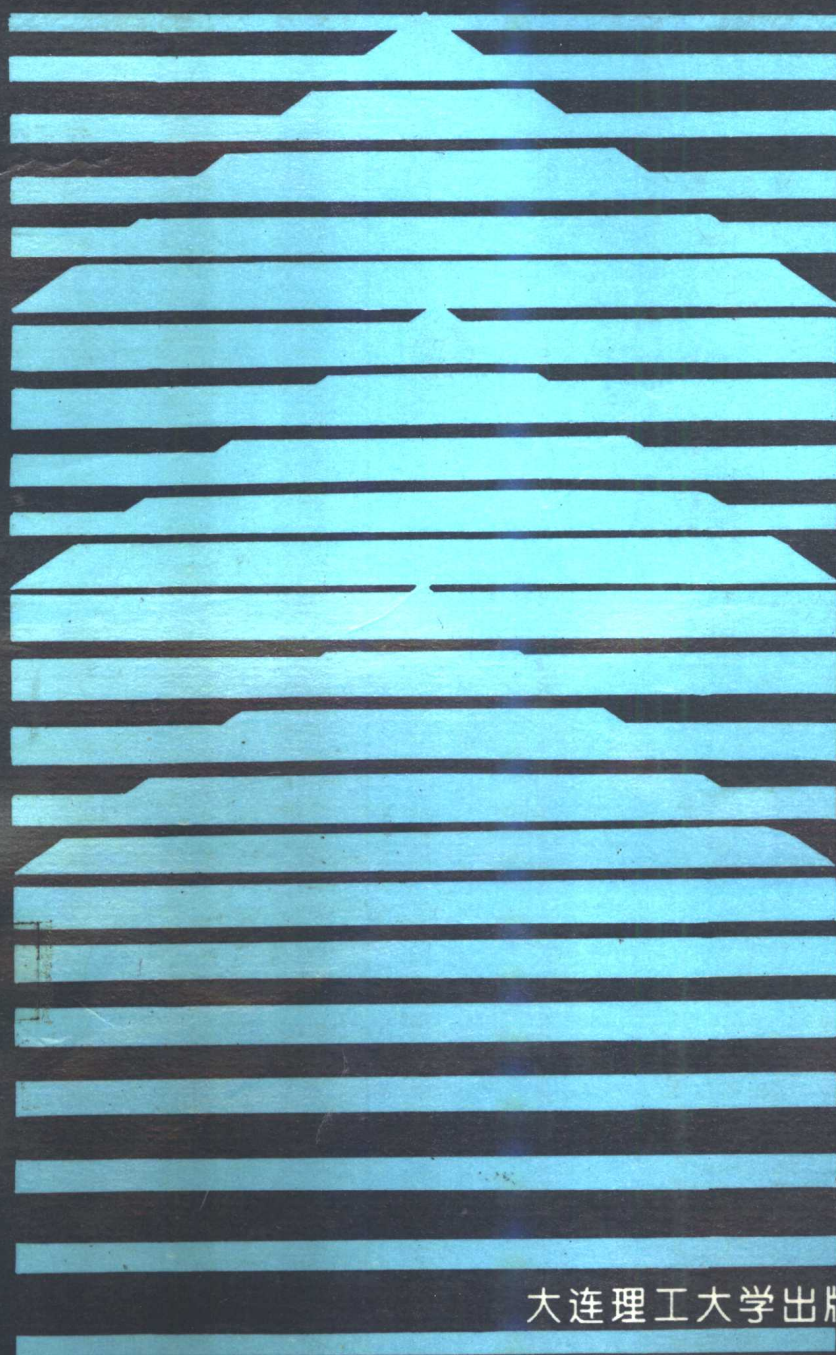


王正良 著

微机电液控制技术



大连理工大学出版社

微机电液控制技术

王正良 著

大连理工大学出版社

(辽)新登字 16 号

内 容 简 介

本书比较全面和系统地介绍了微机电液控制技术的基本内容,使读者能够在较短时间内了解和掌握微机电液控制系统的基本理论、典型技术和设计开发方法。本书前六章分别讲述了微机电液控制技术的组成和分类、微控制器的设计、电液控制元件、传感器与信号检测、控制规律及系统设计与综合等内容,后三章就常用的三类微机电液控制系统即泵站微机监控系统、泵控马达装置微机电液控制系统和分级分布式微机电液控制系统进行了讨论。

本书可作为流体传动与控制、机电一体化、机械控制工程及机械设计等专业的大学高年级学生、研究生的本课程教材或参考书,或作为相关专业广大科技工作者的参考书籍。

微机电液控制技术

Weji Dianye Kongzhi Jishu

王正良 著

大连理工大学出版社出版发行 (邮政编码:116024)
大连旅顺包装装潢印刷厂印刷

开本:787×1092×1/16 印张:16 $\frac{3}{8}$ 字数:440 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷
印数:1—4000 册

责任编辑:王启太 王月娥 封面设计:姜严军
责任校对:吴明

ISBN 7-5611-0814-1/TP·43 定价:9.80 元



作者简介

王正良,工学博士,副教授,1982年大学毕业于浙江大学流体传动与控制专业,1988年博士研究生毕业于中国矿业大学北京研究生部,现为中国矿业大学北京研究生部流体动力研究室主任。在微机电液控制、机电一体化、超声波检测和激光测量等方面具有一定的实力,取得“乳化液浓度自动检测配比系统”、“液压支架泵站计算机监控技术”和“微电机驱动先导阀”等具有国际先进水平的多项科研成果,现从事流体传动与控制专业的教学、科研工作。

书 号

1013

975874

登记号

前 言

随着电子技术和微机控制技术的日益发展,液压工业领域也朝着智能化方向迈进,微机电液控制技术把微机控制技术和电液控制技术有机地结合在一起,形成了液压技术一个新的分支,并以强劲的势头朝前发展。作者在总结近 10 年来对微机电液控制技术的研究成果的基础上,撰写了这部著作,奉献给有志研究和开发微机电液控制技术和机电一体化技术的同仁,如果本书能给您带来学习和工作上的帮助,作者将感到十分荣幸。

本书共分九章,较为全面和系统地介绍了微机电液控制技术的基础理论、典型技术和设计开发方法,并介绍了三类常用的微机电液控制系统,可作为流体传动与控制、机电一体化、机械控制工程及机械设计等专业广大科技工作者的参考书籍,也可作为大专院校相关专业的教科书。

本书由作者本人执笔,在撰写过程中作者的研究生赵四海同志把全部稿件打入计算机,并用计算机绘制了一大部分插图,首钢职工大学的楼凤笑同志、清华大学的王正伟同志和北京农业工程大学的周凌九同志绘制了其中的部分插图,为作者顺利地完成本书的撰写,花费了大量时间和心血。在出版过程中,《纯碱工业》编辑部的汪松涛高级工程师付出了艰巨的劳动,在此对上述同志谨表衷心感谢。

由于作者能力所限,加上时间仓促,本书可能有许多不足之处,热诚欢迎读者批评指正。

作者 王正良

1993 年 7 月于中国矿业大学北京研究生部

7A7 511

目 录

前 言

第一章	微机电液控制技术概述.....	1
1.1	微机电液控制技术的形成和发展	1
1.2	微机电液控制系统的构成和特点	2
1.3	微机电液控制系统的分类	4
第二章	微控制器的设计.....	6
2.1	单片机内部结构	6
	一、内部结构和主要特性	6
	二、管脚功能	7
	三、CPU 时序	9
	四、存贮器地址分配、特殊功能寄存器、寻址方式和布尔处理器.....	11
2.2	时钟电路及设计	14
	一、HMOS 型振荡器电路	15
	二、CHMOS 型振荡器电路	15
2.3	复位电路及设计	17
	一、单片机复位状态.....	17
	二、复位电路及设计.....	17
2.4	定时器/计时器	18
	一、定时器 T0 和定时器 T1	18
	二、定时器 T2	21
	三、定时器的编程.....	23
2.5	串行口	24
	一、串行口控制寄存器.....	25
	二、串行口工作方式.....	25
	三、波特率.....	28
	四、多机通讯.....	30
2.6	中断	31
	一、中断允许寄存器.....	32
	二、中断优先级寄存器.....	32
	三、中断响应.....	34
2.7	系统扩展	34
	一、概述.....	34
	二、地址译码.....	35
	三、总线驱动.....	36
	四、程序存贮器的扩展.....	39
	五、数据存贮器的扩展.....	40

六、通用 I/O 口扩展	41
七、键盘接口电路	52
八、显示接口电路	52
九、微型打印机接口电路	58
十、A/D、D/A 转换器接口电路	61
2.8 编程技术	65
一、MCS-51 系列单片机指令系统	65
二、软件结构	71
三、程序存储器和数据存储器规划	73
四、软件可靠性设计	74
五、常用程序设计	74
2.9 开发系统	86
一、SICE-Ⅲ 开发系统结构	86
二、SICE-Ⅲ 仿真特性	87
三、SICE-Ⅲ 软件功能	88
四、EPROM 固化/读出器	89
五、SICE-Ⅲ 连主机方式的系统组成	90
第三章 电液控制元件	92
3.1 光电隔离	92
3.2 功率放大器	92
一、开关功率放大器	93
二、线性功率放大器	93
3.3 电-机械转换器	98
一、普通电磁铁	99
二、直流/交流伺服电机	99
三、步进电机	101
四、动圈式力马达	104
五、动铁式力矩马达	107
六、耐高压直流比例电磁铁	109
七、多层压电晶体驱动器	112
3.4 电液开关阀	117
一、工作原理	117
二、种类和性能	119
三、液压特性和电气特性参数	121
四、型号和主要技术参数	121
3.5 电液伺服阀	122
一、静态特性	123
二、动态特性	125
三、电气特性	126
四、电液伺服阀的选择	127

3.6	电液比例阀	128
	一、静态性能指标	129
	二、动态性能指标	130
	三、电液比例阀的应用	130
3.7	电液数字阀	130
	一、工作原理	130
	二、性能指标	131
	三、应用	132
3.8	电液步进马达和电液步进缸	133
	一、电液步进马达特性和选用原则	133
	二、电液步进缸特性和应用	135
第四章	传感器与信号检测	136
4.1	传感器概述	136
	一、传感器的分类	136
	二、传感器的性能指标	136
	三、测量电路	138
4.2	位移/角位移信号检测	139
	一、电位器对位移/角位移信号的检测	139
	二、旋转变压器	139
	三、自整角机	141
	四、差动变压器和差动式电感位移传感器	141
	五、数字式传感器	143
4.3	速度/转速信号检测	144
	一、动铁式速度传感器	144
	二、动圈式速度传感器	144
	三、电涡流式速度传感器	145
	四、直流测速发电机	145
	五、交流测速发电机	145
4.4	压力信号检测	146
	一、利用电阻式压力传感器检测	147
	二、利用压电式压力传感器检测	148
	三、谐振式数字压力传感器	149
	四、压力继电器	151
4.5	流量信号检测	151
	一、电磁脉冲式流量传感器	151
	二、磁性流体流量计	152
	三、超声波流量计	152
4.6	温度信号检测	155
	一、热电偶	155
	二、热电阻和热敏电阻	156

4.7	浓度信号检测	157
	一、超声波浓度传感器	157
	二、阻容式浓度传感器	157
4.8	液位信号检测	159
	一、概述	159
	二、磁性浮子干簧管式液位传感器	161
	三、超声波液位传感器	162
	四、电容式液位传感器	163
第五章	微机电液控制系统的控制规律	166
5.1	常规控制规律	166
	一、PID 调节	166
	二、串级控制	167
	三、前馈控制	167
	四、时间最优控制	168
	五、预估控制	168
	六、解耦控制	169
	七、计算指标控制	173
	八、选择性控制	173
5.2	模糊控制规律	174
	一、模糊控制系统的结构组成	174
	二、模糊逻辑分析	176
	三、模糊控制器的设计	183
5.3	自适应控制规律	185
	一、自适应控制概述	185
	二、模型参考自适应控制系统	187
	三、在线辨识自适应控制系统	188
第六章	微机电液控制系统的设计与综合	189
6.1	设计内容与步骤	189
6.2	明确系统设计要求	189
	一、执行元件和负载条件	189
	二、拖动与控制性能	192
	三、工作环境与其它要求	192
6.3	拟定拖动控制方案和控制系统原理图	192
	一、开环控制和闭环控制	193
	二、阀控和泵控	193
	三、阀类型选择	193
	四、功率放大器型式选择	194
	五、传感器类型选择	194
6.4	动力元件及参数选择	194
	一、供油压力 P_s 的确定	194

	二、执行元件主要规格尺寸的确定	195
	三、电液控制阀空载流量 Q_{om} 的确定	195
	四、电液控制阀的选择	195
6.5	控制器软硬件设计	196
	一、按模拟系统设计方法	196
	二、离散设计方法	199
	三、状态空间设计方法	202
6.6	验算系统静态特性	203
	一、拖动性能验算	203
	二、动态性能验算	203
	三、静态性能验算	203
6.7	绘制系统工作图和编制技术文件	203
	一、绘制工作图	203
	二、编制技术文件	204
第七章	泵站微机监控系统	205
7.1	概述	205
7.2	系统结构	206
7.3	计算机硬件、软件设计	207
	一、程序存储器的扩展	207
	二、A/D 转换器的扩展	207
	三、输入输出扩展	208
	四、显示器扩展	209
	五、按键电路扩展	210
	六、串行口扩展	211
	七、V/F 转换器扩展	211
	八、软件设计	211
7.4	传感器与信号转换电路	212
	一、污染度检测与转换	212
	二、浓度检测与转换	212
	三、液位和油位检测与转换	212
	四、压力信号检测与转换	213
7.5	控制电路与执行元件	213
	一、微电机—油泵驱动电路	213
	二、电磁阀控制电路	214
	三、泵站闭锁控制电路	214
7.6	防爆设计	215
	一、引用标准	215
	二、防爆类型	216
	三、隔爆电气设计	216
	四、本安电路设计	216

7.7	试验	217
	一、数据传输与联网通讯试验	217
	二、污染度测试	219
	三、浓度测试	220
	四、液位和油位测试	220
7.8	结论	220
第八章	泵控马达装置微机电液控制系统	221
8.1	概述	221
8.2	系统原理	223
8.3	系统模型及其辨识试验	223
	一、电液伺服阀传递函数 $G_v(s)$	223
	二、阀控油缸系统数学模型	224
	三、泵控马达系统数学模型	226
8.4	模拟计算机对采煤机实际工况的模拟	229
	一、采煤机牵引部泵控马达系统的负载特性	229
	二、模拟计算机对负载特性方程的模拟	229
	三、负载扭矩的模拟	230
	四、采煤机功率模拟	230
	五、摩擦力模拟	230
8.5	压力信号实时处理	231
	一、超压保护	231
	二、牵引部泵控马达装置液压恒功率控制	231
	三、动压反馈	231
8.6	采样周期选取和稳定性分析	233
	一、动压反馈环节(压力控制回路)采样周期 T_p	233
	二、牵引部泵控马达装置压力控制回路稳定性分析	233
	三、泵控马达装置微机电液控制系统采样周期 T_N	233
	四、泵控马达装置微机电液控制系统稳定性分析	234
8.7	软件设置	235
8.8	泵控马达装置微机电液控制系统试验	236
8.9	结论	236
第九章	分级分布式微机电液控制系统	239
9.1	采煤工作面液压支架控制模型	239
	一、按钮型成组控制模型	239
	二、自联动型成组控制模型	241
	三、手控模型	242
9.2	分级分布式微机电液控制系统总体结构	243
	一、主控箱	243
	二、通讯站与分机的通讯联络	244
	三、液压支架微机电液控制系统	245

四、控制执行系统	246
9.3 结论	246
主要参考文献.....	248

第一章 微机电液控制技术概述

1.1 微机电液控制技术的形成和发展

微机电液控制技术是计算机控制技术和电液控制技术相结合的产物,在液压工程技术领域将得到广泛的应用。

工业领域中应用液压技术已经有很长的历史,但是液压控制技术的形成和发展都是近几十年的事情。第二次世界大战期间和战后,由于工业和军事的需要,而且液压系统具备重量轻、尺寸小、反应迅速和负载刚度大等特点,随着数学、工程控制理论、计算机技术、电子技术和液压基础理论的研究和发展,液压控制技术得到了很大的发展。液压控制技术首先在航天和军事工程领域中应用,随着液压控制技术不断走向成熟和价格的下降,目前已经普及到了广泛的民用工业部门。

由于电子信号处理和信息传递十分方便,人们早就想到把电信号和液压技术结合起来,从而发展了电液控制技术。电磁阀就是把电的通断信号换成液流通断而广泛使用于各种工业领域的最简单的电液控制元件。目前,电液伺服控制和电液比例控制都发展成为比较成熟的技术,研制和生产了种类繁多的电液控制元件,例如普通电液伺服阀(频宽数十赫)、高频电液伺服阀(国内产品达400赫)、电液比例流量阀、电液比例压力阀、电液复合阀、电液比例泵和电液通断控制阀等。它们广泛使用于机床工业、冶金工业、船舶工业、煤炭工业和工程机械等的控制系统中。

20世纪40年代末期电子计算机刚问世,立即受到了各方面的关注,发展十分迅速。在工程控制领域,计算机最早被用于纸浆和造纸工业的控制。由于早期的计算机是主机架式结构,计算机生产过程的连接十分困难,计算机从过程仪表取信号和给控制阀输出信号都不得不拉很长的信号线,因而安装、启停和维护都很困难。由于电子工业的革命性发展,计算机以大型的主机架式结构发展成为小型计算机。在70年代早期又出现了微型计算机。微型机的出现,使系统内的硬件费用急剧减小,可靠性大大提高,而体积大为缩小。计算机具有快速运算能力,因而许多控制对象可以采用更为先进的控制方法,模型实时辨识和控制理论的在线运用成为现实。微机技术的发展,使得单板微型计算机和单片微型计算机广泛应用于信号检测和工程控制。单板机/单片机结构简单,我们能够把操作单元和控制硬件设计成以单板机和单片机为中心而组成的计算机控制系统。直接放置到接近测量点的控制点的位置,由于其体积小,可望把计算机控制系统放置在控制设备之内。由于计算机与计算机之间实现通讯十分方便,就其硬件来说,仅需一根双绞线就可担此重任,我们可以采用集散型计算机控制系统,把信号和控制的计算机放置到控制前沿,再设置高级计算机负责信号的收集和控制的调度。集散型计算机控制系统,其关键部位都可以考虑冗余措施,保证在发生故障时,不会造成停产检修的严重后果。可靠性大大提高。

计算机控制技术在生产过程控制、机电控制、航天技术和军事工业等领域中都日趋成熟,得到广泛的应用。电液控制技术架起了计算机系统和液压系统相沟通的桥梁,以计算机为控制中心液压系统作为执行机构的微机电液控制系统具备计算机控制技术和电液控制技术的双重优势,可以引入自适应控制等先进控制方法,大大提高了液压控制系统的控制精度和运行可靠性。目前微机电液控制技术在试验台设计和液压工业控制领域得到越来越多的应用。

1.2 微机电液控制系统的构成和特点

微型计算机在液压控制工程领域已得到广泛的应用,由于实际控制对象种类很多,控制功能各有特色,因而微机电液控制系统的结构各不相同。通常,微机电液控制系统的构成如图 1.2-1。

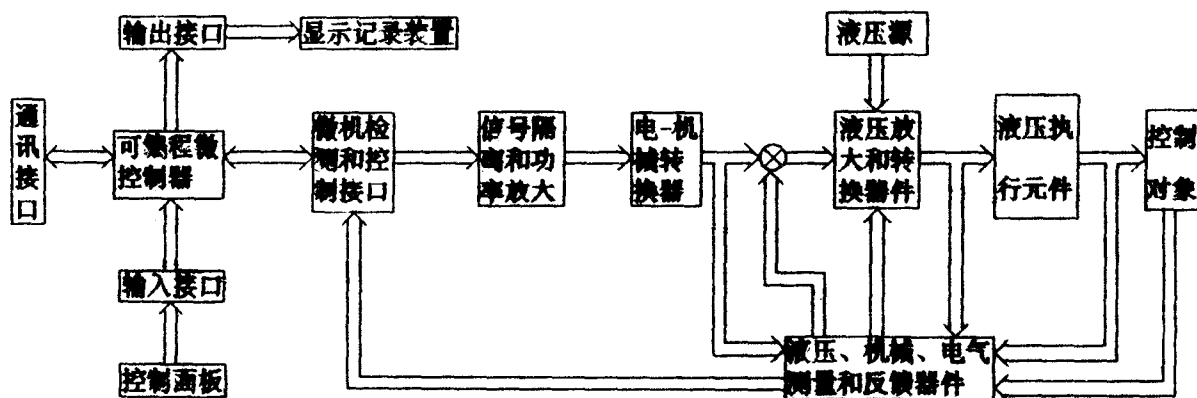


图1.2-1 微机电液控制系统结构框图

一、系统构成

1. 微控制器

微控制器是微机电液控制系统的核心,它负责信号处理和优化运算等工作,可以实现人机随机对话,接受上级计算机的调节数据指令,接受定值或程度指令,接受现场反馈信号,尔后对液压控制系统作出控制决策、输出控制指令,对系统运行参数进行显示和记录等。液压控制系统的微控制器一般可由单板机或单片机构成。

2. 微机接口

这部分包括输入输出接口、通讯接口和计算机检测控制接口等。

3. 控制面板和显示记录装置

控制面板供人机随机对话用,提供系统启动、停止和发出控制命令以及选择运行模块等功能,由按钮和开关组成。显示记录装置可以选用数码管、液晶、打印机、屏幕、声响设备以及磁带磁盘记录设备,也可以与波存相连,它的功能是记录和显示系统运行的关键数据,发报警信号等。

4. 信号隔离和功率放大电路

为了防止外部信号串入计算机系统,可以设置信号隔离电路。计算机控制接口的输出是小功率的电流电压信号,不能直接驱动电-机械转换器,因而需要功率放大环节,使其输出信号足以推动电-机械转换器动作。

5. 电-机械转换器

6. 液压转换和功率放大器件

7. 液压执行器件

8. 控制对象

9. 测量和反馈器件

在液压控制系统中测量和反馈器件用得非常广泛。测量和反馈器件主要有电气的、机械的和液

压的三类。众多的反馈使系统变成一个复杂的多回路结构。

二、系统特点

微机电液控制系统拥有微机控制技术和液压控制技术的双重优势,从信息处理方面来看,具备下面优点:

1. 系统操作简单,人机对话方便,操作者可以方便地通过控制面板干预系统的运行。
2. 系统功能强,实现多功能控制灵活方便,通过软件可以编制多功能的控制模板,操作者只要通过选择不同的控制模块,进行串并联连接,就可以实现复杂的控制,例如 PID 调节、非线性控制、超前控制、位式控制、比率控制、顺序控制、自适应控制以及它们的合理组合等。
3. 具有良好的性能/价格比。计算机芯片集成度高,功能多而价格低,可编程芯片通过软件还可以选择其功能。另外,计算机之间的通讯结构简便,控制室与现场控制器的联接双绞线就能胜任,因而可以节省大量电缆,降低成本。
4. 系统可靠性高。计算机控制系统的关键部位可以采用冗余技术,进行双重化设计,当一个关键部件出故障时后备部件可以立即自动投入运行,允许维修人员在不停机的情况下修理其损坏部件。另外,对于重要的回路,还可以把模拟调节器作为自动后备,当计算机主系统出故障时,模拟调节器自动投入运行,或者保留手动操作功能,必要时可由操作员手工操作使系统能在功能降级的情况下继续进行。
5. 可以对系统实现微机故障诊断。微机通过检测电子线路和液压控制系统的重要运行参数,与正常情况下的参数相比较就可判断系统运行是否正常,是否出故障,并判断出故障出在哪个地方哪个部件,及时地进行报警,使得修理人员能够迅速地找到出故障的部位及时进行修理,微机控制系统的这一功能也提高了系统的可靠性。
6. 微机技术发展迅速,芯片体积小,通过合理设计,计算机控制器可以设计得小巧玲珑,甚至可以做电液控制元件体内,为开发微机化电液控制元件提供了条件。
7. 模拟仪表安装在现场,操作人员看起来也较费劲。采用计算机电液控制后,可以把现场参数例如压力、流量、转速和温度等送至控制室集中显示,并可由计算机设备打印成表格,这对降低操作人员的劳动强度和提高参数收集的精度都具有重要的意义。

从功率转换和放大器件与执行器件看,液压控制较其它控制有着很多的优越性,主要是:

1. 液压元件的功率/重量比和力矩/惯量比(或力/质量比)大,功率传递密度高,可以组成体积小,重量轻,加速能力强,响应速度快的驱动大功率和大负载的控制系统。
2. 液压控制系统可以实现频繁的带载起动和制动,可以方便地实现正反向直线或回转运动和动力控制,调速范围广,低速稳定性好,能量贮存和动力传输都很方便。
3. 液压控制系统的抗负载刚度大,控制精度高。
4. 液压执行元件速度快,在伺服控制中采用液压执行元件可以使回路增益提高,频带宽。

当然液压控制系统存在某些缺点,如效率较低,油液易受污染,有抗燃防爆等技术要求,分析和设计复杂等。近年来出现的无槽电机其转矩/惯量矩比超过了液压马达,也可以构成尺寸紧凑的高响应伺服系统,因而与液压元件产生了竞争,在某些领域已取代了电液伺服马达。但液压控制与微机控制的结合综合了电子电气和液压的优势,具有很大的生命力,特别在工程机械和矿山机械中应用是十分适宜的。

1.3 微机电液控制系统的分类

微机电液控制系统其分类方法与常规的工程控制系统大同小异,分类的方法繁多,常见的分类如下:

一、按控制系统的构成特点、构成系统的元件特性、系统内部参数的变化规律、控制系统变量的特性等分类。一般可分为:

1. 开环控制系统和闭环控制系统。如果系统的输出没有通过反馈回路对系统的控制输入产生影响,则称为开环控制系统。开环控制系统一般不存在稳定性问题,但是它的精度完全取决于构成系统的各个单元的精度,所以仅适用于控制精度要求不高并且内部和外界干扰对控制输出没什么影响的场合。如果系统的输出通过反馈回路影响系统的控制输入,则称为闭环控制系统。闭环控制系统的优点是对内部干扰不敏感,但是给系统带来了稳定性问题。

2. 线性系统和非线性系统。如果构成系统的所有元件都是线性的,则称系统为线性控制系统,否则称为非线性系统。由于各类元件或多或少存在死区、滞环、饱和等非线性因子,因此严格地说,绝对线性系统在工程实际中是不存在的。但是为了简化分析和计算,当元件的非线性因子不起主导作用时,可通过线性化处理,视元件或系统为线性的。线性系统适用叠加原理。

3. 时不变系统和时变系统。系统内部参数不随时间而变化的系统称为时不变系统,否则就是时变系统。时变系统的分析和控制都远较时不变系统复杂繁琐,一般时变系统需采用自适应控制方法控制。

4. 连续控制系统和离散控制系统。若控制系统各变量均为时间的连续函数,则称此系统为连续控制系统。如果系统中某信号是用脉冲或数码形式实现的,则该系统称为离散控制系统。数字计算机属于离散控制系统。

在系统运行过程中,系统的特性往往是随时间变化的,例如元件老化,系统参数和环境的变化等,因此,只有采用能适应这种变化的系统才能保持较高的控制精度。于是近代出现了自适应控制系统。另外,为了使受控对象的某一或某些指标达到最优,例如能耗最低,效率最高,时间最短和质量最高等,人们又提出了最优控制的概念。

5. 自适应控制系统。该系统能够根据系统参数和环境条件及负载特性随机变化,自行调整控制参数以获得最佳的控制效果。有的自适应控制系统还能自动补偿个别元件的特性变化和元件一定程度的损坏所带来的影响,提高了系统运行的可靠性。

6. 最优控制系统。该系统按照给定的目标函数和某些参数的约束条件,自动确定控制参数,使系统以给定初始状态转移到目标状态的过程中,其某项或综合指标达到最优,从数学上看最优控制属于函数求极值和泛涵求极值问题,因其运算量较大,一般需要借助于计算机来实现。最优控制系统又可分为稳态最优和动态最优两类。前者仅保证在稳态工况下实现最优控制,后者保证在系统工况变化的动态过程中也实现最优化。

二、按信号和受控参数的特征分类,闭环控制系统又可分为程序控制系统(或过程控制系统)、自动调整系统和伺服控制系统三大类。

1. 程序控制系统 是对系统的输出量按给定的程序实现控制的系统。这类系统应用广泛,例如冶金、化工、造纸等工业的工艺过程参数控制,煤炭工业的液压支架自动移步控制等。程序控制系统往往内含伺服控制系统。

2. 自动调整系统 是一种输出为常量或变化缓慢的反馈控制系统。其控制任务是在存在内部

和外界干扰的情况下通过自动调节使其输出量始终保持为期望值或者保持在一定的范围之内。例如恒温调节系统和恒功率调节系统等。

3. 伺服控制系统 其特征是输出信号跟随输入信号变化。该类系统广泛应用于航空工业、船舶工业和机床工业的位移、速度和力的控制。

三、按照输出量的名称分类,微机电液控制系统可分为:

1. 位移/转角控制系统
2. 速度/转速控制系统
3. 加速度/角加速度控制系统
4. 力/力矩控制系统
5. 压力/压差控制系统
6. 其它参数控制系统

四、按照电液控制元件分类,可分为节流式和容积式两大类。节流式又可分为:

1. 电液开关控制 可用电平控制来完成,电液控制元件由电液开关控制阀担任,一般适用于程序控制系统。

2. 电液比例控制 电液比例控制采用电液比例控制阀作为电液转换与功率放大元件,控制性能较传统的液压传动系统优越,而且系统结构可以得到简化,其价格则比电液伺服控制低得多,近年来电液比例控制得到越来越多的应用。电液比例控制适用于程序控制系统,自动调节系统和频宽要求不高的伺服控制系统。

3. 电液伺服控制 采用电液伺服阀担任电液转换和放大元件,一般适用于频宽和控制精度要求高的电液控制系统。

4. 电液数字控制 采用电液数字阀担任电液转换和放大元件,这是一种目前正在研制开发中的新型电液控制元件,可望在频宽和控制精度要求高的电液控制系统中代替电液比例和电液伺服控制元件。

节流式控制的电液转换与功率放大元件是电液控制阀,由该阀直接控制执行元件液压缸或液压马达。阀控制系统的优点是响应速度快,控制精度高,缺点是效率低,因其性能优越,应用十分广泛,特别是中小功率系统。容积式控制的优点是效率高,系统负载的刚度大,缺点是响应速度慢,而且结构复杂。由于变量机构往往需要用较大的力去推动,因而实际使用中往往由一般阀控制油缸系统来驱动它。泵控系统特别适用于大功率场合。

五、按照微机的布置分类,可分为集中控制系统,分散控制系统和集散控制系统等。随着微机应用普及,集散型控制系统近年来发展迅速,显示了极大的优越性,预计将在许多工业领域中得到广泛应用。

另外,微机电液控制系统还可按照可靠性、规模和自动化的程度进行分类,这里不再详列。