

机械工人职业技能培训教材

 高级

锻造工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



 机械工业出版社
China Machine Press

机械工人职业技能培训教材

高级锻造工技术



机械工业出版社

本书是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范（考核大纲）锻造工》中高级工的要求，由中国第二重型机械集团公司承接编写的。主要包括：高级锻造工应具有的相关专业基础知识，自由锻的主要工序，水压机锻造，胎模设计与制作，模锻以及典型锻件的操作实例等。全书在内容的编写上力求从实际需要出发，具有行业针对性强和注重实用性的特点，并采用了国家最新标准。

本书为高级锻造工职业技能培训教材，也可供有关技术人员和技工学校锻造专业师生学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

高级锻造工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编.
—北京：机械工业出版社，1999. 11
机械工人职业技能培训教材
ISBN 7-111-07422-X

I. 高… II. 机… III. 锻造-工艺-技术培训-教材
IV. TG316

中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 48346 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
责任编辑：李铭杰 版式设计：霍永明 责任校对：吴美英
封面设计：姚毅 责任印制：何全君
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版第 2 次印刷
850mm×1168mm^{1/32}·14.25 印张·374 千字
4 001—6 000 册
定价：23.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与试题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委员	于新民	田力飞	田永康	关连英
	刘亚琴	孙旭	李明全	李玲
	李超群	吴志清	张岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	林道孚			
副主编	王海荣	陈俊		
参编	陈俊	陶勇	王凤来	陈光第
	陈渝生	古国发		
本书主审	谢懿			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙

配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”，如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 基础知识	1
第一节 液压传动	1
第二节 工时定额和劳动生产率	51
复习思考题	59
第二章 金属塑性变形基础理论	61
第一节 塑性变形的概念	61
第二节 金属的加工硬化和金属的软化过程	70
第三节 金属塑性变形的基本定律	74
第四节 影响金属塑性变形的因素	77
第五节 金属塑性变形的摩擦与润滑	88
第六节 常见锻造变形工序分析	94
复习思考题	107
第三章 自由锻	109
第一节 自由锻的主要工序	109
第二节 锤上自由锻典型工艺实例	125
第三节 水压机锻造	136
第四节 自由锻件的缺陷分析及排除方法	178
第五节 自由锻设备和辅助设备的检修、调试和验收方法	191
第六节 胎模设计与制作	212
复习思考题	236
第四章 高合金钢的锻造	238
第一节 高合金钢中各种元素对钢性能的影响	238
第二节 高合金钢锻造的特点	242
第三节 高碳化物钢的锻造	246
第四节 可锻型铸铁的锻造	254
第五节 高锰钢汽轮发电机护环的锻造	263

第六节 不锈钢的锻造	272
复习思考题	277
第五章 模锻	278
第一节 模锻设备及辅助设备	278
第二节 模锻锻模设计的基本知识	304
第三节 精密模锻	421
第四节 模锻件缺陷分析及排除方法	423
第五节 锻模的使用和维修	425
第六节 典型模锻件实例	428
复习思考题	442

第一章 基础知识

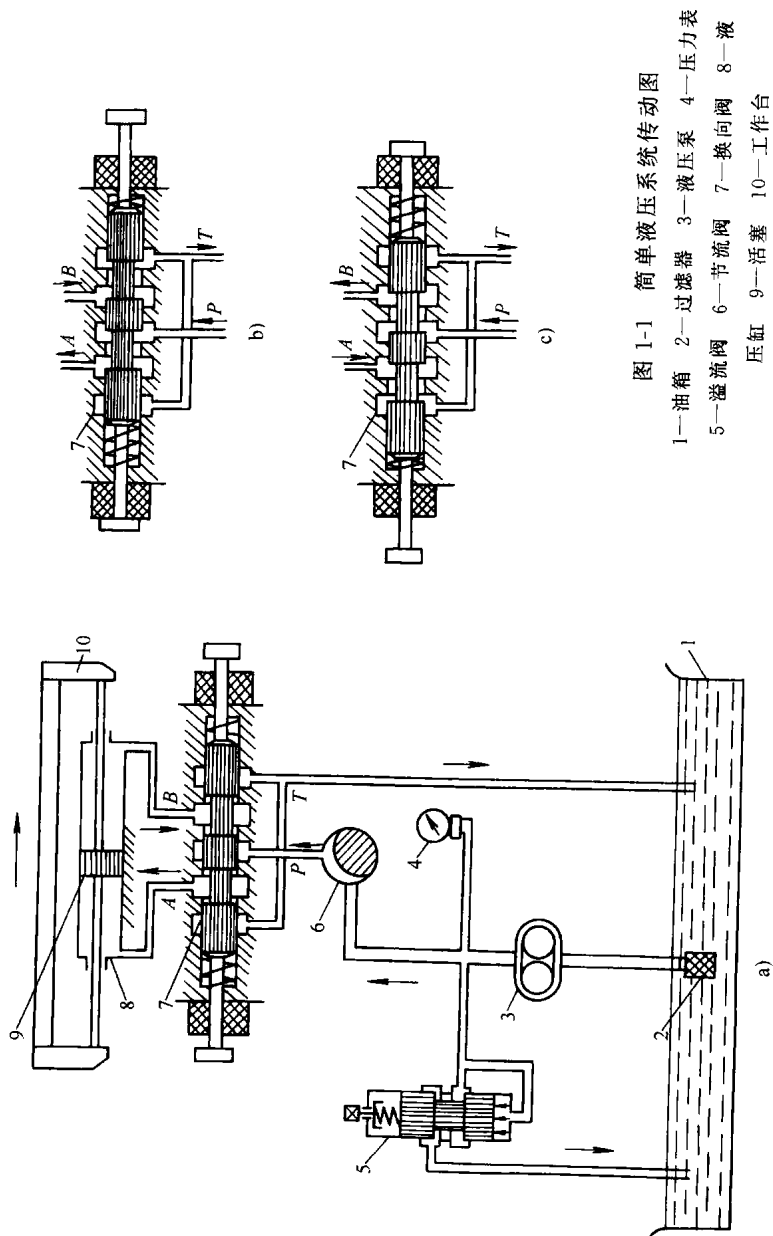
培训要求 掌握液压传动知识；对锻压设备简单的传动原理进行分析；了解提高劳动生产率的基本知识。

第一节 液 压 传 动

液压传动是以有一定压力的液体为工作介质，利用各种液压元件组成所需要的控制回路来进行能量的转换和自动控制。液压元件按其功能可分为动力元件（液压泵）、执行元件（液压缸）、控制元件（液压控制阀）和辅助元件（油箱）等。目前，我国的液压元件已由低压到高压形成系列化和标准化。液压传动技术广泛应用于锻压机械、起重机械、机床工业等各种机械中。

一、液压传动

1. 液压传动的工作原理 图 1-1 所示为简单的液压系统传动图。液压泵 3 由电动机驱动从油箱 1 中吸油，油液经节流阀 6 至换向阀 7，若电磁换向阀左、右两侧电磁铁同时断电，则换向阀阀芯处于图 1-1a 位置。此时通道 P 、 T 、 A 、 B 完全断开，则压力油随液压泵排油而压力升高；当油压力超过溢流阀 5 的调定压力时，压力油便推动溢流阀阀芯流回油箱 1。若换向阀 7 左端电磁铁通电，则换向阀阀芯处于如图 1-1b 所示位置，此时管路 P 和 A 相通， B 和 T 相通，压力油经换向阀的 P — A 通道流入液压缸 8 的左腔，使活塞 9 在压力油推动下，通过活塞杆带动工作台向右运动，同时液压缸右腔的油液经管路 B ，由换向阀的 B — T 通道流回油箱 1。若换向阀 7 右端电磁铁通电，则换向阀阀芯处于如图 1-1c 所示位置，此时管路 P 和 B 相通， A 和 T 相通，这时压力油可由换向阀的 P — B 通道流入液压缸 8 的右腔，推动工作台向左运动，同时，液压缸 8 左腔的油液经换向阀的 A — T 通道流回油箱 1。



节流阀 6 的作用是控制工作台工作时的运动速度，其开口可开大或关小。当它开大时，随着经节流阀进入系统油液的增多，而使工作台运动速度加快；当它关小时，则工作台运动的速度减慢。溢流阀 5 的作用是调节系统所需的最高工作压力，起调节和安全作用。当系统油液压力超过溢流阀调定压力时，油液便推动溢流阀阀芯上移，使阀口打开而流回油箱，当其压力不再升高时，液压泵的出口压力由溢流阀决定。

由上例液压传动系统可以看出，液压传动系统由以下几个基本部分组成：

(1) 动力元件 指液压泵。它将原动机输入的机械能转换成液体的压力能，以供给系统一定的压力和流量的油，是能量输入装置。

(2) 执行元件 指液压缸。它将液体的压力能转换成机械能，用以克服负载并带动机械完成所需的动作，是能量的输出装置。

(3) 控制元件 指各种控制阀，如压力阀、流量阀和方向阀等。其作用是根据系统的动作要求，用以控制液压系统所需的压力、流量、方向等性能，以保证执行元件实现各种不同的工作要求。

(4) 辅助元件 指各种管接头、油箱、过滤器、压力计和蓄能器等。其起连接、贮油、过滤、测量和贮存压力能等作用，是系统的组成部分，对系统可靠和稳定地工作具有重要的作用。

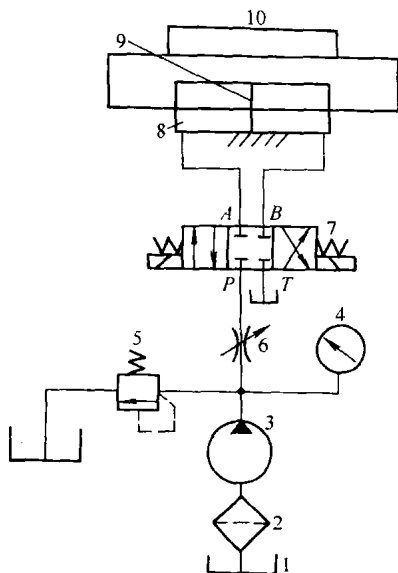


图 1-2 所示为用图形符号

图 1-2 简单的液压系统传动图

绘制的液压系统传动图（符号说明见图 1-1）。采用液压元件的职能符号来表示液压系统传动时，按照国标规定，液压元件图形符号以元件的静止位置或零位置表示。当液压元件无法采用职能符号表示时，可允许采用结构原理图表示。

2. 液压油的选用 液压油是液压系统中用来传递能量的液体工作介质。它不仅传递能量，而且还起着润滑和保护金属零件不被锈蚀的作用。液压油的质量对液压系统工作的影响很大，如果选用不当或质量低劣，会使其传动效率降低，甚至不能正常工作。因此，只有正确地选用液压油，以及合理的使用和维护，才能够有效地提高设备的工作效率和可靠性，延长设备的使用寿命。

选用液压油时，应最先考虑液压油的粘度，粘度太低则会效率降低、泄漏增加和增加摩擦等；粘度太高则运动阻力增大，液压泵吸油阻力大，易产生吸空等，所以要合理选用粘度。一般选择液压油时，应从以下几个方面考虑：

（1）工作环境 在液压系统工作环境温度较高或环境温度剧烈变化时，应采用高粘度的液压油。在工作环境温度较低或环境温度变化范围不大时，才可以采用粘度较低的液压油。

（2）运动速度 当液压系统的工作部件运动速度高时，为减少功率损失、保证运动部件的灵敏性和可靠性，应采用粘度较低的液压油；反之则可采用较高粘度的液压油。

（3）工作压力 当液压系统工作压力较高时，为了防止液压油的泄漏，应采用较高粘度的液压油；在工作压力较低时，采用较低粘度的液压油。

（4）以液压泵的类型选择液压油 在液压系统中，液压泵是对液压油的粘度和粘温性能最敏感的元件之一，并且对润滑条件要求特别高，不同的液压泵对润滑的要求不同，因此选择液压油时应考虑液压泵的类型和工作环境。见表 1-1。

二、液压泵

液压泵是将电动机输出的机械能转换成液体压力能的能量转换装置。它向系统提供工作时所需的一定压力和流量的油液，从

而驱动系统中各液压执行元件完成各种规定的动作。

表 1-1 各类液压泵推荐用的液压油

液压泵类型		油液粘度 $\times 10^{-6}$ (40°C 时) /(m ² /s)		适应液压油的种类和粘度牌号
		液压系统温度 5~40°C	液压系统温度 40~80°C	
叶片泵	7MPa 以下	30~50	40~75	L-HM32、L-HM46、L-HM68
	7MPa 以上	50~70	55~90	L-HM46、L-HM68、L-HM100
齿轮泵		30~70	95~165	中、低压时用：L-HL32、L-HL46、 L-HL68、L-HL100、L-HL150
径向柱塞泵		30~50	65~240	中、高压时用：L-HM32、L- HM46、L-HM68、L-HM100、L- HM150
轴向柱塞泵		30~70	70~150	

1. 液压泵的工作原理和分类

(1) 液压泵的工作原理 液压泵的工作原理如图 1-3 所示。柱塞 5 和泵体 4 构成密封油腔。柱塞 5 在弹簧 2 的作用下与偏心轮 6 接触，当偏心轮 6 转动时，柱塞作上、下直线往复运动。柱塞下行时，其密封油腔容积逐渐增大，产生局部真空，这时，油箱内的油液在大气压力的作用下顶开单向阀 1 进入油腔，即液压泵吸油。当柱塞上行时，密封油腔容积逐渐缩小，因此油腔内的油液受到挤压后顶开单向阀 3 进入到工作系统，即液压泵压油。若偏心轮不停转动，液压泵便不断地吸油和压油。

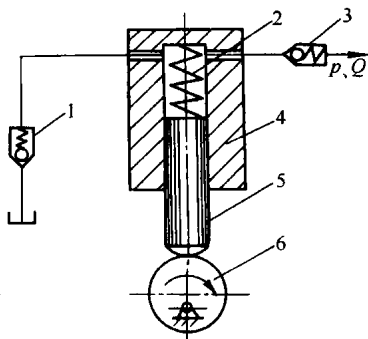


图 1-3 液压泵工作原理图

1、3—单向阀 2—弹簧 4—泵体
5—柱塞 6—偏心轮

从液压泵的工作过程可以

看到，其正常工作的必备条件是：

1) 应具备密封容积，且密封容积能交替变化。因为液压泵的密封容积的变化是吸油和压油的根本原因，所以又称为容积泵。液压泵的输油量是与这个密封容积变化的大小及柱塞每分钟运动的次数成正比的。

2) 应具有配流装置。在吸油过程中它保证液压泵的密封容积与油箱相通，同时关闭供油通路；在压油过程中，使密封容积与液压系统的管路相通而与油箱切断。如图 1-3 所示单向阀 1、3 称为配流装置。配流装置在形式上各式各样，它是液压泵工作必不可少的组成部分。

3) 在吸油过程中，油箱必须和大气相通，这是吸油的必要条件。在压油过程中，实际油压力决定于输出油路中所遇到的阻力，即液压泵工作压力决定于外界负载，这是形成油压力的条件。

综上所述，液压泵要能吸油和压油，必须具备可变的密封容积、有与密封容积变化相协调的配流装置、吸油腔与压油腔隔开以及吸油腔与油箱大气相通四个条件。

(2) 液压泵的分类 液压泵种类很多，按其输出的流量能否调节可分为定量泵和变量泵；按其额定压力的高低可分为低压泵、中压泵和高压泵三类；按其结构形式的不同可分为齿轮泵、叶片泵、柱塞泵等。

液压泵的图形符号如图 1-4 所示。

2. 齿轮泵 齿轮泵一般分为外啮合和内啮合两种，广泛应用于各种液压机械上。

(1) 齿轮泵的工作原理

齿轮泵的工作原理如图 1-5 所示。工作零件主要由一对相互

啮合的齿轮、泵体和两个端盖组成。泵体、端盖和齿轮的各齿间组成密封的工作容积，两齿轮的齿顶和啮合线把密封容积分成 α

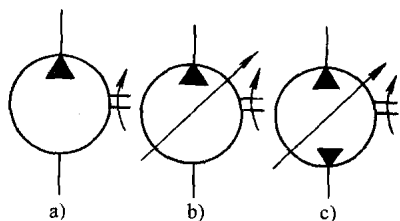


图 1-4 液压泵的图形符号

a) 单向定量泵 b) 单向变量泵

c) 双向变量泵

腔和 b 腔,即吸油腔和压油腔。当主动轴带动齿轮按图示方向旋转时,在 a 腔中,由于齿轮脱开啮合,轮齿退出齿间,使密封工作容积增大而形成局部真空,油液在大气压作用下,由油箱经油管被吸入 a 腔,充满齿间。随着齿轮的旋转,被吸到齿间的油液随齿轮转动沿箭头流向带到右侧 b 腔。在 b 腔中,两齿轮的轮齿逐渐啮合,使密封工作容积逐渐减小,齿间的油液被挤压经压油口输出。这样,随着齿轮不停地转动,吸油腔不断地从油箱中吸油,而压油腔也不断地排油,此则为齿轮泵的工作原理。

(2) 齿轮泵的特点及使用 外啮合齿轮泵结构简单,制造方便,价格便宜,自吸能力强,工作可靠,对油液污染不敏感,应用广泛。但齿轮泵噪声大,输油量不均,由于压油腔的压力大于吸油腔压力,使齿轮和轴承受到径向不平衡的液压力。内啮合齿轮泵噪声较小,体积小,质量轻,但制造复杂,排量不可变。

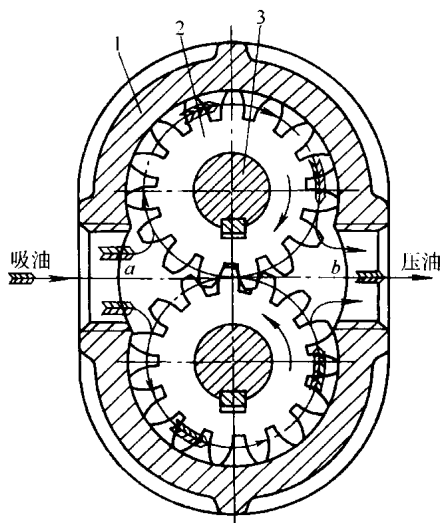


图 1-5 齿轮泵工作原理图

1—泵体 2—齿轮 3—主动轴

齿轮泵工作压力分为

低、中、高三级。低压齿轮泵（工作压力 $p \leq 2.5 \text{ MPa}$ ）；中、高压齿轮泵（工作压力 p 为 $8.0 \sim 17.5 \text{ MPa}$ ）。在锻压机械中,低压齿轮泵常用作液压系统中的控制油路油源、油压机的快速行程充液泵以及为自吸能力差的油泵供油等。中、高压齿轮泵在锻压辅助设备上也被采用。

3. 叶片泵 按其排量是否可变化,分为定量叶片泵和变量叶片泵两类。按其每转吸、排油次数和轴承上所受径向力的情况,又分为单作用式和双作用式两类。

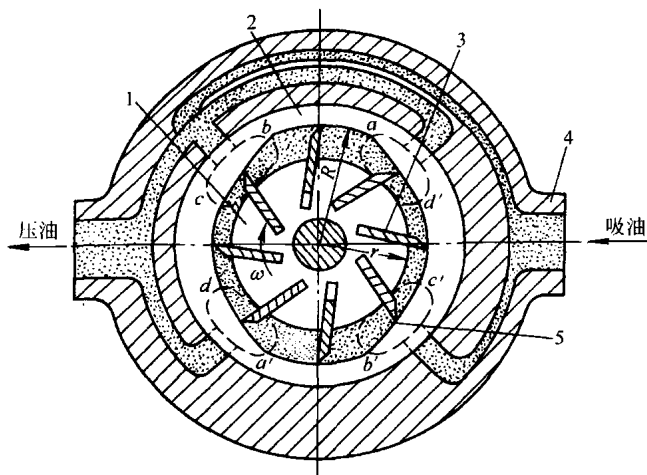


图 1-6 双作用叶片泵的工作原理图

1—转子 2—定子 3—叶片 4—泵体 5—配油盘

(1) 双作用式叶片泵工作原理 如图 1-6 所示，双作用式叶片泵主要由转子 1、定子 2、叶片 3、泵体 4 和配油盘 5 等组成。定子和转子同心安放，定子内表面是一近似椭圆面，由两段半径为 R 的长径圆弧面、两段半径为 r 的短径圆弧面以及四段过渡曲线所组成。转子上开有均布槽，矩形叶片安装在转子槽内，转子 1 可带动叶片 3 在配油盘 5 及定子 2 内壁构成的密封容腔内转动。当转子沿箭头方向旋转时，叶片在离心力和叶片根部油压的作用下，以一定压力压着定子内表面滑行并起着密封作用，这样转子、定子、叶片和配油盘之间就形成了若干个密封的工作容积。当相邻两叶片从定子的短半径 r 处向长半径 R 处转动时，叶片向外伸，所构成的密封容积逐渐增大，形成局部真空而吸油；当相邻两叶片由定子的长半径 R 向短半径 r 处转动时，叶片受定子内壁压迫退进槽内，所构成的密封容积逐渐缩小而压油。这样，转子每转一周，每相邻两叶片的密封容积完成两次吸油和压油，所以称为双作用式叶片泵。由于此泵有两个对称的吸、压油腔，作用在转子上的径向液压力互相平衡，又称为双作用式卸荷叶片泵。双作

用式叶片泵一般设计成定量泵。

(2) 单作用式叶片泵的工作原理 如图 1-7 所示, 单作用式叶片泵主要由转子 3、定子 4、叶片 5、传动轴 2、配油盘 1 和泵体等组成。定子内表面为圆柱形, 转子上有均布槽, 矩形叶片安放在转子槽内并可在槽内滑动, 转子和定子偏心安放。当转子旋转时, 叶片在自身离心力作用下, 紧贴定子内表面起密封作用, 转子、定子、叶片和配油盘之间就形成了若干个密封的工作容积。当转子按箭头方向旋转到右半部时, 叶片逐渐伸出, 相邻两叶片间的密封容积增大, 形成局部真空, 于是从配油盘吸油窗口吸油; 与此相反, 左边的叶片被定子内表面逐渐压入槽内而使两相邻叶片间的密封容积逐渐减小, 将油液从配油盘上的压油窗口压出。在吸、压油腔之间, 有上、下两段封油区把两腔隔开。因转子每转一周, 两叶片间的工作容积只完成一次吸油和压油, 故称为单作用式叶片泵。由于转子和主轴承受单向作用力, 所以又称为非卸荷式叶片泵, 若调节转子和定子的偏心距 e 的大小, 即可改变输出油量, 故又称为变量泵。

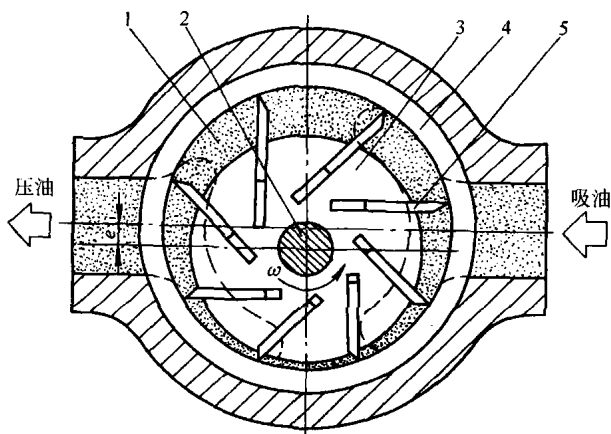


图 1-7 单作用叶片泵的工作原理图

1—配油盘 2—传动轴 3—转子 4—定子 5—叶片