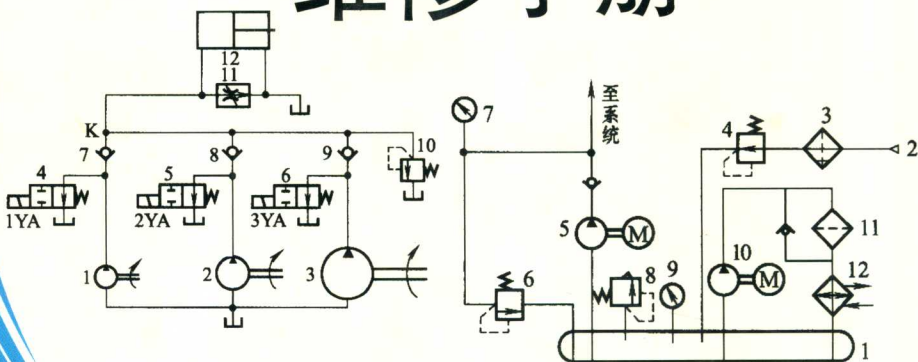


主 编 张能武 卢庆生

Practical

Handbook of hydraulic repair

实用液压 维修手册



Practical

Handbook of hydraulic repair

实用液压 维修手册

主 编 张能武 卢庆生

编委: 邓 杨 唐艳玲 冯立正 缪志鹏 王吉华 章 奇
张业敏 陈锡春 刘 瑞 周小渔 胡 俊 张能武
王春林 李德庆 王小伟 刘振阳 王首中 蒋 超
沈 飞 庄卫东 刘文花 张茂龙 钱 瑜 高 佳
钱革兰 魏金营 王 荣 张婷婷 邱立功 蔡郭生
刘玉妍 王石昊 方光辉 陈高奎 陈思宇 徐嘉翊
孙南羊 吴 亮 刘明洋 周 韵 刘 欢 徐晓东
姜 松 张 磊 梁 琴 李 桥 刘文军 唐雄辉
陈 超 黄 波 朱 芹 张云龙

图书在版编目 (C I P) 数据

实用液压维修手册 / 张能武, 卢庆生主编. — 长沙:
湖南科学技术出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5357-8666-1

I. ①实… II. ①张… ②卢… III. ①液压系统—维修—技术手册 IV. ①TH137-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 055766 号

实用液压维修手册

主 编: 张能武 卢庆生

责任编辑: 杨 林 龚绍石

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址:

<http://hnkjcs.tmall.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 湖南天闻新华印务邵阳有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 邵阳市东大路 776 号

邮 编: 422001

出版日期: 2015 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本: 850mm×1168mm 1/32

印 张: 25

字 数: 908000

书 号: ISBN 978-7-5357-8666-1

定 价: 78.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

前 言

液压技术是近年发展较快的技术之一，也是衡量一个国家工业化水平的重要标志。由于液压传动与其他传动方式相比较，具有质量轻、结构紧凑、惯性小，可在大范围内实现无级调速，易于实现自动化等优点，被广泛应用于农业机械、工程机械、汽车工业、船舶、军事机械、航空航天、电力领域等行业，液压技术成为不可替代的优势。随着各种标准的不断制定和完善及各类液压元件的标准化、规格化、系列化、新型液压元器件与新的设计理论不断出现，推动了液压传动与控制技术的迅猛发展，为了满足广大工程技术人员使用和维修液压系统的要求，结合多年专业知识和经验，编写了这本《实用液压维修手册》。

本手册内容主要包括：液压维修基础知识、液压泵的使用与维修、液压马达的使用与维修、液压缸的使用与维修、液压控制阀的使用与维修、液压辅助元件的使用与维修、液压基本回路及故障维修和液压系统的安装、使用维护与故障排除的知识。本手册在编写过程中，力求讲解较新和较完整的液压技术资料，以求对读者有切实的启发和帮助。

本书由张能武、卢庆生主编。参加编写人员还有：陈超、黄波、朱立芹、张云龙、陈高奎、陈思宇、冯立正、缪志鹏、王小伟、刘振阳、王首中、蒋超、王吉华、邱立功、张能武、唐雄辉、邓杨、唐艳玲、张业敏、章奇、陈锡春、刘瑞、周小渔、胡俊、王春林、李德庆、沈飞、刘瑞、庄卫东、刘文花、张茂龙、钱瑜、高佳、钱革兰、魏金营、王荣、张婷婷、蔡郭生、刘玉妍、王石昊、方光辉、徐嘉翊、孙南羊、吴亮、刘明洋、周韵、刘欢、徐晓东、姜松、张杰、梁霏琴、李桥、刘文军等。

本书在编写过程中，参考了国内外大量的液压技术方面的期刊、书籍及资料，并得到江南大学、江苏省机械学会等单位大力支持和帮助，在这里谨向有关作者一并致谢，同时对给予我们支持和帮助的有关专家和单位深表感谢。

本手册适合从事液压工程设计人员和维护人员使用，也可作为高等院校相关专业师生的参考资料。

由于编者水平有限，书中不妥、遗漏之处，热忱恳切专家和广大读者提宝贵意见，并给予指正。

目 录

第一章 液压维修基础知识	1
第一节 液压传动基础	1
一、液压传动的工作原理及特征	1
二、液压系统的分类	5
三、液压传动的工作介质	8
四、液压传动的优缺点及应用	11
五、液压图形符号	15
第二节 常用液压标准、公式和术语	63
一、常用液压国家标准	63
二、常用液压公式	71
三、常用液压术语	72
第三节 液压流体力学基础	83
一、液压流体黏性与比热容	83
二、流体静力学	86
三、流体运动学基础	92
四、流体动力学	96
五、流体在管路中的流动	102
六、孔口出流及缝隙流动	110
第四节 液压维修工具	115
一、液压维修基本工具	115
二、零件测量工具	124
三、其他工具	129
第二章 液压泵的使用与维修	134
第一节 概述	134
一、液压泵	134
二、齿轮泵	141
三、叶片泵	146
四、柱塞泵	151
五、螺杆泵	153
第二节 齿轮泵的使用与维修	154
一、齿轮泵的分类、特点和应用场合	154

二、齿轮泵的选用原则和使用	155
三、齿轮泵的常见故障原因及排除方法	157
四、齿轮泵的维修	160
五、齿轮泵的安装与调试	162
六、齿轮泵修理实例	164
第三节 叶片泵的使用与维修	172
一、叶片泵的分类、特点和应用场合	172
二、叶片泵的选用原则和使用	173
三、叶片泵的常见故障原因及排除方法	175
四、叶片泵的维修、安装与调试	178
五、叶片泵的维修实例	180
第四节 柱塞泵的使用与维修	185
一、柱塞泵的分类、特点与应用场合	185
二、柱塞泵的选用原则和使用	197
三、柱塞泵的常见故障原因及排除方法	200
四、柱塞泵的维修实例	204
第五节 螺杆泵的使用与维修	217
一、螺杆泵的分类、特点与应用场合	217
二、螺杆泵的选用原则及安装使用	217
三、螺杆泵的维修	219
第三章 液压马达的使用与维修	221
第一节 概述	221
一、液压马达的特点及分类	221
二、液压马达的性能参数	222
三、液压马达的工作原理	226
第二节 液压马达的使用与维修	232
一、液压马达产品系列与适用场合	232
二、液压马达的选用原则	239
三、液压马达的故障分析与排除	242
四、液压马达的维修	254
五、液压马达的维修实例	259
第四章 液压缸的使用与维修	268
第一节 概述	268
一、液压缸的工作原理	268
二、液压缸的作用和分类	269
三、常用液压缸的类型和特点	271

四、液压缸的典型结构	278
第二节 液压缸的主要结构材料、技术要求和安装方式	285
一、液压缸的主要结构、材料及技术要求	285
二、液压缸的安装方式	309
第三节 液压缸常见故障与维修	317
一、液压缸的常见故障诊断及排除方法	317
二、液压缸故障分析与维修	318
三、液压缸维修实例	331
第五章 液压控制阀的使用与维修	338
第一节 概述	338
一、液压控制阀的分类及基本性能参数	338
二、液压阀上的作用力	340
第二节 方向控制阀	346
一、方向控制阀及其应用	346
二、方向控制阀故障诊断与修理	371
第三节 压力控制阀	385
一、压力控制阀及其应用	386
二、压力控制阀故障诊断与修理	408
第四节 流量控制阀	426
一、流量控制阀及其应用	426
二、流量控制阀故障诊断与修理	445
第五节 电液比例阀	451
一、电液比例阀的结构与工作原理	452
二、电液比例阀的应用场合	466
三、比例阀用放大器简介	471
四、电液比例阀故障诊断与修理	472
五、比例阀的选用原则	475
第六节 插装阀	477
一、插装阀的结构与工作原理	478
二、插装阀的选用	484
三、插装阀的安装连接尺寸	489
四、插装阀的故障诊断与修理	512
第七节 电液伺服阀	523
一、电液伺服阀的组成和分类	523
二、电液伺服阀的典型结构与工作原理	524
三、电液伺服阀的应用及选择	528

四、电液伺服阀的故障诊断与修理	534
第八节 叠加阀	545
一、叠加式方向阀	546
二、叠加式压力阀	547
三、叠加式流量阀	549
四、叠加阀的应用	550
五、叠加阀的故障诊断与修理	551
第六章 液压辅助元件的使用与维修	552
第一节 油管与管接头	552
一、油管的种类	552
二、油管通径和壁厚的选择	553
三、管接头	554
四、管路的安装与布置	557
五、油管与管接头的故障诊断与修理	562
第二节 蓄能器	569
一、蓄能器的作用及应用	569
二、蓄能器的种类和特点	570
三、蓄能器的使用与维护	572
四、蓄能器的充气	573
五、蓄能器的故障诊断与修理	575
第三节 过滤器	579
一、过滤器的分类	580
二、液压系统对滤油器的要求	581
三、滤油器的主要性能指标	582
四、几种典型滤油器的结构特点	584
五、过滤器的选用与安装位置	589
六、过滤器的故障诊断与修理	590
第四节 热交换器	593
一、冷却器的种类及特点	593
二、冷却器典型结构	594
三、冷却器的基本参数	595
四、冷却器和加热器的选用	596
五、冷却器故障诊断与修理	597
第五节 油箱	598
一、油箱的分类和油箱的典型结构	598
二、设计油箱的注意事项	599

三、油箱的内壁的防腐处理	600
四、油箱的故障诊断与修理	601
第六节 密封装置	603
一、密封装置的类型、材料与要求	603
二、橡胶密封圈的种类和特点	606
三、O形密封圈的压缩率分析	610
四、密封件的选用和装配	610
五、密封装置的故障诊断与修理	612
第七章 液压基本回路故障与故障维修	614
第一节 液压基本回路	614
一、液压源回路	614
二、方向控制回路	618
三、压力控制回路	624
四、速度控制回路	639
五、多缸动作回路	650
第二节 液压基本回路故障诊断与修理	657
一、方向控制回路的故障诊断与排除	657
二、压力控制回路的故障诊断与排除	668
三、速度控制回路的故障诊断与排除	699
四、多缸控制回路的故障诊断与排除	710
第八章 液压系统的安装、使用维护与故障排除	721
第一节 液压系统的安装与调试	721
一、液压系统的安装	721
二、液压系统调试	734
第二节 液压系统的使用与维护	736
一、液压系统的使用与维护要求	736
二、油液清洁度的控制	737
三、液压系统噪声的控制	739
四、液压系统泄漏的控制	740
五、液压系统的检查和维护	742
六、液压系统维修时的注意事项	745
第三节 液压系统的故障诊断与维护	746
一、液压系统常见故障诊断与排除	746
二、液压系统在调试中的常见故障及其排除	774
三、液压控制系统的安装、调试和故障排除	780
四、液压系统的维护	787
参考文献	788

第一章 液压维修基础知识

第一节 液压传动基础

一、液压传动的工作原理及特征

一部机器通常由三部分组成，即原动机、传动装置、工作机。

原动机的作用是把各种形态的能量转变为机械能，是机器的动力源；工作机利用机械能对外做功；由于原动机的输出特性往往不可能与机器工作任务要求的特性相适应，因此，在原动机与工作机构之间就需要配备某种传动装置，以便将原动机的输出量进行适当的变换，使工作机构的性能满足机器的要求。传动装置设在原动机和工作机之间，起传递动力和进行控制的作用。

传动装置按所采用的传动件或工作介质的不同可以分为机械传动、电力传动和流体传动。

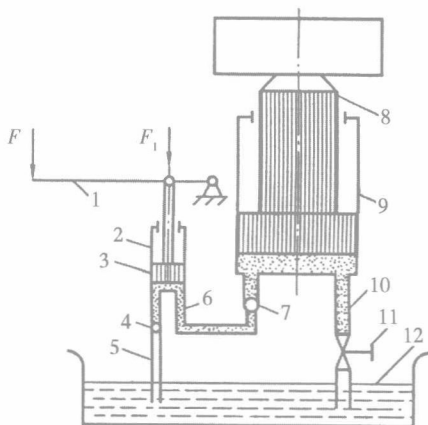
流体传动是以流体（液体、气体）为工作介质来进行能量转换、传递和控制的传动形式。以液体为工作介质时称为液体传动，以气体为工作介质时则称为气压传动。液体传动按其工作原理不同，又可分为液压传动和液力传动。前者的主要特点是靠密封工作腔的容积变化来进行工作，它主要通过液体介质的压力（压强）来进行能量的转换和传递；后者的主要特点是靠工作部分的叶轮进行工作，它除了小部分是利用液体的压力外，主要通过液体介质的动能来进行能量的转换和传递。

（一）液压传动系统的工作原理与组成

1. 液压千斤顶

如图 1-1 所示是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动，小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔，迫使大活塞 8 向上移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄，就能不断地把油液压

入举升油缸下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，重物就向下移动。这就是液压千斤顶的工作原理。



1. 杠杆手柄；2. 小油缸；3. 小活塞；4、7. 单向阀；5. 吸油管；
6、10. 管道；8. 大活塞；9. 大油缸；11. 截止阀；12. 油箱

图 1-1 液压千斤顶工作原理图

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析，可以初步了解到液压传动的基本工作原理。

(1) 液压传动以液体（一般为矿物油）作为传递运动和动力的工作介质，而且传动中必须经过两次能量转换。首先压下杠杆时，小油缸 2 输出压力油，是将机械能转换成油液的压力能，压力油经过管道 6 及单向阀 7，推动大活塞 8 举起重物，是将油液的压力能又转换成机械能。

(2) 油液必须在密闭容器（或密闭系统）内传送，而且必须有密闭容积的变化。如果容器不密封，就不能形成必要的压力；如果密闭容积不变化，就不能实现吸油和压油，也就不可能利用受压液体传递运动和动力。

液压传动利用液体的压力能工作，它与在非密闭状态下利用液体的动能或位能工作的液力传动有根本的区别。

2. 简单机床的液压传动系统

机床工作台的液压传动系统要比千斤顶的液压传动系统复杂得多。如图 1-2 所示，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,油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压,如图 1-2 (a) 所示状态下,通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔,推动活塞使工作台向右移动。这时,液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

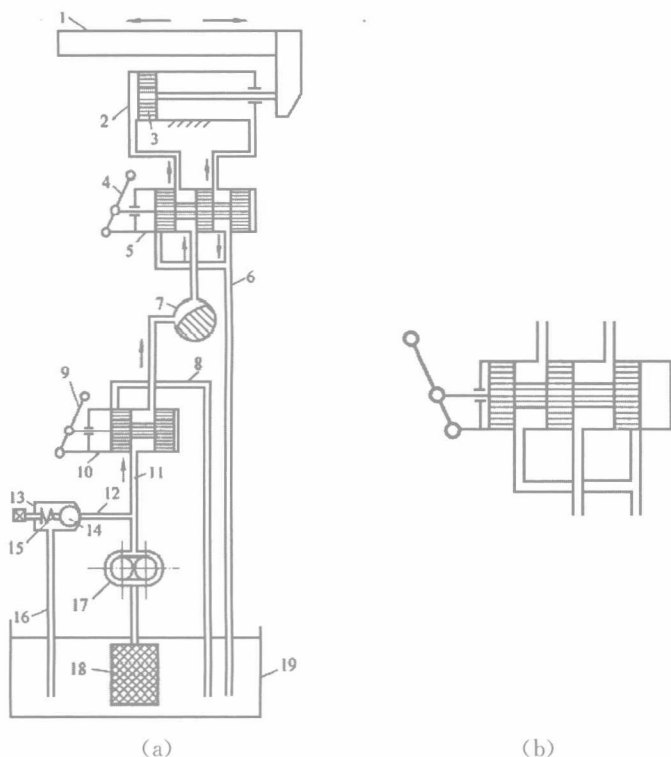


图 1-2 机床工作台液压传动系统工作原理图

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

如果将换向阀手柄转换成图 1-2 (b) 所示状态,则压力管中的油将经过开停阀、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，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所产生的。要克服的阻力越大，缸中的油液压力越高；反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力取决于负载。

3. 液压传动系统的组成

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。最常见的装置是液压泵。

(2) 执行装置（元件）：执行装置是把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其装置有做直线运动的液压缸，有作回转运动的液压马达，它们又称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置（元件）：控制调节装置是对系统中的压力、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、开停阀等。

(4) 辅助装置（元件）：上述三部分之外的其他装置，例如油箱、滤油器、油管等。它们是保证系统正常工作必不可少的装置。

(5) 工作介质：传递能量的流体，如液压油等。

(二) 液压传动的特征

1. 动力元件的工作压力主要取决于负载

在如图 1-1 所示的系统中，若忽略管路中的流动阻力，就可以认为其力的传递符合液体静力学原理，即作用在小油缸 2、大油缸 9 活塞上的压力（物理中的压力，行业中统称压力）均等 p 。则有：

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

式中 A_1 、 A_2 ——小液压缸 2、大液压缸 9 的活塞面积；

F_1 、 F_2 ——作用在小液压缸 2、大液压缸 9 活塞上的力。

当结构尺寸要素 A_1 和 A_2 一定时，液压缸中的油液压力取决于举升负载重物所需要的作用力 F_2 ，而手动泵上的作用力 F_1 则取决于液压缸中的油液压力。所以，被举升的负载越重，则油液的压力越高，所需作用力 F_1 也就越大。反之，如果空载工作，并且不计摩擦力，则油液压力以及手动泵工作所需要的力 F_1 都为零。

液压传动的这一基本特征可以简略地表述为“压力取决于负载”。

2. 执行元件的运动速度主要取决于输入的流量而与负载无关

在如图 1-1 所示的系统中，若不考虑液体的可压缩性、泄漏等因素，就可以认为其运动速度的传递符合液流连续性方程，即符合密闭工作腔容积变化相等的原则。图 1-1 中小液压缸 2 的活塞向下移动所改变的容积，应等于大液压缸 9 的活塞向上移动所改变的容积。则有：

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

式中 h_1 、 h_2 ——小液压缸 2、大液压缸 9 活塞的位移。

上式两边同除以活塞的运动时间 t , 可得:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = q$$

式中 v_1 、 v_2 ——小液压缸 2、大液压缸 9 活塞的平均运动速度;

q ——液压泵输出的平均流量。

当结构尺寸要素 A_1 和 A_2 一定时, 大液压缸 9 的移动速度 v_2 只取决于输入流量 q 的大小。输入液压缸的流量 q 越大, 则运动速度 v_2 越大。液压传动的这一基本特征可以简略地表述为“速度取决于流量”。

3. 工作压力和流量之间相互独立

容积式液压泵的流量取决于液压泵工作容腔的大小，而与液压泵的工作压力基本无关。不管液压千斤顶的负载如何变化，只要供给的流量一定，则重物上升的运动速度就一定。同样，不管液压缸的活塞移动速度多大，只要负载一定，则推动负载所需的液体压力就确定不变。即上述两个特征是独立存在的，互不影响。因此，从理论上讲，容积式液压泵能在任何高压下输出基本固定不变的流量，保证执行元件能够平稳地工作，这就是液压系统中均采用容积式液压泵的原因。

4. 液压系统的功率等于流量与压力之积

在图 1-1 所示的系统中, 若不计损失, 则系统的输入功率 P_1 为:

$$P_1 = F_1 v_1 = p A_1 v_1 = p q$$

输出功率 P_2 为:

$$P_1 = F_2 v_2 = p A_2 v_2 = p q$$

由此可见,与外负载相对应的流体参数是压力,与运动速度相对应的流体参数是流量,压力和流量是液压系统中两个最基本的参数。

二、液压系统的分类

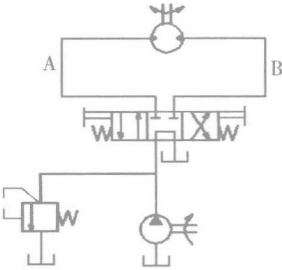
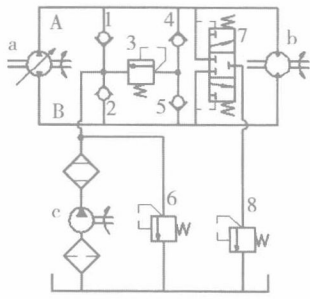
液压系统的分类见表 1-1。

表 1-1 液压系统的分类

分 类	说 明
按液压系统工作特征分	液压系统按其工作特征来分,可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,以传递信息为次。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,以传递动力为次。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

续表	
分 类	说 明
按液压系统工作特征分	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、数控机床加工设备,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
按系统反馈装置分	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 1-3 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 1-3 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 1-4 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 1-4 闭环系统
按液压系统中油液的循环方式分	按液压系统中油液的循环方式可分为开式和闭式两种系统 ①开式系统:如图 1-5 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,此即开式系统

续表 1

分 类	说 明
按液压系统中油液的循环方式分	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,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 1-5 所示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液压泵的工况,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,液压马达呈液压泵的工况,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)
	②闭式系统:如图 1-6 所示,泵 a 的进油口与液压马达 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(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  图 1-5 开式系统  图 1-6 闭式系统 由上面的分析得知,闭式系统的结构较复杂。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,

续表 2

分 类	说 明
按液压系统中油液的循环方式分	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，故油液升温较快，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 以原速运动而呈泵的工况，将油液输给泵 a，使泵 a 呈液压马达工况，泵 a 带动电机加速旋转而发电，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 变成了油压能，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 带动电机变成电能，从而实现了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。

三、液压传动的工作介质

液体作为液压传动的介质，其性质对液压系统的工作性能有重要影响。液压介质在液压系统中的主要功能有：传递动力；润滑运动部件，减少摩擦和磨损，防止锈蚀；散发系统工作时产生的热量；在对偶运动副中密封间隙；传输、分离和沉淀系统中的非可溶性污染物；为元件和系统的失效提供和传递诊断信息。