

液压气动 图形符号及识别

张戎社 宁辰校 主编



Y_Q^{IDONG}
EYA
TE^{LUHAO}
UXING
Js^{HIBIE}
IJ^{JIQIAO}



化学工业出版社

液压气动 图形符号及识别

张成社 宁辰校 主编

Y^Q
EYA
TF
J^S
IJ^{HIE}
IQIAO



化学工业出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

液压气动图形符号及识别/张戌社, 宁辰校主编.
北京: 化学工业出版社, 2016.12
ISBN 978-7-122-28198-2

I. ①液… II. ①张…②宁… III. ①液压传动-图
形符号-识别②气压传动-图形符号-识别 IV. ①TH137
②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 235483 号

责任编辑: 黄 滢
责任校对: 战河红

文字编辑: 张燕文
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码
100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 252 千字

2017 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

在液压气动技术的系统图及回路图中,各个元件都是用国家标准规定的图形符号表示的。要学习液压气动元件的基本构成、工作原理、功能特点,熟悉基本回路和典型系统,进而在生产实际中设计和应用液压气动回路及系统,首先就要认识液压气动元件的图形符号,掌握其识别技巧。

液压气动元件的种类繁多,相应的图形符号也多种多样,许多图形符号外观相似,功能却各不相同,因而难以区分和掌握。为帮助广大读者更好地掌握和快速识别液压与气动图形符号,更好更快地学习液压气动基础知识,笔者在归纳整理相关资料的基础上编写了本书。

本书以液压和气动系统的各个组成元件为单元,分章介绍了元件的功能、类型、工作原理、图形符号及图形符号的识别技巧。对功能相似或同类元件的图形符号以表格的形式进行对照和比较,通过应用实例介绍了该类元件在回路中的应用,以强化图形符号的识别。本书最后对液压和气动系统分别列举了几个典型实例,对各种图形符号进行综合分析和比较。

本书适合液压气动技术的初学者学习使用,也可供工程技术人员和其他相关从业人员参阅,还可供本科专科相关专业学生学习参考。

本书由张戌社和宁辰校主编,郭英军、周荣芳、崔丽、李兰、次双绪、翟宁参编,全书由宁辰校统稿。

由于笔者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

第1章 概述

001

- | | | | |
|---------------------|-----|--------------------------|-----|
| 1.1 液压气动系统的构成 | 001 | 1.3 国家标准对图形符号所做的规定 | 004 |
| 1.2 用图形符号表示的液压气动 | | 系统图 | 001 |

第2章 液压能源元件

005

- | | | | |
|-----------------------|-----|-------------------------|-----|
| 2.1 液压泵的工作原理 | 005 | 2.3 液压泵的图形符号绘制规则 | 013 |
| 2.2 液压泵的种类和典型结构 | 006 | 2.4 液压泵的图形符号及识别技巧 | 015 |
| 2.2.1 齿轮泵 | 006 | 2.5 液压泵典型应用回路 | 017 |
| 2.2.2 叶片泵 | 008 | | |
| 2.2.3 柱塞泵 | 011 | | |

第3章 液压执行元件

022

- | | | | |
|-----------------------|-----|------------------------------|-----|
| 3.1 液压缸 | 022 | 3.2.3 液压马达的应用实例 | 045 |
| 3.1.1 活塞式液压缸 | 022 | 3.3 摆动液压马达 | 048 |
| 3.1.2 柱塞式液压缸 | 031 | 3.3.1 摆动液压马达的工作原理 | 048 |
| 3.1.3 其他液压缸 | 034 | 3.3.2 摆动液压马达的图形符号及识别技巧 | 049 |
| 3.2 液压马达 | 041 | | |
| 3.2.1 液压马达的工作原理 | 042 | | |
| 3.2.2 液压马达的图形符号 | | | |

第4章 液压控制阀

050

- | | | | |
|-----------------|-----|-------------------|-----|
| 4.1 方向控制阀 | 051 | 4.2.2 减压阀 | 087 |
| 4.1.1 单向阀 | 051 | 4.2.3 顺序阀 | 093 |
| 4.1.2 换向阀 | 061 | 4.2.4 压力继电器 | 102 |
| 4.2 压力控制阀 | 079 | 4.3 流量控制阀 | 104 |
| 4.2.1 溢流阀 | 079 | 4.3.1 普通节流阀 | 105 |

4.3.2	调速阀	107
4.3.3	分流集流阀	109
4.3.4	常见流量控制阀的符号 比较	113
4.4	其他液压阀	114

4.4.1	插装阀	114
4.4.2	比例阀	118
4.4.3	数字阀	124
4.4.4	叠加阀	125

第5章 液压辅助元件

130 /

5.1	蓄能器	130
5.1.1	蓄能器的功用	130
5.1.2	蓄能器的分类	131
5.1.3	蓄能器的图形符号及 识别技巧	133
5.1.4	蓄能器的典型应用 回路	135
5.2	过滤器	137
5.2.1	过滤器的功用和 类型	137
5.2.2	过滤器的图形符号及 识别技巧	140
5.2.3	过滤器的选用原则及 应用示例	142
5.3	油箱	144

5.3.1	油箱的功用和结构 类型	144
5.3.2	液压油箱的图形符号 及识别技巧	146
5.4	热交换器	146
5.4.1	冷却器	147
5.4.2	加热器	148
5.4.3	热交换器的图形符号 及识别技巧	148
5.4.4	热交换器的典型应用 回路	149
5.5	液压油管 and 管接头	151
5.5.1	液压油管	151
5.5.2	管接头	153
5.6	检测装置	155

第6章 气源装置和气动辅助元件

157 /

6.1	气源装置	157
6.1.1	空气压缩机	157
6.1.2	空气的净化处理 元件	161
6.1.3	真空元件	173
6.1.4	气源和空气净化元件在 气动回路中的应用	176
6.2	气动辅助元件	177

6.2.1	管道连接件	177
6.2.2	消声器	181
6.2.3	缓冲器	182
6.2.4	压力开关	184
6.2.5	接近开关	185
6.2.6	压力计、真空压力计 和压差计	188
6.2.7	气液转换器	189

第7章 气动执行元件

191 /

7.1	气缸	191
7.1.1	单作用气缸	191
7.1.2	双作用气缸	193
7.1.3	膜片式气缸	198

7.1.4	气液阻尼缸	199
7.1.5	无杆气缸	200
7.1.6	波纹气囊气缸	201
7.1.7	带阀气缸	202

7.2 摆动马达与气指	203	7.3.2 活塞式气动马达 ...	210
7.2.1 摆动马达	203	7.3.3 齿轮式气动马达 ...	211
7.2.2 气动手指气缸	205	7.3.4 气动马达的图形符号 及识别技巧	212
7.2.3 伸摆气缸	208		
7.3 气动马达	209	7.4 气动执行元件的典型应用 回路	213
7.3.1 叶片式气动马达 ...	210		

第8章 气动控制元件

215/

8.1 方向控制阀	215	8.4 逻辑元件	241
8.1.1 单向型控制阀	215	8.4.1 是门元件和与门 元件	241
8.1.2 换向型控制阀	220	8.4.2 或门元件	242
8.2 压力控制阀	230	8.4.3 非门元件和禁门 元件	243
8.2.1 减压阀	231	8.4.4 或非门元件	243
8.2.2 安全阀、溢流阀 ...	233	8.4.5 双稳态元件	244
8.2.3 顺序阀	234	8.4.6 气动逻辑元件的图形 符号及识别技巧 ...	245
8.2.4 增压阀	235		
8.2.5 压力阀的图形符号及 识别技巧	236	8.5 气动比例阀	245
8.3 流量控制阀	238	8.6 气动控制阀的典型应用 回路	246
8.3.1 流量控制原理	238		
8.3.2 节流阀	238		

第9章 图形符号识别举例

252/

9.1 液压图形符号识别举例	252	9.2.1 八轴仿形铣加工机床 气动系统	268
9.1.1 组合机床动力滑台液压 系统	252	9.2.2 气液动力滑台气动 系统	270
9.1.2 液压机液压系统 ...	255	9.2.3 机床夹具气动 系统	272
9.1.3 汽车起重机液压 系统	258	9.2.4 气动机械手气压传动 系统	273
9.1.4 电弧炼钢炉液压传动 系统	260	9.2.5 气动自动钻床气压传动 系统	276
9.1.5 多轴钻床液压系统 ...	262	9.2.6 气动计量系统	277
9.1.6 注塑机液压系统 ...	264		
9.2 气动图形符号识别举例	268		

参考文献

280/

第1章

概述

1.1 液压气动系统的构成

液压气动系统是以液体或气体作为工作介质来进行工作的，一个完整的液压（或气压）传动系统由以下几部分构成。

① 动力元件 是将原动机所输出的机械能转换成液体（或气体）压力能的元件。液压传动系统的动力元件是液压泵，气压传动系统的动力元件是空气压缩机，它们的作用是向系统提供压力油或压缩空气。

② 执行元件 是把液体（或气体）压力能转换成机械能以驱动工作机构的元件。执行元件包括液压缸（气缸）和液压马达（气马达）。

③ 控制元件 包括压力、方向、流量控制阀，是对系统中流体的压力、流量、方向进行控制和调节的元件。

④ 辅助元件 上述三个组成部分以外的其他元件，如管道、管接头、油箱、蓄能器及气动系统中的消声器、油雾器、分水滤气器等。

1.2 用图形符号表示的液压气动系统图

图 1-1 和图 1-2 是用半结构形式绘制的液压和气动系统图，它直观性强，容易理解，但难于绘制。在实际工作中，液压与气压传



动系统图采用 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图第一部分：用于常规用途和数据处理的图形符号》所规定的液压气动系统及元件图形符号来绘制，如图 1-3、图 1-4 所示。

GB/T 786.1—2009 等同于 ISO 1219-1: 2006《流体传动系统和元件 图形符号和回路 第一部分：用于常规用途和数据处理的图形符号》(英文版)，并代替 GB/T 786.1—93《液压气动图形符号》。GB/T 786.1—2009 标准规定的图形符号，主要用于绘制以流体为工作介质的液压气动系统原理图。

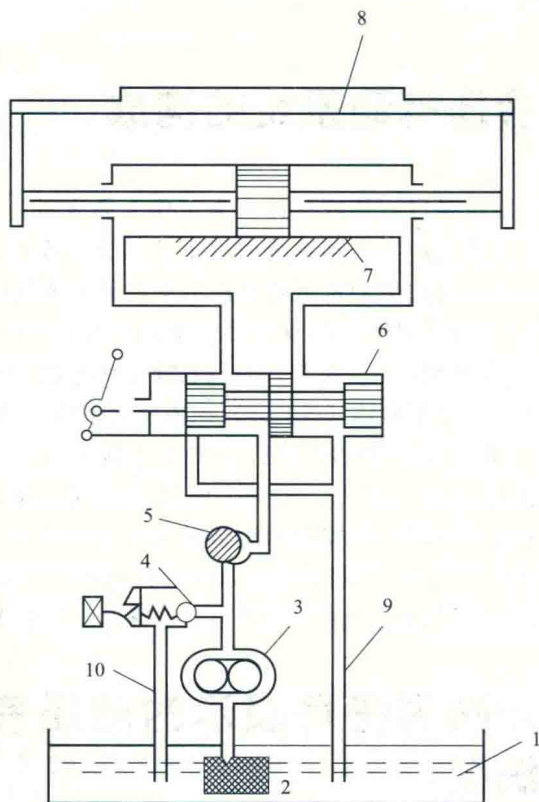


图 1-1 磨床工作台液压传动系统

- 1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—流量控制阀；
6—换向阀；7—液压缸；8—工作台；9、10—管道

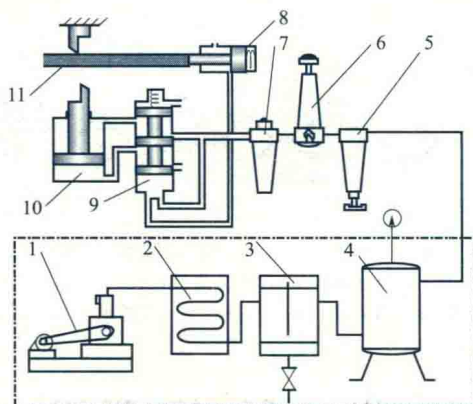


图 1-2 气动剪切机气压传动系统

1—空气压缩机；2—后冷却器；3—排水分离器；4—储气罐；5—分水滤气器；
6—减压阀；7—油雾器；8—行程阀；9—气控换向阀；10—气缸；11—工件

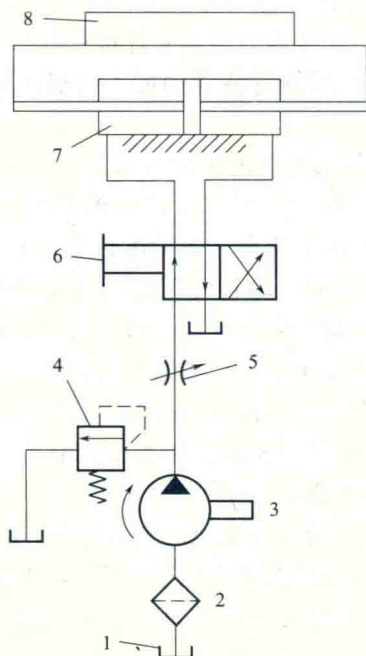


图 1-3 用图形符号绘制的液压系统图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—流量控制阀；
6—换向阀；7—液压缸；8—工作台

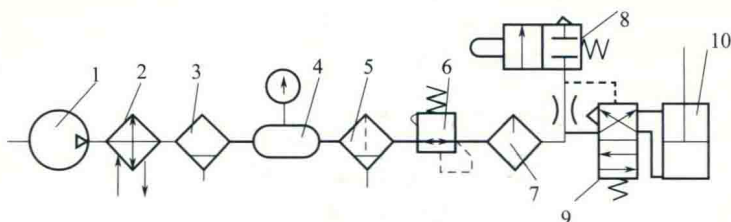


图 1-4 用图形符号绘制的气动系统图

1—空气压缩机；2—后冷却器；3—排水分离器；4—储气罐；5—分水滤气器；
6—减压阀；7—油雾器；8—换向阀；9—气控换向阀；10—气缸

1.3 国家标准对图形符号所做的规定

① 液压气动元件图形符号的创建采用 GB/T 786.1—2009 规定的基本形态的符号，并考虑为创建元件符号而给出的规则。

② 大多数符号表示具有特定功能的元件或装置，部分符号表示功能或操作方法。

③ 符号一般不代表元件的实际结构。

④ 元件符号表示的是元件未受激励的状态（非工作状态），对于没有明确定义未受激励状态（非工作状态）的元件的符号，应按 GB/T 786.1—2009 中列出的符号创建的特定规则给出；元件符号应给出所有的接口，符号应有全部油口、气口、连接口标识以及参数（压力、流量、电气连接等）或组合装置所需的空。

⑤ 当创建图形符号时，可以对基本形态符号进行水平翻转或旋转。

⑥ 符号按初始状态来表示，在不改变它们含义的前提下可以将它们水平翻转或 90° 旋转。

⑦ 如果一个符号用于表示具有两个或更多主要功能的流体传动元件，并且这些功能之间相互联系，则这个符号应由实线外框包围标出。

⑧ 当两个或者更多元件集成为一个元件时，它们的符号应由点画线包围标出。

⑨ 各类符号按固定尺寸设计，以便于直接应用在数据处理系统中，并生成各种变量。

第 2 章

液压能源元件

液压泵是液压系统的能源元件，其功用是供给系统压力油，液压泵是将电动机（或其他原动机）输入的机械能转换为液体压力能的能量转换装置。

2.1 液压泵的工作原理

液压系统中使用的液压泵都是容积式的。液压泵由原动机驱动，把输入的机械能转换为油液的压力能，再以压力、流量的形式输送到系统中去，它是液压系统的动力源。

容积式液压泵的工作原理如图 2-1 所示。凸轮 1 旋转时，柱塞 2 在凸轮 1 和弹簧 3 的作用下，在缸体的柱塞孔内左、右往复移动，

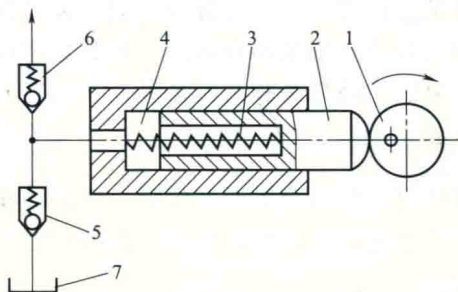


图 2-1 液压泵的工作原理

1—凸轮；2—柱塞；3—弹簧；4—密封工作腔；5—吸油阀；6—压油阀；7—油箱



缸体与柱塞之间构成了容积可变的密封工作腔4。柱塞向右移动时，工作腔容积变大，产生真空，油液便通过吸油阀5吸入；柱塞2向左移动时，工作腔容积变小，已吸入的油液便通过压油阀6排到系统中去。在工作过程中，吸、压油阀5、6在逻辑上互逆，不会同时开启。由此可见，泵是靠密封工作腔的容积变化进行工作的。

根据工作腔的容积变化而进行吸油和压油是液压泵的共同特点，因而这种泵又称为容积泵。构成容积泵必须具备以下基本条件。

① 结构上能实现具有密封性能的可变工作容积。

② 工作腔能周而复始地增大和减小：当它增大时与吸油口相连，当它减小时与排油口相通。

③ 吸油口与排油口不能沟通，即不能同时开启。

从工作过程可以看出，在不考虑泄漏的情况下，液压泵在每一工作周期中吸入或排出的油液体积只取决于工作构件的几何尺寸，如柱塞泵的柱塞直径和工作行程。

在不考虑泄漏等影响时，液压泵单位时间排出的油液体积与泵密封容积变化频率成正比，也与泵密封容积的变化量成正比；在不考虑液体的压缩性时，液压泵单位时间排出的液体体积与工作压力无关。

2.2 液压泵的种类和典型结构

液压泵的种类很多，按其结构不同可分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵等；按其输油方向能否改变可分为单向泵和双向泵；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、中高压泵和高压泵等。

2.2.1 齿轮泵

齿轮泵是以成对齿轮啮合运动完成吸、压油动作的一种定量液压泵，是液压传动系统中常用的液压泵。在结构上可分为外啮合式和内啮合式两类。

(1) 外啮合齿轮泵

图2-2所示为外啮合齿轮泵的工作原理。泵体、端盖和齿轮的各



个齿间槽组成了许多密封工作腔，同时轮齿的啮合线又将左右两腔隔开，形成了吸油腔和压油腔。当齿轮按图 2-2 所示方向旋转时，右侧吸油腔内的轮齿逐渐脱开，密封工作腔容积逐渐增大，形成部分真空，油箱中的油液被吸进来，将齿间槽充满，并随着齿轮旋转，把油液带到左侧压油腔去。在压油区一侧，由于轮齿逐渐进入啮合，密封工作腔容积不断减小，油液便被挤出输送到系统中去。

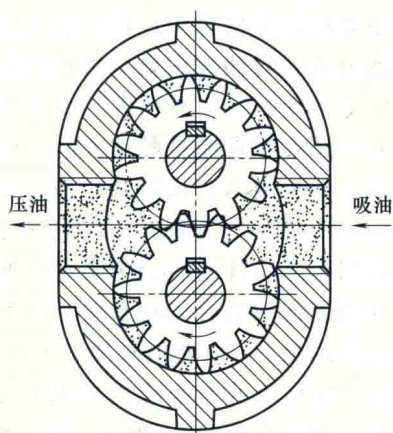


图 2-2 外啮合齿轮泵的工作原理

图 2-3 所示为 CB-B 型外啮合齿轮泵的结构，它是分离三片式结构。这三片就是泵体 7、前盖 8、后盖 4。泵体 7 内装有一对宽度与泵体相等、齿数相同互相啮合的渐开线齿轮。长轴 12 和短轴 15 通过键与渐开线齿轮相连接。两根轴通过滚针轴承支撑在前盖 8 和后盖 4 中。

外啮合齿轮泵是一种常用的液压泵。它的优点是结构简单，制

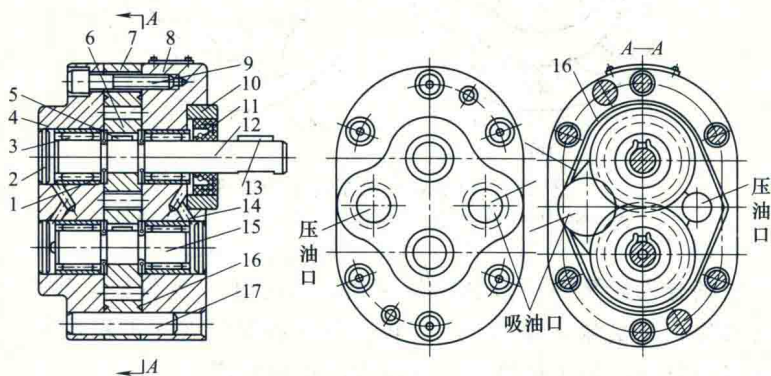


图 2-3 外啮合齿轮泵的结构

- 1—弹簧垫圈；2—压盖；3—滚针轴承；4—后盖；5、13—键；6—齿轮；
7—泵体；8—前盖；9—螺钉；10—密封座；11—密封环；
12—长轴；14—泄漏通道；15—短轴；16—卸荷沟；17—圆柱销



造方便, 价格低廉, 体积小, 重量轻, 工作可靠, 维护方便, 自吸能力强, 对油液污染不敏感。它的缺点是容积效率低, 轴承及齿轮轴上承受的径向载荷大, 因而使工作压力的提高受到一定限制。此外, 还存在着流量脉动大、噪声较大等不足之处。

(2) 内啮合齿轮泵

内啮合齿轮泵的工作原理与外啮合齿轮泵完全相同, 也是利用齿间密闭容积的变化来实现吸油和压油的, 如图 2-4 所示。在渐开线齿形的内啮合齿轮泵中, 内齿轮是主动轮, 它和外齿轮之间要装一块隔板 3, 以便把吸油腔和压油腔隔开, 如图 2-4 (a) 所示。图 2-4 (b) 所示为摆线齿形的内啮合齿轮泵, 该泵的内齿轮 (主动轮) 和外齿轮只相差一个齿, 即内齿轮是 6 个齿、外齿轮是 7 个齿。由于是多齿啮合, 在内、外齿轮的各相对齿洼间就形成了几个独立的密封腔。随着齿轮的旋转, 各密封腔的容积将相应发生变化, 从而完成吸、压油动作。

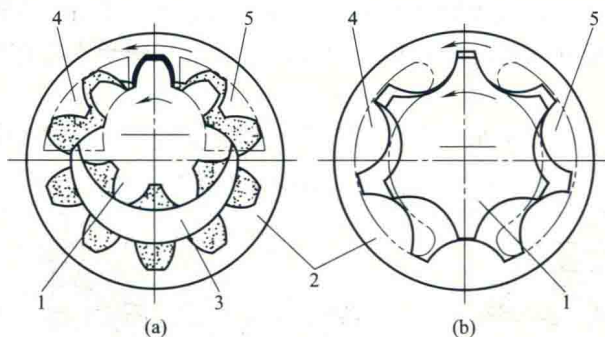


图 2-4 内啮合齿轮泵的工作原理

1—内齿轮; 2—外齿轮; 3—隔板; 4—吸油腔; 5—压油腔

内啮合齿轮泵的优点是结构紧凑, 尺寸小, 重量轻, 噪声小, 运转平稳, 流量脉动较小, 在高速下可获得较大的容积效率。缺点是齿形复杂, 加工精度高、难度大, 造价较高。

2.2.2 叶片泵

叶片泵的结构较齿轮泵复杂, 但其工作压力较高, 且流量脉动



小,工作平稳,噪声较小,寿命较长,被广泛应用于机械制造中的专用机床、自动线等中低压液压系统中,但其结构复杂,吸油特性不太好,对油液的污染也比较敏感。

根据各密封工作容积在转子旋转一周吸、排油液次数的不同,叶片泵分为两类,即完成一次吸、排油液的单作用叶片泵和完成两次吸、排油液的双作用叶片泵。单作用叶片泵多为变量泵,工作压力最大为 7MPa,双作用叶片泵均为定量泵,一般最大工作压力也为 7MPa,结构经改进的高压叶片泵最大的工作压力可达 16~21MPa。

(1) 单作用叶片泵

单作用叶片泵由转子 1、定子 2、叶片 3 和端盖等组成,其工作原理如图 2-5 所示。定子具有圆柱形内表面,定子和转子间有偏心距。叶片装在转子槽中,并可在槽内滑动。当转子回转时,由于离心力的作用,使叶片紧靠在定子内壁,这样在定子、转子、叶片和两侧配油盘

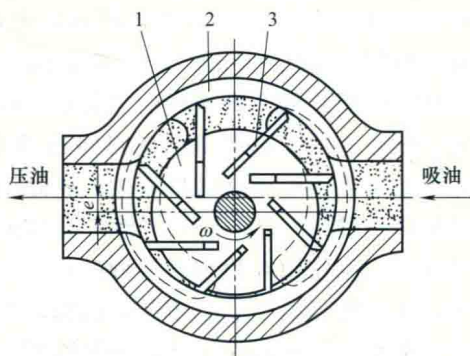


图 2-5 单作用叶片泵的工作原理

1—转子; 2—定子; 3—叶片

间就形成若干个密封的工作空间。当转子按图 2-5 所示的方向回转时,在图的右部,叶片逐渐伸出,叶片间的工作空间逐渐增大,从吸油口吸油,这是吸油腔;在图的左部,叶片被定子内壁逐渐压进槽内,工作空间逐渐缩小,将油液从压油口压出,这是压油腔。在吸油腔和压油腔之间,有一段封油区,把吸油腔和压油腔隔开,这种叶片泵转子每转一周,每个工作空间完成一次吸油和压油,因此称为单作用叶片泵。转子不停地旋转,泵就不断地吸油和排油。

单作用叶片泵有如下特点。

① 改变定子和转子之间的偏心距便可改变流量。偏心反向时,吸油和压油方向也相反。

② 由于转子受到不平衡的径向液压作用力,所以这种泵一般



不宜用于高压。

③ 为了更有利于叶片在惯性力作用下向外伸出，而使叶片有一个与旋转方向相反的倾斜角，称后倾角，一般为 24° 。

(2) 双作用叶片泵

双作用叶片泵的工作原理如图 2-6 所示，其也由定子 1、转子 2、叶片 3 和配油盘（图中未画出）等组成。转子和定子中心重合，定子内表面近似为椭圆形，该椭圆形由两段长半径、两段短半径和四段过渡曲线所组成。当转子转动时，叶片在离心力和（建压后）根部压力油的作用下，在转子槽内径向移动而压向定子内表，在叶片、定子内表面、转子外表面和两侧配油盘间形成若干个密封空间。当转子按图 2-6 所示方向旋转时，处在小圆弧上的密封空间经过渡曲线而运动到大圆弧的过程中，叶片外伸，密封空间的容积增大，要吸入油液；在从大圆弧经过渡曲线运动到小圆弧的过程中，叶片被定子内壁逐渐压进槽内，密封空间容积变小，将油液从压油口压出。转子每转一周，每个工作空间要完成两次吸油和压油，所以称之为双作用叶片泵。这种叶片泵由于有两个吸油腔和两个压油腔，并且各自的中心夹角是对称的，所以作用在转子上的油液压力相互平衡，因此双作用叶片泵又称卸荷式叶片泵。为了使径向力完

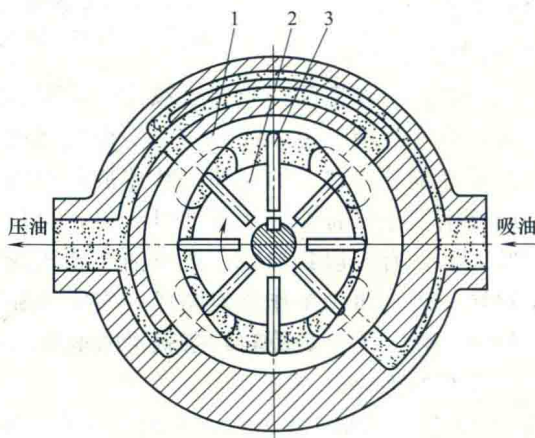


图 2-6 双作用叶片泵的工作原理

1—定子；2—转子；3—叶片