零点起步

技术工人维修技能速成丛书

液压维修速成图解

潘旺林 主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社



需要全本请访问 www.ertongbook.com

液压维修速成图解

潘旺林　主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压维修速成图解/潘旺林主编. —南京:江苏科学技术出版社,2010.4
(技工维修速成图解系列丛书)
ISBN 978-7-5345-7238-8

Ⅰ.①液… Ⅱ.①潘… Ⅲ.①液压系统—维修—图解
Ⅳ.①TH137-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 047680 号

液压维修速成图解

主　　编	潘旺林　　**责任编辑**　汪立亮
特约编辑	崔　俊　　**责任校对**　冯　青
责任监制	张瑞云
出版发行	江苏科学技术出版社(南京市湖南路 1 号 A 楼,邮编:210009)
网　　址	http://www.pspress.cn
集团地址	凤凰出版传媒集团(南京市湖南路 1 号 A 楼,邮编:210009)
集团网址	凤凰出版传媒网 http://www.ppm.cn
经　　销	江苏省新华发行集团有限公司
照　　排	南京展望文化发展有限公司
印　　刷	扬中市印刷有限公司
开　　本	787mm×1 092 mm　1/32
印　　张	11.375　　**字　　数**　330 000
版　　次	2010 年 4 月第 1 版
印　　次	2010 年 4 月第 1 次印刷
标准书号	ISBN 978-7-5345-7238-8
定　　价	25.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

Foreword 前 言

随着国民经济的快速发展，液压技术以其独特的优点在经济建设的各个领域都得到了广泛的应用，而液压设备的可靠运行就显得更为突出和重要了。

实践经验表明，液压系统发生故障，除了设计、制造等原因外，主要是使用、维护、管理等方面因素的影响。而液压系统的故障又具有隐蔽性、多样性、不确定性和复杂性等特点，不易诊断及处理。液压系统一旦发生故障，不仅会影响生产，带来环境污染，甚至会危及人身安全。所以，对于液压系统使用维护人员乃至液压系统的设计人员，液压系统的故障诊断与维修知识是不可缺少的。

有感于现在液压方面的图书大都以介绍液压传动的原理为主，适应层次较高，为了便于一线技术人员加强液压系统的维修管理经验，编者以自身多年液压科研的实践经验，参考了较多资料编写成这本《液压维修速成图解》。本书系统地介绍了液压系统的安装、调试、使用、维修及故障诊断和排除等方面的基本知识和相关经验，内容包括液压

维修基础知识、液压元件结构与维修、液压系统使用与维修，以及液压系统故障诊断与排除。

本书在编写过程中得到上海机床研究所、上海第二工业大学、南京理工大学、韩国机床设备销售服务中心、合肥通达工程机械维修有限公司、上海邺丰液压设备有限公司的大力支持和帮助，并得到众多专家的指导和鼎力相助；同时，参考了大量的企业内训资料和图书出版资料，谨此表示衷心的感谢和崇高敬意！

因编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目　　录

第一章　液压维修基础知识 …… 1
第一节　液压传动基础知识 …… 1
一、液压传动的基本原理 …… 1
二、液压工作介质的特性与分类 …… 7
第二节　液压识图基础知识 …… 14
一、常用元件的符号 …… 15
二、方向阀接口及其位置 …… 24
三、阀门控制方式 …… 26
四、控制流程图的绘制 …… 27
五、液压回路的编号 …… 29
六、液压回路的绘制 …… 31
第二章　液压泵 …… 34
第一节　概述 …… 34
一、液压泵的工作原理 …… 34
二、液压泵的分类 …… 35
三、液压泵的主要性能参数 …… 36
第二节　齿轮泵 …… 36
一、外啮合齿轮泵 …… 37
二、内啮合齿轮泵 …… 43
第三节　叶片泵 …… 44
一、单作用叶片泵 …… 44
二、变量叶片泵 …… 46
三、双作用叶片泵 …… 48

第四节　柱塞泵 …… 51
一、斜盘式轴向柱塞泵 …… 51
二、斜轴式轴向柱塞泵 …… 57
三、径向柱塞式液压泵 …… 59
第五节　液压泵的使用与维修 …… 61
一、齿轮泵的使用与维修 …… 61
二、叶片泵的使用与维修 …… 66
三、柱塞泵的使用与维修 …… 69
四、液压泵常见故障及排除 …… 73
第三章　液压执行元件 …… 77
第一节　液压马达 …… 77
一、液压马达的分类及特点 …… 77
二、液压马达的主要工作参数 …… 78
三、叶片式液压马达 …… 80
四、轴向柱塞式液压马达 …… 81
第二节　液压缸 …… 83
一、液压缸的类型和特点 …… 83
二、各种液压缸的原理及应用 …… 84
三、液压缸的典型结构和组成 …… 91
第三节　液压执行元件的使用与维修 …… 93
一、液压马达的使用与维修 …… 93
二、液压缸的使用与维修 …… 102
第四章　液压控制阀 …… 121
第一节　概述 …… 121
一、液压控制阀的分类 …… 121
二、对液压控制阀的基本要求 …… 122
三、液压控制阀的基本参数 …… 123
第二节　方向控制阀 …… 123
一、单向阀 …… 123
二、换向阀 …… 126

第三节　流量控制阀 …… 137
一、普通节流阀 …… 137
二、调速阀 …… 138
三、其他形式的流量阀 …… 140
第四节　压力控制阀 …… 142
一、溢流阀 …… 142
二、减压阀 …… 146
三、顺序阀 …… 148
四、压力继电器 …… 149
第五节　液压控制阀的使用与维修 …… 150
一、单向阀的使用与维修 …… 150
二、换向阀的使用与维修 …… 154
三、溢流阀的使用与维修 …… 157
四、减压阀的使用与维修 …… 160
五、顺序阀的使用与维修 …… 162
第五章　液压辅助元件 …… 164
第一节　密封及密封元件 …… 164
一、密封 …… 164
二、密封元件 …… 165
第二节　油管和管接头 …… 173
一、油管 …… 173
二、管接头 …… 176
第三节　过滤器 …… 182
一、过滤器的分类 …… 182
二、过滤器的结构 …… 183
三、过滤器在液压系统中的安装位置 …… 185
第四节　蓄能器 …… 186
一、蓄能器的用途 …… 186
二、蓄能器工作原理 …… 187
三、蓄能器的分类及特点 …… 187

第五节　油箱及冷却器 …… 189
一、油箱 …… 189
二、冷却器 …… 190
第六节　液压辅助元件的使用与维修 …… 191
一、密封件的使用与维修 …… 191
二、油管及管接头的施工与检修 …… 209
三、过滤器的使用与维修 …… 223
四、蓄能器的使用与维修 …… 228
五、油箱的使用与维修 …… 232
六、冷却器的使用与维修 …… 233
第六章　液压系统的使用与维护 …… 240
第一节　液压系统的安装与调试 …… 240
一、液压系统的清洗 …… 240
二、液压系统的安装 …… 243
三、液压系统的调试 …… 253
四、液压系统的保养 …… 255
第二节　液压系统的检测 …… 262
一、液压系统压力的检测 …… 263
二、液压系统流量的检测 …… 274
三、液压系统温度的检测 …… 278
四、液压系统噪声的检测 …… 285
五、液压系统污染的检测 …… 287
第三节　液压系统的使用与维护 …… 290
一、液压系统使用注意事项 …… 290
二、液压设备的维护保养 …… 291
第七章　液压系统故障诊断与排除 …… 292
第一节　液压系统故障诊断概论 …… 292
一、液压系统故障分类 …… 292
二、液压系统故障诊断的步骤 …… 293
三、查找故障的几种方法 …… 296

四、液压系统故障诊断的策略与技巧 …… 310
五、液压系统故障诊断技术的现状与发展趋势 …… 315
第二节　液压系统常见故障的分析与排除 …… 320
一、液压系统的泄漏 …… 320
二、液压系统的压力失常,压力上不去或下不来 …… 321
三、速度慢,欠速 …… 322
四、振动和噪声大 …… 323
五、爬行 …… 329
六、液压系统温升发热严重 …… 332
七、系统进气产生的故障和发生气穴 …… 339
八、水分进入系统产生的故障和内部锈蚀 …… 345
九、炮鸣 …… 346
十、液压冲击 …… 349
十一、液压卡紧和其他卡阀现象 …… 352

第一章

液压维修基础知识

第一节　液压传动基础知识

一、液压传动的基本原理

1. 液压传动的工作原理

如图 1－1 所示是一种驱动工作台的液压传动系统，它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下：液压泵由电动机驱动后，从油箱中吸油，油液经滤油器进入液压泵，在如图 1－1(a)所示状态下，油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压，通过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸左腔，推动活塞使工作台向右移动。这时，液压缸右腔的油液经换向阀和回油管 6 排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成如图 1－1(b)所示状态，则泵输出的油液将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔推动活塞使工作台向左移动，并使液压缸左腔的油液经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时，进入液压缸的油量增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，进入液压缸的油量减小，工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力即负载，液压缸必须产生一个足够大的推力，这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力越高；反之，压力就越低。这种现象说明了液压传动的一个基本原理——压力取决于负载。

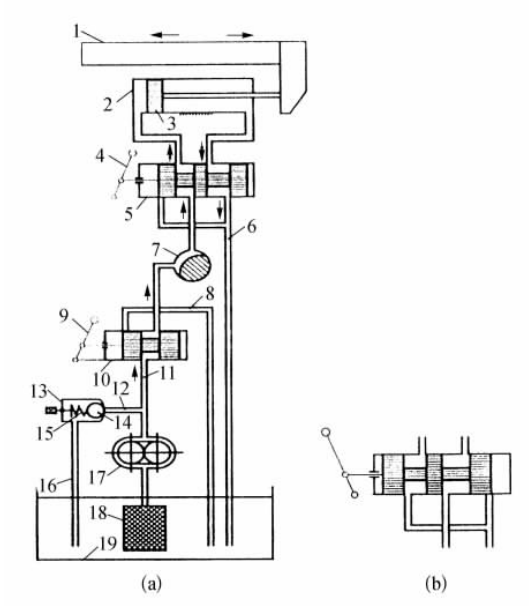


图 1－1　机床工作台液压系统工作原理图

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

从上面这个简单的例子中可以总结如下：

① 液压传动是以液体作为工作介质来传递动力的。

② 液压传动用液体的压力能来传递动力，它与利用液体动能的液力传动是不相同的。

③ 液压传动中的工作介质是在受控制、受调节的状态下进行工作的，因此液压传动和液压控制常常难以截然分开。

④ 液压传动必须满足它所驱动的运动部件在力和速度方面提出的要求。

2．液压传动的基本组成

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出，一个完整的、能够正常

工作的液压系统，应该由以下 5 个主要部分组成。

(1) 能源装置(动力元件)

能源装置是一种供给液压系统压力油，把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵，其作用是供给液压系统压力油。

(2) 执行装置(执行元件)

执行装置是一种把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其形式有做直线运动的液压缸，有做回转运动的液压马达，也有做往复摆动的摆动马达(摆动缸)，它们又称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置(控制元件)

控制调节装置是一种对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀和开停阀等元件，这些元件的不同组合形成了不同功能的液压系统。

(4) 辅助装置(辅助元件)

除上述 3 部分之外的其他装置，例如油箱、滤油器和油管等，它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质

传递能量的流体，即液压油等。

3. 液压系统的分类

液压系统从工作特征来分，可以分为传动系统和控制系统两大类。

(1) 传动系统

以传递动力(功率)为主，以传递信息为辅。在液压技术中称为液压传动系统。

(2) 控制系统

以传递信息为主，以传递动力为辅。在液压技术中称为液压控制系统。

应该指出，传动系统和控制系统在具体结构上往往是合在一起的。随着科学技术的迅猛发展，对现代机器设备的要求愈来愈高，往往传递动力和控制指标都很重要。例如兵器、航空航天设备、数控机械加工设备等，其做功所需的功率依靠流体系统，看起来是传动系统，但对控制要求也很高，又类似控制系统，因此很难说这样的系统是传动系统或是控制系统。所以，上述分类方法不

是绝对的。

从系统是否采用反馈装置，还可进一步将系统划分为开环系统和闭环系统两类。

（1）开环系统

开环系统是不用反馈装置的系统，如图 1－2 所示，其输出特性完全取决于单个元件的特性及元件在系统中的组合情况。当外界对系统有扰动时，执行元件的输出量一般就要偏离原有调定值而产生一定的误差。由于开环系统的抗扰动能力较差，控制的质量受工作条件（如油温、负载等）变化的影响很大，故系统输出量的精度较低，严重时甚至无法达到既定的目标。

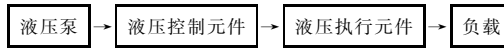


图 1－2　开环系统

（2）闭环系统

闭环系统是采用反馈装置的系统，如图 1－3 所示。反馈装置对输出的状态取样，产生一个与该输出成比例的反馈信号，并将它与输入信号相比较，如果反馈信号与输入信号之间有差别，就自动纠正输出，使它与输入的要求相符合。由于闭环系统具有较强的抗扰动能力，控制质量受工作条件变化的影响较小，可以用一般元件组成较精确的控制系统，并且系统输出量的精度较高。

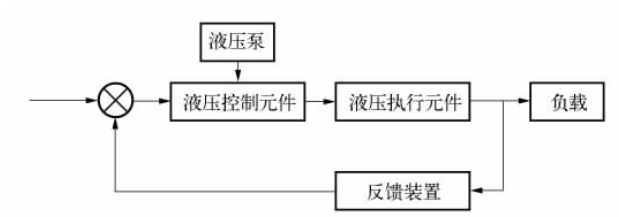


图 1－3　闭环系统

按液压系统中油液的循环方式可分为开式系统和闭式系统两类。

(1) 开式系统

如图 1-4 所示，泵自油箱吸油，其排出的油液供给液压缸或液压马达，驱动它们做功，而液压缸或液压马达的回油流回油箱，此即为开式系统。

开式系统的结构简单。油箱是开式系统中工作介质的贮存场所，故油液可在油箱中很好地散热冷却、逸出空气及沉淀杂质，但这需有较大容积的油箱。开式系统是依靠操纵换向阀来使执行机构换向的，故换向时(如图 1-4 中的换向阀左位移至中位时)，具有正遮盖结构的换向阀会使液压传动系统产生压力冲击；同时，由于外负载的惯性会使液压马达继续旋转而呈泵的工况，继续将油从 A 边输送到 B 边，而换向阀的中位已将液压马达的进出油路封死，故 B 边的油压将迅速高于 A 边。当外负载的惯性较大时，B 边将产生压力冲击，故必须在 A、B 边间设置双向溢流阀(作制动阀)，以限制 B 管(或 A 管)内的制动油压力，消除油压冲击。由此可知，开式系统中的液压马达或液压缸在制动及换向过程中，外负载的惯性运动能量不能回收，而是消耗在油液经制动阀的节流发热中(能耗制动)。此外，在重力下降系统中，当出现外负载对系统做功的工况时，液压马达呈泵工况，为防止外负载超速下降，必须在回油管上设置能产生背压的液压元件，但这将引起能耗并使油液发热(能耗限速)。

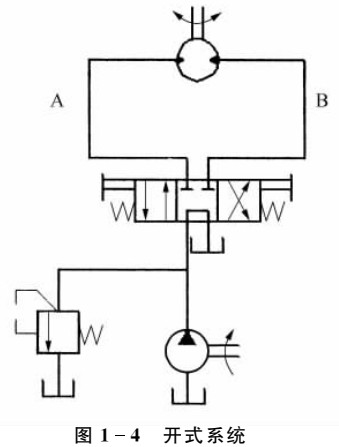


图 1-4　开式系统

(2) 闭式系统

如图 1-5 所示，泵 a 的进出油口与液压马达 b 的进出口分别用管道连接，形成一闭合回路。操纵泵 a 的变量机构以改变液流的方向，即可使液压马达换向。阀 1～5 共同组成双向安全阀，以防止 A、B 管内的油压超过阀 3 的调定值。为补充系统的泄漏，还需设置一个较小的辅助泵 c，其工作压力由溢流阀 6 调定，应比液压马达 b 所需背压略高。而泵 c 的流量应略高于系统的泄漏量。由泵 c 排出的油经滤油器、单向阀 1 或 2

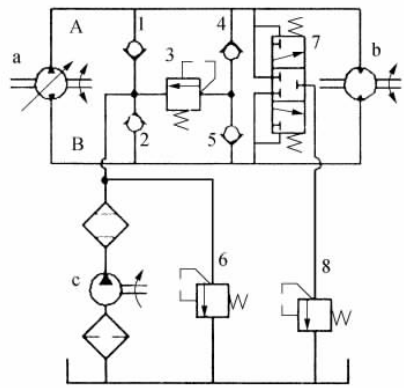


图 1－5　闭式系统

（它们兼作补油阀）再补充到系统的低压边；多余的油液经阀 6 溢流回油箱。

由上面的分析可知，闭式系统的结构较为复杂。闭式系统中一个油源一般只能为一个液压执行机构供油，并采用双向变量泵调速和换向。此外，由于油液基本上都在闭合回路内循环，与油箱交换的油量仅为系统的泄漏量，故油液温升较快，但所需油箱容积小，结构紧凑。由于液压马达 b 的回油是直接流入泵 a 吸入口，故具有背压的回油能帮助电动机拖动泵 a，并使泵 a 呈压力供油状态，降低了对泵 a 的自吸性的要求。而开式系统中具有背压的回油是不能起到这些积极作用的，而是把这部分可以利用的能量白白地损耗在背压阀的节流发热中。

闭式系统的制动过程是通过操纵泵 a 的变量机构，使其排量逐步变为零来实现的。在此过程中，外负载的惯性力变成了主动力，力图拖动液压马达 b 以原速运动而呈泵工况，将油液输给泵 a，使泵 a 呈液压马达工况，泵 a 带动电动机加速旋转而发电，输给电网中的其他负载。这样，外负载的惯性运动能通过马达 b 变成油压能，使马达 b 的回油边（例如为 B 边）的油压力升高，其最大值由阀 3 限定，从而防止 B 边产生压力冲击，并使马达 b 逐渐减速、制动。同时，B 边的油压能则通过泵 a 带动电动机变成电能，从而实现制动过程中的能量回收（再生制动）。在外负载的惯性较大、换向很频繁时，这种再生能量是很可观的。

在重力下降机构中，当出现外负载对系统做功的工况时，液压执行机构呈液压泵工况，泵 a 则呈马达工况，拖动电动机发电，输给电网中的其他负载，从而防止外负载的超速下降（再生限速）。但当液压泵由内燃机拖动时，则不能实现再生制动及再生限速。

综上所述，开式系统适用于功率较小的机构、内燃机驱动机构（如铲

车、高空作业车、液压汽车式起重机及挖掘机等)以及固定式机械上。而闭式系统则适用于液压泵由电动机驱动的下述机构:外负载惯性较大且换向频繁的机构(如一些起重机的旋转、运行机构及龙门刨床、拉床和精密平面磨床的工作台等),重力下降机构(如不平衡类型的起升、动臂摆动机构等),外负载惯性较大的重力下降机构(如平衡类型起重机的变幅机构等)。另外,闭式系统也适用于要求结构特别紧凑的移动式机械上(如液压汽车、拖拉机及矿车等运行机构),在万吨轮的舵机、可调螺距螺旋桨等的泵控马达、泵控液压缸的系统中也常用闭式系统。

二、液压工作介质的特性与分类

在液压系统中,液压油液是传递动力和信号的工作介质。同时,它还起到润滑、冷却和防锈的作用,液压系统能否有效、可靠地运行,在很大程度上取决于系统中所用的液压油液的性能。所以,在掌握液压系统之前,必须对液压油液有个清晰的了解。

1. 对液压工作介质的主要要求

① 黏度合适,随温度的变化小。工作介质的黏度太大,系统的压力损失大,效率降低,而且泵的吸油状况恶化,容易产生空穴和气蚀作用,使泵运转困难。黏度太小,则系统泄漏太多,容积损失增加,系统效率亦低,并使系统的刚性变差。此外,季节改变,以及机器在启动前后和正常运转的过程中,工作介质的温度会发生变化,因此,为了使液压系统能够正常和稳定地工作,要求工作介质的黏度随温度的变化要小。

② 润滑性良好。工作介质对液压系统中的各运动部件起润滑作用,以降低摩擦和减少摩擦,保证系统能够长时间正常工作。近年来,液压系统和元件正朝高性能化方向发展,许多摩擦部件处于边界润滑状态,所以,要求液压工作介质具有良好的润滑性。

③ 抗氧化。工作介质与空气接触会产生氧化变质,高温、高压和某些物质,如铜、锌、铝等会加速氧化过程。氧化后介质的酸值增加,腐蚀性增强,而且氧化生成的黏稠物会堵塞元件的孔、隙,影响系统的正常工作,因此,要求工作介质具有良好的抗氧化性。

④ 剪切安定性好。工作介质在经过泵、阀和微孔元器件时,要经受剧烈的剪切。这种机械作用会使介质产生两种形式的黏度变化,即在高剪切速度下的暂时性黏度损失和聚合型增黏剂分子破坏后造成的永久性