



普通高等教育“十二五”规划教材

特殊泵的理论及设计

张人会 程效锐 杨军虎 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

特殊泵的理论及设计

张人会 程效锐 杨军虎 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了一些特殊类型泵的结构、工作原理、理论基础及离心泵的特殊设计理论。主要内容包括往复泵、旋涡泵、液环泵、射流泵、自吸泵、杂质泵、汽液两相流泵、旋喷泵、对旋式轴流泵、高速泵、无泄漏泵、血泵、泵反转能量回收水力透平及离心泵特殊设计理论。

本书可作为热能与动力工程专业本科生及硕士研究生的教材，也可供水力机械相关专业工程人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

特殊泵的理论及设计 / 张人会, 程效锐, 杨军虎编
著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2013. 12
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-1473-7

I. ①特… II. ①张… ②程… ③杨… III. ①特殊泵
—理论—高等学校—教材②特殊泵—设计—高等学校—教
材 IV. ①TH38

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第303628号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 特殊泵的理论及设计
作 者	张人会 程效锐 杨军虎 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17印张 403千字
版 次	2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	35.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

随着计算流体力学、测试技术的发展,泵设计理论的逐步完善,泵内部流动理论不断地完善和充实;另外,泵的各种特殊应用领域不断出现,对泵提出特殊性能及参数要求,本书主要是针对热能与动力工程专业水力机械方向本科生编写的。主要介绍特殊泵的结构及工作原理、特殊离心泵设计理论。主要内容包括往复泵、旋涡泵、液环泵、射流泵、自吸泵、杂质泵、汽液两相流泵、旋喷泵、对旋式轴流泵、高速泵、无泄漏泵、血泵、泵反转能量回收透平及离心泵特殊设计理论。

本书共分14章,第1章、第2章由程效锐编写,第8章的渣浆泵部分由韩伟编写,螺旋离心泵部分由李仁年编写,第13章由杨军虎编写,其余内容由张人会编写,全书由张人会统稿。另外要感谢硕士研究生郭苗、郭广强、张楠、董富弟在图片及文档处理上做了大量的工作。

最后衷心感谢兰州理工大学规划教材计划、兰州理工大学优秀青年教师资助计划、国家自然科学基金项目(51109104)及国家科技支撑计划项目(2012BAA08B05)的资助。

对于书中存在的缺点和不足敬请读者指正。

编者

2013年1月

目 录

前言

绪论	1
第1章 往复泵	3
1.1 往复泵概述	3
1.2 往复泵的结构	5
1.3 往复泵的主要性能参数	10
1.4 空气室	17
1.5 往复泵泵阀的基本理论及计算	24
1.6 液力端结构型式的选择	32
1.7 液缸体的结构与强度	37
1.8 活塞和柱塞的结构与强度	40
1.9 曲柄连杆机构受力分析	48
1.10 曲轴的结构与强度	51
1.11 连杆与十字头结构	55
1.12 安全阀	60
1.13 计量泵	65
1.14 往复泵主要结构参数的选择	72
思考题	76
参考文献	76
第2章 旋涡泵	78
2.1 旋涡泵的性能与特点	78
2.2 旋涡泵的分类及其典型结构	79
2.3 旋涡泵的应用	80
2.4 旋涡泵的工作原理	81
2.5 旋涡泵的理论基础	85
2.6 旋涡泵的设计	87

2.7 径向力与轴向力的计算	95
2.8 旋涡泵的汽蚀	99
2.9 旋涡泵的汽液混输	102
思考题	108
参考文献	109
第3章 液环泵	110
3.1 液环泵的结构、工作原理及特点	110
3.2 液环泵内液体气体的流动规律	112
3.3 液环泵内液体的运动、液环形状、压缩比及临界压缩比	115
3.4 最大压缩比、压缩曲线	121
3.5 液环泵的设计	125
3.6 液环泵的运行	131
思考题	134
参考文献	134
第4章 射流泵	135
4.1 射流泵的结构和工作原理	135
4.2 射流泵基本理论	138
4.3 射流泵的汽蚀	146
4.4 几种常见的射流泵装置	150
4.5 射流的特殊利用	152
思考题	153
参考文献	153
第5章 自吸泵	155
5.1 自吸泵概述	155
5.2 自吸泵的结构及工作原理	156
5.3 自吸性能的影响因素分析	158
5.4 自吸泵的设计	163
思考题	164
参考文献	164
第6章 无泄漏泵	165
6.1 磁力泵	165
6.2 屏蔽泵	172
思考题	177
参考文献	177
第7章 高速泵	179
7.1 高速泵的结构及性能特点	180

7.2 高速泵的工作原理和特性	181
7.3 高速泵的结构及设计	183
7.4 高速泵的诱导轮设计	186
思考题	194
参考文献	194
第 8 章 杂质泵	196
8.1 渣浆泵	196
8.2 旋流泵	203
8.3 螺旋离心泵	209
思考题	213
参考文献	213
第 9 章 对旋式轴流泵	215
9.1 对旋式轴流泵的工作原理	215
9.2 对旋式轴流泵工况及水力性能	216
思考题	219
参考文献	219
第 10 章 旋喷泵	220
10.1 旋喷泵的结构及性能特点	220
10.2 旋喷泵的设计	221
思考题	222
参考文献	223
第 11 章 汽液两相流泵	224
11.1 螺旋轴流式油气混输泵的结构及工作原理	225
11.2 叶轮及导叶的设计	226
11.3 转子轴向力及其平衡	229
11.4 螺旋轴流式油气混输泵的外特性	230
思考题	233
参考文献	233
第 12 章 血泵	234
12.1 血泵基本水力参数及结构	234
12.2 血泵内的溶血及血栓	236
思考题	237
参考文献	237
第 13 章 泵反转能量回收水力透平	238
13.1 能量回收水力透平结构及布置方案	238
13.2 能量回收水力透平的选型及设计	240

思考题	242
参考文献	242
第 14 章 离心泵特殊设计理论	243
14.1 低比转速离心泵加大流量设计方法	243
14.2 低比转速离心泵无过载设计方法	250
14.3 低比转速离心泵复合叶轮设计法	255
14.4 泵的面积比原理	257
思考题	261
参考文献	261

绪 论

泵是一种给液体提供能量的装置。泵的种类很多，其分类方式也有多种，常见分类方式为：按照工作原理；按照结构特征；按照输送介质特征分；按照应用环境特征等分类方式。

按照工作原理分类，一般可分为叶片式、容积式及其他类型。

叶片式泵是依靠叶片与液体的相互作用来进行能量的传递，根据其比转速及水力性能不同又分为离心泵、混流泵、轴流泵、特殊类型叶片泵（如旋涡泵、水环泵等）。其中离心泵应用最广、种类最多，离心泵根据结构又包括单级、多级，单吸、双吸，导叶式、蜗壳式，立式、卧式等。

容积式泵是依靠工作腔容积的周期性变化而工作的，根据工作腔容积的变化方式又可分为回转式和往复式，根据具体的结构往复式容积泵又包括活塞泵、柱塞泵和隔膜泵，回转式容积泵又包括螺杆泵、齿轮泵及旋转活塞泵等。

在工作原理上既不属于叶片式又不属于容积式泵统一概括为其他类型泵，如射流泵，射流泵是依靠高速射流来进行能量的传递，是将高能量的流体传递给低能量的流体，是流体与流体间能量的传递。

根据泵的特殊结构分类，如自吸泵、旋喷泵、磁力泵、屏蔽泵、对旋式轴流泵等。一般的叶片泵均不具有自吸性能，常见的自吸泵主要包括汽液混合式、水环轮式、射流式、及其他容积式自吸泵。对于自吸泵内容，本书主要介绍汽液混合式自吸泵。旋喷泵的转子腔与叶轮一起旋转，避免了低比转速叶轮中的圆盘摩擦损失，因而其效率得到大大的提高，为此旋喷泵的比转速一般都较低。磁力泵和屏蔽泵属无泄漏泵，磁力泵通过隔离套将液体部分与传动部分隔离开来，将动密封变为静密封，实现了无泄漏。屏蔽泵将电机和泵合为一体，电机内部将转子和定子用屏蔽套封闭起来，在电机内部的转子和定子间充满液体，整个系统是封闭的，无动密封。对旋式轴流泵有两个旋转方向相反的叶轮，无静叶栅，与普通的轴流泵相比，对旋式轴流泵具有较小的体积、较宽的运行高效区、较好的汽蚀性能、更大范围的运行工况等。

根据泵所输送介质的属性分类，如渣浆泵、油气混输泵等。这种分类主要是针对输送介质的相属性来分类的。输送的介质是固液两相流介质的泵为固液两相流泵，根据输送液体中含有的固体性质又可分为抗磨蚀泵、无堵塞泵及既抗磨蚀又要求无堵塞的泵。常见的固液两相流泵包括渣浆泵、脱硫泵、污水泵、螺旋离心泵、旋流泵等。输送气液两相流介质的泵为气液两相流泵。常见的气液两相流泵包括油气混输泵、液气射流泵等。

综上，泵的种类较多，但其最终功能都是给液体提供能量，泵的性能通常包括：

(1) 能量特性（流量、扬程、功率、效率）。

- (2) 汽蚀特性（必须汽蚀余量）。
- (3) 自吸性能（自吸时间、最大自吸高度）。
- (4) 运行稳定性等性能（振动及噪声指标）。

泵的结构总体上一般可分为：转子部分和定子部分。转子和定子共同形成液体流动的内流道，液体在内流道的流动过程中从机器获得能量，实现能量的传递。泵的设计一般可概括为水力设计和结构设计，其中水力设计主要是确定泵内流道的几何形状、流道形状是泵水力性能的决定性因素，结构设计主要是设计保证泵正常运转所必需的相关结构装置的设计，一般泵的基本结构设计包括转子的定位与支撑结构设计、密封系统设计、润滑系统设计、冷却系统设计、各零部件强度校核等。

另外，由于低比转速离心泵设计的特殊性，传统的设计理论多数对低比转速的离心泵适用性较差，为此对于低比转速离心泵的设计，不断出现了众多特殊的设计理论，如低比转速加大流量设计法、低比转速离心泵复合叶轮设计、低比转速离心泵无过载设计等。

本书的主要内容有往复泵、旋涡泵、液环泵、射流泵、自吸泵、无泄漏泵、高速泵、杂质泵、对旋式轴流泵、旋喷泵、汽液混输泵、血泵、反转泵能量回收透平及离心泵的特殊设计理论。介绍特殊类型泵的结构、工作原理、性能特点及设计理论基础，低比转速离心泵的特殊设计理论。

第1章 往 复 泵

1.1 往 复 泵 概 述

往复泵 (Reciprocating pump) 是一种容积式泵, 利用工作腔中的容积周期性变化来输送流体, 适用于输送流量小、扬程较高的各种介质, 如高黏度, 具有腐蚀性, 易燃易爆等各种液体。一般 $Q < 100 \text{ m}^3/\text{h}$, $P > 9.8 \text{ MPa}$ 。

1.1.1 往复泵的工作原理

往复泵结构简图如图 1-1 所示, 主要由两部分组成: 液力端、传动端。

液力端: 直接与输送液体接触, 把机械能转换成液体压力能的那部分 (通常包括液缸体、活塞、柱塞、吸入阀、排出阀)。

动力端: 将原动机的能量传递给液力端 (通常包括曲柄、连杆、十字头等部件)。

当曲柄以角速度 ω 顺时针旋转时, 活塞从左极限位置开始向右移动, 工作腔的容积逐渐增大, 压力降低, 液体在进口与工作腔的压差力作用下, 克服吸入管路和吸入阀液体的阻力, 进入液缸。当活塞运动到右极限位置时, 吸入过程停止, 吸入阀关闭。当曲柄转过 180° 后, 活塞开始向左运动, 液缸内液体被挤压, 液体压力急剧增大, 排出阀门在此压力作用下被打开, 液缸内液体在活塞的作用下被排出到排出管路。当曲柄不停地旋转, 从而不断地实现吸入和排出液体。

总体上说, 往复泵的工作原理比较简单, 其内部流动一般可看作为一维流动, 本课程重点在于分析泵内流动及性能变化规律、特点及改善泵性能的措施。

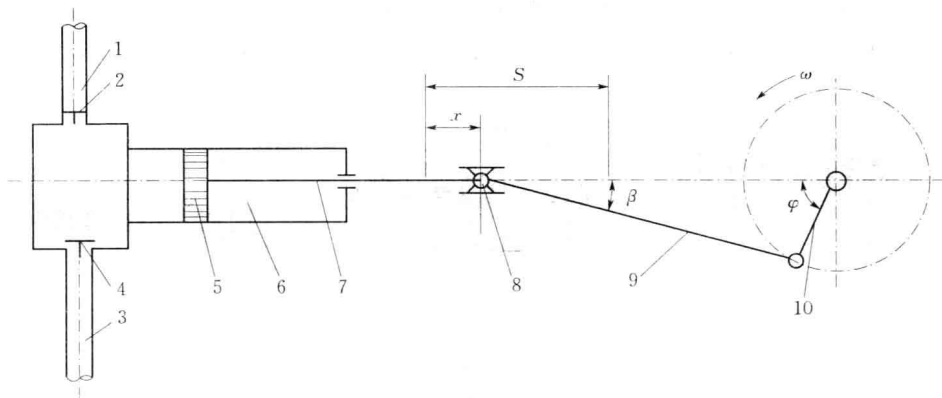


图 1-1 单作用往复泵示意图

1—排出管; 2—排出阀; 3—吸入管; 4—吸入阀; 5—活塞; 6—工作腔;
7—活塞杆; 8—十字头; 9—连杆; 10—曲柄

1.1.2 往复泵的特点

从往复泵的工作原理中可以看到往复泵有以下特点：

(1) 往复泵的流量与往复泵活塞（柱塞）的直径 D 、活塞（柱塞）行程 S 、活塞（柱塞）的每分钟往复次数 n 及液缸数 z 有关，而与往复泵的扬程 H 无关，与所输送介质的温度、黏度无关。

(2) 往复泵的扬程 H 取决于往复泵在其中工作的装置特性。在装置中，只要原动机有足够的功率，往复泵有足够的强度以及相应的密封能力，活塞就可以把液体排出。因此，同一台往复泵在不同的装置中产生的扬程也不同。

(3) 往复泵不能像离心泵那样在关死点运转，且在往复泵装置中必须装有安全阀或其他安全装置。

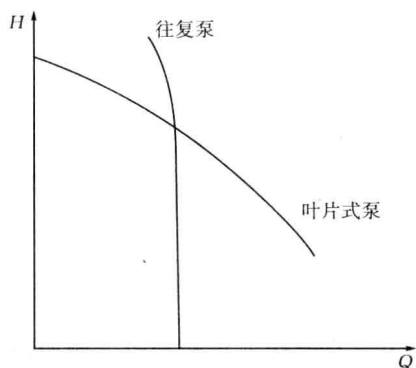


图 1-2 往复泵的性能曲线

(4) 往复泵有良好的自吸能力。

(5) 往复泵的效率较高。

(6) 往复泵的流量较小，且流量不均匀。往复泵不能用排出阀来调节流量。

(7) 由于往复泵的转速比较低，所以其外形尺寸和重量较大。

(8) 往复泵的结构比较复杂。

从往复泵的工作特点可以看出：往复泵可用于高扬程、小流量的场合；要求泵的流量恒定的场合；计量输送各种不同介质的场合。往复泵扬程特性曲线是一条近似垂直的直线，如图 1-2 所示。

1.1.3 往复泵的分类

往复泵的分类方式较多，通常有下述几种分类方法。

1. 根据液力端结构形式分

(1) 按与输送介质接触的工作机构可分为：活塞泵、柱塞泵、隔膜泵。

(2) 按往复泵的作用特点可分为：单作用泵、双作用泵、差动泵，如图 1-3 所示。

(3) 按液缸数可分为：单缸往复泵、双缸往复泵、三缸往复泵、多缸往复泵。

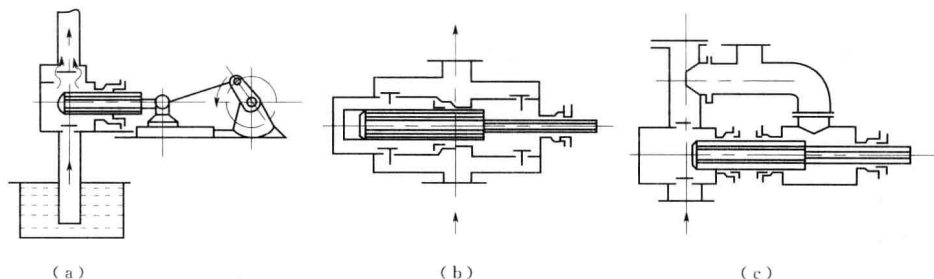


图 1-3 单作用、双作用、差动泵示意图

(a) 单作用泵；(b) 双作用泵；(c) 差动泵

2. 根据传动端的结构特点分类

按传动端的结构特点可分为：曲柄连杆机构往复泵、凸轮轴机构往复泵、无曲柄机构

往复泵。

3. 根据动力分类

按动力可分为：机动泵、直接作用泵、手动泵。

4. 根据排出压力 P 的大小分类

按排出压力分为：低压泵 ($P_2 < 1\text{MPa}$)、中压泵 ($P_2 = 1 \sim 10\text{MPa}$)、高压泵 ($P_2 > 10\text{MPa}$)。

5. 根据转速可分类

低速泵 $n < 80\text{rpm}$

中速泵 $80\text{rpm} < n < 250\text{rpm}$

高速泵 $250\text{rpm} < n < 550\text{rpm}$

超高速泵 $n > 550\text{rpm}$

此外，往复泵还可以根据输送液体的种类及流量调节的方式等进行分类。

1.1.4 往复泵的应用

由于往复泵的排出压力比较高，且能输送各种介质，如高黏度、具有腐蚀性、易燃、易爆以及有毒的各种液体，在国民经济的各个部门中得到了广泛的应用。

在石油化学工业中，合成橡胶、合成塑料、合成纤维、合成氨等生产设备中的往复泵有很重要的地位。石油矿场用往复泵是石油工业的关键设备。一般输送的介质中含有固体颗粒，且有较强的腐蚀性。随钻井深度增加，钻速的提高以及喷射钻头的应用，对钻井泥浆泵和压裂泵提出更高的要求。随着石油工业的发展，近海油田大量开发，管道输送增加，往复泵逐步向高压、大功率方向发展。根据往复泵的流量和排出压力无关的特点设计的往复式计量泵，在化工流程中得到广泛应用。计量泵是一种用柱塞或隔膜，或两者组合起来的液力端。并以一定流量精度定量输送介质的往复泵。计量泵的流量可以从接近零值到最大值的整个流量范围内进行调节。计量泵既可以作为工作机构，又可以起到流量计量和调节及控制元件的作用。在造船和大型设备的生产中，需要大型锻压机械，而锻压机械的主要动力设备是高压往复泵，要求这种高压往复泵的排出压力高，流量大且流量脉动小。

另外，往复泵在电站、机械制造、医疗、医学、化学分析等各个部门中也得到了广泛的应用。

1.2 往复泵的结构

1.2.1 活塞泵、柱塞泵

活塞泵和柱塞泵的主要差别在于活塞泵的密封元件装在活塞体上，而柱塞泵的密封元件装在静止部件上。由于活塞本身是带密封件的运动部件，所以，活塞的尺寸不能太小。活塞泵常用于大流量、低扬程的场合。活塞泵宜采用双缸双作用的形式。

柱塞形状简单且柱塞密封的填料箱可根据所输送介质要求选用不同的材料。柱塞泵的直径不宜过大，否则，因柱塞自重造成对密封的偏磨会影响密封的寿命；柱塞直径亦不宜过小，否则，加工有困难，通常柱塞直径为 $3 \sim 150\text{mm}$ 。所以柱塞泵适合于输送流量较

小，扬程较高的场合。

活塞泵和柱塞泵结构上的主要差别在液力端上，由于结构的差别，使泵的适用范围也不同，柱塞泵适合于做成单作用的短程高速泵，而活塞泵大多是做成长行程低速的双作用泵。柱塞泵的结构如图 1-4 所示。

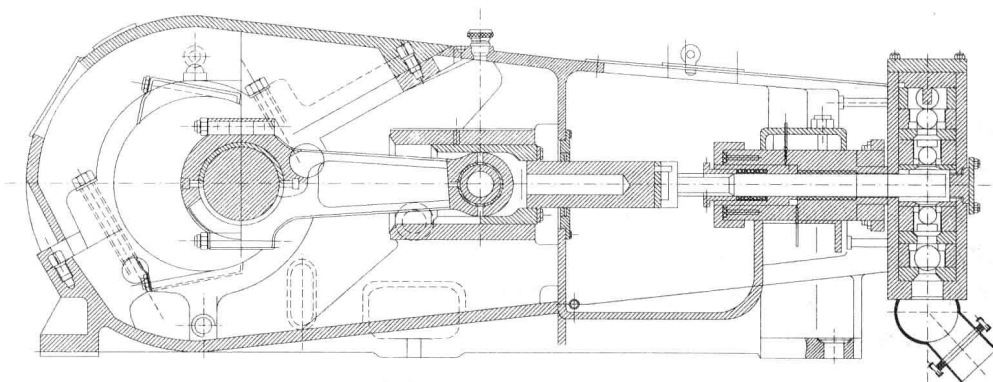


图 1-4 柱塞泵的结构图

1.2.2 隔膜泵和油隔离泵

1. 隔膜泵

液力端上装有隔膜，把输送介质的过流部件和带动隔膜弹性变形的部件或柱塞工作缸隔开的往复泵称隔膜泵。隔膜泵的隔膜类型有膜片、波纹管等，其中以膜片应用最多。用柱塞工作缸中液体（通常为油）压力的周期变化来带动隔膜周期弹性变形的称液压隔膜泵。用机件的往复运动直接带动隔膜弹性变形的称机械隔膜泵。

隔膜泵的特点：

(1) 隔膜泵所输送的介质和液缸之间是用隔膜隔开，输送介质不会外漏。因此，隔膜泵适于输送易燃、易爆、强腐蚀、易挥发、结晶、剧毒、恶臭、具有放射性或对操作人员有害的介质。

(2) 为了克服隔膜的弹性变形，液压隔膜泵在柱塞的吸入过程中需要消耗一定的能量，因此，在同样条件下的吸入性能低于一般的柱塞泵。

(3) 相对于柱塞泵来说，隔膜泵的余隙容积较大。因此，流量系数较低，且随排出压力的增加其影响增大。

(4) 隔膜泵的隔膜是在周期性的弹性变形下工作，为了保证隔膜有足够的疲劳寿命，要限制隔膜泵的往复次数，隔膜的弹性变形要小，隔膜的行程容积不可能很大，否则其径向尺寸会很大，因此，隔膜泵的流量较小，通常每缸流量范围是 $1 \sim 10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(5) 隔膜泵的结构比活塞泵复杂，且使用、维修的技术要求也高。

2. 油隔离泵

油隔离泵是借助于工作腔内（油隔离罐）被输送介质与油的密度差形成的自然分界面的周期波动而实现输送流体的泵，如图 1-5 所示。

油隔离泵的特点是：

(1) 由于隔离罐技术和经济上的原因，油隔离泵的排出压力不宜太高，但流量可以较大。

(2) 因为输送介质与工作介质是靠自然分界面隔开的，且瞬时流量是脉动的，因此，在往复次数较高时会导致两种介质混淆，失去油隔离作用。因此，油隔离泵的往复次数较低，通常 $n < 60\text{rpm}$ ，泵的结构复杂而笨重。

(3) 适用于输送矿浆、尾矿和电厂除灰等磨蚀性很强的固液混合物料。

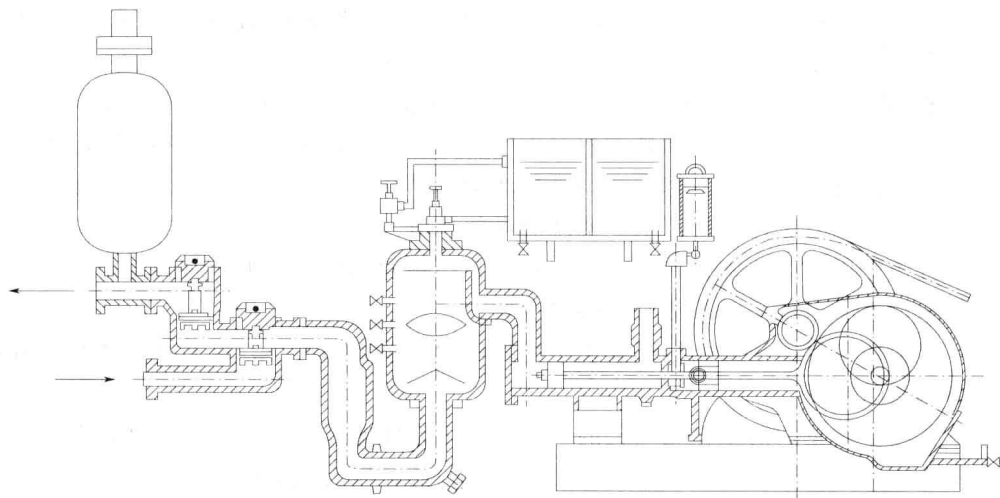


图 1-5 油隔离泵

1.2.3 直接作用泵

直接作用泵的液力端活塞（图 1-6 右部）与动力端活塞（图 1-6 左部）用同一个活塞杆连接，轴线在同一直线上，并经此活塞杆把动力端工作介质的能量直接传递给被输送的液体。动力端的工作介质可以是蒸汽、压缩气体或有压液体，其中常用的是蒸汽，故又称为蒸汽直接作用泵，也称直动泵。

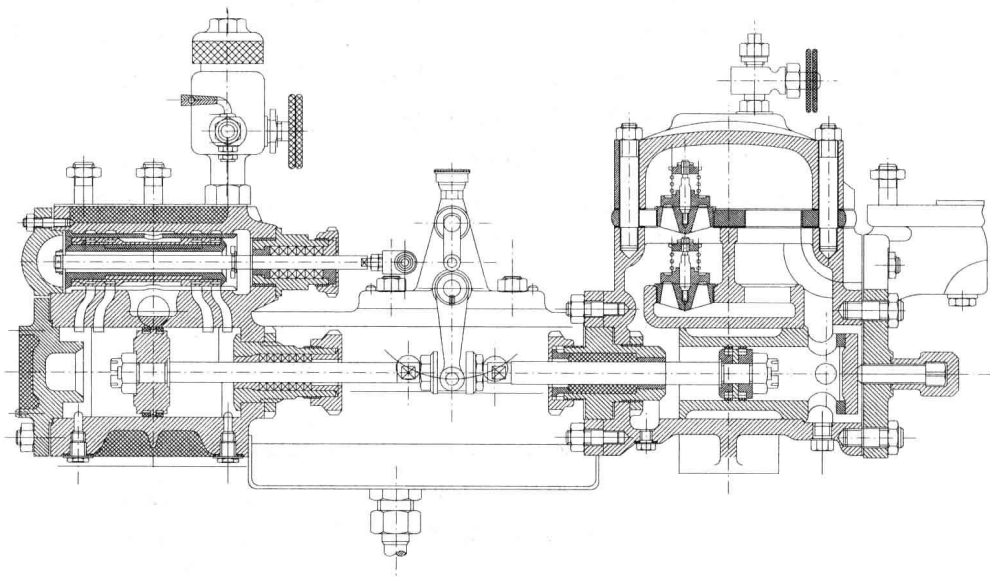


图 1-6 蒸汽直接作用往复泵

直接作用泵通常由液力端、动力端、配汽机构及其他附属设备所组成，不需要独立的原动机和减速机构。

直接作用泵的特点：

(1) 瞬时流量脉动小，平均流量与直接作用泵的排出压力、往复次数 n 、行程长度 s 、活塞直径 D 和活塞杆直径 d 有关。在直接作用泵中，往复次数 n 或活塞平均速度 U_m 不是一个恒定的值。当泵的排出压力增加时，由于汽缸内压力不变，所以活塞平均速度 U_m 或往复次数 n 随之下降，平均流量也相应减少。因此，直接作用泵不易过载，比较安全。

(2) 直接作用泵的活塞运动规律取决于作用在活塞上的蒸汽推动力和各项阻力。进汽量越多、进汽压力越高、阻力越小，则直接作用泵的往复次数越高。因此，直接作用泵可以通过简单的节流方法控制进汽量，实现流量的调节。

(3) 直接作用泵的活塞在两端止点位置都有停顿的间歇期。吸入阀和排出阀均在间歇期落向阀座，不易出现泵阀落下时的撞击现象。

(4) 直接作用泵的活塞的行程取决于配汽机构及阻力的大小。可通过调节配汽机构方便地控制活塞的行程。

(5) 直接作用泵的活塞在相当长的一段行程中是等速运动，而且活塞又是靠有弹性的蒸汽推动，所以，输送介质在管路中的流动是均匀的，压力波动小。

(6) 直接作用泵适于输送易燃、易爆的介质，广泛地用在没有电源的场合。

(7) 直接作用泵需要有压动力介质作为动力源，因此，系统所需设备较多。而且，直接作用泵的动力介质只能在活塞的排出行程时做功，在回程时，则不能利用已被压缩的介质做功，能量损失较大。动力介质的压力越高，损失越大。

1.2.4 计量泵

能够通过流量调节机构并能按照流量指示机构的指示值精确地进行调节和输送液体的泵称计量泵。计量泵又可称为调量泵、可变排量泵、比例泵等。计量泵在系统中工作时，同时起着泵和计量仪器的作用，因计量泵除了输送液体以外，还具有连续测定流量的功能。计量泵的流量可在额定流量下根据用户要求，从接近于零值到最大值的整个流量范围内进行调节并能保持一定的流量输送精度。计量精度达 $\pm 1\%$ 。

计量泵根据驱动方式分为自动计量泵和机动计量泵，机动计量泵主要是电动计量泵。计量泵根据液力端的结构型式分为柱塞计量泵和隔膜计量泵。隔膜计量泵又可分为机械隔膜计量泵和液压隔膜计量泵，而应用较多的是液压隔膜计量泵。

1. 柱塞计量泵

柱塞计量泵的基本型式和柱塞泵相似。柱塞计量泵在每一往复行程中所排出液体的体积由柱塞的直径和行程的长度确定。可以采用调节柱塞的行程长度或调节往复次数的方法来改变柱定计量泵的流量。

柱塞计量泵中，一般采用双重吸入阀和排出阀的结构，其原因是当固体颗粒通过某一阀而妨碍阀完全关闭时，可使流量仍能保持一定的值。柱塞计量泵的结构简单，计量精度高，工作可靠，调节范围宽，适用于高压小流量的场合。但是，柱塞计量泵的连接杆或柱塞在通过填料箱时会产生泄漏，特别是在高温和高压的条件下，如果所输送的液体有腐蚀性时，泄漏会损坏泵的零件。若输送的是易燃、易爆、有毒的液体、则泄漏会造成危现。

2. 机械隔膜计量泵

采用机械隔膜计量泵可以消除液体的泄漏，如图 1-7 所示。在机械隔膜计量泵中，连接杆不是同柱塞相连，而是连到一个作往复运动的挠性隔膜中心，由隔膜的往复运动来吸入和排出液体，隔膜可以用金属材料或非金属材料制成。由于受隔膜材料机械强度的限制，机械隔膜计量泵的排出压力通常不是很高。此外，这种计量泵的计量精度不像柱塞计量泵那样精确。

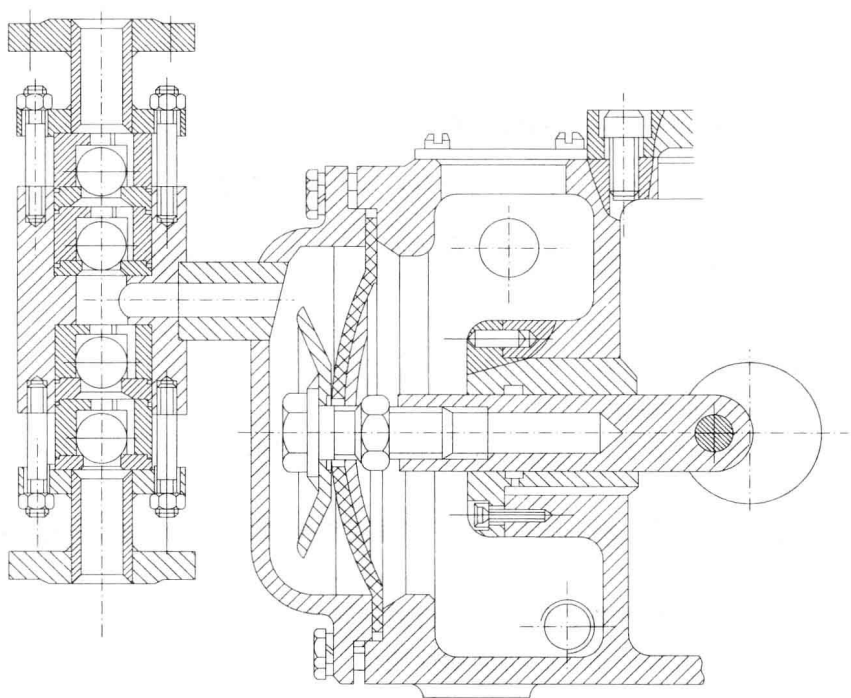


图 1-7 机械隔膜计量泵

3. 液压隔膜计量泵

液压隔膜计量泵的柱塞在一个充满液体的密闭室内作往复运动。密闭室的一端用隔膜和所输送介质隔开。当柱塞作往复运动时，通过液体压力周期变化，使隔膜两侧压差交替变化形成隔膜周期地弹性变形，从而吸入和排出液体。由于作用在隔膜上的力是液体压力，故整个隔膜两边的压力是较均匀的；又因隔膜在两个经过精密加工的限制板之间的凹处所形成的空腔内挠曲变形，因此，可以防止隔膜过大的挠曲。柱塞在工作过程中的泄漏可以由弹簧补液阀得到补充。同样，当柱塞和隔膜之间形成的液压超过一定的限度时，部分液体可以通过另一弹簧阀回到储存器，以免超压。

液压隔膜计量泵的一个最大优点是所输送的液体不泄漏。因此，除了和所输送液体相接触的那些零件根据所输送液体的性质选用适当的材料外，其他零件均可由一般材料制造。

当输送的介质有较强的腐蚀性或有易燃、易爆等危险时，为了防止由于隔膜破裂后与液压油相接触而产生强烈反应或污染所输送介质，可采用双隔膜泵。第二块隔膜装在第一