



無錫職業技術學院

国家示范性高职院校建设项目成果

机械加工技术专业领域

行动导向的液气电系统 组建与调试

马俊峰 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

国家示范性高职院校建设项目成果

行动导向的液气电系统 组建与调试

马俊峰 主编



高等教育出版社

内容提要

本书是根据《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件的要求,并结合无锡职业技术学院国家示范性高职院校课程建设工作而编写的。

本书从机械加工设备传动回路的实际应用出发,重点介绍传动回路及其控制系统组建与调试的方法、步骤。主要内容包括典型液压传动回路与控制、气压传动回路与控制、继电器-接触器电路控制、可编程控制系统、变频调速和液气电综合系统六个部分。书后附有相关实训设备的操作、使用方法及元器件的图形符号。

本书可作为高职高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机械类专业机械设备控制技术课程配套的实训指导教材,也可作为相关行业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

行动导向的液气电系统组建与调试/马俊峰主编. —北京:高等教育出版社,2008.11

ISBN 978-7-04-025851-6

I. 行… II. 马… III. ①液压回路-高等学校:技术学校-教材②气压传动装置-回路-高等学校:技术学校-教材 IV. TH137.7 TH138.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第170811号

策划编辑	徐进	责任编辑	杜惠萍	封面设计	赵阳	责任绘图	尹莉
版式设计	陆瑞红	责任校对	杨凤玲	责任印制	韩刚		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	2008年11月第1版
印张	6.25	印次	2008年11月第1次印刷
字数	150 000	定价	9.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25851-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

前言

高职高专教育的主要任务是培养高技能应用型人才,这要求机械类专业学生不但具有机械制造及自动化技术领域的基本理论知识和基本技能,还要具有相关机电设备的安装调试、维修、初步开发的能力,以适应相关机电设备的生产、应用和管理等一线生产的需要。

本书为无锡职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一,着重培养学生在液压传动技术、气压传动技术、电气控制技术、可编程控制技术、变频调速技术和机电一体化技术等方面组装调试的实践动手能力,是与机械设备控制技术课程配套的实训指导教材。

本书加强了项目任务实施过程的操作指导,每个任务围绕原理图、回路连接、控制系统组建调试来展开。为了巩固实训效果,配合教学的需要,每个任务后均配备了适量的思考题。本书附录部分提供了相关实训设备的操作、使用方法及元器件的图形符号。

在项目任务实施组织上,建议采用3~4人一组一台实训设备。每个项目包括回路设计、元件选取、回路组装、系统调试、故障排除、整理设备、小组讨论及实训记录。通过组装调试系统实训,使学生接触以机械设备控制为主,培养学生在训练过程中综合运用所学的基础知识,独立进行操作的技能,进一步提高学生的设备维护能力,培养学生创新意识和创新能力,提高学生的工程实践能力。

本书在内容选择上贯彻少而精、理论联系实际的原则,为充分体现高职高专教育的特点,基础知识部分以必需、够用为度,避免选用繁琐的理论推导和设计原理内容,更为注重使用与维护方面的内容,使内容更简洁、实用。应用部分加强针对性和实用性,注重学生在应用技术方面的能力培养,在内容编排上与生产实际密切联系,选用较为先进、典型的线路和实例,使学生获得实用的技术知识。本书着重培养学生安装、调试、使用、维护液压与气动系统的能力,诊断和排除液压与气动系统故障的能力。让学生熟练掌握液压、气动和电气控制系统的安装及一般故障排除的方法,为毕业后从事专业工作打下坚实的基础。

全书共编入液压技术的应用与实践、气动技术的应用与实践、继电器—接触器电路的应用与实践、可编程控制器的应用与实践、变频器的应用与实践、液气电一体化系统的组建与调试6个实训项目,共17个任务。

本书由无锡职业技术学院马俊峰任主编,其中项目一、项目二由马俊峰编写,项目三、项目四、项目五由周刚编写,项目六由唐立平和马俊峰共同编写完成。书中图片由唐立平提供,全书由马俊峰统稿。

本书由无锡职业技术学院蔡盘根副教授审阅,他对全稿进行了细致的审阅,并提出了许多

II 前言

修改意见,编者在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书中难免存在缺点和不足之处,恳切希望同仁和广大读者批评指正。

编者

2008年9月

目 录

项目一 液压技术的应用与实践	1
任务一 差动回路的组建与调试	1
任务二 二级调压回路的组建与调试	5
任务三 单缸往复动作回路的组建与调试	9
任务四 回油节流调速回路的组建与调试	13
项目二 气动技术的应用与实践	18
任务一 双缸顺序动作回路的组建与调试	18
任务二 气动夹紧装置回路的组建与调试	21
项目三 继电器—接触器电路的应用与实践	24
任务一 电动机直接起/停控制电路的组建与调试	26
任务二 电动机降压起动控制电路的组建与调试	27
任务三 电动机正反转控制电路的组建与调试	29
任务四 电动机反接制动控制电路的组建与调试	32
任务五 电动机变极调速控制电路的组建与调试	34
项目四 可编程控制器的应用与实践	37
任务一 可编程控制器控制电动机	40
任务二 可编程控制器控制交通灯	43
项目五 变频器的应用与实践	47
任务 变频调速电路的组建与变频操作	48
项目六 液气电一体化系统的应用与实践	51
任务一 组合机床动力滑台的组建与调试	51
任务二 四自由度气动机械手的组建与调试	55
任务三 气动爬行机器人的组建与调试	59
附录	66
附录 A Sukey—H2 液压技术教学实训台使用说明	66

附录 B 多功能气动教学实验台的使用说明	72
附录 C 液压及气动图形符号 (GB/T 786.1—1993 摘录)	75
附录 D FX-20P-E 型手持编程器的使用	81
附录 E SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件操作	84
附录 F M320 变频器基本操作	87

参考文献	92
------------	----

项目一 液压技术的应用与实践

任务一 差动回路的组建与调试

一、概述

在液压系统中，往往需要液压执行元件能提供快速运动，这时会采用快速运动回路。快速运动回路又称增速回路，其功用在于使液压执行元件获得所需的高速，以提高系统的工作效率。差动回路就是实现液压执行元件快速运动常用的回路之一。

二、项目任务

组建与调试差动回路。

三、实施准备

(一) 知识准备

1. 基本原理

单杆式活塞液压缸，即活塞只有一端带活塞杆的液压缸。如果向单杆式活塞缸的左、右两腔同时通压力油，如图 1-1-1 所示，即为差动连接。作差动连接的单杆式活塞液压缸称为差动液压缸。开始工作时差动液压缸左、右两腔的油液压力相同，但是由于左腔（无杆腔）的有效面积大于右腔（有杆腔）的有效面积，故活塞向右运动，同时使右腔中排出的油液（流量为 q' ）也进入左腔，加大了流入左腔的流量（ $q+q'$ ），从而也加快了活塞移动的速度。实际上活塞在运动时，由于差动液压缸两腔间的管路中有压力损失，所以右腔中油液的压力稍大于左腔油液的压力 p_1 ，而这个差值一般都较小，可以忽略不计，则差动活塞推力 F_1 和运动速度 v_1 为

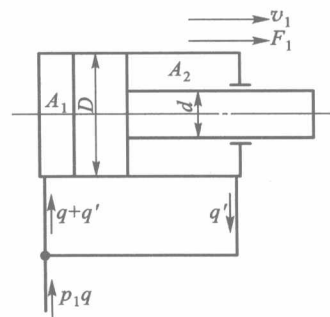


图 1-1-1 差动液压缸原理图

$$\begin{aligned} F_1 &= p_1(A_1 - A_2) = p_1 \frac{\pi}{4} d^2 \\ v_1 &= \frac{q+q'}{A_1} = \frac{q + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)v_1}{\frac{\pi}{4}D^2} \end{aligned} \quad (1-1)$$

即

$$v_1 = \frac{4q}{\pi d^2} \quad (1-2)$$

由式(1-1)、式(1-2)可知,差动连接时液压缸的推力比非差动连接时的小,速度比非差动连接时的大。利用这一点,可使在不加大流量的情况下得到较快的运动速度,这种连接方式被广泛用于组合机床的液压动力滑台和其他机械设备的快速运动中。

2. 双作用单杆式活塞液压缸

双作用单杆式活塞液压缸内部结构图如图1-1-2所示。图1-1-3所示为双作用单杆式活塞液压缸实物图。

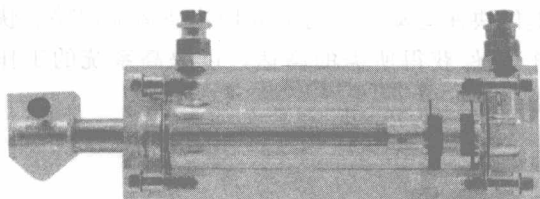


图1-1-2 双作用单杆式活塞液压缸内部结构图

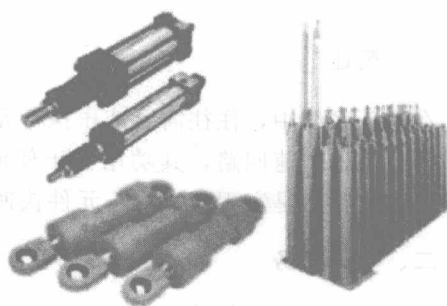


图1-1-3 双作用单杆式活塞液压缸实物图

3. 差动回路液压系统原理图

差动回路液压系统原理图如图1-1-4所示。

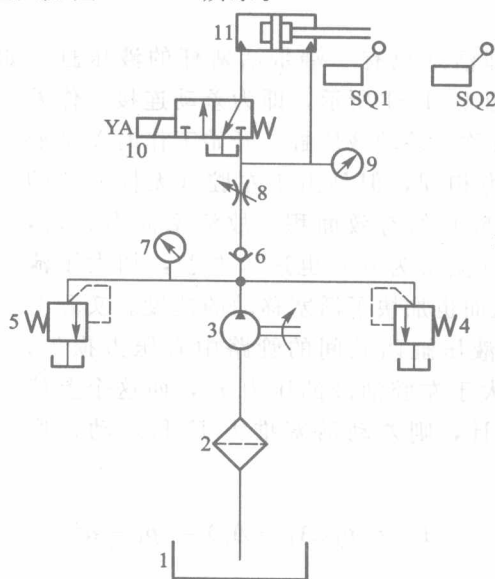


图1-1-4 差动回路液压系统原理图

1—油箱; 2—过滤器; 3—液压泵; 4—溢流阀; 5—安全阀; 6—单向阀;
7、9—压力表; 8—节流阀; 10—二位三通电磁换向阀; 11—液压缸

4. 控制电路图

(1) 方法一 用继电器控制。图 1-1-5 所示为利用继电器的差动回路控制电气原理图。

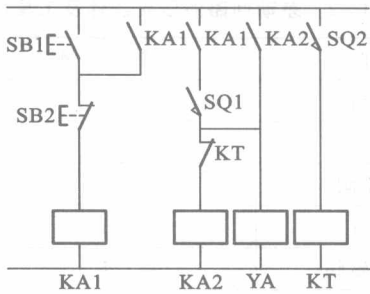


图 1-1-5 差动回路控制电气原理图

(2) 方法二 用可编程控制器 (PLC) 控制。图 1-1-6 所示为 PLC 的 I/O 接线图，图 1-1-7 所示为 PLC 控制程序梯形图。

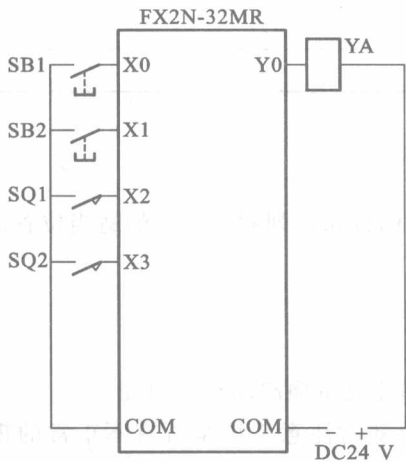


图 1-1-6 PLC I/O 接线图

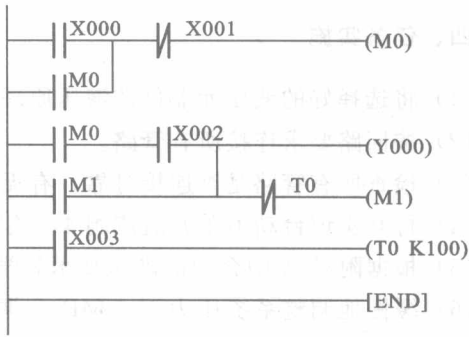


图 1-1-7 PLC 控制程序梯形图

表 1-1-1 为差动回路 PLC 语句表。

表 1-1-1 差动回路 PLC 语句表

序 号	指 令	元 件	序 号	指 令	元 件
0	LD	X000	7	OUT	Y000
1	OR	M0	8	ANI	T0
2	ANI	X001	9	OUT	M1
3	OUT	M0	10	LD	X003
4	LD	M0	11	OUT	T0 K100
5	AND	X002	12	END	
6	OR	M1			

(二) 元器件与工具准备

差动回路液压元器件与工具准备见表 1-1-2。

表 1-1-2 差动回路液压元器件及工具准备表

序 号	名 称	数 量	备 注
1	液压实训台	1	
2	压力表	2	
3	直动式溢流阀	1	
4	差动液压缸	1	
5	二位三通电磁阀	1	
6	节流阀	1	
7	单向阀	1	
8	液压软管	若干	
9	三通	若干	
10	行程开关	2	
11	电线	若干	

四、任务实施

- (1) 将选择好的液压元器件按液压原理图中元器件的分布排列到实训台的适当位置。
- (2) 按回路要求连接所有管路。
- (3) 检查所有管路是否连接可靠，有无虚接。
- (4) 打开实训台动力单元溢流阀 4，关紧安全阀 5。
- (5) 根据附录 A 中介绍的液压技术教学实训台操作注意事项起动力单元。
- (6) 缓慢地调整系统压力至 4 MPa，调整过程中要随时注意系统是否有不正常的现象发生，若有则找出原因并排除之。
- (7) 打开安全阀 5，使压力表 7 的读数为 0 MPa。
- (8) 依照电气原理图或 PLC 接线图连接电路。
- (9) 检查电路是否连接正确、可靠，有无短路，在确保连接正确的前提下接通电源。
- (10) 调整安全阀 5，使压力表 7 的读数为 3.5 MPa。
- (11) 节流阀 8 转 1/2 转条件下进行一次步骤 (12)、(13) 的操作。
- (12) 按下按钮 SB1 即放开，观察液压缸 11 的运动状态，并记录液压缸 11 运动时间与压力表 9 显示的壓力值（记入表 1-1-3）。
- (13) 按下按钮 SB2 即放开，液压缸 11 停止。
- (14) 实验完成后调整溢流阀 4，使压力表 7 的读数为 0 MPa。
- (15) 关闭动力单元电源。
- (16) 关闭实训台电源，才可拆除快速接头及配线电线。
- (17) 完毕后，液压元件、电线等擦拭干净，并放回指定位置。

表 1-1-3 差动液压缸运动速度记录表

	压力表读数	液压缸运动时间/s	
		前 进	后 退
差动			
非差动			

五、成果评价

根据实际情况填写成果评价表（表 1-1-4）。

表 1-1-4 差动液压回路调试成果评价表

项 目	评 分			
	优 秀	良 好	一 般	较 差
要求的回路功能是否能够实现				
操作动作是否规范				
元器件及工具附件是否使用合理				
出现故障时排除故障的操作是否准确				

六、问题讨论

1. 为何单杆式活塞液压缸活塞两端压力相等时，活塞杆仍能推出？
2. 差动连接时的速度为什么要比非差动连接时的速度大？

任务二 二级调压回路的组建与调试

一、概述

压力控制回路是利用压力控制阀控制油液系统整体或某一部分的压力，以达到稳压、调压、减压、增压、多级压力的控制，满足执行元件对力或转矩的要求；或利用压力作为信号控制其他元件动作，以实现某些动作要求。在定量泵系统中，液压泵供油压力通过溢流阀来调节，若系统中需要两种以上的压力，则可采用多级调压回路。

二、项目任务

组建与调试二级调压回路。

三、实施准备

（一）知识准备

1. 基本原理

实现二级调压的关键液压元件是先导式溢流阀，图 1-2-1 所示为先导式溢流阀结

构示意图及其图形符号。先导式溢流阀是利用主滑阀上、下两端的压力差和弹簧力的平衡原理来进行压力控制的,压力油由P口进入,经阻尼孔3进入上腔,并作用于先导阀4的锥阀上,当系统压力升高,即进油压力升高,足以克服先导阀右边的弹簧5的作用力时,先导阀锥阀打开,这时由于阻尼孔的作用,使主阀芯2的上、下端产生压力差,当其压力差等于或超过主阀弹簧的作用力时,主阀芯被抬起,进、出油口被接通,实现溢流作用。

先导式溢流阀由溢流主阀和先导调压阀组成。先导调压阀的作用是控制主阀的溢流压力,而溢流主阀的作用是溢流。当系统的压力升高到先导调压阀的调定压力时,先导阀首先打开,溢走少量的油液,这时主阀两腔形成压力差,主阀芯在油液压力的作用下,将阀口迅速打开,系统的大量油液经主阀的溢流口流回油箱。由于主阀上的弹簧很软,即使系统的压力很高,溢流量很大时,弹簧的作用力变化也不大,因而调压偏差小,压力波动较小,阀的稳定性能好,故先导式溢流阀适用于中、高压系统。

先导式溢流阀的阀体上有一个远程控制口K,当将此口通过二位二通阀接通油箱时,主阀芯上端的弹簧腔压力接近于零,主阀芯在很小的压力作用下便可移到上端,阀口开到最大,这时系统的油液在很低的压力下通过阀口流回油箱,实现卸荷。如果将K口接到另一远程调压阀上(其结构和溢流阀的先导阀一样),并使打开远程调压阀的压力小于先导阀的调定压力,则主阀芯上端的压力就由远程调压阀来决定,从而实现远程调节溢流阀的溢流压力。但是,远程调压阀所能调节的最高压力不得超过溢流阀本身先导阀的调整压力。

图1-2-2所示为先导型溢流阀实物图。

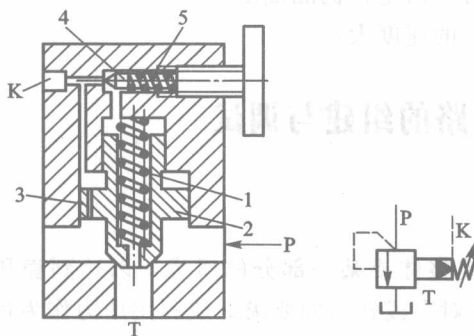


图 1-2-1 先导式溢流阀结构示意图及其图形符号

1—主阀弹簧；2—主阀芯；3—阻尼孔；4—先导阀；5—弹簧

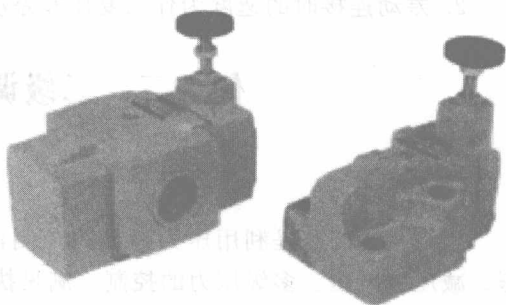


图 1-2-2 先导式溢流阀实物图

2. 二级调压回路液压原理图

图1-2-3所示为二级调压回路液压原理图。由先导式溢流阀6和直动式溢流阀(远程调压阀)4各调一级压力,构成二级调压回路。当二位二通电磁阀5处于图示位置时,系统压力由阀6调定;当阀5通电后处于右位时,系统的压力由阀4调定。必须注意:阀6的调整压力必须大于阀4的最高工作压力,这样系统压力才可由阀4来调定,否则无法实现;当由阀4调定系统压力时,阀6的先导阀口关闭,但主阀开启,液压泵的溢流量经主阀回油箱。

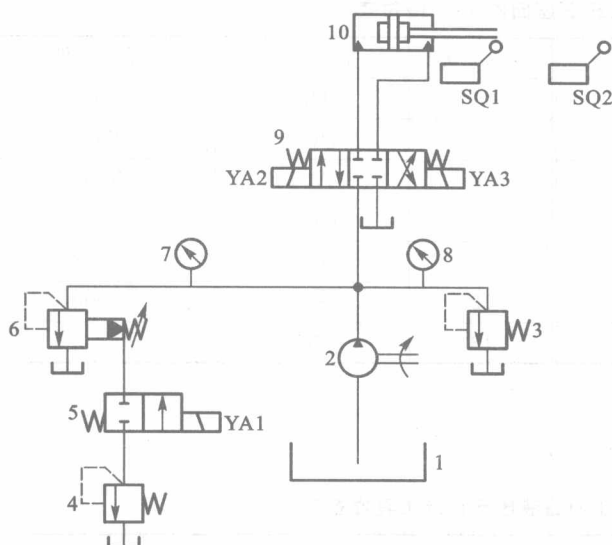


图 1-2-3 二级调压回路液压原理图

- 1—油箱；2—液压泵；3—安全阀；4—直通式溢流阀；
5—二位二通电磁换向阀；6—先导式溢流阀；
7、8—压力表；9—三位四通电磁换向阀；
10—液缸

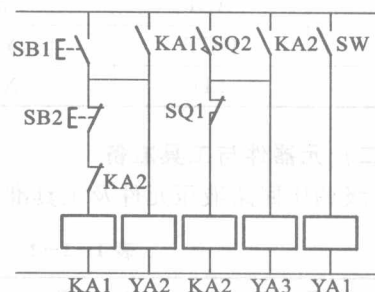


图 1-2-4 二级调压回路控制电气原理图

3. 控制电路图

(1) 方法一 用继电器控制。图 1-2-4 所示为利用继电器控制的二级调压回路控制电气原理图。

(2) 方法二 用 PLC 控制。图 1-2-5 所示为 PLC I/O 接线图，图 1-2-6 所示为 PLC 控制程序梯形图。

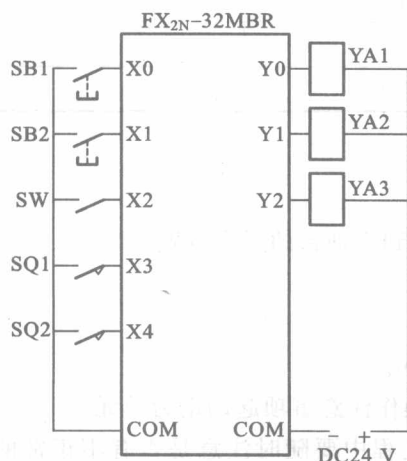


图 1-2-5 PLC I/O 接线图

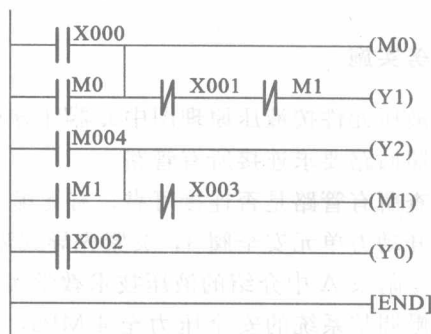


图 1-2-6 PLC 控制程序梯形图

表 1-2-1 为二级调压回路 PLC 语句表。

表 1-2-1 二级调压回路 PLC 语句表

序 号	指 令	元 件	序 号	指 令	元 件
0	LD	X000	7	OR	M1
1	OR	M0	8	OUT	Y002
2	OUT	M0	9	ANI	X003
3	ANI	X001	10	OUT	M1
4	ANI	M1	11	LD	X002
5	OUT	Y001	12	OUT	Y000
6	LD	X004	13	END	

(二) 元器件与工具准备

二级调压回路液压元件及工具准备见表 1-2-2。

表 1-2-2 二级调压回路液压元件及工具准备表

序 号	名 称	数 量	备 注
1	液压实训台	1	
2	压力表	2	
3	先导式溢流阀	1	
4	直动式溢流阀	2	
5	液压缸	1	
6	三位四通电磁阀	1	
7	二位三通电磁阀	1	常开
8	三通	若干	
9	液压软管	若干	
10	行程开关	2	
11	电线	若干	

四、任务实施

- (1) 将液压元件按液压原理图中元器件分布排列到实训台的适当位置。
- (2) 按照回路要求连接所有管路。
- (3) 检查所有管路是否连接可靠，有无虚接。
- (4) 打开动力单元安全阀 3，关紧先导式溢流阀 6。
- (5) 根据附录 A 中介绍的液压技术教学实训台操作注意事项起动力单元。
- (6) 缓慢调整系统的安全压力至 4 MPa，调整过程中要随时注意是否有不正常的现象发生，若有则找出原因并排除之。
- (7) 打开先导式溢流阀 6，使压力表 8 的读数为 0 MPa。
- (8) 按照电气原理图连接电路。

- (9) 打开电源。
- (10) 调整先导式溢流阀 6, 设定压力为 3.5 MPa, 将开关 SW 置于 OFF 挡。
- (11) 按下按钮 SB1 即放开, 观察液压缸的动作情况 (记入表 1-2-3)。
- (12) 按下按钮 SB2 即放开, 观察液压缸的动作情况 (记入表 1-2-3)。
- (13) 旋松溢流阀 4。
- (14) 将开关 SW 置于 ON 挡, 再调溢流阀 4, 使压力表 8 的读数为 1 MPa。
- (15) 将开关 SW 置于 OFF 挡, 再观察压力表 8 的读数 (记入表 1-2-3)。
- (16) 按下按钮 SB1 即放开, 观察液压缸动作情况 (记入表 1-2-3)。
- (17) 按下按钮 SB2 即放开, 观察液压缸动作情况 (记入表 1-2-3)。
- (18) 实验完成后, 打开先导式溢流阀 6, 打开安全阀 3、溢流阀 4, 使压力表 8 的读数为 0 MPa。
- (19) 分别按下 SB1 与 SQ2 泄压。
- (20) 关闭动力源, 关闭电气控制箱电源, 然后拆除快速接头及电线。
- (21) 全部完成后, 将液压元件、电线等擦拭干净并归位。

表 1-2-3 二级调压回路状态表

	电磁铁状态			
	1YA 断电		1YA 通电	
	2YA 通电	3YA 通电	2YA 通电	3YA 通电
压力表读数				
液压缸动作				

五、成果评价

根据实际情况填写成果评价表 (表 1-2-4)。

表 1-2-4 二级调压回路调试成果评价表

项 目	评 分			
	优 秀	良 好	一 般	较 差
要求的回路功能是否能够实现				
操作动作是否规范				
元器件及工具附件的使用是否合理				
出现故障时排除故障的操作是否准确				

六、问题讨论

1. 为什么远程调压阀调整的压力要小于主阀上先导阀的压力?
2. 观察液压缸运行过程中和到达终点时压力表指示变化, 说明变化原因?

任务三 单缸往复动作回路的组建与调试

一、概述

在液压系统中, 利用方向阀控制油流通断和换向, 使执行元件起动、停止或变换运动方向