

识图技巧丛书

机床液压传动系统图

识图技巧

主编 袁国义

主审 刘国藻

机械工业出版社

本书采用最新液压技术标准,以基本原理、基本概念为主线,较详细地介绍了各类液压元件的结构和工作原理,以及由各类液压元件组成的各种液压基本回路和系统,在此基础上又以典型的半自动车床、磨床、刨床、液压机、压铸机和剪切机的液压系统图为例,详细地介绍了液压系统图的识读方法和步骤。

本书适合具有初中以上文化程度的从事液压机械制造和维修的工人阅读,也可作为大、中专院校机械制造专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床液压传动系统图识图技巧 袁国义主编 北京:
机械工业出版社, 2005.12
(识图技巧丛书)
ISBN 7-111-17400-7

I 机... II 袁... III 机床 原液压传动装置 原识
图法 IV 621.019.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第174007号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:荆宏智
责任编辑:崔世荣 版式设计:冉晓华 责任校对:姚培新
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2005年12月第1版·第1次印刷
16开 32印张·1.5千字
1册·1册
定价:15.00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)68995199
封面无防伪标均为盗版

本书编委会名单

主 编 袁国义

参编人员

谢剑龙 陈代明 贺哲荣 岳奕平 黄岳彬

黄金波 尹建辉 王 琛 李响初 岳奕雄

龚建军 刘艺群 刘慧萍 赵元清 王啸臣

主 审 刘国藻

前 言

液压传动是传动系统中不可缺少的传动方式之一。它具有比功率大，传动平稳，容易实现无级调速、自动化和过载保护，能传递较大的力或转矩，还容易实现标准化、系列化和通用化。近年来，液压传动虽然受到电子自控系统的冲击，但它在传动系统中仍具有着举足轻重的地位。

众所周知，要掌握液压技术，首先必须掌握识读液压系统图技巧。为了使读者便于掌握液压系统图的识图方法与技巧，本书由浅入深加以叙述，由液压系统图的基础知识（如组成液压系统图的基本元件、基本回路和基本的液压系统）、识读液压系统图的方法与步骤、液压系统图的识图实例等部分组成，对初学者能起到由浅入深的引导作用；对从事液压机械操作与维修的人员有一定的指导和帮助；还可作为液压专业技术人员的参考书。

湖南锡矿山闪星有色金属总公司教授级高级工程师刘国藻和湖南冷水江钢铁总厂技师王剑雄审校了全书，同时也得到了广大同行的支持和帮助，在此深表感谢！

因编者水平有限，书中难免有不足和错漏之处，恳请专家及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 液压传动的概况	1	第 7 章 液压缸	109
1.1 液压传动	1	7.1 概述	109
1.1.1 液压传动的概念	1	7.1.1 活塞式液压缸	109
1.1.2 液压传动系统的组成	1	7.1.1.1 双活塞杆液压缸	109
1.1.3 液压传动在生产中的作用	1	7.1.1.2 单活塞杆液压缸	109
1.2 液压传动的优点与缺点	1	7.1.1.3 柱塞式液压缸	109
1.2.1 液压传动的优点	1	7.1.2 其他形式液压缸	109
1.2.2 液压传动的缺点	1	7.1.2.1 增压缸	109
1.3 液压传动的工作原理	1	7.1.2.2 伸缩套筒式液压缸	109
		7.1.2.3 齿条活塞液压缸	109
		7.1.2.4 串联液压缸	109
		7.1.2.5 摆动马达	109
第 2 章 液压泵与液压马达	2	7.2 液压缸的典型结构和组成	109
2.1 概述	2	7.2.1 液压缸的典型结构举例	109
2.1.1 液压泵与液压马达的工作原理	2	7.2.1.1 缸体组件	109
2.1.2 液压泵与液压马达的分类及图形符号	2	7.2.1.2 活塞组件	109
2.1.3 液压泵的主要性能参数	2	7.2.1.3 密封装置	109
2.1.4 液压马达的主要性能参数	2	7.2.1.4 缓冲装置	109
2.2 液压泵	2	7.2.1.5 排气装置	109
2.2.1 齿轮泵	2	7.3 液压缸的尺寸确定	109
2.2.2 叶片泵	2	7.3.1 缸筒内径 D 的确定	109
2.2.3 柱塞泵	2	7.3.2 活塞杆直径 d 的确定	109
2.2.4 螺杆泵	2	7.3.3 液压缸缸筒长度 L 的确定	109
2.3 液压马达	2	7.3.4 液压缸缸筒壁厚 δ 的确定	109
2.3.1 齿轮马达	2		
2.3.2 叶片马达	2	第 8 章 控制阀	109
2.3.3 轴向柱塞马达	2	8.1 概述	109
2.4 液压泵与液压马达的选择	2	8.1.1 控制阀的功用	109
2.4.1 液压泵的选择	2	8.1.2 控制阀的分类	109
2.4.2 液压马达的选择	2		

1.1.1 控制阀的连接安装形式	獾	1.1.1 方向控制回路	遛
1.1.2 对控制阀的基本要求	獾	1.1.1.1 换向回路	遛
1.2 方向控制阀	獾	1.1.1.2 锁紧回路	遛
1.2.1 单向阀	獾	1.1.1.3 制动回路	苑
1.2.2 换向阀	漚	1.2 压力控制回路	苑
1.3 压力控制阀	獾	1.2.1 调压回路	苑
1.3.1 溢流阀	獾	1.2.1.1 增压回路	苑
1.3.2 减压阀	漚	1.2.1.2 卸荷回路	苑
1.3.3 顺序阀	漚	1.2.1.3 减压回路	苑
1.3.4 压力继电器	纛	1.2.1.4 平衡回路	苑
1.4 流量控制阀	纛	1.2.1.5 保压回路	苑
1.4.1 流量控制原理	纛	1.2.1.6 泄压回路	苑
1.4.2 节流阀	纛	1.3 速度控制回路	苑
1.4.3 调速阀	纛	1.3.1 调速回路	苑
1.4.4 分流集流阀	纛	1.3.2 快速运动回路	苑
		1.3.3 速度换接回路	纛
第 3 章 液压辅件	纛	1.3.4 单程和双程调速回路	纛
3.1 蓄能器	纛	1.4 多缸控制回路	纛
3.1.1 蓄能器的功用	纛	1.4.1 顺序动作回路	纛
3.1.2 蓄能器的结构类型和选用	纛	1.4.2 同步动作回路	纛
3.1.3 蓄能器的安装注意事项	纛	1.4.3 互不干扰回路	纛
3.2 过滤器	纛	1.4.4 多缸卸荷回路	纛
3.2.1 过滤器的功用和要求	纛	1.5 插装阀液压系统回路	纛
3.2.2 过滤器的典型结构与选择	漚	1.5.1 插装阀方向回路	纛
3.2.3 过滤器的安装	漚	1.5.2 插装阀流量回路	纛
3.3 油箱	漚	1.5.3 插装阀压力回路	纛
3.3.1 油箱的功用和要求	漚	1.5.4 插装阀电液比例回路	纛
3.3.2 油箱的结构与设计	漚	1.6 伺服阀、比例阀液压回路	纛
3.4 热交换器	漚	1.6.1 电液伺服阀位置控制回路	纛
3.4.1 冷却器	漚	1.6.2 电液伺服阀速度控制回路	纛
3.4.2 加热器	漚	1.6.3 电液伺服阀压力控制回路	纛
3.5 压力表开关	漚	1.6.4 电液伺服阀两液压缸同步控制回路	纛
3.6 管系元件	漚	1.6.5 其他物理参数的电液伺服阀控制回路	纛
3.6.1 油管	缘	1.6.6 机液伺服阀直线助力回路	纛
3.6.2 管接头	缘	1.6.7 机液伺服阀力矩放大回路	纛
第 4 章 液压基本回路	遛	1.6.8 机液伺服阀步进液压缸回路	纛

2.1.1.1	电液比例阀溢流回路	页源	2.1.1.2	双向进给液压系统	页源
2.1.1.2	电液比例阀减压回路	页源	2.1.1.3	定位夹紧集成块液压系统	页源
2.1.1.3	电液比例阀调速回路	页源	2.1.1.4	进口节流带定位夹紧一工进集成块液压系统	页源
2.1.1.4	电液比例换向位置控制回路	页源	2.1.1.5	进口节流带定位夹紧二工进集成块液压系统	页源
第 4 章 机床液压系统图的识图方法及步骤			页源	2.1.1.6	进口节流镗孔车端面集成块液压系统
4.1	概述	页源	2.1.1.7	双动力部件集成块液压系统	页源
4.2	识读液压系统图的主要要求	页源	2.1.2	叠加阀液压系统	页源
4.3	机床液压系统图的识读方法与步骤	页源	2.1.2.1	进口节流一工进液压系统	页源
4.4	识读液压系统图实例	页源	2.1.2.2	进口节流二工进液压系统	页源
4.4.1	再铸床型动力滑台液压系统图的识读方法与步骤	页源	2.1.2.3	双向进给液压系统	页源
4.4.2	鼓轮加工机床液压系统图的识读方法与步骤	页源	2.1.2.4	进口节流镗孔车端面进给液压系统	页源
4.4.3	液压缸顺序控制油路系统图的识读方法与步骤	页源	2.1.2.5	带夹紧的进口节流一工进液压系统	页源
4.5	液压系统常用的文字符号和图形符号	页源	2.1.2.6	带定位夹紧的进口节流一工进液压系统	页源
4.5.1	液压系统常用的文字符号	页源	2.1.2.7	带让刀夹紧的进口节流进给液压系统	页源
4.5.2	液压系统常用的图形符号	页源	2.1.2.8	定位夹紧液压系统	页源
第 5 章 组合机床常用的液压系统			页源	2.1.2.9	进口节流进给液压系统
5.1	管连接液压系统	页源	2.1.2.10	进口节流差动进给液压系统	页源
5.1.1	采用定量泵的液压系统	页源	2.1.2.11	出口节流液压系统	页源
5.1.2	采用变量泵的液压系统	页源	5.2	加工自动线液压系统	页源
5.1.3	定位夹紧的液压系统	页源	5.2.1	输送带传动液压系统	页源
5.1.4	进口节流带定位、夹紧二工进液压系统	页源	5.2.2	回转装置液压系统	页源
5.1.5	进口节流双动力部件进给液压系统	页源	第 6 章 常用机床的液压系统图		
5.1.6	集成块液压系统	页源	6.1	万能外圆磨床的液压系统	页源
5.1.6.1	进口节流一工进液压系统	页源	6.1.1	概述	页源
5.1.6.2	出口节流一工进液压系统	页源	6.1.2	换向形式的分析	页源
第 6 章 常用机床的液压系统图			页源	6.1.3	液压系统的工作原理
6.1	万能外圆磨床的液压系统	页源	6.2	平面磨床的液压系统	页源
6.1.1	概述	页源	6.2.1	概述	页源
6.1.2	换向形式的分析	页源	6.2.2	工作台往复运动的液压系统	页源
6.1.3	液压系统的工作原理	页源	www.cadcam.com.cn		
6.2	平面磨床的液压系统	页源			
6.2.1	概述	页源			
6.2.2	工作台往复运动的液压系统	页源			

§2-1-1 磨头(砂轮机)进刀运动的液压系统	页 苑	§2-1-1 概述	页 苑
§2-1-2 磨床的润滑系统	页 愿	§2-1-2 剪切机的结构分析	页 苑
§2-2 牛头刨床的液压系统	页 愿	§2-1-3 液压系统的工作原理	页 源
§2-2-1 概述	页 愿	§2-2 压铸机的液压系统	页 缘
§2-2-2 液压系统的工作原理	页 愿	§2-2-1 概述	页 缘
§2-3 龙门刨床的液压系统	页 员	§2-2-2 压铸机的结构和运动分析	页 缘
§2-3-1 概述	页 员	§2-2-3 压铸机的工作原理	页 苑
§2-3-2 液压系统的工作原理	页 员	第 5 章 新型液压元件介绍	页 缘
§2-4 液压机的液压系统	页 猿	§5-1 二通插装阀	页 缘
§2-4-1 对液压系统的要求	页 猿	§5-1-1 概述	页 缘
§2-4-2 两种不同控制方式的预泄回路	页 猿	§5-1-2 工作原理	页 缘
§2-4-3 液压系统的工作原理	页 源	§5-2 叠加阀	页 园
§2-4-4 液压系统的特点	页 远	§5-3 电液比例控制阀	页 园
§2-5 悦月型半自动转塔车床的液压系统	页 苑	§5-3-1 电液比例压力阀	页 园
§2-5-1 概述	页 苑	§5-3-2 电液比例流量阀	页 员
§2-5-2 液压系统的运动分析	页 苑	§5-3-3 电液比例换向阀	页 园
§2-5-3 液压系统的特点	页 猿	§5-4 电液数字控制阀	页 猿
§2-6 剪切机的液压系统	页 苑	参考文献	页 缘

第 1 章 液压传动的基本概况

1.1 液压传动

1.1.1 液压传动的概念

所有机器设备都具有传动机构，以达到对动力和运动传递的目的。按传动装置或传动工作介质的不同，传动形式分为机械传动、电气传动、气压传动和液压传动等。

以液体作为介质来进行传递和控制的传动形式，称为液压传动。表示液压传动的图形称液压传动图。

1.1.2 液压传动系统的组成

一个完整的液压传动系统，主要由以下四个部分组成：

1.1.2.1 动力装置 把机械能转换成液体压力能的装置，称为动力元件。常见的是液压泵，它供给液压系统液压油。

1.1.2.2 执行装置 把液体的压力能转换成机械能输出的装置，称为执行元件。它可以是作直线运动的液压缸，也可以是作回转运动的液压马达。

1.1.2.3 控制装置 对系统中液体的压力、流量和流动方向进行控制的装置，称为控制元件。如溢流阀、节流阀和换向阀等。

1.1.2.4 辅助装置 保证系统正常工作所需的、上述三部分以外的其他装置，称为辅助元件。如各种接头、油管、过滤器、蓄能器和压力计等。它们分别起着连接、输油、过滤、储存压力能和测量液体压力等辅助作用。

1.1.3 液压传动在生产中的作用

随着社会科学的发展，人类的进步，液压传动不但在各个工业部门占有一定地位，而且在农、林、牧、副、渔等多部门得到越来越广泛的应用，而且越先进的设备，其应用液压系统传动的部分越多。

众所周知，液压传动在机械，矿山、石油、化工、冶金等行业得到了广泛应用，如矿山支架、钻井平台、高炉炉顶设备等。在造纸、纺织、塑料、橡胶等轻工业的机械设备中，也大量使用液压传动。在电力、水利、交通、船舶、航空、汽车等行业，液压传动也是重要的领域。通用机械是最早使用液压技术的，虽然在电动机传动技术中交流变频技术的发展使电动机驱动夺去不少液压传动的事例，但在大功率驱动或往复运动的场合液压传动还是被广泛应用。

1.1 液压传动的优点与缺点

1.1.1 液压传动的优点

液压传动与机械传动和电气传动相比，具有以下优点：

1.1.1.1 功率大 在输出同样功率的情况下，液压装置的体积小、重量轻、结构紧凑，如液压马达的重量和体积只有同等功率电动机的 $\frac{1}{5}$ 左右。

1.1.1.2 传动平稳 在液压传动装置中，由于油液的几乎不可压缩性，依靠油液的连续流动进行传动，且油液有吸振能力，在油路中还可设置液压缓冲装置，故传动十分平稳，易于实现快速起动、制动和频繁地换向。

1.1.1.3 易实现无级调速 在液压传动中，通过调节液体的流量，可以实现大范围的无级调速，最大的速比可达 $1000:1$ 。

1.1.1.4 易实现自动化 在液压系统中，对液体的流量、压力和流动方向易于进行调节和控制，再加上电气控制、电子控制或气动控制的配合，整个传动装置很容易实现复杂的自动工作循环。

1.1.1.5 易实现过载保护 液压缸和液压马达都能够在长期高速状态下工作不会过热，这是电气传动和机械传动无法办到的，而且液压传动中采取了很多安全保护措施，能自动防止过载。液压件能自行润滑，使用寿命较长。

1.1.1.6 能传动较大的力或转矩 传动较大的力和转矩是液压传动的显著特点。

1.1.1.7 便于实现“三化” 液压元件属机械工业的基础件，标准化、系列化和通用化程度较高，故便于推广使用。液压元件的排列布置也具有较大的机动性。

1.1.2 液压传动的缺点

1.1.2.1 获得定比传动困难 由于工作介质（主要是油液）的泄漏以及元件的弹性变形等因素的影响，液压传动不能严格保证定比传动，因此不宜应用在传动比要求严格的场合，例如螺纹和齿轮加工机床的传动系统。

1.1.2.2 传动效率低 液压系统由于在传动过程中存在两次能量转换以及存在着机械摩擦损失、压力损失和泄漏损失，从而使传动效率不高，远距离传动时更是如此，故不宜作为远距离传动。

1.1.2.3 对温度的变化较敏感 液压传动对温度的变化比较敏感，因为温度的变化影响工作介质的粘度，从而影响传动的稳定性，故不能在高温或低温条件下工作。

1.1.2.4 对元件的制造精度要求比较高 由于对元件的制造精度要求高、加工和装配难度大、制造成本较高、使用维护比较严格。

1.1.2.5 容易产生噪声、振动和爬行 油液中渗有空气后，会产生噪声，容易引起振动和爬行（运动速度不均匀）影响传动平稳性。

1.1.2.6 排除故障较困难 由于液压系统出现故障时不易找出原因，因而排除故障较困难。

图 4-1 液压传动的工作原理

液压系统根据其难易程度的差异，工作概况的不同，随着科学技术的不断发展而产生了很很多先进的传动系统，但其基本的工作原理是相同的。现以图 4-1 所示简化后的机床工作台往复运动的液压系统为例，说明液压系统传动的工作原理。

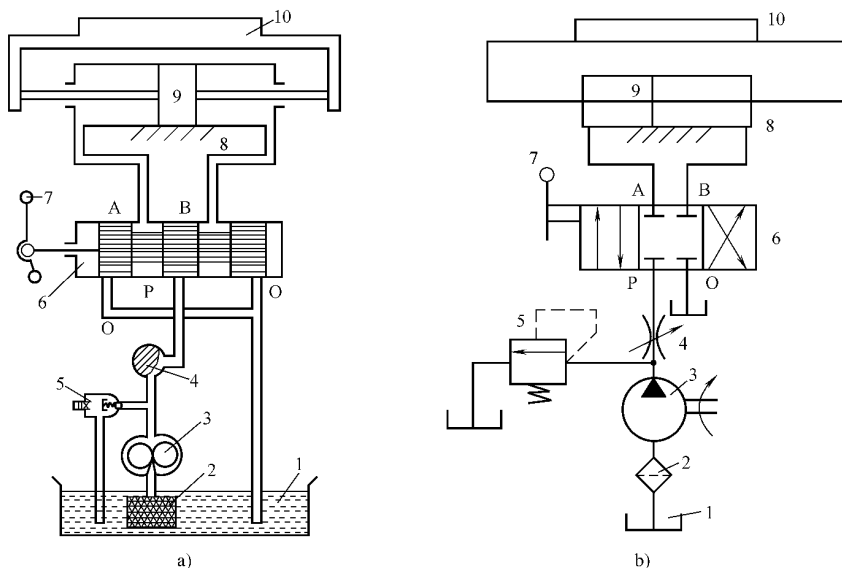


图 4-1 液压传动原理图

1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—溢流阀 5—换向阀
6—手柄 7—液压缸 8—活塞 9—工作台

由图可见，液压泵 3 的转子由电动机带动旋转，从油箱 1 中吸油，油液经过滤器 2 通过油管进入液压泵后，将具有压力能的油液输入管路，在图 4-1 所示的状态下，油液通过节流阀 5 流至换向阀 6。由于换向阀阀芯处于中间位置，油口 孕与油口 粤 均不相通，液压缸 7 的左、右腔不通压力油，所以活塞 8 及工作台 9 停止不动。向右扳动手柄 苑，使换向阀阀芯处于最右端位置，此时油口 孕与油口 粤 相通，油口 月与油口 韵相通，这样压力油液流入液压缸的左腔，液压缸右腔的油液经油口 月和油口 韵流回油箱，于是活塞带动工作台向右运动。向左扳动手柄时，使换向阀阀芯处于最左端位置，此时压力油经油口 孕与油口 月进入液压缸的右腔，液压缸左腔的油液经油口 粤和油口 韵流回油箱，于是活塞带动工作台向左运动。因此，换向阀的工作位置反复变换时，就能不断改变压力油的通路，使活塞及工作台不断换向，以实现工作台所需要的往复运动。

工作台移动的速度是由节流阀来调节的，当节流阀开大时，单位时间内流入液压缸的压力油液增多，工作台的移动速度增大；反之，当节流阀关小时，单位时间内流入液压缸的压力油液减少，工作台的移动速度减慢。

工作台移动时，要克服切削力和导轨的摩擦力等各种阻力，液压缸则必须有足够大的推力，此推力是由液压缸内的油液压力产生的，克服的阻力越大，油液的压力就越高；反之，

压力就越低。输入液压缸的油液是由液压泵输出的，其流量由节流阀调节，液压泵输出的多余油液经溢流阀流回油箱，系统的压力由溢流阀调节。当系统中的油压升高到略超过溢流阀的调定压力时，溢流阀上的钢球被顶开，油液经溢流阀流回油箱，这时系统中油液的压力不再升高，维持定值。

液压系统中过滤器的作用是将油液中的污物杂质滤去，保持油液的清洁，使系统正常工作。

综上所述，液压传动的工作原理是以液体作为工作介质，利用液体的压力能来传递动力和运动的。在液压系统工作时，必须对油液进行方向、流量和压力的控制与调节，以适应工作部件对方向、速度和力的要求。

第 四 章 液 压 泵 与 液 压 马 达

4.1 概 述

液压泵和液压马达都是液压系统中的能量转换装置，不同的是液压泵把驱动电机的机械能转换成油液的压力能，是液压系统中的动力装置，而液压马达是把油液的压力能转换成机械能，是液压系统中的执行装置。

4.1.1 液压泵与液压马达的工作原理

液压传动系统中常用的液压泵和液压马达都是容积式的，其工作原理都是利用密封容积的变化进行吸油和压油的，以图 4-1 所示的单柱塞泵为例，说明液压泵的工作原理。单柱塞泵由偏心轮 1、柱塞 2、弹簧 3、泵体 4、单向阀 5 以及油箱 6 组成，柱塞与缸体之间形成密封容积，当电动机带动偏心轮顺时针方向旋转时，柱塞在偏心轮和弹簧的共同作用下在泵体中作往复移动。柱塞左移时，密封容积逐渐增大，产生真空，油箱中的油液经单向阀 5 进入密封容积，这就是吸油过程；柱塞右移时，密封容积逐渐变小，已吸入其内的油液受挤压而产生一定压力，顶开单向阀 5 进入系统，这就是压油过程。若偏心轮不停地旋转，泵就不停地吸油和压油。

从上述泵的工作原理，可以得出容积式液压泵工作的必要条件如下：

1. 吸油腔和压油腔要隔开。单向阀 5 即为将吸油和压油腔分开的配流装置。

2. 工作容积必须密封与不断地变化。

3. 吸油过程中，油箱必须与大气相通。

从上述泵的工作原理来说，大部分的液压泵和液压马达是互逆的，即只要输入液压油，液压泵就成为液压马达，就可输出转速和转矩，但在结构上，液压泵和液压马达还是有些差异的。

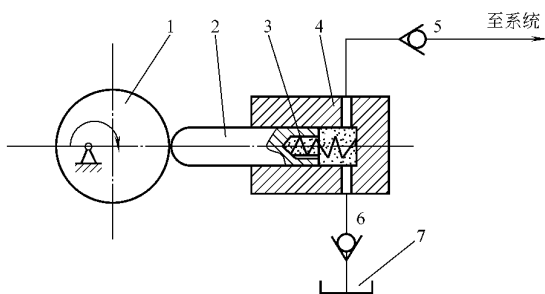


图 4-1 单柱塞泵工作原理图

1-偏心轮 2-柱塞 3-弹簧 4-泵体
5-单向阀 6-油箱

4.1.2 液压泵与液压马达的分类及图形符号

液压泵与液压马达的种类较多，按其结构形式不同，分为齿轮泵、叶片泵和柱塞泵三大类别，每一类还有多种形式。如齿轮泵有外啮合和内啮合之分，叶片式有单作用与双作用之区别，柱塞式有径向与轴向两种。此外，还有螺杆式，而螺杆式又有单螺杆、双螺杆和三螺杆三种。按泵（马达）在单位时间内输出（输入）油液体积能否调节，还可分为定量泵（定

量马达)和变量泵(变量马达)两类。

液压泵的图形符号如图 图 2-1-1 所示。液压马达的图形符号如图 图 2-1-2 所示。

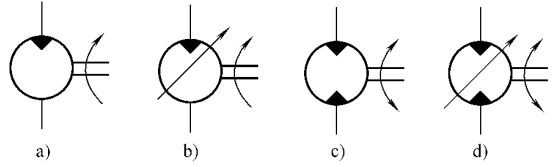
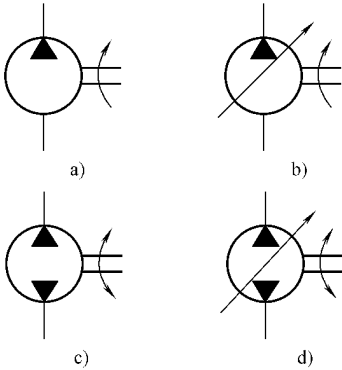


图 2-1-1 液压泵的图形符号

图 2-1-2 液压马达的图形符号

符号 单向定量液压泵 符号 单向变量液压泵
 符号 双向定量液压泵 符号 双向变量液压泵

符号 单向定量液压马达 符号 单向变量液压马达
 符号 双向定量液压马达 符号 双向变量液压马达

图 2-1-3 液压泵的主要性能参数

液压泵的主要性能参数有：泵的压力 p 、泵的排量 V 和流量 Q 、泵的转数 n 以及输出与输入功率和效率等。

液压泵的分级根据其用途的不同，可分为以下五级：

低压泵：压力为 $0.1 \sim 1.6 \text{ MPa}$

中压泵：压力为 $1.6 \sim 8 \text{ MPa}$

中高压泵：压力为 $8 \sim 16 \text{ MPa}$

高压泵：压力为 $16 \sim 32 \text{ MPa}$

超高压泵：压力为 32 MPa 以上。

图 2-1-4 液压马达的主要性能参数

液压马达的主要性能参数主要有：① 液压马达的工作压力和额定压力；② 液压马达的排量、流量和转速；③ 液压马达的容积效率、转矩和机械效率；④ 功率与总效率等。

图 2-1-5 液压泵

图 2-1-6 齿轮泵

齿轮泵是液压系统中常用的液压泵，按结构形式分为外啮合和内啮合两种。

外啮合齿轮泵的工作原理图形如图 2-1-6 所示，它由一对齿数相同的齿轮、传动轴、轴承、端盖和泵体等组成。齿轮的两端面靠端盖密封，泵体、端盖和齿轮的各个齿间槽这三者形成密封工作腔，而齿轮又将此密封工作腔分隔成左右两个密封的油腔。当齿轮按图示方向旋转时，轮齿从左侧退出啮合，露出齿间，使该腔容积增大，形成部分真空，油箱中的油

液吸进左腔——吸油腔，将齿间槽充满。随着齿轮的旋转，每个齿轮的齿间把油液从左腔带到右腔——压油腔，轮齿在右侧进入啮合，齿间被对方轮齿填满，该腔容积减小，齿间的油液被挤出来，使右腔油压升高，油液从压油腔输送到压力管路中去。齿轮连续旋转，泵就连续不断地吸入油液和压出油液。

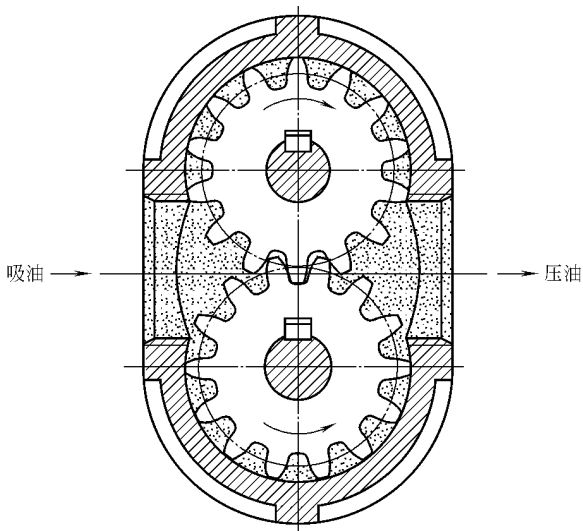


图 04-01 齿轮泵工作原理图

1. 齿轮泵的输出流量 外啮合齿轮泵排量的精确计算需要依据齿轮啮合原理来进行，比较麻烦。为简化计算，可以认为排量近似等于它的两个齿轮的齿间槽容积的总和，设齿间槽的容积与轮齿的体积相等，当齿轮齿数为 Z ，模数为 m ，齿宽为 b 时，齿轮泵的排量为

$$V = 2 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot m^3 \cdot Z \cdot b$$

设齿轮泵的转速为 n ，容积效率为 η_v ，则齿轮泵的输出流量 Q 为

$$Q = V \cdot n \cdot \eta_v$$

考虑到齿间槽的容积比轮齿的体积稍大些，为了比较精确地计算齿轮泵的流量，引进修正系数 K ，因此齿轮泵的实际输出流量 Q 为

$$Q = K \cdot V \cdot n \cdot \eta_v$$

对低压齿轮泵，推荐 $K = 1.05 \sim 1.1$ ；对高压齿轮泵，推荐 $K = 1.05$ 。

由计算公式可以看出，当泵的结构参数 Z 、 m 和 b 确定后，转速 n 一定时，泵的实际输出流量为一定值，故齿轮泵为定量泵。

2. 齿轮泵的结构特点 图 04-02 所示为外啮合齿轮泵结构图。此泵为分离三片式结构，三片是指后盖 1、前盖 2 和泵体 3，它们用两个圆柱销 4 定位，用六个螺钉 5 紧固。泵体内装有一对几何参数完全相同的齿轮 6，这对齿轮与泵体和前后盖板形成的密闭容积被两啮合的轮齿分成两部分，即吸油腔和压油腔。两齿轮分别用键 7 和键 8 固定在由滚针轴承 9 支撑的主动轴（长轴）10 和从动轴（短轴）11 上，主动轴由电动机带动旋转，泵的吸油口、压油口开在后盖上。

外啮合齿轮泵的结构特点如下：

(1) **困油现象及消除措施** 为使齿轮泵能连续平稳地供油，齿轮泵齿轮啮合系数 ϵ 必须大于 1，齿轮旋转时，前一对轮齿尚未脱开之前，后一对轮齿已进入啮合。这时，两对啮合轮齿形成一个与吸压油腔均不相通的封闭容积，称为困油区，留在该封闭油容积中的油液便被困在里边（见图 04-03）。随着齿轮的转动，困油区的容积发生变化。当容积逐渐减少时（由图 04-03 过渡到图 04-04），由于无法排油，被困油液受到挤压，压力急剧升高，油液从零件配合表面的缝隙中强行挤出，使齿轮和轴承承受很大的径向力，降低了轴承的使用寿命，同时产生功率损失，还会使油温升高；当容积逐渐增大时（由图 04-04 过渡到图 04-05），由于无法补油，困油区产生局部真空，使油液中溶解的气体分离，产生空穴现象，使流量不均匀或

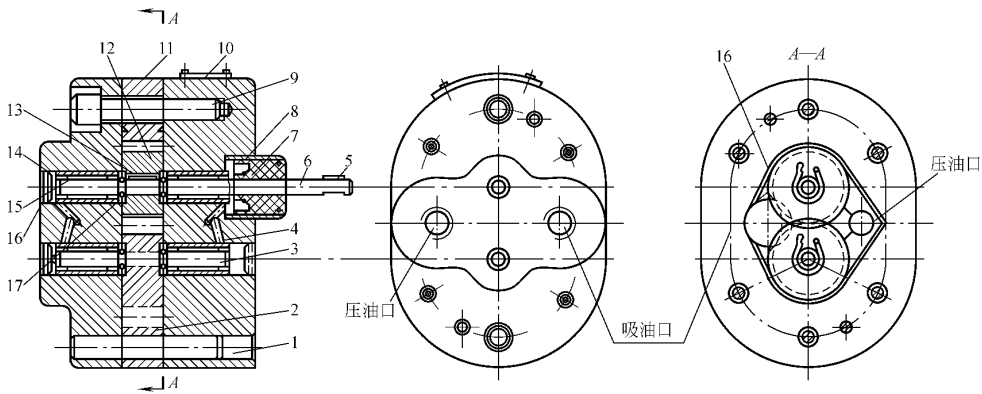


图 1 齿轮泵结构图

员—圆柱销 圆—泄油槽 猿—短轴 源—泄油通道 缘—键 远—长轴 苑—密封环 愿—密封座 怨—螺钉 员园—前盖
员员—泵体 员圆—齿轮 员猿—齿轮上的键 员源—后盖 员缘—滚针轴承 员远—压盖 员苑—弹簧挡圈

造成很大噪声，这种现象称为齿轮泵的困油现象。

消除困油现象的措施，是在泵的前、后盖板上开两个卸油槽，如图 1 中的双点划线所示。其中一个通压油腔，另一个通吸油腔。当困油区容积由大变小时，通过右边的卸油槽与压油腔相通；当压油区容积由小变大时，通过左边的卸油槽与压油腔相通。卸油槽的位置要适当，使困油区既能排出油液，又能吸进油液。但两卸油槽之间的距离 a 不能太小，以防止吸油腔、压油腔通过困油区串通。

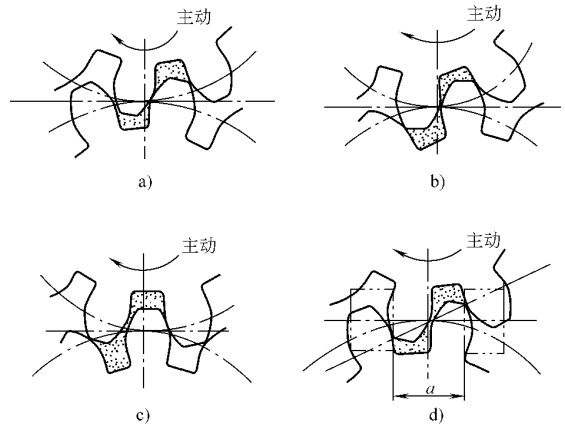


图 2 齿轮泵的困油现象

(圆) 泄漏及其改善措施 外啮合齿轮泵高压腔的压力油泄漏到低压腔中主要有三条途经：一是通过齿轮端面与前、后盖板之间的端面间隙；二是通过齿顶与泵体内孔之间的径向间隙；三是通过齿轮啮合区的接触间隙。其中，通过端面

间隙的泄漏量最大，可占总泄漏量的 70%~80%。理论分析证明，泄漏的大小与间隙的三次方成正比，与压力差成正比。因此，普通齿轮泵的容积效率较低，输出压力也不易提高。

根据以上分析，要提高齿轮泵的压力和容积效率，首要问题是减小端面间隙。因此，在中高压和高压齿轮泵中为减小端面间隙，提高容积效率，一般都采用端面间隙自动补偿。端面间隙自动补偿，是在齿轮与前、后盖板之间增加补偿零件，如浮动轴套或浮动侧板，在补偿零件的背面引入压力油，此压力油形成的压力差使浮动轴套或浮动侧板压紧齿轮端面，使端面间隙减小，从而达到减小泄漏的目的。

(猿) 径向力不平衡及其改善措施 齿轮泵工作时，压油腔的油压高于吸油腔的油压，因此作用在齿轮外圆上的压力是不相等的。在压油腔和吸油腔处齿轮外圆和齿廓表面分别承受工作压力和吸油腔压力；在齿轮和泵体内孔的径向间隙中，由于高压油液通过该间隙泄漏，

因而可以认为压力由压油腔压力依次递减为吸油腔压力。这些液体压力综合作用的合力，相当于给齿轮一个径向作用力，这就是齿轮和轴承受的径向不平衡力。齿轮泵工作压力越高，径向不平衡力越大，其结果是加速了轴承的磨损，降低了轴承的使用寿命，甚至使轴弯曲，造成齿顶与泵体内孔磨擦，影响泵的正常工 作。

为了减少泵的径向不平衡力的影响，常采用的措施有两个：一是缩小压油口的直径，使高压仅作用在一个齿到两个齿的范围内，这样压力油作用于齿轮上的面积缩小了，因而径向力也相应减少。二是采用开压力槽的办法来解决径向不平衡力的问题。如图 4-17 所示，通过在盖板上开平衡槽，使它们分别与压油腔相通，产生一个与压油腔和吸油腔对应的液压径向力，起到平衡作用。这种办法可使作用到齿轮上的径向力大体上获得平衡，但会使泵的高、低压接近，引起泄漏增加，从而降低容积效率。

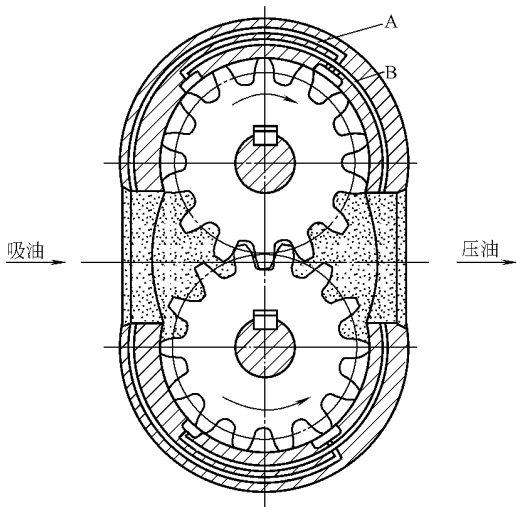


图 4-17 径向力平衡措施

内啮合齿轮泵 如图 4-18 所示，此泵主要由一个密封的外壳、外齿轮、内齿轮和月牙板构成。外齿轮按箭头方向转动并带动内齿轮向同一方向转动。通过旋转运动，两齿轮分离所出现的齿间隙而产生负压，油箱液面在大气压作用下，迫使油液流入泵内填满齿间隔，齿轮间在连续运动中与外壳和月牙板形成闭合的空腔并被继续移向压力侧。此时，齿轮再度啮合并将油液排出齿空隙。这就是内啮合齿轮泵的工作原理。

外啮合齿轮泵 如图 4-19 所示，这种泵的工作原理与内啮合齿轮泵相同，但是靠两个外啮合齿轮按箭头指向的旋转来完成吸油和压油，从剖视图中可明显看出：轮齿在齿间隙完全排空之前即要闭合齿隙，若无卸荷可能，将会在剩余空间产生很大的压力，这种高压困油反作用于齿轮上，将产生很大的径向力。为了克服困油现象，一般采用在齿轮泵端盖上开卸荷槽，借此将这部分油液引入压油腔。

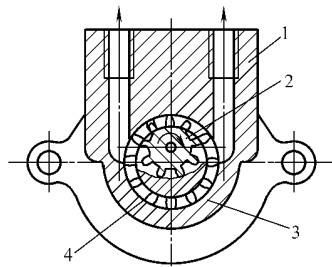


图 4-18 内啮合齿轮泵结构图
1-外壳 2-外齿轮 3-内齿轮
4-月牙板

另外，齿轮泵端盖与齿轮、齿顶与泵体之间相互运动的间隙也很关键。间隙过大，摩擦力小，漏损大；间隙过小，漏损小，但摩擦力增大，甚至卡住齿轮而烧坏电动机。

一般轴向间隙以 0.15~0.2mm 为宜，径向间隙以 0.1~0.15mm 为宜。

齿轮泵是液压泵中结构简单、制造容易、工作可靠的一种液压泵，目前我国自行设计制造的 Y 型液压泵，多用于低压传动系统中。

4.3.3 叶片泵

叶片泵分为单作用叶片泵（变量泵）和双作用叶片泵（定量泵）两种。