

微机控制液压系统入门

[英] E.W.里德, I.S拉门著



《机械设计与研究》编辑部
上海交通大学科技交流室

一九八七年四月

微机控制液压系统入门

[英]E. W 里德 I. S 拉门著

施佐原 王钧功 译

《机械设计与研究》编辑部
上海交通大学科技交流室

1987年4月

内 容 简 介

本书是作者在英国为从事机械与液压专业的技术人员讲授微机应用的教材。内容包括液压元件原理、微机基础、反馈元件、接口、编程、消除电噪声和干扰的有效措施及应用实例。每章附有思考题。

本书通过应用实例，用较简单的方法介绍了微机在液压系统中的应用，内容实用、简洁，有丰富的图例和实例分析。

本书可供从事液压技术与机械方面的工程技术人员阅读，也适合大、中专院校和有关专业作教材或参考书。

EDWARD W. REED

IAN S. LARMAN

FLUID POWER WITH MICROPROCESSOR
CONTROL AN INTRODUCTION

译 者 的 话

随着微机在国民经济各部门日益广泛应用，液压与微机的结合已成为必然趋势。

本书可作为微机在液压系统中应用方面的一本易于自学的入门书，有助于从事液压技术和机械的工程技术人员知识更新。该书的翻译出版将对推广计算机在液压系统中应用起一定的促进作用。

在翻译过程中，对原书的笔误之处作了订正。

本书由上海交通大学机械工程系黄步玉教授负责全书技术校对，并提出了宝贵意见，在此表示感谢。

由于译者水平所限，译文中难免有错误和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

译 者

1986.10

目 录

序 言	(1)
第 一 章 液压泵和空气压缩机	(4)
1.1 液压泵和压缩机的工作原理	(4)
1.2 液压泵	(5)
1.3 变量液压泵	(10)
1.4 空气压缩机	(18)
1.5 水蒸汽问题	(21)
思考题	(22)
第 二 章 阀类	(23)
2.1 简介	(23)
2.2 单向阀	(24)
2.3 液控单向阀	(24)
2.4 节流阀	(25)
2.5 压力阀	(28)
2.6 方向阀	(33)
2.7 操作方向控制阀的执行机构	(36)
思考题	(43)
第 三 章 执行机构	(44)
3.1 执行机构的类型	(44)
3.2 气缸	(44)
3.3 液压缸	(48)
3.4 无杆活塞缸	(49)

	3.5 气马达.....	(49)
	3.6 液压马达.....	(50)
	3.7 静压传动.....	(56)
	3.8 摆动油缸.....	(58)
	思考题	(58)
第 四 章	微机基础	(60)
	4.1 微处理器.....	(60)
	4.2 微型计算机.....	(60)
	4.3 操作方式.....	(61)
	4.4 总线.....	(61)
	4.5 存储器.....	(62)
	4.6 其它存储设备.....	(63)
	4.7 输入/输出	(63)
	4.8 直流电源.....	(66)
	4.9 缓冲器.....	(67)
	4.10 可编程序控制器.....	(68)
	思考题	(69)
第 五 章	反馈元件	(70)
	5.1 简介.....	(70)
	5.2 位置控制.....	(73)
	5.3 按钮和限位开关.....	(73)
	5.4 数字设备.....	(74)
	5.5 模拟设备.....	(80)
	思考题	(84)
第 六 章	接 口.....	(85)
	6.1 简介.....	(85)
	6.2 开关元件.....	(86)

6.3	同机械设备相连接	(97)
6.4	将数字值转换成模拟电压	(97)
6.5	模/数和数/模转换器	(98)
6.6	脉冲定时与模拟值间的转换	(101)
6.7	串行传输	(101)
	思考题	(103)
第七 章	干扰和噪声的抑制	(104)
7.1	问 题	(104)
7.2	标准预防措施	(105)
7.3	其它预防措施	(105)
7.4	软件解决方法	(107)
	思考题	(109)
第八 章	程 编	(110)
8.1	编程的类型	(110)
8.2	机器码和BASIC 的比较	(110)
8.3	寄存器	(111)
8.4	十六进制编数系统	(112)
8.5	微处理器的选择	(115)
8.6	机器码编程	(116)
8.7	编程实例	(118)
8.8	用BASIC 编程	(124)
8.9	上述程序中的注意点	(125)
	思考题	(125)
第九 章	比例电磁阀	(126)
9.1	简 介	(126)
9.2	短行程电磁阀	(127)
9.3	长行程电磁阀	(131)

	9.4 阀芯设计.....	(133)
	9.5 压力补偿.....	(133)
	9.6 频率响应.....	(134)
	9.7 比例电磁阀的放大器.....	(136)
	思考题	(137)
第 十 章	液压伺服阀	(138)
	10.1 简介.....	(138)
	10.2 节流作用.....	(141)
	10.3 对整个系统的刚性要求.....	(142)
	10.4 高频响应.....	(142)
	10.5 油的净化.....	(144)
	思考题	(144)
第十一章	设计实例	(145)
	11.1 例 1: 液压泵的加载.....	(145)
	11.2 例 2: 液压泵的自动卸载.....	(148)
	11.3 例 3: 气缸的控制.....	(152)
	11.4 例 4: 液压系统的比例控制.....	(157)
	11.5 例 5: 带数字反馈的气缸控制.....	(165)
	11.6 例 6: 比例阀的微机控制.....	(165)
第十二章	实例分析	(169)
	12.1 工艺过程的介绍.....	(169)
	12.2 机械要求.....	(172)
	12.3 液压控制回路.....	(173)
	12.4 反馈元件.....	(175)
	12.5 微机的接口与输入/输出	(176)
	12.6 软件要求.....	(176)

附 录

A 液压符号.....	(180)
B 气动回路符号.....	(188)
C Z 80 指令集.....	(191)
D PIO: 平行输入/输出.....	(194)
E 使用机器码作 PIO 端口的位处理.....	(196)
F 使用 BASIC 作 PIO 端口的位处理.....	(198)
G 脉冲宽度调制.....	(200)

序 言

近年来，流体动力系统已发生了急速的变化，现在大多数应用都要求用电子技术对速度、力和位置进行控制。微型计算机的发展使一个全新的控制领域成为可能，人们普遍地感到，以微电子技术提供“大脑”，以流体动力系统提供“肌肉”，两者结合起来是发挥流体动力系统长处的最有效途径。

从柔性加工线和机器人等复杂系统到农业拖拉机等简单设备，人们可以见到微电子和流体动力的结合，在控制机械装置方面，具有无限的潜力。

本书主要面向工程师和大学本科生，它论述电气控制流体动力装置的最新发展，并用简单的方式介绍了微机控制的复杂性。作者是应用微电子这一行业的顾问，并以此名义已在工业部独立地注了册。作者在为一些液压件制造厂或应用厂主持讨论班和训练班时，已多次使用了本书的资料。

由于本书是入门性质，所以作者没有深入讨论有关电子、微型计算机和流体动力这些学科，但对实际应用来说，资料已是足够多了。

一个完整的液压系统，可以分成以下几个部分：能源、控制、运动和动力以及反馈。下面分别考虑这些元件。

能源产生受压的流体，它用于产生运动和力，这可用一台液压泵或一台空气压缩机来得到。

流体动力控制必须既有效又可靠，对控制任何复杂的流

体动力系统来说,微型计算机毫无疑问是最合适的手段。它价格不高,而功能很强,并能以比以前的控制方法精确得多的形式,根据接收到的信息工作。

用液压缸和马达,可以获得运动和动力。为了控制方向、速度和负载,需用阀门在指定的方向调节流体的流量。

反馈信号来自系统的监控元件,它又验证了输入命令的执行情况。电子反馈元件与微机的结合产生了前所未有的分辨率。

本书选用微处理机 Zilog80(Z80) 来作说明,这是因为在控制系统中 Z80 应用最广泛。

本书前三章回顾了目前已有的各种类型的流体动力元件,以供流体动力控制专业的本科生作入门学习的基础。由于用液压系统可以获得精细的控制效果,因此,本书有意识地突出了液压学,而对气动学则讲得很少。

气动装置的制造厂在使用微电子技术方面处于领先地位,这是因为气动工程师总是直接参加控制回路的设计,并了解制造工业的需要。

第四章介绍微型计算机的操作,它用简单的术语解释了微机系统的各个部件是如何工作的,读者可以此为基础,进一步阅读微处理机制造厂提供的合适的专业书。

接下来两章是针对反馈和接口,讨论这两者正是因为它们是计算机控制的基本主要部分。在过去,使用液压模拟控制系统的人们,必须具备电子系统方面的许多知识,现在使用了微机后,控制只不过是验证执行机构的运动而已。

电气噪声是许多从事控制的工程师所面临问题的根源。第七章介绍了防止噪声干扰微机控制系统的不同方法。

第八章介绍了编程,并比较了机器代码编程和高级语言

的优缺点。这里假定读者对编程语言 BASIC 已有一定的了解，因为该语言广泛地用于家用计算机，在许多学校也普遍讲授。本章给出了第一个可以工作的实例，它用于控制一个简单的液压系统。

第九、十章讨论电气调节的液压阀，它们一般能高精度地控制机械装置，本章还介绍了这类元件的现有水平和未来发展的一些资料。

在以前使用伺服阀的系统中，有一部分已改用价格低廉的比例阀了。第十一和十二章讨论了有答案的例子。第十二章的实例分析介绍了一个压机的工况，包括了对三个同步的动作进行控制。该实例体现了控制的原则和应用的一些液压元件，这些原则也适用于其他领域，如柔性加工和机器人。

作者谨在此感谢里兹工学院的同事们在编写本书过程中给予的帮助和支持。

下列几个公司的无可估价的支持和允许引用它们的一些资料，作者在这里一并表示感谢。（公司名略）

对黛安娜·里德和多诺西·拉门两位夫人所给予的体贴、鼓励和大量的帮助，作者也敬表感谢。

E·W 里德

I·S 拉门

第一章 液压泵和空气压缩机

液压泵和空气压缩机的作用是提供做功的压力流体。本章简要叙述液压泵和空气压缩机的工作原理，由于涉及到该学科已有许多书可供参考，因此，本书对此不再作更深入地介绍，但是本章介绍的内容，对于了解各种用途的液压泵和空气压缩机的工作原理已足够了。

1.1 液压泵和压缩机的工作原理

在大气压力作用下，液压泵和空气压缩机的入口，吸入流体，出口排出压力流体。所采用的方法是扩大液压泵或空气压缩机内部的空间容积，并用流体去充满扩大的容积。

液压泵的工作原理是大气压力使流体通过泵的入口被抽吸到泵内，该入口有时被称为“吸入口”，然后，泵内部容积缩小引起了压力上升，在泵出口排出流体。泵排出的液流或者通过移动负载做功，或者通过溢流阀流回油箱，否则会引起泵和管路的严重损坏。

在空气压缩机工作时，压缩机内部的容积发生了扩张和缩小的过程，在容积扩张时，压缩机内部产生了压力降，所以大气能被吸入压缩机内；在容积缩小时，压缩机内空气压力增加，这种压力增大后的空气能用于去移动负载。

就可压缩特性而言，油液和空气有很大差别，例如为了达到7巴压力，空气容积必须被减少八分之七，而达到同样的压力值，油液容积仅减少二千分之一。

只有在压力油储量非常大的液压系统中才需要考虑油液

的压缩性。

1.2 液压泵

下面介绍已被应用的各种规格液压泵，它们的排量范围在 $1 \text{ 厘米}^3/\text{转} \sim 2000 \text{ 厘米}^3/\text{转}$ 。

不同的工业部门都选用适合于本部门特殊工作环境的液压泵。例如：

1. 机床设计师都选用叶片泵，因为叶片泵具有低噪声特性，噪声值约在 70dBA 左右，（噪声水平 dBA 是指对应于人耳响应加权的振幅的分贝值），叶片泵能够在恒定压力下传送一个变化的流量，这对于机床设计师来说是有利的，可变流量的作用是能够防止类似于定量泵（如齿轮泵）系统中所产生的发热现象。

2. 建筑机械工程师喜欢应用柱塞泵，因为在相同尺寸下，柱塞泵比其它型式的泵传送的功率大。在建筑工业中也有采用齿轮泵的，当不传递大功率时，齿轮泵替代柱塞泵工作。

3. 农业机械工程师宁可选用齿轮泵，因为齿轮泵价格低廉且又耐用。

根据各类设计师的个人爱好或不同的应用要求，上面所列的各种使用例子仅表示各自的偏爱，而并不排斥使用其它类型的泵。

每一种类型的泵（叶片泵、柱塞泵和齿轮泵）都具有自己的结构 and 应用特点，为了了解如何使用每一种泵，必须研究各有关的设计特点：

1.2.1 叶片泵

叶片泵的应用主要是由于它具有低噪声特性和能改变泵的排量，它的主要缺点是对污染敏感，污染损坏了叶片尖端的压力密封，使泵的效率很快降低，事实上，通过做油液的

润滑特性试验，可以检查叶片泵的密封效果。

生产定量叶片泵(图 1.1)和变量控制叶片泵是可能的。随着泵轴转动，通过凸轮环把叶片压入转子槽里去，使得两叶片间的容积减小，泵体内部的压力增加，只有当叶片从偏离转子最大距离进入转子时，压力才开始增加，叶片从槽中伸出是通过弹簧或油压的作用，当叶片外伸时，两叶片间容积增加，使泵内部产生压力降，然后通过作用在油箱油面上的大气压力迫使油液进入泵内部。

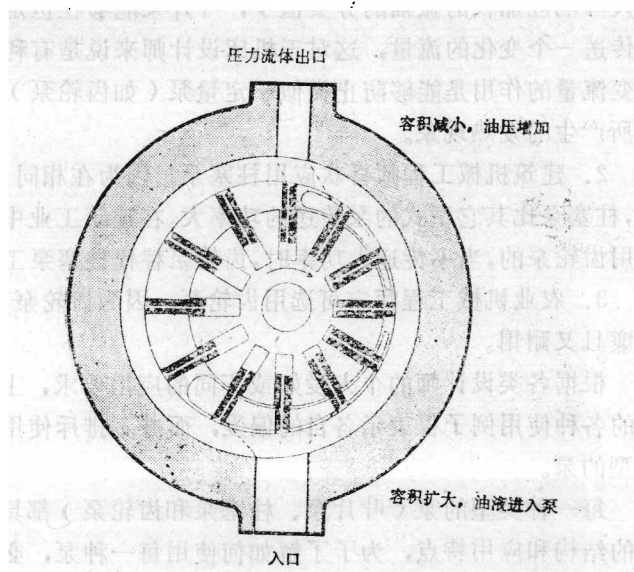


图 1.1 定量叶片泵

通过弹簧力或液压力的作用，使叶片与凸轮环的内表面保持接触。

1.2.2 柱塞泵

柱塞泵的工作压力可以高达 700 巴 (10000 磅/吋²)，

在某些情况下,泵能容忍脏物。泵每转排出的容积被称为泵的排量,根据柱塞在缸体上布置方式的不同,可分为两种型式:

1. 轴向柱塞式: 轴向柱塞泵的柱塞或者与转轴相连接,或者与滑靴相连接。后一种情况,柱塞支承在滑靴上作轴向移动。

通过调节柱塞运行轴线与驱动轴轴线之间夹角的大小,或者斜盘与驱动轴轴线之间夹角的大小来改变泵的排量,该原理表示在图 1.2 上。

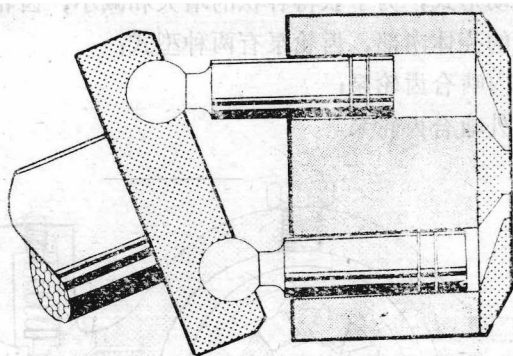


图 1.2 表示出斜轴式轴向柱塞泵的二个柱塞

2. 径向柱塞式: 径向柱塞泵(图 1.3), 可以是定流量输出, 也可以是变流量输出。一种结构型式是柱塞安装在泵体上, 柱塞的往复运动是通过与驱动轴相连接的凸轮轴来实现的。另一种结构型式是柱塞由驱动轴带动, 柱塞在偏心腔中的往复运动类似于叶片泵的作用原理。

当驱动轴旋转时, 柱塞进入到泵转子体内, 排油腔容积减小, 引起压力增加, 柱塞进入泵转子体所排出的油量正比于柱塞的面积与柱塞位移的乘积, 从柱塞腔来的排量被传送到液

压系统中去。

轴向柱塞泵的主要缺点之一是噪声。有些较大规格的轴向柱塞泵其噪声水平为 $85 \sim 90 \text{ dBA}$ ，而通常柱塞截面积较大，行程较短的径向柱塞泵噪声较小。径向柱塞泵的最大排量为 $250 \text{ 厘米}^3/\text{转}$ ($15 \text{ 吋}^3/\text{转}$)，而轴向柱塞泵的最大排量能达到 $2000 \text{ 厘米}^3/\text{转}$ ($122 \text{ 吋}^3/\text{转}$)。

1.2.3 齿轮泵

齿轮泵都是定排量泵，它们可以被设计成内啮合或外啮合两种驱动形式，为了获得容积的增大和减小，齿轮必须被密闭在泵的壳体内部，齿轮泵有两种型式：

- (1) 内啮合齿轮泵；
- (2) 外啮合齿轮泵。

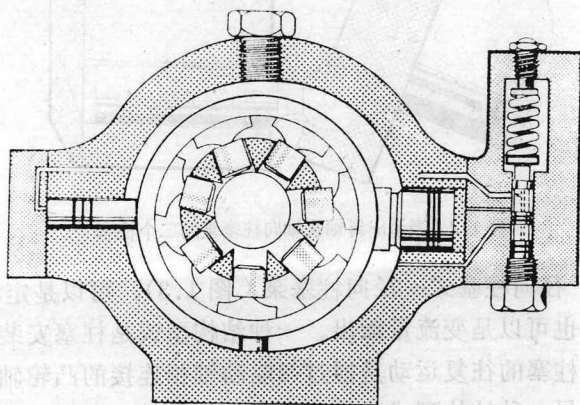


图 1.3 径向柱塞泵

内啮合齿轮泵（图 1.4）工作时噪声较低，可与叶片泵媲美，内啮合齿轮泵其噪声能低到 60 dBA 左右，但是它们的价格较昂贵。