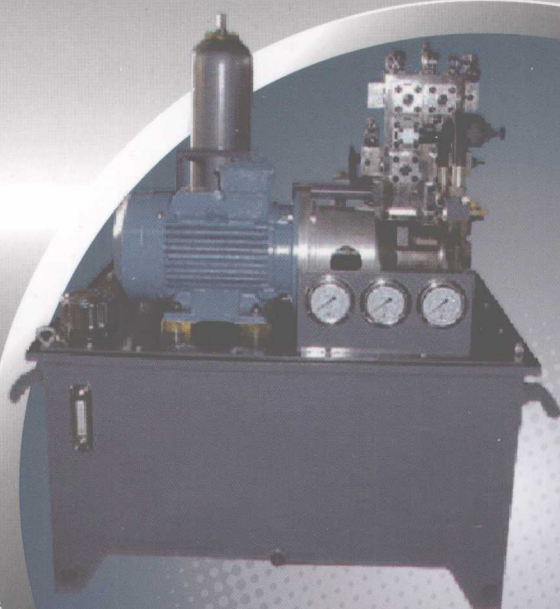
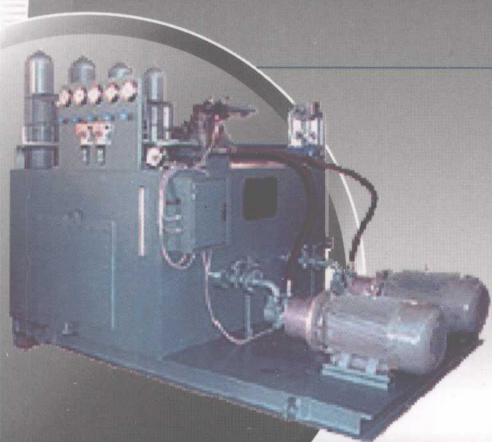


实用液压技术丛书

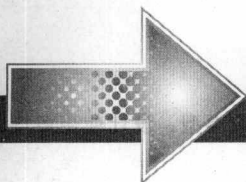
YEYAZHAN

液压站

张利平 编著



化学工业出版社

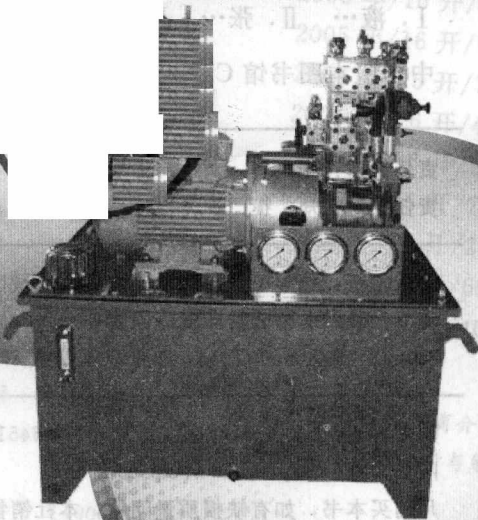
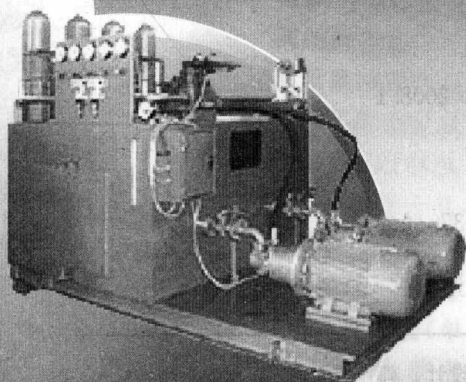


实用液压技术丛书

YEYAZHAN

液压站

张利平 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《实用液压技术丛书》之一,主要包括液压站的功用、结构类型、设计使用要点、结构总成、典型产品、安装调试、使用维护及故障排除方法等内容。

为方便读者解决液压站设计和使用中遇到的各类问题,本书在最后一章中简要介绍了CAD技术以及污染、泄漏、冲击振动与噪声控制等应注意的问题,并在附录部分收入了国内最新液压标准目录,摘录了液压系统通用技术条件和常用液压图形符号标准(其他基础标准亦分散渗透到各相关章节中)。

本书可供各行业液压工程技术人员、技术工人和现场工作人员使用和参阅,并可作为高等学校、高职高专、成人教育、电视大学的选修课教材及课程设计和毕业设计的参考书,还可作为工矿企业的短期培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

液压站/张利平编著. —北京:化学工业出版社, 2008.1
(实用液压技术丛书)
ISBN 978-7-122-01742-0

I. 液… II. 张… III. 液压泵站 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 200591 号

责任编辑:张兴辉 黄 滢

装帧设计:韩 飞

责任校对:郑 捷

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 装:北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张20 字数370千字 2008年2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:35.00 元

版权所有 违者必究

前言

液压站是现代液压技术中应用最为广泛的结构形态,既是各类液压系统设计过程的归宿,又是保证主机完成其工艺目的和长期可靠工作的重要装置。正确地设计和使用液压站,对于提高液压系统乃至整个液压设备的工作品质和技术经济性能,具有重要意义。

然而现实情况是,由于专门介绍液压站的书籍极少,从而使得液压技术的设计和使用人员,特别是那些半路改行或初次涉足液压技术的人员以及在校学生,不得不通过查阅散见于各类设计手册或教科书中的零星材料,去解决液压站设计与使用中所遇到的各类问题,费时费力,严重影响了液压站设计和使用工作的开展与质量。为此,作者于2004年曾编著出版过一本《液压站设计与使用》(以下简称“原书”),对改变上述状况起到了一定作用。原书从面世至今,一直得到广大读者及液压技术从业人员的关注、欢迎和鼓励,并提出了许多建设性意见。与四年前相比,面对电气控制技术和绿色环保的新挑战,通过相关领域现代先进技术的移植,液压技术在纯水液压、模块化设计、电液整合与控制、变频调速节能技术等方面又有了新的进展;人们对液压传动与控制技术优势的认识进一步深化和提高,随之,其应用几乎无处不在,甚至涵盖了传统观念认为液压技术应用的某些禁区(如肉类食品加工设备,粉、水针剂医药灌装生产线等领域),充分体现了液压技术小产品、大市场的显著特点。

为了适应上述变化,在认真总结和分析原书所存在问题的基础上,重新编写了这本《液压站》(以下简称“新书”),并作为《实用液压技术丛书》之一,以期对提升液压技术从业人员在液压站方面的设计和使用水平有所帮助。新书共分8章,在简要介绍液压系统设计计算的基础上,重点介绍液压站的结构设计和使用方法。

新书力求进一步体现系统、先进、新颖和实用的特色,为此,在保持原书的框架和风格的基础上,对原书内容进行了较大的增减、压缩和更新:

① 删减了一些使用率低、读者面窄的内容,如液压控制装置的链式集成、液压系统的振动机理分析等;

② 适当压缩了一些占用篇幅过大但又容易从相关手册或产品样本上查得的内容,如通用集成块系列和液压元(辅)件产品系列(型谱)及其外形尺寸等;

③ 新增了液压站典型产品(第6章)和液压站设计使用中应当重视的若干问题(第7章),以及用CAXA实体设计(CAXASolid)三维图形软件对油路块CAD、油路块的轻型化设计和常用液压元件计算公式等;

④ 进一步加强使用维护和故障排除相关内容的介绍,如在保留原有内容基础上,新增了液压控制系统的调试、开环和闭环控制系统的故障诊断以及液压泵、液压阀和液压辅件的常见故障及其排除方法;

⑤ 更新了书中许多插图和所涉及的各种标准,书末以附录形式给出了最新版本液压标准(国家标准与行业标准)目录,并摘录了液压系统通用技术条件和常用液压图形符号标准(其他基础标准亦分散渗透于各相关章节中),以方便读者在实际工作中查阅和使用。

本书可供各行业液压工程技术人员、技术工人、现场工作人员使用和参阅,并可作为高等学校、高职高专、成人教育、电视大学的选修课教材及课程设计和毕业设计的参考书,还可作为工矿企业的短期培训教材。

本书由张利平编著。高志强、张秀敏、张津参与了本书的前期策划及部分文稿的录入校对工作,刘文学、王惠霄、牛振英、张书认、吴宗哲、张保令等参与了本书部分插图的绘制及部分文稿的整理工作。

在此,对在本书编写过程中给予鼎力支持、鼓励的单位与个人表示衷心谢意。限于水平和调查研究尚不全面,书中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 液压系统概述与设计计算 1

1.1 液压技术的基本原理与特征 1

1.1.1 液压技术的基本原理 1

1.1.2 液压技术的特征 1

1.2 液压系统的组成与表示 2

1.2.1 液压系统的组成部分及功能作用 2

1.2.2 液压系统的表示及注意事项 2

1.3 液压技术的优势、应用与发展 3

1.4 液压系统的分类 4

1.5 液压系统的设计计算内容步骤与方法要点 9

1.5.1 设计计算内容步骤 9

1.5.2 明确技术要求 9

1.5.3 液压系统的功能设计 10

1.5.4 组成元件设计 18

1.5.5 液压系统性能验算 28

1.5.6 液压系统的施工设计 31

1.6 液压传动系统设计计算举例——单面多轴钻孔组合机床液压系统设计 31

1.6.1 技术要求 31

1.6.2 工况分析 32

1.6.3 确定主要参数, 编制

工况图 32

1.6.4 拟定液压系统原理图 34

1.6.5 组成液压元件设计 34

1.6.6 验算液压系统性能 36

第 2 章 液压站的结构类型与设计使用

要点 40

2.1 液压装置及液压站的结构类型与应用 40

2.1.1 分散配置型 40

2.1.2 集中配置型 (液压站) 41

2.2 液压系统施工设计的目的与内容 46

2.3 液压站的选择、设计和使用要点 47

2.3.1 液压站的选择 47

2.3.2 液压站的设计 47

2.3.3 液压站的使用要点 48

第 3 章 液压泵站 (液压动力源) 51

3.1 液压泵站的组成及类型 51

3.1.1 液压泵站的组成 51

3.1.2 液压泵站的类型 52

3.2 液压油箱及其附件 57

3.2.1 油箱的功能 57

3.2.2 油箱的类型 58

3.2.3 油箱的容量 61

3.2.4 标准油箱的规格及外形尺寸 62

3.2.5 油箱的结构及其设计和使用要点 62

3.2.6 油箱的工作图样和制造工艺 75

3.2.7 油箱产品 78

3.3 液压泵组 81

3.3.1	布置方式	81
3.3.2	连接和安装方式	81
3.3.3	液压泵的安装姿态	85
3.3.4	液压泵组的传动底座	85
3.3.5	防振降噪措施	85
3.3.6	液压泵组的工作图样	85
3.4	蓄能器装置	87
3.4.1	蓄能器装置的设计与 安装	87
3.4.2	蓄能器使用注意事项	89
第4章	液压控制装置(液压阀组)	90
4.1	液压控制装置的集成化方式	90
4.1.1	有管集成	90
4.1.2	无管集成	90
4.2	无管集成液压控制装置的设计 流程及要求	91
4.2.1	一般设计流程	91
4.2.2	油路块(阀块)的共性 要求	92
4.2.3	液压控制装置总装图的内容 及要求	93
4.3	液压控制装置的板式集成	96
4.3.1	结构特征	96
4.3.2	设计要点(以整体式油路 板为例)	98
4.4	液压控制装置的块式集成	103
4.4.1	结构特征	103
4.4.2	设计要点	104
4.4.3	通用集成块系列	113
4.5	液压控制装置的叠加阀式 集成	117
4.5.1	结构特征	117
4.5.2	设计要点	119
4.6	液压控制装置的插入式集成	122
4.6.1	结构特征	122
4.6.2	设计要点	123
4.7	液压控制装置的复合式集成	125

第5章	液压站总成	127
5.1	管路选择、布置与连接	127
5.1.1	管路作用及要求	127
5.1.2	管路的选定与布置	129
5.2	电气控制装置	143
5.2.1	功用与类型	143
5.2.2	继电器接触式电气控制	144
5.2.3	可编程序控制	151
5.2.4	线缆的选择与布置	162
5.2.5	电气控制柜(箱)的设计 与配置	163
5.3	液压站总图的设计与绘制	163
5.4	液压站技术文件的编制	166
5.5	全面审查	166
5.5.1	总体审查	166
5.5.2	组成元件审查	166
第6章	液压站典型产品	168
6.1	YZ系列液压站	168
6.1.1	功用及组成	168
6.1.2	结构形式、主要技术参数 及型号意义	168
6.1.3	外形尺寸	169
6.2	SYZ系列液压站	171
6.3	TND360-2型液压站	172
6.4	UZ系列微型液压站	172
6.4.1	特点	172
6.4.2	主要技术性能及型号 意义	174
6.4.3	常用基本回路	175
6.4.4	外形结构尺寸	175
6.5	BZ系列超高压液压泵站	175
6.6	UP系列液压动力包(液压动力 单元)	176
6.6.1	概貌	177
6.6.2	型号意义及标记示例	177
6.6.3	技术规格	178
6.6.4	外形尺寸	186

6.7 SYB 系列手动液压泵	187	8.3.1 传统油路块存在的问题 ...	256
第 7 章 液压站的安装调试、使用维护与故障排除	189	8.3.2 油路块轻型化结构要点和特点	257
7.1 液压站的安装调试	189	8.4 污染控制	258
7.1.1 液压站的安装	189	8.4.1 污染物的形态及来源	259
7.1.2 液压站(系统)的调试	201	8.4.2 油液污染度的测定和污染度等级	259
7.2 液压站(系统)的使用与维护	207	8.4.3 油液污染对液压系统的危害	260
7.2.1 使用与维护的一般注意事项	208	8.4.4 污染控制措施	262
7.2.2 液压站(系统)的检查	208	8.5 泄漏控制	263
7.2.3 液压站(系统)的检修及其注意事项	210	8.5.1 泄漏及其危害	263
7.3 液压站(系统)的故障排除	211	8.5.2 液压系统泄漏的主要部位及原因	263
7.3.1 故障诊断和排除的常用方法与注意事项	211	8.5.3 液压装置泄漏控制的基本准则	264
7.3.2 常见故障及其诊断排除方法	212	8.5.4 液压系统的泄漏控制措施	267
第 8 章 液压站设计和使用中应重视的若干问题	236	8.6 液压冲击、振动与噪声控制 ...	268
8.1 调查研究及技术资料的运用 ...	236	8.6.1 液压冲击的控制	268
8.2 计算机辅助设计(CAD)技术的应用	237	8.6.2 振动与噪声控制	269
8.2.1 概述	237	附录	275
8.2.2 液压系统原理图 CAD	238	附录 1 常用液压标准目录	275
8.2.3 油路块 CAD	240	附录 2 液压系统通用技术条件 (摘自 GB/T 3766—2001)	278
8.3 油路块的轻型化结构及设计 ...	256	附录 3 常用液压气动图形符号	302
		参考文献	309

第1章

液压系统概述与设计计算

1.1 液压技术的基本原理与特征

1.1.1 液压技术的基本原理

液压传动与控制简称为液压技术，它是以液体为工作介质，利用液体的静压能实现信息、运动和动力的传递及工程控制的技术，其工作原理基于流体力学的帕斯卡原理（液体静压力传递原理），所以又称为容积式液体传动或静液传动。

液压传动与控制的机械设备或装置中，其液压系统大部分使用具有连续流动性的液压油作为工作介质，通过液压泵将驱动泵的原动机的机械能转换成液体的压力能，然后经过封闭管路及控制阀（压力阀、流量阀和方向阀），送至执行器（液压缸、液压马达或摆动液压马达）中，转换为机械能去驱动负载和实现工作机构所需的直线运动或回转运动。

1.1.2 液压技术的特征

众所周知，液压技术具有以下四个特征。

① 液压工作介质是在受调节和控制下工作，故不仅能作为“传动”之用，而且还能作为“控制”之用，二者很难截然分开。

② 液压技术中，与外负载力相对应的液体参数是压力，与运动速度相对应的液体参数是流量，故压力和流量是液压系统中两个最基本的参数。

③ 如果忽略各种损失，液压传动的力与速度彼此无关，既可实现与负载无关的任何运动规律，也可借助各种控制机构实现与负载有关的各种运动规律。

④ 液压传动可以省力但不省功。

1.2 液压系统的组成与表示

1.2.1 液压系统的组成部分及功能作用

液压系统通常都是由液压元件（包括能源元件、执行器、控制元件、辅助元件）和工作介质两大部分所组成，各部分的功能作用如表 1-1 所列。目前，液压元件多数已实现了通用化、系列化和标准化。

表 1-1 液压系统的组成部分及功用

组 成 部 分			功 用
液 压 元 件	能源元件	液压泵及其驱动原动机(电动机或内燃机)	将原动机产生的机械能转变为液体的压力能,输出具有一定压力的油液
	执行器	液压缸、液压马达和摆动液压马达	将液体的压力能转变为机械能,用以驱动工作机构的负载做功,实现往复直线运动、连续回转运动或摆动
	控制元件	压力、流量、方向控制阀及其他控制元件	控制调节液压系统中从泵到执行器的油液压力、流量和方向,从而控制执行器输出的力(转矩)、速度(转速)和方向以保证执行器驱动的主机工作机构完成预定的运动规律
	辅助元件	油箱、管件、过滤器、热交换器、蓄能器及指示仪表等	用来存放、提供和回收液压介质,实现液压元件之间的连接及传输载能液压介质,滤除液压介质中的杂质、保持系统正常工作所需的介质清洁度,系统加热或散热,储存、释放液压能或吸收液压脉动和冲击,显示系统压力、油温等
	工作介质	液压油或其他合成液体	作为系统的载能介质,在传递能量的同时并起润滑冷却作用

一般而言，能够实现某种特定功能的液压元件的组合，称为液压回路，而若干特定的基本功能回路连接或复合而成的总体则称为液压系统。

1.2.2 液压系统的表示及注意事项

液压系统的组成、工作原理、功能、工作循环及控制方式等，通常是利用标准图形符号绘制成的液压系统原理图进行表示。此种表示法由于图形符号仅表示液压元件的功能、操作（控制）方法及外部连接口，并不表示液压、气动元件的具体结构、性能参数、连接口的实际位置及元件的安装位置，仅用来表达系统中各类元件的作用和整个系统的组成、油路联系和工作原理，因此，简单明了，便

于绘制和技术交流。利用专门开发的计算机图形库软件,还可大大提高液压系统原理图的设计、绘制效率及质量。我国的液压图形符号标准为 GB/T 786.1—1993 (见本书附录 4),在液压技术中,应严格执行这一标准。图 1-1 为采用图形符号绘制的液压系统原理图。

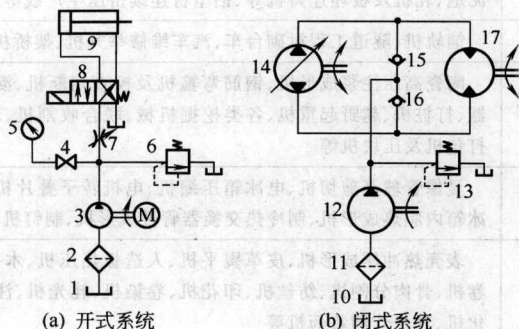


图 1-1 用图形符号绘制的液压系统原理图示例

1,10—油箱; 2,11—过滤器; 3,12—单向定量液压泵; 4—压力表
开关; 5—压力表; 6,13—溢流阀; 7—节流阀; 8—二位四通
电磁换向阀; 9—活塞式单杆液压缸; 14—双向变量液
压泵; 15,16—单向阀; 17—双向定量液压马达

采用 GB/T 786.1—1993 绘制系统原理图时一般应注意以下事项:

- ① 元件图形符号可根据图纸幅面大小按适当比例增大或缩小绘制,以清晰美观为原则;
- ② 元件一般以静态或零位 (例如电磁换向阀应为断电后的工作位置) 画出;
- ③ 元件的方向可视具体情况进行水平、垂直或反转 180° 绘制,但液压油箱必须水平绘制且开口向上。

1.3 液压技术的优势、应用与发展

与其他传动控制技术相比,液压技术具有能量密度高、配置灵活方便、调速范围大、工作平稳且快速性好、易于操纵控制并实现过载保护、易于实现自动化和机电液整合、系统设计制造和使用维护方便等多种显著的技术优势,因而使其成为现代机械工程的基本技术构成和现代控制工程的基本技术要素。

作为现代机械设备实现传动与控制的重要手段,液压技术在国民经济各领域得到了广泛应用,表 1-2 是近年来液压技术的一些典型应用实例。

表 1-2 液压技术的应用

应用领域	采用液压技术的机器设备和装置
机械制造	离心铸造机、液压机、焊接机、淬火机、金属切削机床及数控加工中心、机械手及机器人等
能源与冶金工业	电站锅炉、煤矿液压支架及钻机、海洋石油钻井平台及石油钻机、高炉液压泥炮、轧机及板坯连铸机等、铝型材连续挤压生产线等
铁路和公路交通	铺轨机、隧道工程衬砌台车、汽车维修升降机、架桥机等
建材、建筑、工程机械及农林牧机械	陶瓷高压注浆成形机、钢筋弯箍机及校直切断机、混凝土泵、液压锤、碎石器、打桩机、越野起重机、各类挖掘机械、联合收割机、球果采集机器人、饲草打包机及压块机等
家用电器与五金制造	显像管玻壳剪切机、电冰箱压缩机、电机转子叠片机、冰箱箱体折弯机、电冰箱内胆热成形机、制冷热交换器管元件成形机、制钉机、门锁成形压机等
轻工、纺织及化工	表壳热冲压成形机、皮革熨平机、人造板热压机、木家具多向压机、纸张复卷机、骨肉分割机、纺丝机、印花机、卷染机、轧光机、注塑机、吹塑机、橡胶硫化机、乳化炸药装药机等
航空航天工程、河海工程及武器装备	大型客机、飞机场地面设备、卫星发射等航空航天设备、河流穿越设备、舵机、水下机器人及钻孔机、波浪补偿起重机、炮塔仰俯装置、地空导弹发射装置等
计量质检、装置、特种设备及公共设施	万能试验机、电梯、纯水灭火器、客运索道、剧院升降舞台、游艺机、捆钞机、医用牵引床、垃圾破碎机 and 压榨机、污泥自卸车、万吨高层建筑物的整体平移工程等

目前，液压技术及产品的发展方向 and 趋势为节能化、智能化、电子化、高压化、小型化、集成化、复合化、个性化、长寿命、高可靠性、绿色化（低污染、低噪声、低振动、无泄漏）等，以满足 and 适应各类相关主机产品的节能、环保、高效、自动、安全、可靠等要求。

1.4 液压系统的分类

液压系统可以按多种方式进行分类，各类液压系统的特点及示例如下。

(1) 按油液循环方式分类

① 开式系统 此类系统，液压泵从油箱吸油，执行器回油返回油箱，系统需要较大容积的油箱。这种系统 in 应用最为普遍。开式系统示例如图 1-1 (a) 所示，液压泵 3 经过滤器 2 从油箱 1 吸油，经节流阀 7、换向阀 8 进入液压缸 9（也可以是液压马达或摆动液压马达），液压缸或液压马达的回油经阀 8 排回油箱，工作液在油箱中冷却及沉淀后再进行工作循环。

② 闭式系统 此类系统，执行器排出的油液返回到泵的进口。系统效率较

高,需用补油装置补油,并用冲洗阀换油进行热交换。多用于车辆、起重运输机械、船舶绞车、造纸和纺织等机械设备中。闭式系统示例如图 1-1 (b) 所示,变量液压泵 14 的吸油管路直接与液压马达 17 的回油管路相连通,形成一个闭合回路,补油泵 12 经单向阀 15 或 16 向高压侧补油,以补偿系统中各液压元件的泄漏损失。

(2) 按用途分类

① 固定设备用系统 此类液压系统多为开式系统,包括用于各类工业设备如机床(工件夹紧、工作台进给、换向、主轴驱动)、压力机(压制、压边、换向、工件顶出),压铸机及注塑机(合模、脱模、预塑、注射机构),甚至公共设施如医疗器械、垃圾压榨等机械设备和工作装置中的系统。

② 行走设备用系统 此类液压系统既有开式系统也有闭式系统,包括用于车辆行驶(行走驱动、转向、制动及其工作装置),物料传送装卸搬运设备(传递机构、转位机构)以及航空、航天、航海工程中的各种系统。

(3) 按工作特征分类

① 液压传动系统 这种系统一般为不带反馈的开环系统(图 1-2 为其原理方块图),以传递动力为主,以传递信息为次,追求传动特性的完善。系统的工作特性由各组成液压元件的特性和它们的相互作用来确定,其工作质量受工作条件变化的影响较大。液压传动系统应用较为普遍,大多数工业设备液压系统属于此类。图 1-1 所示的系统即为液压传动系统之一。

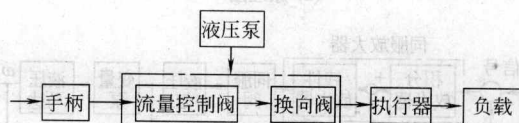


图 1-2 开环控制的系统原理方块图

② 液压控制系统 这种系统多为采用伺服阀等电液控制阀组成的带反馈的闭环系统(图 1-3 为其原理方块图),以传递信息为主,以传递动力为次,追求控制特性的完善。由于加入了检测反馈,故可用一般元件组成精确的控制系统,其控制质量受工作条件变化的影响较小。液压控制系统在高精数控机床、冶金、航空、航天等领域应用广泛。

液压控制系统示例如图 1-4 所示,这是一个泵控式电液速度控制系统,通过改变双向变量泵 5 的排量对液压马达 6 调速。而变量泵的排量调节通过电液伺服阀 2 和双杆液压缸 3 组成的阀控式电液伺服机构(经常附设在变量泵的內部)的位移调节来实现。负载与指令机构间设有测速电动机(速度传感器)9,从而构

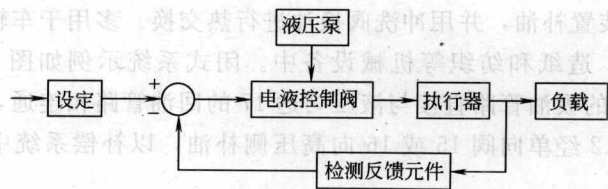
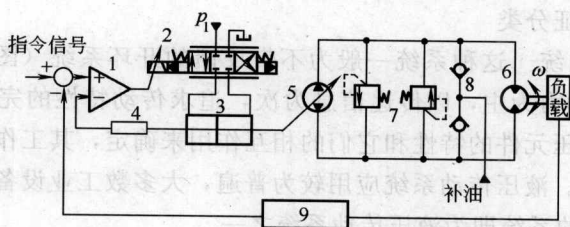
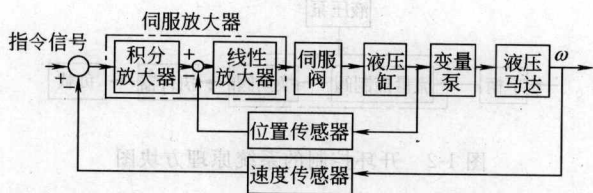


图 1-3 闭环控制的系统原理方块图

成一个闭环速度控制系统。当系统输入指令信号后，控制液压源的压力油经电液伺服阀 2 向双杆液压缸 3 供油，使液压缸驱动变量泵的变量机构在一定位置下工作；液压马达的输出速度 ω 由测速电机检测，转换为反馈信号，与输入指令信号相比较，得出偏差信号控制电液伺服阀的阀口开度，从而使变量泵的变量机构即变量泵的排量保持在设定值附近，最终保证液压马达 6 在希望的转速值附近工作。位置传感器 4 构成内部反馈环节，用以提高系统的控制精度。



(a) 原理图



(b) 方块图

图 1-4 泵控式电液伺服速度控制系统

- 1—伺服放大器；2—电液伺服阀；3—双杆液压缸；4—位置传感器；5—双向变量液压泵；
6—双向定量液压马达；7—安全溢流阀组；8—补油单向阀；9—测速电动机

(4) 按执行器速度控制方式分类

① 阀控系统 此类系统通过改变阀的节流口开度控制流量，从而控制执行器的速度。由于存在节流和溢流损失，故通常效率较低。阀控系统几乎用于各种机械设备。阀控系统示例如图 1-1 (a) 所示，通过改变节流阀 7 的节流口开度

控制流量，从而控制液压缸 9 的速度。

② 泵排量控制系统 此类系统通过改变变量泵的排量进行速度无级控制或通过多台定量泵组合供液来控制流量，进行有级速度控制。由于无节流和溢流损失，故效率较高。主要用于压力加工机械、橡胶塑料机械等大功率液压设备。图 1-1 (b) 所示为采用变量泵的泵控系统，通过改变变量泵 14 的排量来控制流量，从而控制液压马达 17 的速度。

③ 泵转速控制系统（变频调速泵控制系统） 此类系统通过改变驱动泵的电动机的转速改变泵的输出流量，实现系统的流量调节和执行器的速度控制。由于可以减小油箱容量和介质消耗，能量损失小，运行成本低，是一种极具发展前景的控制方式。

④ 执行器控制系统 此类系统通过改变作为执行器的变量液压马达排量或通过多定量液压马达组合工作或通过改变复合液压缸作用面积来控制流量，从而控制速度。与泵控系统类似，此类系统由于无节流和溢流损失，故效率较高。主要用于行走机械、压力加工机械等液压设备。

变量液压马达控制的系统示例如图 1-5 所示。多定量液压马达组合工作系统示例如图 1-6 所示，并联的两个定量液压马达 1 和 2 的输出轴刚性地连接在一起，二位四通手动换向阀 3 左位工作时，压力油仅驱动马达 1，而马达 2 空转；阀 3 切换至右位时，马达 1 与 2 并联。若两马达排量相等，并联时进入每个马达的流量降低一半，而转矩增加一倍。

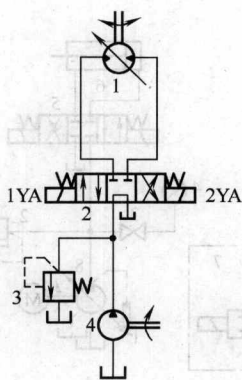


图 1-5 变量马达控制系统

1—变量液压马达；2—三位四通电磁换向阀；3—溢流阀；4—定量液压泵

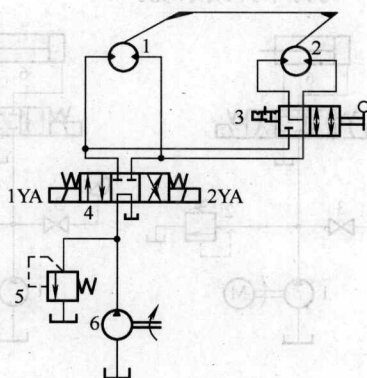


图 1-6 多定量马达组合系统

1, 2—定量液压马达；3—二位四通手动换向阀；4—三位四通电磁换向阀；5—溢流阀；6—定量液压泵

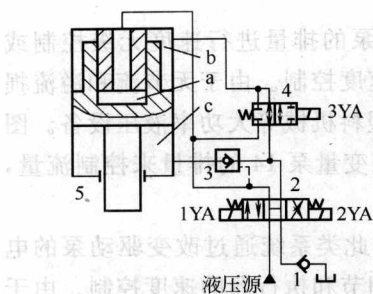


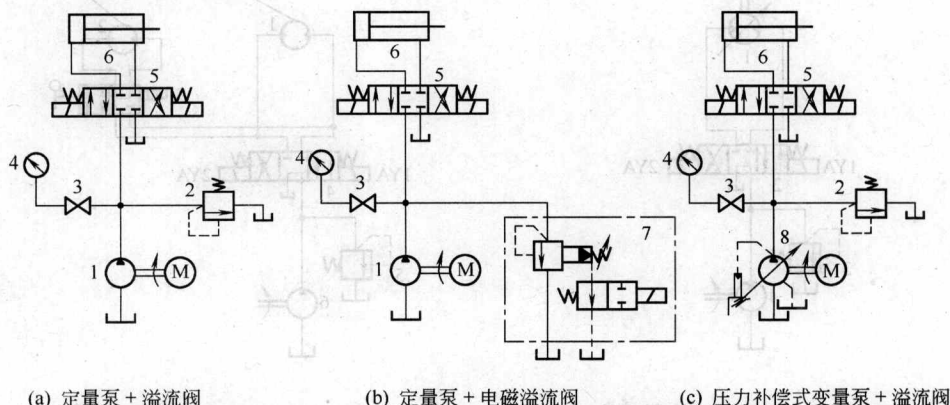
图 1-7 复合液压缸回路

- 1—单向阀；2—三位四通电磁换向阀；
3—液控单向阀；4—二位四通电磁换向阀；5—复合液压缸

复合液压缸作执行器的液压系统示例如图 1-7 所示。三个工作腔（a、b、c 腔，作用面积分别为 A_a 、 A_b 、 A_c ）的复合液压缸 5，通过三位四通电磁换向阀 2 和二位四通电磁换向阀 4 改变油液的循环方式及缸在各工况的作用面积，实现快慢速及运动方向的转换；单向阀 1 作背压阀用，以防止缸在上下端点及换向时产生冲击。液控单向阀 6 用以防止立置复合缸在系统卸荷及不工作时，其活塞（杆）及工作机构因自重而自行下落。液压泵可以通过三位四通电磁换向阀 5 的 H 型中位机能实现低压卸荷。

(5) 按主换向阀在中位时液压泵的工作状态分类

① 中开式系统 此类系统的主换向阀在中位时，换向阀使液压泵卸荷，液体低压返回油箱（所以，系统的主换向阀为 M 型、H 型等中位机能）。这种系统一般采用定量泵为油源。换向阀在中位时，能量传递从基本为零的低值开始，换向后能量就上升，使压力液体进入执行器，去克服负载；换向阀在中间位置时，内泄漏极小。通常在能满足同一功能情况下，中开式回路能耗较低。中开式系统多用于需间歇运动或支承负载而又不希望频繁启停原动机等工况类型。图 1-5～图 1-7 均为中开式系统。



(a) 定量泵 + 溢流阀

(b) 定量泵 + 电磁溢流阀

(c) 压力补偿式变量泵 + 溢流阀

图 1-8 中闭式系统

- 1—定量泵；2—溢流阀；3—压力表开关；4—压力表；5—三位四通电磁换向主阀；6—液压缸；
7—电磁溢流阀；8—压力补偿式变量泵

② 中闭式系统 此类系统的主换向阀在中位时, 换向阀所有油口均封闭(O型中位机能), 如果采用定量泵供油, 则液压泵的液体经溢流阀高压返回油箱[参见图1-8(a)]。换向阀在中位时, 能量传递从高值开始, 即从系统的最大调压值开始, 只要换向, 其能量就可以为执行器所利用。换向阀在中间位置情况下, 有时承受系统的全部压力, 因此内泄漏量比中开式系统要大。通常在能满足同一功能情况下, 中闭式回路能耗较高, 但如果增加中位卸荷措施[例如采用电磁溢流阀, 参见图1-8(b)]或改用压力补偿式变量泵供油[参见图1-8(c)], 则可大大降低中闭时的能耗。中闭式液压系统在多种设备中均有应用。

1.5 液压系统的设计计算内容步骤与方法要点

液压传动系统和液压控制系统的结构组成或工作原理并无本质差别, 二者设计内容上的主要区别是前者侧重静态性能设计, 而后者除了静态性能外, 还包括动态性能设计。通常, 液压传动系统的设计内容与方法只要略作调整即可直接用于液压控制系统的设计。

1.5.1 设计计算内容步骤

液压传动系统的设计与主机的设计是紧密联系的, 二者往往同时进行。所设计的液压系统首先应满足主机的拖动、循环要求, 其次还应符合结构组成简单、体积小、重量轻、工作安全可靠、使用维护方便、经济性好等公认的设计原则。实际设计工作中, 往往将追求效能和追求安全二者结合起来, 并按图1-9所示内容与流程来设计液压传动系统。但在实际工作中, 此流程并非一成不变, 而应根据各类主机设备对系统要求的不同灵活掌握。

1.5.2 明确技术要求

主机的技术要求是设计液压系统的依据和出发点。设计前应通过讨论并辅以调查研究, 以求定量了解和掌握下列技术要求, 并通过设计任务书形式加以确定。

① 主机的工艺目的(用途)、结构布局(卧式、立式等)、使用条件(连续运转、间歇运转、特殊液体的使用)、技术特性(工作负载是阻力负载还是超越负载、恒值负载还是变值负载, 以及负载的大小; 运动形式是直线运动、回转运动还是摆动, 位移、速度、加速度等运动参数的大小和范围)等。由此确定哪些机构需要采用液压传动, 所需执行器的形式(液压缸、液压马达和摆动液压马达)和数量, 执行器的工作范围、尺寸、质量和安装等限制条件。

② 各执行机构的动作循环与周期及各机构运动之间的连锁和安全要求。