

YEYA JISHU GONGREN
SHANGGANG PEIXUN JIAOCHENG

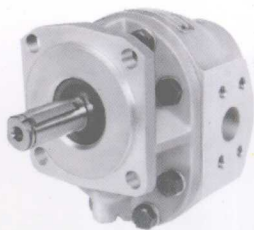
液压技术工人

上岗培训



教程

宋建武 编



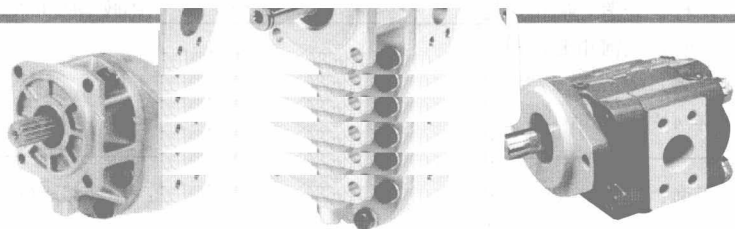
化学工业出版社

YEYA JISHU GONGREN
SHANGGANG PEIXUN JIAOCHENG

液压技术工人 上岗培训

教程

宋建武 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压技术工人上岗培训教程/宋建武编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-122-04663-5

I. 液… II. 宋… III. 液压技术-技术培训-教材
IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 010919 号

责任编辑: 黄 滢

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 王素芹

装帧设计: 刘丽华

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

850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{1}{4}$ 字数 222 千字

2009 年 4 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

液压传动技术由于其独特的优点——重量轻、体积小、结构紧凑、能实现无级调速、便于实现频繁及平稳的换向，因而在现代化机械中使用得越来越多，是机械设备中发展速度最快的技术之一，特别是近年来，随着机电一体化技术的发展，与微电子、计算机技术相结合，液压与气压传动进入了一个新的发展阶段。本书就是为了满足目前企业液压传动技术工人对液压传动技术知识和技能的迫切需求而编写的。

本书主要介绍液压传动技术工人所必须掌握的基本知识和技能，内容包括液压传动技术的基础知识、液压元件及使用维修、液压基本回路、典型液压系统及液压系统的使用维护。本书在编写上紧密联系实际，坚持够用、实用的原则，摒弃“繁难偏旧”的理论知识，简明扼要地阐述工作原理，系统全面地介绍了液压传动技术，充分体现内容的实用性、时代性和拓展性，使读者认识、熟悉、理解，从简单到复杂，从局部到整体，逐步培养读者对液压传动技术的基本理论的掌握与应用，使其具备必需的液压传动技术的基本知识和基本技能，初步具备机床等液压系统的安装调整、使用维护、故障诊断和排除的职业能力，为解决生产实际问题及继续学习打下基础。

本书是从事液压传动技术工人的培训用书，旨在提高初、中级液压技术工人的理论和技能水平，也可作为液压传动技术人员和有关专业人员的工作和学习参考用书。全书由张家口职业技术学院宋建武编写。

限于编者的水平，加之时间仓促，书中不足之处，恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

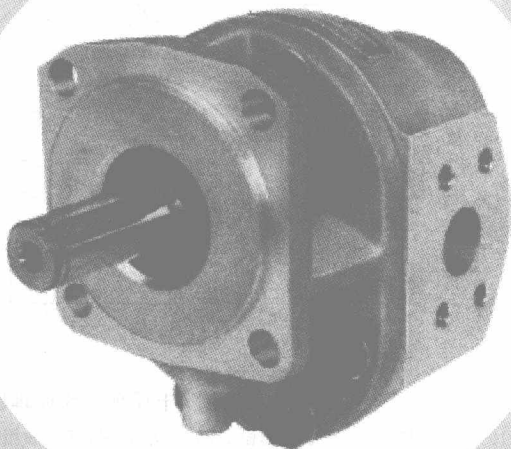
目 录

第 1 章 液压传动概述	1
1.1 认识液压传动系统	2
1.1.1 液压传动的工作原理	2
1.1.2 液压传动系统的组成	3
1.1.3 液压传动系统的图形符号	4
1.2 液压传动的特点及应用	4
1.2.1 液压传动的特点	4
1.2.2 液压传动的应用	6
第 2 章 液压传动基础知识	9
2.1 液压传动的工作介质	10
2.1.1 液压油的主要性质	10
2.1.2 液压传动介质的选用	11
2.1.3 工作介质的污染及控制	11
2.2 液压传动的主要参数	14
2.2.1 压力	14
2.2.2 流量	17
2.3 液压传动中的几个重要概念	18
2.3.1 液压系统的能量损失	18
2.3.2 液体流经小孔和间隙时的流量	20
2.3.3 液压冲击和空穴现象	22
第 3 章 液压元件	25
3.1 液压泵和液压马达	26
3.1.1 液压泵（马达）的工作原理	26
3.1.2 液压泵（马达）的主要性能参数	28
3.1.3 液压泵（马达）的主要类型与结构特点	34

3.1.4	液压泵（马达）的正确选用	59
3.1.5	液压泵和液压马达常见故障及排除	62
3.2	液压缸	64
3.2.1	液压缸的类型、特点和基本参数计算	64
3.2.2	液压缸的典型结构与拆装	72
3.2.3	液压缸常见故障及排除	81
3.3	液压控制阀	82
3.3.1	液压阀的分类、性能参数及基本要求	82
3.3.2	方向控制阀	84
3.3.3	压力控制阀	104
3.3.4	流量控制阀	115
3.3.5	其他液压控制阀简介	121
3.3.6	液压阀的选择与使用	136
3.3.7	液压控制阀常见故障及排除	137
3.4	液压辅助元件	141
3.4.1	管道和管接头	142
3.4.2	密封件	147
3.4.3	过滤器	151
3.4.4	热交换器	159
3.4.5	蓄能器	162
3.4.6	液压油箱	165
3.4.7	压力表和压力表开关	167
第4章	液压基本回路	171
4.1	方向控制回路	172
4.1.1	换向回路	172
4.1.2	闭锁回路	172
4.2	压力控制回路	174
4.2.1	调压回路	174
4.2.2	减压回路	177
4.2.3	增压回路	178
4.2.4	卸荷回路	179

4.2.5	平衡回路	180
4.3	速度控制回路	182
4.3.1	调速回路	182
4.3.2	快速运动回路	189
4.3.3	速度换接回路	191
4.4	多缸动作控制回路	193
4.4.1	顺序回路	193
4.4.2	同步回路	197
第5章	典型液压系统	201
5.1	阅读液压传动系统图的一般步骤	202
5.2	数控机床的液压系统	202
5.2.1	概述	202
5.2.2	数控车床液压系统	203
5.2.3	加工中心液压系统	207
5.3	汽车起重机液压系统	210
5.3.1	概述	210
5.3.2	Q2-8型汽车起重机液压系统工作原理	211
5.3.3	Q2-8型汽车起重机液压系统的特点	216
5.4	液压系统常见故障及排除方法	216
5.4.1	液压系统故障产生的原因	216
5.4.2	液压系统常见的故障分析与排除	216
第6章	液压系统的安装、调试、使用与维护	221
6.1	液压系统的安装	222
6.1.1	流体连接件的安装	222
6.1.2	液压元件的安装	224
6.2	液压系统的调试	226
6.3	液压系统的使用、维护和保养	230
附录	液压技术工人上岗培训测试题	235
	参考文献	252

第1章 液压传动概述



液压传动，是以流体（液压油液）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。

液压传动利用液压泵，将原动机（马达）的机械能转变为液体的压力能，然后利用液压缸（或液压马达）将液体的压力能转变为机械能，以驱动负载，并获得执行机构所需的运动速度。气压传动利用气源装置，将原动机提供的机械能转变为气体的压力能，通过气动执行元件将压缩空气的压力能转变为机械能对外做功。

与机械传动相比，液压传动、气压传动具有许多优点，因此在机械工程中被广泛应用。本章介绍液压与气压传动的工作原理、组成、优缺点及其应用。



1.1 认识液压传动系统

1.1.1 液压传动的工作原理

液压千斤顶是常见的液压传动装置，图 1.1 为其工作原理示意图。图中，大小两个液压缸 2 和 10 内分别装有活塞，活塞可以在

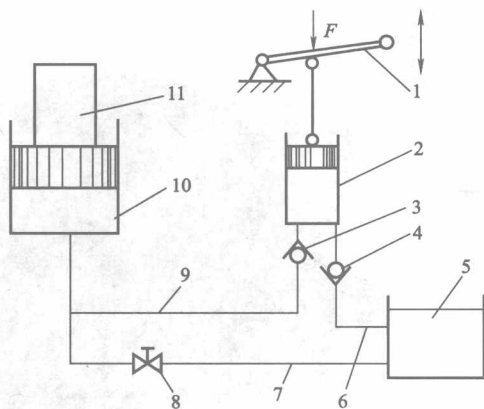


图 1.1 液压千斤顶工作原理图

- 1—杠杆；2—小液压缸；3,4—单向阀；5—油箱；6,7,9—管道；
8—截止阀；10—大液压缸；11—重物

缸内往复移动，且密封可靠。要举升重物 11 时，截止阀 8 应关闭。当向上提起杠杆 1 时，小活塞向上移动，液压缸 2 下腔的密封容积增大，腔内形成一定的真空度，这时排油单向阀 3 关闭，油箱 5 中的油液在大气压力的作用下通过油管 6 推开吸油单向阀 4 进入液压缸 2 的下腔，从而完成了一次吸油过程。接着，压下杠杆 1，小活塞下移，液压缸 2 下腔密封容积减小，油液受到挤压，压力上升，关闭吸油单向阀 4，压力油推开排油单向阀 3 通过油管 9 进入液压缸 10 的下腔，从而推动大活塞克服重物 11 上升而做功。如此反复地提压杠杆 1，就可以将重物逐渐升起，从而达到起重的目的。若杠杆 1 不动，液压缸 10 中的液压力使单向阀 3 关闭，大活塞不动。当需要将大活塞放下时，打开截止阀 8，液压油在重力作用下经截止阀 8 排回油箱 5，大活塞下降到原位。

可见，液压传动系统是依靠液体在密封容积变化的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置从本质上讲就是一种能量转换装置，先将机械能转换为压力能，再将压力能转换为机械能做功。

1.1.2 液压传动系统的组成

液压传动系统主要由以下 5 部分组成。

① 动力元件。主要指各种液压泵或获得压缩空气的装置与设备。它的作用是把原动机的机械能转变成流体的压力能，是液压与气压传动系统的动力源。

② 执行元件。指各种类型的液压或气压缸、马达。其作用是将流体压力能转变成机械能，输出一定的力（或力矩）和速度，用以驱动负载做功。

③ 控制调节元件。主要指各种类型的控制阀，其作用是控制系统中流体的压力、流量和流动方向，从而保证执行元件能驱动负载，并按规定的方向运动，获得规定的运动速度。

④ 辅助元件。指油箱、过滤器、管道、管接头、压力表等。它们对保证系统可靠、稳定、持久地工作，具有重要作用。

⑤ 工作介质。指各种类型的液压油、空气等。

1.1.3 液压传动系统的图形符号

图 1.1 为液压千斤顶的结构原理图。如果按照同样方法描述一个复杂的液压系统是非常困难的。工程上约定，系统中各元件一般采用国家标准规定的图形符号来表示，这些符号只表示元件的职能，不表示元件的结构和参数，通常称为职能符号（图形符号）。

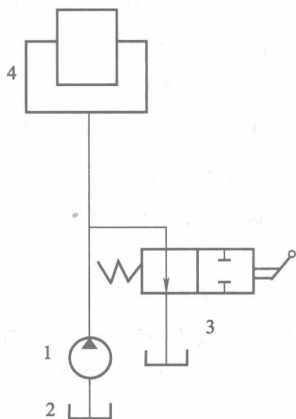


图 1.2 液压千斤顶图形符号

1—液泵；2—油箱；3—换向阀；4—柱塞液压缸

我国国家标准 GB/T 786.1—1993 规定了液压传动图形符号。

按照这一标准绘制图 1.1 所示液压千斤顶的工作原理图如图 1.2 所示。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了，且便于绘图。

图形符号作为一种通用的约定，只有完全按照国家标准绘制，才能保证液压或气压传动系统原理图的正确性。国家标准对于这些图形符号有以下几条基本规定。

① 符号只表示元件的职能，连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，也不表示元件在机器中的实际安装位置。

② 元件符号内的流体流动方向用箭头表示，线段两端都有箭头的，表示流动方向可逆。

③ 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示，当系统的动作另有说明时，可作例外。



1.2 液压传动的特点及应用

1.2.1 液压传动的特点

(1) 液压传动的优点

液压传动与机械传动、电力传动和气压传动相比，主要具有下

列优点。

① 便于实现无级调速，调速范围比较大，可达 $(100:1) \sim (2000:1)$ 。

② 在同等功率的情况下，液压传动装置的体积小、质量小、惯性小、结构紧凑（如液压马达的质量只有同功率电机质量的 $10\% \sim 20\%$ ），而且能传递较大的力或转矩。

③ 工作平稳、反应快、冲击小，能频繁启动和换向。液压传动装置的换向频率，回转运动每分钟可达 500 次，往复直线运动每分钟可达 400~1000 次。

④ 控制、调节比较简单，操纵比较方便、省力，易于实现自动化，与电气控制配合使用能实现复杂的顺序动作和远程控制。

⑤ 易于实现过载保护，系统超负载，油液经溢流阀流回油箱。由于采用油液作工作介质，能自行润滑，所以寿命长。

⑥ 易于实现系列化、标准化、通用化，易于设计、制造和推广使用。

⑦ 易于实现回转、直线运动，且元件排列布置灵活。

⑧ 在液压传动系统中，功率损失所产生的热量可由流动着的油带走，故可避免机械本体产生过度温升。

(2) 液压传动的缺点

① 液体为工作介质，易泄漏，且具有可压缩性，故难以保证严格的传动比。

② 液压传动中有较多的能量损失（摩擦损失、压力损失、泄漏损失），传动效率低，所以不宜作远距离传动。

③ 液压传动对油温和负载变化敏感，不宜于在很低或很高温度下工作，对污染很敏感。

④ 液压传动需要有单独的能源（例如液压泵站），液压能不能像电能那样从远处传来。

⑤ 液压元件制造精度高，造价高，需组织专业化生产。

⑥ 液压传动装置出现故障时不易查找原因，不易迅速排除。

总之，液压传动优点较多，其缺点正随着科学技术的发展逐步

加以克服，因此，液压传动在现代工业中有着广阔的发展前景。

1.2.2 液压传动的应用

液压传动由于优点很多，所以在国民经济各部门中都得到了广泛的应用，但各部门应用液压传动的出发点不同。工程机械、压力机械采用液压传动的原因是结构简单、输出力大。航空工业采用的原因是质量小、体积小。

机床中采用液压传动的主要原因是可实现无级变速，易于实现自动化，能实现换向频繁的往复运动。为此，液压传动常用在机床的下列一些装置中。

(1) 进给运动传动装置

液压传动在机床的进给运动中应用最为广泛。如磨床的工作台、砂轮架，普通车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架，钻床、铣床、刨床的工作台或主轴箱，组合机床的动力头和滑台等。这些部件有的要求快速移动，有的则要求慢速移动（ $2\text{mm}/\text{min}$ ）。这些部件的运动多半要求有较大的调速范围，要求在工作中无级调速；有的要求持续进给，有的要求间歇进给；有的要求在负载变化下速度仍然能保持恒定；有的要求有良好的换向性能；所有这些采用液压传动是非常合适的。

(2) 往复主运动传动装置

龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕都可以采用液压传动来实现其所需的高速往复运动，前者的运动速度可达 $60\sim 90\text{m}/\text{min}$ ，后者可达 $30\sim 50\text{m}/\text{min}$ 。与机械传动相比，采用液压传动，可减少换向冲击，降低能量消耗，缩短换向时间。

(3) 回转主运动传动装置

机床主轴可采用液压传动来实现无级变速的回转主运动，但这一应用目前尚不普遍。

(4) 仿形装置

车床、铣床、刨床的仿形加工可采用液压伺服系统来实现，精度可达 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 。此外，磨床上的成形砂轮修正装置和标准丝杆校正装置也可采用这种系统。

(5) 辅助装置

机床上的夹紧装置、变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置、垂直移动部件的平衡装置、分度装置、工件和刀具的装卸、输送、储存装置等，都可以采用液压传动来实现，这样做有利于简化机床结构，提高机床的自动化程度。

(6) 步进传动装置

数控机床上工作台的直线或回转步进运动，可根据电气信号迅速而准确地由电液伺服系统来实现。开环系统定位精度较低 ($<0.01\text{mm}$)，成本也低；闭环系统定位精度和成本都较高。

(7) 静压支承

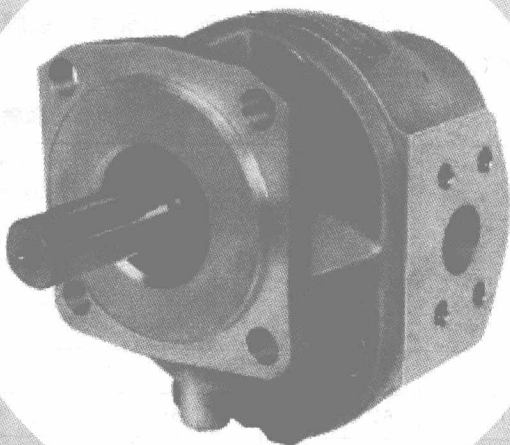
重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨和丝杠螺母机构，如果采用液压系统来作静压支撑，可得到很高的工作平稳性和运动精度，这是近年来的一项新技术。

液压传动在机械行业的应用见表 1.1。

表 1.1 液压传动在机械行业中的应用

行业名称	应用场合举例
机床工业	磨床、铣床、刨床、拉床、压力机、自动机床、组合机床、数控机床、加工中心等
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、液压千斤顶、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉控制系统、轧钢机控制系统等
轻工机械	化工机械、打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、胶片冷却机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

第2章 液压传动基础知识



液压传动以液体作为工作介质来传递能量和运动。因此,了解液体的主要物理性质,掌握液体平衡和运动的规律等主要力学特性,对于正确理解液压传动原理、液压元件的工作原理,以及合理设计、调整、使用和维护液压系统都是十分重要的。



2.1 液压传动的工作介质

在液压系统中,使用的工作介质有石油基液压油、难燃型液压油、高水基液和水介质(海水、淡水)等,一般称为液压油。液压油的基本性质和合理选用对液压系统的工作状态影响很大。

2.1.1 液压油的主要性质

(1) 黏性

液体分子之间存在内聚力,液体在外力作用下流动时,液体分子间的相对运动导致内摩擦力的产生,液体流动时具有内摩擦力的性质称为黏性。

液体黏性的大小用黏度来表示,黏度是液压油划分牌号的依据。例如 N32 液压油,是指这种油在 40℃ 温度时的运动黏度平均值为 32mm²/s。

表 2.1 是常用液压油的新、旧黏度等级牌号的对照,旧标准是以 50℃ 的黏度值作为液压油的黏度值。

表 2.1 常用液压油的牌号和黏度

ISO 3448—92 黏度等级	40℃时运动黏度 /(mm ² /s)	现牌号 (GB/T 3141—94)	过渡牌号 (1983年~1990年)	旧牌号 (1982年以前)
ISO VG15	13.5~16.5	15	N15	10
ISO VG22	19.8~24.2	22	N22	15
ISO VG32	28.8~35.2	32	N32	20
ISO VG46	41.4~50.6	46	N46	30
ISO VG68	61.2~74.8	68	N68	40
ISO VG100	90~110	100	N100	60