

YEYA QIDONG XITONG
YINGYONG JISHU

液压、气动系统 应用技术

胡家富 王庆胜 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

YEYA QIDONG XITONG
YINGYONG JISHU

液压、气动系统 应用技术

胡家富 王庆胜 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍液压、气动、真空系统的应用技术,内容包括系统组成与应用领域,系统基本回路与应用示例,系统的使用、维护与保养,系统常见故障现象与诊断,系统常见故障的排除与维修,系统应用技术与实用计算。

本书适用于液压、气动、真空系统及其应用设备的设计、制造、使用与维修人员,还可供相关专业的师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

液压、气动系统应用技术/胡家富等编著. —北京:中国电力出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-5123-1643-0

I. ①液… II. ①胡… III. ①液压系统②气压系统
IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 080004 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷

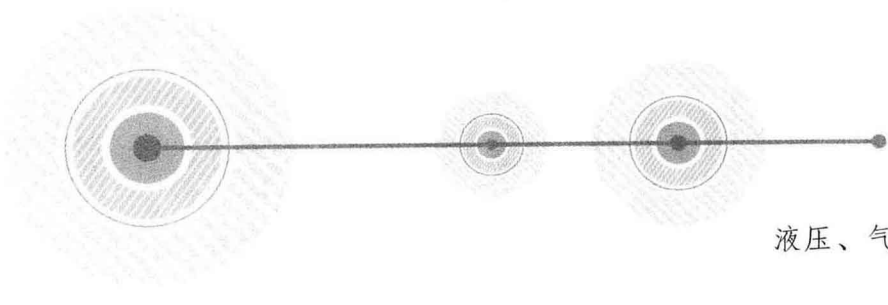
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 440 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

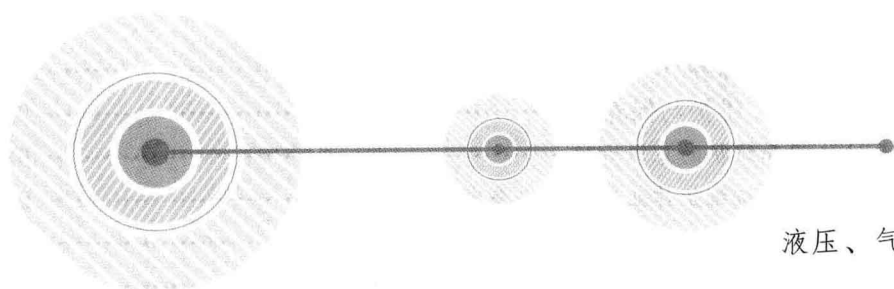
液压、气动系统应用技术

随着现代经济的飞速发展,液压、气动和真空系统技术在各行各业中的应用也日益广泛,无论是工业产品、生活用品的制造和加工,还是科学研究,都会涉及这些系统技术。在使用、维护和维修应用到液压、气动和真空系统的各类设备时,需要了解这三类系统的基本组成与应用领域,熟悉系统控制的基本回路和典型控制方式。当设备在使用过程中发生故障时,应及时进行系统应用设备的故障诊断与分析,才能进行更深入的故障排除与设备维修。在应用某些系统技术的过程中,还经常会遇到需要核对估算的问题,例如液压泵的流量能否满足液压传动系统执行元件所带动的工作部件的运行速度要求,真空泵的抽气速率能否满足真空室工作节拍的要求,气缸的直径能否达到系统的工作负载压力需求等。本书将通过大量的示例,深入浅出地引导读者逐步掌握液压、气动和真空系统的应用技术及主要参数的基本估算和核对方法。

本书重点对液压、气动和真空系统应用技术的基础知识和基本技能进行了循序渐进的介绍,图文并茂,内容丰富,理论联系实际。本书的示例具有典型性、综合性和实用性,为读者学习液压、气动和真空系统技术的实际应用提供了快捷通道,具有知识融会贯通、技能触类旁通的特点。

本书由胡家富任主编,王庆胜任副主编,曾国樑、王林茂、朱雨舟、黄镔等参加编写。由于作者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,敬请广大读者提出宝贵意见,以便再版时改正。

编者



目 录

液压、气动系统应用技术

前言

第一章 系统组成与应用领域	1
第一节 液压系统的组成与应用领域.....	1
一、液压系统的基本组成	1
二、液压系统的特点	4
三、液压系统的适用领域	5
四、液压系统典型应用示例	7
第二节 气动系统的组成与应用领域	21
一、气动系统的基本组成.....	21
二、气动系统的特点	21
三、气动系统的适用领域与典型应用示例	22
第三节 真空系统的组成与应用领域	33
一、真空系统的基本组成与基本类型	33
二、真空系统的基本要求和特点	35
三、真空系统的适用领域.....	36
四、真空系统典型应用示例	41
第二章 系统基本回路与应用示例	53
第一节 液压系统的基本回路与应用示例	53
一、液压回路及其组成	53
二、液压回路的种类及其控制作用	54
三、液压回路典型应用示例	57
第二节 气动系统的基本回路与应用示例	66
一、气动回路的基本组成.....	66
二、气动回路的种类及其控制特点	67
三、气动回路典型应用示例	70
第三节 真空系统的基本形式与应用示例	79
一、真空系统的常见形式.....	79
二、真空系统应用中的要点与常见问题	87
三、真空系统典型应用示例分析	88

第三章 系统的使用、维护与保养	92
第一节 液压系统的使用、维护与保养	92
一、液压传动系统使用和维护的基本方法	92
二、液压系统安装、使用与维护作业的技术安全事项	93
三、液压系统油冷却器的使用与维护	94
四、液压测试仪器的选用	94
第二节 气动系统的使用、维护与保养	98
一、气动系统使用、维护与保养的基本方法	98
二、空气压缩机的使用、维护与保养	99
三、气源净化装置的使用、维护与保养	100
四、气缸的使用、维护与保养	104
第三节 真空系统的使用、维护与保养	105
一、真空泵与真空机组的使用、维护与保养	105
二、空气过滤器与储气罐的使用、维护与保养	108
三、油过滤器与油气分离器的使用与更换	108
四、电磁阀与球阀的使用与维护	109
五、真空检测仪表的使用维护	110
第四章 系统常见故障现象与诊断	113
第一节 液压系统的常见故障与诊断	113
一、液压系统常见故障原因与故障现象	113
二、液压系统压力控制的常见故障与诊断	115
三、液压系统速度控制的常见故障与诊断	117
四、液压系统噪声与温度控制的常见故障与诊断	119
五、液压系统的安装和调试方法	122
第二节 气动系统的常见故障与诊断	126
一、气动系统故障诊断的常用方法	126
二、气动系统常见故障及其排除方法	127
三、气动系统压力、流量控制故障原因的诊断与分析	128
四、气动系统的点检和主要元件的定检	129
第三节 真空系统的常见故障与诊断	129
一、真空系统极限压力控制的常见故障与诊断	129
二、真空系统抽气速率控制的常见故障与诊断	137
三、真空系统泄漏控制的常见故障与诊断	139
第五章 系统常见故障的排除与维修	142
第一节 液压系统常见故障的排除与维修	142
一、液压泵的常见故障与维修	142
二、液压阀的常见故障与维修	161

三、液压缸与液压马达的常见故障与维修	175
四、管路与辅助装置的常见故障与维修	179
第二节 气动系统常见故障的排除与维修	189
一、空气压缩机的常见故障与维修	189
二、控制阀的常见故障与维修	193
三、气缸与气马达及其常见故障与维修	199
四、气源净化元件与辅助装置的常见故障与维修	204
第三节 真空系统常见故障的排除与维修	208
一、真空泵及其常见故障与维修	208
二、真空工作室及其常见故障与维修	210
三、控制阀及其常见故障与维修	214
第六章 系统应用技术与实用计算	220
第一节 液压系统的应用技术与实用计算	220
一、液压系统主要参数计算	220
二、液压泵的选用与计算	224
三、液压缸与液压马达的选用与计算	228
四、调速回路的应用与计算	234
五、蓄能器的应用与计算	237
六、密封件的应用与计算	240
七、泄漏与沿程损失的计算	242
八、液压系统计算示例	250
第二节 气动系统的应用技术与实用计算	254
一、流量控制的应用与计算	254
二、压力控制的应用与计算	260
三、各种类型气缸的应用与计算	262
第三节 真空系统的应用技术与实用计算	267
一、稀薄气体参数应用与计算	267
二、真空度的测试与计算	274
三、低真空系统抽气时间的应用计算	277
四、储气罐体积与真空工作室的工作节拍应用与计算	280
附录 A 常用液压及气动元(辅)件图形符号	284
附录 B 真空技术系统图用图形符号	291
参考文献	296

第一章

系统组成与应用领域

第一节 液压系统的组成与应用领域

一、液压系统的基本组成

液压系统是一种液体传动系统，是利用液体作为介质进行传动和控制的系统，通常分为液压传动系统和液压控制系统。

(一) 液压传动系统及其组成

液压传动是以液体为工作介质，利用液体压力来传递运动、动力并进行控制的一种传动方式。

1. 基本组成

如图 1-1 所示，液压传动系统由动力部分（液压泵 3）、控制调节部分（手动控制三位四通控制阀 7、节流阀 8 和溢流阀 9）、执行部分（液压缸 6）和辅助装置（油箱 1、过滤器 2、压力计 4 和连接管路等）四个基本组成部分及其工作介质组成。

2. 传动工作过程

液压泵 3 由电动机驱动进行工作，油箱 1 中的油液经过过滤器 2 被吸入液压泵吸油口，并经液压泵向系统输出。油液经节流阀 8、换向阀 7 的 P-A 通道进入液压缸 6 的右腔，推动活塞连同工作台 5 向左运动，液压缸左腔的油液经换向阀的 B-O 通道流回油箱。

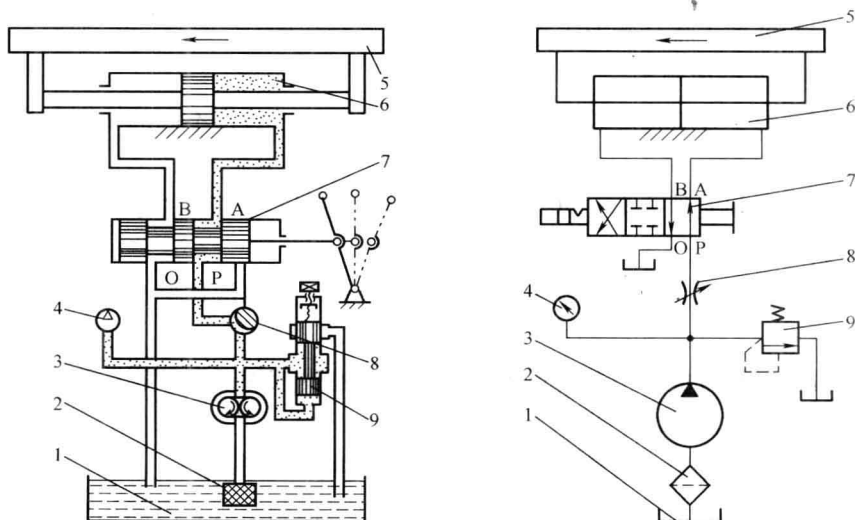


图 1-1 机床工作台典型液压传动系统

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—压力计；5—工作台；6—液压缸；7—换向阀；8—节流阀；9—溢流阀



调节节流阀 8 的开口大小可调节油液的流量,实现液压缸连同工作台的运动速度。当系统的压力达到某一数值时,溢流阀 9 被打开,使系统中多余的油液经溢流阀 9 的开口流回油箱。当换向阀 7 的阀芯移动到右边位置时,来自液压泵的油液经换向阀 7 的 P-B 通道进入液压缸的左腔,推动活塞连同工作台向右运动,液压缸右腔的油液经换向阀 7 的 A-O 通道流回油箱,从而实现工作台 5 的运动换向。当工作台 5 运动到所需位置,手动操作使换向阀 7 的阀芯处于中间位置时,换向阀的进、出油口全被堵死,活塞连同工作台停止运动,液压泵 3 输出的压力油液经溢流阀 9 流回油箱,工作台可停止在所需的位置。

3. 各组成部分的作用

(1) 动力部分的主要作用是将机械能转换为液体的压力能(液压能)。能量转换元件主要是液压泵(如齿轮泵、叶片泵、柱塞泵等)。向液压泵提供机械能的动力源有电动机或发动机等。

(2) 控制调节部分的主要作用是用来控制和调节油液的压力、流量和流动方向。控制元件主要是各种压力控制阀(如溢流阀)、流量控制阀(如节流阀)和方向控制阀(如换向阀)。

(3) 执行部分的主要作用是通过执行器将油液的压力能转换成机械能,驱动负载,实现往复直线运动、连续旋转运动或摆动。执行元件主要是各种液压缸(如单向或双向液压缸)、液压马达(如单向或双向液压马达)和摆动马达。

(4) 辅助部分的主要作用是将各组成部分连接在一起构成液压系统,起到储油、过滤、测量、密封和系统参数显示等作用,保证系统的正常工作。主要辅助元件有管路、接头、换热器、液体箱、过滤器、蓄能器、密封件和控制仪表(如压力表、流量表)等。

(5) 工作介质流体的主要作用是在系统中进行能量和信号的传递,是液压能的载体。液压系统的工作介质主要是液压油液和高水基液体(如磷酸酯液压力)。

(二) 液压控制系统及其组成

液压控制系统可根据机械装备的要求,对位置、速度、力等被控制量按一定精度进行控制,并能在有外部干扰的情况下稳定、准确地进行工作。

1. 液压控制系统的种类

液压控制系统主要有电液控制系统和机液控制系统。若按不同的原则分类,可分为以下各种类型:

(1) 按液压控制元件分类,可分为阀控(节流控制)系统、泵控(容积控制)系统、二次调节控制系统。

(2) 按电液控制阀分类,可分为电液伺服控制系统、电液比例控制系统、电液数字阀控制系统。

(3) 按被控制量分类,可分为位置控制系统、速度或加速度控制系统、力或压力控制系统、其他物理量控制系统。

(4) 按是否反馈分类,可分为开环控制系统、闭环控制系统。

(5) 按控制变量的信号形式分类,可分为连续量控制系统、离散量控制系统。

(6) 按系统参数随时间是否变动分类,可分为时不变系统(定常系统)、时变系统。

(7) 按执行元件分类,可分为直线运动控制系统、回转运动控制系统。

2. 液压控制系统的组成

(1) 电液控制系统由电气和液压两大部分组成，包括指令单元、比较单元、控制放大器、电液控制阀、执行元件、负载、检测单元、能源装置等部分，如图 1-2 (a) 所示。当使用计算机控制时，计算机的功能位置如图 1-2 (a) 中虚线所示。

(2) 机液控制系统由液压和机械两大部分组成，包括液压控制阀、执行元件、负载三部分，由机械形式进行控制量反馈，如图 1-2 (b) 所示。

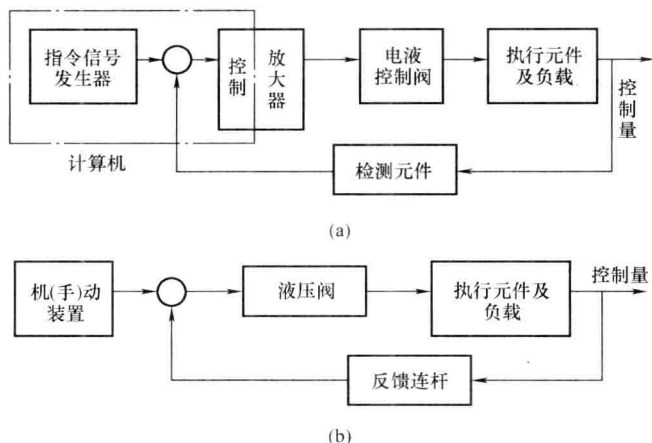


图 1-2 液压控制系统组成

(a) 闭环电液控制系统；(b) 闭环机液控制系统

3. 液压控制系统的工作过程

系统将控制量测出，反馈到输入端进行闭环控制，实现预定的控制要求。电液控制系统由检测元件将输出控制量测出，转换为电量反馈到输入端，进行比较放大，形成闭环控制系统。机液控制系统一般用杠杆等机械装置进行机械量反馈形成闭环控制系统。当控制要求不高时，也可以不输入反馈量进行开环控制过程。

4. 电液控制系统各部分的组成与作用

(1) 指令单元一般由信号发生器、电位器、计算机或其他电子器件组成。其作用是根据系统动作的要求，发出相应的电压信号。若采用计算机，可由计算机软件发出相应的指令，由 D/A 转换器转换成电压信号。

(2) 比较单元通常是由将控制信号和反馈信号比较得出偏差信号电子部件或计算机软件组成，这些部件或软件一般包含在计算机或控制放大器中。比较单元的作用是将控制信号与反馈信号进行比较，得出差值，输入控制放大单元。

(3) 控制放大器由伺服控制器、比例控制器、开关式放大器等组成，必须根据配用的电液控制阀配置。控制放大器还包括各种补偿环节和功率放大部件等。控制放大器的作用是将输入的电压信号转换成电流信号，并进行补偿和功率放大。

(4) 电液控制阀有电液伺服阀、电液比例阀或电液数字阀等，由电—机械转换器和液压控制阀两部分构成。电液控制阀的作用是将输入的电信号转换成液压量（指液流的压力及流量）输出。



(5) 执行元件一般是液压缸或液压马达，一些执行元件的内部装有位置传感器、压力传感器等检测元件。执行元件的作用是根据液压控制阀输出的流量和压力，由液压缸或液压马达的可动部分动作，与可动部分连接在一起的负载（被控对象）也随之进行动作。

(6) 负载是指液压控制系统被控对象，如塑料机械的模具等可动部分、试验机中的试件等，其组成部分因被控对象的不同结构而异。它和执行元件的可动部分相连接并同时运动。在负载运动时所引起的输出量中，可按需要选择其中某物理量作为系统的控制量。

(7) 检测单元由检测控制量的一些器件组成，包括传感器及其二次仪表。检测单元的作用是检测出控制量，将其转换成电量并放大，用于系统的测量、反馈等。

(8) 能源装置，即泵站或液压源，是构成系统动力源的装置。能源装置的作用是为系统提供驱动负载所需的具有压力的液流。

二、液压系统的特点

1. 液压传动系统的特点

(1) 传递的能量密度高。由于液压油易于高压化，传递的能量密度高，单位体积输出的功率大，因此在同等的功率下，液压传动装置的体积小、重量轻，如液压马达的体积和重量只有同等功率电动机的 12% 左右，适用于传动功率较大，而要求装置小型化的场合。

(2) 控制性能好。

1) 液压油的可压缩性小，压力与流量控制都比较容易，可以获得较高精度的控制。

2) 液压元件操纵控制方便，可实现大范围的无级调速，调速范围可达 2000 : 1。

3) 若采用电—液联合控制，可实现遥控，便于实现自动化控制。

(3) 响应速度快。液压传动装置体积小，重量轻，运动惯量小，介质的刚性好，工作比较平稳。由于液压元件输出力（力矩）与惯性比大，因此反应速度快，易于实现快速启动、制动和频繁换向，容易获得较高的响应速度。

(4) 受工作介质特点的影响。

1) 液压系统容易产生介质泄漏，影响运动和动力传递的准确性。

2) 液压系统介质的可压缩性及管路的弹性变形，影响运动传递的准确性。

3) 油液的黏度随温度变化，会影响运动的稳定性，不宜在温度变化范围大的场合。

4) 在工作过程中有较多的能量损失（如管路压力损失、泄漏等），液压传动的效率不高，且不宜用于远距离传动。

5) 液压元件是精密元件，若液压油污染，容易产生故障，使性能降低，寿命缩短。

6) 为了减少泄漏，控制密封件的使用寿命和液压元件的制造精度会增加系统维护检修的工作量，增加系统制造和维护成本。

2. 液压控制系统计算机控制的特点

(1) 控制功能类型多。如计算机数据采集与处理系统，由传感器、变换器、采样器、采样保持器、计算机等硬件组成，可对液压控制系统的过程参数进行收集、加工处理，然后显示打印运算结果。又如直接数字控制系统（简称 DDC 系统），计算机作为被控制对象

的数字控制器,对被控对象进行直接控制,可实现几十个甚至上百个单回路的控制,还可实现最优控制、自适应控制等复杂控制规律。再如计算机监督控制系统(简称 SCC 系统),可实现按数学模型计算出的最佳给定值控制生产过程,使生产过程处于最佳工作状态。液压控制系统的计算机控制系统还可以通过计算机分级控制和分布式控制,实现多级控制和协调控制。

(2) 控制精度高。计算机的运算速度快、计算和检测精度高、有丰富和灵活的逻辑判断功能和大容量的存储单元,因而可实现复杂的控制规律,并可根据实际需要方便地进行控制规律的修改,能获得较高精度的控制质量。

(3) 效率和功能价格比高。计算机具有分时操作的功能,因此操作控制的效率较高。计算机芯片的集成度高,功能多而成本低。

(4) 结构紧凑、可靠性好。由于大容量、多功能、小体积的计算机芯片不断涌现,计算机控制系统可实现轻便化,结构更趋紧凑。由于计算机控制系统没有漂移,抗干扰、抗噪声能力强,关键部位可采取异常判别等技术,因此系统可靠性好。

三、液压系统的适用领域

液压系统在各个行业的设备、设施中有广泛的应用领域,按液压技术的应用特点,不同行业的特点、作业环境及设备、设施的特定要求,不同应用领域在应用液压技术时会具有不同的侧重点。

1. 在金属材料工程与冶金工业中的应用

(1) 金属材料工程包括铸造、压力加工、焊接和热处理等,所用的机械设备及其作业环境温度高、粉尘多、湿度大,一些场合还有腐蚀气体和振动噪声大的特点,因此各种机械设备大多采用液压系统来保证设备的可靠性。例如,在各种焊接设备、热处理设备、机械手和输送装置中应用液压技术进行无级调速和远距离控制,来提高生产率,对作业人员进行劳动保护;在各种金属成型设备中,应用液压技术来解决加工中的输出功率大、压力调节和过载保护等作业要求。

(2) 冶金工业为制造业提供金属原材料,在生产过程中常用到冶炼、轧制、型材整理及废水处理等大型重型机械设备,常通过应用液压系统来适应高温、多尘等工作环境。

2. 在金属加工机床中的应用

(1) 液压系统在金属切削机床中应用十分广泛。采用液压传动与控制的金属切削机床,可实现无级调速、自动工作循环、液压仿形等控制功能。数控机床的辅助自动控制的动作过程,也大多采用 PLC 控制的液压传动系统,如数控车床回转刀架的抬起、回转和锁紧等。一些与金属切削加工密切相关的工艺装备,如液压卡盘、液压虎钳、换刀机械手等,大多应用液压系统实现自动化的工作要求。

(2) 其他金属加工机床,包括压力机、折弯机、剪切机等,为了达到一定的功率、压力等控制要求,大多采用液压系统。一些电加工机床的工作台移动、头架运动等传动系统,也常应用液压系统进行动力和运动传递。

3. 在现代制造业生产线中的应用

现代制造业的生产特点是专业化和柔性化,其标志性产业是汽车工业。液压系统在汽



车制造业和发动机制造业中得到广泛的应用，许多专用设备，如组合机床、专用机床都采用液压系统进行传动与控制，来实现工件输送、装夹、加工自动化。生产线的输送装置等辅助设备也大多采用液压系统来解决场地和结构紧凑等设计问题，解决自动化流水作业等操作问题。

4. 在能源工业中的应用

(1) 电力行业是能源工业的重要组成部分，电力建设中使用到的许多施工机械，如液压提升装置、水平推拉、牵引和卷扬装置，大多采用液压系统；大型发电机组采用液压系统进行转速控制；制造电力设备的零部件时使用的专用设备，如电站锅炉专用管路的弯管机等，大多采用液压系统。

(2) 煤炭采掘类机械也是液压系统应用的重要领域。煤炭采掘类机械包括采掘机械、割煤机械、洗选机械、运输和二次加工机械，以及液压驱动采煤综合机械化成套设备、地上煤炭装卸生产线、原煤取样机等。

(3) 石油、天然气探采机械采用的液压系统具有功率大、工况复杂、载荷变化大等特殊要求，能适应沙漠、海上和水下等比较恶劣工作环境条件。石油、天然气探采机械包括自升式和步行式海洋钻井平台，钻机，抽油机，捞油车等各种油田作业车辆，井口自动化工具，输油管道加工试压装置等。

5. 在化学工业中的应用

在各类化工生产中，为了防止易燃、易爆的化工原料和产品引发燃烧和爆炸事故，实现生产过程的机械化、自动化，大部分的机械设备，如橡胶、塑料加工使用的切胶机，炼胶、炼塑用的密炼机，注塑机，压制、压榨机，硫化机和各种生产线机械设备、维护工具与装置都应用液压系统进行传动和控制。

6. 在工程机械、路桥工程与运输行业中的应用

(1) 工程机械除了传统的机械（挖土机等）外，如沥青道路修补车、冲击压路机、高空作业车等应用液压技术后，可实现功率大、体积小、结构简单、便于遥控操纵和过载保护等作业要求。

(2) 铁道工程中的钢轨铺设、轨枕起重运输机械，铁路栈桥，地铁车辆；隧道施工机械中的液压凿岩台车、岩石掘进机、轮胎式装载机、喷浆机械手等；养路机械中的轨行式道渣清筛机、道床整形机、夯实机等成套设备大量采用了液压传动和计算机控制技术。

(3) 公路运输行业中的汽车维修举升机、地下汽车库升降平台和公路架桥机等机械设备都采用了液压技术。

7. 在建材和建筑业中的应用

(1) 在建材行业中的建筑陶瓷加工成形机、石材加工（如石材切割、磨光等）机械、水泥生产机械（如回转窑、篦冷机等）、建筑材料多种生产线机械设备大多采用液压技术。

(2) 建筑工程机械中的土石方作业机械（如挖掘机械、装载机械、推土铲土机械、凿岩机械等）和建筑施工机械（如钢筋剪切、折弯机械，夯实机械，混凝土输送机械，建筑门窗清洗、涂覆机械等）大多采用液压技术。

8. 在农、林、牧机械中的应用

液压技术在拖拉机、联合收割机、青饲料切割机、林木球果采集机器人、机械手、饲料压块机和奶牛手术台等设备中获得应用,提高了农、林、牧机械的作业效率和质量,减少了物料损失和能耗。

9. 在家电制造业与五金工业中的应用

(1) 家电制造业中的生产设备采用液压技术,可实现生产制造自动化和机电一体化。如显像管玻壳剪切机床、冰箱箱体折弯机、电冰箱内胆热成形机等,都应用了液压技术。

(2) 五金工业中的制钉机、工具锤装柄机、门锁成形机、工具石热压烧结机等,采用液压技术后,可适应产品多样化的市场需求,加快实现生产制造过程机电一体化的进程。

10. 在轻工和纺织工业中的应用

(1) 轻工机械包括各种日常生活用品的制造机械和食品机械,如表壳热冲压成形机、弯曲木家具压力机、皮革烫平机、密度板切边机、植物油灌装机等,这些设备广泛应用了液压技术。

(2) 纺织机械中的经轴装卸车、冷压堆卷布机、毛呢罐蒸机、自动卷染机等都采用液压传动和控制技术。

11. 在航空和河海工程中的应用

(1) 在航空领域中,飞机自身的飞机执行器,如起落架收放系统、主供压系统,以及地面设施中的飞机综合包伞机、登机车活动风雨棚、飞机维修升降平台车等设施都应用了液压技术。

(2) 河海工程作业设备中的甲板机械、河流穿越设备、船只舵机、深潜救生艇、水下机器人及钻孔机等,采用液压技术后具有了安全可靠,高精度、小型化和集成化等特点。

12. 在公共设施及环保设备中的应用

(1) 公共设施中一些新型的设备,如客运索道、广播电视塔、升降舞台、医用牵引机、升降式立体车库等,都应用了液压技术。

(2) 在环保设备中的垃圾破碎机、垃圾压块机、垃圾压榨机、扫路车等大多采用液压技术。

此外,武器装备、液压工业和教学试验设备、质检和检测设备也大多应用液压技术,以实现不同的功能和控制要求。

四、液压系统典型应用示例

(一) 剪切机液压系统

剪切机是常见的金属成形加工设备,其液压系统原理图如图 1-3 所示。

1. 剪切机的功能与组成

剪切机主要用于板料的剪切加工。如图 1-4 所示,剪切机由送料机构 4、料架 5、压块 1 和剪刀 2 组成。物料的压紧与剪切由液压缸驱动,各工作机构由电气行程开关(SQ1~SQ5)与 PLC 共同实现自动控制。

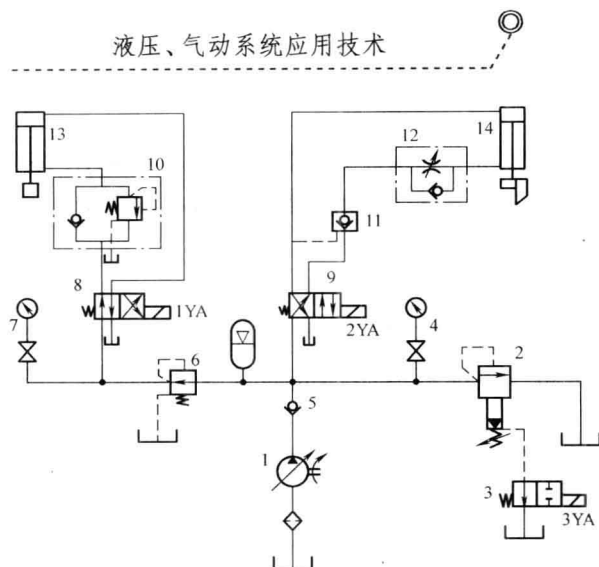


图 1-3 剪切机液压系统原理图

1—变量液压泵；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4、7—压力表及其开关；5—单向阀；6—减压阀；8、9—二位四通电磁换向阀；10—单向顺序阀；11—液控单向阀；12—单向节流阀；13—剪刀液压缸；14—压块液压缸

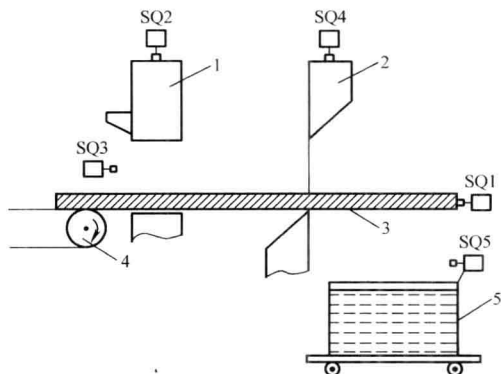


图 1-4 剪切机结构原理图

1—压块；2—剪刀；3—物料；
4—送料机构；5—料架

2. 剪切机的工作过程

(1) 剪切机在初始位置时，压紧物料的压块 1 在上部位置，行程开关 SQ2 被顶开，剪刀也在上部，行程开关 SQ4 被顶开，行程开关 SQ1 和 SQ5 均为常开。

(2) 剪切机在进入工作状态前，物料放在送料带上，启动液压系统并升压到工作压力后，开动送料机构，向前输送物料。

(3) 当物料送至规定的剪切长度时压下行程开关 SQ1 发信，使送料机构停止，压块由液压缸带动下落，接通开关 SQ2。

(4) 当压块下落到压紧物料位置触动 SQ3 时，剪刀由另一液压缸带动下降，行程开关 SQ4 接通。

(5) 剪刀切断物料后，物料下落，行程开关 SQ1 复位断开。

(6) 板料剪下落到料架上，每落料一次，SQ5 接通一次，计数一次。与此同时，压块和剪刀分别回程复位，完成一次工作循环。

3. 剪切机液压系统工作原理

剪切机液压系统原理如图 1-3 所示。系统油源为变量液压泵 1，先导式溢流阀 2 用于设定系统的工作压力（由压力表及其开关 4 显示），接溢流阀 2 的遥控口的电磁换向阀 3，用于控制液压系统卸载，系统的执行器为压块液压缸 14 和剪刀液压缸 13，两缸的运动方向分别由电磁换向阀 8 和 9 控制；压块缸的工作压力较低，由减压阀 6 设定并由压力表及其开关 7 显示；单向顺序阀 10 作平衡阀，用于防止释压时压块缸因自重下落。单向节流阀 12 用于剪刀缸下降时的回油节流调速，液控单向阀 11 用于剪刀缸上位时的锁紧。根据剪切机的工作要求，实现其自动工作循环。电控元件状态表见表 1-1。读者可通过该表了解剪切机液压系统在各工况下的油液流动路线。

表 1-1 剪切机液压系统电控元件状态表

工 序 号	工 序 名 称	发信元件		执行元件					输入及检测元件				
		手动	自动	JC2 送料机	JC1 液压泵	3YA	2YA	1YA	SQ5	SQ4	SQ3	SQ2	SQ1
前期操作	液压泵启动	SB1	—		+								
	升压	SB2	—		+	+							
	液压泵停止	SB3	—										
1	送 料	SB4	SQ2	+	+	+							
2	定尺到位，压块下降	SB5	SQ1		+	+						+	+
3	压块压住板料，剪刀下降	SB6	SQ3		+	+	+	+		+	+	+	+
4	板料断裂下落，剪刀回程	—	T50		+	+		+	+	+		+	
5	剪刀回程到位，压块回程	SB7	SQ4		+	+						+	
6	压块回程到位	—	SQ2		+	+							
7	总 停	SB0	—										

注 “+”表示此时该元件通电动合状态。

（二）机械手典型液压系统

液压机械手是常用的输送机械装置，常用作辅助机械设备。图 1-5（a）所示为液压机械手示意图，图 1-5（b）所示为机械手液压系统原理图。

1. 液压机械手的基本动作

液压机械手一般有 5 个基本动作要求，可完成各种形式的自动控制动作：

- （1）手臂摆动回转，使机械手爪面向抓取物体，由齿轮、齿条液压缸 20 驱动。
- （2）手臂上下，由单活塞液压缸 27 驱动。
- （3）手臂伸缩，由伸缩套筒液压缸 28 实现。
- （4）手臂回转，由齿轮、齿条液压缸 19 实现。
- （5）手爪夹紧和松开，由单作用活塞式液压缸 18 来实现。

2. 机械手液压系统工作过程

实现以上动作的液压系统在电气控制系统的控制作用下，按一定的程序通、断电来控制五个液压缸的顺序动作，液压系统（见图 1-5）的工作过程如下。

（1）动力部分（辅助部分）由过滤器 1、单向变量液压泵 2、溢流阀 3、单向阀 4、压力继电器 5、蓄能器 6 等组成。工作、控制过程如下：

- 1）单向变量液压泵 2 输出压力调整到系统所需的压力，由溢流阀 3 调整。
 - 2）液压泵和蓄能器向系统同时供油起到稳速、稳压的作用，可吸收液压冲击，使系统工作平稳，安全可靠。
 - 3）压力继电器可控制系统的压力，并与电气控制系统实现控制信号传递。
- （2）手臂摆动回转动作控制部分由节流阀 12、电磁阀 11，换向阀 9，单向节流阀 21、22，齿轮、齿条液压缸 20 构成。工作、控制过程如下：

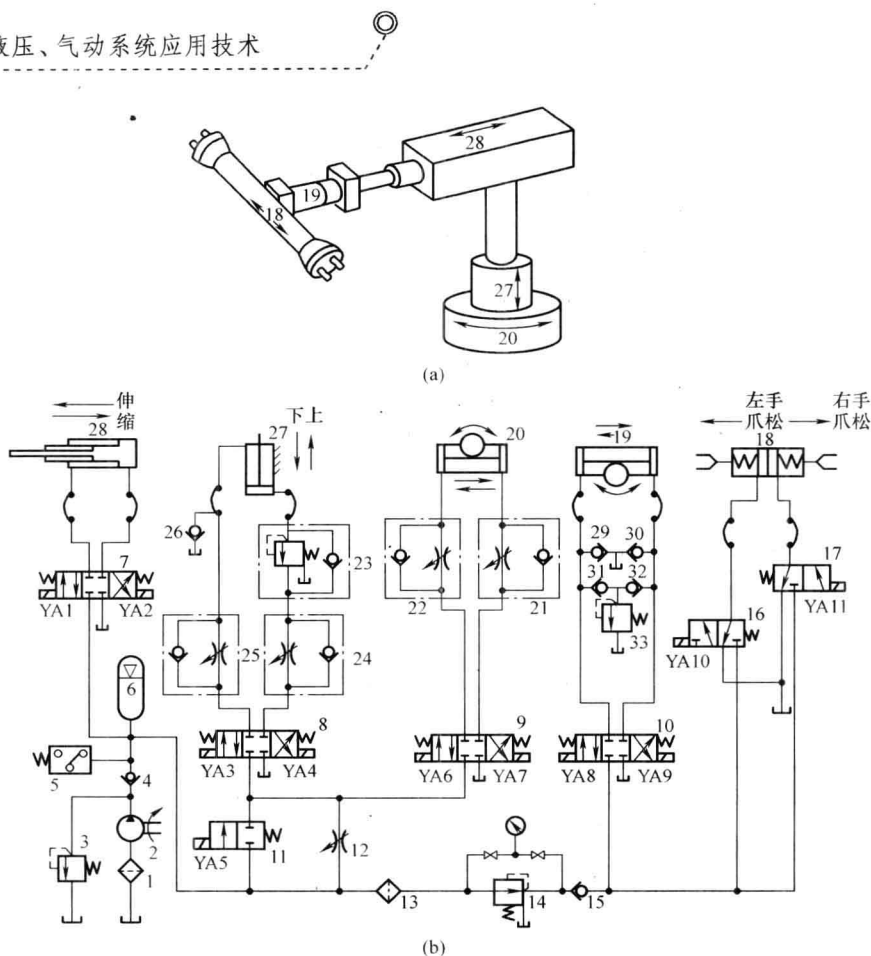


图 1-5 液压机械手

(a) 机械手示意图; (b) 液压系统原理图

1—过滤器; 2—单向变量液压泵; 3、33—溢流阀; 4、15、26、29、30、31、32—单向阀;
5—压力继电器; 6—蓄能器; 7、8、9、10—换向阀; 11、16、17—电磁阀; 12—节流阀;
13—精滤器; 14—减压阀; 18—单作用活塞式液压缸; 19、20—齿轮、齿条液压缸; 21、22、
24、25—单向节流阀; 23—单向顺序阀; 27—单杆液压缸; 28—伸缩套筒液压缸

1) 手臂顺转。YA5 通电, 电磁阀 11 左位接入系统; YA7 通电, 换向阀 9 右位接入系统。油路走向为: 泵 2→阀 4→阀 11→阀 9→阀 21 中的单向阀→缸 20 右腔; 缸 20 左腔→阀 22 中的节流阀→阀 9→油箱, 实现手臂顺时针快转。若 YA5 断电, 电磁阀 11 右位接入系统, 油路走向为: 泵 2→阀 12→缸 20 右腔, 实现手臂顺时针慢转。

2) 手臂逆转。YA5、YA6 通电, 手臂可实现逆时针快转; YA5 断电, 手臂逆时针慢转。手臂快转速度由阀 21、22 中的节流阀调节; 手臂慢转速度由节流阀 12 调节。

(3) 手臂上下控制部分由节流阀 12、电磁阀 11, 换向阀 8, 单向节流阀 24、25, 单向顺序阀 23, 单杆液压缸 27, 单向阀 26 组成。工作、控制过程如下:

1) 手臂向下。YA5 通电, 电磁阀 11 左位接入系统, YA3 通电, 换向阀 8 左位接入系统。油路走向为: 泵 2→阀 4→阀 11→阀 8→阀 25 中的单向阀→缸 27 上腔; 缸 27 下腔→阀 23 中顺序阀 (背压阀)→阀 24 中的节流阀→阀 8→油箱, 实现手臂快速向下。若 YA5 断电, 电磁阀 11 右位接入系统, 油路走向为: 泵 2→阀 12→缸 27 上腔, 实现慢速