

JICHUANG YEYA XITONG JI
GUZHANG WEIXIU

机床液压系统 及 故障维修

凌智勇 编著



化学工业出版社

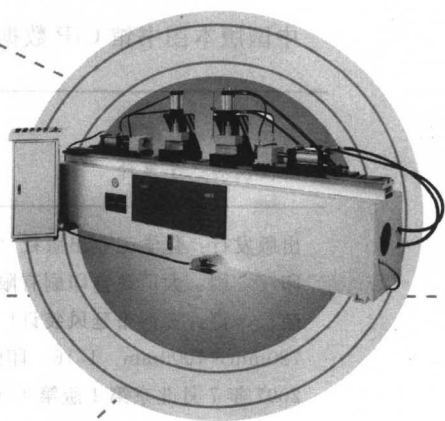
JICHUANG YEY

GUZH

机床液压系统 及 故障维修

凌智勇 (ID) 目與圖文并例

凌智勇 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书简要介绍了基本液压元件的结构和工作原理、基本液压回路的工作原理,重点分析各种典型机床液压系统的工作原理,介绍如何进行液压系统的安装与调试,常用液压元件的故障特征、故障预兆、故障现象及故障排除,以及如何对液压系统及元件进行保养与维护等内容。

本书可供液压系统应用企业的工程技术人员和维修人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床液压系统及故障维修/凌智勇编著. —北京:化学工业出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-122-00593-9

I. 机… II. 凌… III. ①机床-液压传动系统-理论
②机床-液压传动系统-故障修复 IV. TG502.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081737 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 王素芹

装帧设计: 韩 飞

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 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 206 千字

2007 年 7 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

由于液压传动具有结构紧凑、传动平稳、输出功率大和易于实现无级调速等优点,已广泛地应用于各种机械设备中。在机床设备中,液压系统已成为其重要的组成部分之一,它与机床的主机部分和电气设备密切相关。一般液压系统部分的价值占整个机床的5%~30%,虽然液压系统的故障仅占整个机床故障的14%左右,但由于液压传动往往用于转动和直线运动,是机床的主要部分,即使是小故障也会影响到整个机床的正常工作。所以机床液压系统是否可靠运行,对于机床的正常使用是非常重要的。

由于液压传动系统的特殊性,在系统出现故障时往往难以判断故障的原因,这就给设计、调试、维护和维修带来一定困难。为了判断故障原因进而排除故障,需要了解液压元件的结构和工作原理以及液压系统的工作原理,了解液压系统在整个机床设备中的作用,从故障现象入手,逐一分析,逐个排除,最终找出故障原因并加以排除。另外,液压系统的安装与调试、平时对液压系统的保养与维护等都对减少系统出现故障起着积极的作用。

本书简要介绍了基本液压元件的结构和工作原理、基本液压回路的工作原理,重点分析各种典型机床液压系统的工作原理,介绍如何进行液压系统的安装与调试,常用液压元件的故障特征、故障预兆、故障现象及故障排除,以及如何对液压系统及元件进行保养与维护等内容。本书可供从事液压设备的使用和维修人员阅读参考。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第1章 液压传动基本知识	1
1.1 液压油	1
1.1.1 液压油的种类	1
1.1.2 液压油的特性	1
1.1.3 液压油的功能	3
1.1.4 对液压油的要求	3
1.1.5 液压油的选用	4
1.1.6 液压油的污染控制	5
1.1.7 液压油的试验与判断	5
1.2 液压传动系统的特征	7
1.2.1 液压传动系统的组成	7
1.2.2 液压传动系统的基本特征	7
1.2.3 液压传动系统的特点	8
1.3 液压传动系统的基础元件	9
1.3.1 液压泵	9
1.3.2 液压缸	12
1.3.3 控制阀	13
1.4 机床典型液压基本回路	21
1.4.1 方向控制回路	21
1.4.2 压力控制回路	22
1.4.3 速度控制回路	25
1.4.4 多执行元件控制回路	30
1.5 液压传动系统的图形符号	32

1.6	液压传动系统图的阅读	36
1.7	液压系统的通用技术条件	37
1.7.1	一般要求	37
1.7.2	液压泵、液压马达和液压缸	39
1.7.3	控制阀	39
1.7.4	液压油 (液压液)	40
1.7.5	辅助元件和装置	40
1.7.6	控制机构	43
第2章	机床液压系统分析	45
2.1	机床典型液压系统分析	45
2.1.1	万能外圆磨床液压系统	45
2.1.2	平面磨床液压系统	52
2.1.3	液压牛头刨床液压系统	57
2.1.4	液压龙门刨床液压系统	61
2.1.5	半自动转塔车床液压系统	64
2.1.6	组合机床液压系统分析	76
2.1.7	双面铣床液压系统	80
2.1.8	数控机床液压系统	83
2.1.9	加工中心液压系统	87
2.1.10	液压机液压系统	94
2.2	加工自动线液压系统分析	99
2.2.1	输送带传动液压系统	99
2.2.2	机械手液压系统	101
2.2.3	转位装置液压系统	105
2.2.4	倒屑装置液压系统	108
2.3	机床辅助设备液压系统分析	111
2.3.1	清洗机液压系统	111
2.3.2	装配机液压系统	116
2.3.3	气密试验机液压系统	118
2.3.4	测量机液压系统	121
2.3.5	静压支承液压系统	123
第3章	液压系统的安装与调试	126
3.1	概述	126

3.1.1	液压系统安装调试的主要工作	126
3.1.2	安装的准备工作	126
3.1.3	安装调试的组织管理工作	127
3.2	液压系统的安装	128
3.2.1	液压管路的安装	128
3.2.2	液压元件的安装	130
3.3	液压系统的清洗	132
3.3.1	液压系统清洗应达到的清洁度	132
3.3.2	常用清洗方法	133
3.3.3	第一次清洗	134
3.3.4	第二次清洗	135
3.4	液压系统的调试	137
3.4.1	液压系统的试验	137
3.4.2	液压系统调试的主要内容	137
3.4.3	调试前的准备	138
3.4.4	运转调试及步骤	139
第4章	机床液压系统故障分析	142
4.1	机床液压系统故障特征	142
4.1.1	液压系统故障的特征	143
4.1.2	诊断故障的步骤	143
4.1.3	故障诊断方法	144
4.1.4	查定故障部位的方法	145
4.1.5	建立故障档案	146
4.2	机床液压系统故障预兆	146
4.2.1	振动与噪声	146
4.2.2	液压冲击	148
4.2.3	气穴与汽蚀	149
4.2.4	爬行	151
4.2.5	液压卡紧	153
4.2.6	液压系统升温	155
4.2.7	液压系统泄漏	156
4.3	常见液压元件故障诊断与排除	158
4.3.1	液压泵的常见故障	158

4.3.2	液压马达的主要故障	159
4.3.3	液压缸的常见故障	160
4.3.4	液压阀的常见故障	161
4.4	机床液压系统故障诊断与排除	166
4.4.1	故障参数与检测仪器	167
4.4.2	分析排除液压系统故障步骤	168
4.4.3	液压系统的常见故障与排除方法	169
第5章	机床液压系统的保养与维护	178
5.1	机床液压系统的保养与维护	178
5.1.1	机床液压系统的使用维护要求	178
5.1.2	机床液压系统的维护、保养规程	179
5.1.3	系统的维护与检查	179
5.2	主要液压元件的维护	183
5.2.1	液压泵或液压马达的维修	183
5.2.2	液压缸的维修	185
5.2.3	液压阀的维修	186
5.2.4	液压元件修理测试项目与内容	186
5.3	其他关键液压辅件的使用与维护	187
5.3.1	滤油器的使用与维护	187
5.3.2	蓄能器的使用与维护	189
5.4	液压油的使用与维护	190
5.4.1	液压系统对液压油的要求	190
5.4.2	液压油的污染控制	191
5.4.3	液压油的选用与更换	195
5.5	机床液压系统管路的维护	198
5.5.1	管道的选择	198
5.5.2	管道的检查	198
5.5.3	管路的连接	199
5.5.4	软管连接与维修	203
5.6	密封件的维护	205
5.6.1	常用密封材料	205
5.6.2	密封不良的原因与后果	206
5.6.3	常用密封件的安装与使用要求	207

5.6.4 密封件的使用寿命与保管	210
5.7 液压油箱的维护	211
5.7.1 油箱的设计要求	211
5.7.2 油箱的安装要求	212
5.7.3 油箱的使用要求	213
参考文献	214

表 1-2 各种液压油的压缩性

油的种类	体积减少率/%	
	$\leq 7\text{MPa}$	$\leq 70\text{MPa}$
水	0.34	3.3
W/O 乳化液	0.35	3.5
水+乙醇系液压油	0.26	2.6
石油系液压油	0.35	3.4
磷酸酯系液压油	0.25	2.5

响不大，仅在高压和研究系统动态特性时才需考虑，所以在一般机床液压传动系统中可不考虑油的可压缩性。

(2) 黏性

即液压油流动时其内部分子间的内摩擦力，黏性使油液流动时产生能量损失。

黏性是液压油的一种物理特性，其大小用黏度衡量，黏度分为动力黏度、运动黏度和相对黏度三种。油液的牌号即根据运动黏度确定，即 40°C 时运动黏度的平均值。如 N46 机械油， 40°C 时其运动黏度的平均值为 $46\text{mm}^2/\text{s}$ 。

油液黏度对温度的变化比较敏感，温度升高，黏度减小，黏度与温度间的关系称为黏-温特性，如图 1-1 所示。

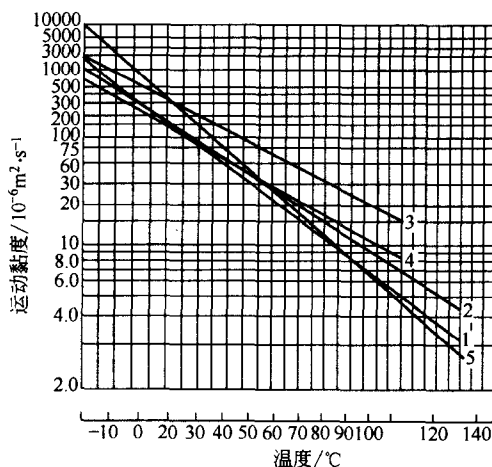


图 1-1 黏度和温度间的关系

- 1—石油型普通液压油；2—石油型高黏度指数液液压油；3—水包油乳化液；
4—水-乙醇液；5—磷酸酯液

(3) 液压油对密封材料的影响

液压油对密封材料具有一定的影响，其对不同密封材料的影响如表 1-3 所示。

表 1-3 液压油对密封材料的影响

密封材料	石油系液压油		磷酸酯	脂肪 酸酯	水+乙二醇 液压油	W/O 乳化液
	低苯胺点	高苯胺点				
丙烯酸酯橡胶	◎	◎	◎		×	×
丁二烯橡胶	×	×	×		◎	×
苯乙烯-丁二烯橡胶	×	×	×	×	◎	×
丁腈橡胶	◎	◎	×	◎	◎	◎
丁基橡胶	×	×	◎	×	◎	×
乙丙橡胶	×	×	◎	×	◎	×
氟化橡胶	◎	◎	◎	◎	◎	◎
异戊二烯橡胶	×	×	×	×	◎	×
硅橡胶	△	◎	△	◎	◎	○
氟化硅橡胶	◎	◎	×	○	◎	○
硫化橡胶	△	◎			◎	
氨基甲酸乙酯	○	◎	×	○	×	×
氯磺化聚乙烯	×	○	×	×	◎	×
氯丁橡胶	×	◎	×		◎	○
腈皮	◎	◎	×		×	×
软木	◎	◎	×		×	×

注：◎—易溶；○—比较易溶；×—不溶；△—一般。

1.1.3 液压油的功能

液压油是液压系统中用来传递能量的液体工作介质，它主要有以下功能。

- ① 传动 把由液压泵所赋予的能量传递给执行元件。
- ② 润滑 润滑液压元件的运动件。
- ③ 密封 在不能用密封圈进行密封处，由机械密封和液压油的黏度进行密封。
- ④ 冷却 吸收并带出液压系统所产生的热量。
- ⑤ 防锈 防止液压元件各种金属材料的锈蚀。

1.1.4 对液压油的要求

液压油应对系统的结构、工作程序及工作环境等充分发挥液压装置

的机能。液压油必须与液压装置完全适应，液压装置性能的提高，必然也要求液压油的品质提高。油液的品质取决于基油及所用的添加剂，它们任何性能的恶化，或添加剂组合的平衡被破坏，就不能造出具有良好品质的液压油来。因此，基油、添加剂的选择及组合很重要。对液压油的要求如表 1-4 所示。

表 1-4 对液压油的要求

项 目	要 求 性 能
压缩性	压缩性尽可能小,响应性好
黏性	温度及压力对黏度的影响小,具有低温流动性,剪切安定性好
润滑性	对元件的滑动部位能充分润滑,能防止异常磨损和卡咬等现象的发生
安定性	不因热、氧化或水解而生成腐蚀性物质,沉渣生成量小,寿命长
防锈性耐腐蚀性	对铁及非铁金属的防锈性及耐腐蚀性良好
脱气性消泡性	油液中裹携的气泡及液面上的泡沫少,且容易消除
破乳化性	除含水液压液外的油液,油水分离容易
消净性	尽可能不包含污染物,当污染物从外部进入时,要能迅速分离,使之来不及作用于液压元件而产生不良影响
相容性	不能引起密封件、橡胶软管、涂料等变质
防火性	燃点高,挥发性小,最好具有不燃性
毒性	不得有毒性和异味,应无公害,且容易排水处理
其他	长期保存和紫外线照射不引起析出物沉淀 针对不同用途,具有橡胶-金属及金属-金属之间的防爬行性 难燃性

1.1.5 液压油的选用

液压油的选择主要是品种和黏度的选择，一般先根据液压系统的工作环境和条件选择合适的液压油品种，然后再确定液压油的牌号。确定液压油的牌号，即选择液压油的黏度等级，液压油的黏度对液压系统的性能具有显著的影响。液压油的黏度主要根据液压系统的工作压力、环境温度及运动速度等进行选择。

(1) 工作压力

对于工作压力较高的液压系统宜选用黏度较大的液压油，以减小泄漏；反之，可选用黏度较小的液压油。

(2) 环境温度

环境温度较高时宜选用黏度较大的液压油，工作时液压油的黏度将会

有所降低；反之宜选择黏度较小的液压油。

(3) 运动速度

当执行元件的运动速度较高时，为了减小液流的摩擦损失，宜选用黏度较小的液压油。

1.1.6 液压油的污染控制

液压油被污染常造成液压系统的故障，因此，控制油液的污染是十分重要的。

液压油的污染指液压油中含有水分、空气、微小固体颗粒及胶状生成物等杂质。液压油被污染后，可能会使液压泵运转困难、阀类元件动作失灵、加速零件磨损、损伤密封件、泄漏增加、系统出现振动、爬行等现象。

液压油被污染，主要是由于液压元件在加工、运输、安装和维修过程中带入而未清洗干净的残留物、液压系统周围环境侵入系统的污染物以及液压系统工作过程中产生的金属微粒、密封材料的磨损颗粒、油液变质后生成的胶状物等所引起。因此控制液压油的污染需要做到：严格清洗元件和系统；防止污染物从外界侵入；采用高性能的过滤器；控制工作介质的温度；保持系统所有部位良好的密封；定期检查并更换工作介质，形成制度。

1.1.7 液压油的试验与判断

从实用角度出发，希望能在现场采用简单、经济、有效的方法对液压油进行检查，以判断其好坏。为延长液压油的使用寿命和确保液压元器件的正常工作，液压油在使用过程中一定要保持清洁。

(1) 外观检查

由于液压油的颜色各异，仅靠颜色来推测其质量和性能比较困难。但在选用新油时，可与试验油作比较，按其变化的大小来确定变化的原因。如含水率和浑浊度的判断，可采用图 1-2 所示的方法进行（图中水分百分数为质量分数）。

(2) 黏度试验

在玻璃管（或透明塑料管）中放入适中的钢球，以钢球落下速度的快慢来判断黏度的高低，落下速度慢，其黏度就高，如图 1-3 所示。

(3) 异物测定试验

用滤纸过滤污染的油液，通过目测或放大镜下观察过滤的异物，基本

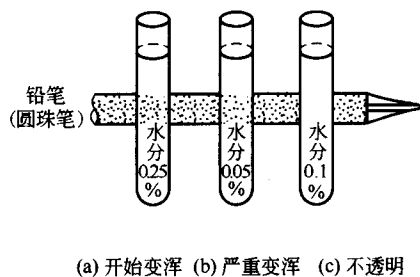


图 1-2 含水率与浑浊度判断

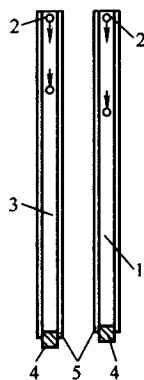


图 1-3 油液黏度简易判断方法

1—新油；2—钢球；3—试验油；
4—塞子；5—玻璃管

可掌握异物的性质、大小及数量。一般目测异物直径范围在 0.1mm，25 倍放大镜识别范围为 0.003mm，由此可确定异物侵入的途径及造成的危害等，以便采取必要的解决措施。

(4) 加热试验

将试验油液装入试管内加热，排除空气使之沸腾，再继续加热，若产生“叭喇叭喇”的声音就表明油中含有水分；或者用湿布卷在加热试管外壁，当试管内壁有水蒸气时也可判断油中含有水分。

(5) 油温测定

应尽量采用温度计进行测量，如果一时采用温度计测量确有困难，也可用手触摸靠感觉来进行判断，如表 1-5 所示。

表 1-5 用手触摸金属表面时感觉温度

温度 $t/^\circ\text{C}$	用手触摸时的感觉	
30	稍微凉	比体温低
40	稍微温和	略感超过体温
45	暖和	用手触摸有温暖感
50	稍微热	触摸一段时间手掌会发红
55	热	手可触摸 5~10s 的时间
60	热	手可触摸 3~4s 的时间
65	非常热	手可触摸 2~3s 的时间,用手掌长时间触摸会烫伤
70	非常热	用手指约摸 3s
75	特别热	用手指仅可触摸 1.5~2s

1.2 液压传动系统的特征

1.2.1 液压传动系统的组成

机床液压传动系统主要由以下几部分组成。

(1) 动力元件

动力元件主要包括各种液压泵，它将机械能转换为液压能，为液压系统提供具有一定压力和流量的液压油。

(2) 执行元件

执行元件主要包括各种液压马达和液压缸，它将液压能转换为机械能，以驱动工作部件。

(3) 调节控制元件

调节控制元件包括各种液压阀，对液压系统中油液的压力、流量和流动方向进行调节和控制，从而控制执行元件输出力（力矩）的大小、速度（转速）的快慢和运动（旋转）方向，以保证执行元件完成预期的工作。

(4) 辅助元件

辅助元件包括除上述各种元件以外的液压元件，如油箱、管道、管接头、滤油器、热交换器等，其作用是设置必要的条件，以保证液压系统正常地工作。

1.2.2 液压传动系统的基本特征

(1) 压力取决于外负载

液压传动系统中油液的压力由外界负载作用而形成，如图 1-4 所示，压力的大小与外界负载大小及作用面积有关，即

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

式中 p ——油液压力，Pa；

F ——外负载，N；

A ——负载作用面积， m^2 。

由式（1-1）可见，油液压力的大小将随外负载的变化而变化，这是液压传动中的一个重要的基本概念。

(2) 容积变化相等

由于在液压传动系统中可认为液压油是不可压缩的，因此，在液压传

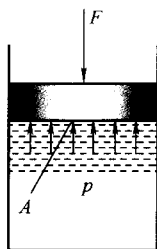


图 1-4 压力的形成

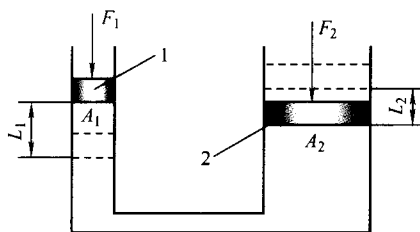


图 1-5 运动的传递

动系统中运动的传递遵循“容积变化相等”的原则。

如图 1-5 所示，在活塞 1 和活塞 2 上分别作用力 F_1 和 F_2 ，活塞面积分别为 A_1 和 A_2 ，位移分别为 L_1 和 L_2 。由于液体不可压缩，所以活塞 1 下行扫过的容积等于活塞 2 上行扫过容积，即：

$$A_1 L_1 = A_2 L_2 \quad (1-2)$$

将该式两端同除以时间 t ，经整理得：

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{Q_1}{A_2} \quad (1-3)$$

此式为运动速度传递的基本方程。

在机床液压传动系统中使用的动力元件和执行元件（各种液压泵、液压马达和液压缸）都是容积式的，它们依靠密封容积大小的变化进行工作。液压泵输出的流量等于进入执行元件的流量与经各种阀流回油箱的流量之和，即液体体积的变化相等。

1.2.3 液压传动系统的特点

(1) 液压传动系统的主要优点

① 单位功率重量轻。在同等功率下，液压装置的体积小、重量轻、功率密度大、结构紧凑。

② 快速性好。由于重量轻、惯性小、反应快，故液压装置易于实现快速启动、制动和频繁换向等。

③ 可实现无级调速。液压传动系统的调速范围大，可高达 2000 倍，而且还可在运行过程中进行调速。

④ 易于实现自动化、省力化和远距离控制。

⑤ 易于实现过载保护，一般在系统中设置安全阀即可。