被使用是在电动机出現之后，因为在低轉数离心泵不能充分有效地輸送液体。目前离心泵除在压头很高的情况下，几乎排挤了往复泵，这是因为离心泵結構簡單、流量大、費用低。

在压縮机方面首先出現的是熔鉄炉的风箱，随后出現了风車，到十九世紀才广泛地采用了往复式压縮机，到目前为止往复式压縮机仍然被广泛地采用着，在压縮机中占有十分重要的地位，特別在压力較高的情况下。对于流量大、压力不太高时，采用透平式压縮机就更为合理，同时应指出透平压縮机正在不断完善、不断发展着。

解放前，我国所用的这类机器大多依靠从外国进口，我国沒有专门制造泵和压縮机的工厂。

解放后，由于党的正确领导，伴随着国民經济的迅速发展、跃进，泵和压縮机的生产获得了巨大的发展，目前不仅有許多专门制造泵和压縮机的工厂，同时泵和压縮机的研究工作也在迅速向前发展中。

第一篇 泵

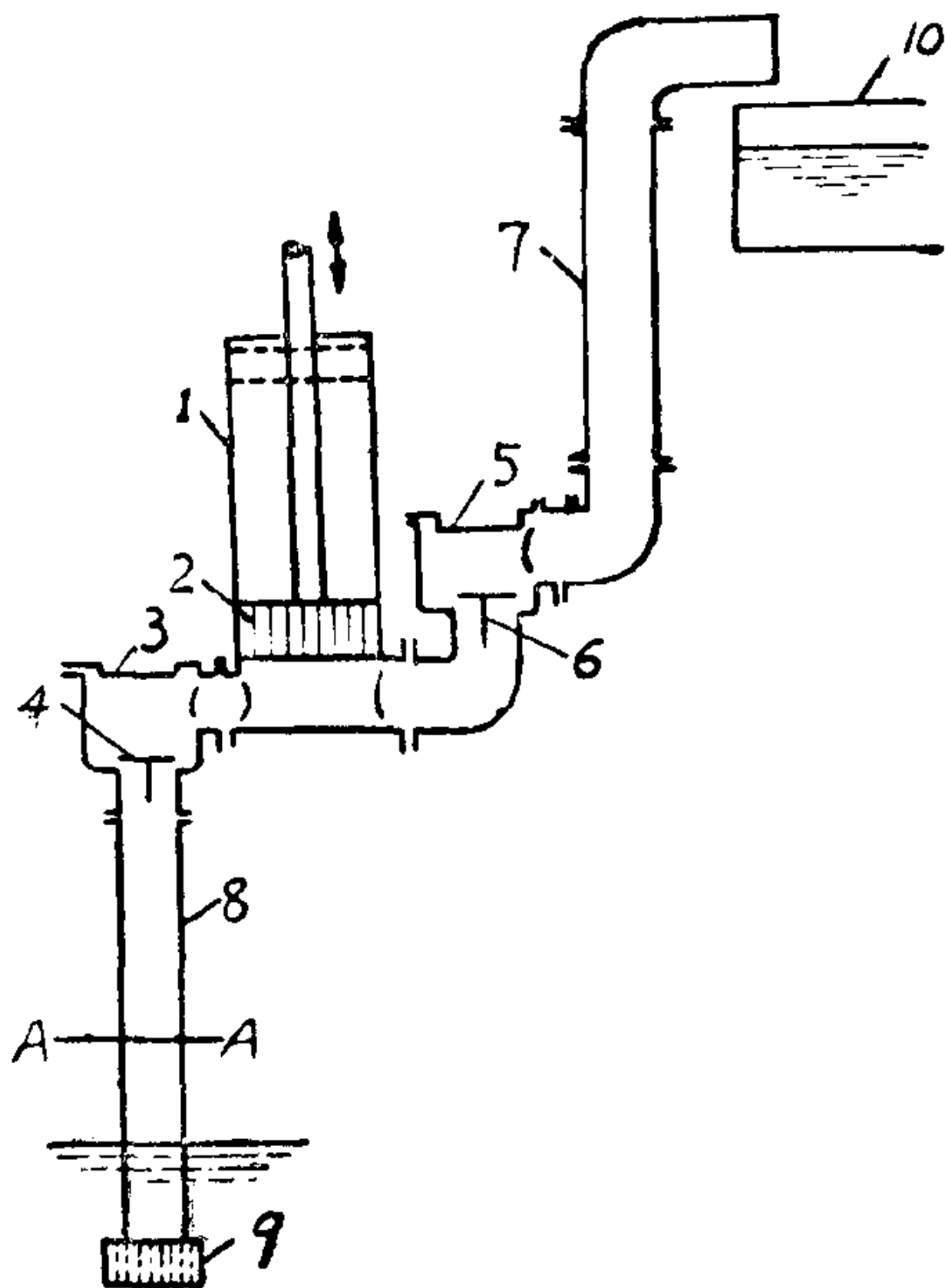
第一章 往复泵

第一节 往复泵的作用原理及分类

图(1—1)是一台往复泵的简图，1 是泵的水缸，2 是可在水缸中往复运动的活塞，水缸左侧有一吸入阀箱 3，内有吸入阀 4；右侧则有排送阀箱 5 及排送阀 6。排送阀箱出口接有排送管 7，吸入阀箱下面接有吸入管 8，管口常有滤网设备 9。

泵的原动机经过活塞杆使活塞在水缸中作往复运动，泵下面水池中的液体即经过吸入管、吸入阀、水缸、排送阀、排送管而被压送至需用地段 10。

当活塞从下死点(图中所示活塞位置)开始上升，泵室(活塞下面与两阀间的空间)容积增大，室中空气压力降低。排送阀就被管 7 中原来等于大气压力的压力压紧在阀座上，而吸入阀就被管 8 中原来等于大气压的压力挤开，使吸入管空间和泵室连通，其气压低于大气压。作用在液池液面上的大气压力就将液体压入吸入管空间。当活塞上行到上死点(图中虚线位置)不能再继续上升时，吸入管中液体就上升到一定高度，如 A—A。这时泵的原动机就推动活塞下行。在下行过程中，泵室容积逐渐减小，压力增加，这压力一方面将吸入阀 4 压紧在它的阀座上，将吸入管空间和泵室分隔了开来，另一方面又推开了排送阀，将泵室中液体排向排送管，一直到活塞再度停留在下死点为止。原动机继续开动，活塞就再度上升，和第一次吸入运动相似，液池中液体再度流入吸入管。在好几个往复后，液体就充满了吸入管及泵室，以至整个排送管。这以后，在每一个活塞下行过程，液体就被活塞从泵室中压挤出来，这个过程就称为往复泵的排送冲程；而在每一个活塞上行过程，液池中的液体就被作用在液面上的外界压力压挤到吸入管去，这称为往复泵的吸入冲程。



图(1—1) 往复泵简图

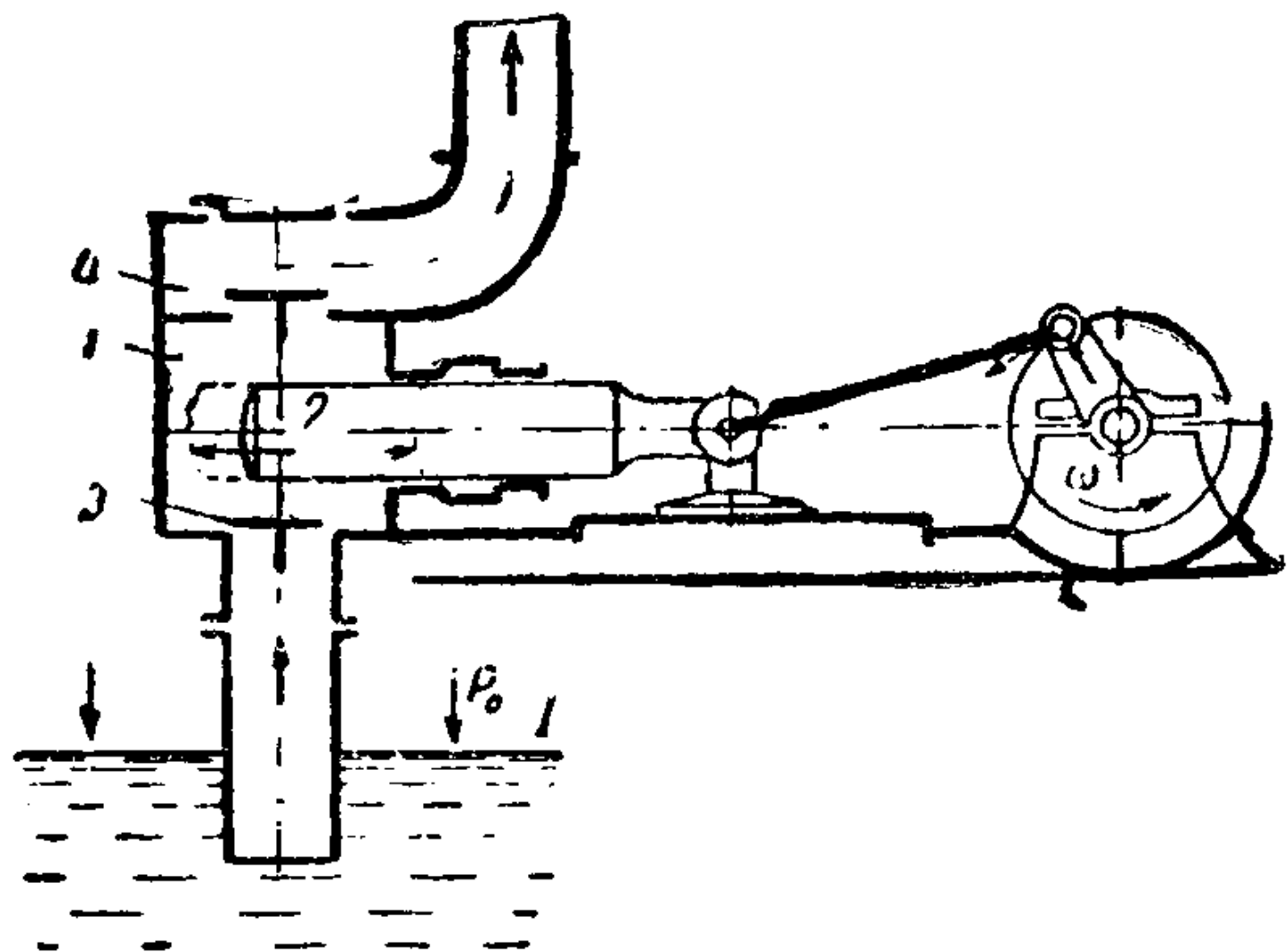
往复泵的类型很多，如按其活塞构造形式分，则有：

- (1) 活塞泵〔如图(1—1)〕 用在排送压力小于15—20公斤/厘米²处。
- (2) 柱塞泵〔如图(1—2)〕 用在更高排送压力处。

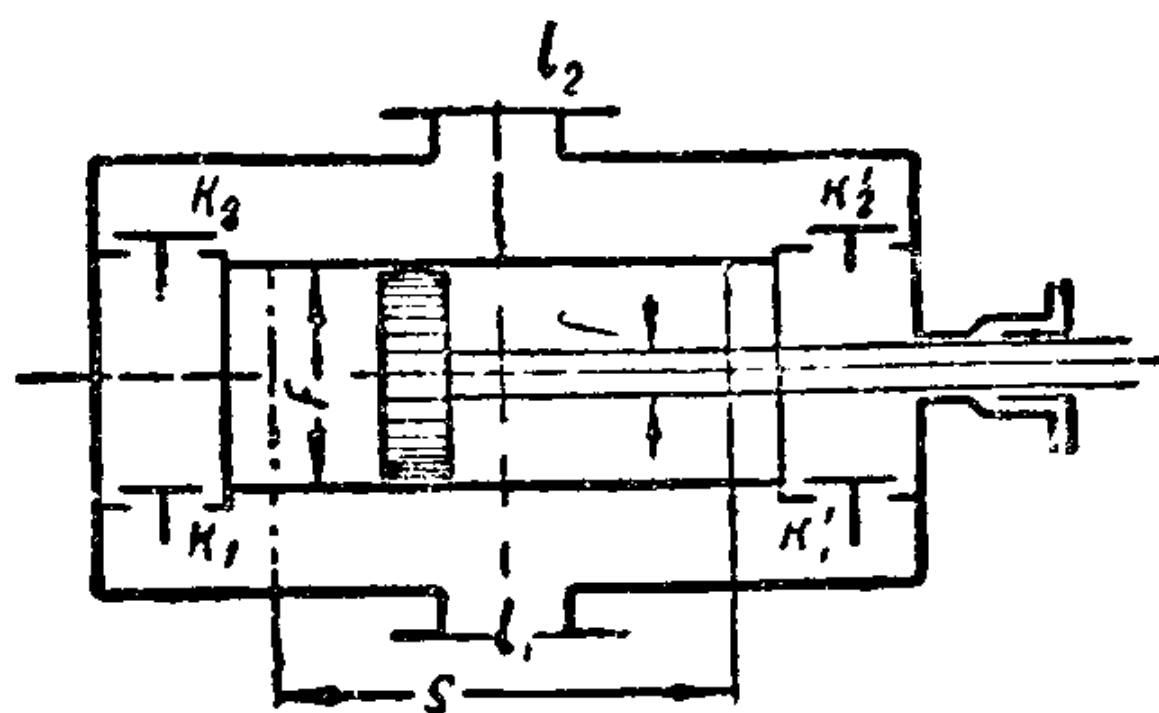
如依活塞作用面及吸排过程分，则有：

- (1) 单作用泵〔如图(1—1)〕 泵的活塞在吸入及排送过程中只有一面有作用。

(2) 双作用泵[如图(1-3)] 泵的活塞两面都有作用。当活塞一面在作吸入冲程时。另一面则作排送冲程；

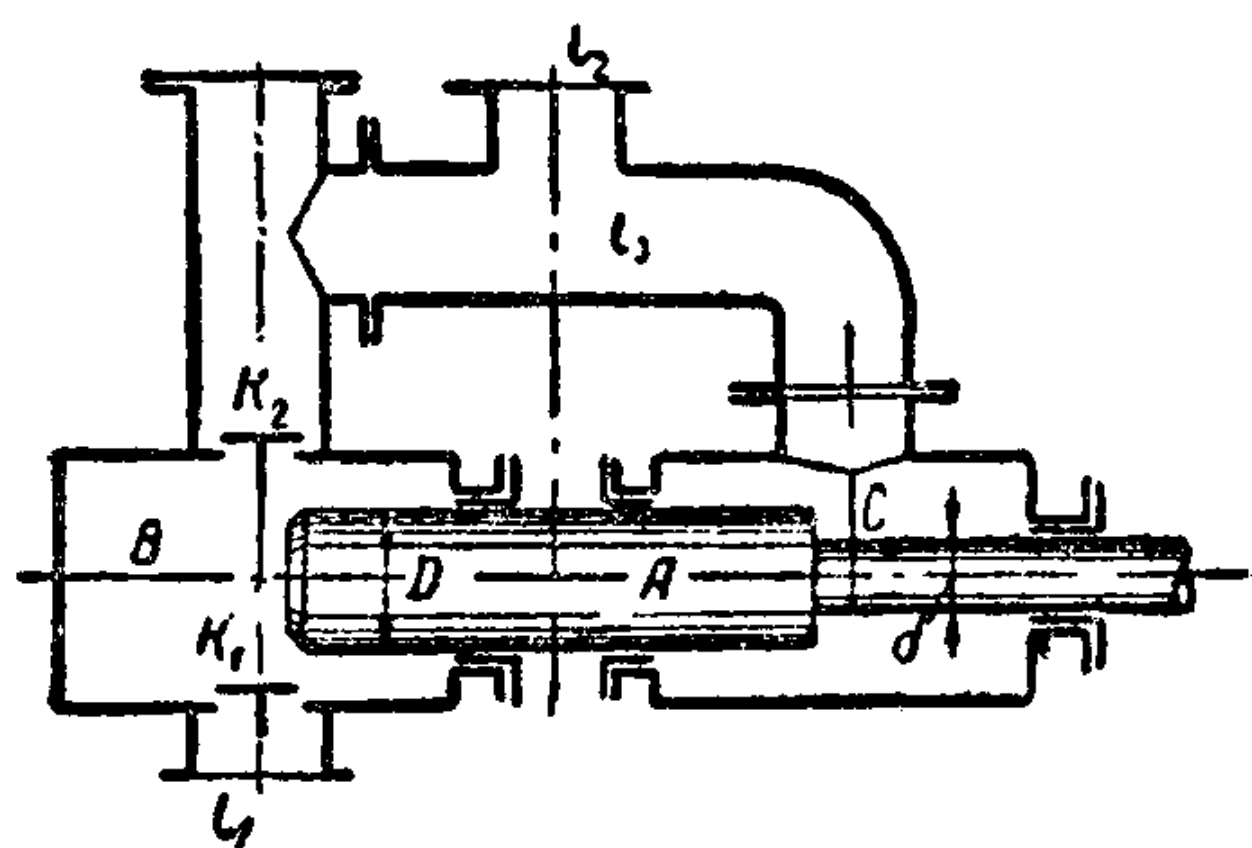


图(1-2) 柱塞泵



图(1-3) 双作用泵

K_1 和 K_1' —吸入阀； K_2 和 K_2' —排出阀；
 l_1 —吸入管； l_2 —排出管； S —活塞冲程



图(1-4) 差动泵

K_1 —吸入阀； K_2 —排出阀； A —差动活柱；
 B —泵室； C —辅助泵室； l_1 —吸入管； l_2 —
排出管； l_3 —循环管或旁路

(3) 差动泵[如图(1-4)] 泵的活塞两面都有作用，在活塞右移时，右端泵室被压缩，原存在该室中的液体从排送管排出，同时左端泵室增大，液体推开吸入阀而充满该泵室。当活塞左移时，左端泵室被压缩，该室中液体从排送阀流出，一部分顺排送管排出，另一部分则被右端泵室吸入，所以在差动泵上每个冲程中都有液体从排送管排出，但只有在一个冲程中才有液体从吸入管经吸入阀而流入泵室。

如从传动机构分，则有：

(1) 直接带动 在用蒸汽机作为原动机

时常为直接带动，这时蒸汽机的活塞杆就是往复泵的活塞杆，其间没有其他传动机构。

(2) 间接带动 应用其他原动机(电动机或柴油机)时，必须用传动机构将原动机转速减低，再用联动机构将迴转运动转成直綫运动，这叫做间接带动。

其他如以水缸的安装位置，水缸数目等都可分成很多类别，不再在此多述。

第二节 往复泵的流量

如图(1-1)所示单作用泵每分钟轉数为 n ，其冲程为 S 米，活塞作用面积为 F 米²，则其理論流量 Q_0 为：

$$Q_0 = 60nFS \text{ 米}^3/\text{时} \quad (1-1)$$

但泵在实际工作时，它的閘門关闭并不及时，在活塞开始压送时吸入閘門不及时关闭就使液体流回吸入管，当活塞开始吸入时排送閘門不及时关闭就使排送管中液体流回泵室；而且閘門、活塞和其他接縫处可能有液体漏泄，当水缸中存有气体或有空气从接縫中漏进水缸，则在活塞吸入时有部分水缸体积用以使气体膨胀。凡此种种种原因，都使泵的实

实际流量 Q 较理论流量为小, 实际流量 Q 可以用一个容积效率(亦称排送系数) η_0 从理论流量求得:

$$Q = \eta_0 Q_0 = 60 \eta_0 n F S \text{ 米}^3/\text{时} \quad (1-2)$$

η_0 值和泵的规模有关:

小泵, 活塞直径 $D < 50$ 毫米 $\eta_0 = 0.85 - 0.95$

中型泵, $D = 50 - 150$ 毫米 $\eta_0 = 0.90 - 0.97$

大泵, $D > 150$ 毫米 $\eta_0 = 0.94 - 0.99$

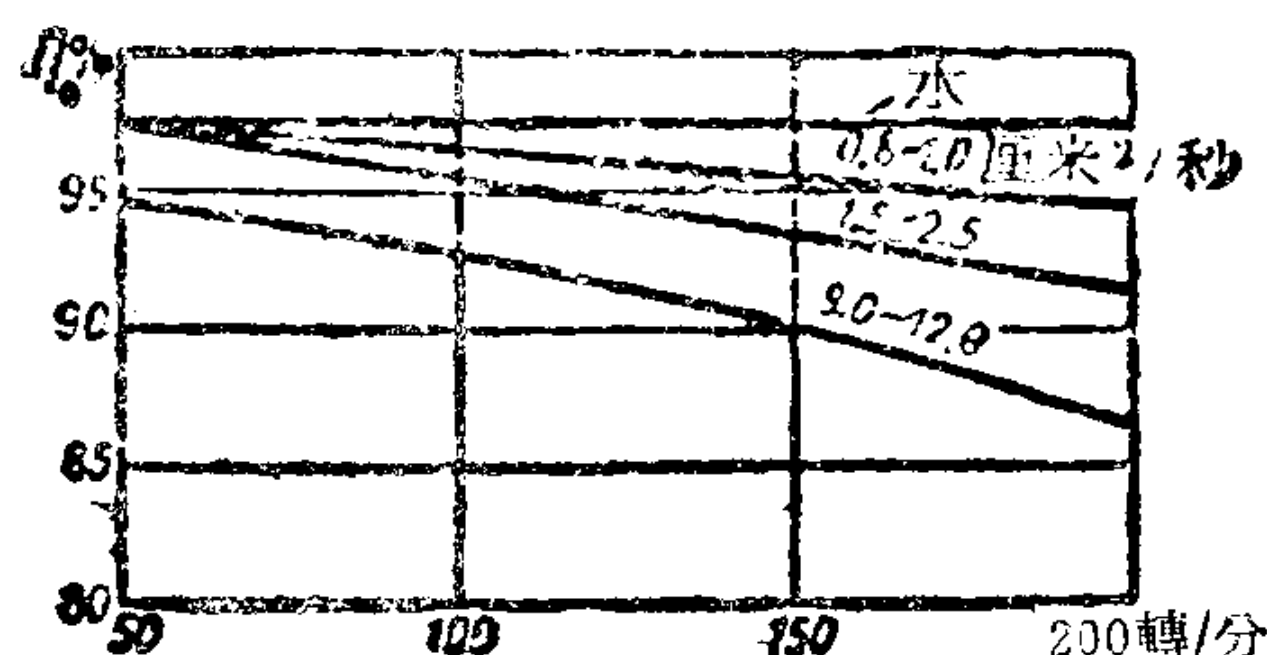
被输送液体粘度愈大, η_0 就愈低, 输送大粘度液体时, η_0 且随转速增加而减小, 参阅图(1-5)曲线。

在双作用泵上, 理论流量为:

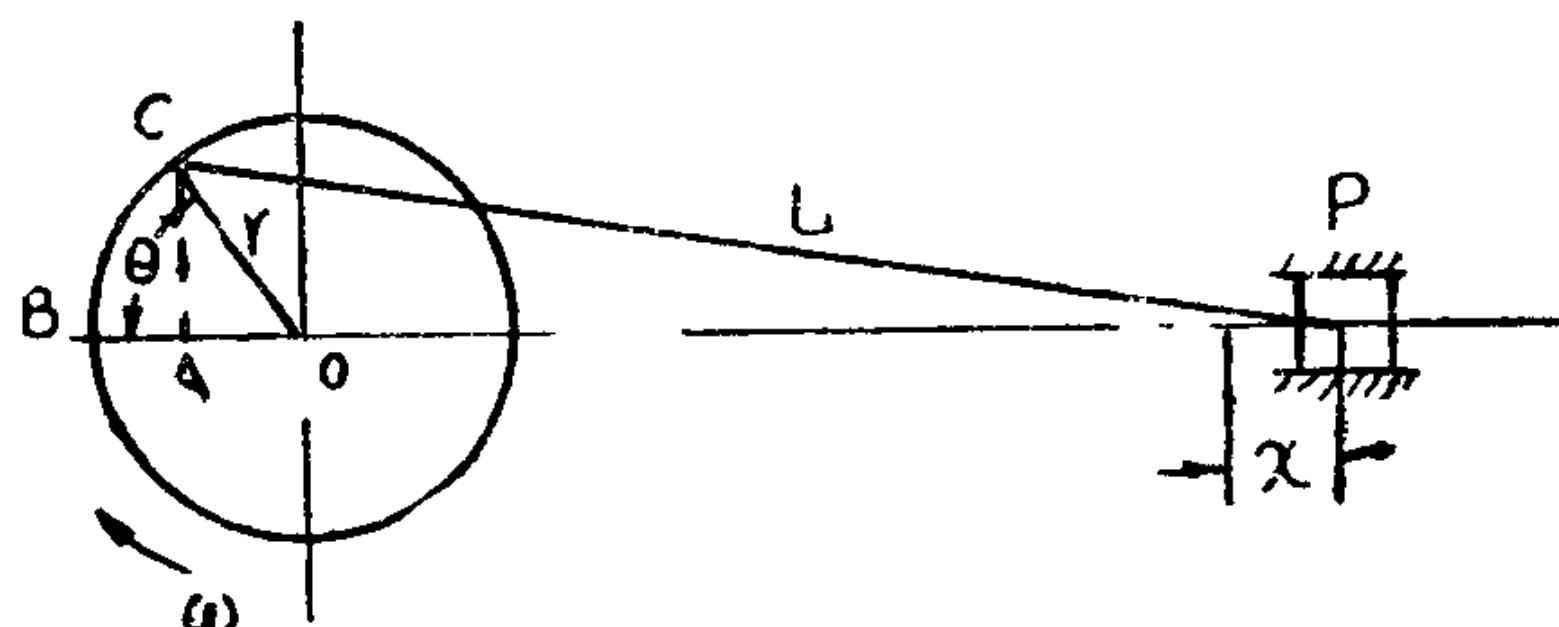
$$\begin{aligned} Q &= 60nFS + 60n(F-f)S \\ &= 60n(2F-f)S \text{ 米}^3/\text{时} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中 f —— 活塞杆截面积, 米²。

上面所述泵的流量是泵的平均流量, 往复泵在一个排送冲程中所排液体量是不等的, 如以间接带动单作用泵为例, 其流量和活塞位置(即时间)关系可以泵的流量曲线表示。间接带动泵的联动机构简图见图(1-6)。当曲柄传动机构的曲柄从上死点位置 OB 转过 θ 角,



图(1-5) η_0 和 n 的关系曲线



图(1-6) 曲柄连杆机构示意图

到达 OC 位置时, 活塞也从上死点下移了 x 距离。如忽略连杆的斜度影响, 这种忽略在 $r/L < \frac{1}{5}$ 时就不会引起严重误差, 那末可以将 x 距离看作等于 BA , 即:

$$x = BA = BO - AO = BO - OC \cos \theta = r(1 - \cos \theta)$$

活塞移动速度为:

$$\dot{x} = C = r \sin \theta \frac{d\theta}{dt} = r \omega \sin \theta$$

泵流量则为:

$$Q = F \dot{x} = F r \omega \sin \theta \quad (1-4)$$

上式中 $F r \omega$ 对于某一定的往复泵, 以一定转速运动时是常数, 故流量变化即以转角 θ 的正弦规律变化, 可用图(1-7)曲线表示。

当 $\theta = 0$ 时, $Q = 0$; $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时, $Q = F r \omega$; $\theta = \pi$ 时, $Q = 0$; 当 θ 在 π 到 2π 之间, Q 为负

值, 即图中在横坐标下的虚线, 实际上, 泵在此期间没有流量, 即 $Q = 0$, 故从图示曲线可知单作用往复泵的流量是很不均匀的, 这是它的一大缺点。

双作用泵的流量曲线由两个不同常数 $[F r \omega, (F-f) r \omega]$ 的相角为 π 的正弦曲线组成, 其两曲线方程式为:

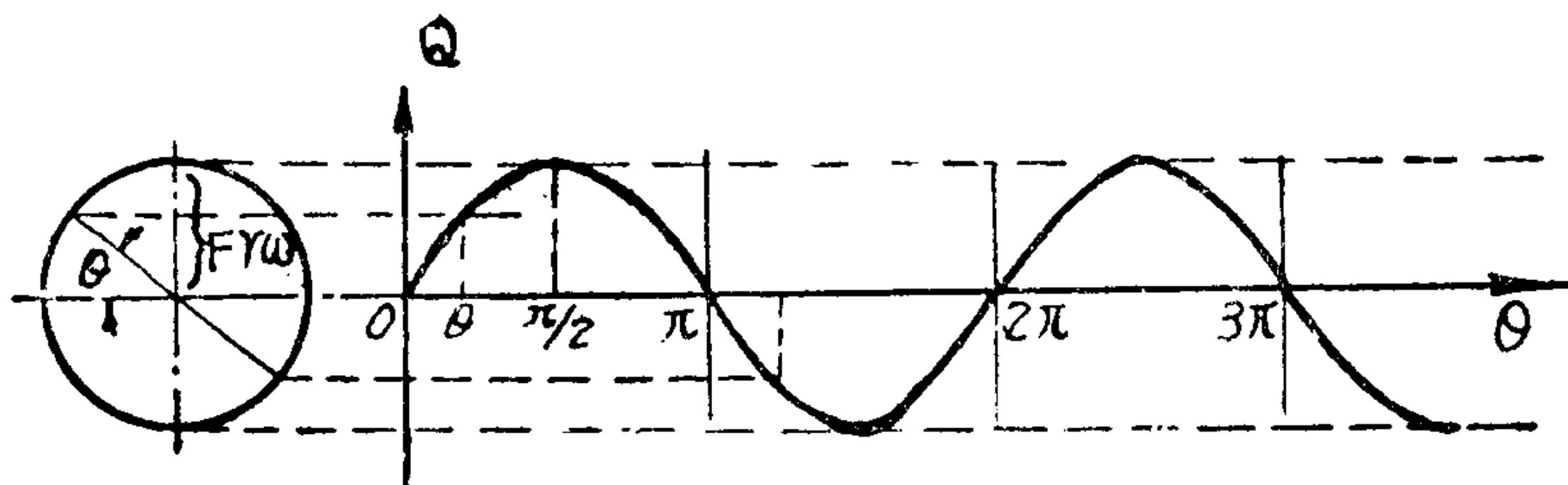


图 (1-7) 流量曲线

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= Fr\omega \sin \theta \\ Q_2 &= (F-f)r\omega \sin(\theta + \pi) \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

曲线绘如图(1-8)。从图可知双作用泵的流量较单作用泵的流量为均匀。

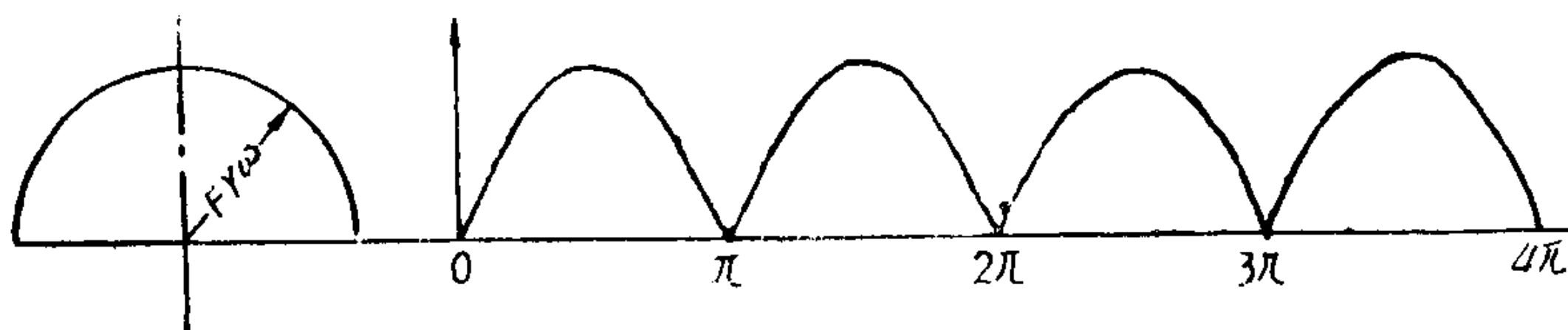


图 (1-8) 双作用泵流量曲线

在很多场合，常用三个单作用往复泵合铸在一个泵体上，用一个原动机带动，称为三作用往复泵，三作用往复泵的每个作用冲程相差 120° ，它们的流量曲线可以从三个相差 120° 排列的单作用流量曲线之和求得，见图 (1-9)。图中 I、II、III 为每一个水缸的

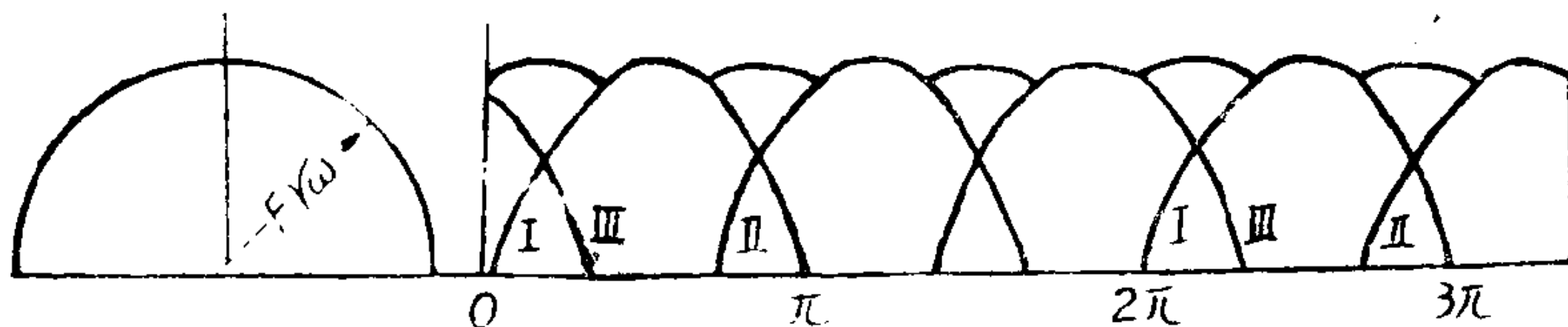


图 (1-9) 三作用泵流量曲线

流量曲线，P 为三作用往复泵的流量曲线，显然，三作用往复泵的流量比单作用和双作用往复泵的流量要均匀得多。

在某些地位极受限制的安装地点，也常用四联往复泵，即将两个双作用泵联装在一个泵座上，它的流量曲线见图 (1-10)。I、II 线为一个双作用泵的流量曲线，其作法同图 (1-8)。III、IV 线为另一双作用泵的流量曲线，泵与泵间相差 $\frac{\pi}{2}$ 。四联泵的流量曲线是 P，显然，比起三作用泵来，流量较不均匀，但比单作用及双作用泵却要好得多。

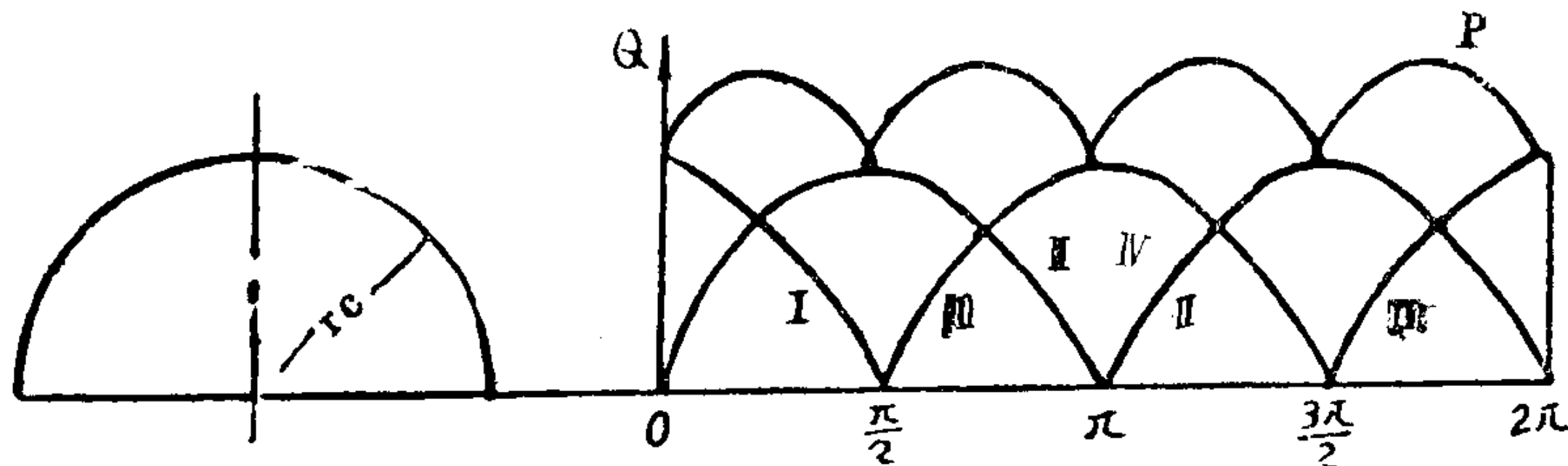


图 (1-10) 四联往复泵流量曲线

直接作用往复泵的流量曲线稍有不同，因为它们没有作不等速往复运动的曲柄连杆机构。