

YEYABENG JI YEYAMADA YUANLI SHIYONG YU WEIHU

液压泵及液压马达

原理、使用与维护

张利平 编著



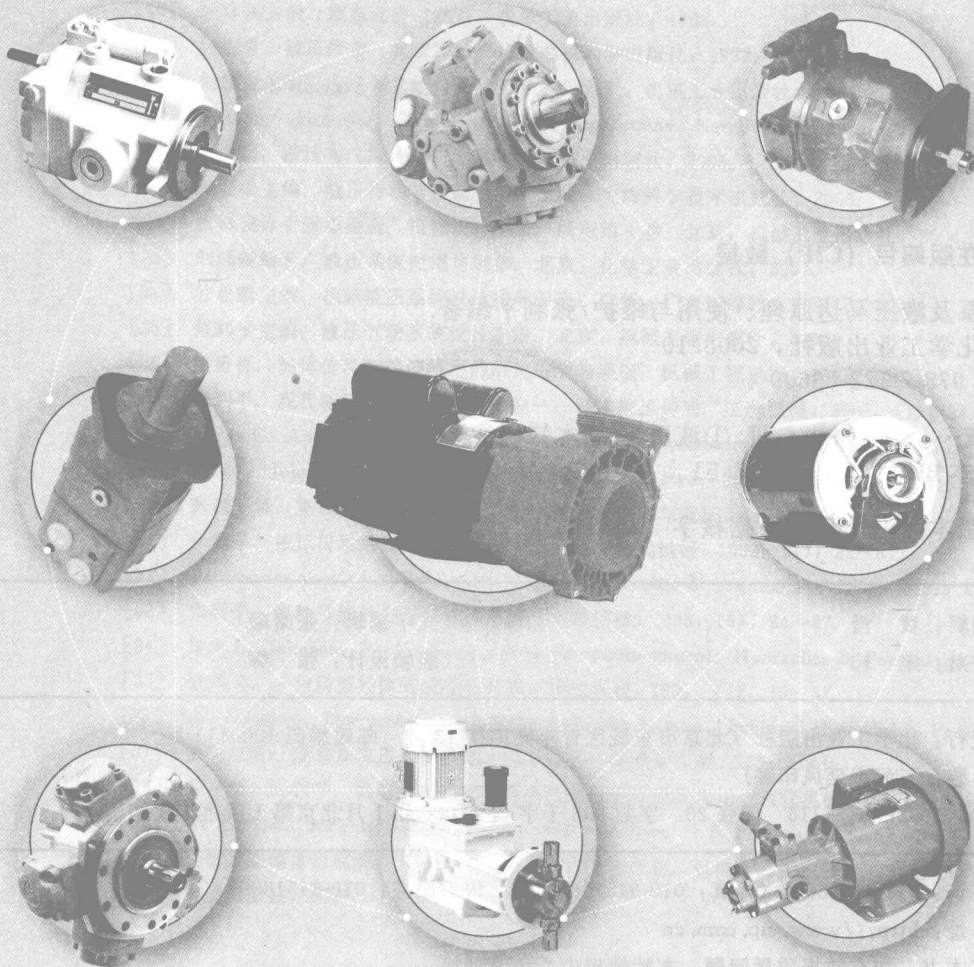
化学工业出版社

YEYABENG JI YEYAMADA YUANLI SHIYONG YU WEIHU

液压泵及液压马达

原理、使用与维护

张利平 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压泵及液压马达原理、使用与维护/张利平编著.
北京: 化学工业出版社, 2008. 10
ISBN 978-7-122-03609-4

I. 液… II. 张… III. ①液压泵-基本知识②液压
马达-基本知识 IV. TH137.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 132953 号

责任编辑: 黄 澄
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 张 辉

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 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 496 千字 2009 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

作为现代传动与控制的重要手段和不可替代的关键基础技术之一，液压技术的应用已遍及工业、农业、国防、科学技术乃至人们的物质文化生活及抢险救灾等各领域。

一个完整的液压传动或控制系统通常都是由能源元件（液压泵），执行器（液压缸、液压马达和摆动液压马达），控制元件（各类液压控制阀）及辅助元件（油箱和管件等）四类液压元件和工作介质所组成。其中液压泵将原动机的机械能转换为液压能，是任何一台液压设备不可缺少的心脏元件；液压马达将液压能转换为机械能，是任何需要回转运动的液压设备或工作机构（例如各类生产机械及军用装备的回转工作机构和各类行走机械等设备）不可缺少的对外做功元件。液压泵及液压马达的功用原理互逆，但结构相近，且二者在液压技术中的用量均占有相当大的比重。在各类液压设备的开发及液压系统的设计和使用中，正确、合理地选择、使用和维护液压泵及液压马达，对于提高液压系统乃至整个液压设备的工作品质、可靠性和经济性，无疑具有非常重要的意义。因此，液压技术的设计制造人员、安装调试人员和现场使用维护人员必须掌握液压泵及液压马达的原理、结构、特性及使用维护方法。

但是，国内有关液压泵及液压马达原理、使用与维护的专业图书很少，读者只能从散见于各类液压传动的教科书或设计手册等零星资料中去查阅，相当不便。此外，随着制造业的发展和工业技术的进步，近年来液压泵及液压马达在高压化、大流量化、复合化、数字化、机电液一体化、绿色化（防漏降噪及节能环保）、提高可靠性等方面的长足发展和进步使液压泵及液压马达的类型、结构、制造工艺等方面均发生了很大变化。为了适应这些变化并满足各类读者特别是广大液压技术用户的需要，提高液压泵及液压马达的使用维护水平，促进液压技术的普及与提高，笔者根据多年教学、科研及为生产实践服务的经验和心得积累，广泛搜集了国内外液压泵及液压马达的最新资料，编写成《液压泵及液压马达原理、使用与维护》一书，以期能对各类读者有所帮助。

本书共分10章，全书的选材和编写力图体现系统性、先进性和实用性，以有助于读者解决实际工作中液压泵及液压马达的各类问题。书中在全面而详细地介绍了液压泵及液压马达的基本知识及共性问题基础上，着重对使用最为普遍的各类液压泵及液压马达中的基本典型品种（包括齿轮泵及齿轮马达、叶片泵及叶片马达、柱塞泵及柱塞马达、螺杆泵及螺杆马达、摆动液压马达等），按照类型特点、工作原理、典型结构、性能参数、产品概览、使用要点、故障排除的体系线索进行了介绍；概要介绍了液压泵及液压马达的材料及工艺、液压泵站的设计制造与安装；给出了液压泵及液压马达的常用技术要求和国内液压泵及液压马达主要生产厂商的主要产品及相关信息。本书选材在突出传统基本内容的同时，特别关注国内外液压泵及液压马达在结构原理、性能、产品和实际应用中的一些最新发展和成果（例如复合液压泵，电液比例、伺服、数字控制液压泵，超高压液压泵，水压液压泵及水压液压马达，带液压动力包的摆动液压马达等）。书中关于液压泵及液压马达的结构原理、使用要点、泵站设计制造等内容可引导对于液压泵及液压马达不甚熟悉的人员，了解和掌握各类液压泵

及液压马达的基本组成、共性特点与应用场合及注意事项等；书中的数据、产品及常用标准等资料可供工程技术人员在液压泵及液压马达产品开发和液压系统设计中直接查阅和应用；书中关于液压泵及液压马达的材料及工艺、故障诊断及排除的内容可指导从事液压设备制造、操作和维护保养的人员日常工作的进行。

全书采用法定计量单位和最新版本的国家标准及行业标准，典型产品中收录的是国内外知名液压厂商目前正在生产的液压泵及液压马达的可靠产品，资料准确。

此外，还需说明的是，本书在以结构原理图介绍各类液压泵及液压马达的工作原理和结构组成的同时，尽可能多地给出了不同生产厂商所生产产品的实物外形图，目的是便于初学者或对液压泵及液压马达不甚熟悉的读者形象快速地了解 and 认识各种液压泵及液压马达以及新产品开发中的造型设计。

本书可供各行业液压技术的科研设计院所、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、技术工人、现场操作维护人员、管理与营销人员参阅，也可作为大专院校机械制造、流体传控、自动控制、机车车辆、化工机械、工程机械、建筑机械、冶金机械、农林机械、轻纺机械、船舶及轮机、金属材料、航空航天工程等专业（或专业方向）在液压传动课堂教学、课程设计及毕业设计中的教学参考书。

本书由张利平编著。HKUST（香港科技大学）在读博士张津参与了本书的策划、提供了宝贵信息并提出许多建设性意见，张秀敏协助作者进行了资料搜集整理、文稿录入校对及插图描绘等大量的工作，李丽琳、李珊参与了本书标准资料的搜集整理工作，参与本书相关工作的人员还有周湛学、周兰午、严一萍、黄涛、吴宗哲、牛振英、史玉芳、刘文学、张淑任、王惠宵、高志强、张保令等。

在本书编写过程中，曾得到了国内外许多厂商（公司）、同仁的热心支持，他们以不同方式提供了最新的技术成果与资料，其中有启东高压油泵有限公司副总经理黄振祥高级工程师、天津市天机液压机械有限公司技术部、榆次液压有限公司北京分公司李士伟先生、意大利阿托斯（Atos）中国（上海）代表处彭京启先生、北京格兰力士机电技术有限公司梁永利先生、天津市天高液压件有限公司贾玉祥先生、上海大众液压技术有限公司、上海纳博特斯克液压有限公司、德国博世力士乐（Bosch-Rexroth）液压公司、江苏恒源液压有限公司李娜女士、浙江台州先顶液压有限公司王登正先生、德国豪辛科（Hauhinco）机械制造有限公司北京代表处张少飞先生、宁波广天赛克思液压有限公司吴赛珍先生、宁波甬源液压马达有限公司供应销售部吴淑静经理、德州宇力液压机具有限公司、银川长城液压有限公司、四川长江液压件有限责任公司北京办事处李陶先生、台湾北部精机有限公司、乐世门机电（深圳）有限公司北京办事处张曼兴工程师、台湾朝田企业股份有限公司北京办事处贺良明工程师、浙江省温州市长城液压机电有限公司以及刘海龙先生、靳春霞女士等，笔者在此一并表示诚挚的谢意。

对于本书存在的不当之处，欢迎液压界专家同行及广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 液压泵及液压马达概述	1
1.1 液压系统的工作原理及组成	1
1.2 液压泵及液压马达的功用与基本原理	1
1.2.1 功用及重要性	1
1.2.2 基本原理	2
1.3 液压泵及液压马达的分类与图形符号	4
1.3.1 分类	4
1.3.2 图形符号及使用	6
1.4 液压泵及液压马达的结构特点	6
1.4.1 液压泵的结构特点	6
1.4.2 液压马达的结构特点	6
第 2 章 液压泵及液压马达的主要参数及共性问题	10
2.1 液压泵的主要参数及共性问题	10
2.1.1 主要参数	10
2.1.2 工程实用计算公式	15
2.1.3 特性曲线	15
2.1.4 气蚀问题与液压泵的吸入性能	16
2.1.5 困油现象及其卸荷措施	19
2.1.6 流量脉动	20
2.1.7 振动、噪声及其控制	20
2.1.8 液体静压力的平衡	24
2.1.9 摩擦副及提高其耐磨性的措施	24
2.1.10 变量方法及变量控制方式	25
2.1.11 安装法兰与轴伸尺寸系列	30
2.1.12 驱动方式及对原动机的要求	30
2.1.13 各类液压泵的主要性能及应用范围比较	31
2.1.14 液压泵的选用原则与要点	32
2.2 液压马达的主要参数及共性问题	36
2.2.1 主要参数	36
2.2.2 工程实用计算公式	39
2.2.3 特性曲线	39
2.2.4 脉动性及其危害	41
2.2.5 启动性能和制动性能	41
2.2.6 低速稳定性能与爬行现象	42

2.2.7	振动、噪声及其控制	43
2.2.8	变量(调速)原理及方法	44
2.2.9	动特性	45
2.2.10	使用寿命	46
2.2.11	安装法兰与轴伸尺寸系列	46
2.2.12	各类液压马达的主要性能及应用范围比较	46
2.2.13	液压马达的选用要点	48
2.3	液压泵及液压马达的产品概况	50
2.4	液压泵及液压马达的安装调试、使用维护与故障诊断	50
2.4.1	安装调试	50
2.4.2	运转	54
2.4.3	检查与维护	54
2.4.4	故障诊断	58
第3章	齿轮泵及齿轮马达	64
3.1	齿轮泵	64
3.1.1	类型特点	64
3.1.2	工作原理	64
3.1.3	典型结构	68
3.1.4	性能参数	73
3.1.5	产品概览	74
3.1.6	使用要点	81
3.1.7	故障排除	84
3.2	齿轮马达	85
3.2.1	类型特点	85
3.2.2	工作原理	85
3.2.3	典型结构	88
3.2.4	性能参数	95
3.2.5	产品概览	98
3.2.6	使用要点	98
3.2.7	故障排除	100
第4章	叶片泵及叶片马达	101
4.1	叶片泵	101
4.1.1	类型特点	101
4.1.2	工作原理	101
4.1.3	典型结构	108
4.1.4	性能参数	113
4.1.5	产品概览	114
4.1.6	使用要点	114
4.1.7	故障排除	123
4.2	叶片马达	124

4.2.1	类型特点	124
4.2.2	工作原理	125
4.2.3	典型结构	125
4.2.4	性能参数	126
4.2.5	产品概览	127
4.2.6	使用要点	128
4.2.7	故障排除	128
第5章	轴向柱塞泵及轴向柱塞马达	129
5.1	轴向柱塞泵	129
5.1.1	类型特点	129
5.1.2	工作原理	130
5.1.3	典型结构	141
5.1.4	性能参数	151
5.1.5	产品概览	153
5.1.6	使用要点	155
5.1.7	故障排除	158
5.2	轴向柱塞马达	160
5.2.1	类型特点	160
5.2.2	工作原理	160
5.2.3	典型结构	161
5.2.4	性能参数	163
5.2.5	产品概览	164
5.2.6	使用要点	166
5.2.7	故障排除	167
第6章	径向柱塞泵及径向柱塞马达	168
6.1	径向柱塞泵	168
6.1.1	类型特点	168
6.1.2	工作原理	169
6.1.3	典型结构	172
6.1.4	性能参数	175
6.1.5	产品概览	176
6.1.6	使用要点	176
6.1.7	故障排除	177
6.2	径向柱塞马达	179
6.2.1	类型特点	179
6.2.2	工作原理	179
6.2.3	典型结构	184
6.2.4	性能参数	189
6.2.5	产品概览	191
6.2.6	使用要点	191

6.2.7 故障排除	196
第7章 其他液压泵及液压马达	198
7.1 螺杆泵及螺杆马达	198
7.1.1 螺杆泵	198
7.1.2 螺杆马达简介	206
7.2 复合液压泵	207
7.2.1 结构与特点	207
7.2.2 产品概览	207
7.3 超高压液压泵	211
7.3.1 结构与特点	211
7.3.2 典型产品	212
7.4 电液数字液压泵	216
7.5 水压液压泵及水压液压马达	216
7.6 摆动液压马达	220
7.6.1 类型特点	220
7.6.2 工作原理	221
7.6.3 典型结构	223
7.6.4 性能参数	226
7.6.5 产品概览	228
7.6.6 使用要点	229
第8章 液压泵及液压马达的材料及工艺	231
8.1 齿轮泵的材料及工艺	231
8.1.1 技术要求	231
8.1.2 常用材料	232
8.1.3 加工工艺	233
8.2 叶片泵的材料及工艺	235
8.2.1 技术要求	235
8.2.2 常用材料	236
8.2.3 加工工艺	236
8.3 柱塞泵的材料及工艺	238
8.3.1 直轴式(斜盘式)轴向柱塞泵的材料及工艺	238
8.3.2 斜轴式轴向柱塞泵的材料及工艺	240
8.4 液压马达的材料及工艺	243
8.4.1 单作用径向柱塞马达的材料及工艺	243
8.4.2 多作用径向柱塞马达的材料及工艺	245
第9章 液压泵站的设计、制造和安装	248
9.1 液压泵站的组成、容量及类型	248
9.1.1 液压泵站的组成	248
9.1.2 液压泵的容量	249
9.1.3 液压泵站的类型	250

9.2 液压泵组的结构设计及其安装与连接	255
9.2.1 布置方式及连接和安装方式	255
9.2.2 液压泵的安装姿态	258
9.2.3 防锈与精度要求	258
9.2.4 液压泵组的传动底座	259
9.2.5 防振降噪措施	259
9.2.6 液压泵组工作图样的设计与绘制	259
9.3 液压泵站的配管	260
第10章 我国液压泵及液压马达的技术要求	261
10.1 液压元件 通用技术条件 (摘自 GB/T 7935—1987)	261
10.2 液压泵、马达空载排量 测定方法 (摘自 GB/T 7936—1987)	263
10.3 液压泵的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则及标志和包装	267
10.3.1 液压齿轮泵 (摘自 JB/T 7041—2006)	267
10.3.2 液压叶片泵 (摘自 JB/T 7039—2006)	275
10.3.3 液压轴向柱塞泵 (摘自 JB/T 7043—2006)	282
10.4 液压马达的技术要求与试验方法	288
10.4.1 低速大扭矩液压马达 (摘自 JB/T 8728—1998)	288
10.4.2 摆线液压马达 (摘自 JB/T 10206—2000)	298
附录 国内部分液压厂商的主要产品及相关信息	304
参考文献	309

第1章 液压泵及液压马达概述

本章将在简要介绍液压系统的原理与组成基础上，概要论述和介绍液压泵及液压马达的基础知识，其中包括液压泵及液压马达在系统中的功用及重要性，液压泵及液压马达的基本结构原理、分类及它们的技术发展进程与趋势等内容。本章所述内容对于读者进一步深入了解、学习和掌握后续各章所介绍的各类液压泵及液压马达的原理、使用与维护知识是必备的，也是相当重要的。

1.1 液压系统的工作原理及组成

液压技术是以液体为工作介质，利用封闭系统中液体的静压能实现信息、运动和动力的传递及工程控制的技术。由于液压技术在功率质量比、结构组成、响应速度、调速范围、过载保护及电液整合等方面独特的技术优势，使其成为现代传动与控制的重要技术手段和不可替代的关键基础技术之一，其应用囊括了国民经济各领域。

一个完整的液压传动或控制系统（以下简称液压系统）通常都是由能源元件（液压泵）、执行器（液压缸、液压马达和摆动液压马达）、控制元件（各类液压控制阀）及辅助元件（油箱和管件等）四类液压元件和工作介质所组成的。液压传动与控制的机械设备或装置工作时，其液压系统以具有连续流动性的液压油或难燃液压液或水（多使用液压油）作为工作介质，通过液压泵将驱动泵的原动机（电动机或内燃机）的机械能转换成液体的压力能，然后经过封闭管路及控制阀，送至执行器中，转换为机械能驱动负载，实现工作机构所需的直线运动、回转运动或摆动。

1.2 液压泵及液压马达的功用与基本原理

1.2.1 功用及重要性

液压泵是任何一台液压设备不可缺少的能源元件，其功用是将原动机的机械能转换为液压能，即向液压系统提供具有一定压力和流量的液体；液压马达是任何需要回转运动的液压设备或工作机构（例如各类生产机械及军用装备的回转工作机构和各类行走机械等设备）不可缺少的执行元件，其功用是将液压能转换为机械能，以转矩和转速的形式驱动与其相连的工作机构做功。

液压泵及液压马达的功用原理互逆，但结构相近，且二者在液压技术中的使用量均占有相当大的比重。在各类液压设备的开发及液压系统的设计和使用中，正确合理地选择、使用

和维护液压泵及液压马达,对于提高液压系统乃至整个液压设备的工作品质和可靠性,无疑具有非常重要的意义。因此,液压技术的设计制造人员、安装调试人员和现场使用维护人员必须掌握液压泵及液压马达的原理、结构、特性及使用维护方法。

1.2.2 基本原理

在液压传动与控制系统中,液压泵和液压马达的类型很多(如齿轮式、叶片式、柱塞式和螺杆式等)、结构各异,但都是容积式的,即都是基于容积的变化而进行工作的。

图 1-1 所示为一具有可逆性的装置,即既可以作液压泵使用,也可以作液压马达使用。其结构组成简述如下:偏心凸轮 1 和 3 的偏心距为 e , 偏心凸轮 2 的偏心距为 E 。三个凸轮的回转中心 O_1 、 O_2 与 O_3 由同一传动轴 4 (转子) 相连和驱动。凸轮 1 和 3 控制单向阀 5 和 7 的开启或闭合; 凸轮 2 与柱塞 6 (挤子) 保持接触, 三个凸轮均由相应的弹簧保证与件 5、6 和 7 接触。柱塞可在缸体 (定子) 8 的孔中往复移动, 缸体与柱塞之间构成了容积可变的密封工作腔 12。

现以图 1-1 为例分析和论述液压泵及液压马达的原理。

(1) 液压泵的基本原理

当图 1-1 所示装置作液压泵使用时, 原动机带动传动轴 4 (转子) 按图示顺时针方向旋转, 则三个凸轮随传动轴一起沿顺时针方向旋转, 设泵从图 1-1 (a) 所示位置开始转动, 此时柱塞 6 随之下移, 密封工作容腔 12 的容积变大, 产生真空; 与此同时, 凸轮 3 将吸油单向阀 7 打开 (而凸轮 1 正好将排油单向阀 5 关闭), 油箱 (图中未画出) 中的油液在大气压作用下经进油口 a、吸油单向阀 7 和流道 b 被吸入工作容腔 12, 为吸油过程。当转子继续旋转到图 1-1 (b) 所示位置时, 柱塞 6 被凸轮 2 压缩上移, 工作容腔 12 的容积减小, 腔内已吸入的油液受压缩而压力增大, 欲将油液排出; 与此同时, 凸轮 1 恰好将排油单向阀 5 打开 (而凸轮 3 正好将吸油单向阀 7 关闭), 油液即通过流道 c、排油单向阀 5 和排油口 d 输出到系统, 为排油过程。传动轴转动一周, 泵吸、排油各一次。原动机驱动传动轴连续旋转, 液压泵就不断由进油口 a 吸油, 由排油口 d 向系统排油。若原动机带动传动轴或转子逆时针方向转动, 则油流将反向, 即泵就由油口 d 吸油, 由油口 a 向系统排油。

上述单柱塞液压泵具有容积式液压泵的基本结构原理特征。

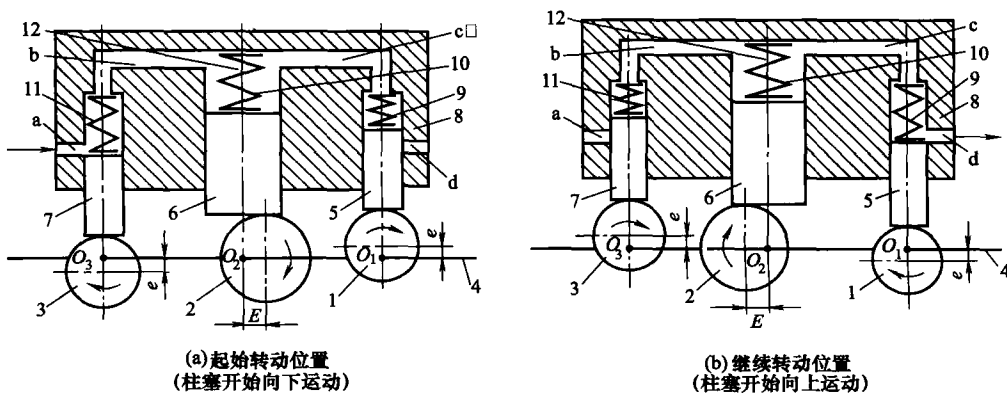


图 1-1 液压泵及液压马达的基本工作原理示意图

1,2,3—偏心凸轮; 4—传动轴; 5,7—单向阀; 6—柱塞; 8—缸体; 9,10,11—配流阀弹簧;
12—密封工作腔; a—进油口; b, c—流道; d—排油口

① 具有统称为定子、转子和挤子的三种零件，它们因液压泵的结构不同而异。

② 具有若干个密封且又可周期性变化的空间，此空间称为工作腔。工作腔一般由定子、转子和挤子这三种零件组成。工作腔起吸油作用时称为吸油腔，起压油作用时称为排油腔，吸油腔和排油腔之间的过渡区被有关零件的表面所密封。为使工作腔的容积发生变化，在组成工作腔的零件中必须有一个可作相对运动的挤子。挤子能使工作腔容积周期性地由小变大而不断吸入液体；能使工作腔容积周期性地由大变小，不断排出液体。

③ 具有吸油口和排油口。吸油口和排油口分别与吸油腔和排油腔相连通。液压泵吸油口的通流面积应足够大，以免因油液在其内流速过大而产生气蚀；而泵的排油口的流速可适当大些，以减小管道尺寸和重量。

④ 液压泵的输入参数是机械参数（转矩和转速），输出参数是液压参数（压力和流量）。

液压泵吸油腔的压力取决于吸油高度和吸油管路压力损失的大小；排油腔的压力则取决于负载和排油管路的压力损失大小。

液压泵的理论排油量与工作腔的容积变化量（或几何尺寸）和单位时间内变化的次数（或转速）成正比，而与排油压力等其他因素无关。若泵的理论排油量不能改变，则为定量泵，反之则为变量泵。

⑤ 具有配流机构（也称配流器）。液压泵由吸油到排油或由排油到吸油的转换称为配流。为保证液压泵有规律地吸排液体，应具有相应的配流机构，以将吸油腔和排油腔隔开。配流方式因液压泵的结构不同而异，一般有确定式和阀式两种配流方式：确定式配流依靠设置在泵内某个部件适当位置上的孔或槽实现配流，一般液压泵都采用这种配流方式，一般具有作为液压马达的可逆性；阀式配流则依靠逆止阀实现配流（吸、排油阀在逻辑上互逆，不会同时开启），多用于超高压柱塞泵中，由于此类泵的液流方向有时不能改变，故失去了作为液压马达的可逆性。

例如图 1-1 所示单柱塞液压泵中的配流机构为采用逆止阀（吸油阀 7 和压油阀 5）的阀式配流。

⑥ 油箱内液体的绝对压力必须恒等于或大于大气压力。为保证泵正常吸油，油箱必须与大气相通或采用密闭的充气油箱。

（2）液压马达的基本原理

图 1-1 所示装置作液压马达使用时，传动轴不再用原动机驱动，而是与工作机构相连。且从图 1-1（a）所示的进油口 a 输入压力油液，该压力油液经进油单向阀 7 和流道 b 进入马达的工作腔 12，并在柱塞 6 上端产生推动柱塞的液压作用力，由于凸轮 2 偏心距 E 的存在，该作用力将对凸轮 2 的回转中心 O_2 形成一个转矩，使各凸轮和传动轴 1 沿顺时针方向转动；由于惯性，凸轮 2 旋转至图 1-1（b）所示位置后仍沿顺时针方向转动，使柱塞 6 上移，将工作腔 12 已做完功的油液通过流道 c、单向排油阀 5 和排油口 d 向油箱（图中未画出）排出；由于凸轮 1 与 3 的相位合适，使液压马达在进油时排油阀 5 关闭，而在排油时进油阀 7 也是关闭的，以便实现配流。若连续从液压马达的进油口 a 输入压力油液，则可使马达带动与其传动轴相连的工作机构实现顺时针方向连续回转运动，并将用过的油液不断由排油阀 5 排出。与液压泵的情况类似，若输入油液的方向反向，即由油口 d 进油，由油口 a 向外排出，则传动轴或转子的回转方向也必然反向，即按逆时针方向转动。

上述柱塞式液压马达具有容积式液压马达的基本结构原理特征。

① 与液压泵一样，也具有统称为定子、转子和挤子的三种零件，它们因液压马达的结

构不同而异。

② 与液压泵一样,也具有若干个密封且又可周期性变化的工作腔,工作腔一般也由定子、转子和挤子这三种零件组成。与高压油液相通的工作腔称为进油腔或高压腔,通向油箱的工作腔称为排油腔或低压腔,进油腔和排油腔之间的过渡区被有关零件的表面所密封。为使工作腔的容积发生变化,在组成工作腔的零件中必须有一个可作相对运动的挤子。挤子在压力油作用下伸出从而使工作腔容积周期性地由小变大,在斜盘等零件作用下缩回从而使工作腔容积周期性地由大变小而不断排出低压液体。

③ 与液压泵一样,液压马达也具有进油口和排油口,但马达的进油口和排油口分别与高压腔和低压腔相连通。由于液压马达的低压腔压力稍高于大气压,因此,与液压泵不同,马达的进油口和排油口尺寸可以相同。改变或交换液压马达的进油口和排油口,则可改变液压马达的旋转方向。

④ 液压马达的输入参数是液压参数(压力和流量),输出参数是机械参数(转矩和转速)。

液压马达进油腔的压力取决于输入油液的压力和吸油管路压力损失的大小;而排油腔的压力则取决于排油管路的压力损失大小。

液压马达的理论排油量与工作腔的容积变化量(或几何尺寸)有关,而与进油压力等其他因素无关。若马达的理论排油量不能改变,则为定量马达,反之则为变量马达。

液压马达的输出转速取决于马达的输入流量和排量;输出转矩取决于马达的排量和进出口压力差。

⑤ 与液压泵一样,液压马达也具有配流机构,其作用与液压泵的配流机构基本类同。但由于马达需要正反向旋转,故液压马达的配流机构在结构上一般应具有对称性。液压马达的配流方式也因马达的结构不同而异,一般也有确定式和阀式两种配流方式。例如图 1-1 所示柱塞式液压马达中的配流机构为采用单向阀的阀式配流。

综上所述可知,液压泵和液压马达是两种不同的能量转换装置,从原理而言,容积式液压泵可以作液压马达使用,即向液压泵中输入压力油,迫使其传动轴转动,就成为液压马达。但事实上,同类型的泵和马达尽管在结构上相似,但在实际中由于使用目的、性能要求及结构对称性等方面的差异,使得很多类型的液压泵和液压马达不能互逆通用。

1.3 液压泵及液压马达的分类与图形符号

1.3.1 分类

(1) 分类方法

液压泵及液压马达的类型较多,分类方法及名称因着眼点不同而异。

按照挤子结构形式及运动方式不同分为齿轮式、叶片式、柱塞式和螺杆式等类型,各类泵及马达的结构特点参见本章 1.4 节。

按照工作腔周期性变化而进入和排出的液体容积可否调节分为定量型和变量型两类。

此外,习惯上将液压马达按照其转速和转矩分为高速小转矩型和低速大转矩型,以及仅能实现有限角度回转的摆动马达三类。通常将额定转速高于 500r/min 的马达称为高速马达,而将额定转速低于 500r/min 的马达称为低速马达。高速液压马达的基本形式有齿轮式、螺杆式、叶片式和轴向柱塞式等,它们的结构与同类型的液压泵类同,工作原理可逆,但因二

者使用目的不同,结构上存在许多差异,一般不能直接互逆通用。高速液压马达具有转速高、转动惯量小、便于启动与制动、调节和换向灵敏度高等优点,但输出转矩较小(仅几十牛·米至几百牛·米),拖动低速负载时需加设减速装置。低速马达的基本形式一般为柱塞式,有单作用式和多作用式。低速液压马达具有排量大、转速低,输出转矩大(可达几千牛·米至几万牛·米)优点,可直接与其拖动的工作机构连接而不需要减速装置,但其体积较大。摆动液压马达可分为活塞式和叶片式两大类,而叶片式使用居多。摆动液压马达的结构比连续回转型液压马达的结构简单,摆动液压马达的突出优点是输出轴直接驱动负载回转摆动,其间不需任何变速机构,输出转矩可达数万牛·米,最低稳定转速达 0.001rad/s 。

(2) 详细分类

液压泵及液压马达的详细分类见图 1-2 和图 1-3。

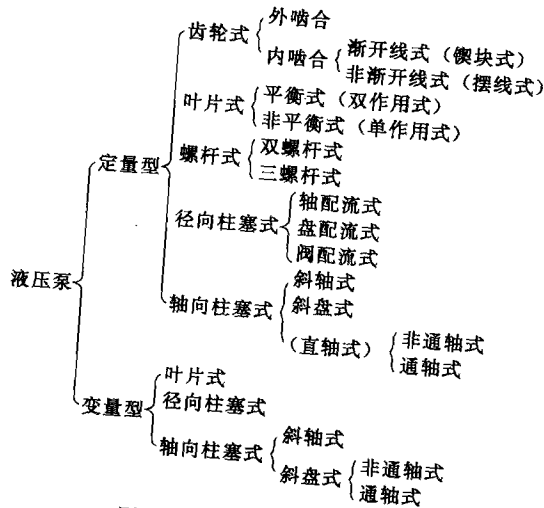


图 1-2 液压泵的详细分类

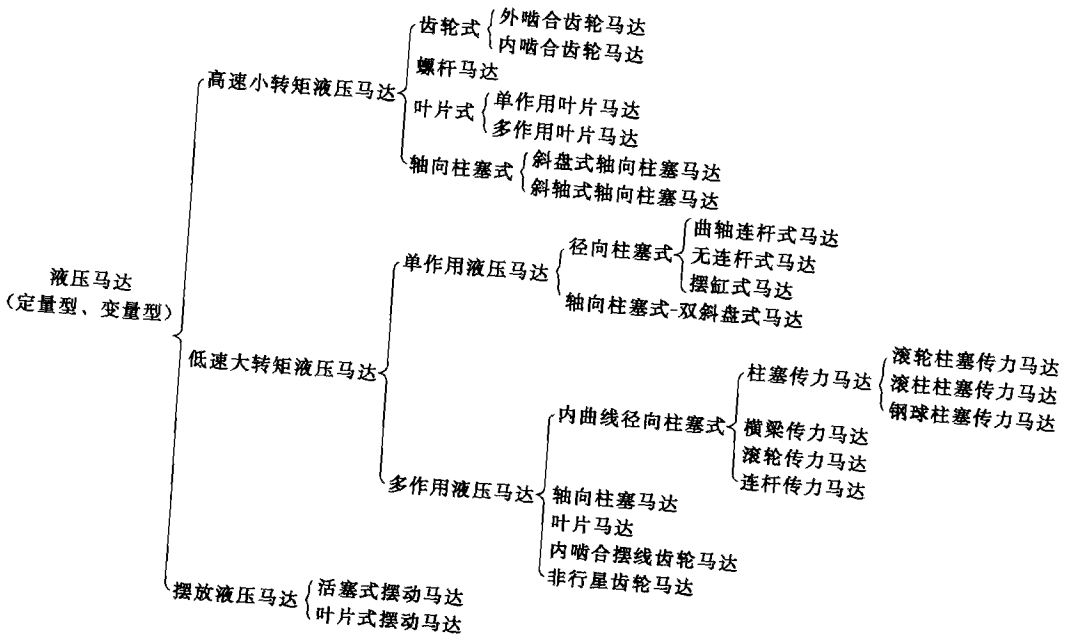


图 1-3 液压马达的详细分类

1.3.2 图形符号及使用

(1) 常用液压泵及液压马达的图形符号

包括液压泵及液压马达在内的液压元件和系统的原理图一般采用标准图形符号绘制。由于图形符号仅表示液压元件的功能、操作（控制）方法及外部连接口，并不表示液压元件的具体结构、性能参数、连接口的实际位置及元件的安装位置，故用以表达系统中各类元件的作用和整个系统的组成、油路联系和工作原理，简单明了，便于绘制和技术交流。

我国迄今分别于 1965 年、1976 年和 1993 年先后三次颁布了液压与气动图形符号标准。目前执行的标准是《液压气动图形符号》（GB/T 786.1—1993），该标准规定了液压、气动元件图形符号的名词术语、符号构成以及各种液压气动元件的标准图形符号绘制方法。

采用 GB/T 786.1—1993 绘制的常用液压泵及液压马达图形符号如表 1-1 所列。

(2) 使用注意事项

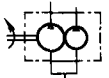
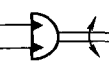
在使用 GB/T 786.1—1993 绘制液压元件及系统原理图时应注意以下事项：

① 元件图形符号的大小可根据图纸幅面大小按适当比例增大或缩小绘制，以清晰美观为原则；

② 元件一般以静态或零位（例如电磁换向阀应为断电后的工作位置）画出；

③ 元件的方向可视具体情况进行水平、垂直或反转 180° 绘制，但液压油箱必须水平绘制且开口向上。

表 1-1 常用液压泵及液压马达的图形符号

	单向定量泵	双向定量泵	单向变量泵	双向变量泵	双联液压泵
液压泵					
	单向定量马达	双向定量马达	单向变量马达	双向变量马达	摆动马达
液压马达					

注：双联泵甚至多联泵是为了满足液压系统对流量的不同需求，由两个或多个单级泵安装在一个泵体内，在油路上并联而成的液压泵。

1.4 液压泵及液压马达的结构特点

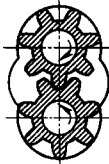
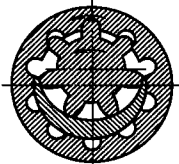
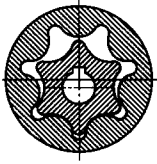
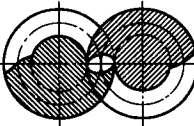
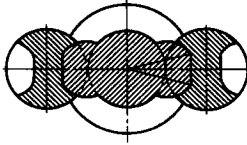
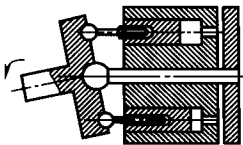
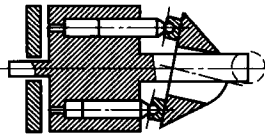
1.4.1 液压泵的结构特点

各类液压泵的结构特点见表 1-2。

1.4.2 液压马达的结构特点

高速液压马达的结构特点基本上与同类型液压泵相似，但由于用阀配流方式的液压泵结构，不能反向进出油液，因此不能作为液压马达使用，也就无此种阀式配流高速液压马达。一般使用的低速液压马达结构特点如表 1-3 所列。

表 1-2 各类液压泵的结构特点

类 型			结构简图	结构特点	优 缺 点
齿 轮 式	外啮合			利用轮齿和泵壳形成的封闭容积的变化,完成泵的功能。不能变量	结构最为简单,价格低廉。流量脉动大,径向载荷及噪声大
	内 啮 合	渐开线式		利用轮齿和齿圈形成的容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量	尺寸比外啮合式略小,价格比外啮合式略高,流量和压力脉动小,噪声低。径向载荷大
		摆线式		利用轮齿和齿圈形成的容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量	尺寸小,价格低廉,压力较低,径向载荷大
叶 片 式	非平衡式(单作用)			利用插入转子槽内的叶片间容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有一组吸油口和排油口。改变定子偏心量 e 进行变量	径向载荷大,噪声较低,流量脉动较平衡式大
	平衡式(双作用)			利用插入转子槽内的叶片间容积变化,完成泵的功能。在轴对称位置上布置有两组吸油口和排油口	径向载荷小,噪声较低,流量脉动小
螺 杆 式	双螺杆式			利用螺杆槽内容积的变化,完成泵的功能。不能变量	无流量脉动,尺寸和重量大,径向载荷大
	三螺杆式			利用螺杆槽内容积的移动,产生泵的作用。不能变量	无流量脉动,径向载荷较双螺杆式小,尺寸和重量大
轴 向 柱 塞 式	斜轴式			用柱塞和主动盘之间的球头连杆带动缸体旋转,由连杆的锥形表面与柱塞内壁接触传递力矩。利用端面配流,包括球面式配流盘。近来出现了柱塞连杆成一体的新型斜轴泵	结构坚固,耐冲击,抗污染性比斜盘式好。由于出现“三角形”结构,使泵的体积大大缩小。由于变量时缸体倾斜角增大到 40° ,使功率重量比进一步增大
	直轴式(斜盘式)	通轴式		传动轴穿过斜盘,径向载荷由传动轴支承。利用配流盘配流	重量轻、体积小,零件种类少,可串联辅助泵,便于集成化。但缸体上缸孔分布圆直径较大,滑动速度高。缸体倾斜力矩由主轴承承受,故传动轴径较大