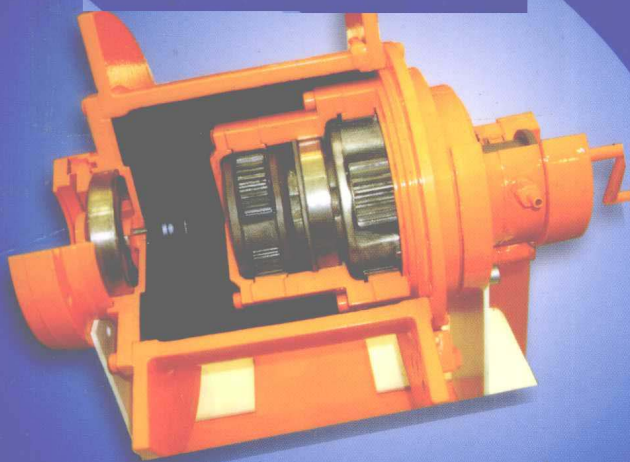


张应龙 主编



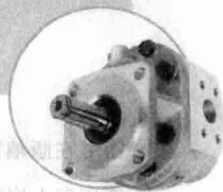
液压工 上岗速成

YEYAGONG



化学工业出版社

张应龙 主编



液压工 上岗速成

YEYAGONG
SHANGGANG SUCHENG



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

液压工上岗速成 / 张应龙主编. — 北京: 化学工业出版社,
2010. 1

ISBN 978-7-122-06920-7

I. 液… II. 张… III. 液压传动-基本知识 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 192558 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 高 震

责任校对: 洪雅姝

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 307 千字 2010 年 5 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

进入 21 世纪，液压技术已渗透到国民经济的各个领域、各个行业，并已发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术，液压工也作为一个新兴的职业工种进入人们的视野。随着我国液压技术的迅猛发展，许多企业单位中已大量出现单独从事液压设备操作和维修的技术工人，并已开始用“液压工”来专门管理从事液压设备操作和维修的技术工人。

本书以一名液压工所必须掌握的液压知识为主线，讲述液压传动的基本理论和液压工的基本技能，主要包括以下内容：识图读图基本知识和技能，各种元件包括液压泵、液压马达、液压缸、液压控制阀和液压辅助元件的原理、结构、日常维护、故障分析及排除，方向控制回路、压力控制回路、速度控制回路、多执行元件控制回路等各种液压回路的组成、工作原理和故障维修，常用液压油的基本知识和污染控制，典型设备的液压系统及日常维护，液压系统的常见故障及维修等。

本书由张应龙担任主编和统稿工作，于刚工程师、徐华伟工程师、张松生高级技师、杨建新技师参加了有关章节的编写工作。在本书的编写过程中，江苏大学陆一心教授、葛福才高级工程师给予了精心的指导和热情的帮助，提出了许多宝贵的意见，全书由江苏大学陆一心教授担任主审，在此谨向他们表示衷心感谢。

本书可供具有初中以上文化程度、从事和即将从事液压机械操作和维修的技术工人阅读，也可作为工矿企业液

压传动与控制相关技术和管理人员的参考用书。

由于编者水平所限，书中恐有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目录

第 1 章 液压工基本知识

1

- 1.1 液压工的职业范围与技能要求 1
- 1.2 液压系统与液压系统图 2
- 1.3 液压系统的工作原理和组成 4
- 1.4 液压系统的基本参数 6
- 1.5 液压系统的优缺点 6

第 2 章 液压元件的工作原理和结构

9

- 2.1 液压泵 9
 - 2.1.1 液压泵的基本工作原理 9
 - 2.1.2 液压泵的分类 10
 - 2.1.3 齿轮泵 11
 - 2.1.4 叶片泵 13
 - 2.1.5 柱塞泵 15
- 2.2 液压马达 20
 - 2.2.1 高速液压马达 21
 - 2.2.2 低速液压马达 23
- 2.3 液压缸 27
 - 2.3.1 单作用液压缸 27
 - 2.3.2 双作用液压缸 28
 - 2.3.3 组合液压缸 32
- 2.4 液压控制阀 34
 - 2.4.1 液压控制阀的分类 34
 - 2.4.2 方向控制阀 35
 - 2.4.3 压力控制阀 44

2.4.4	压力继电器	51
2.4.5	流量控制阀	52
2.4.6	插装阀	55
2.4.7	叠加阀	59
2.4.8	电液比例阀	60
2.4.9	电液伺服阀	66
2.4.10	电液数字阀	74
2.4.11	其他专用液压阀	78
2.5	液压辅助元件	83
2.5.1	油箱	83
2.5.2	过滤器	85
2.5.3	蓄能器	90
2.5.4	热交换器	92
2.5.5	管件及管接头	94
2.5.6	密封装置	97
2.5.7	压力表及压力表开关	102

第 3 章 各种液压回路的组成和工作原理

104

3.1	方向控制回路	104
3.1.1	换向回路	104
3.1.2	锁紧回路	107
3.1.3	制动回路	110
3.2	压力控制回路	112
3.2.1	调压回路	112
3.2.2	减压回路	113
3.2.3	增压回路	115
3.2.4	卸荷回路	116
3.2.5	保压回路	119
3.2.6	平衡回路	120
3.3	速度控制回路	121
3.3.1	节流调速回路	122
3.3.2	容积调速回路	126
3.3.3	容积节流调速回路	131

3.3.4	快速运动回路	132
3.3.5	速度换接回路	135
3.4	多执行元件控制回路	137
3.4.1	顺序动作回路	137
3.4.2	同步回路	139
3.4.3	多执行元件互不干扰回路	142
3.4.4	多缸卸荷回路	143
3.5	其他回路	144
3.5.1	缓冲制动回路	144
3.5.2	浮动回路	144

第 4 章 液压系统图的识读

146

4.1	液压系统图的识读方法和步骤	146
4.1.1	液压系统图的识读方法	146
4.1.2	液压系统图的识读步骤	147
4.2	液压系统的分类和特点	148
4.2.1	液压传动系统的分类和特点	148
4.2.2	液压控制系统的分类和特点	150
4.3	各种液压职能符号的绘制规划	151
4.3.1	符号要素和功能要素	151
4.3.2	控制机构符号的绘制规划	154
4.3.3	旋转式能量转换元件的标注规则与符号 示例	156
4.4	各种液压元件的职能符号	158
4.4.1	机械控制装置和控制方法	158
4.4.2	液压泵和液压马达职能符号的识读	161
4.4.3	压力控制阀的职能符号	163
4.4.4	方向控制阀的职能符号	165
4.4.5	流量控制阀的职能符号	169
4.4.6	油箱的职能符号	171
4.4.7	流体调节器的职能符号	171
4.4.8	检测器、指示器的职能符号	172
4.4.9	其他辅助元器件的职能符号	173
4.4.10	管路、管路接口和接头的职能符号	174
4.4.11	蓄能器的职能符号	174

4.5 各种典型设备的液压系统	175
4.5.1 金属切削机床的液压系统	175
4.5.2 液压机的液压系统	189
4.5.3 塑料机械的液压系统	198
4.5.4 工程机械和汽车的液压系统	207

第 5 章 液压油与故障

218

5.1 液压油的选用	218
5.1.1 液压介质的种类	218
5.1.2 液压系统对工作介质的要求	219
5.1.3 黏度的选用原则	220
5.1.4 液压油性能不良带来的故障	221
5.1.5 液压油选用不当带来的故障	222
5.2 液压油液的污染及其控制	223
5.2.1 污染的原因	223
5.2.2 污染度的等级	223
5.2.3 油污染的测定方法	227
5.2.4 换油与补油	233
5.2.5 液压油的净化与再生	235
5.2.6 液压油污染产生的故障	238

第 6 章 液压系统的维护和常见故障维修

241

6.1 液压系统的维护	241
6.1.1 日常及定期检查项目和内容	241
6.1.2 注意事项	243
6.2 液压系统故障诊断	245
6.2.1 液压系统故障产生的特征	246
6.2.2 液压系统故障诊断步骤和方法	247
6.3 液压元件的故障分析及排除	251
6.3.1 液压泵	251
6.3.2 液压缸	256
6.3.3 液压马达	261
6.3.4 液压阀	261
6.3.5 液压辅助元件的故障分析	274
6.4 液压基本回路的故障维修	278

6.4.1	压力控制回路	278
6.4.2	速度调节回路	284
6.4.3	方向控制回路	297
6.4.4	同步回路	306
6.4.5	多缸顺序动作回路	307
6.4.6	其他回路	307
6.5	液压设备常见故障的维修	308
6.5.1	泄漏	308
6.5.2	振动和噪声	312
6.5.3	系统温升	314
6.5.4	系统压力失常, 压力上不去	318
6.5.5	气穴	319
6.5.6	爬行	322
6.5.7	液压冲击	329
6.5.8	液压卡紧	334
6.5.9	炮鸣	335
参考文献		340

第1章

液压工基本知识

液压技术是根据 17 世纪英国科学家帕斯卡提出的液体静压力传动原理而发展起来的一门技术, 1795 年英国约瑟夫·布拉曼(Joseph Braman, 1749—1814), 在伦敦用水作为工作介质, 以水压机的形式将其应用于工业上, 诞生了世界上第一台水压机。1905 年将工作介质水改为油, 自此以油为介质的液压技术不断获得新的突破和发展。

进入 21 世纪, 液压技术已渗透到国民经济的各个领域, 不断在机床、工程机械、冶金机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶等行业得到大幅度应用和发展, 而且发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。现今, 采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动技术。

我国经过 30 多年的改革开放, 目前已能为汽车、工程机械、农业机械、机床、塑机、冶金矿山、发电设备、石油化工、铁路、船舶、港口、轻工、电子、医药以及国防工业提供门类齐全的液压设备。

1.1 液压工的职业范围与技能要求

截止 2008 年, 虽然我国劳动和社会保障部门还没有将液压工作设为一个单独的工种列入国家职业标准, 但在我国企业中很早就已出现单独从事液压设备操作和维修的技术工人。这几年来, 随着我国液压技术的迅猛发展, 许多企业单位已

开始用“液压工”来称呼专门从事液压设备操作和维修的技术工人。

根据所从事的液压工作的特点,可将液压工分为液压操作工和液压维修工两大类。作为一名液压操作工,不仅要了解液压传动的工作原理熟悉,还要了解各种液压元件的结构、液压系统的组成、所操纵设备的性能、液压设备基本的维护知识,并能熟练地操纵设备。而作为一名液压维修工,在上述基础之上,还要进一步掌握各企业拥有设备所涉及的各种液压元件、系统的故障诊断技术,故障维修技术和维修技能等。

1.2 液压系统与液压系统图

液压系统是利用液压泵将原动机的机械能转换为液体的压力能,通过液体压力能的变化来传递能量,经过各种控制阀和管路的传递,借助于液压执行元件(缸或马达)把液体压力能转换为机械能,从而驱动工作机构,实现直线往复运动或回转运动。液压系统一般用液压系统图来表示。

在液压传动和控制技术中,一般用标准职能符号或半结构式符号将各个液压元件及它们之间的连接与控制方式画在图纸上,这就是液压系统图。

图 1-1 所示的液压系统图是一种半结构式的机床工作台液压系统工作原理图。图 1-2 所示为同一个液压系统用液压职能符号绘制成的工作原理图。

液压系统及其组成的元件可采用装配结构图、结构原理示意图和职能符号等三种图示方法。

(1) 装配结构图

这种表示方法能准确地表达出系统和元件的结构形状、几何尺寸和装配关系。但是,绘制复杂,不能直观地表示出各元件在传动系统中的功能作用。它主要用于施工设计、制造、安装和拆卸及维修等场合,而在分析系统性能时不宜采用。

(2) 结构原理示意图

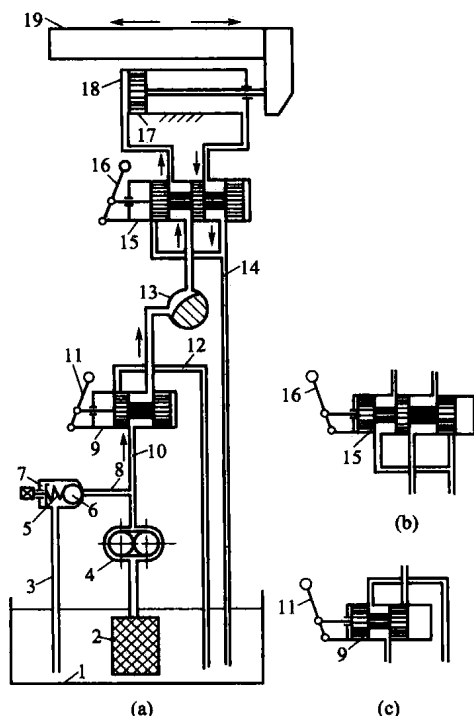


图 1-1 半结构式机床工作台液压系统的工作原理图

1—油箱；2—滤油器；3,12,14—回油管；4—液压泵；5—弹簧；6—钢球；
7—溢流阀；8—压力支管；9—开停阀；10—压力管；11—开停手柄；13—节流阀；
15—换向阀；16—换向手柄；17—活塞；18—液压缸；19—工作台

这种表示方法近似实物的剖面图，如图 1-1 所示。该种表示方法可以直观地表示出各液压元件的工作原理。但绘制仍然比较复杂，尤其是在负载动作要求多而复杂的情况下，绘制系统原理示意图比较困难。该种表示方法不能直接地反映各元件的职能作用，对于系统性能的分析也过于复杂。

(3) 职能符号图

这种表示方法将系统中各液压元件都用职能符号来表示，如图 1-2 所示（该图为图 1-1 的职能符号图）。职能符号图能直观地反映

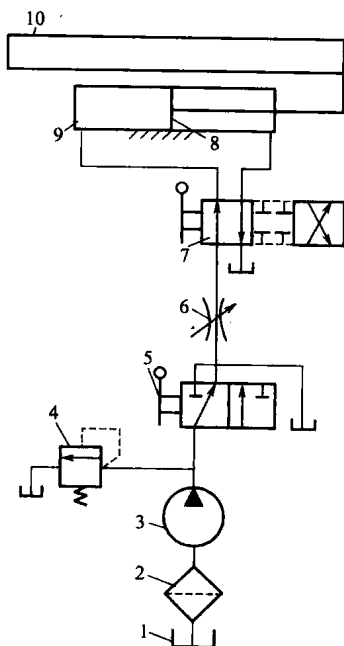


图 1-2 机床工作台液压系统的职能符号

- 1—油箱；2—滤油器；3—液压泵；4—溢流阀；5—开停阀；6—节流阀；
7—换向阀；8—活塞；9—液压缸；10—工作台

出各液压元件的功能作用，绘制相当方便。对于了解和掌握液压系统工作原理和分析判断系统性能和故障，职能符号图起到重要作用。但是，这种表示方法反映不出各元件的结构和参数，也反映不出系统管路和元件的具体位置。我国制定的常用液压系统图职能符号可查阅相关资料。

我国制定的液压系统图职能符号中规定，职能符号都以静止位置或零位置表示，另有说明除外。

1.3 液压系统的工作原理和组成

(1) 液压系统的工作原理

以液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。

如图 1-3 所示,手柄 1 带动活塞上提,泵缸 2 容积扩大形成真空,排油单向阀 3 关闭,油箱 5 中的液体在大气压力作用下,经管 6、吸油单向阀 4 进入泵缸 2 内;手柄 1 带动活塞下压,吸油单向阀 4 关闭,泵缸 2 中的液体推开排油单向阀 3、经管 9、10 进入液压缸 11,迫使活塞克服重物 12 的重力上升而做功;当需液压缸 11 的

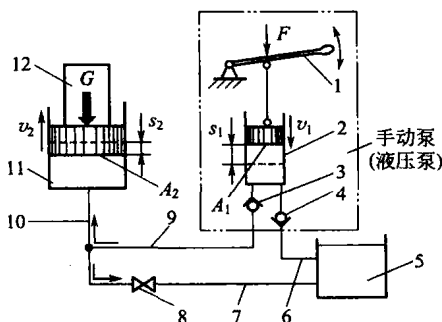


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

- 1—手柄; 2—泵缸; 3—排油单向阀;
4—吸油单向阀; 5—油箱; 6, 7, 9, 10—管;
8—截止阀; 11—液压缸; 12—重物

活塞停止时,使手柄 1 停止运动,液压缸 11 中的液压力使排油单向阀 3 关闭,液压缸 11 的活塞就自锁不动;工作时截止阀 8 关闭,当需要液压缸 11 的活塞放下时,打开此阀,液体在重力作用下经此阀排往油箱 5。

(2) 液压系统的组成

分析液压千斤顶的原理图,一个完整的液压系统由五个部分组成,即动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和液压油:

① 动力元件 把机械能转换成液压能的装置,由泵和泵的其他附件组成,最常见的是液压泵,它给液压系统提供压力油。液压泵的结构形式一般有齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。

② 执行元件 把液压能转换成机械能带动工作机构做功的装置。它可以是做直线运动的液压缸,也可以是做回转运动的液压马达。

③ 控制元件 对液压系统中油液压力、流量、运动方向进行控制的装置,主要是指各种阀。根据控制功能的不同,液压阀可分为压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀。压力控制阀又分为溢流阀(安全阀)、减压阀、顺序阀等;流量控制阀包括节流阀、调整阀、分流集流阀等;方向控制阀包括单向阀、液控单向阀、换向阀

等。根据控制方式不同,液压阀可分为开关式控制阀、定值控制阀和比例控制阀。

④ 辅助元件 由各种液压附件组成,包括油箱、滤油器、油管及管接头、密封圈、压力表、油位油温计等。

⑤ 工作介质 液压系统中用量最大的工作介质是液压油,有各种矿物油、乳化液和合成型液压油等几大类。

1.4 液压系统的基本参数

液压传动以液体(液压油或水)为工作介质,以液体的压力的变化来实现动力的传递,以密封的工作容积变化来实现运动的传递。在液压系统中工作压力决定于负载的大小,而执行装置的运动速度取决于输入执行装置的流量。

压力和流量是液压系统中最基本的两个参数。

(1) 压力 压力 p 的单位是 N/m^2 , 或称为 Pa 。

$$1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$$

(2) 流量 流量 q 的单位是 m^3/s , 工程上常用 L/min 。

(3) 功率 功率 P 的单位是 W 和 kW 。

1.5 液压系统的优缺点

(1) 液压传动系统的优点

与机械传动和电气传动比较,液压传动有以下优点。

① 功率质量比大 在同等功率下,液压装置的体积小,质量轻,即功率密度大。如液压马达的体积约为同等功率电动机的12%,质量约为同等功率电动机的12%~20%。

② 工作平稳 由于体积小、重量轻、惯性小,因而启动、制动迅速,变速、换向快速而无冲击,液压装置运动平稳。

③ 无级调速 能在运行过程中进行无级调速,调速方便,调速范围大(可达2000:1)。

④ 自动控制 与电气、电子或气动控制相配合,对液体压力、

流量和方向进行调节或控制，易于实现系统的远程操纵和自动控制。

⑤ 过载保护 可以方便地用压力阀控制系统的压力，从而防止过载，避免事故发生。

⑥ 元件寿命长 液压系统中使用的介质大都为矿物油，它对液压元件产生润滑作用，因而元件寿命较长。

⑦ 标准化、系列化和通用化 液压元件标准化、系列化和通用化程度较高，有利于缩短液压系统的设计、制造周期，并可降低制造成本。

(2) 液压传动系统的缺点

液压传动有以下缺点。

① 易出现泄漏。液压系统的油压较高，液压油容易通过密封或间隙产生泄漏，引起液压介质消耗，并引起环境污染。

② 传动效率低 液压传动在能量传递过程中，常存在较多的能量损失（压力损失和流量损失等），使传动效率较低。

③ 传动比不准确 由于传动介质的可压缩性、泄漏和管路弹性变形等因素影响，液压系统不能严格保证定比传动。

④ 对温度敏感 油液的黏度随温度而变，黏度变化引起流量、泄漏量和阻力的变化，容易引起工作机构运动不稳定。

⑤ 制造成本高 为了减少泄漏，液压元件的制造精度要求较高，从而提高了制造成本。

(3) 液压系统的三大顽疾

① 发热 由于传力介质（液压油）在流动过程中存在各部位流速不同，导致液体内部存在一定的内摩擦，同时液体和管路内壁之间也存在摩擦，这些都是导致液压油温度升高的原因。温度升高将导致内外泄漏增大，降低其机械效率。同时由于较高的温度，液压油会发生膨胀，导致压缩性增大，使控制动作无法很好传递。

解决办法：发热是液压系统的固有特征，无法根除只能尽量减轻。使用质量好的液压油、液压管路的布置中应尽量避免弯头的出现、使用高质量的管路以及管接头、液压阀等。

② 振动 液压系统的振动也是其痼疾之一。由于液压油在管