



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13-5” GUIHUA JIAOCAI

现代液压技术概论

宋锦春 编著

非
外
借



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

现代液压技术概论

宋锦春 编著

常州大学图书馆
藏书章

北京
冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书理论结合实际,较系统地介绍了现代液压技术,对现代液压技术的现状与发展趋势做了分析、研究及判断。全书共10章,分别阐述了现代液压系统发展的高压化、轻量化、模块化、集成化,液压新介质的发展,液压系统的比例伺服化,新材料、新工艺在液压系统设计中的应用,液压传动系统节能化,液压控制系统数字化在工业生产中的应用,现代液压技术发展智能化。

本书可作为高等学校相关专业的本科生或研究生教材,也可供从事液压技术研究、开发和应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代液压技术概论/宋锦春编著. —北京:冶金工业出版社, 2017. 10

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7626-7

I. ①现… II. ①宋… III. ①液压技术—高等学校—教材
IV. ①TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第255472号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郭惠兰 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7626-7

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2017年10月第1版,2017年10月第1次印刷

169mm×239mm;11.5印张;223千字;173页

25.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

液压技术是一门相对年轻的技术学科。它集机械、流体、电子及控制技术于一体,实现机械装备的自动化控制,并可获得很高的动态响应和控制精度。目前,液压技术在各种自动化装备、军事装备、冶金设备及工程机械等领域得到了广泛的应用,已然成为衡量现代工业发展水平的重要标志。

作者结合三十五年从事液压专业教学及科研的工作经验,总结近十几年液压技术发展的趋势和动向,编写了本书,以供学习液压技术的学生、研究生和从事液压技术的工程技术人员使用。

书中介绍了液压技术在发展过程中表现出的一些特征,介绍了液压技术的发展趋势,例如,液压系统高压化、液压系统轻量化、液压系统集成化和模块化、液压新介质、液压伺服比例化、液压系统的新材料和新工艺、液压技术的节能化、液压技术的数字化以及液压系统的智能化。读者可以通过本书,对现代液压技术的发展趋势有较全面的了解。

本书在编写过程中,得到了许多人的帮助,其中宁夏理工学院的姚远、杨贺绪对本书进行了认真的审阅,提出了非常宝贵的意见和建议;研究生黄裘俊、张凯、蔡衍、赵云博、张坤等做了图表整理、格式排版、文字校对等工作,在此向他们表示衷心的感谢!

限于编者水平及对液压技术理解的不足,书中难免存在不当之处,诚请读者斧正。

作 者

2017年7月

目 录

1 绪论	1
1.1 液压技术发展历程	1
1.2 液压技术存在的理由及优势	4
1.2.1 液压系统是一种经过漫长时间合理完善的仿生机械	4
1.2.2 大推力直线运动、大扭矩回转运动、高精度和高响应等特点无可取代	5
1.2.3 柔性安装形式	5
1.2.4 能量回收功能的节能方式	6
1.2.5 与电子信号及计算机结合形成机电一体化自动控制	7
1.3 液压技术发展趋势	9
1.3.1 高压化	9
1.3.2 轻量化	10
1.3.3 模块化和集成化	10
1.3.4 液压新介质	10
1.3.5 液压伺服比例化	11
1.3.6 新材料和新工艺	11
1.3.7 节能化	11
1.3.8 数字化	12
1.3.9 智能化	12
2 液压系统的高压化	13
2.1 液压系统的压力分级	13
2.1.1 液压系统高压化	13
2.1.2 液压技术高压化的意义	14
2.2 液压技术高压化的发展应用	15
2.2.1 液压技术高压化在航空领域的应用	15
2.2.2 液压技术高压化在潜艇上的应用	17
2.2.3 液压技术高压化在煤矿设备上的应用	17

2.2.4 液压技术高压化在液压泵-马达上的应用	19
2.3 液压系统高压化存在的问题	20
2.3.1 缩短液压元器件寿命	21
2.3.2 产品性能降低	22
2.3.3 噪声增大	23
2.3.4 液压油的恶化	23
2.4 液压系统的超高压化	23
2.4.1 液压系统超高压液压技术的特点	24
2.4.2 超高压液压密封方法	25
2.5 超高压液压技术的应用	26
2.5.1 超高压液压技术在胀形加工工艺中的应用	26
2.5.2 超高压电磁换向阀的应用	28
3 液压系统的轻量化	31
3.1 液压系统轻量化概述	31
3.1.1 轻量化的基本概念	31
3.1.2 轻量化发展历程以及研究意义	31
3.2 实现液压系统轻量化的途径	31
3.2.1 油箱轻量化	32
3.2.2 阀块轻量化	33
3.2.3 液压缸轻量化	36
3.2.4 液压源轻量化	37
3.2.5 蓄能器的轻量化	38
3.3 液压系统优化仿真软件	39
3.3.1 流体动力学软件	39
3.3.2 液压系统动态性能仿真软件	39
3.3.3 三维实体建模软件	40
3.4 液压系统轻量化的应用举例	40
3.4.1 内嵌式液压电机叶片泵	40
3.4.2 飞机液压系统	42
4 液压系统的模块化、集成化	43
4.1 液压系统模块化、集成化的应用意义	43
4.2 液压系统模块化、集成化的原则	44
4.2.1 模块化原则	44

4.2.2 集成化原则	46
4.2.3 可组配原则	47
4.2.4 开放式原则	47
4.3 典型实例	48
4.3.1 采用紧凑型二通插装阀的模块化组合式电液多路阀系统	48
4.3.2 液压系统模块化在船舶制造业的应用	50
4.3.3 飞机液压系统的集成设计与制造	51
5 液压新介质	54
5.1 液压介质的发展概况	54
5.2 液压介质的性能要求	54
5.3 各种新型液压介质	55
5.3.1 水液压	55
5.3.2 环保型液压油	58
5.3.3 水基液	61
5.3.4 智能流体	63
5.4 液压介质发展趋势	66
5.5 液压介质的选择与污染故障	66
6 液压比例伺服化	68
6.1 电液伺服比例控制简介	68
6.1.1 液压伺服和比例控制系统的工作原理	68
6.1.2 液压伺服与比例控制系统的组成	69
6.1.3 液压伺服和比例控制系统的优缺点	70
6.2 电液伺服技术	70
6.2.1 电液伺服阀	70
6.2.2 电液伺服系统	78
6.2.3 经典应用	85
6.3 电液比例技术	90
6.3.1 比例阀	90
6.3.2 电液比例技术的应用	92
6.3.3 电液比例技术的发展方向	96
7 液压系统的新材料、新工艺	97
7.1 简介	97

7.2 密封技术	97
7.2.1 密封新材料	97
7.2.2 密封新结构	98
7.2.3 密封制造新工艺	100
7.2.4 密封技术的发展方向	100
7.3 工程陶瓷	100
7.3.1 各种工程陶瓷材料的性能对比	101
7.3.2 工程陶瓷材料在高速高压旋转密封中的应用	102
7.3.3 工程陶瓷在水压元件中的应用	104
7.3.4 陶瓷涂层技术及在水压元件中的应用	106
7.4 工程塑料	106
7.4.1 工程塑料在水压元件中的应用	106
7.4.2 工程塑料在水压元件中的应用实例	107
7.4.3 使用工程塑料应注意的问题	109
7.5 形状记忆合金	109
7.5.1 形状记忆合金的特点	109
7.5.2 记忆合金在液压中的应用	110
7.6 高速冲压技术	111
8 液压技术的节能化	112
8.1 液压系统节能	112
8.1.1 液压传动系统产生的能量损失	112
8.1.2 动力元件部分的节能分析	112
8.1.3 控制元件部分的节能分析	113
8.1.4 执行元件部分的节能分析	113
8.1.5 管道部分的节能分析	114
8.1.6 液压系统的节能回路	115
8.1.7 其他的影响液压节能的因素	120
8.2 液压系统节能化应用举例	121
8.2.1 液压混合动力车	121
8.2.2 二次调节液压抽油机	124
8.2.3 全液压势能回收抽油机	126
8.2.4 电动静液压作动器	128
9 液压技术的数字化	130
9.1 液压数字化综述	130

9.2 数字液压元件	131
9.2.1 数字控制阀	131
9.2.2 数字液压泵	133
9.2.3 数字液压缸	134
9.2.4 数字液压马达	136
9.3 液压系统的数字仿真与计算机辅助设计	136
9.4 计算机辅助测试	137
9.4.1 静态特性的测试技术	137
9.4.2 动态特性的测试技术	138
9.4.3 综合性能的测试技术	138
9.5 液压数字系统发展实例	138
9.5.1 汽车防抱死制动系统	138
9.5.2 专家智能伺服缸	138
9.5.3 碾扩机的伺服进给系统	138
9.5.4 利用液压站搭建的液压系统	140
9.5.5 波浪补偿装置系统	140
9.5.6 六自由度控制平台	141
9.5.7 液压冷轧板厚自动控制系统	142
9.5.8 液压悬臂掘进机器人	142
9.5.9 液压式运梁车	143
9.5.10 数字液压驱动摊铺机	144
9.5.11 液压驱动控制泵送臂架	144
9.5.12 结晶器在线调宽驱动控制系统	144
9.5.13 数字调速器	146
9.5.14 钻井数字液压升沉补偿系统	146
9.5.15 大功率特种作业机器人	147
10 液压系统的智能化	148
10.1 智能液压元件	148
10.1.1 智能液压元件的主体构成	149
10.1.2 智能液压元件的控制功能与特点	150
10.1.3 对液压元件性能服务的总线及其通讯功能	151
10.1.4 液压智能元件配套的控制器和软件	153
10.2 液压系统故障智能诊断技术	155
10.2.1 多种知识表示方法的结合	156

10.2.2	经验知识与原理知识的紧密结合	156
10.2.3	多种智能故障诊断方法的混合	156
10.2.4	虚拟现实技术将得到重视和应用	157
10.2.5	数据库技术与人工智能技术相互渗透	157
10.3	液压系统中的智能化控制	157
10.3.1	液压挖掘机的智能化控制	158
10.3.2	液压机的智能化控制	164
参考文献		171

1.1 液压技术发展历程

液压传动系统的功能是将动力从机械能形式转换成液体的压力能（简称液压能）形式。这一过程通过利用密闭液体作为媒介而完成。通过密闭液体研究力传递或运动传递的科学，称做“液压学”。

相比于机械学科，液压学是一门年轻的学科。液压传动基于密闭容器中流体的静压力传递力和功率这一原理来实现，该原理即法国人帕斯卡（Blaise Pascal）于1650年提出的封闭静止流体压力传递的帕斯卡原理。1686年，牛顿揭示了动性流体的内摩擦定律。到18世纪，流体力学的两个重要方程——连续性方程和伯努利方程相继建立。这些理论成果为液压技术的发展奠定了理论基础。1795年，英国人约瑟夫·布拉曼（Joseph Bramah）发明了世界上第一台水压机，是他首先不仅利用水进行能量传递，而且进行传递过程控制，即控制水流方向，第一次将帕斯卡原理付诸实际应用。这标志着液压技术工程应用的开始。水压机的发明还与当时钢铁冶金、工程材料的发展及一些新的制造方法的出现密切相关。但是，直到1850年英国工业革命之后，液压技术才逐渐应用到实际工业中。由于这时候电能还未被发现和用做动力，因此，到了1870年，液压传动技术已经被用来驱动各种设备，如液压机、起重机、绞车、挤压机、剪切机和铆接机等。在这些系统中，使用蒸汽机驱动水泵，在一定压力下通过管道将压力流体（水）送到加工车间，驱动各种机械设备。

然而早期的以水为介质的液压传动系统具有许多缺点，如泄漏和密封问题，水的润滑性差，工作温度范围小，零部件容易锈蚀。同时，随着电气技术的发展和电机驱动的应用，直到19世纪末之前，液压传动技术没有明显的发展和进步。早在1748年和1754年，沙俄政府的矿务总局和金银化验局先后对采自乌赫特河和索卡河的原油进行过实验室的分析和化验，用曲颈烧瓶做了原油蒸馏试验，取得了馏出物。1823年，俄国的瓦西里·阿列克谢维奇·杜比宁和他的两个兄弟——盖拉西姆和马卡尔建立了第一座炼油厂。直到1905~1908年，威廉斯（H. Williams）和詹尼（R. Janney）两位英国工程师发明了用矿物油作工作介质的轴向柱塞式液压传动装置以后，矿物油替代了水作为工作介质，在很大程度上解决了密封和锈蚀等问题，液压传动技术的境况才有所改观。1910年及1922年，

海勒·肖 (Hele Shaw) 及汉斯·托马研制出用油作工作介质的径向柱塞泵; 1926 年, 第一套由泵、控制阀和执行元件组成的集成式液压系统在美国诞生; 1936 年, 哈里·威克斯 (Harry Vickers) 又发明了先导式溢流阀; 特别是 20 世纪 30 年代丁酯橡胶等新型密封材料的应用, 使得液压传动逐步取代水压传动, 并得到迅速的发展。此外, 在液压元件方面还值得一提的是, 简·默西埃 (Jean Mercier) 于 1950 年研制成功了气液隔离式气囊蓄能器。

第一次世界大战 (1914~1918) 后, 液压传动技术得到了广泛应用, 特别是在 1920 年以后, 发展更为迅速。液压元件大约在 19 世纪末 20 世纪初的 20 年间, 才开始进入正规的工业生产阶段。1925 年, 维克斯 (F. Vickers) 发明了压力平衡式叶片泵, 为近代液压元件工业或液压传动的逐步建立奠定了基础。20 世纪初, 康斯坦丁尼斯克 (G. Constantinisco) 对能量波动传递所进行的理论及实际研究, 以及 1910 年对液力传动 (液力联轴节、液力变矩器等) 方面的贡献, 使这两个领域得到了发展。

第二次世界大战 (1941~1945) 期间, 美国机床中有 30% 应用了液压传动。应该指出, 日本液压传动的发展较欧美等国家晚了许多年。在 1955 年前后, 日本液压传动技术得到了迅速发展。

从第一台水压机出现到现在已有二百多年的历史了, 其中经历了两次世界大战。特别是第二次世界大战期间, 由于军事工业迫切需要反应快、动作准确、功率大的液压元件、液压传动系统和伺服控制系统, 以便用于飞机、坦克、高射炮、舰、艇等装备和武器方面的控制系统以及雷达、声呐的驱动系统, 促进了液压技术及其自动控制技术的进一步发展。1906 年前, 液压传动与控制技术应用于海军战舰炮塔的俯仰控制。1914 年, 液压伺服控制技术出现在海军舰艇舵机的操控装置上。1932 年, Harry Nyquist 发表了关于奈奎斯特判据的论文。1934 年, 伺服机构 (servomechanism) 一词出现, Harold Locke Hazen 给出了定义: “一个功率放大装置, 其放大部件是根据系统输入与输出的差来驱动输出的。” 1939 年前, 液压控制技术得到高速发展, 射流管阀、喷嘴挡板阀等许多控制阀出现; 出现一种具有永磁马达及接收机械和电信号两种输入的双输入阀, 并在航空领域得到应用。1940 年, 滑阀特性和液压伺服控制理论研究出现。Hendrik Bode 发表了关于最小相位系统幅频特性和相频特性关系的 Bode 定理。1945 年, 用螺线管驱动的单级开环控制阀建立的液压伺服系统出现。

第二次世界大战以后, 液压技术的研究与应用得到了迅速发展。1946 年, 伺服阀的关键组件及技术相继出现, 例如力矩马达、两级阀、带反馈的两级阀, 在飞机上采用 21MPa 液压控制系统。美国麻省理工学院的布莱克本 (Blackburn)、李诗颖等人对液压伺服控制问题作了深入的研究, 于 1958 年制造出了喷嘴挡板型电液伺服阀, 于 1960 年出版了《流体动力控制》这部做出杰出

贡献的重要著作。液压技术的应用也迅速转人民用工业,在机床、工程机械、船舶机械、锻压机械、冶金机械、农业机械以及汽车、航空航天部等部门得到了广泛应用。

由于矿物油易燃,在高温、明火、矿井等特殊环境下,乳化液等合成流体逐步取代了矿物油作为液压系统的工作介质。由于伺服阀的造价高,抗污染能力差,20世纪60年代末,比电液伺服阀价格低廉、维护容易且具有一定控制精度的电液比例阀应运而生。1967年,瑞士Beoringeir公司率先生产出KL型比例复合阀,标志着液压比例技术的诞生。到1970年代初,日本油研公司研制出压力和流量两种比例阀并获得了专利。这段时间,主要是以比例型电-机械变换器,例如比例电磁铁、伺服电机、动圈式力矩马达等,取代普通液压阀中的手动调节装置和普通电磁铁,实现电液比例控制,而阀内的结构和设计准则几乎没有什么变化。从性能上说,其频宽 $1\sim 5\text{Hz}$,滞环 $4\%\sim 7\%$,多数只用于开环控制。从1975年到1980年,比例技术进入其发展的第二阶段,比例器件普遍采用了各种内反馈回路,同时研制出耐高压的比例电磁铁,与之配套的比例放大器也日趋成熟。从性能上说,比例阀的频宽已达 $5\sim 15\text{Hz}$,滞环缩小到 3% 左右,不仅用于开环控制,也广泛用于各种闭环控制系统中。

20世纪80年代以来,比例技术进入了飞速发展阶段,并取得了长足的进步,具体体现在:

- (1) 设计原理进一步完善,通过液压、机械以及电气的各种反馈手段,使比例阀的性能(如滞环、频宽等)同工业伺服阀接近,只是受制造成本所限,尚存在一定的中位死区。
- (2) 比例技术同插装技术结合,开发出二通、三通比例插装阀。
- (3) 研制出各种将比例阀、传感器、电子放大器和数字显示装置集成在一起的机电一体化器件。
- (4) 将比例阀同液压泵、液压马达等组合在一起,构成节能的比例容积器件。

我国的液压工业开始于20世纪50年代,目前正处于迅速发展、提高的阶段。其产品最初只用于机床和锻压设备,后来才用到拖拉机和工程机械上。自从1964年从国外引进一些液压元件生产技术,同时进行自行设计液压产品以来,我国的液压件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了应用。自1980年代起,更加速了对国外先进液压产品和技术有计划引进、消化、吸收和国产化工作,以确保我国的液压技术能在产品质量、经济效益、研究开发等各个方面全方位地赶上世界水平。但由于起步较晚和一些相关技术的影响,我国液压传动技术与国外先进水平相比还存在一些差距,主要表现在:产品质量不稳定,可靠性差,寿命短。有些新的应用领域如航空航天、海洋工程、生物医学工

程、机器人、微型机械及高温、明火环境下的液压技术和所需的一些特殊元件,研究开发工作还没能满足需要。液压工业已成为影响我国机械工业和扩大机电产品国际贸易的关键技术和瓶颈产业。迅速改变这种状况,是我国液压技术界和工业界所面临的迫切任务。

经过近半个世纪的进一步发展,液压技术已成为包括动力传动、控制、检测在内,对现代机械装备的技术进步有重要影响的基础技术,广泛用于各工业部门和领域。例如,国外生产的95%的工程机械、90%的数控加工中心、95%以上的自动化生产线都采用了液压传动技术。液压技术的应用对机电产品质量的提高起到了极大的促进和保证作用,世界上先进的工业国家均对液压技术的发展给予了高度重视,应用液压技术的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志。

1.2 液压技术存在的理由及优势

液压技术源于传统机械技术,又融合了控制理论、精密制造、新材料、自动化和智能化的检测、传感器以及信息技术等。液压产品和装置本身是一种技术的融合和系统集成。目前,液压技术已经被广泛应用到国民经济的各个行业中,遍及各个工业领域。从工农业生产到军用国防尖端产品,从重型工业到轻工业,从一般的传动系统到精确度要求很高的控制系统,可以说是上至蓝天、下至海底,各种各样的液压传动装置随处可见。如一般工业用的塑料加工机械、压力机械、机床;行走机械中的工程机械、建筑机械、农业机械、汽车;钢铁工业用的冶炼机械、提升装置、轧辊调整装置;水利工程用的防洪闸门及堤坝装置、河床升降装置、桥梁操纵机构;发电厂涡轮机调速装置、核发电厂;船舶用的甲板起重机械(绞车)、船头门、舱壁阀、船尾推进器;特殊技术用的巨型天线控制装置、测量浮标、升降旋转舞台;军事工业用的火炮操纵装置、船舶减摇装置、战备物资搬运机器人、飞行器仿真、飞机起落架的收放装置和方向舵控制装置等。液压传动、机械传动和电气传动的综合应用已成为现代机械制造业中不可或缺的一部分。

液压技术之所以被广泛应用,是因为液压技术有如下优势:

1.2.1 液压系统是一种经过漫长时间合理完善的仿生机械

液压技术已经历了100多年的发展历史,自问世以来发展很快,已成为工业生产中必不可少的技术之一。随着近50年的科学技术的进步与发展,液压技术已经成为了一门影响现代机械装备技术的重要基础学科和基础技术。在现代工业的发展进程中可以看到液压技术的发展身影,也可以看到控制技术等的发展痕迹。更重要的是,液压控制技术的发展过程,自然地体现了多学科多领域技术融

合的过程。液压技术的发展正向着高效率、高精度、高性能方向迈进。液压元件向着体积小、重量轻、微型化和集成化方向发展。新兴的液压技术正在开拓,计算机的应用更是大大推进了液压技术的发展,像液压系统的辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等工作,也都取得了显著成果。当前,液压技术在实现高压、高速、大功率、高效率、低噪声、长寿和高度集成化等各项要求方面都取得了重大的进展,在完善比例控制、伺服控制、数字控制等技术上也取得许多新成就。

1.2.2 大推力直线运动、大扭矩回转运动、高精度和高响应等特点无可取代

(1) 承载能力大。液压传动易于获得很大的力和转矩,因此广泛用于压制机、隧道掘进机、万吨轮船操舵机和万吨水压机等。

(2) 理想的增力系统。液压系统是一个简单而且高效的增力系统,它无需借助笨重的机械传动(如杠杆、滑轮、齿轮等),可以轻而易举地实现增力和增大扭矩。例如大型液压机的液压系统,只要给操作手柄几十牛甚至更小的力,就可以产生成千上万吨的压力。这一特点增加了液压传动与控制系统的柔性,扩大了它的应用范围和领域。

(3) 与其他传动方式相比,液压传动系统具有一个显著的特点,就是可以输出恒定的力和扭矩。不管速度如何变化,它都可以保证为负载提供连续稳定不变的力和扭矩。这对于要求负载速度(或转速)经常改变,又要求恒定力(或扭矩)的场合,是非常适合的。

(4) 易于精确控制。只要简单地操作手柄按钮,操作人员即可实现对液压系统及其执行机构的动作控制,如启动、停机、加速或减速等,或在任何时候、任何位置控制执行机构反向运动。此外,由于几乎不受执行机构和机械系统运动惯性的影响,液压系统具有较高的控制精度。这对于控制大型负载设备,提高加工过程和生产工艺流程自动化方面,是非常重要的。由于液压油具有流动性和几乎不可压缩性等特点,因此与气动控制相比,液压控制更容易实现执行元件运动速度和位移的精确控制,提高系统的响应灵敏度和动态特性。

1.2.3 柔性安装形式

系统设计柔性化。液压系统由各个单元组成,而每个单元在结构上可独自一体然后通过刚性或柔性管路联接。设计人员可以根据传动的目的和控制要求,充分利用各种执行元件、控制元件和动力元件的功能,加大想象空间,设计出多种方案。可以充分发挥设计人员想象力、创造力和智慧,通过研究、比较,确定更高效、更优化、更经济的设计方案。

利用设备结构中的壳体、腔体构件,如机床床身等,作为液压油箱存放液压

油,既未影响主机强度,又能节省空间。

利用叠加阀及近十几年出现的插装阀的安装灵活性,在主机体不占合理空间的位置上实现液压系统的控制调节功能。

液压执行器,如液压缸、液压马达,体积小、功率大,安装灵活方便,从而省去传统机械设备的减速器等笨重装置,大大简化了主机结构。

在相对较远距离和位置安放液压系统动力装置,使其只占用相对不重要空间,如轧钢机通常将液压系统置于地下室内,避免占用有用空间,也有效降低了噪声。

液压泵也可灵活地直接连接原动机(如内燃机),取代传统原动机带动发电机产生电能,电能驱动电机旋转带动液压泵旋转这一过程。

1.2.4 能量回收功能的节能方式

(1) 二次调节不仅能方便地实行各种控制规律,更重要的是具有能量回收与重新利用的功能。它能减小泵站的安装功率,减少冷却费用和设备总投资,对大中功率的场合节能效果十分显著。系统具有良好的静动态特性,随着不断地研究,必将得到越来越广泛的应用。

(2) 二次调节压力耦联系统具有如下特点:

1) 恒压油源直接与二次元件相连,系统压力基本保持不变。因此,避免了液压系统原理性的节流损失,系统效率高。

2) 通过改变二次元件的排量,可以实现对输出转矩的控制,也可以实现对二次元件的旋转方向的控制。二次元件可以工作在四个象限内,为能量的回收再利用提供了条件。

3) 液压蓄能器可以暂存系统过剩的能量,并且这部分能量可以用到下次的加速场合。这样就提高了设备的效率。

4) 二次元件排量随负载的变化而变化,从而达到功率匹配。

5) 液压蓄能器可以吞吐能量,使系统不会形成压力尖峰。这样可以减少安全阀的能量损失,降低用于冷却的功耗。

6) 二次调节系统可以方便地实现位能和惯性能的回收和再利用。

7) 应用于恒压网络中时,可以方便地实现对互不相关的负载运动的控制,从而易于实现群控节能。同时,发动机功率可以按略高于负载功率和的平均值选取,这就降低了对液压泵站功率的要求,节约了装机成本。

8) 二次调节系统有其新的控制方法,能很方便地实现转矩、转速、转角和功率等参数的控制。

由于二次调节所具有的特点,它特别适用于工程机械和那些周期性地在规定时间内需不断加速和制动的大中功率场合,节能效果十分显著,且改善了系统的控

制性能。应用于工程车辆上,如挖掘机和市内公共汽车,可回收与重新利用制动能量。应用于起重机上,如矿山用提升机和船用甲板机械,可回收与重新利用重物的势能。

1.2.5 与电子信号及计算机结合形成机电一体化自动控制

20 世纪 60 年代以来,随着原子能、航空航天、微电子技术的发展,液压技术在更深、更广阔的领域得到了应用,60 年代出现了板式、叠加式液压阀系列,发展了以比例电磁铁为电气-机械转换器的电液比例控制阀,并被广泛用于工业控制中,提高了电液控制系统的抗污染能力和性能价格比。70 年代出现了插装式系列液压元件。80 年代以后,液压技术与现代数学、力学和微电子技术、计算机技术、控制科学等紧密结合,出现了微处理机、电子放大器、传感测量元件和液压控制单元相互集成的机电一体化产品(如美国 Lee 公司研制的微型液压阀等),提高了液压系统的智能化程度和可靠性,并应用计算机技术开展了对液压元件和系统的动、静态性能数字仿真及结构的辅助设计和制造(CAD/CAM)。如前所述,随着科学技术的进步和人类环保、能源危机意识的提高,近 20 年来,人们重新认识和研究历史上以纯水作为工作介质的纯水液压传动技术,并在理论上和应用研究上,都得到了持续稳定的复苏和发展,正在逐渐成为现代液压传动技术中的热点技术(Emerging Technology)和新的发展方向。

在液压元件和液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化以及微机控制等开发性工作方面,日益展现出显著的成绩。微电子技术的进展,渗透到液压与气动技术中并与之结合,研制出很多高可靠性、低成本的微型节能元件,为液压气动技术在工业各部门中的应用开辟了更为广阔的前景。

与微电子结合,走向智能化。液压技术从 20 世纪 70 年代中期起就开始和微电子工业接触,并相互结合。在迄今 40 多年时间内,结合层次不断提高,由简单拼装、分散混合到总体组合,出现了多种形式的独立产品,如数字液压泵、数字阀、数字液压缸等,其中的高级形式已发展到把编程后的芯片和液压控制元件、液压执行元件、能源装置、检测反馈装置、数模转换装置、集成电路等汇成一体。这种汇在一起的联结体,只要一收到微处理机或微型计算机处送来的信息,就能实现预先规定的任务。

液压打包技术在与微电子技术紧密结合后,在微型计算机或微处理机的控制下,可以进一步拓宽它的应用领域,形形色色机器人和智能元件的使用不过是它最常见的例子。目前国外已在着手开发多种行业能通用的智能组合硬件,它们只需配上适当的软件,就可以在不同的行业中完成不同的任务。这样一来,用户的主要技术工作将只是挑选硬件、改编或自编计算程序了。综上所述,可以看到液压元件将向高性能、高质量、高可靠性、系统成套方向发展;向低能耗、低噪