



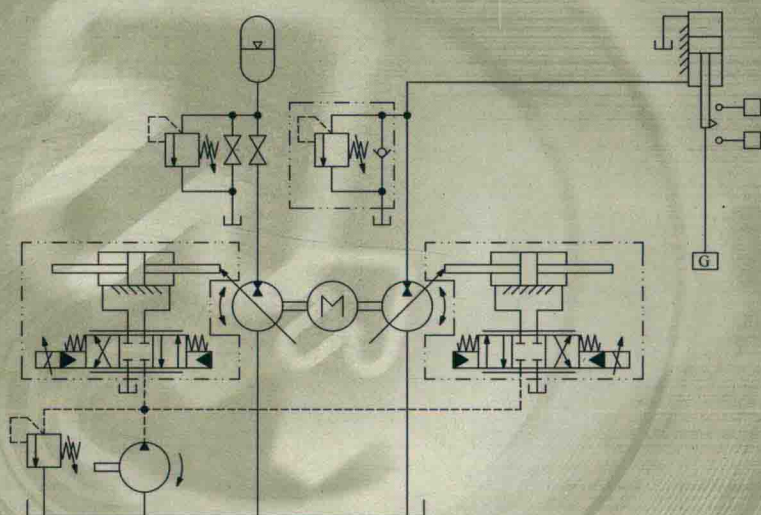
“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造理论与工程技术系列

**FLOW COUPLING HYDROSTATIC
TRANSMISSION TECHNOLOGY WITH
SECONDARY REGULATION**

二次调节流量耦联静液传动技术

● 姜继海 苏文海 著



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

科学技术著作出版基金

“十二五”国家重点图书出版规划项目

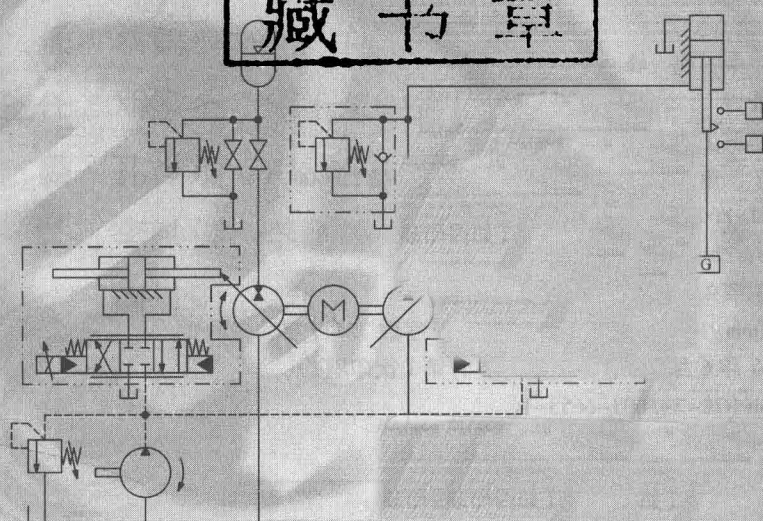
先进制造理论研究与工程技术系列

**FLOW COUPLING HYDROSTATIC
TRANSMISSION TECHNOLOGY WITH
SECONDARY REGULATION**

二次调节流量耦联静液传动技术

● 姜继海 苏文海 著

藏书章



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书以节能为目的,介绍了二次调节流量耦联静液传动技术的总体结构、控制特性和应用等。主要内容有:二次调节流量耦联静液传动系统的组成和工作原理;二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型;二次调节流量耦联静液传动系统的控制方法;二次调节流量耦联静液传动系统的仿真研究;二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究;二次调节流量耦联静液传动技术的应用等。

本书可供从事液压系统设计、研究和使用的工程技术人员参考,也可作为高等学校机械与液压专业本科生和研究生的选修教材。

图书在版编目(CIP)数据

二次调节流量耦联静液传动技术/姜继海,苏文海著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.6

ISBN 978-7-5603-6653-1

I. ①二… II. ①姜… ②苏… III. ①静液压传动
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 111830 号

策划编辑 张 荣 鹿 峰

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨久利印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 324 千字

版 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6653-1

定 价 46.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

编写委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主 任 姚英学

副主任 尤 波 巩亚东 高殿荣 薛 开 戴文跃

编 委 王守城 巩云鹏 宋宝玉 张 慧 张庆春

郑 午 赵丽杰 郭艳玲 谢伟东 韩晓娟

编审委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主 任 蔡鹤皋

副主任 邓宗全 宋玉泉 孟庆鑫 闻邦椿

编 委 孔祥东 卢泽生 李庆芬 李庆领 李志仁

李洪仁 李剑峰 李振佳 赵 继 董 申

谢里阳

总 序

自 1999 年教育部对普通高校本科专业设置目录调整以来,各高校都对机械设计制造及其自动化专业进行了较大规模的调整和整合,制定了新的培养方案和课程体系。目前,专业合并后的培养方案、教学计划和教材已经执行和使用了几个循环,收到了一定的效果,但也暴露出一些问题。由于合并的专业多,而合并前的各专业又有各自的优势和特色,在课程体系、教学内容安排上存在比较明显的“拼盘”现象;在教学计划、办学特色和课程体系等方面存在一些不太完善的地方;在具体课程的教学大纲和课程内容设置上,还存在比较多的问题,如课程内容衔接不当、部分核心知识点遗漏、不少教学内容或知识点多次重复、知识点的设计难易程度还存在不当之处、学时分配不尽合理、实验安排还有不适当的地方等。这些问题都集中反映在教材上,专业调整后的教材建设尚缺乏全面系统的规划和设计。

针对上述问题,哈尔滨工业大学机电工程学院从“机械设计制造及其自动化”专业学生应具备的基本知识结构、素质和能力等方面入手,在校内反复研讨该专业的培养方案、教学计划、培养大纲、各系列课程应包含的主要知识点和系列教材建设等问题,并在此基础上,组织召开了由哈尔滨工业大学、吉林大学、东北大学等 9 所学校参加的机械设计制造及其自动化专业系列教材建设工作会议,联合建设专业教材,这是建设高水平专业教材的良好举措。因为通过共同研讨和合作,可以取长补短、发挥各自的优势和特色,促进教学水平的提高。

会议通过研讨该专业的办学定位、培养要求、教学内容的体系设置、关键知识点、知识内容的衔接等问题,进一步明确了设计、制造、自动化三大主线课程教学内容的设置,通过合并一些课程,可避免主要知识点的重复和遗漏,有利于加强课程设置上的系统性、明确自动化在本专业中的地位、深化自动化系列课程内涵,有利于完善学生的知识结构、加强学生的能力培养,为该系列教材的编写奠定了良好的基础。

本着“总结已有、通向未来、打造品牌、力争走向世界”的工作思路,在汇聚多所学校优势和特色、认真总结经验、仔细研讨的基础上形成了这套教材。参加编写的主编、副主编都是这几所学校在本领域的知名教授,他们除了承担本科生教学外,还承担研究生教学和大量的科研工作,有着丰富的教学和科研经历,同时有编写教材的经验;参编人员也都是各学校近年来在教学第一线工作的骨干教师。这是一支高水平的教材编写队伍。

这套教材有机整合了该专业教学内容和知识点的安排,并应用近年来该专业领域的科研成果来改造和更新教学内容、提高教材和教学水平,具有系列化、模块化、现代化的特点,反映了机械工程领域国内外的新发展和新成果,内容新颖、信息量大、系统性强。我深信:这套教材的出版,对于推动机械工程领域的教学改革、提高人才培养质量必将起到重要推动作用。

蔡鹤皋

哈尔滨工业大学教授

中国工程院院士

丁酉年 8 月

前 言

静液传动是液压技术的一部分,具有功率密度大、控制特性好等突出优点,在国民经济中的许多方面均得到了广泛的应用。随着近年来能源短缺问题的不断出现,静液传动控制系统除了要完成人们所需的功能外,还要考虑到对能量的有效利用,因此,静液传动控制系统的节能问题成为了当前流体传动及控制技术研究的主要方向之一。在静液传动系统中采用各种有利于节能的新技术是大功率静液传动控制系统发展的总趋势。

对静液传动技术而言,节能措施主要是对静液传动元件进行结构上的优化设计和对静液传动系统进行总体上的优化设计。在静液传动系统中,二次调节静液传动系统是通过二次元件进行调节来实现能量转换和传递的系统,该技术不但能够实现功率匹配,还能对工作过程中的制动能和势能进行回收和重复利用。本书是机械工业出版社 2013 年出版的《二次调节压力耦联静液传动技术》的姊妹篇,二次调节流量耦联静液传动技术是静液传动系统的一个重要分支,这里主要研究的是二次调节静液传动技术与流量耦联系统的结合,在流量耦联系统对具有四象限工作能力的能量转换元件进行无节流闭环控制的系统,其目的是发挥各自的优势,提高系统的控制性能,同时提供某些工况下能量回收的可能性。二次调节流量耦联静液传动系统是对原来基于二次调节压力耦联静液传动系统的扩展,可以进一步扩大二次调节静液传动技术的应用领域。

本书主要内容取材于作者的相关研究、博士学位论文及在国内外发表的论文,是作者多年研究工作成果的总结,全书共分 7 章,主要内容包括:概论;二次调节流量耦联静液传动系统的工作原理;二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型;二次调节流量耦联静液传动系统的控制方法;二次调节流量耦联静液传动系统的仿真研究;二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究和二次调节流量耦联静液传动技术的应用。

在本书的写作过程中,得到了哈尔滨工业大学机电工程学院流体控制及自动化系静液传动技术课题组的教师和学生的无私帮助,同时也得到了许多同行和朋友的关心与帮助,在此深表感谢。同时感谢本书所引用参考文献的作者,由于本书写作时间比较长,有些引用文献的出处可能遗忘或疏漏,恳请有关作者谅解。

本书中所涉及内容的研究是在国家自然科学基金、车辆传动国防科技重点实验室基金以及浙江大学流体传动及控制国家重点实验室开放基金的资助下完成的,在此一并表

示感谢,还要感谢国家科学技术学术著作出版基金在本书撰写和出版过程中给予的帮助和支持。

由于作者的水平有限,一些新的领域涉足的时间还不长,本书难免存在疏漏之处,恳请各位读者批评、指正,本人将不胜感激。

作 者

2017 年 1 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 静液传动	1
1.2 二次调节静液传动	2
1.3 二次调节流量耦联静液传动	3
1.3.1 流量耦联静液传动	3
1.3.2 二次调节流量耦联静液传动概述	8
1.3.3 二次调节流量耦联静液传动的优点	9
1.4 国内外二次调节静液传动技术研究	10
1.4.1 国外二次调节静液传动技术研究	10
1.4.2 国内二次调节静液传动技术研究	12
1.5 二次调节流量耦联静液传动系统的关键元件	13
1.5.1 二次元件	13
1.5.2 储能单元	14
1.5.3 储能单元的比较	18
1.5.4 飞轮储能技术的研究和发展	20
1.5.5 液压蓄能器	23
1.5.6 变频回馈技术的研究和发展	24
第 2 章 二次调节流量耦联静液传动系统的工作原理	28
2.1 二次调节流量耦联静液传动系统的工作原理	28
2.1.1 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统	28
2.1.2 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统	31
2.1.3 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动系统	32
2.2 二次调节流量耦联静液传动系统中的液压泵/马达	34
2.2.1 液压泵/马达的结构原理	34
2.2.2 液压泵/马达的能量回收原理	35
2.3 两种类型二次调节静液传动系统的对比分析	37
2.4 二次调节流量耦联静液传动系统的节能分析	39
2.4.1 二次调节流量耦联静液传动系统的能量传递分析	39
2.4.2 二次调节流量耦联静液传动系统节能的评价指标	39

第3章 二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型	41
3.1 二次调节流量耦联静液传动系统中元件的数学模型	41
3.1.1 电液伺服阀的数学模型	41
3.1.2 液压泵/马达组件的数学模型	42
3.1.3 液压蓄能器的数学模型	44
3.1.4 逆变器-异步电动机系统的数学模型	45
3.2 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型	48
3.2.1 负载上升时的数学模型	48
3.2.2 负载下降时的数学模型	51
3.3 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型	53
3.3.1 负载上冲程的数学模型	53
3.3.2 负载下冲程的数学模型	56
3.4 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动系统的数学模型	57
3.4.1 负载上升时的数学模型	57
3.4.2 负载下降时的数学模型	59
第4章 二次调节流量耦联静液传动系统的控制方法	61
4.1 数字PID控制	61
4.1.1 PID控制的描述	61
4.1.2 PID控制的实现	61
4.2 精确线性化控制	63
4.2.1 精确线性化控制概述	63
4.2.2 精确线性化控制理论	64
4.2.3 零动态分析	66
4.2.4 LQR最优控制器设计	66
4.2.5 基于主极点法的加权矩阵 Q 和 R 的确定	67
4.3 模糊控制	69
4.3.1 模糊控制的描述	69
4.3.2 模糊控制的基本原理	70
4.3.3 模糊控制器的设计	72
4.4 神经网络控制	75
第5章 二次调节流量耦联静液传动系统的仿真研究	76
5.1 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统的仿真研究	76
5.1.1 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统特性分析	76
5.1.2 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统精确线性化控制	81
5.1.3 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统能量回收研究	88
5.2 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统仿真研究	97
5.2.1 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统的仿真框图	97

5.2.2 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统的仿真分析	99
5.3 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动系统仿真研究	102
5.3.1 模型验证	102
5.3.2 系统仿真	104
第6章 二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究	107
6.1 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究	107
6.1.1 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动试验系统组成与设计	107
6.1.2 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统模型验证试验研究 ..	120
6.1.3 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统特性试验研究	123
6.1.4 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统控制器试验研究	127
6.1.5 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统能量回收试验研究 ..	130
6.1.6 飞轮储能型二次调节流量耦联静液传动系统试验结论	136
6.2 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究	137
6.2.1 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动试验系统组成与 设计	137
6.2.2 控制器采用不同控制方法的对比试验研究	140
6.2.3 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统特性试验研 究	140
6.2.4 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统节能试验研 究	142
6.2.5 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统功率匹配试验 研究	145
6.2.6 液压蓄能器储能型二次调节流量耦联静液传动系统试验结论	150
6.3 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动系统的试验研究	151
6.3.1 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动试验系统组成	151
6.3.2 系统试验节能效果分析	153
6.3.3 负载大小对系统工作压力及势能回馈的影响研究	155
6.3.4 负载速度对势能回馈的影响研究	156
6.3.5 逆变器频率变化对势能回馈的影响研究	158
6.3.6 电网回馈储能型二次调节流量耦联静液传动系统试验结论	159
第7章 二次调节流量耦联静液传动技术的应用	160
7.1 二次调节静液传动技术在液压提升设备中的应用	160
7.2 二次调节流量耦联静液传动技术在汽车驱动技术中的应用	162
7.3 二次调节流量耦联静液传动技术在抽油机中的应用	164
7.3.1 液压储能型二次调节流量耦联静液传动抽油机	164
7.3.2 电能储能型二次调节流量耦联静液传动抽油机	165
7.3.3 机械能储能型二次调节流量耦联静液传动抽油机	165

7.3.4	机械能储能型(R7)二次调节流量耦联静液传动抽油机特点	166
7.3.5	机械能储能型(R7)二次调节流量耦联静液传动抽油机与游梁式 抽油机参数对比	167
7.3.6	机械能储能型(R7)二次调节流量耦联静液传动抽油机的优点	168
7.4	二次调节流量耦联静液传动游梁式液压抽油机	168
7.4.1	二次调节流量耦联静液传动游梁式抽油机液压系统原理	169
7.4.2	液压蓄能器基本参数计算	173
7.4.3	不同工况下液压能量回收系统主要元件参数计算	173
7.4.4	CYJ6-2.5-26HB 型抽油机参数	174
7.4.5	CYJ10-3-53HB 型抽油机参数	176
7.4.6	CYJ10-4.2-53HB 型抽油机参数	177
7.4.7	二次调节流量耦联静液传动游梁式抽油机试验	178
7.5	二次调节流量耦联静液传动液压抽油机设计	179
7.5.1	二次调节流量耦联静液传动抽油机	180
7.5.2	二次调节流量耦联静液传动抽油机总体方案	182
7.5.3	二次调节流量耦联静液传动抽油机液压缸的设计	185
7.5.4	二次调节流量耦联静液传动抽油机液压蓄能器	187
7.5.5	二次调节流量耦联静液传动抽油机液压泵	188
7.5.6	二次调节流量耦联静液传动抽油机管路	190
7.5.7	二次调节流量耦联静液传动抽油机液压阀	193
7.5.8	二次调节流量耦联静液传动抽油机油箱	194
7.5.9	二次调节流量耦联静液传动抽油机泵站总体方案	195
参考文献		198
名词索引		210

第 1 章 概 论

1.1 静液传动

静液传动是液压技术的一部分,它主要利用液体的压力能来传递能量,也称液压传动。静液传动是诸多传动技术中的一种,现已经发展成包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。它具有功率密度大、控制特性好等突出优点,在国民经济中的许多方面都得到了广泛的应用,在某些领域中甚至占有压倒性的优势。例如,国外现在生产的工程机械的 95%、数控加工中心的 90%、自动线的 95% 以上都采用了静液传动。采用静液传动的程度已经成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

静液传动由于具有许多优点而被广泛地应用于各行各业之中,其在各行业中的应用比例如图 1.1 所示。

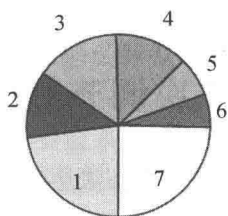


图 1.1 静液传动技术在各行业中的应用比例

- 1—通用机械,通用设备,橡胶和塑料机械,冶金和轧钢机械,建筑材料机械,矿山机械;
2—机床;3—工程机械;4—道路运输工具,公共汽车,有轨车辆;5—提升技术,
采掘技术(包括堆料机);6—农业机械,农业拖拉机;7—其他

图 1.2 给出了同等功率时柴油发动机、电动机和液压泵三者之间的大致体积比,由此可以看出液压技术的突出优点。

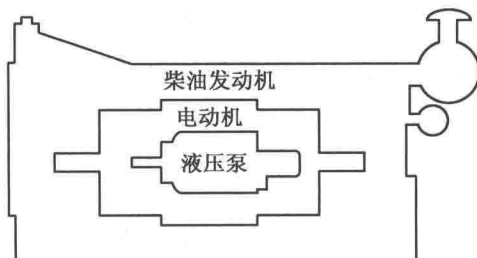


图 1.2 同等功率时柴油发动机、电动机和液压泵的大致体积比

近些年由于科学技术的不断发展,通过提高液压元件的工作压力和液压泵的工作转

速使得静液传动的质量功率比由 1950 年的 3 kg/kW 下降到 1990 年的 0.5 kg/kW 。目前进一步的研究使液压泵的质量功率比进一步降到了 0.25 kg/kW 。它的工作压力和转速已分别提高到了原来的 4 倍和 2 倍。目前国外大多数液压元件的额定压力为 35 MPa , 有些甚至已达到 42 MPa 、 45 MPa , 且还有继续增大的趋势。正是因为这种高功率密度的特点才使得静液传动在各类机械和设备中都得到了广泛的应用, 特别是在行走机械中由于其工作环境和工作特点等因素, 使多数设备均采用静液传动技术, 甚至是全液压驱动和传动技术。此外, 静液传动还易于实现工作过程的自动化。因此, 近几十年它在机械工程领域中得以较高速度的增长, 也正是由于用静液传动作为肌体, 用电子元器件和计算机作为神经和大脑来组成的液压控制系统能达到其他元件所不能达到或难以达到的目的, 而使机电液一体化技术得到飞速的发展。

但是, 目前静液传动也正面临着更高要求的挑战, 特别是进入 21 世纪以来, 来自于电气传动、电控伺服元件(伺服电动机和电动缸)、机械传动和交流伺服技术的高速发展所带来的竞争, 使得静液传动的增长速度相对减慢, 并使得有关专家对此给予高度重视。为了克服静液传动的缺点, 发挥其长处, 进一步使静液传动长足地发展, 从事静液传动研究的专家和学者一直都在努力改进液压元件和液压系统的设计, 以提高液压元件和液压系统的性能和效率。同时, 随着人类可利用的能源越来越少, 环境污染越来越严重, 基于对节约能源和环境保护的要求, 能量回收和能量重新利用等问题也正在被提到议事日程上来。

1.2 二次调节静液传动

二次调节静液传动技术的一般定义为: 在液压恒压系统中对液压泵/马达无节流地进行闭环控制的液压传动技术。

如果把液压系统中机械能转化成液压能的元件(液压泵)称为一次元件或初级元件, 则把液压能和机械能可以互相转换的元件(液压泵/马达)称为二次元件或次级元件, 二次调节静液传动就是通过对二次元件(液压泵/马达)进行控制和调节来实现能量转换和传递的。

二次调节静液传动的最初发展和实现是以压力耦联系统为基础的, 因此在定义中体现了恒压系统的前提条件。通常压力耦联系统也被称为恒压网络或准恒压网络。它是在 1977 年由德国汉堡国防科技大学(Hochschule der Bundeswehr, Hamburg)的 H. W. Nikolaus 教授在专利中提出来的, 由于其具有的突出特点, 使其在被人们逐渐认识之后得到了迅速地发展。但到目前为止, 国内外专家、学者对二次调节静液传动技术的研究大都是在基于压力耦联的恒压网络或准恒压网络中展开的。虽然二次调节压力耦联系统有许多优点, 但在该类系统接入排量不能改变的液压执行元件时(如液压缸、定量液压马达), 系统必须引入相应的压力转换装置(如液压变压器)来实现系统中的恒压油源与变压载荷之间的协调关系。这类装置的引入使系统结构复杂、效率降低、成本升高, 给二次调节静液传动技术的推广带来了不利影响。

后经相关学者研究, 在该类系统中引入二次调节流量耦联系统, 很好地解决了上述难

题。在二次调节流量耦联静液传动系统中,液压泵供给负载需要的流量,液压泵的输出压力随负载变化,在系统中没有节流元件。

在二次调节流量耦联静液传动系统中,当负载发生变化时,系统的流量基本保持不变,而系统的工作压力随负载大小而改变,即外负载决定了系统工作压力。

在这种系统中没有能量存贮元件(液压蓄能器)与液压执行元件相连,液压执行元件的工作速度由液压泵的输出流量决定。这种流量耦联系统一般只适用单负载或性质完全相同的多个负载,对多个不相关的负载,流量“耦合”的效率较低。

二次调节流量耦联静液传动是对二次调节静液传动技术的拓展和延伸,对于扩大该项技术的应用领域,节省我国及世界有限的能源都具有深远的意义,本书将着重对二次调节流量耦联静液传动技术进行介绍。

1.3 二次调节流量耦联静液传动

1.3.1 流量耦联静液传动

某些液压系统仅由一个液压泵和一个液压执行元件组成,在这种液压系统中液压泵和液压执行元件的流量是相适应的,它们是通过流量来相互关联的,即液压执行元件的输出转速(速度)、输出转矩(力)、回转方向等性能参数决定于液压泵的工作状况,它们都是通过直接或间接调节液压泵(或液压马达)的排量来实现变换和控制的,这种液压系统称为流量耦联静液传动系统。

在流量耦联静液传动中通过改变变量泵(或变量马达)的排量来调节液压执行元件的运动速度,液压泵输出的液压油全部直接进入液压缸或液压马达,无溢流损失和节流损失。而且,液压泵的工作压力随负载的变化而变化,因此,这种系统的效率高、发热量少。多数用于工程机械、矿山机械、农业机械和大型机床等大功率的液压传动系统中。

流量耦联静液传动系统中的油液循环有开式和闭式两种方式。

在开式循环回路中,液压泵从油箱中吸入液压油,执行元件的回油排至油箱。这种循环回路的主要优点是油液在油箱中能够得到充分的冷却,使油温降低,同时便于沉淀油液中的杂质和析出气体;主要缺点是空气和其他污染物侵入油液的机会多,侵入后影响系统的正常工作,降低油液的使用寿命,另外,油箱结构尺寸较大,占有一定空间。

在闭式循环回路中,液压泵将油液压送到液压执行元件的进油腔,同时又从液压执行元件的回油腔吸入液压油。闭式回路的主要优点是不需要大的油箱,结构尺寸紧凑,空气和其他污染物侵入系统的可能性小;主要缺点是散热条件差,对于有补油装置的闭式循环回路来说,结构比较复杂,造价较高。

按液压执行元件形式的不同,流量耦联静液传动可分为液压泵-液压缸式和液压泵-液压马达式两类。绝大部分液压泵-液压马达式流量耦联静液传动和部分液压泵-液压缸式流量耦联静液传动的油液循环采用闭式方式。

(1) 液压泵-液压缸流量耦联静液传动。

液压泵-液压缸开式流量耦联静液传动回路如图 1.3 所示。

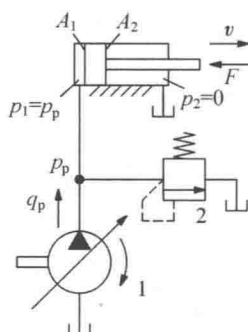


图 1.3 液压泵-液压缸开式流量耦联静液传动回路

1—变量泵;2—安全阀

液压泵-液压缸开式流量耦联静液传动回路由变量泵、液压缸和起安全作用的溢流阀组成。通过改变液压泵的排量 V_p 可调节液压缸的运动速度 v 。

图 1.4 为液压泵-液压缸闭式流量耦联静液传动回路。

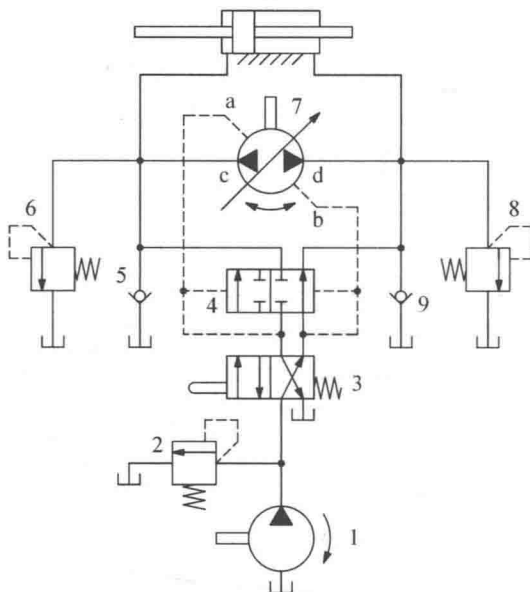


图 1.4 液压泵-液压缸闭式流量耦联静液传动回路

1—补油泵;2—溢流阀;3—机动换向阀;4—液动换向阀;5,9—单向阀;6,8—安全阀;7—双向变量泵

液压泵-液压缸闭式流量耦联静液传动回路中的液压缸由双向变量泵 7 供油驱动,在双向变量泵和液压缸之间组成闭式循环回路。改变双向变量泵的排量可调节液压缸的速度,改变双向变量泵的输出油方向,可使液压缸运动换向。该回路设有补油和运动换向装置。当机动换向阀 3 和液动换向阀 4 处于图示位置时,双向变量泵 7 的油口 c 为压油口,液压缸活塞向右运行。补油泵 1 输出的低压油经机动换向阀 3 和液动换向阀 4 的右位,向双向变量泵 7 的吸油口 d 补油。当机动换向阀 3 变换位置使左位接入系统时,补油泵 1 输出的压力油一方面使液动换向阀 4 的左位接入系统,同时作用在双向变量泵 7 的控制油缸 a 上,使双向变量泵 7 改变输油方向,这时, d 为压油口, c 为吸油口;另一方面经

液动换向阀4的左位向双向变量泵7的吸油口c补油。溢流阀2用来调节补油泵1的工作压力(也就是液压缸回油腔和双向变量泵吸油口压力),同时,将补油泵1输出的多余油液溢回油箱。双向变量泵7只在换向过程瞬间经单向阀5或9从油箱中吸油。两个安全阀6和8用以限定回路在每个方向的最高压力,起过载保护作用。

(2) 液压泵-液压马达流量耦联静液传动。

液压泵-液压马达流量耦联静液传动有变量泵-定量马达、定量泵-变量马达和变量泵-变量马达三种不同的组合形式,它们普遍用于工程机械、行走机构、矿山机械以及静压无级变速装置中。

①变量泵-定量马达流量耦联静液传动。图1.5为闭式循环的变量泵-定量马达流量耦联静液传动回路。

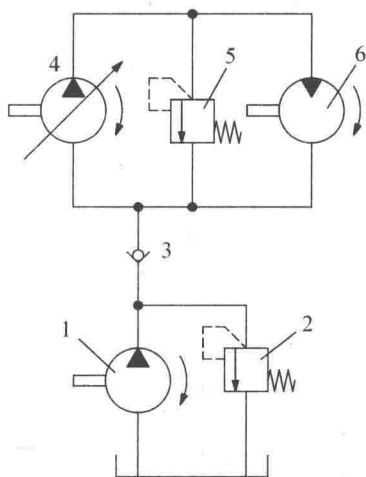


图 1.5 闭式循环的变量泵-定量马达流量耦联静液传动回路

1—补油泵;2—溢流阀;3—单向阀;4—变量泵;5—安全阀;6—定量马达

闭式循环的变量泵-定量马达流量耦联静液传动回路由变量泵4、定量马达6、安全阀5、补油泵1、溢流阀2和单向阀3等组成。改变变量泵4的排量 V_p ,即可以调节定量马达6的转速 n_M 。安全阀5用来限定回路的最高压力,起过载保护作用。补油泵1用以补充由泄漏等因素造成的变量泵4吸油流量的不足部分。溢流阀2用来调节补油泵1的输出压力,并将其多余的流量溢回油箱。

在正常工作条件下(除了 V_p 过小而不能承受负载的工况外),回路输出转矩与实际的负载转矩相等。回路的工作压力由负载转矩决定。因此,当负载转矩增大时,回路的工作压力自动增大,负载转矩减小时,回路的工作压力自动减小。当回路的工作压力随负载增大到安全阀5所调定的压力 $p_{安}$ 时,负载转矩如果再增大,回路就无力驱动负载,则液压马达停止转动。这样,安全阀5的调定压力就决定了这种回路输出转矩的最大能力。该回路输出的最大转矩为

$$T_{Mmax} = \frac{\Delta p V_M}{2\pi} \eta_{mM} \quad (1.1)$$

式中 Δp ——压差,Pa。