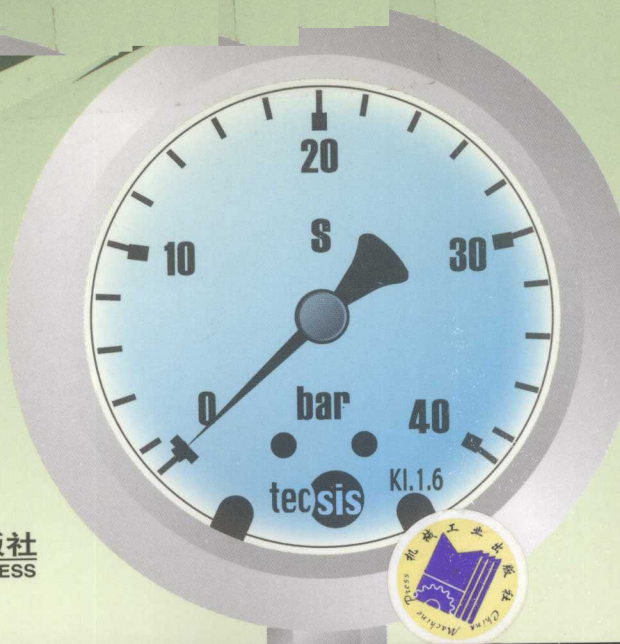


液压工必备手册

宋锦春 主编
赵周礼 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



液压工必备手册

主 编 宋锦春

副主编 张志伟 陈建文



机械工业出版社

本书针对液压技术工人的培训与提高编写,除了介绍液压系统的五大组成部分(动力装置、执行机构、控制调节装置、辅助装置和工作介质)和流体力学的基础知识外,还强调了液压阀块、液压站、配管及安装使用与维护维修等内容,理论介绍简单明了,着重介绍液压设备使用过程中的技术问题,并配以图片进行说明。

本书适合液压技术工人使用,也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压工必备手册/宋锦春主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 2

ISBN 978 - 7 - 111 - 29668 - 3

I. 液… II. 宋… III. 液压传动—技术手册
IV. TH137 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 018323 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 版式设计:张世琴
封面设计:姚毅 责任校对:刘怡丹 责任印制:乔宇
三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
130mm × 184mm · 11.75 印张 · 260 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 29668 - 3
定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

液压传动系统具有传输功率大、操纵控制灵活、结构紧凑且安装布置灵活等特点，在工业自动化装备上得到了广泛的应用。随着液压工业的发展，各种液压标准的制定和完善以及液压元件的标准化和系列化，液压传动系统在机械、冶金、航空航天、军事、能源、汽车等行业得到应用。目前有 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心在使用液压技术。在重型装备上使用液压技术的程度已成为衡量该设备技术水平的重要标志之一。

21 世纪初至今，我国液压工业发展迅猛，装备制造业对液压元件和系统的市场需求呈现快速增长态势。随着世界装备制造业向中国转移，我国液压工业对液压技术工人的需求也大幅度提高。

本书针对液压技术工人的培训与提高编写，除了介绍液压系统的五大组成部分（动力装置、执行机构、控制调节装置、辅助装置和工作介质）和流体力学的基础知识外，还强调了液压阀块、液压站、配管及安装使用与维护维修等内容，理论介绍简单明了，着重介绍液压设备使用过程中的技术问题，并配以图片进行说明。

参加本书编写的人员有：王长周（第1、10、11章），陈建文（第2、12章），宋锦春（第3、8、9章），从恒斌（第4、6章），张志伟（第5、7章）。

由于作者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 液压传动技术基础	1
1.1 液压传动系统的工作原理	1
1.1.1 液压传动的工作原理	1
1.1.2 液压传动的主要工作特征	1
1.2 液压传动系统的组成	4
1.3 液压传动的特点	7
1.4 液压系统的图形符号	8
第 2 章 液压油及相关知识	23
2.1 液压油的基本性质	23
2.1.1 密度	23
2.1.2 粘度、粘度与温度的关系	24
2.1.3 可压缩性	26
2.1.4 含气量、空气分离压、饱和蒸气压	28
2.2 液压油的种类及应用	29
2.2.1 工程中常用液压介质的分类	29
2.2.2 液压介质的选用	31
2.2.3 液压介质的使用极限	34
2.3 液压技术中常用的概念及公式	35
2.3.1 流体中的作用力	35

2.3.2 液体静力学	35
2.3.3 液体动力学	38
2.4 液压油的污染控制	53
2.4.1 污染物的种类及污染原因	53
2.4.2 污染程度的测定及污染等级标准	54
2.4.3 工程中液压介质污染程度的常用测量仪器	57
第3章 液压动力元件	58
3.1 液压泵概述	58
3.1.1 液压泵的工作原理和分类	58
3.1.2 液压泵的性能参数	61
3.2 齿轮泵	65
3.2.1 齿轮泵的工作原理	65
3.2.2 典型结构	66
3.3 叶片泵	68
3.3.1 叶片泵的工作原理	69
3.3.2 定量叶片泵	71
3.3.3 变量叶片泵	75
3.4 柱塞泵	79
3.4.1 柱塞泵的工作原理	80
3.4.2 轴向柱塞泵的结构和特点	81
第4章 液压执行元件	87
4.1 液压马达	87
4.1.1 液压马达概述	87
4.1.2 液压马达的分类	88
4.1.3 高速液压马达	88

4.1.4 低速大转矩液压马达	92
4.2 液压缸	95
4.2.1 液压缸的分类与特点	96
4.2.2 液压缸的典型结构	103
 第5章 液压阀	109
5.1 液压阀概述	109
5.1.1 液压阀的分类	109
5.1.2 对液压阀的基本要求	110
5.2 方向控制阀	110
5.2.1 单向阀	110
5.2.2 换向阀	113
5.3 压力控制阀	123
5.3.1 溢流阀	123
5.3.2 减压阀	129
5.3.3 顺序阀	132
5.4 流量控制阀	134
5.4.1 节流阀	134
5.4.2 调速阀	137
5.5 二通盖板式插装阀	141
5.5.1 二通盖板式插装阀概述	141
5.5.2 二通盖板式插装阀的基本结构与工作原理	141
5.5.3 插装单元的结构形式	144
5.5.4 二通盖板式插装阀控制组件	147
5.6 其他液压阀	152
5.6.1 螺纹式插装阀	152

5.6.2 叠加阀	160
第6章 液压辅助元件	168
6.1 蓄能器	168
6.1.1 蓄能器的功能	168
6.1.2 蓄能器的类型	169
6.1.3 蓄能器的容量计算	173
6.1.4 蓄能器的应用	175
6.2 过滤器	178
6.2.1 过滤器的类型和结构	179
6.2.2 过滤器的选用	185
6.2.3 过滤器的安装	186
6.3 油箱、热交换器	189
6.3.1 油箱	189
6.3.2 热交换器	193
6.4 常用仪表	199
6.4.1 压力表	199
6.4.2 流量计	202
6.4.3 温度计	203
6.4.4 其他仪表	204
6.5 其他辅助元件	206
6.5.1 测压排气装置	206
6.5.2 液压管夹	206
第7章 液压基本回路	208
7.1 压力控制回路	208

7.1.1	调压回路	208
7.1.2	卸荷回路	210
7.1.3	减压回路	211
7.1.4	增压回路	212
7.1.5	平衡回路	213
7.1.6	保压回路	214
7.1.7	释压回路	216
7.2	速度控制回路	217
7.2.1	调速回路	217
7.2.2	快速和速度换接回路	232
7.3	方向控制回路	239
7.3.1	换向回路	239
7.3.2	锁紧回路	241
7.3.3	制动回路	242
7.4	多执行元件控制回路	243
7.4.1	顺序动作回路	243
7.4.2	同步回路	246
7.4.3	互不干扰回路	248
7.4.4	多路换向阀控制回路	249
第8章	典型液压系统	252
8.1	WY-100 型液压挖掘机液压系统	252
8.2	步进式加热炉液压系统	255
8.2.1	概述	255
8.2.2	液压系统工作原理	256
8.2.3	液压系统的特点	258

8.3 剪板机液压传动系统	259
8.3.1 液压系统工作原理	259
8.3.2 液压系统的特点	262
第9章 液压站	265
9.1 液压站的基本结构	265
9.1.1 液压站的基本结构形式	265
9.1.2 液压站设计的注意事项	266
9.2 液压阀块	269
9.2.1 液压阀块的设计	271
9.2.2 液压阀块的加工与检查	273
9.3 液压系统的安装	274
9.3.1 液压系统对制造方面的要求	274
9.3.2 液压系统的安装	278
第10章 液压管件与密封	280
10.1 液压管件	280
10.1.1 管道	280
10.1.2 管接头	283
10.1.3 液压配管	287
10.1.4 液压管道常用的螺纹种类、特点和应用	293
10.2 液压密封	296
10.2.1 对密封装置的要求	296
10.2.2 密封件的材料	296
10.2.3 常见的密封方法	297
10.2.4 密封件的类型	298

第 11 章 液压系统的调试、使用与维护	304
11.1 液压系统的调试	304
11.1.1 调试前的准备工作	304
11.1.2 液压系统调试的步骤	305
11.1.3 调试过程中的注意事项	307
11.2 液压系统的使用	307
11.2.1 液压系统的使用要求	307
11.2.2 油液清洁度的控制	308
11.2.3 液压系统泄漏的控制	311
11.2.4 液压系统噪声的控制	314
11.3 液压系统的维护	315
11.3.1 液压系统的检查维护要求	315
11.3.2 液压系统的点检与定检	320
11.3.3 液压系统维修时的注意事项	320
 第 12 章 液压系统常见故障的分析与排除	 322
12.1 液压系统故障的查找方法	322
12.1.1 简易故障诊断法	322
12.1.2 液压系统原理图分析法	323
12.1.3 其他分析方法	323
12.2 液压泵的故障分析与排除	324
12.3 液压执行器的故障分析与排除	333
12.3.1 液压马达的故障分析与排除	333
12.3.2 液压缸的故障分析与排除	335
12.4 液压阀的故障分析与排除	341
12.4.1 溢流阀常见故障分析与排除	341

XII 液压工必备手册

12.4.2 减压阀常见故障分析与排除	345
12.4.3 顺序阀常见故障分析与排除	346
12.4.4 流量阀常见故障分析与排除	347
12.4.5 方向阀常见故障分析与排除	349
12.5 液压辅件的故障分析与排除	353
12.5.1 压力继电器（压力开关）常见故障分析与排除 ...	353
12.5.2 过滤器常见故障分析与排除	354
12.6 液压系统的典型故障分析与排除	355
12.6.1 液压系统噪声与振动的分析与排除	355
12.6.2 液压系统油温过高的分析与排除	357
12.6.3 液压系统机构爬行的分析与排除	358
12.6.4 压力波动与冲击的分析与排除	360
参考文献	361

第 1 章 液压传动技术基础

1.1 液压传动系统的工作原理

1.1.1 液压传动的工作原理

液体容易流动，而且几乎是不可压缩的。液体受压后，其内部的压力强度可以向各个方向传递。液压传动正是利用了液体的这一特征。

现以图 1-1a 所示的液压千斤顶为例来说明液压传动的工作原理。当将手柄 1 向上扳动时，小活塞 3 向上移动，其下端容积增大，产生相对真空。在大气压力的作用下，油箱中的油液通过管道 5 和单向阀 4 进入小液压缸 2 的下腔。当将手柄 1 向下压时，小活塞下移，其下端的封闭容积减小，油压使单向阀 4 关闭。受压的油液则经管道 6 和单向阀 7 进入大液压缸 9 的下腔，推动大活塞 8 上移，顶起重物 12。若上下不停地扳动手柄 1，油液则不断地进入大液压缸，使重物渐渐升起。这种靠受压液体在密闭容积中的流动传递动力的方式就叫做液压传动。截止阀 11 打开后，可使大液压缸中液体流回油箱，重物随之下降。

1.1.2 液压传动的主要工作特征

为分析方便，将液压千斤顶简化成图 1-1b 所示原理图，并假定液压油是没有粘性且不可压缩的理想液体；活塞和缸壁之间的摩擦力忽略不计；各间隙处，即单向阀的钢球

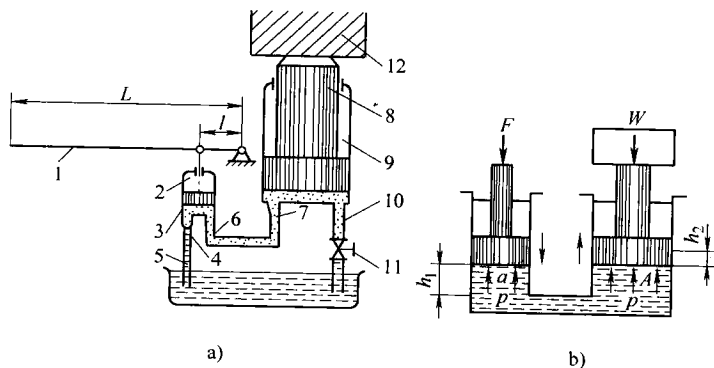


图 1-1 液压千斤顶工作原理

- 1—手柄 2—小液压缸 3—小活塞 4、7—单向阀
5、6、10—管道 8—大活塞 9—大液压缸
11—截止阀 12—重物

和阀座之间，活塞和缸壁之间，没有任何泄漏；不考虑活塞的质量；忽略液柱高度所产生的压力。

1. 工作特征一

根据上面的假设，可以得出如下平衡方程：

$$p = \frac{W}{A_2} = \frac{F}{A_1} \quad (1-1)$$

式中 p ——封闭容积内液体的压力；

W ——重物的重力，即外负载力；

A_2 ——大活塞的有效作用面积；

F ——在小活塞上所施加的力；

A_1 ——小活塞的有效作用面积。

当然，大活塞之所以上升，是因为通过手柄在小活塞上施加了作用力 F ，迫使小液压缸里的油液流向大液压缸，

而大活塞上的外负载力 W 又阻止油液流向大液压缸。处于小活塞、大活塞和相关缸壁及管道之间的油液，正是受到这种“前阻后推”的作用，受到挤压产生压力，把小活塞上由人所施加的动力传递到大活塞上，举起重物，做了功。可见，力的传递是通过液体压力实现的，并且外负载力越大，液体压力越大，也就是说，液压系统的压力取决于负载。

还需强调指出的是：压力取决于负载是液压技术中非常重要的基本概念。对于实际液体，负载应包括油液在管道和元件中流动时所受到的“阻力”等负载在内。另外还应明确，液压元件、附件的强度和密封材料决定了压力不能随负载无限增大。

2. 工作特征二

由图 1-1b 还可看出，当小活塞在力 F 作用下向下运动一段距离 h_1 后，它所排出的油液体积应为 $V = A_1 h_1$ 。依前面的假设条件，体积为 V 的油将全部进入大液压缸，推动大活塞向上移动距离 h_2 ，因此

$$V = A_1 h_1 = A_2 h_2 \quad (1-2)$$

设活塞移动时间为 t ，可得

$$q = \frac{V}{t} = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

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

式中 q ——由小液压缸流出的流量，即进入大液压缸的流量；

v_1 ——小活塞的下移速度；

v_2 ——大活塞的上升速度。

由式(1-2)可看出,液压传动中运动(指小活塞和大活塞的移动)的传递是按照容积变化相等的原则进行的;由式(1-3)可看出,执行机构(大活塞)的运动速度取决于进入执行机构的流量,这就是液压传动的第二个工作特征。只要能连续调节进入执行机构的流量,就能无级调节执行机构的运动速度。因此,在液压传动中,实现无级调速是很容易的。

3. 液压功率

液压千斤顶的输出功率 P 为

$$P = W \cdot v_2 = p \cdot A_2 \cdot \frac{q}{A_2} = p \cdot q \quad (1-4)$$

式(1-4)说明,液压力做功,其功率等于压力和流量的乘积。这个结论具有普遍意义,无论是对液压泵、液压马达,还是对液压阀等,涉及液压功率的计算时,均是如此。

1.2 液压传动系统的组成

实际的液压系统是各式各样的,为了更好地了解液压传动系统的组成,下面以某车床刀架液压系统为例予以说明。参照图1-2a所示的车床刀架液压系统,在车削工件过程中,要求刀架慢速进给,实现刀具对工件的切削加工,确保被加工零件的质量要求;切削完成后,要求刀架快速反向退回,以缩短辅助时间,提高劳动生产率。如图1-2a所示,在切削进给时,电磁铁带电,液压泵17经滤油器19、管路1从油箱18吸油,所排出的压力油经管路3、电磁换向阀14、管路5进入液压缸大腔6,液压缸小腔(无杆腔)的油经管路9、节流阀11、管路13、电磁换向阀14、管路15流