

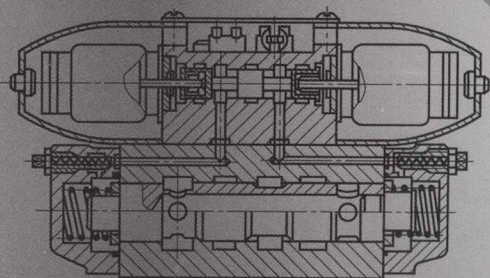
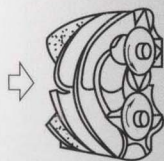
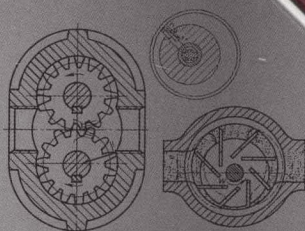
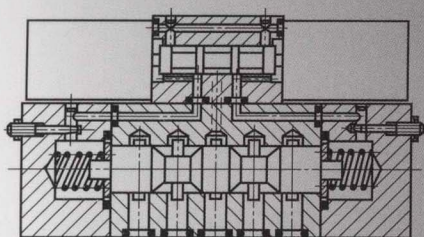
液压气动识图

YEYA QIDONG SHITU

300

宁辰校 主编

例



300 L1



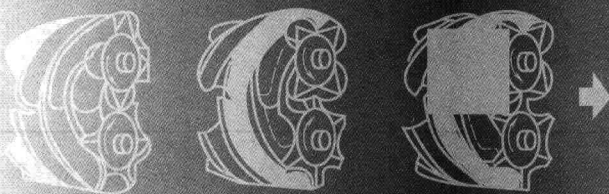
化学工业出版社

液压气动识图

300

宁辰校 主编

例



化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

液压气动识图 300 例/宁辰校主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.7

ISBN 978-7-122-17432-1

I. ①液… II. ①宁… III. ①液压系统-机械图-识别②气压系统-机械图-识别 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 106370 号

责任编辑: 黄 滢
责任校对: 吴 静

文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 尹琳琳

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 337 千字 2013 年 9 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

液压与气动技术广泛应用于机械、化工、冶金、汽车、船舶、军工、石油以及轻工、食品等行业中。液压气动技术的发展程度及普及性，已经成为衡量一个国家工业水平的重要标志，也是当代工程技术人员所应掌握的重要基础技术。

本书以识图为主线，以更加直观的图文，来描述液压气动元件、基本回路和典型液压气动系统。在编写过程中，追求基础性、系统性、先进性和实用性的统一，贯彻通俗易懂、理论联系实际的原则，在突出强调液压与气动识图的基础上，较全面地阐述了液压与气动的基本内容和基础知识，并力求反映我国液压与气动行业发展的最新情况。

全书共 11 章，第 1~6 章为液压传动，第 7~11 章为气压传动。在液压与气动的元件部分，围绕工作原理图和结构简图，详细介绍了各类元件的工作原理和图形符号。为便于识图，变抽象为直观，对应各元件增加了实物图。在基本回路和典型系统部分，则是在保证基本内容的系统性、完整性的基础上，尽可能结合生产实际，突出实用性。

本书是针对液压与气动技术从业人员的实际需要组织编写的，特别适合液压与气动技术的初学者学习使用，也可供从事流体传动及控制技术的工程技术人员及其他相关从业人员参阅。

本书第 1~4 章由齐习娟编写，第 5、6、10、11 章由宁辰校编写，第 7~9 章由刘永强编写，全书由宁辰校统稿。

由于编者水平所限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2013 年 3 月



目 录

第 1 章 液压动力元件	1
1.1 齿轮泵	2
1.2 叶片泵	5
1.3 柱塞泵	8
1.4 螺杆泵	11
1.5 凸轮转子泵	13
第 2 章 液压执行元件	14
2.1 液压马达	15
2.1.1 叶片液压马达	15
2.1.2 齿轮马达	16
2.1.3 柱塞马达	17
2.1.4 摆动马达	20
2.2 液压缸	21
2.2.1 活塞式液压缸	21
2.2.2 柱塞式液压缸	24
2.2.3 其他液压缸	26
第 3 章 液压控制元件	29
3.1 方向控制阀	30
3.1.1 单向阀	30
3.1.2 换向阀	33
3.2 压力控制阀	40
3.2.1 溢流阀	40
3.2.2 减压阀	42

3.2.3	顺序阀	44
3.2.4	压力继电器	46
3.3	流量控制阀	47
3.3.1	普通节流阀	47
3.3.2	调速阀	49
3.3.3	分流集流阀	50
3.4	插装阀	51
3.5	电液比例阀	53
3.6	数字阀	56
3.7	叠加阀	56

第4章 液压辅助元件 59

4.1	蓄能器	60
4.2	过滤器	61
4.3	油箱	63
4.4	热交换器	63
4.4.1	冷却器	63
4.4.2	加热器	64
4.5	压力表及压力表开关	64

第5章 液压基本回路 66

5.1	压力控制回路	67
5.1.1	调压回路	67
5.1.2	卸荷回路	70
5.1.3	减压回路	72
5.1.4	增压回路	74
5.1.5	平衡回路	75
5.1.6	保压回路	76
5.2	速度控制回路	77
5.2.1	调速回路	77
5.2.2	快速运动回路	82
5.2.3	速度换接回路	86
5.3	方向控制回路	89
5.3.1	换向回路	89
5.3.2	制动回路	92
5.3.3	锁紧回路	93
5.4	多缸动作控制回路	94
5.4.1	顺序动作回路	94
5.4.2	同步回路	96
5.4.3	多缸动作互不干扰回路	99

第 6 章 典型液压系统 101

6.1 组合机床动力滑台液压系统	102
6.2 液压机液压系统	104
6.3 多轴钻床液压系统	107
6.4 塑料注射成型机液压系统	109
6.5 汽车起重机液压系统	112
6.6 电弧炼钢炉液压传动系统	114
6.7 机械手液压传动系统	116

第 7 章 气源装置及辅件 119

7.1 气源装置	120
7.1.1 空气压缩机	120
7.1.2 后冷却器	125
7.1.3 储气罐	127
7.2 气源处理元件	128
7.2.1 过滤器	128
7.2.2 干燥器	131
7.2.3 油雾器	133
7.2.4 空气组合元件	135
7.2.5 分水排水器	135
7.3 真空元件	136
7.3.1 真空发生器	137
7.3.2 真空吸盘	139
7.3.3 真空过滤器	139
7.3.4 真空安全阀	140
7.4 气动辅件	140
7.4.1 管道连接件	140
7.4.2 消声器	143
7.4.3 缓冲器	143
7.4.4 压力开关	144
7.4.5 接近开关	145
7.4.6 压力表、真空压力表和差压表	147
7.4.7 气液转换器	148

第 8 章 气动执行元件 149

8.1 气缸	150
8.1.1 标准气缸	150
8.1.2 其他类型的气缸	153
8.2 摆动气缸(马达)	162
8.2.1 叶片式摆动马达	162

8.2.2	齿轮齿条式摆动马达	163
8.2.3	伸摆气缸	164
8.3	气动气指气缸	164
8.3.1	平行气指气缸	164
8.3.2	3点气指气缸	167
8.3.3	摆动气指气缸	167
8.4	气马达	168
8.4.1	叶片式气马达	169
8.4.2	活塞式气马达	169
8.4.3	齿轮式气马达	170

第 9 章 气动控制元件 171

9.1	方向控制阀	172
9.1.1	单向型控制阀	172
9.1.2	换向型控制阀	175
9.2	压力控制阀	182
9.2.1	减压阀	182
9.2.2	安全阀、溢流阀	183
9.2.3	顺序阀	184
9.2.4	增压阀	185
9.3	流量控制阀	185
9.3.1	流量控制原理	185
9.3.2	节流阀	185
9.4	气动逻辑元件	187
9.4.1	是门元件和与门元件	188
9.4.2	或门元件	188
9.4.3	禁门元件	189
9.4.4	或非门元件	189
9.5	气动比例阀	190

第 10 章 气动基本回路 192

10.1	方向控制回路	193
10.1.1	单作用气缸换向回路	193
10.1.2	双作用气缸换向回路	194
10.1.3	气动马达换向回路	194
10.1.4	往复运动回路	195
10.1.5	延时换向回路	196
10.2	速度控制回路	196
10.2.1	单作用气缸速度控制回路	196
10.2.2	双作用气缸速度控制回路	197
10.2.3	差动快速回路	198

10.2.4	速度换接回路	198
10.2.5	采用气液转换器的调速回路	199
10.2.6	采用气液联动缸的调速回路	199
10.2.7	采用气液阻尼缸的速度控制回路	200
10.2.8	缓冲回路	200
10.3	位置控制回路	201
10.4	压力控制回路	202
10.4.1	调压回路	202
10.4.2	增压回路	204
10.4.3	增力回路	204
10.5	气动安全回路	205
10.6	多缸动作控制回路	206
10.6.1	多缸顺序动作回路	206
10.6.2	气动同步回路	207
10.7	真空回路	207

第 11 章 典型气动系统 209

11.1	八轴仿形铣床气动系统	210
11.2	气液动力滑台气压传动系统	212
11.3	机床夹具气动系统	213
11.4	气动机械手气压传动系统	213
11.5	气动自动钻床气压传动系统	215

参考文献 216

第1章

液压动力元件

液
压
气
动
识
图

300例

液压动力元件起着向系统提供动力源的作用，是系统不可缺少的核心元件。液压系统的动力元件是指各类液压泵，其功用是将原动机的机械能转变为液体的压力能。

液压泵的类型有很多，按照结构形式的不同，液压泵有齿轮泵、叶片泵和柱塞泵等类型；按其单位时间内所能输出油液体积可否调节分为定量泵和变量泵；按可以输出油液的方向，又有单向泵和双向泵之分。

常见液压泵的职能符号如图 1-1 所示。

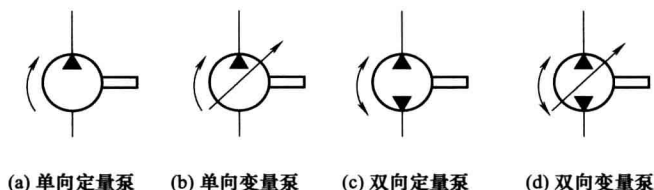


图 1-1 常见液压泵的职能符号

【识图要点】 图 1-1 中，实心黑三角形以及圆圈外带箭头的弧线用于区分是单向泵还是双向泵，有一个实心黑三角形并且弧线是单向箭头的是单向泵，有两个实心黑三角形并且弧线是双向箭头的是双向泵；倾斜的箭线用于区分是定量泵还是变量泵，有倾斜箭线的是变量泵，没有倾斜箭线的是定量泵。

1.1 齿 轮 泵

齿轮泵是由两个齿轮、泵体与前后盖组成两个封闭空间，当齿轮转动时，齿轮脱离侧的空间的体积从小变大，形成真空，将液体吸入，齿轮啮合侧的空间的体积从大变小，而将液体挤入管路中去。吸入腔与排出腔是靠两个齿轮的啮合线来隔开的。齿轮泵的排出口的压力完全取决于泵出口处阻力的大小。

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。

【例 1-1】 外啮合齿轮泵

(1) 工作原理

外啮合齿轮泵的工作原理和实物如图 1-2 所示。泵体内相互啮合的主、从动齿轮 2 和 3 与两端盖及泵体一起构成密封工作容积，齿轮的啮合点将左、右两腔隔开，形成了吸、压油腔，当齿轮按图示方向旋转时，右侧吸油腔内的轮齿脱离啮合，密封工作腔容积不断增大，形成部分真空，油液在大气压力作用下从油箱经吸油管进入吸油腔，并被旋转的轮齿带入左侧的压油腔。左侧压油腔内的轮齿不断进入啮合，使密封工作腔容积减小，油液受到挤压被排往系统中，这就是齿轮泵的吸油和压油过程。

【识图要点】 在图 1-2 (a) 工作原理图中，在齿轮泵的啮合过程中，啮合点沿啮合线，把吸油区和压油区分开，起着配油的作用。

(2) 典型结构

CB-B 齿轮泵的结构如图 1-3 所示，当泵的主动齿轮按图示箭头方向旋转时，齿轮泵右侧（吸油腔）齿轮脱离啮合，齿轮的轮齿退出齿间，使密封容积增大，形成局部真空，

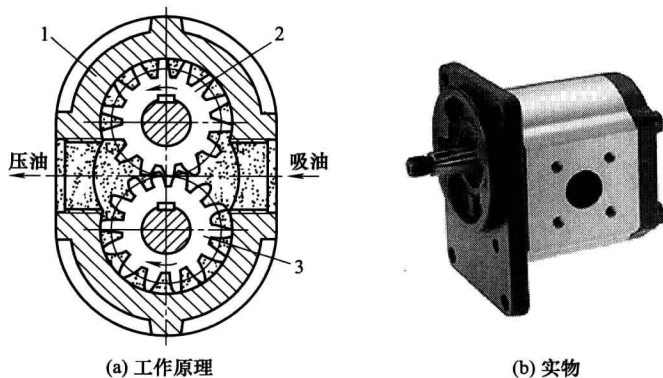


图 1-2 外啮合齿轮泵工作原理及实物

1—泵体；2—主动齿轮；3—从动齿轮

油箱中的油液在外界大气压的作用下，经吸油管路、吸油腔进入齿间。随着齿轮的旋转，吸入齿间的油液被带到另一侧，进入压油腔。

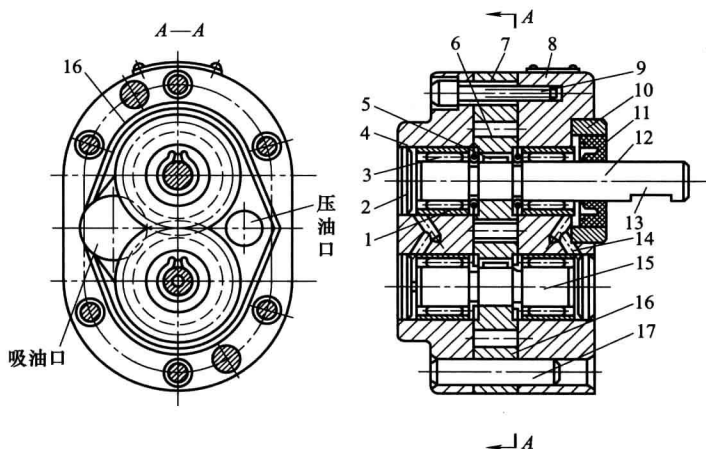


图 1-3 CB-B 齿轮泵的结构

1—轴承外环；2—堵头；3—滚子；4—后泵盖；5—键；6—齿轮；7—泵体；8—前泵盖；9—螺钉；10—压环；
11—密封环；12—主动轴；13—键槽；14—泄油孔；15—从动轴；16—泄油槽；17—定位销

当轮齿进入啮合，使密封容积逐渐减小，齿轮间部分的油液被挤出，形成了齿轮泵的压油过程。齿轮啮合时齿向接触线把吸油腔和压油腔分开，起配油作用。当齿轮泵的主动齿轮由电动机带动不断旋转时，轮齿脱离啮合的一侧，由于密封容积变大则不断从油箱中吸油，轮齿进入啮合的一侧，由于密封容积减小则不断地排油。

(3) 实际应用

外啮合齿轮泵的优点是结构简单，制造方便，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。外啮合齿轮泵常用于负载小、功率小的机床设备及机床辅助装置如送料、夹紧等场合，在工作环境较差的工程机械上也广泛应用。

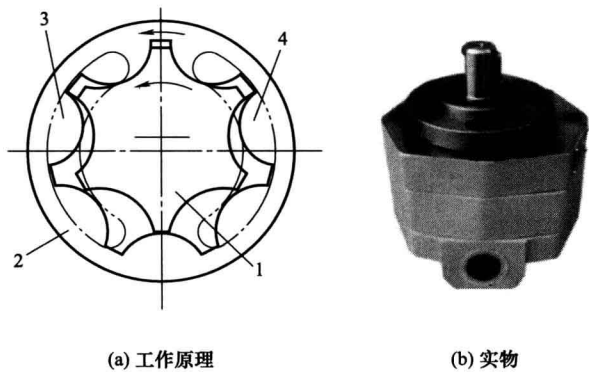


图 1-4 内啮合摆线齿轮泵工作原理及实物
1—内齿轮；2—外齿轮；3—吸油腔；4—压油腔

【例 1-2】 内啮合摆线齿轮泵

(1) 工作原理

内啮合齿轮泵的工作原理与外啮合齿轮泵完全相同，也是利用齿间的密闭容积的变化来实现吸油和压油的。如图 1-4 所示为内啮合摆线齿轮泵的工作原理和实物，在内齿轮 1 和外齿轮 2 的各相对齿注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。

【识图要点】 图 1-4 (a) 中，该泵的内齿轮 1 是主动轮，它和外齿轮 2 只相差一个齿，图中内齿轮 1 是 6 个齿、外齿轮 2 是 7 个齿。

(2) 典型结构

如图 1-5 所示为 BB 型内啮合摆线齿轮泵的结构。其主要工作元件是一对内啮合的摆线齿轮，即内转子 5 和外转子 2。其中内转子 5 为主动轮，外转子 2 为从动轮。内外转子把容积分隔为几个封闭的腔，在啮合过程中，各个封闭腔的容积不断变化，完成泵的吸油和压油过程。

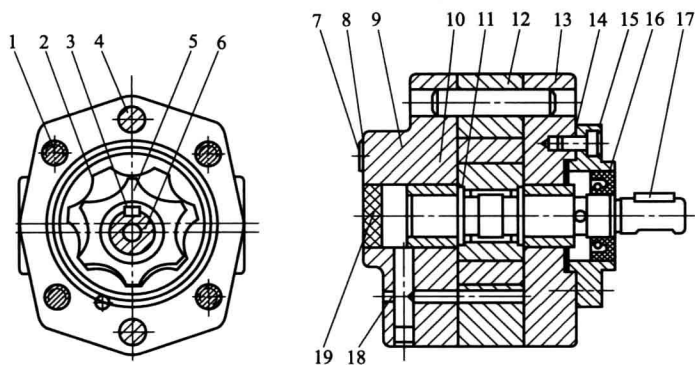


图 1-5 BB 型内啮合摆线齿轮泵结构

1,14—螺钉；2—外转子；3,17—平键；4—圆柱销；5—内转子；6—转子轴；7—铆钉；8—标牌；9—后盖；
10—轴承；11—挡圈；12—泵体；13—前盖；15—法兰；16—密封环；18—塞子；19—压盖

(3) 实际应用

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，在高转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。

内啮合摆线齿轮泵在输油系统中可作传输、增压泵。在燃油系统中可作传输、加压、喷射的燃油泵。在一切工业领域中均可作润滑泵用。

[例 1-3] 内啮合渐开线齿轮泵

如图 1-6 所示为内啮合渐开线齿轮泵的工作原理和实物,内齿轮 1 是主动轮,它和外齿轮 2 之间要装一块隔板 3,以便把吸油腔 4 和压油腔 5 隔开。内啮合渐开线齿轮泵的工作原理与内啮合摆线齿轮泵的工作原理完全相同。内啮合渐开线齿轮泵的结构特点及应用场合也基本相同。

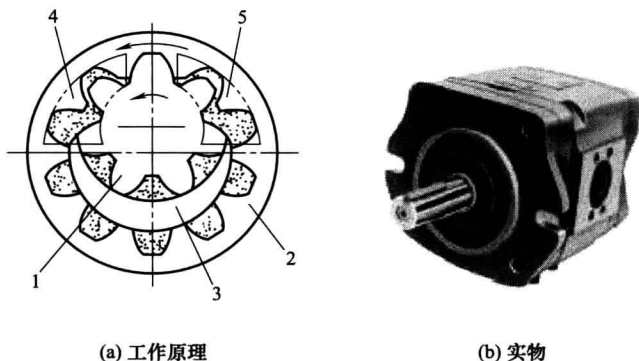


图 1-6 内啮合渐开线齿轮泵工作原理及实物

1—内齿轮; 2—外齿轮; 3—隔板; 4—吸油腔; 5—压油腔

[识图要点] 在图 1-6 (a) 所示工作原理图中,大小齿轮间需要有一块月牙板,即隔板 3 将泵的吸油腔和压油腔隔开。

1.2 叶 片 泵

叶片泵是靠叶片、定子和转子间构成的密闭工作腔容积变化而实现吸油和压油的一类液压泵。根据各密封工作容积在转子旋转一周吸、压油次数的不同,叶片泵分为单作用叶片泵和双作用叶片泵两类。

[例 1-4] 单作用叶片泵

(1) 工作原理

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 1-7 (a) 所示。定子 2 具有圆柱形内表面,定子 2 和转子 1 间有偏心距 e 。叶片 3 装在转子 1 的槽中,并可在槽内滑动,当转子 1 转动时,由于离心力的作用,使叶片 3 紧靠在定子 2 内壁,这样在定子、转子、叶片和两侧配油盘间就形成若干个密封的工作空间,当转子 1 按图示的方向转动时,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,这种叶片泵在转子每转一周,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,泵就不断地吸油和压油。

[识图要点] 定子 2 和转子 1 之间必须要有偏心距 e ; 密封容积是由定子、转子、相

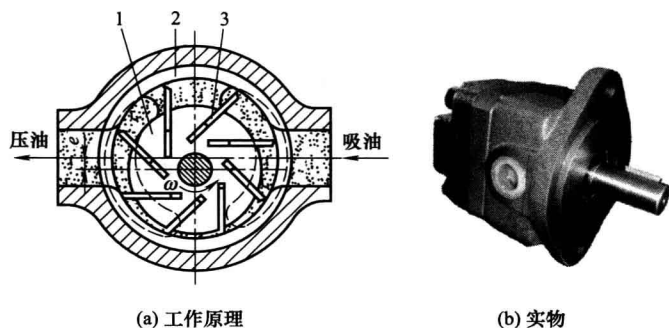


图 1-7 单作用叶片泵的工作原理及实物

1—转子；2—定子；3—叶片

邻两个叶片和两侧配流盘之间形成的；叶片在转子的槽中可以伸缩。

(2) 实际应用

单作用叶片泵有如下特点：改变定子和转子之间的偏心距 e 便可改变流量。当偏心反向时，吸油压油方向也相反；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；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° 。

单作用叶片泵的优点是运转平稳、压力脉动小，噪声小；结构紧凑、尺寸小、流量大。其缺点是对油液要求高，如油液中有杂质，则叶片容易卡死；与齿轮泵相比结构较复杂。它广泛用于专用机床、自动化生产线等中、低压液压系统中。

[例 1-5] 限压式变量叶片泵

(1) 工作原理

限压式变量叶片泵是单作用叶片泵，根据单作用叶片泵的工作原理，改变定子和转子间的偏心距 e ，就能改变泵的输出流量，限压式变量叶片泵能借助输出压力的大小自动改变偏心距 e 的大小来改变输出流量。当压力低于某一可调节的限定压力时，泵的输出流量

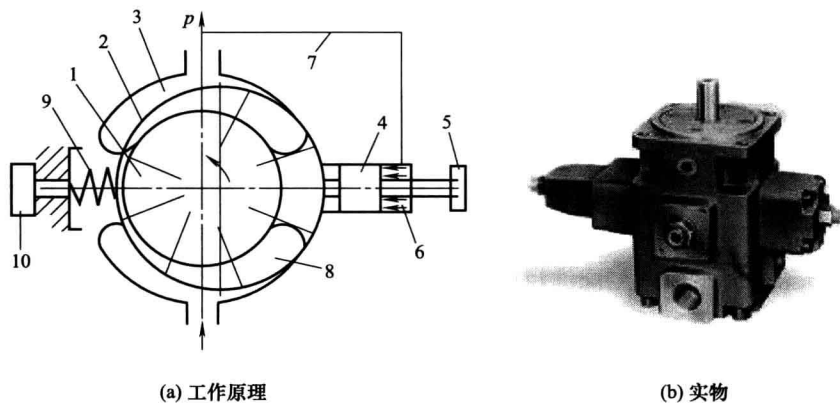


图 1-8 限压式变量叶片泵的工作原理及实物

1—转子；2—定子；3—吸油窗口；4—活塞；5—螺钉；6—活塞腔；7—通道；8—压油窗口；9—调压弹簧；10—调压螺钉

最大；压力高于限定压力时，随着压力增加，泵的输出流量线性地减少，其工作原理如图 1-8 (a) 所示。泵的出口经通道 7 与活塞腔 6 相通。在泵未运转时，定子 2 在弹簧 9 的作用下，紧靠活塞 4，并使活塞 4 靠在螺钉 5 上。这时，定子和转子间有一偏心量 e ，调节螺钉 5 的位置，便可改变 e 。

[识图要点] 转子相对定子的偏心距 e 是可以改变的，这是变量的关键所在。在其他参数调定的情况下，偏心距 e 的改变是通过泵出口处的油液压力来改变的。

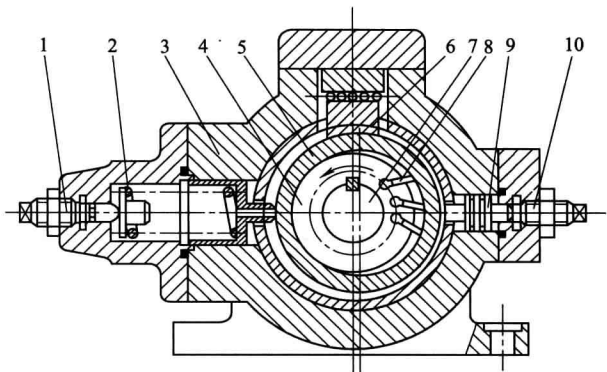


图 1-9 YBX 型限压式变量叶片泵的典型结构

1—预紧力调整螺钉；2—限压弹簧；3—泵体；4—转子；5—定子；6—滑块；7—泵轴；8—叶片；9—反馈柱塞；10—最大偏心调整螺钉

(2) 典型结构

YBX 型限压式变量叶片泵的典型结构如图 1-9 所示。图中转子 4 相对定子 5 存在偏心距，转子 4 固定，定子 5 浮动。

(3) 实际应用

限压式变量叶片泵在中、低压液压系统中用得较多，液压系统采用这种变量泵，可以省去溢流阀，并减少油液发热，从而减小油箱的尺寸，使液压系统比较紧凑。同时在功率利用上比较合理，效率较高，在机床液压系统中被广泛采用。

[例 1-6] 双作用叶片泵

(1) 工作原理

双作用叶片泵的工作原理如图 1-10 所示，泵也是由定子 1、转子 2、叶片 3 和配油盘等组成。转子 2 和定子 1 中心重合，定子 1 内表面近似为椭圆柱形，该椭圆形由两段长半径 R 、两段短半径 r 和四段过渡曲线所组成。

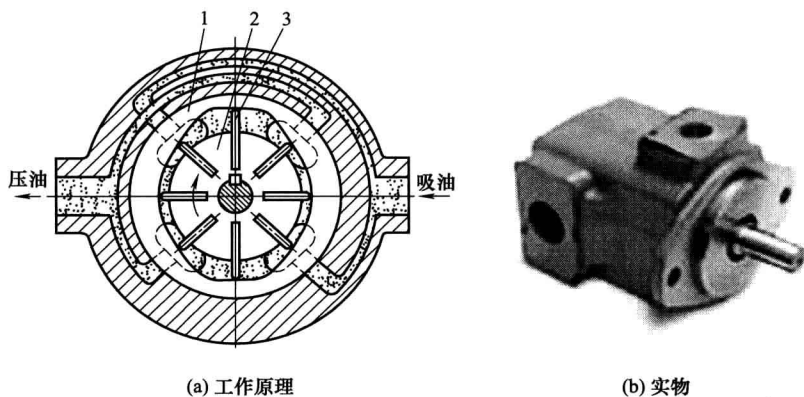


图 1-10 双作用叶片泵的工作原理及实物

1—定子；2—转子；3—叶片

当转子 2 转动时, 叶片在离心力和 (建压后) 根部压力油的作用下, 在转子槽内作径向移动而压向定子内表面, 由叶片、定子的内表面、转子的外表面和两侧配油盘间形成若干个密封空间, 当转子按图示方向旋转时, 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; 再从小圆弧经过渡曲线运动到大圆弧的过程中, 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。

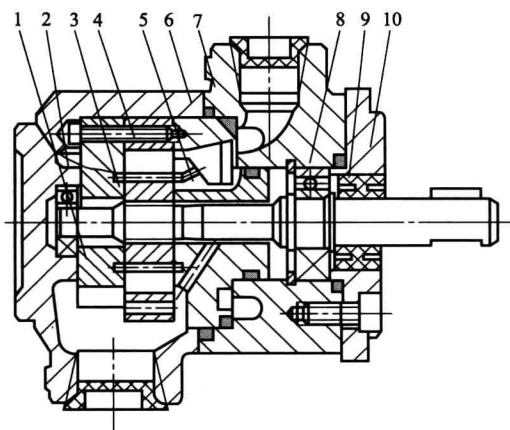


图 1-11 双作用叶片泵的典型结构

1—左配油盘; 2, 10—泵盖; 3—转子; 4—定子; 5—右配油盘; 6—左泵体; 7—右泵体; 8—轴承; 9—油封

油液压力相互平衡, 因此双作用叶片泵又称为卸荷式叶片泵, 为了使径向力完全平衡, 密封空间数 (即叶片数) 应当是双数。

由于双作用叶片泵的压油窗口对称分布, 所以不仅作用在转子上的径向力是平衡力, 而且运转平稳、输油量均匀、噪声小。因此在各类机床设备中得到广泛应用, 尤其在注塑机、运输装卸机械、液压机和工程机械中得到很广泛的应用。

1.3 柱 塞 泵

柱塞泵是靠柱塞在缸体中作往复运动造成密封容积的变化来实现吸油与压油的液压泵。柱塞泵按柱塞的排列和运动方向不同, 可分为径向柱塞泵和轴向柱塞泵两大类。

[例 1-7] 径向柱塞泵

(1) 工作原理

径向柱塞泵的工作原理如图 1-12 (a) 所示, 柱塞 1 径向排列装在缸体 2 中, 缸体由原动机带动连同柱塞 1 一起旋转, 所以缸体 2 一般称为转子, 柱塞 1 在离心力的 (或在低压油) 作用下抵紧定子 4 的内壁, 当转子按图示方向旋转时, 由于定子和转子之间有偏心距 e , 柱塞绕经上半周时向外伸出, 柱塞底部的容积逐渐增大, 形成部分真空, 因此便经过衬套 3 (衬套 3 是压紧在转子内, 并和转子一起回转) 上的油孔从配油轴 5 和吸油口 b 吸油; 当柱塞转到下半周时, 定子内壁将柱塞向里推, 柱塞底部的容积逐渐减小, 向配油

[识图要点] 图 1-10 (a) 中, 转子相对定子没有偏心; 定子的内壁是由两段长半径和两段短半径和四段过渡曲线组成的; 密封的腔是由转子外壁、定子内壁、两个相邻的叶片以及两端的配油盘形成的; 叶片可以在转子的槽中伸缩。

(2) 典型结构

双作用叶片泵的典型结构如图 1-11 所示。

(3) 实际应用

对于双作用叶片泵, 当转子每转一周, 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