

实用液压技术

北京出版社



实用液压技术

田 科 编著

北 京 出 版 社

实用液压技术

Shiyong Yeya jishu

田 科 编著

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京崇文门外东兴隆街 51 号)

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 二 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本9.25印张 196,000字

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数 1—17,400

书号: 15071·53 定价: 1.15元

前 言

为了便于读者学习和掌握液压系统的组装、调试、使用和维修等方面的基本要领，并能借助其它参考资料和手册进行液压系统的初步设计，编者将长期以来从事液压技术工作中的实践经验(包括在技术接待中的问题解答)，并参考国外文献资料所介绍的液压新技术等加以系统整理，编写成这本《实用液压技术》。

本书较系统地阐述了液压传动系统的基本知识和应用技术。其内容以液压传动系统的应用和设计为主，介绍了液压元件的构造和工作原理，以及液压系统的设计步骤和方法等。对液压元件的试验和试验台、以及液压系统的故障排除及使用维修等也作了必要的介绍。可供从事液压设备的使用和维修者参考，亦可供管理人员查阅。

在编写本书的过程中，承北京工业学院曹泛同志对原稿进行加工整理，吴平东同志也参加了这项工作。此外，北京航空学院李培滋同志也曾审阅初稿并提出宝贵意见，特此表示衷心感谢。

由于本人的水平所限，有些见解未必正确，书中错误和不当之处在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

一九八三年四月

目 录

导 论	(1)
第一章 液压泵	(5)
第一节 液压泵的主要参数及分类	(5)
第二节 几种常见液压泵的工作原理和结构特点	(11)
第三节 两种应用较广的国产斜盘式轴向柱塞泵	(44)
第二章 液压马达	(50)
第一节 液压马达的主要参数及分类	(51)
第二节 高速液压马达	(54)
第三节 低速高扭矩液压马达	(57)
第三章 液压缸	(71)
第一节 液压缸的分类	(71)
第二节 液压缸的计算	(73)
第三节 有关液压缸设计中的其它问题	(77)
第四章 液压控制阀	(90)
第一节 压力控制阀	(90)
第二节 流量控制阀	(104)
第三节 方向控制阀	(112)
第四节 电液调节阀	(128)
第五节 液压阀的发展概况	(134)
第五章 辅件——油箱及其它	(144)
第一节 油箱	(144)

第二节	滤油器	(149)
第三节	冷却器和加热器	(152)
第四节	蓄能器	(156)
第五节	管道和管道接头	(162)
第六章	液压油	(175)
第一节	液压油的特性	(175)
第二节	液压油的类别和合理使用	(182)
第三节	液压油的污染	(189)
第七章	液压元件的试验和试验台	(196)
第一节	概述	(196)
第二节	液压泵、液压马达试验台	(206)
第三节	液压缸、液压阀试验台	(219)
第四节	测试仪表和传感器	(224)
第八章	机床液压系统常用的电控元件和电控系统	(236)
第一节	机床液压系统用的电控元件	(236)
第二节	几种基本电控回路	(239)
第九章	液压系统的设计、使用和维修	(250)
第一节	液压系统的设计	(250)
第二节	液压系统的安装使用和维护	(271)
第三节	液压系统的故障排除	(275)
附录一	研磨用砂的粒度和工件表面光洁度的关系	(283)
附录二	中外表面光洁度代号对照表	(284)
附录三	液压元件寿命与工作小时的换算	(285)
附录四	密封件常用材料主要特性表	(286)
附录五	常见国外单位换算表	(287)
附录六	拧紧螺栓所需力矩计算公式	(289)

导 论

所谓传动，就是动力的传递，是把动力源的能量通过某种方式或介质送到执行机构，去带动工作机构实现一定的动作。传动的类型有许多种，如机械传动、电气传动、气动传动、液压传动、液力传动以及复合传动等。用液体作为工作介质进行能量传递，并以液体的压力能进行工作的则称为液压传动。

1650 年建立的巴斯卡原理是液压传动的理论基础，即在密闭容腔中的静态液体压力都相等（不计位能变化）。但在十八世纪末发明液压缸的碗形密封之后，才有可能制造出具有工业应用价值的水压机。到二十世纪初，开始采用具有润滑和防锈性能的油作为工作介质，并相继出现斜盘式轴向柱塞泵、径向柱塞泵、叶片泵和斜轴式轴向柱塞泵，使液压传动逐渐形成一门独立的应用技术学科而得到发展。特别是近二十几年，发展尤为迅速。目前，液压传动已被广泛用于机床、冶金、电力、石油化工、矿山、建筑、交通运输、轻工、农业以及国防、宇航和文教卫生等各个领域。

液压传动与其它类型的传动相比，具有许多重要的特点，如表 0-1 所示。其优点是：

- ① 能在较大范围内方便地实现无级调速。
- ② 操纵方便，容易实现自动控制及远程控制。

表 0-1

比 较 项 目	机 械	电	气 动	液 压
能传送或发出的力	中	中	较 大	大
驱动速度(直线运动)	小	中	大	较 大
响应速度	中	较 大	小	大
传递位置的精度	良	良	不 良	较 好
远控可能性	困 难	良	良	良
对安装位置的限制	大	小	小	小
速度控制	困 难	容 易	较容易	容 易
环境温度	普 通	要注意	普 通	要注意
危 险 性	没问题	注意漏电	没问题	注意失火
设置安全装置的必要性	大	中	小	中
体 积	大	中	小	小
价 格	低	较 高	低	高

③ 工作平稳，易实现间断和连续运动及频繁换向；往复运动的冲击和振动较小。

④ 低速稳定性较好，容易实现低速大扭矩。

⑤ 超负荷保护装置简单可靠。

⑥ 每个运动的互锁和程序控制简单。

⑦ 在功率相同的情况下，其装置体积小、重量轻，因而惯性力小，反应灵敏、迅速。

⑧ 系统元件的种类少，结构简单，便于设计，节省材

料。

液压传动的主要缺点是：效率较低；制造工艺技术要求较高，因而价格也较贵；对安装、使用与维修的技术要求也较高，否则会因发生漏油而影响液压装置的使用寿命等。

液压传动系统主要由压力流量发生器——液压泵、执行机构——液压马达和液压缸、控制机构——各种阀以及管道和辅件等四个部分组成。当液压泵排出的压力流量直接或间接（经控制阀和管道等）送入液压马达或液压缸后，即可分别完成圆周或直线运动，并带动工作机件完成各种动作。

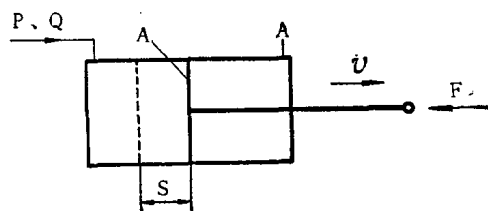


图 0-1

如图 0-1 所示，当液体压力 p 进入液压工作腔后，作用在活塞工作面积 A 上，并通过活塞杆输出力 pA 以克服负载力 F 。若不计一切摩擦损失，则

$$pA = F \quad (0-1)$$

若在该力作用下活塞移动距离 S ，则液压缸输出机械功为 FS 。此时压力液体应进入液压缸的体积 $V = AS$ （不考虑液体泄漏及压缩性）。由于压力液体供给液压缸的液体能量为 pA ，于是可得

$$pV = pAS = FS \quad (0-2)$$

该式表示了能量不灭和液体能量与机械能量通过液压缸的转

换。把 V 和 S 除以时间，可得

$$pQ = Fv \quad (0-3)$$

式中 Q 为输入液压缸压力液体的体积流量； v 为活塞连杆的输出速度。

(0-3) 式以液压功率和机械功率的形式表示了两者参数之间的关系，将其代入 (0-1) 式，则可得

$$Q = Av \quad (0-4)$$

(0-1)、(0-4) 两式决定着液压传动的主要特征，即输出力与压力成正比；输出速度与流量成正比。因此，负载力决定着工作压力；改变流量的大小即可调节负载的速度。

第一章 液 压 泵

液压泵是生产压力流量的元件。它由电动机、内燃机或其它原动机带动，产生压力流量，为液压传动系统提供液压能，推动执行机构工作。

第一节 液压泵的主要参数及分类

一、主要技术参数

排量 液压泵每转一圈所排出液体的容积称为排量，用字母 q 表示，其常用单位为毫升/转。它是液压泵很重要的结构参数和性能参数。可以改变排量的液压泵，称为变量泵；排量固定不变的称为定量泵。

流量 液压泵单位时间内所排出的液体容积称为流量，用字母 Q 表示，其常用单位为公升/分。流量与排量的关系式为

$$Q = q \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ 公升/分} \quad (1-1)$$

式中 n 为液压泵的转速，常用单位为转/分。

液压泵在额定转速和额定压力下的实际流量，称为额定流量。

额定压力 液压泵在额定转速和最大排量下能连续运转的工作压力称为额定压力，用字母 p_n 表示，其常用单位为公斤力/厘米²。

容积效率 液压泵的实际排量 q 与理论排量 q_0 之比值称为容积效率，用字母 η_v 表示，即

$$\eta_v = \frac{q}{q_0} \quad (1-2)$$

上式又可转化为

$$\eta_v = \frac{Q/n}{Q_0/n_0} = \frac{Q}{Q_0} \cdot \frac{n_0}{n} \quad (1-3)$$

式中 Q_0 是液压泵输出压力为(或接近于)零时所排出的流量，也称理论流量； Q 是液压泵输出压力为某一值时所排出的实际流量； n_0 和 n 是与上述两种工作情况相对应的液压泵转速。

若用不可调速的原动机来带动泵，当进行泵的容积效率测试时，由于原动机的转差率，加载时的转速会略有下降，所以必须用(1-3)式进行计算。当然， n 和 n_0 值不能相差太大。而在精确测试时，则必须采用可调速的原动机，以保持不同压力下液压泵的转速恒定，即 $n = n_0$ 。这样，容积效率的公式即为

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_0} \quad (1-4)$$

输出功率和输入功率 输出功率与输入功率分别以字母 N_0 和 N_i 表示，它们的关系式分别是：

$$N_0 = \frac{pQ}{612} \text{ 千瓦} \quad (1-5)$$

$$N_i = \frac{nM}{974} \text{ 千瓦} \quad (1-6)$$

上式中的 p 为液压系的输出工作压力(当泵的进油口压力不等于零时, 应为排油压力与进油压力之差值); M 是液压系的实际输入扭矩, 常用单位为公斤力·米。

总效率 输出功率与输入功率的比值称为总效率, 用字母 η 表示, 即

$$\eta = \frac{N_0}{N_i} \quad (1-7)$$

机械效率与理论扭矩 理论(或建压)扭矩常用字母 M_p 表示, 其关系式为

$$M_p = \frac{q_0}{2\pi} \cdot p \cdot 10^{-2} \quad \text{公斤力} \cdot \text{米} \quad (1-8)$$

机械效率常以字母 η_m 表示, 它是液压系的理论扭矩与实际输入扭矩之比值, 即

$$\eta_m = \frac{M_p}{M} \quad (1-9)$$

上式与(1-2)、(1-7)、(1-8)式进行转换, 即可得

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_v \quad (1-10)$$

即液压系的总效率等于它的容积效率与机械效率之乘积。

式(1-1)与式(1-8)是液压系的两个重要计算公式, 它们把液压系的输入机械特性量 M 、 n , 以及输出液压特性量 p 、 Q 与泵的排量 q 联系起来了。

二、分类

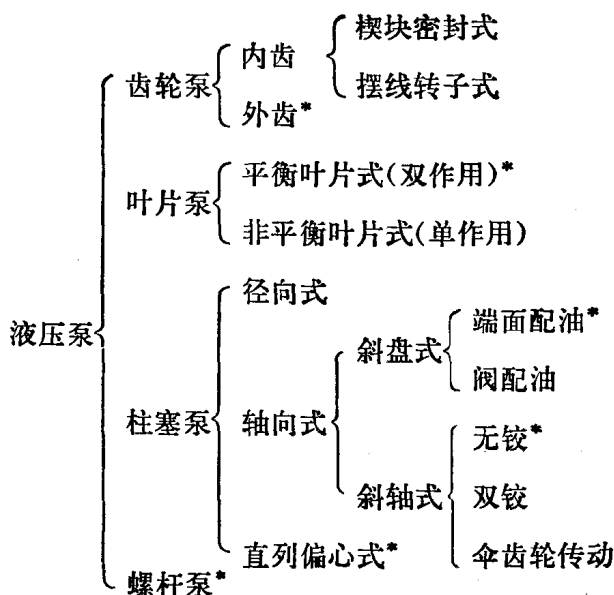
根据构造和工作原理的不同, 液压泵大体可分为以下几类:

表

结 构 型 式		转速(转/分)	在额定转速(1500转/分)时的实际流量(升/分)	正常工作压力 (公斤力/厘米 ²)	排 量 (毫升/转)
外齿轮泵	固定间隙式	800~3000	6.5~280	100	5.3~200
	压力补偿式	800~3000	1.5~24	175	1~16
	压力平衡式	500~3000	6~27	250	4~19
内齿轮泵(压力平衡式)		750~3000	5.4~189	300	3.6~125
双作用叶片泵	无压力补偿	500~3000	2.7~42	100	2.8~40
	带压力补偿	600~1800	4.3~294	175	3~196
单作用叶片泵		1000~1800	12~63	100	8~43
凸轮转子叶片泵		1500~3900	3.3~313	175	4.4~226
螺 杆 泵		3000~5000	2.5~12800	80~175	1.7~8570
轴向柱塞泵	转斜盘式	500~2000	8.6~74	250	6~52
	斜盘式	1500~3000	26~386	320	18~250
	斜轴式	800~2400	14~1230	160~320	9.4~865
径向柱塞泵	回转缸体式	1500~3000	21~328	450	16~220
	固定缸体式	300~2000	1.7~198	50~630	1.2~133
偏心式柱塞泵		1000	0.55~247	200~1200	0.37~16.5

注：本表参数摘自 F. und D. Findeisen: Ölhydraulik Theorie und An

油 温 (°C)	粘度(50°C) (厘斯)	噪 声 (分贝)	总 效 率	重量 (体积)/ 功率	能 否 变 量	适 用 范 围			
						航空	固定 设备	移动 设备	船 舶
-15~+80	16~90	60~80	0.89	稍小	—		+		+
-15~+80	25~90	60~80	0.89	小	—	+	+	+	+
-30~+80	2.8~380	60~64	0.90	小	—	+	+	+	
-15~+70	20~40	62~78	0.93	小	—	+	+	+	+
-10~+70	16~100	60~80	0.80	小	—		+		
-10~+70	16~220	60~75	0.85	小	—	+	+	+	+
-10~+70	16~100	60~80	0.80	中	+		+		
-30~+70	25~60	58~68	0.92	小	—		+	+	+
-10~+70	22~60	60~70	0.75	大	—		+		+
-15~+80	12~75	75~79	0.90	很小到 最小	—		+		+
-25~+80	12~75	70~75	0.89	最小	+	+	+	+	+
-25~+80	12~75	70~75	0.90	中到 很小	+	+	+	+	+
-15~+80	12~100	74	0.90	很小	+		+		+
-10~+70	16~100	61~75	0.90	中到 很小	—		+		+
-15~+80	16~25	75	0.70	大	—		+	+	+



注：有标号*的是常见的品种

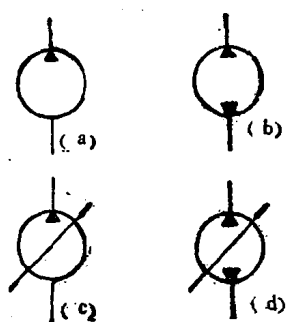


图 1-1

向变量泵。

各类液压泵的性能对比和主要用途见表1-1。

液压泵的基本图形符号见图1-1。图中(a)只有一个黑三角形，其尖头向外，表示单向定量排油，即单向定量泵。图1-1(b)有两个黑三角形，代表双向定量泵。图1-1(c)、(d)多一个45°斜箭头，分别表示单向变量泵和双向变量泵。

第二节 几种常见液压泵的工作原理 和结构特点

一、齿轮泵

齿轮泵是液压泵中结构最简单的一种。其工作原理是在密闭的壳体中装有两个互相啮合的齿轮(主动齿轮和从动齿轮)，见图1-2。在齿轮啮合点两侧各开一口，即进、排油口。当齿轮按图示方向转动时，啮合点逐渐脱开的一侧(即进油腔)容积变大，把油从进油口吸入，然后利用两齿轮的齿谷，把油带到进入啮合点的另一侧(即排油腔)。当油被带到两齿轮对应的两齿啮合后，容积变小，把油压出排油口。

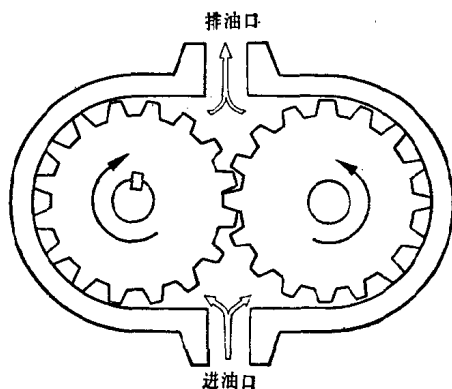


图 1-2

齿轮两侧面和泵体两端面之间有间隙(轴向间隙)，两个齿轮的齿顶圆和泵体的内圆柱面之间也有间隙(径向间隙)，由此而引起的漏油量一般分别为总漏油量的75~80%和20~25%。为了减少轴向间隙的漏油量，在额定压力高于70公斤