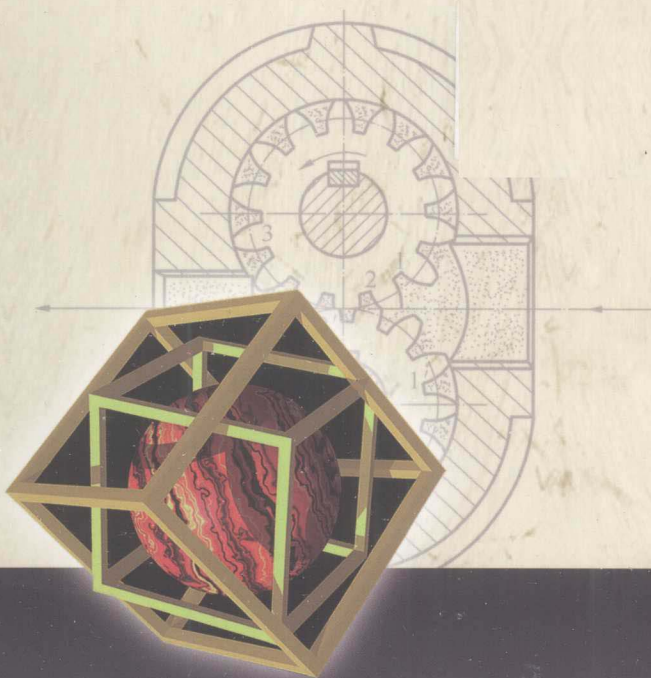


Yeya Shebēi Shiyong Yu Weihu

液压设备使用与维护 5

宋连龙

著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

Yeya Shebei Shiyong Yu Weihu

液压设备使用 维护

5

宋连龙

著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书内容分为三个部分:第一部分为液压技术基础,主要介绍了液压技术的基础知识、液压元件和液压系统的原理及性能特点;第二部分为液压元件的使用维护与故障排除,主要介绍了液压元件使用维护的方法,以及常见故障的排除方法;第三部分为液压系统的使用维护与故障排除,主要介绍了液压系统使用维护的方法,以及常见故障的排除方法。

本书可作为普通高等学校机械类相关专业“液压设备使用与维护”课程或相近课程的教材,也可作为相关工程技术人员进行专业设计的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压设备使用与维护/宋连龙著. —武汉:华中科技大学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5680-0441-1

I. ①液… II. ①宋… III. ①液压装置-使用 ②液压装置-维修 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 226365 号

液压设备使用与维护

宋连龙 著

责任编辑:王 晶

封面设计:刘 卉

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:11 插页:2

字 数:236千字

版 次:2015年1月第1版第1次印刷

定 价:28.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

液压技术是实现现代化传动与控制的关键技术之一。世界各国对液压工业的发展都给予了高度的重视。据统计,目前世界液压元件的总销售额近 400 亿美元,液压工业产值占机械工业总产值的 2%~3.5%。我国液压行业发展迅速,现已形成门类齐全且有一定生产能力和技术水平的生产、科研体系。全国有近 300 家企业在国家部属的研究院所中设有 20 多个液压与气动研究室,有 10 多所高校设有流体传动与控制专业,还有国家级液压元件质量监督检测中心以及国家重点实验室。

我国液压工业已可为工程机械、农业机械、机床、塑料机械、冶金机械、矿山机械、石油化工机械、铁路机械、船舶机械、轻工机械等行业提供比较齐全的产品,目前,液压元件的产品约有 1 000 个品种,近 10 000 个规格。另外,在 CAD 技术、污染控制、故障诊断、机电一体化、海水及高水基溶液中的应用、现代控制技术的应用等方面也取得了可喜成果,不少成果已应用于生产。

我国液压工业重视同国外企业进行有效的经济和技术合作。近年来,我国先后从国外引进了大量有关液压元件和液压系统的制造技术,为提高产品的质量水平和生产能力起到了重要作用;目前已和美国、日本、德国共同建立了一些合资企业,这些企业将推动我国液压工业的发展。然而,随着液压技术的飞速发展,液压专业技术人才和液压设备操作人员严重短缺,急需培养一批能正确使用和维护液压设备的技术人员。本书就是为了满足上述需求而撰写的。

本书内容分为三个部分,比较全面地对液压技术的原理和应用,以及液压设备的使用维护进行了介绍。

本书采用了最新的国家标准,介绍了液压新技术和发展方向,内容通俗易懂、简单实用。

书中难免有不足和疏漏之处,恳请广大读者和各位专家学者批评指正。

作 者

2014 年 5 月

目 录

第 1 篇 液压技术基础

第 1 章 液压技术简介	(1)
1.1 液压传动的工作原理及系统组成	(1)
1.2 液压系统的图形符号	(3)
1.3 液压技术的主要优缺点	(3)
1.4 液压技术的应用和发展	(4)
第 2 章 流体力学基础	(11)
2.1 油液的主要物理性质	(11)
2.2 液体静力学基础	(11)
2.3 流体动力学基础	(12)
2.4 液压冲击和空穴现象	(13)
第 3 章 液压元件	(15)
3.1 液压泵	(15)
3.2 液压马达和液压缸	(33)
3.3 液压控制阀	(38)
3.4 辅助元件	(62)
3.5 工作介质	(74)
第 4 章 液压系统简介	(76)
4.1 液压基本回路	(76)
4.2 液压系统分析	(91)

第 2 篇 液压元件的使用维护与故障排除

第 5 章 液压泵的使用维护与故障排除	(96)
5.1 齿轮泵的使用维护与故障排除	(96)
5.2 叶片泵的使用维护与故障排除	(101)
5.3 柱塞泵的使用维护与故障排除	(103)

第 6 章 液压马达和液压缸的使用维护与故障排除	(106)
6.1 液压马达的使用维护与故障排除	(106)
6.2 液压缸的使用维护与故障排除	(113)
第 7 章 控制阀的使用维护与故障排除	(117)
7.1 方向控制阀的使用维护与故障排除	(117)
7.2 压力控制阀的使用维护与故障排除	(124)
7.3 流量控制阀的使用维护与故障排除	(132)
第 8 章 液压附件的使用维护与故障排除	(136)
8.1 油箱	(136)
8.2 过滤器	(138)
8.3 密封件	(141)
8.4 蓄能器	(143)
8.5 压力表	(146)
第 9 章 工作介质的使用与维护	(148)
9.1 工作介质的选用	(148)
9.2 工作介质的污染控制	(149)

第 3 篇 液压系统的使用维护与故障排除

第 10 章 液压系统的使用维护	(153)
10.1 液压系统的安装与清洗	(153)
10.2 液压系统的调试	(155)
10.3 液压系统的维护保养	(159)
第 11 章 液压系统的故障分析与排除	(164)
11.1 液压系统故障诊断的一般原则	(164)
11.2 液压设备故障诊断的常用方法	(165)
11.3 液压系统常见故障与排除方法	(167)
参考文献	(172)

第 1 篇 液压技术基础

第 1 章 液压技术简介

传动机构是机器的重要组成机构之一,为了完成工作任务,一般对工作机构的力、速度和位置等参数都有一定要求,若用原动机直接驱动工作机构,则难以同时满足这些参数要求。因此,需要传动机构在将原动机输出的能量传递给工作机构的同时,进行转换调节和控制,以满足在各种工况下工作机构对上述参数的要求。常见的传动形式有机械传动、流体传动、电气传动、磁力传动,以及由上述任意两种或两种以上传动形式组合起来形成的复合传动。

流体传动是利用流体(包括液体和气体)作为工作介质来传递能量的传动形式。它包括液压传动、液力传动、静液压调速驱动、液体黏性传动和气压传动等。

液压传动是以油液作为工作介质,利用液体的压力能来传递能量的传动形式(又称为容积式的液体传动),其能量传递过程为:动力元件将由原动机输入的机械能转换为液压能(压力能、动能和势能)输给系统,通过控制元件调节和控制后传递给执行元件,执行元件再将液压能转换为能满足工作要求的机械能输出。

1.1 液压传动的工作原理及系统组成

1. 工作原理

液压传动的基本工作原理基于工程流体力学的帕斯卡原理,主要以液体的压力来传递能量。下面以液压千斤顶为例,介绍其工作原理。

图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理,图中大、小活塞和缸体之间保持良好的配合关系并能实现可靠的密封。工作时关闭截止阀,当提起杠杆时,小活塞向上移动,小油缸下腔容积增大,油液压力降低而形成局部真空。此时,单向阀 5 关闭,油箱中的油液在大气压力作用下,推开单向阀 4 的钢球进入小油缸下腔。当杠杆提升到顶端时,小油缸下腔吸满油液,完成一次吸油。当压下杠杆时,在小活塞的作用下,小油缸下腔油液压力升高。此时,单向阀 4 关闭,压力油推开单向阀 5 的钢球而进入大油缸下腔,并推动大活塞将重物顶起。当杠杆压到下端时,小油缸下腔的油液被全部挤出,完成一次压油。这样反复提压杠杆使小油缸不断地吸油和压油,就能连续地将压力油压入大油缸下腔,使大活塞持续上升而顶起重物。当重物升高到所需位置时,停止扳动杠杆,单向阀即自动关闭,大油缸中的油液被封死,重物便可保持在所需位置不动,从而达到起重目的。当需要将重物放下时,只要将截止阀旋转 90° ,大油缸下腔的油液就通过截止阀流回油箱,重物即可回到起始位置。

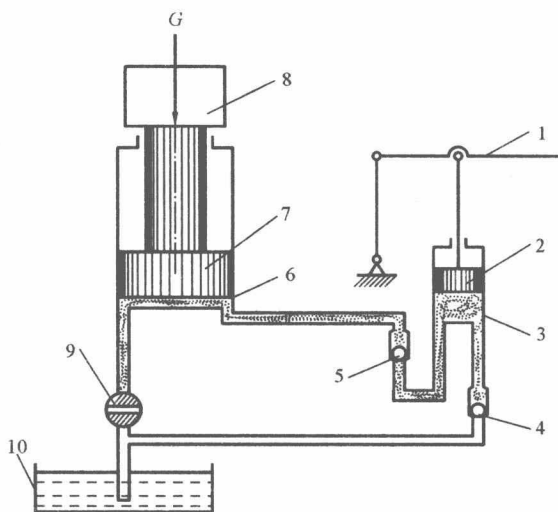


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

1—杠杆；2—小活塞；3—小油缸；4, 5—单向阀；6—大油缸；7—大活塞；8—重物；9—截止阀；10—油箱

由上述分析可以看出，液压千斤顶利用杠杆原理和帕斯卡原理进行了力的两次放大，从而实现了用很小的力扳动杠杆顶起重物的目的。同时还可以看出，液压千斤顶的输入能量，是由加在杠杆上的机械能，通过小活塞和缸体转换为液压能，又通过大活塞和缸体将液压能转换为机械能输出。因此，液压千斤顶的工作过程实际上就是一个能量的转换与传递过程。

2. 系统组成

通过对液压千斤顶的工作原理进行分析，可以看出，一个完整的液压系统通常由以下五部分组成。

(1) 动力元件 即液压泵(如图 1-1 中所示的由杠杆、小活塞、缸体、单向阀组成的手动液压泵)。它们的作用是将由原动机(通常为电动机或发动机)输入的机械能转换为液压能输送到系统，为系统提供压力油，它是系统的动力源。

(2) 执行元件 即液压马达或液压缸(如图 1-1 中所示的由大活塞和缸体组成的液压缸)。它的作用是将液压能转换为机械能输出，以驱动工作部件进行工作。

(3) 控制元件 即各种控制阀(如图 1-1 中所示的截止阀和单向阀)。它们的作用是控制系统中油液的有关参数(如压力、流速和方向等)，以满足执行元件的工作要求。

(4) 辅助元件 即油箱、管道等辅件。它们起相应的辅助作用，如储油、散热、输油等，以保证系统的正常工作。

(5) 工作介质 即油液(包括液压油和液压液，通常指液压油)。它的主要作用是实现能量的传递。

1.2 液压系统的图形符号

液压与气动系统的图形符号是指表示液压与气动元件及系统的标志图形和符号。通常有结构符号和职能符号两种。图 1-2(a) 所示为用结构符号绘制的液压系统图。它是元件结构图的简化形式。这种符号比较直观,易被初学者接受,但图形较复杂,不易绘制。图 1-2(b) 所示为用职能符号绘制的液压系统图。职能符号是一种只表示元件职能的符号,它与元件的结构无关,由国家标准统一规定。其优点是图形简单、绘制方便,并便于阅读和分析。绘制液压系统图应以职能符号为主,以结构符号为辅(尽可能不用),只有在绘制液压系统图时出现某元件无法用职能符号表达或采用结构符号更有利于分析系统等情况,才允许采用结构符号。另外,规定图形符号以元件的原始状态(常态)来表示。

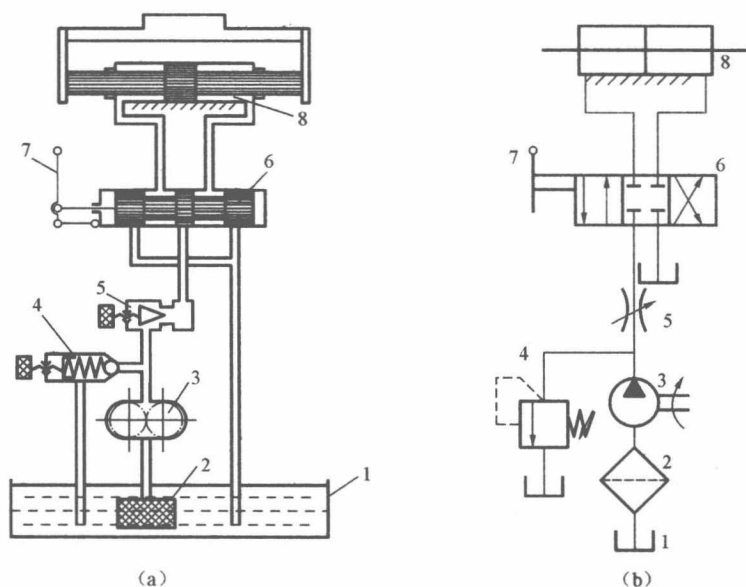


图 1-2 液压传动系统

1—油箱;2—滤油器;3—液压泵;4—溢流阀;5—节流阀;6—换向阀;7—手柄;8—液压缸

1.3 液压技术的主要优缺点

1. 主要优点

(1) 可以很方便地实现无级调速(也可实现有级调速),调速范围大,且可在系统运行时调速。采用适当的节流技术可使工作部件的主运动速度均匀稳定。

(2) 能输出大的推力或转矩,实现低速大吨位运动。

(3) 可使工作部件平稳换向,无冲击。由于反应速度快,可实现频繁换向。

(4) 体积小、质量小、结构紧凑,由于各部分之间用管道连接,因此其布局安装具

有很大的灵活性,可以构成用其他方法难以构成的复杂系统。

(5) 操作简单,调整控制方便,易于实现自动化控制。

(6) 由于液压传动系统是封闭式的,多数情况下元件均可自行润滑,因此元件磨损很小,使用寿命长。

(7) 便于实现过载保护,使用安全、可靠。

(8) 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化,便于设计、制造、维修和推广,造价较低,与其他传动相比,是一种较为经济的选择。

2. 主要缺点

(1) 介质泄漏会造成工作部件运动速度下降、运动不平稳、传动效率降低和环境污染。

(2) 油液中存在的微小颗粒(杂质)会使传动的可靠性降低。

(3) 油液的可压缩性和对温度变化的敏感性会影响工作的准确性,故不宜在温度过高或过低的条件下工作。

(4) 系统出现故障时,不易查找原因。

1.4 液压技术的应用和发展

液压技术是在水力学、工程力学和机械制造技术等基础上发展起来的一门应用技术,在机械领域是一门新技术。如果从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理(帕斯卡原理)算起,液压技术已经有三百多年的历史。然而,尽管 18 世纪末英国制成了第一台水压机,19 世纪末法国制成了液压龙门刨床(美国制成了转塔车床和磨床),但由于缺乏成熟的液压元件,这期间液压技术并没有得到普遍的应用。直到第二次世界大战,由于军事工业需要反应快、动作准确的自动控制系统,这才促进了液压技术的发展。战后,液压技术迅速转向民用,工业化水平的不断提高,加速了液压元件的研制和开发应用,使液压产品实现了标准化、系列化和通用化,液压技术迅速在机械制造、工程机械、农业机械和汽车制造等行业推广应用。到 20 世纪 60 年代,随着原子能、空间技术、微电子和计算机技术的发展,液压技术进入了一个新的发展阶段,其发展速度仅次于电子技术,成为机械技术领域中最发展速度最快的技术之一。

我国液压工业开始于 20 世纪 50 年代初,是从仿制原苏联产品起步,附属于机床制造业、农机制造业和工程机械制造业等行业而逐渐发展起来的。到 60 年代初,我国还没有专业生产厂,也没形成独立的液压元件制造业。直到 1965 年,我国才从日本引进液压元件制造技术,建立了我国第一家液压元件专业生产厂——榆次液压件厂(现更名为榆次液压有限公司),由此促进了我国液压技术的迅速发展。经过近五十年的发展,我国液压工业已形成具有一定独立开发能力、产品门类齐全、具有一定技术水平和相当规模的工业体系。但也要看到,大多国产液压元件与国外先进的同类产品相比,在产品质量和品种方面仍有很大差距。可以预见,随着我国社会主义建

设事业的迅速发展,液压技术也将获得更快的发展,在各个工业领域的应用将会越来越广泛。

1. 液压技术的应用的现状

目前液压技术已渗透到很多领域,在工程机械、冶金机械、塑料机械、农林机械、汽车、船舶等行业均得到广泛的应用和发展,而且已经发展成为包括传动技术、控制技术和检测技术在内的一门完整的自动化技术。现今,采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之一,如发达国家生产的95%的工程机械、90%的数控加工中心、95%以上的自动生产线都采用了液压传动技术。就目前而言,液压技术主要应用的场合有:需要大功率传递、要求功率重量比大的场合;需要高动态响应的场合。下面从液压元件、系统集成与控制技术、密封技术等方面分别阐述液压技术的现状。

1) 液压元件

(1) 元件的小型化、模块化。元件的小型化,如电磁阀的驱动功率逐渐减小,从而适应了电子器件的直接控制,同时也节省了能耗。元件功能日益复合,如螺纹插装阀的大量运用,使系统的功能拓展更灵活。

(2) 节能化。变量泵在国外的研发已日趋成熟。目前,恒压变量、流量压力复合控制,恒功率、比例伺服控制等技术已被广泛地集成到柱塞泵上。节能与减少系统发热已成为系统设计时必须考虑的问题之一。值得一提的是,变频调速技术得到了足够的重视。

(3) 新材料的应用。新材料(如陶瓷等)技术的使用是与非矿物油介质元件的要求及提高摩擦副的寿命的要求联系在一起的。目前,已有德国、英国、芬兰等国的厂商在纯水液压件上使用了该项技术。新型磁性材料的运用是与提高电磁阀、比例阀的性能的要求结合在一起的。由于磁通密度的提高,可以使阀的推力更大,其直接作用便是阀的控制流量更大,响应更快,工作更可靠。

(4) 环保。环保的要求体现了现代工业的人文关怀。环保的液压元件应当具有少(无)泄漏及低噪声的特点,这是液压元件发展的一个永恒的主题。

(5) 非矿物油介质元件。非矿物油介质元件是应用于特殊场合的元件,如要求耐燃、安全、卫生的场合,此时就需要考虑采用高水基或纯水元件。能源危机催生了该类元件的诞生,但目前该类元件的发展动力可能更大程度上与环保、工作介质的廉价及其安全性有关。目前,丹麦的Danfoss(丹佛斯)公司提供的成套NESSIE系列纯水液压元件已在食品加工等行业得到了运用。

2) 系统集成与控制技术

(1) 比例阀技术。比例阀的发展主要体现在频宽的增大及控制精度的提高上,以使其性能接近伺服阀的性能。同时,比例阀又沿着标准化、模块化及廉价化的方向发展,以促进其应用。前者如Bosch(博世)公司的带位置反馈的比例伺服阀,其性能已经相当接近电液伺服阀的性能。后者如螺纹插装式比例阀,在某些工程机械中已得到运用。

(2) 电液伺服技术。电液伺服阀是最早将液压技术引入自动控制领域的功臣,但电液伺服阀的结构自发明以来,就少有改进。除了在传统的需要特别高频响的场合外,其地位正日益受到比例阀技术的挑战。Moog(穆格)公司已开始生产与比例阀类似的采用永磁式线性马达的直接驱动式伺服阀(DDV)。

(3) 控制理论。控制理论是该领域最为活跃的一个分支,液压控制系统正从不断发展的自动控制理论中获益。目前,自适应控制、鲁棒控制、模糊控制及神经网络控制等技术均得到了不同程度的运用。

3) 密封技术

自液压技术诞生以来,泄漏一直是令人困扰的一大难题。油液泄漏会带来矿物油的浪费、对环境造成污染、系统传动效率降低等问题。在静密封领域,橡胶类密封件拥有不可替代的地位,当然,根据应用条件(如温度)的不同,又有丁腈橡胶及氟橡胶之分。在动密封领域,PTFE(聚四氟乙烯)拥有不可动摇的地位。近年来,密封技术的进步也主要集中在 PTFE 的使用方面。随着对材料及密封机理的深入了解,已可以在 PTFE 中有针对性地添加某些材料以达到提高性能的目的。国外许多大的密封件公司均有针对不同应用条件的材料配方,以强化某一方面的性能。目前,尽可能地降低动密封对偶件的表面粗糙度,也已成为提高密封效果的一种共识。这种共识也是基于对 PTFE 材料的密封机理的认识而达成的。密封领域的另一个创新主要集中在密封件形状的设计上。目前,已可用有限元分析等方法对密封件的应力梯度进行分析,从而可事先知晓其密封性能。此外,O形密封圈及簧片作为弹性体,在保证 PTFE 密封件低压时的密封性能方面已得到广泛认同。在直线密封及旋转密封技术方面,使用成套的密封件来提高密封性能已成为一种标准的解决方案。

2. 液压技术的发展趋势

根据国内外液压技术的发展趋势和我国经济建设的需要,液压技术将在以下几个方面会有更大发展。一是随着国内市场需求,依靠科技进步,不断调整产品结构。例如随着国家西部大开发战略的实施,适合西部建设工程的产品将受到市场的追捧。现在,西气东输的序幕已经拉开,如此大规模的管道建设工程和众多的西部开发项目,为液压技术提供了良好的机遇。二是顺应国际传动技术产品的发展趋势,对现有国内企业进行改组、合并,使企业开发能力、装备能力、管理水平和服务水平不断提高,以保持一定的竞争能力。三是不断提高企业的产品开发能力和创新能力,加强产、学、研结合,充分利用高等院校的科研开发人力资源,发展有自主知识产权的产品和技术。四是完善质量保证体系,不断提高产品质量,尤其是提高产品的可靠性和知名度,创立名牌。五是针对产品品种的发展和保证产品质量的需求,有计划地进行技术改造、设备更新。

1) 液压产品的发展方向

(1) 降低能耗,提高效率。

(2) 用 AC 电动机或变频电动机驱动定量泵。

(3) 发展机电一体化元件和系统。

(4) 发展同时具有比例阀的耐污染性和伺服阀的高精度、高频响特性的直动型电液控制阀。

(5) 发展内置电子系统的电液伺服比例元件、电磁阀、液压定位缸等。

(6) 重视环保。环保型产品将更具竞争优势,随着人们环保意识的加强,开发环保型液压产品,将成为今后国内液压技术的主流。

(7) 适应主机机电一体化的需要。

(8) 应用现代控制技术,提高电液自动控制系统的性能。

(9) 大力发展水压系统和元件,扩大其应用领域。

2) 现阶段急需发展的关键技术

(1) 液压传动与控制系统的节能技术,如负荷传感技术、新型节能系统和元件。

(2) 机电一体化技术及IT技术的应用,如高精度、高频响电液、电气伺服比例系统和元件,液黏调速器速度控制技术,数字液压、气动系统和元件,直动型电液控制元件。

(3) 液压系统及污染控制技术。

(4) 无泄漏液压系统和元件。

(5) 液压系统降噪和增寿技术。

(6) 大型液压系统的故障诊断技术。

3) 液压技术的发展方向

随着电子技术、计算机技术、信息技术、自动控制技术及新工艺、新材料的发展和应用,液压传动技术也在不断创新。液压传动技术正向自动化、高精度、高效率、高速化、高功率、小型化、轻量化方向发展。这是不断提高它对于电气传动、机械传动的竞争能力的关键。现从液压现场总线技术、自动化控制软件技术、纯水液压传动、电液集成块等方面介绍液压技术的发展方向。

(1) 液压现场总线技术。

现场总线是连接智能化仪表和自动化系统的全数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。现场总线控制系统可简化为工作站和现场设备两层结构,它可以看作是一个由数字通信设备和监控设备组成的分布式系统。从计算机角度看,现场总线是一种工业网络平台;从通信角度看,它是一种新型的全数字、串行、双向、多路设备的通信方式;从工程角度看,它是一种工厂结构化布线形式。随着现代制造技术的飞速发展,流体控制技术和电子控制技术的结合越来越紧密,在液压领域,越来越多的人开始关注总线技术在液压系统中的应用,液压技术人员也越来越感受到现场总线技术的优越性。在实际生产中,液压系统是在液压总线的供油路和回油路间安装数个开关液压源,将其与各自的控制阀、执行器相连接。开关液压源包括高速开关阀、单向阀等。根据开关液压源功能的不同,它可组合成升压型或降压增流型开关液压源。由于开关液压源的输入端直接挂在液压总线上,所以可通过高速开关方式加以升压或降压增流。该系统成功地解决了传统液压系统无法实现升压以及降压增流的问题,最终可输出与各执行器需求

相适应的压力和流量。当前,现场总线及由此而产生的现场总线智能仪器仪表和控制系统已成为全世界自动化技术发展的热点,这一涉及整个自动化和仪表工业的新技术在国际上已引起人们广泛的关注。关于现场总线技术和智能化仪表技术的研究,构成了当今自动检测和过程控制领域的两大热门课题。

现场总线技术在液压系统应用中有以下特点。

① 经济性好,任何一种新技术、新产品的开发与使用,其成本是首先需要考虑的因素之一,现场总线技术也不例外。

② 符合 IEC 61131-3 标准的柔性化程序,易学,学懂,可操作性强。

③ 友好的人机对话界面,可方便进行液压系统的参数修改和故障监控。

④ 满足有关人身安全、电磁兼容、耐冲击及耐振动的重要标准。

⑤ 相对于传统的液压比例控制系统而言,更具有其价格竞争优势。

(2) 自动化控制软件技术。

在多轴运动控制中,采用 SPS 可编程控制技术。在这种情况下,以计算机为基础的现代控制技术也和许多自动化控制技术一样,有着自己的用武之地。液压自动化控制软件将 SPS 的工作原则与操作监控两项任务集于一身。操作监控技术在伺服驱动中已经发展得比较成熟,并且具有强大的功能。在大量的应用实践中已经证明:以计算机软件为基础的控制方案在不同类型的液压控制中是非常有效的。利用液压技术控制回路(控制阀、变量泵)和执行机构(液压缸、液压马达)进行大量不同地变型与组合配置,可以提供多种不同特性的控制方案。有些液压控制的运动与电气驱动的运动类似,而 PLC(可编程逻辑控制器)也使得液压定位的控制和自动化工作过程的同步运行更加方便。其控制电路与电气自动化的基本没有什么区别,它同时也对操作与监控进行调节。另外,液压控制软件也可在 PLC 的标准环境中工作,而且是进行全透明的运行。利用这种液压控制软件可以对内部数据进行读写,最大限度地满足操作监控和自动化控制的需要。所有液压系统的控制信号均可在工业控制局域网的接线柱中测得。可以被检测的信号包括:实际位置信号,实际压力信号、控制阀的状态、参数设置等。所有工业液压技术的要求均可以以低廉的资金投入来实现。除此以外,它还提供了调节工作力的功能,利用电气伺服对输出的扭矩进行限定、调节。液压系统总体功能的制定,原则上按照实际需要制定,并以模块的形式接受 PLC 数据库的控制。现代化的液压自动化控制软件使得自动化工程技术人员可以像使用电气控制软件一样方便自如地进行操作。

(3) 纯水液压传动。

矿物型液压油作为液压传动介质,存在着严重的环境污染和易燃烧问题。而水本身所固有的清洁性和阻燃性,正好满足了现代社会对工业提出的安全、环境友好的要求。纯水液压传动以纯水(不含任何添加剂的天然水)为工作介质。纯水的物理化学性质与液压油有着相当大的差别,所以纯水液压传动与油压传动相比,既有优势,又有技术难题。

纯水液压传动的优势如下。

① 纯水价格低廉,来源广泛,不用运输、仓储。水的价格仅为液压油的 $1/5000$,而且随地可取,特别是大型、特大型的液压系统,可以节省大量的矿物油,其经济效益更为可观。

② 阻燃性与安全性好,温升小。液压传动在冶金、热加工及采矿业使用时,极易燃烧引起火灾,导致人身安全与设备事故。但是水不会燃烧,故消除了火灾危险,安全性好。另外,水的比热与导热系数分别约为液压油的两倍和四倍,故纯水液压系统的温升较低,一般不需加设热交换器,简化了系统结构。

③ 纯水的压缩系数小,压缩损失比矿物型液压油降低 25% 左右,可补偿一部分由于泄漏增加而造成的容积损失。

④ 使用纯水的液压系统维修方便,维护成本低。在水下时,可以不用回油管、水箱,系统大为简化。

⑤ 可避免或减少产品污染。产品污染是许多生产行业格外关注的事情,泄漏的油液和水基液会使纺织制品、木质胶合板受到污染,也会使纸张变色、药品变质和食品变味。污染还会使某些产品根本不能出售,只好销毁,但如果是纯水渗进产品中,害处要相对小得多。

近年来,世界各国特别是工业发达国家的流体动力界围绕着纯水液压传动的材料、元件、系统等方面展开了理论及应用研究,取得了令人瞩目的成果。纯水液压元件的研究及开发纯水液压元件的研究,一般都有着深层次主机系统应用背景。换言之,是各类不同机械设备及系统的应用和需要,极大地刺激和促进了纯水液压元件研究工作的进展。目前,国际液压市场已有不同压力等级的商品化纯水液压元件销售,但价格较高。多年研究结果表明,不锈钢、青铜、特殊处理的铝合金、玻璃纤维、陶瓷、塑料等,均是耐蚀性强的可直接用作制造纯水液压阀、水箱、管件等元件或其保护层的材料,而工程陶瓷和塑料具有强度高、耐磨性好的特点,是优良的纯水液压泵、液压马达的摩擦副材料。随着理论研究及元件开发工作的深入,纯水液压传动技术目前正在进入实际应用阶段,包括比例系统、伺服系统在内的系统配套与应用研究也获得了很大进展。该技术除了广泛应用于海洋开发、冶金工业、矿山开发、垃圾运载处理车辆等领域外,正开始进入食品加工、造纸、化工、感光材料及医药卫生产品制造等液压传动的禁区。例如,美国 Stoelting 等公司合作,为某电影胶片制造商研制了一台纯水液压传动的胶片液桶举升倾倒地机。此外,纯水液压传动在美国的肉联企业的肉品切割(以水马达驱动锯刀的闭式纯水液压传动系统)、传输及骨肉分离设备中也已获得了成功应用。

(4) 电液集成块。

电液集成块液压技术开拓了液压技术全新的发展道路,是廉价的机电液一体化技术。经过几年的努力,电液集成块液压技术已越来越多地为人们所认识,获得了迅猛发展。电液集成块液压技术的控制部分由三部分组成:电液集成块、电液集成块液

路和 CPU 电路。一个系统是由很多元件串联组成的,如果不将系统构成闭环控制形式,那么只要其中有一个串联元件的精度低,则整个系统的精度就低,而且这时的系统误差是各串联元件误差之和。所以为了确保系统的精度,就要求每个串联元件的精度都要高出系统精度好几倍才行。串联元件越多(系统越复杂),则各串联元件的精度要求越高,系统的价格就越高。如果既要有低的价格,又要有高的系统精度,只有采用闭环控制系统才能达到。在闭环控制液压系统中,系统控制的精度基本上取决于检测元件和 CPU 电路运算速度及其软件性能。在这种情况下,对元件的精度要求就不那么高了,于是系统价格就大大降低,而系统的精度又可得到保证,这是一条正确的机电一体化道路。可是在液压行业中,目前都在努力发展电子和液压相结合的闭环控制元件,热衷于开发液电一体化液压元件,而忽视了机电液一体化系统的研究,使液压技术陷于困境之中。

液压传动与机械传动相比有很多优点,但是近十年来,交直流伺服电动机的发展很快,已在某些领域(特别是在数控机床行业)中取代了阀类液压技术。出现这种情况的主要原因是阀类液压技术中的基础控制元件在价格和技术上不能同迅速发展着的计算机技术相适应。再者,现有的液压阀,包括电液比例阀,都是具有一定功能的,不是基础元件,它们都是由基础元件组合而成的组合件。它们可由液管、电液管和液阻组成。也就是说,传统的液压阀是属于二次产品类。可是在市场上又无相应的一次产品提供,于是这些星罗棋布的中小型液压阀生产厂就不得不自己设法来生产高精度的一次产品了,各生产厂又根据自身的产情况,将一次产品“溶化”在二次产品中,使传统液压阀的生产陷入一次式生产方式之中。另外,液压技术的应用领域极其广泛,液压阀生产厂为了求得销售市场,不得不将液压阀做成多种类型,以满足用户的各种需要。由于液压阀的品种繁多,厂家无力进行大规模自动化生产,于是形成了这样的局面:液压阀要么就是质量低劣,要么就是价格高,不能做到两者兼而有之,使传统的阀类液压技术处于困境之中。电液集成块液压技术产品的生产是二次式的生产。电液集成块液压技术产品是一次产品,它主要由几个高技术、大规模、自动化程度高的电液集成块厂生产。中小型液压成套设备厂是二次产品生产厂,他们从市场上购得电液集成块,将其组装成各种液压系统。其结果将使电液集成块液压技术具有质量高、价格低和应用领域广泛等特点,使液压技术充分发挥其优势。由于在功率传递中,液压方式与机械方式相比,具有很多优点,再加上电液集成块液压技术的诞生,使智能液压系统的价格大大降低了。因此,液压传动与机械传动相比,具有很大的优势。

电液集成块液压技术的硬件都是通用标准的,通用性极强,用在机床上的一套电液集成块液压系统,可以直接搬到汽车上来,其不同的只是软件(程序)。再加上它合理的结构和二次式生产方式,使其能进行大规模自动化生产,因此它的价格低廉,且能同 CPU 电路直接相连,易于实现工业机电液一体化。电液集成块是计算机和工业实体之间的一个理想的媒介。

第 2 章 流体力学基础

液压技术的内容既包含水力学、工程力学和机械制造等基础科学和技术,又涉及电子、自动控制等新兴科学和技术,因此,它是一门综合性的新兴应用技术。本章简要介绍液压流体力学的基础知识,主要包括基本概念和性质,以备后续学习之用。

2.1 油液的主要物理性质

1. 黏性

在外力作用下,液体内某一部分与其相邻部分之间发生相对运动时,沿其界面产生内摩擦力的性质称为黏性(可理解为液体流动时其内部产生摩擦力的性质)。它是油液的重要物理性质,是选择油液的重要依据。液体只有在流动时才呈现黏性,静止的液体不呈现黏性。

黏度是油液对自身流动液体的阻力的度量,即表示黏性大小的物理量。黏度一般分为下列三种:动力黏度、运动黏度和条件黏度。目前,我国主要采用 ISO 规定统一使用的运动黏度。液压油牌号就是根据运动黏度标定的(牌号大则运动黏度大)。通过相关实验可以知道,当外界条件发生变化时,油液的黏度也随之发生变化。

影响黏度的主要因素有以下几个。

(1) 温度。油液的温度升高时,黏度明显下降,这一性质称为黏温特性。

(2) 压力。油液所受压力增大时,黏度会随之增大。但在中、低压时,压力对黏度的影响很小,只有在压力大于 50 MPa 时,其影响趋向显著;当压力高到 70 MPa 以上时,其黏度比常压下增大 4~10 倍。

2. 可压缩性

通过实验可以知道,液体所受压力增大时,其体积会随之减小,通常把这一液体受压力作用而发生体积变化的性质称为液体的可压缩性。

在液压系统正常使用的压力范围内,液体的可压缩性很小,所以一般认为液体是不可压缩的。但在有动态特性要求或压力变化很大的高压系统以及需要精密控制的系统中,则必须考虑液体的可压缩性对系统工作的影响。

2.2 液体静力学基础

1. 液体静压力及其特性

液体静压力就是液体单位面积所受的作用力,在物理学上称为压强,而在工程技术中称为压力。压力的单位为 N/m^2 ,称为帕斯卡,简称帕,用 Pa 表示。由于 Pa 单位太小,工程上使用不便,因此常采用千帕(kPa)和兆帕(MPa)。它们之间的换算关