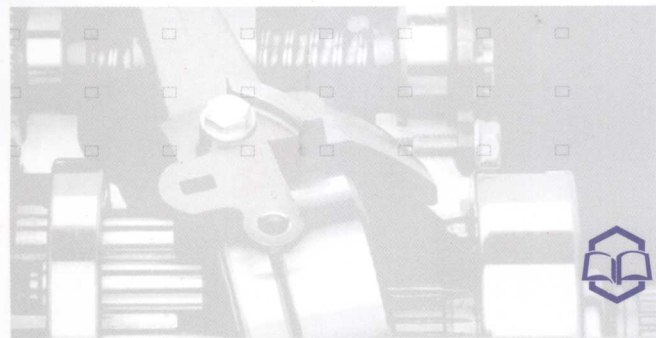
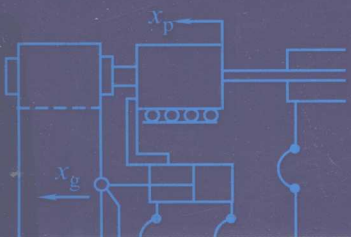


高等院校教学参考书

YEYA CHUANDONG
SHEJI ZHINAN

张利平 编著

液压传动 设计指南



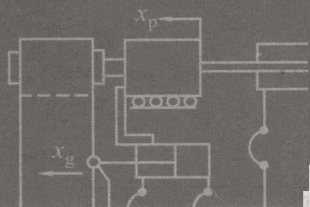
化学工业出版社

YEYA CHUANDONG
SHEJI ZHINAN

高等院校教学参考书

张利平 编著

液压传动 设计指南



化学工业出版社

北京

本书面向应用型工科院校,以培养学生独立从事液压传动设计的综合能力、创新意识和动手能力为主线,同时引入了CAD等先进设计方法。全书共分三篇11章:指导篇(第1~5章)在概论液压传动设计的内容、步骤及要求基础上,详细叙述了液压系统的功能原理设计及示例、液压装置结构设计和液压缸设计等内容的方法要点,简要介绍了设计计算说明书的编写方法要点及答辩的准备等内容;资料篇(第6~9章)汇集了常用计算公式、标准和常用元件的产品技术规格等液压传动设计所需的常用资料;题图篇(第10、11章)提供了适合于教学和生产实际使用的设计实例题选,典型液压系统图、液压站及液压缸的装配图和零件工作图等设计参考图样。

全书融指导性与资料性为一体,文图配合简明实用,主要用作高等院校、大中专学校、成人教育、业余大学的机械类、近机类专业液压传动课程设计和毕业设计的教学参考书,也可供相关工程技术人员在设计液压系统时参阅。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动设计指南/张利平编著. —北京:化学工业出版社, 2009.7
高等院校教学参考书
ISBN 978-7-122-05376-3

I. 液… II. 张… III. 液压传动-机械设计-指南
IV. TH137-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第063708号

责任编辑:宋薇 程树珍

文字编辑:孙科

责任校对:战河红

装帧设计:史利平

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数538千字 2009年9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:49.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着液压技术的普及、发展以及教学改革的深入,许多工科高等院校机械类专业陆续设置了液压传动的课程设计和相关毕业设计等实践教学环节,以提高学生独立选用和设计液压技术的能力。由于学生在此前修毕《液压传动》课程后,一般未进行过液压系统的综合性设计实践和训练,加之关于液压传动的设计资料大多散见于各种综合性手册和期刊上,针对学生课程设计和毕业设计的液压传动设计指导性图书并不多见,而系统的搜集和运用这些资料费时费力,相当不便。因此,当学生接受液压传动设计任务后,往往感到难于下手,从而大大影响了设计的进程与质量,类似的问题在相当一部分企业和部门初次接触液压技术设计的工程技术人员中也存在。

为了满足工科院校教学及工程技术人员需要,促进和提高实践教学的质量,提高液压传动的使用和设计水平及技术创新能力,根据多年教学、科研及工程实践的经验、心得积累,编写成《液压传动设计指南》一书。本书面向应用型工科院校,以培养学生独立从事液压传动设计的综合能力(如资料查阅及合理应用、工况的正确分析计算、设计参数的正确选取、系统方案的论证及拟定、元件的选型、系统性能计算、非标液压装置的结构设计、设计文件的编制等)为主线,同时引入CAD等先进设计方法,以培养学生的创新意识和实际动手能力。

本书共分为三篇11章。指导篇(第1~5章)在概论液压传动设计的内容、步骤及要求基础上,详细介绍了液压系统的功能原理设计及示例、液压装置的结构设计和液压缸的设计等方法要点,简要介绍了设计计算说明书的编写方法要点及答辩的准备(含80个典型思考题)等内容。资料篇(第6~9章)汇集了常用计算公式、标准和常用元件的产品技术规格等液压传动设计所需的常用资料。题图篇(第10、11章)提供了适合于教学和生产实际使用的设计实例题选(包括金属切削机床、压力加工机械、试验机械、管件加工机械、升降机械、农业机械、环保机械、工程机械、冶金机械、医疗器械等不同类型机械设备的20个液压系统设计题目),典型液压系统图、液压站及液压缸的装配图和零件工作图等设计参考图样。

全书融指导性与资料性为一体,文图配合简明实用,主要用作高等院校、大中专学校、成人教育、业余大学的机械类、近机类专业液压传动课程设计和毕业设计的教学参考书,也可供相关工程技术人员在设计液压系统时参阅。

本书由张利平编著。张津、张秀敏参与了本书的前期策划、书稿的录入校对工作。李丽琳、张淑任和李珊参与了本书标准资料的搜集整理工作。吴宗哲、张保令、甄志伟、高志强、刘青社等参与了本书部分插图的绘制及文稿的整理工作。

在本书出版发行之际,谨向参考文献的各位作者致以诚挚谢意。

对于本书中存在的疏漏及不足,敬请使用本书的专家、读者指正。

编著者

目 录

指 导 篇

第 1 章 液压传动设计概论	1
1.1 液压传动的组成与类型	1
1.1.1 液压传动的基本原理及特征	1
1.1.2 液压系统的组成与表示	1
1.1.3 液压传动的技术优势与应用	2
1.1.4 液压系统的类型及其特点	3
1.2 液压传动设计的目的和意义	7
1.3 液压传动设计的选题、内容与工作量	8
1.3.1 设计选题	8
1.3.2 主要设计内容	8
1.3.3 工作量	8
1.4 液压传动设计的一般步骤和学时分配	9
1.4.1 一般步骤	9
1.4.2 液压传动设计的时间分配	10
1.5 液压传动设计中需要注意的问题	10
第 2 章 液压系统功能原理设计计算及举例	12
2.1 执行元件的配置及动作顺序的确定	12
2.2 负载分析和运动分析	13
2.2.1 负载分析计算(负载循环图)	14
2.2.2 运动分析(运动循环图)	16
2.3 确定液压系统主要参数,编制液压执行元件工况图	16
2.3.1 初选执行元件的设计压力	16
2.3.2 计算和确定液压缸的主要结构尺寸和液压马达的排量	16
2.3.3 计算液压缸或液压马达所需流量	19
2.3.4 编制液压缸或液压马达的工况图	19
2.4 液压系统图的拟定	20
2.4.1 制订液压回路方案	20
2.4.2 液压系统的合成及原理草图的绘制	22
2.5 元件选型与设计	23
2.5.1 液压泵的选择	23
2.5.2 液压执行元件的确定	26
2.5.3 液压控制阀的选择	27
2.5.4 液压辅助元件及工作介质的选择	28
2.6 液压系统主要性能验算	31
2.6.1 液压系统压力损失验算	32
2.6.2 液压系统效率 η 的估算	32
2.6.3 发热温升估算及热交换器的选择	32
2.6.4 液压冲击验算	33
2.7 液压系统的施工设计	33
2.8 液压传动系统设计计算示例	33
2.8.1 设计示例 1——单面多轴钻孔组合机床液压系统设计	33
2.8.2 设计示例 2——双头专用车床液压系统设计	41
2.8.3 设计示例 3——板料折弯液压机传动系统设计	46
第 3 章 液压装置结构设计	51
3.1 设计目的与内容	51
3.2 液压装置的结构类型及其适用场合	51
3.2.1 分散配置型液压装置	51
3.2.2 集中配置型液压装置(液压站)	52
3.3 液压控制阀组的集成化设计	57
3.3.1 液压控制阀组的集成方式	57

3.3.2	无管集成液压阀组的类型、 设计流程及共性要求	57
3.3.3	液压控制阀组块式集成的 设计要点	64
3.3.4	通用集成块系列	72
3.3.5	油路块的 CAD	74
3.4	液压泵站(动力源装置)的 设计	80
3.4.1	液压泵站的组成及类型	80
3.4.2	液压油箱及其设计与制造	83
3.4.3	液压泵组的结构设计要点	96
3.4.4	蓄能器装置的设计、安装及 使用要点	98
3.5	液压站的结构总成及 CAD	100
3.5.1	管路选择、布置与连接	100
3.5.2	电控装置的设计要点	109
3.5.3	液压站总成装配图的设计与 绘制	110
3.5.4	液压站技术文件的编制	110
3.5.5	全面审查	111
3.5.6	液压站结构总成的 CAD	111
第4章	液压缸的设计	112
4.1	设计内容及要求	112
4.2	液压缸的类型及安装连接方式 选择	112

4.3	液压缸的负载及速度计算	117
4.4	液压缸的主要尺寸参数的确定	117
4.4.1	确定缸筒内径 D	117
4.4.2	确定活塞杆的直径 d	117
4.4.3	液压缸行程 s 的确定	119
4.5	液压缸油口尺寸的确定	120
4.6	液压缸的结构设计	120
4.6.1	缸筒和缸盖组件	120
4.6.2	活塞和活塞杆组件	128
4.6.3	缓冲装置	135
4.6.4	排气装置	137
4.7	液压缸装配图和零件工作图的 绘制	137
4.7.1	装配图	137
4.7.2	零件工作图	138
第5章	设计计算说明书的编写与 答辩	140
5.1	设计计算说明书的编写	140
5.1.1	设计计算说明书的内容	140
5.1.2	设计计算说明书的结构及 要求	140
5.2	答辩	142
5.2.1	答辩的目的及准备	142
5.2.2	答辩思考题	143

资 料 篇

第6章	液压传动常用物理量换算及 常用设计计算公式	146
6.1	液压传动设计计算常用物理量及 其单位换算	146
6.2	液压工作介质的物理性质 计算	147
6.2.1	液体的密度与重度	147
6.2.2	液体的体积压缩系数和体积 弹性模量	147
6.2.3	液体的黏性(黏度)	148
6.3	液体静力学及动力学计算	148
6.3.1	液体静压力基本方程及静压力 对固体壁面的作用力的 计算	148
6.3.2	液体动力学中的连续性方程、 伯努利方程和动量方程	149

6.4	管道系统压力损失计算	151
6.4.1	雷诺数 Re	151
6.4.2	沿程压力损失 Δp_f 的计算 公式	152
6.4.3	局部压力损失 Δp_c 的计算 公式	153
6.4.4	管路系统压力损失的 叠加	156
6.5	孔口及缝隙液流特性计算	156
6.6	液压元件计算	158
6.6.1	液压泵和液压马达主要参数 及计算	158
6.6.2	液压缸的主要性能参数 计算	158
6.6.3	液压油箱计算	161
6.6.4	液压管道计算	161

6.6.5	皮囊式蓄能器计算	161	7.9	液压元件螺纹连接 油口形式和尺寸 (GB/T 2878—1993)	181
6.6.6	热交换器的计算	164	7.10	液压泵站油箱公称容量系列 (JB/T 7938—1999)	182
6.7	液压系统效率 η 及发热计算	165	7.11	液压气动系统用硬管外径和软管内径 (GB/T 2351—1993)	182
6.7.1	液压系统效率 η 计算	165	7.12	液压系统通用技术条件 (GB/T 3766—2001)	182
6.7.2	液压系统发热与散热计算	166	7.12.1	范围	183
6.8	液压冲击计算	166	7.12.2	定义	183
6.8.1	液流通道迅速启闭引起的液压冲击	167	7.12.3	要求	183
6.8.2	急剧改变液压缸运动速度引起的液压冲击	167	7.12.4	系统设计	185
第7章	常用液压标准	168	7.12.5	能量转换元件	187
7.1	液压标准目录	168	7.12.6	液压阀	189
7.2	常用液压图形符号 (GB/T 786.1—1993)	172	7.12.7	液压油液和调节元件	191
7.2.1	符号要素及功能要素	172	7.12.8	管路系统	194
7.2.2	功能要素	173	7.12.9	控制系统	195
7.2.3	管路、管路接口和接头符号	174	7.12.10	诊断和监控	197
7.2.4	控制机构和控制方法符号	174	7.12.11	清理和涂漆	197
7.2.5	液压泵和液压马达符号	175	7.12.12	运输准备	197
7.2.6	液压缸和特殊能量转换器符号	176	7.12.13	试运行	198
7.2.7	能量贮存器及动力源符号	176	7.12.14	标注说明 (引用本标准时)	198
7.2.8	油箱及流体调节元件符号	177	第8章	常用液压元件及其技术规格	199
7.2.9	检测元件及其他元件符号	177	8.1	液压泵典型产品系列及其技术规格	199
7.2.10	常用控制阀符号	178	8.1.1	齿轮泵	202
7.3	流体传动系统及元件 公称压力系列 (GB/T 2346—2003)	179	8.1.2	叶片泵	202
7.4	液压泵及马达公称排量系列 (GB/T 2347—1980)	180	8.1.3	柱塞泵	207
7.5	液压气动系统及元件 缸内径及活塞杆外径 (GB/T 2348—1993)	180	8.1.4	复合液压泵	212
7.6	液压气动系统及元件 缸活塞行程系列 (GB/T 2349—1980)	180	8.1.5	超高压液压泵	213
7.7	液压气动系统及元件 活塞杆螺纹形式和尺寸系列 (GB/T 2350—1980)	181	8.2	液压执行元件典型产品系列及其技术规格	215
7.8	液压缸公称压力系列 (GB/T 7938—1987)	181	8.2.1	液压缸	215
			8.2.2	液压马达	223
			8.2.3	摆动液压马达 (摆动液压缸)	229
			8.3	液压控制阀典型产品系列及其技术规格	230
			8.3.1	普通液压阀	230
			8.3.2	特殊液压阀	230
			8.4	液压辅件典型产品及其技术规格	238

8.4.1	蓄能器	238
8.4.2	过滤器	238
8.4.3	液压油箱	238
8.4.4	冷却器、加热器及温控元件	241
8.4.5	压力测量元件(压力表及 压力传感器)	242
8.4.6	管件	242
8.4.7	常用密封装置(件)	244
第9章	常用电动机与联轴器	256
9.1	常用电动机及其主要技术 参数	256

9.1.1	Y系列(IP44)三相异步 电动机	256
9.1.2	YB系列(dII CT4)三相 异步电动机	257
9.1.3	YVP系列变频调速三相 异步电动机	258
9.2	常用联轴器及其主要技术 参数	259
9.2.1	NL型内齿形弹性联轴器	259
9.2.2	梅花形弹性联轴器	259

题 图 篇

第10章	设计题目	262
10.1	卧式双面多轴钻孔组合机床液压 系统的设计	262
10.2	专用铣床液压系统的设计	262
10.3	专用平面磨床工作台液压系统 的设计	262
10.4	齿轮内孔键槽的简易插床液压 系统的设计	263
10.5	卧式双面多轴钻孔组合机床 液压系统的设计	263
10.6	变速箱箱体卧式双面铣削组合 机床液压系统的设计	263
10.7	卧式双面钻、镗专用机床液压 系统的设计	263
10.8	小型单缸液压机液压系统的 设计	264
10.9	单缸传动专用液压机液压系统 的设计	264
10.10	双缸四柱万能液压机的液压 系统的设计	264
10.11	建筑砌块试验机液压系统的 设计	264
10.12	专用弯管机液压系统的 设计	264
10.13	钢管管端成型机液压系统的 设计	265
10.14	矩管矫形机液压系统的设计	265
10.15	绞车液压传动系统设计	265
10.16	免耕播种机液压驱动系统的 设计	265

10.17	垃圾中转站压榨机液压系统 的设计	266
10.18	全液压钻机液压系统的 设计	266
10.19	热轧板推钢机液压系统的 设计	267
10.20	医用自动牵引床液压系统的 设计	267
第11章	参考图例	268
11.1	典型液压系统图示例	268
11.1.1	速度变换和控制为主的液压 系统——YT4543型组合机床 液压动力滑台液压传动 系统	268
11.1.2	压力变换与控制为主的液压 系统——液压机的液压 系统	269
11.1.3	多路换向为主的行走机械 液压系统——车辆与工程机械 液压系统	272
11.1.4	多执行元件顺序动作、多级 压力调节和多级速度变换的 液压系统——注塑机液压 系统	275
11.1.5	多缸行程控制顺序动作液压 系统——冰箱箱体折弯机 叠加阀式液压系统	277
11.1.6	伺服控制液压系统——带 钢卷取机跑偏控制电液伺服 系统	278

11.2 典型液压站装配图及零件图	
示例	280
11.2.1 液压站总成装配图	280
11.2.2 液压油箱装配图及 零件图	282
11.2.3 液压泵组装配图及 零件图	284
11.3 典型液压缸装配图及零件图	
示例	287
11.3.1 组合机床动力滑台液压缸 (单杆双作用活塞缸) 装配图	
	及零件工作图
11.3.2 回转窑活动挡轮液压缸(单杆 单作用活塞缸) 装配图及 零件工作图	288 289
11.3.3 液压机液压缸(单杆双作用 活塞缸) 装配图及零件 工作图	292
11.3.4 夹紧液压缸(单杆双作用 活塞缸) 装配图及零件 工作图	295
参考文献	298

指导篇

第①章 液压传动设计概论

1.1 液压传动的组成与类型

1.1.1 液压传动的基本原理及特征

液压传动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），因此又称为容积式液体传动或静液传动。

液压传动的机械设备或装置中，其液压系统多数使用具有连续流动性的液压油液作为工作介质，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），送至执行元件（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。

液压传动技术具有以下特征。

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（推力 F 或转矩 T ）相对应的液体参数是压力 p ；与运动速度 v （或转速 n ）相对应的液体参数是流量 q 。压力 p 和流量 q 是液压系统中两个最基本的参数，压力的高低取决于负载大小，流量大小取决于速度高低和执行元件的主要尺寸（液压缸径或马达排量）。

③ 如果忽略各种损失，液压传动的力（或转矩）与速度（或转速）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 液压传动是以液体的压力能来传递动力的传递并且符合能量守恒定律，压力 p 与流量 q 的乘积等于功率 P 。

⑤ 液压传动可以省力但不省功。

1.1.2 液压系统的组成与表示

（1）液压系统的组成部分

液压系统通常都是由液压元件（包括能源元件、执行元件、控制元件、辅助元件）和工作介质两大部分所组成，各部分的功用如表 1-1 所列。由于液压元件多数已实现了通用化、系列化和标准化，从而为液压系统的设计、制造和使用维护以及缩短机器设备的设计制造周期、降低制造成本提供了有利条件。

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
	执行元件	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、释放液压力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	

各类液压元件的型号、规格、特性、安装连接尺寸等可从液压系统设计手册或综合性机械设计手册中查得,也可从液压元件生产厂商(公司)处索取的产品样本中获得。

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。

(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的液压系统原理图进行表示。在此种表示法中,图形符号仅表示组成系统的各液压元件的功能、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。因此,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,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符号库软件,还可大大提高液压系统原理图的设计、绘制效率及质量。我国目前执行的液压图形符号标准为 GB/T 786.1—1993,在液压传动设计中,应严格执行这一标准。图 1-1 即为采用图形符号绘制的液压系统原理图。

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 元件图形符号的大小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 ([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。

1.1.3 液压传动的技术优势与应用

与其他传动及控制方式相比,液压传动具有多种技术优势,例如功率密度大(单位功率的重量轻)、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,因而已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,液压技术的应用遍及国民经济各领域,例如机械制造、能源与冶金工业、铁路和公路交通、建材与建筑、工程机械及农林牧机械、家用电器与五金制造、轻工纺织及化工、航空航天工程、河海工程及武器装备、计量质检装置、特种设备及公共设施、抢险救灾设备等。

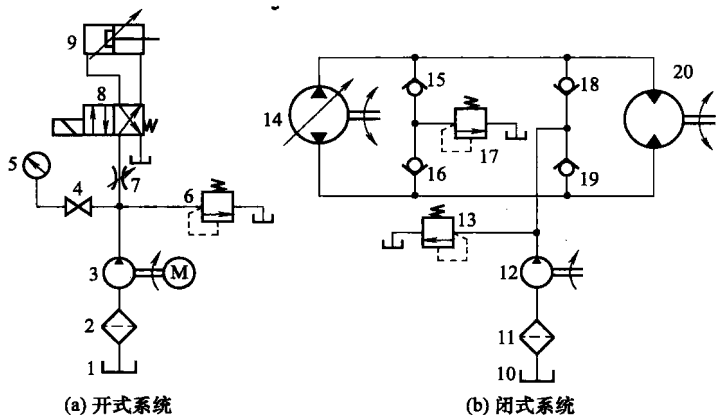


图 1-1 用图形符号绘制的液压系统原理图示例
 1,10—油箱；2,11—过滤器；3,12—单向定量液压泵；4—压力表开关；5—压力表；
 6,13,17—溢流阀；7—节流阀；8—二位四通电磁换向阀；9—活塞式单杆液压缸；
 14—双向变量液压泵；15,16,18,19—单向阀；20—双向定量液压马达

液压技术源于1648年法国人B.帕斯卡(B. Pascal)提出的液体静压力传递原理，迄今大致历经了启蒙期、发展期、成型期和成熟期四个时期。尽管当今液压技术面临着来自电气传动及控制技术的新竞争和绿色环保的新挑战，但是由于其独特的技术优势，使其在国民经济发展中，将仍然发挥无可替代的重大作用。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，以满足和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。

1.1.4 液压系统的类型及其特点

因着眼点不同，液压系统的分类方式及名称多样、各异，常见的分类方式如图1-2所示。各

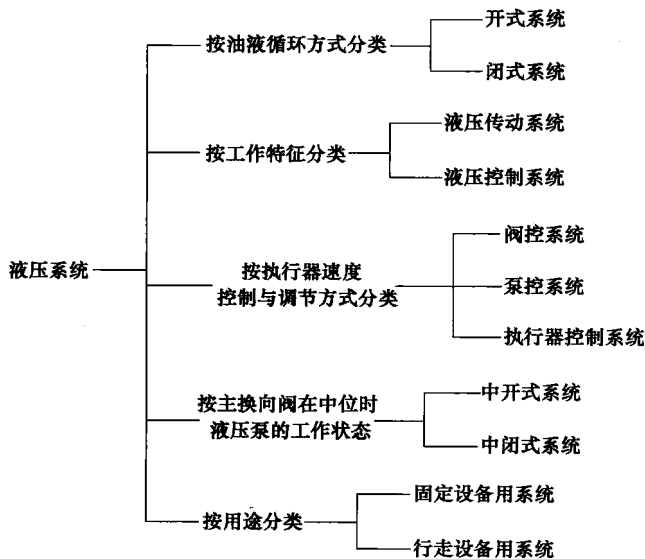


图 1-2 液压系统的分类

类液压系统的特点及示例如下。

(1) 开式系统和闭式系统

在开式系统中, 液压泵自油箱吸油, 执行元件回油返回油箱。系统需要较大容积的油箱。这种系统的应用最为普遍(在固定设备和行走设备中都有应用)。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入工作循环。液压缸的换向和调速分别由换向阀和节流阀完成。

在闭式系统中, 执行元件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。这种系统多用于车辆、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 20 的回油管路相连通, 形成一个闭合回路, 补油泵 12 经单向阀 18 或 19 向高压侧补油, 以补偿系统中各液压元件的泄漏损失。液压马达 20 是通过改变液流方向与流量实现换向和调速的, 故闭式系统常采用双向变量泵。

(2) 固定设备用系统和行走设备用系统

固定设备用系统多为开式系统, 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。

行走设备用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) 液压传动系统和液压控制系统

液压传动系统一般为不带反馈的开环系统 [图 1-3 (a) 所示为原理方块图], 以传递动力为主, 以信息传递为次, 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。

液压控制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 (b) 所示为原理方块图], 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, 故系统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

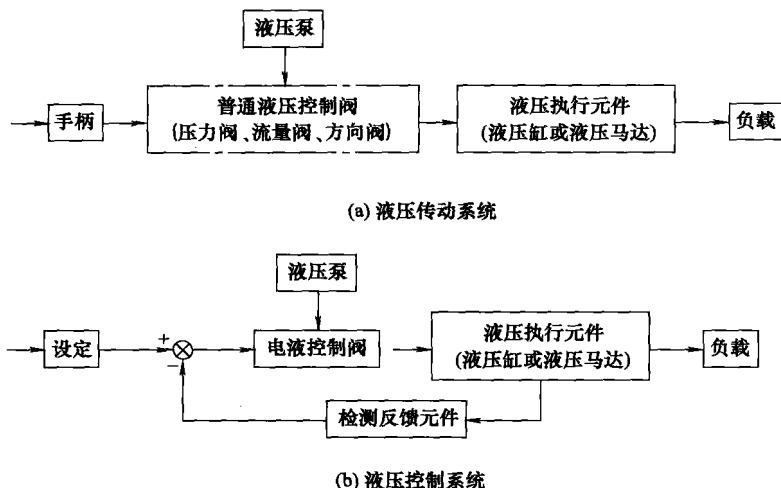


图 1-3 液压传动系统和液压控制系统的原理方块图

统在高精数控机床及加工中心、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,这是一个机械手臂伸缩运动电液伺服控制系统。该系统主要由电液伺服阀 1、单杆液压缸 2、活塞杆带动的机械手手臂 3、齿轮齿条机构 4、电位器 5、步进电动机 6、伺服放大器 7、恒压液压源(定量液压泵 8 和溢流阀 9)等元件组成。通过电液伺服阀对液压缸即机械手手臂 3 的伸缩运动进行控制。

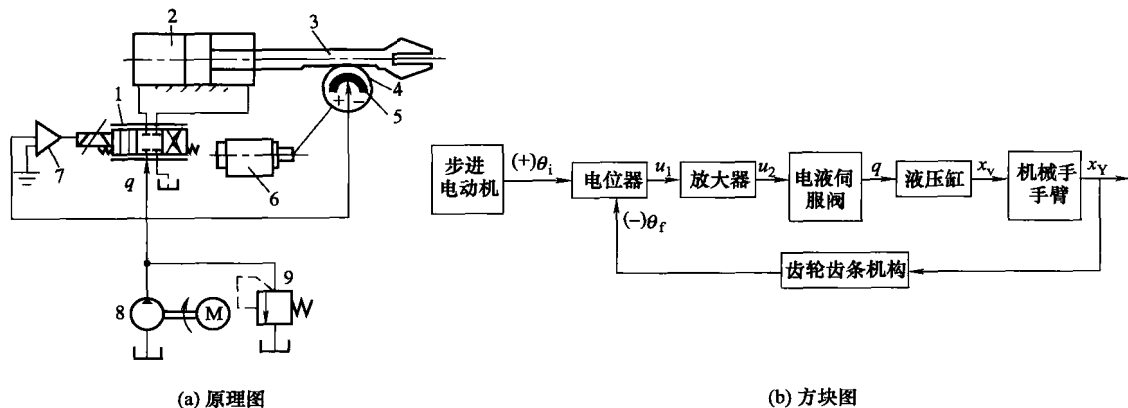


图 1-4 机械手臂伸缩运动电液伺服控制系统

- 1—电液伺服阀; 2—单杆液压缸; 3—机械手手臂; 4—齿轮齿条机构; 5—电位器;
6—步进电动机; 7—伺服放大器; 8—定量液压泵; 9—溢流阀

当电位器的触头处于中位时,触头上无电压输出。当它偏离这个位置时,就会输出相应的电压。电位器触头产生的微弱电压,经放大器放大后对电液伺服阀进行控制,电位器触头由步进电动机带动旋转,步进电动机的角位移和角速度由数字控制器发出的脉冲数和脉冲频率控制。齿条固定在机械手手臂上,电位器固定在齿轮上,所以当手臂带动齿轮转动时,电位器同齿轮一起转动,形成负反馈。机械手伸缩系统的工作原理可借助图 1-4 (b) 所示的方块图进行说明:由数字控制器发出的脉冲信号,使步进电动机带动电位器 5 的动触头顺时针转过一定的角度 θ_i ,使动触头偏离电位器中位,产生微弱电压 u_1 ,经放大器 7 放大成 u_2 后输入电液伺服阀 1 的控制线圈,产生一定的开口量。此时由液压泵提供的压力油中的一部分流量 q 流经阀的开口进入液压缸的无杆腔(另一部分经溢流阀溢流排回油箱),活塞杆连同机械手手臂一起向右移动,行程为 x_v ;缸有杆腔中的油液经伺服阀排回油箱。由于电位器的齿轮和机械手手臂上的齿条相啮合,故手臂向右运动时,电位器随之作顺时针方向转动。当电位器中位和触头重合时,输出电压为零,电液伺服阀失去信号,其阀口关闭,手臂停止移动。手臂移动的行程决定于脉冲数量,速度决定于脉冲频率。当数字控制器发出反向脉冲时,步进电动机逆时针转动,手臂向左缩回。

(4) 阀控制系统、泵排量控制系统、泵转速控制系统、执行元件控制系统

阀控制系统是通过改变液压阀的节流口开度控制流量,从而控制执行元件的速度。由于存在节流和溢流损失,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。

泵排量控制系统是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 20 的速度。

泵转速控制系统(变频调速泵控制系统)是通过改变驱动泵的电动机的转速改变泵的输出流量(示例见图 1-5),实现系统的流量调节和执行元件的速度控制。尽管此种系统因变频器昂贵,

制造成本较高，但由于可以减小油箱容量和介质消耗，能量损失小，运行成本较低，是一种极具发展前景的控制方式。

执行元件控制系统是通过改变变量液压马达排量、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 1-6 所示。多定量液压马达组合工作系统示例如图 1-7 所示，并联的两个定量液压马达 1 和 2 的输出轴刚性连接在一起，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。

复合液压缸作执行元件的液压系统示例如图 1-8 所示。作用面积分别为 A_a 、 A_b 、 A_c 的三腔 a、b、c 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 3 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 2 的 H 型中位机能实现低压卸荷。但复合液压缸迄今尚未见有商品化产品可供。

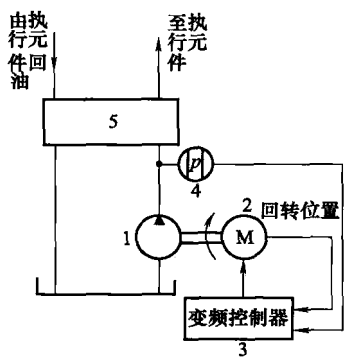


图 1-5 泵转速控制系统原理简图

1—定量泵；2—电动机；3—变频控制器；
4—压力传感器；5—换向阀

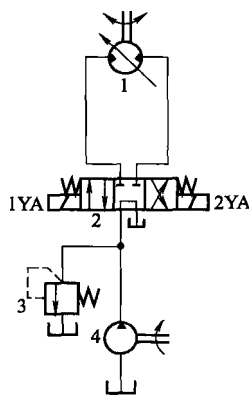


图 1-6 变量液压马达控制系统

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

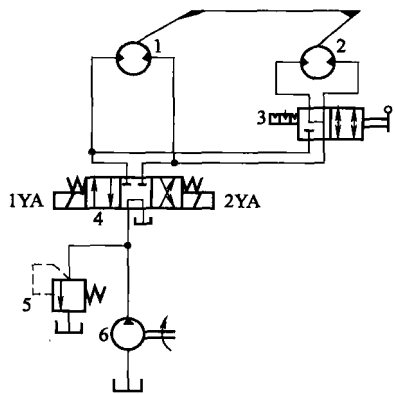


图 1-7 多定量液压马达组合系统

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

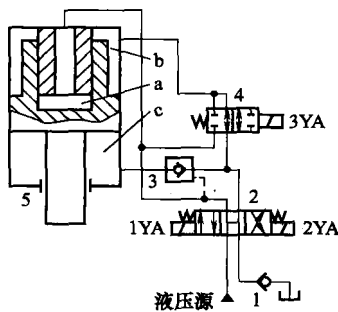


图 1-8 复合液压缸回路

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

(5) 中开式系统和中闭式系统

中开式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 (故系统的主换向阀为 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元件, 去克服负载; 换向阀在中间位置时, 内泄漏极微。通常在能满足同一功能情况下, 中开式系统能耗较低。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 1-6~图 1-8 所示系统均为中开式系统。

中闭式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 [见图 1-9 (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元件所利用; 换向阀在中间位置时, 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, 中闭式系统能耗较高, 但如果增加中位卸荷措施 [例如采用电磁溢流阀, 见图 1-9 (b)] 或改用压力补偿式变量泵供油 [见图 1-9 (c)], 则可大大降低中闭式系统的能耗。中闭式液压系统在多种主机设备中均有应用。

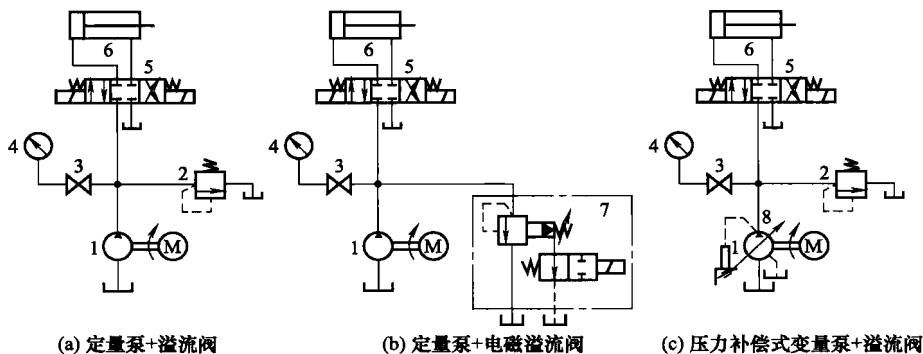


图 1-9 中闭式系统

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

1.2 液压传动设计的目的和意义

《液压传动》是高等学校工科机械类各专业的一门重要课程。除了课堂理论教学外, 在教学中通常还安排有课程设计或毕业设计等实践性教学环节, 旨在通过较为全面的设计训练, 提高学生液压传动的选用、设计和创新能力。尽管各校在课程设计和毕业设计时间安排上长短不一, 但其目的意义均主要体现在以下几个方面。

① 综合运用《液压传动》、《工程力学》、《工程控制》和《机械设计》等有关先修课程的理论知识和工程实际知识, 以课程设计和毕业设计为载体, 通过液压功能原理及液压装置的设计实践, 使学生所学的上述知识得到综合运用、巩固与扩展, 培养理论联系实际的正确思想, 培养分析和解决工程实际问题的设计计算能力。

② 使学生掌握根据设计题目搜集有关设计资料 (如图书、期刊、手册、专业标准和规范、产品样本、同类液压设备液压系统图及液压装置结构图纸) 的一般方法及途径, 提高其自行阅读、分析和综合运用这些设计资料的能力, 为独立从事液压传动设计及创新打下良好基础。

③ 在设计实践中学习和掌握方案论证及拟定方法, 掌握液压回路的组合方法及液压力元件的选型原则, 掌握液压装置结构形式的选择原则与液压控制阀组的集成、液压泵站的结构设计方法步骤, 深化对液压系统设计特点的认识和了解, 以提高学生分析和解决工程实际问题的能力和

结构设计及编制技术文件的能力。

④ 通过利用计算机进行性能及参数计算,原理图及结构图等图样的绘制,开题报告及设计计算说明书等技术文件的编制,掌握现代设计计算方法在液压传动设计中的应用。同时,以工程设计为载体,使学生对国内外液压行业的概况(如企业规模及地位、设备现代化程度、主要产品类型及水平等)以及液压领域当前及今后一个时期的研究发展方向有一基本了解,从而为在将来选用和设计液压传动及进一步创新发展奠定基础。

⑤ 对学生的知识面进行考核,包括掌握知识的广度和深度、运用理论解决实际问题的能力 & 创新能力、外语水平及计算机运用水平、书面及口头表达能力等。

1.3 液压传动设计的选题、内容与工作量

1.3.1 设计选题

设计工作开始之前,首先由指导教师提出和拟定选题。选题应根据专业培养目标出发,符合教学基本要求并兼顾社会需求,有利于巩固、深化和扩大学生所学知识,培养学生分析、解决实际问题的能力。应选择生产经济领域内有现实实用价值、理论意义的课题,并有利于发挥专业优势和特长,有利于教师指导。题目规模一般不宜过大,难度要适当,应是学生在规定时间内经努力能完成的课题。

液压传动设计的题目,一般以中小型专用设备的液压传动系统设计较为适宜。这些设备既可以是工业固定设备,也可以是行走设备,例如小型压力机、专用金属切削或成型机床及小型装载机或挖掘机等。由于这些设备结构动作较为简单,尺寸大小适中,因此能较好地符合教学并满足液压传动设计的基本训练要求。

选题要以表格(选题审题表)形式进行提交和审定,表中内容包括课题的名称、性质、来源、目的、意义、主要工作内容及要求、预计工作量大小及难易程度说明。

经过院系审定的毕业设计选题公布后,学生可根据自己的具体学业情况、职业规划和兴趣等进行申报,最终由主管教学的系主任平衡调剂后确定。但毕业设计一般一人一题,也可由2~4人合作进行一个大的题目,但必须各自独立完成其中的一部分。

1.3.2 主要设计内容

(1) 液压系统的功能原理设计

液压系统的功能原理设计的大致内容是通过工况分析和计算,制定基本回路方案、绘制液压系统图及元件选型等。

(2) 液压系统的施工设计(结构设计)

液压系统的施工设计(结构设计)与机械传动的技术设计相类同,其内容包括非标准执行元件(例如液压缸)的结构设计、油路块的结构设计、液压泵站的结构设计等,结构设计包括装配图设计和主要零件工作图的设计等。

(3) 编写设计计算说明书

1.3.3 工作量

液压传动设计一般要求每个学生完成以下工作。

(1) 开题报告(毕业设计)及外文翻译各1份

(2) 设计图样若干

① 液压系统原理图和液压集成油路图各1张(含工作循环、电磁铁动作顺序表、元件明细表及必要的说明)。