



普通高等教育“十三五”规划教材



机械设计制造 及其自动化专业实验

JIXIE SHEJI ZHIZAO

JIQI ZIDONGHUA ZHUANYE SHIYAN

赵连花 徐 飞 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”

1

机械设计制造及其自动化专业实验

赵连花 徐 飞 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书是在高等院校转型发展的前提下,为适应应用型本科教学而编写,内容包括:液压传动实验和机电传动实验,主要利用机电液气一体化实验教学培训系统等设备;机械制造装备设计实验,主要利用普通车床 CA6140、牛头刨床 B6065、卧式万能铣床 X6132 和万能外圆磨床 M1432A 等模型,以及机床夹具和减速器模型等实验设备;塑料模具设计实验,利用塑料注射模具模型等实验设备。通过实验,深入理解和掌握所学的有关专业知识。

本书可作为应用型本科院校机械类专业实验教材,也可供高职机械类专业师生使用,还可作为机械类工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计制造及其自动化专业实验 / 赵连花, 徐飞主编.
—北京: 中国石化出版社, 2016. 8
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-4255-0

I. ①机… II. ①赵… ②徐… III. ①机械设计—实验—高等学校—教材 ②机械制造—实验—高等学校—教材 ③机械工程—自动化技术—实验—高等学校—教材
IV. ①TH—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 202292 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 6.5 印张 150 千字

2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

定价:18.00 元

前言

高等教育要面向社会需求,服务地方经济社会发展,培养应用型和技术技能型人才,增强就业创业能力,突出岗位工作能力的培养。为此教材注重实践能力和创新能力的培养和提高,注重学生专业综合素质的锻炼和培养,从而增强学生为行业企业服务的能力。工程实训则是学生理论与实践相结合的有效途径,既可以提高工程实践能力,将来又能更好地为社会经济发展服务,同时也为发挥学生的才能创造了有利的条件。

《机械设计制造及其自动化专业实验》是根据本专业教学改革及普通本科高校向应用技术型高校转型的需要以及提高本专业学生操作技能和职业素质的培养需要而编写的,是有关专业课程的实验教材。本书对液压传动、机电传动、机械制造装备设计和塑料模具设计四门专业课的实验作了比较详细的介绍,突出实用性和可操作性。实验可以加深学生对所学课程的理解;实验可以提高学生分析问题和解决问题的能力;实验可以提高学生的动手实践能力;实验可以培养学生的创新精神。专业课中讲解的传动系统、机械结构和机械装置等,都是用工程图来表示,缺乏对实际传动系统和结构的认知。因此专业实验就是理论知识与实践知识相结合的必不可少的纽带,经过专业实验的训练,就会为后续的实习实训打下良好的实践基础。

全书包括四部分内容。第一部分:液压传动实验,主要利用 JSX-B 液压综合实验台和机电液气一体化实验教学培训系统等实验设备,介绍了 5 个实验。第二部分:机电传动实验,主要利用基本指令编程练习的实验面板、定时器、计数器、THSMS-A 型和 THSMS-B 型实验装置以及机电液气一体化实验教学培训系统等实验设备,介绍了 5 个实验。第三部分:机械制造装备设计实验,主要利用普通车床 CA6140、牛头刨床 B6030、卧式万能铣床 X6132 和万能外圆磨床 M1432 等模型以及机床夹具和减速器模型等实验设备,介绍了 10 个实验。第四部分:塑料模具设计实验,主要利用塑料注射模具等实验设备,介绍了 2 个实验。通过典型实验的训练,使学生能够更好地掌握所学的相关理论知识。

参加本书编写的有:沈阳工业大学赵连花(第 3 章,3.1~3.3、3.7~3.10)、李晓光(第 1 章)、江远鹏(第 2 章)、徐飞(第 3 章,3.4~3.6)、卢芳

菲(第4章, 2.1~2.3)、冷文平(第4章, 2.4、2.5), 全书由赵连花统稿并审校。此外, 对本书出版给予大力支持和帮助的专家和老师, 在此表示感谢。在编写过程中, 参考和引用了相关资料的一些内容, 均在书后列出, 对文献作者表示衷心的感谢。

由于编者的水平和经验有限, 书中难免有不妥之处, 恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 液压传动实验	(1)
1.1 限压式变量叶片泵的性能实验	(1)
1.2 差动回路实验	(5)
1.3 多级压力控制回路实验	(7)
1.4 快速与慢速转换实验	(10)
1.5 液压回路设计实验	(13)
第 2 章 塑料模具设计实验	(16)
2.1 塑料模具拆装实验	(16)
2.2 塑料模具测绘实验	(18)
第 3 章 机械制造装备设计实验	(20)
3.1 床头箱传动系统	(20)
3.2 进给箱传动系统	(23)
3.3 溜板箱传动系统	(31)
3.4 车床模拟加工实验	(34)
3.5 刨床模拟加工实验	(42)
3.6 钻床模拟加工实验	(51)
3.7 铣床模拟加工实验	(56)
3.8 磨床模拟加工实验	(61)
3.9 机床夹具拆装与测量实验	(69)
3.10 减速器拆装与测量实验	(71)
第 4 章 机电传动实验	(74)
4.1 与或非逻辑功能实验	(74)
4.2 定时器计数器指令训练	(76)
4.3 交通灯控制	(80)
4.4 小车运行定位控制实验	(84)
4.5 电梯控制实验	(88)
参考文献	(98)

第 1 章 液压传动实验

1.1 限压式变量叶片泵的性能实验

一、实验目的

- (1) 掌握限压式变量叶片泵的工作原理；
- (2) 熟悉限压式变量叶片泵输出流量随工作压力的变化规律；
- (3) 了解液压泵的一般测量方法。

二、实验设备和工具

JSX-B 液压综合实验台、秒表等。

三、实验内容及步骤

1. 限压式变量叶片泵的工作原理

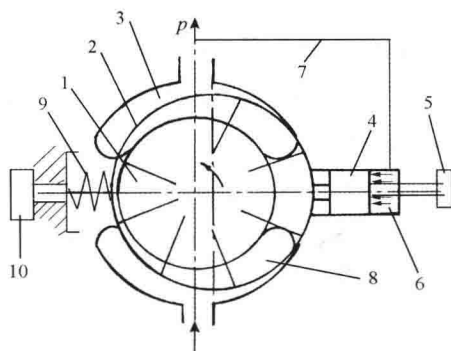


图 1-1 限压式变量叶片泵的工作原理

1—转子；2—定子；3—吸油窗口；4—活塞；5—螺钉；6—活塞腔；
7—通道；8—压油窗口；9—调压弹簧；10—调压螺钉

限压式变量叶片泵是单作用叶片泵，改变定子和转子间的偏心距 e ，就能改变泵的输出流量，限压式变量叶片泵能借助输出压力的大小自动改变偏心距 e 的大小来改变输出流量。当压力低于某一可调节的限定压力时，泵的输出流量最大；压力高于限定压力时，随着压力增加，泵的输出流量线性地减少。泵的出口经通道 7 与活塞 6 相通，其工作原理如

图 1-1 所示。在泵未运转时, 定子 2 在弹簧 9 的作用下, 紧靠活塞 4, 并使活塞 4 靠在螺钉 5 上。这时, 定子和转子有一偏心量 e_0 , 调节螺钉 5 的位置, 便可改变 e_0 。当泵的出口压力 p 较低时, 则作用在活塞 4 上的液压力也较小, 若此液压力小于上端的弹簧作用力, 当活塞的面积为 A 、调压弹簧的刚度为 k_s 、预压缩量为 x_0 时, 有:

$$p_A < k_s x_0 \quad (1-1)$$

此时, 定子相对于转子的偏心量最大, 输出流量最大。随着外负载的增大, 液压泵的出口压力 p 也将随之提高, 当压力升至与弹簧力相平衡的控制压力 p_B 时, 有:

$$p_{BA} = k_s x_0 \quad (1-2)$$

当压力进一步升高, 使 $p_A > k_s x_0$, 这时, 若不考虑定子移动时的摩擦力, 液压作用力就要克服弹簧力推动定子向上移动, 随之泵的偏心量减小, 泵的输出流量也减小。 p_B 称为泵的限定压力, 即泵处于最大流量时所能达到的最高压力, 调节调压螺钉 10, 可改变弹簧的预压缩量 x_0 即可改变 p_B 的大小。

设定子的最大偏心量为 e_0 , 偏心量减小时, 弹簧的附加压缩量为 x , 则定子移动后的偏心量 e 为:

$$e = e_0 - x \quad (1-3)$$

这时, 定子上的受力平衡方程式为:

$$p_A = k_s (x_0 + x) \quad (1-4)$$

将式(1-2)、式(1-4)代入式(1-3)可得:

$$e = e_0 - A(p - p_B)/k_s \quad (p \geq p_B) \quad (1-5)$$

式(1-5)表示了泵的工作压力与偏心量的关系, 由式可以看出, 泵的工作压力越高, 偏心量就越小, 泵的输出流量也就越小, 且当 $p = k_s(e_0 + x_0)/A$ 时, 泵的输出流量为零, 控制定子移动的作用力是将液压泵出口的压力油引到柱塞上, 然后再加到定子上去, 这种控制方式称为外反馈式。

2. 限压式变量叶片泵的特性曲线

限压式变量叶片泵在工作过程中, 当工作压力 p 小于预先调定的限定压力 p_c 时, 液压作用力不能克服弹簧的预紧力, 这时定子的偏心距保持最大不变, 因此泵的输出流量 q_A 不变, 但由于供油压力增大时, 泵的泄漏流量 p_l 也增加, 所以泵的实际输出流量 q 也略有减少, 如图 1-2 限压式变量叶片泵的特性曲线中的 AB 段所示。调节流量调节螺钉 5 (见图 1-1) 可调节最大偏心量(初始偏心量)的大小, 从而改变泵的最大输出流量 q_A , 特性曲线 AB 段上下平移, 当泵的供油压力 p 超过预先调整的压力 p_B 时, 液压作用力大于弹簧的预紧力, 此时弹簧受压缩定子向偏心量减小的方向移动, 使泵的输出流量减小, 压力越高, 弹簧压缩量越大, 偏心量越小, 输出流量越小, 其变化规律如特性曲线 BC 段所示。调节调压弹簧 10 可改变限定压力 p_c 的大小, 这时特性曲线 BC 段左右平移, 而改变调压弹簧的刚度时, 可以改变 BC 段的斜率, 弹簧越“软”(k_s 值越小), BC 段越陡, $p_{\max}$ 值越小; 反之, 弹簧越“硬”(k_s 值越大), BC 段越平坦, $p_{\max}$ 值也越大。当定子和转子之间的偏心量为零时, 系统压力达到最大值, 该压力称为截止压力, 实际上由于泵的泄漏存

在，当偏心量尚未达到零时，泵向系统的输出流量实际已为零。

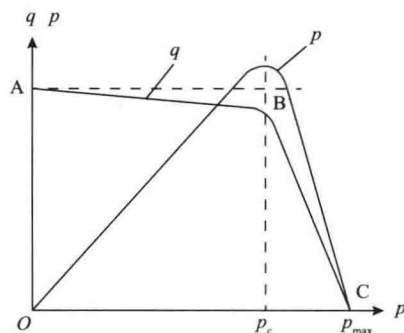


图 1-2 限压式变量叶片泵的特性曲线

3. 实验内容

本实验主要是测定限压式变量叶片泵在不同工作压力(p)下的实际输出流量(q)，根据 q 随 p 的变化关系绘制流量—压力特性曲线，并测出空载转速和额定转速，计算额定工作压力时的容积效率。

4. 测试内容

1) 空载(零压)流量

在实际工作中，泵的理论流量 q_t 并不是按液压泵设计时的几何参数和运动参数计算的，而是以泵的出口压力为最低即空载(零压)时所测到的输出流量 $q_{空}$ 来代替 q_t 。本实验中，在节流阀的通流截面积为最大值的情况下测出泵空载流量 $q_{空}$ ，并测出其相应的转速 $n_{空}$ 。

2) 额定流量

指泵在额定工作压力和转速情况下，测出的流量 $q_{额}$ ，并测出相应的转速 $n_{额}$ 。本实验中由节流阀进行加载。

3) 不同工作压力下的实际流量 q

不同工作压力由节流阀 2 所调定，读出相应压力下的流量 q ，在本实验中，压力由压力表读出，流量由秒表确定。

5. 实验步骤

(1) 按图 1-3 液压泵性能测试回路图连接回路。

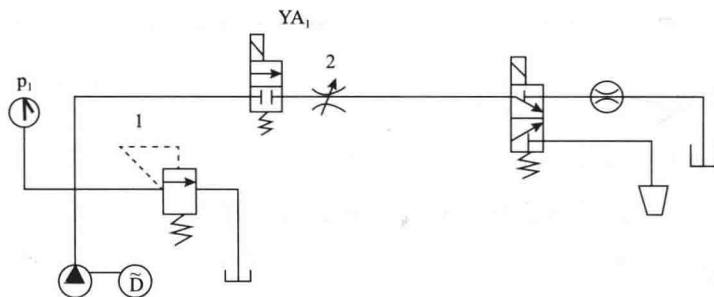


图 1-3 液压泵性能测试回路



(2) 全开溢流阀 1，启动泵，关闭节流阀 2，将泵调整压力至额定压力 (7MPa)。

(3) 接通 YA₁ 电磁换向阀，调节节流阀 2，开口逐渐大，观察并记录 p_i 的压力读数，并且对应压力下的体积变化量 (ΔV)，时间量 (Δt)，电机的输入功率 P_电。

(4) 根据测得的数据，计算出实测流量 q、泵的输入功率 N_i 和泵的输出功率 N，泵的容积效率、机械效率和总效率。

$$\eta_v = \frac{q}{q_t} \quad q = 60(\Delta V / \Delta t) \quad \text{L/min} \quad (1-6)$$

式中 η_v ——容积效率；

q ——实测流量；

q_t ——理论流量；

Δt ——对应时间，s；

ΔV ——对应时间的体积变化量。

上述各项参数测试数据，均重复两次，分别添在表 1-1 中的 a、b 栏内。

表 1-1 参数测试数据

序号 测量内容	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
被测泵输出压力										
被测泵空载流量 $q_{\text{空}}$										
泵输出油液容积的变化 ΔV										
对应 ΔV 所需时间 t/s										
泵输出流量 (L/min)										
电机输入功率 $N_{\text{表}}/\text{kW}$										
对应 $N_{\text{表}}$ 的电动机效率 $\eta_{\text{电}}/\%$										
油泵的输入功率 N_i/kW										
油泵的总效率 $\eta_{\text{总}}/\%$										
油泵的容积效率 $\eta_v/\%$										

四、实验结果

(1) 将被测数据填入表 1-1 中；

(2) 根据 $q = f(p)$ ，用直角坐标绘制流量-压力特性曲线。

五、注意事项

(1) 实验前认真阅读实验指导书；

(2)节流阀每次调节后,运转 1~2min 后再测有关数据。

六、思考题

(1)实验油路中溢流阀起什么作用?

(2)在实验系统中调节节流阀为什么能对被测泵进行加载?

1.2 差动回路实验

一、实验目的

(1)掌握差动回路的增速特点;

(2)熟悉差动回路的工作过程。

二、实验设备和工具

JSX-B 液压综合实验台、调速阀和换向控制阀等。

三、实验内容及步骤

1. 实验原理

差动回路是在不增加液压泵输出流量的情况下,来提高工作部件运动速度的一种快速回路,其实质是改变了液压缸的有效作用面积。

图 1-4 是用于快、慢速转换的,其中快速运动采用差动连接回路。当换向阀 3 左端的电磁铁通电时,阀 3 左位进入系统,液压泵 1 输出的压力油同缸右腔的油经 3 左位、5 下位(此时外控顺序阀 7 关闭),进入液压缸 4 的左腔,实现了差动连接,使活塞快速向右运动。当快速运动结束,工作部件上的挡铁压下机动换向阀 5 时,泵的压力升高,阀 7 打开,液压缸 4 右腔的回油只能经调速阀 6 流回油箱,这时是工作进给。当换向阀 3 右端的电磁铁通电时,活塞向左快速退回(非差动连接)。采用差动连接的快速回路方法简单,较经济,但快、慢速度的换接不够平稳。必须注意,差动油路的换向阀和油管通道应按差动时的流量选择,否则流动液阻过大,会使液压泵的部分油从溢流阀流回油箱,速度减慢,甚至不起差动作用。

2. 实验步骤

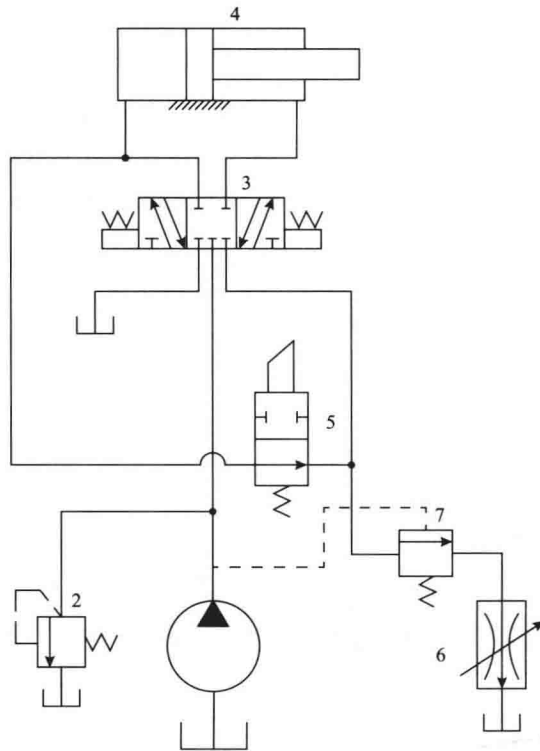
(1)按照图 1-5 所示差动连接回路搭接回路。

(2)将 1DT、3DT 通电,行程差动快速回路,实现活塞杆快进。

(3)将 3DT 断电,回路经调速阀 5 和二位二通电磁阀 3 回油箱,而实现中进。

(4)将 4DT 通电,回油经 2 个调速阀回油箱,而实现慢进。

(5)慢进结束,将 2DT 通电,1DT、3DT 断电,实现活塞杆的快退。

[illegible]

四、实验结果

将被测数据填入表 1-2 中。

表 1-2 电磁铁动作顺序表

电磁铁 工序	1DT	2DT	3DT	4DT
快进				
中进				
慢进				
快退				
停止				

五、注意事项

- (1)实验前认真阅读实验指导书；
- (2)实验前检查阀是否有泄漏；
- (3)缸体储油量是否足够。

六、思考题

- (1)差动连接与非差动连接，输出压力哪一个大，为什么？
- (2)慢进时为什么液压缸左腔压力比快进时大？根据回路进行分析。
- (3)如该回路中液压缸改为双出杆式，在回路不变情况下，是否能实现增速，为什么？

1.3 多级压力控制回路实验

一、实验目的

- (1)了解调压回路工作原理；
- (2)了解多级调压回路的组成、工作方法、特点及应用。

二、实验设备和工具

机电液气一体化实验教学培训系统等。

三、实验内容及实验步骤

1. 实验原理

当液压系统工作时，液压泵应向系统提供所需压力的液压油，同时，又能节省能源，

减少油液发热，提高执行元件运动的平稳性。所以，应设置调压或限压回路。当液压泵一直工作在系统的调定压力时，就要通过溢流阀调节并稳定液压泵的工作压力。在变量泵系统中或旁路节流调速系统中用溢流阀(当安全阀用)限制系统的最高安全压力。当系统在不同的工作时间内需要有不同的工作压力，可采用二级或多级调压回路。

图 1-6 所示为三级调压回路，三级压力分别由溢流阀 1、2、3 调定，当电磁铁 1YA、2YA 失电时，系统压力由主溢流阀调定。当 1YA 得电时，系统压力由阀 2 调定。当 2YA 得电时，系统压力由阀 3 调定。在这种调压回路中，阀 2 和阀 3 的调定压力要低于主溢流阀的调定压力，而阀 2 和阀 3 的调定压力之间没有什么一定的关系。当阀 2 或阀 3 工作时，阀 2 或阀 3 相当于阀 1 上的另一个先导阀。

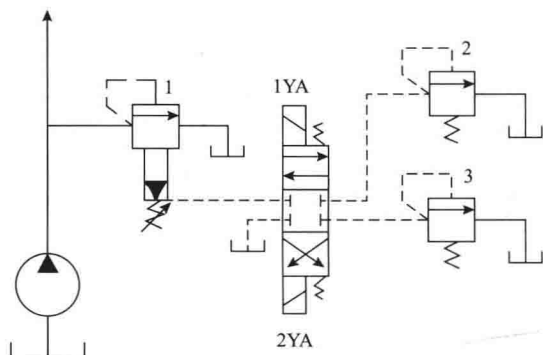


图 1-6 三级调压回路

2. 实验步骤

(1)按图 1-7 所示搭接实验装置。

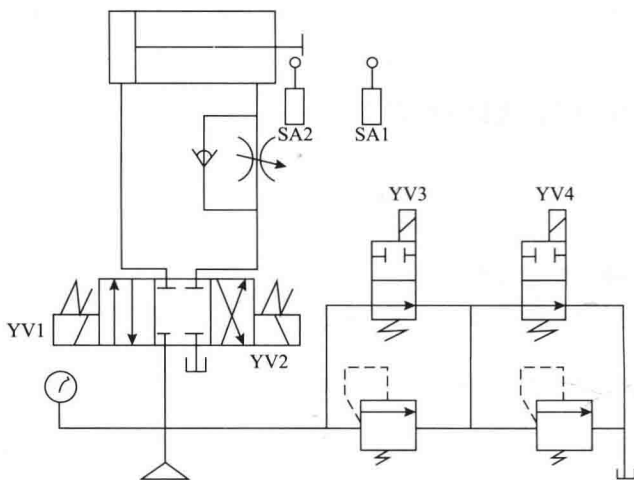


图 1-7 多级压力控制回路图

(2)调定参数：调压总阀 4.0MPa，溢流阀调整压力 1.5MPa，溢流阀 2 调整压力 2MPa，其电磁铁动作顺序如表 1-3 所示。

表 1-3 电磁铁电磁动作顺序表

序号	油缸动作	法讯原件	YV1	YV2	YV3	YV4
1	前进 1	ST YA1 按下	+	—	+	—
2	前进 2	YA1 松开 YA2 按下	+	—	—	+
3	前进 3	YA1 按下	+	—	+	+
4	后退	SA1	—	+	+	+
5	前进 3	SA2	+	—	+	+
6	停止	YA1 松开 YA2 松开 STP 按下	—	—	—	—

(3)待测参数为油缸前进中的三种压力，油缸后退压力及油缸停止时压力。

四、实验结果

将被测数据填入表 1-4 中。

表 1-4 待测压力参数

序号	动作	压力
1	油缸前进 1	
2	油缸前进 2	
3	油缸前进 3	
4	油缸后退	
5	油缸停止	

五、注意事项

- (1)实验前认真阅读实验指导书；
- (2)实验前检查阀是否有泄漏；
- (3)缸体储油量是否足够。

六、思考题

- (1)若先导式溢流阀的远程控制口被堵死了，是否还可以实现多级调压？
- (2)先导式溢流阀的调定压力与另两个溢流阀之间的大小关系？

1.4 快速与慢速转换实验

一、实验目的

- (1) 了解快速与慢速转换回路组成；
- (2) 了解快速与慢速转换回路工作原理、特点及应用。

二、实验设备和工具

机电液气一体化实验教学培训系统、量尺和秒表等。

三、实验内容及步骤

1. 实验原理

速度换接回路用来实现运动速度的变换，即在原来设计或调节好的几种运动速度中，从一种速度换成另一种速度。对这种回路的要求是速度换接要平稳，即不允许在速度变换的过程中有前冲(速度突然增加)现象。下面介绍几种回路的换接方法及特点。

1) 快速运动和工作进给运动的换接回路

图 1-8 是用单向行程节流阀换接快速运动(简称快进)和工作进给运动(简称工进)的速度换接回路。在图示位置液压缸 3 右腔的回油可经行程阀 4 和换向阀 2 流回油箱，使活塞快速向右运动。当快速运动到达所需位置时，活塞上挡块压下行程阀 4，将其通路关闭，这时液压缸 3 右腔的回油就必须经过节流阀 6 流回油箱，活塞的运动转换为工作进给运动(简称工进)。当操纵换向阀 2 使活塞换向后，压力油可经换向阀 2 和单向阀 5 进入液压缸 3 右腔，使活塞快速向左退回。

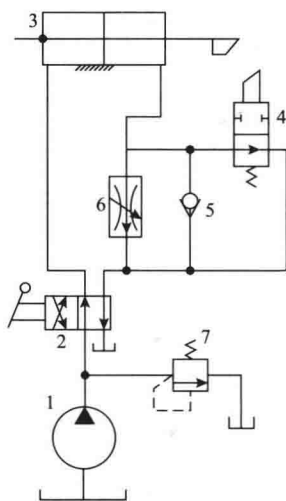


图 1-8 用行程节流阀的速度换接回路

在这种速度换接回路中，因为行程阀的通油路由液压缸活塞的行程控制阀芯移动而逐渐关闭的，所以换接时的位置精度高，冲出量小，运动速度的变换也比较平稳。这种回路在机床液压系统中应用较多，它的缺点是行程阀的安装位置受一定限制(要由挡铁压下)，所以有时管路连接稍复杂。行程阀也可以用电磁换向阀来代替，这时电磁阀的安装位置不受限制(挡铁只需要压下行程开关)，但其换接精度及速度变换的平稳性较差。

图 1-9 是利用液压缸本身的管路连接实现的速度换接回路。在图示位置时，活塞快速向右移动，液压缸右腔的回油经油路 1 和换向阀流回油箱。当活塞运动到将油路 1 封闭后，液压缸右腔的回油须经节流阀 3 流回油箱，活塞则由快速运动变换为工作进给运动。

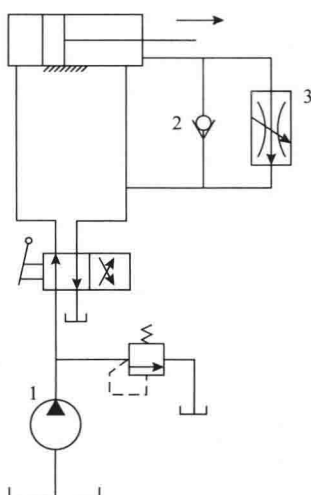


图 1-9 利用液压缸自身结构的速度换接回路

这种速度换接回路方法简单，换接较可靠，但速度换接的位置不能调整，工作行程也不能过长以免活塞过宽，所以仅适用于工作情况固定的场合。这种回路也常用作活塞运动到达端部时的缓冲制动回路。

2) 两种工作进给速度的换接回路

对于某些自动机床、注塑机等，需要在自动工作循环中变换两种以上的工作进给速度，这时需要采用两种(或多种)工作进给速度的换接回路。

2. 实验步骤

(1)按图 1-10 原理图搭接实验装置。

(2)调定参数：溢流阀调整压力 1MPa。

(3)根据表 1-5 中电磁铁的动作顺序，用量尺测定快进和慢进位移，用秒表测定运动时间 s。

(4)在表 1-6 中填写各工序压力和速度。

四、实验结果

将被测数据填入表 1-6 中。