

# 模块

## 电气气动

### 模块导读

电气气动系统广泛应用于工业生产领域和工程机械中,如机床、各种产品的自动生产线、电子产品制造机械、化工产品生产设备等。电气气动系统所涉及的内容主要包括电气元件、气动和控制电路。

本模块主要针对电气气动系统所涉及的常用元件、典型回路进行介绍和安装调试进行指导,使学习者对典型电气气动系统的设计、安装与调整有所了解,为后续课程做铺垫。

## 学习单元一 元件介绍

### 工作任务

#### 任务介绍

如图 2-1 所示简易浸漆装置,由机械支撑、油漆槽、装工件篮子及带动篮子上下移动的一个双作用气缸组成。

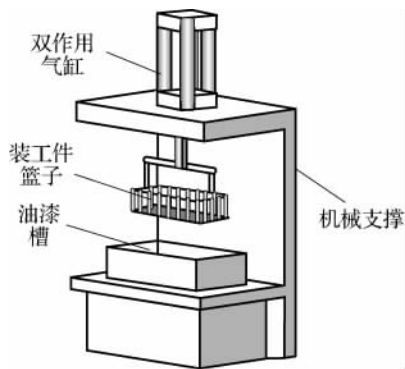


图 2-1 简易浸漆装置

浸漆工艺过程:当气缸活塞杆伸出时,活塞杆带着装工件的篮子向下移动,使工件浸入油漆槽中,篮子带着工件在油漆槽中停留 5 s,然后自动升起。根据工艺要求,工件在油漆槽中的时间可以在 0.5 s 和 15 s 之间进行调节。为防止工件在油漆槽中停留时间过长而报废,在意外断电时,气缸活塞杆自动返回,将篮子升起。图 2-2 为浸漆装置电气气动系统图,试标注出电气气动系统图中所使用的气动、电气元件并掌握图中元件——中间继电器、时间继电器、传感器的安装与调整方法,填写实验报告。

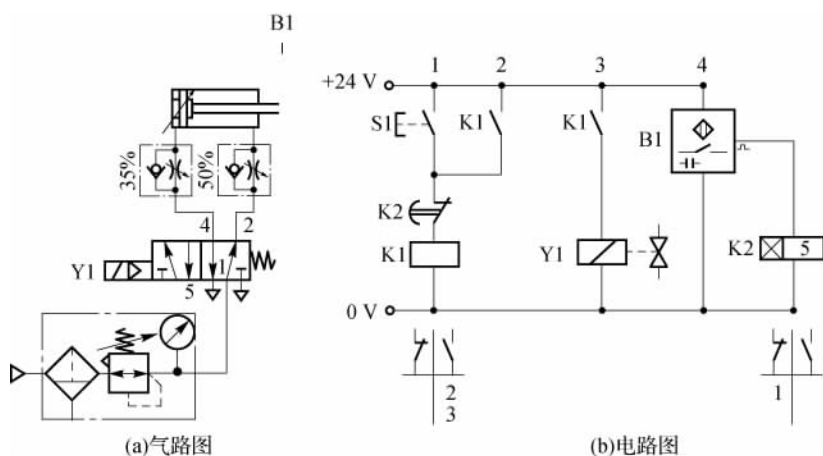


图 2-2 浸漆装置电气气动系统图

## 任务分析

要想完成此任务,图 2-2 中气动、电气元件都是需要认识和了解的,因此有必要对这些元件进行学习和认识。

## 学习目标

### 知识目标

- (1) 掌握常用电气开关作用及表示符号;
- (2) 掌握中间继电器的作用、工作原理及表示符号;
- (3) 掌握时间继电器的作用、工作原理及表示符号;
- (4) 掌握行程开关和接近开关的作用、特点及表示符号;
- (5) 掌握气动控制系统常用的电磁换向阀的工作原理及职能符号。

### 能力目标

- (1) 能够识别和正确操作各种不同的电气开关,开、闭触点的判断和连接;
- (2) 能够进行中间继电器线路的连接;
- (3) 能够进行时间继电器的连接和调整;
- (4) 能够识别行程开关和各种不同类型的接近开关,并进行安装和调整;
- (5) 能够识别各种电磁换向阀。

## 知识认知

## 一、手动电气开关

如图 2-3 所示,手动电气开关用于发送控制信号的电气,对这类产品要求其操作频率高、抗冲击性强、机械寿命长。使用手动电气开关可以将电路接通或断开。



图 2-3 手动电气开关

手动电气开关结构由操纵机构和触点构成。

## 1. 操纵机构

操纵机构主要包括手动和机械式。手动操纵形式用图 2-4 所示的图形符号来表示。



图 2-4 手动操纵形式

手动操纵可进一步分为锁定式和不锁定式两种,图形符号如图 2-5 所示。



图 2-5 锁定与不锁定式开关图形符号

当按动不锁定式开关后,开关在新的开关位置上,松手后,开关自动返回到原始位置。开关图形符号中数字 1 和 2 表示常闭触点,3 和 4 表示常开触点。

当按动锁定式开关后,开关保持在新的开关位置上,重新按动才能使它复位到原始位置。

## 2. 触点类型

如图 2-6 所示,触点分为以下 3 种基本类型。

- (1)常开触点。常开触点用于接通的开关元件。
- (2)常闭触点。常闭触点用于断开的开关元件。
- (3)转换触点。转换触点用于转换的开关元件(常闭—常开组合)。



图 2-6 触点类型

## 二、中间继电器

中间继电器是电磁驱动的开关元件,用于控制电路和防护装置。对这类产品要求其分断能力强、操作频率高、触点机械寿命长。对于电气气动控制系统来讲,一般情况下,只使用中间继电器,因为控制电磁阀所需要功率很小。

工作原理:如图 2-7 所示,中间继电器由一个带铁心的电磁线圈、一个衔铁和若干组触点组成。利用电流的磁效应,当电流通过线圈时,会产生一个强磁场作用在衔铁上,衔铁克服弹簧力(调节的原始位置)通过杠杆机构操纵触点,使触点被吸过来,完成触点的接通或切断。

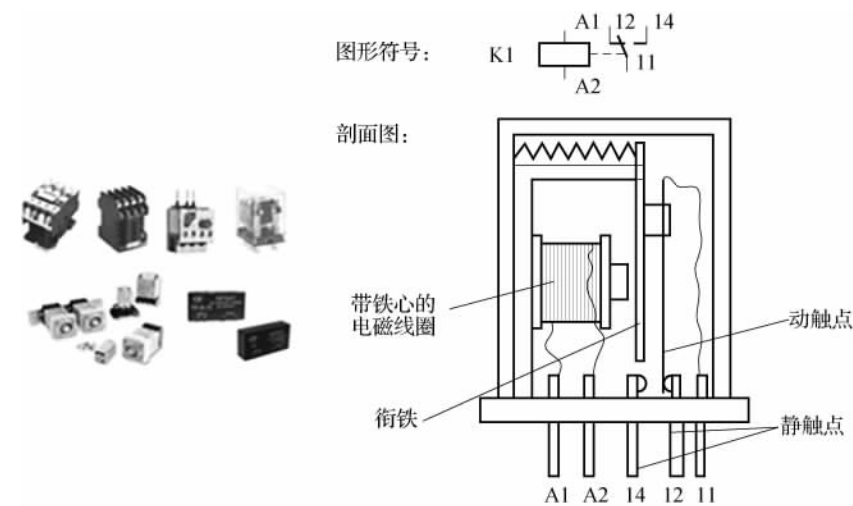


图 2-7 中间继电器

## 三、时间继电器

时间继电器作为继电器的一种,可以延时接通或断开它的触点,达到对控制电路的时间控制。时间继电器精度较高(误差在 1% 以下),触点延时动作的时间可以从大约 1 ms 到 24 h,并且控制的时间可以调节。

时间继电器可分为通电延时继电器和断电延时继电器两种,如图 2-8、图 2-9 所示。

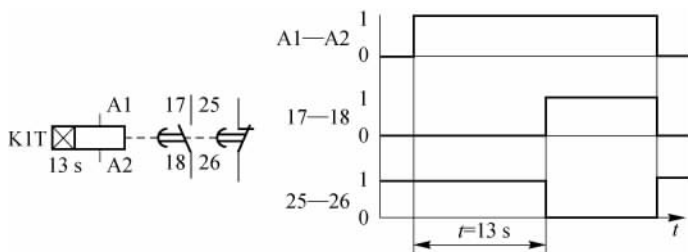


图 2-8 通电延时继电器

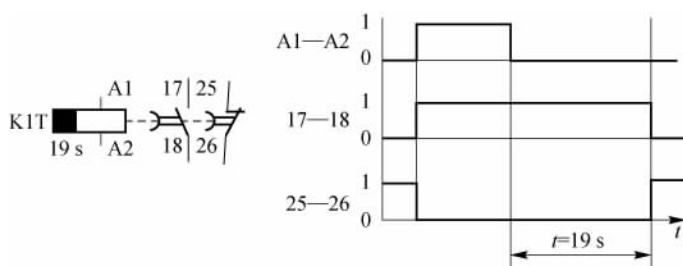


图 2-9 断电延时继电器

在继电器图形符号的前面带×方框的表示是通电延时继电器,带涂黑方框的表示是断电延时继电器。标注“T”的表示“延时时间”可以调节。

常闭触点和常开触点的连接号为 5 和 6 或 7 和 8,在机械作用线上画一个半圆线(开口向右或向左,分别表示延时动作触点)。

(1)通电延时继电器工作原理。如图 2-8 所示,当线圈 A1、A2 通电时,常开触点 17、18 延时接通,常闭触点 25、26 延时断开;线圈 A1、A2 断电时,常开触点 17、18 瞬时断开,常闭触点 25、26 瞬时接通。

(2)断电延时继电器工作原理。如图 2-9 所示,当线圈 A1、A2 通电时,常开触点 17、18 瞬时接通,常闭触点 25、26 瞬时断开;线圈 A1、A2 断电时,常开触点 17、18 延时断开,常闭触点 25、26 延时接通。

## 四、行程开关和接近开关

行程开关和接近开关常用于与行程有关的顺序动作控制,通过接触式感应气缸活塞或活塞杆的位置产生转换动作的条件。

### 1. 行程开关

如图 2-10 所示为滚轮式行程开关结构。

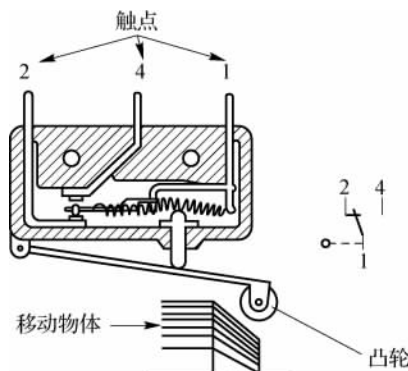


图 2-10 滚轮式行程开关结构

工作原理:移动物体将凸轮压下,触点 1、2 由接通变为断开,1、4 由断开变为接通。

行程开关由于使用寿命低和故障率高,不适于恶劣环境,因此许多场合越来越多地被接近开关或非接触式电子传感器所代替。

## 2. 接近开关

### 1) 干簧管式接近开关

干簧管式接近开关是一种结构简单、价格便宜的非接触式感应气缸活塞位置的开关。它可以直接以机械方式安装在气缸上,触点通过安装在活塞上的磁环产生的磁场进行吸合。人们也可以用电磁铁来控制接近开关。安装接近开关的气缸,活塞上装有磁铁,气缸缸筒的材料为铝合金。

工作原理:当气缸中的活塞运动到接近开关附近,活塞上的磁铁产生的磁场使接近开关簧片产生异性磁化,簧片吸合,电流导通,可输出控制信号。

干簧管式接近开关主要应用于工作环境污染严重,不能使用机械开关,安装开关的空间很小的场合,并且附近不能有其他磁场存在,否则会产生误动作。

### 2) 电感式接近开关

电感式接近开关与电容式接近开关和光电式接近开关一样,完全没有机械式触点和机械式操纵。电感式接近开关在接近金属时有所反应,特别是对铁磁性材料如铁、镍和钴。作为气缸开关它只能用于由非铁族金属(铝和铜)制成的气缸上,如图 2-11 所示。

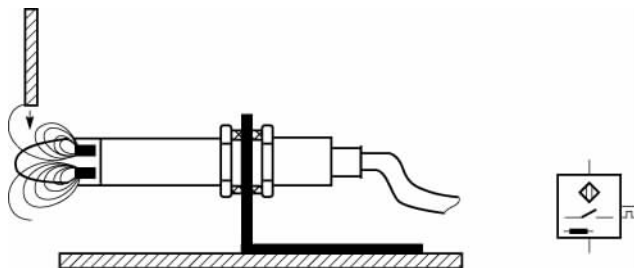


图 2-11 电感式接近开关

工作原理:电感式接近开关主要由一个振荡器、触发级和一个信号放大器组成。给电感式接近开关加上电压,这时处于静止状态的振荡器借助于振荡线圈产生一个高频电磁场,这时再将一块金属物体放入磁场,它就会对磁场产生一定影响;放入磁场的金属产生涡流,降低了振荡器能量;自由振荡的振幅减小,使得触发级动作,输出一个信号。电感式接近开关只能用来检测金属物体。

开关感应距离与材料和工件的形状有着密切的关系。大(最大不超过 150 mm)而平的铁磁性材料最好识别,对于非铁族金属来讲,感应距离大约减小一半。

电感式接近开关特点是动作迅速,对周围环境的影响不敏感,但对金属物体很敏感,必须保证它的有效作用距离滞后较大,与机械式开关相比价格相对较高。

### 3) 电容式接近开关

电容式接近开关与电感式接近开关按照相同的振荡电路原理进行工作,由电容器在一定的区域内辐射电场。当外来物体接近时,这一电场就会发生变化并由此改变了电容器的电容。电子装置处理这一变化并形成相应的输出信号,如图 2-12 所示。

从它的工作原理可以看出,电容式接近开关受周围环境的影响较大,如果其有效工作表面上有潮气的话,都有可能产生误动作。

电容式接近开关的优点是抗震动、冲击能力强,可检测所有金属材料,也可检测所有介电常数大于 1 的材料。例如,它除了对接近的金属有反应之外,还对油、油脂、水、玻璃、木材

和其他的绝缘材料或湿度有反应。

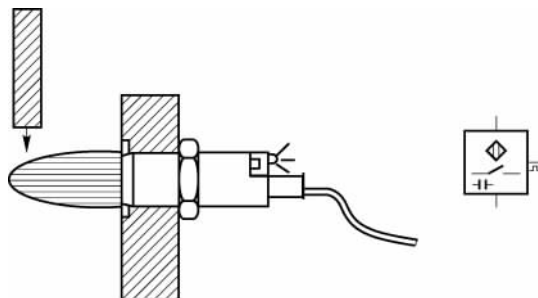


图 2-12 电容式接近开关

#### 4) 光电式接近开关

光电式接近开关是通过光栅来获取位置信息的。每一个光栅都是由发射器和接收器组成。可分为反射式光栅、脉冲式光电接近开关、对射式光栅和单向式光栅。

反射式光栅和脉冲式光电接近开关结构原理相似：在元件的内部带有发射器和接收器（绝大多数是发光二极管和光电三极管）。它们的不同在于，反射式光栅需要有一个精确调整的反光板，而脉冲式光电接近开关只需要工件的反射表面即可，如图 2-13 所示为反射式光栅接近开关。

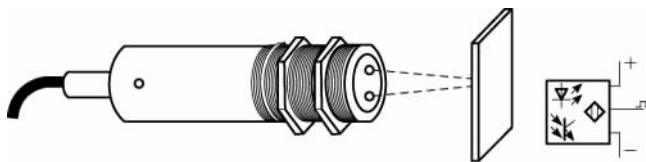


图 2-13 反射式光栅接近开关

(1) 反射式光栅、脉冲式光电接近开关工作原理。当没有物体时，发射器发出的光线被反光板反射，由于反射信号较弱，接收器没有产生输出信号；当一个物体出现在发射器和反光板之间时，发射器发出的光线被物体反射，由于物体距离反射式光栅传感器较近，其上的接收器接收到较强的反射信号，因此接收器有信号输出。

(2) 对射式光栅、单向式光栅接近开关工作原理。对射式光栅、单向式光栅的发射器和接收器是分开空间放置的两个独立元件，将两元件对立放置，被感应物体在两元件之间，当没有物体时，发射器发出的光线被接收器接收，产生输出信号；当一个物体出现在两元件之间，即被检测距离之内时，发射器发出的光线被阻隔，接收器没有信号输出。

作为发射器，光源绝大多数使用脉冲光、红外线、可见光、激光等。光栅的优点是具有相对比较的探测距离，灵敏度高和温度范围宽。

### 3. 接近开关接线图

电感式和电容式接近开关有 PNP 和 NPN 两种输出形式，如图 2-14 和图 2-15 所示。

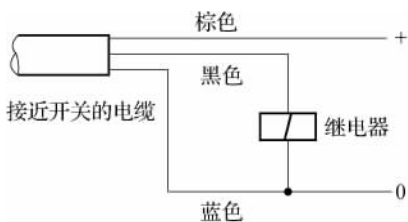


图 2-14 PNP 型接近开关接线图

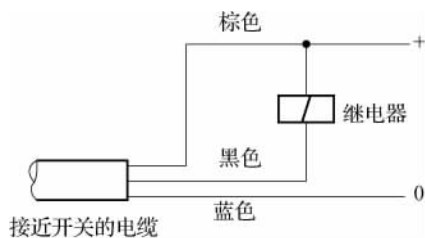


图 2-15 NPN 型接近开关接线图

## 五、电磁换向阀

电磁换向阀是指利用电信号作为驱动信号来改变流体流动方向的阀。按控制流体的不同,可将电磁换向阀分为两大类,即气动系统使用的电磁换向阀和液压系统使用的电磁换向阀。

电磁换向阀的电磁头工作是基于带电的线圈产生磁场的原理,如图 2-16 所示,该磁场会对在其中的铁心(衔铁)产生一个作用力,将衔铁吸引过来或推斥过去,从而完成推动阀芯运动的功效,即使换向阀换向。流过线圈的电流越大,电磁铁对衔铁的吸力就越强,电磁推动力就越大。

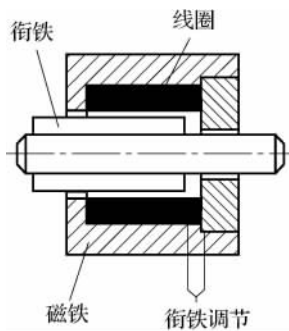


图 2-16 电磁换向阀电磁头工作原理

### 1. 直动式电磁换向阀

#### 1) 二位三通电磁换向阀(常断式)

如图 2-17 所示为直动式常断式二位三通电磁换向阀的结构示意图。

工作原理:当图 2-17(a)中电磁线圈 9 断电时,阀芯 7 在重力和弹簧力的作用下利用下端密封垫 5 将压力口 1 封闭,此时工作口 2 与排气口 3 相通。当电磁线圈 9 通电后,该阀处于换向位,线圈中流动的电流产生磁场,磁力克服弹簧力将阀芯 7 顶起。下端密封垫 5 抬起,压力口 1 与工作口 2 相通,上端密封垫 8 将排气口 3 封闭。图 2-17(b)为此元件的职能符号。

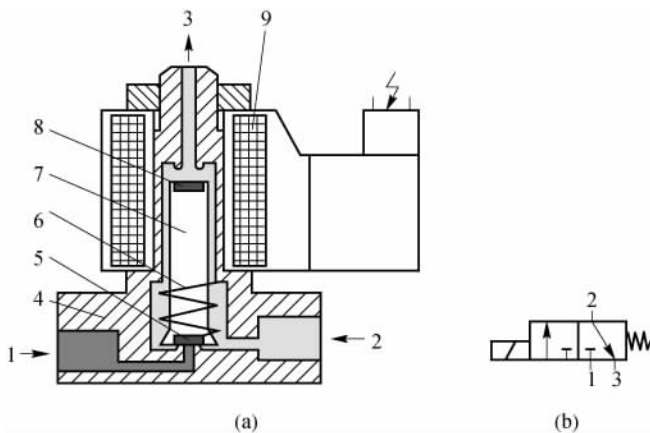


图 2-17 常断式二位三通电磁换向阀

1—压缩空气输入口(压力口); 2—压缩空气输出口(工作口); 3—排气口; 4—阀体; 5—下端密封垫;  
6—弹簧; 7—阀芯; 8—上端密封垫; 9—电磁线圈



## 2) 二位三通电磁换向阀(常通式)

如图 2-18 所示为常通式二位三通电磁换向阀,即当电磁线圈 10 不带电时压力口 1 和工作口 2 保持相通,电磁线圈 10 带电后,工作口 2 与排气口 3 相通。图 2-18(b)为此元件的职能符号。

手动应急螺钉作用:手动应急螺钉 8 装在阀体上,使其转动 180°时,其端部的特殊结构使阀芯 7 及下端密封垫 6 一起向上运动,关闭压力口 1。手动应急螺钉 8 旋转所产生的效果与电磁线圈 10 带电所产生的效果相同,所以在使用时应该注意在线圈不带电的状态下使用。

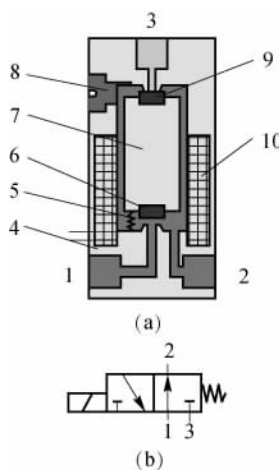


图 2-18 常通式二位三通电磁换向阀

1—压缩空气输入口(压力口); 2—压缩空气输出口(工作口); 3—排气口; 4—阀体; 5—弹簧;  
6—下端密封垫; 7—阀芯(衔铁); 8—手动应急螺钉; 9—上端密封垫; 10—电磁线圈

特点:直动式电磁阀适用于小通径阀,在使用直动式的电磁阀时要注意,在换向时,会出现瞬间 1、2、3 口相通,即出现泄漏,这是由其结构所决定的。

## 3) 二位四通、五通电磁换向阀

双作用气缸或气马达,有两个口需要控制,因此,需要用具有两个输出的阀,即二位四通或二位五通换向阀(如图 2-19 所示)进行控制。这两种电磁换向阀的相同点,都是用电磁力做驱动力,具有两个换向位置,它们的不同点就是四通阀比五通阀阀体上少了一个排气口,此部分在模块一中的四通、五通阀的区别中已论述,在这里不再赘述。

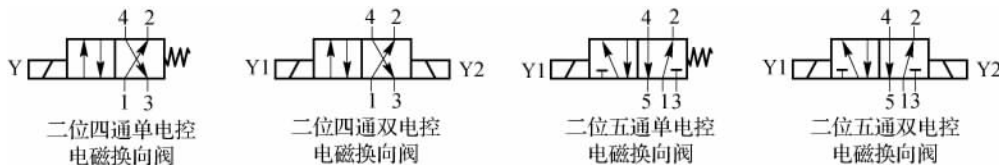


图 2-19 二位四通、五通电磁换向阀

## 2. 先导式电磁换向阀

先导式电磁换向阀采用的是电磁力驱动先导阀动作,打开气路,利用气体的压力驱动主阀换向。其优点是利用相对小的电磁力就可以操纵大通径的阀,由此可以减小发热并降低整个设备的电功率。

### 1) 二位三通先导式单电控电磁换向阀

如图 2-20(a)所示,左点画线框为先导式电磁阀,简称先导阀,右点画线框为单气控二位

三通换向阀,简称滑阀,组合在一起构成了二位三通先导式电磁换向阀。

工作原理:当电磁线圈通电时,线圈周围就建立起一个电磁场,磁力克服弹簧力将衔铁6吸动左移。先导阀打开,导通气路,利用气体作用在滑阀左端的驱动力推动滑阀向右移动,换向到工作位置,此时压力口1与工作口2相通,排气口3截止。

当电磁线圈断电时,磁场消失,衔铁在弹簧力的作用下右移,阀口关闭,滑阀左腔压缩空气通过先导阀排气口4排出,滑阀阀芯在弹簧力的作用下返回到初始位置,此时压力口1封闭,工作口2与排气口3相通。此元件的职能符号见图2-20(b)。

特点:这种阀的优点是可以使用较低的电压或电流驱动较大通径的换向阀,节省能源;为了保持在工作位置上,需要加一个持续的控制电压。所以人们称其为“单稳态阀”或“自动复位阀”。

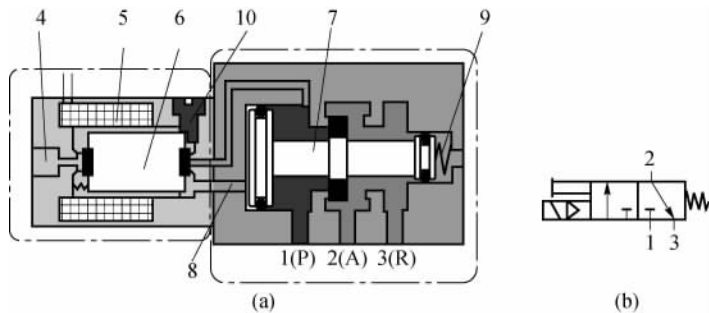


图 2-20 二位三通先导式电磁换向阀

1(P)—压力口; 2(A)—工作口; 3(R)—排气口; 4—先导阀排气口; 5—线圈;  
6—衔铁; 7—滑阀; 8—滑阀左控制腔; 9—弹簧; 10—手动应急装置

## 2) 二位四通先导式单电控电磁换向阀

如图2-21所示,上部为先导式电磁阀,简称先导阀,下部为单气控二位四通换向阀,简称主阀,组合在一起构成了先导式二位四通电磁换向阀。

如图2-21(a)所示,当电磁线圈不带电时,先导阀关闭,主阀芯上端与先导阀排气口相通,阀芯在弹簧作用下,处于阀体上端,此时压力口P与工作口B相通,工作口A与排气口R相通。

如图2-21(b)所示,当电磁线圈通电后,先导阀打开,主阀芯在压缩空气产生的力作用下向下运动,压缩弹簧,这时压力口P与工作口A相通,工作口B与排气口R相通。此元件的职能符号如图2-21(c)所示。

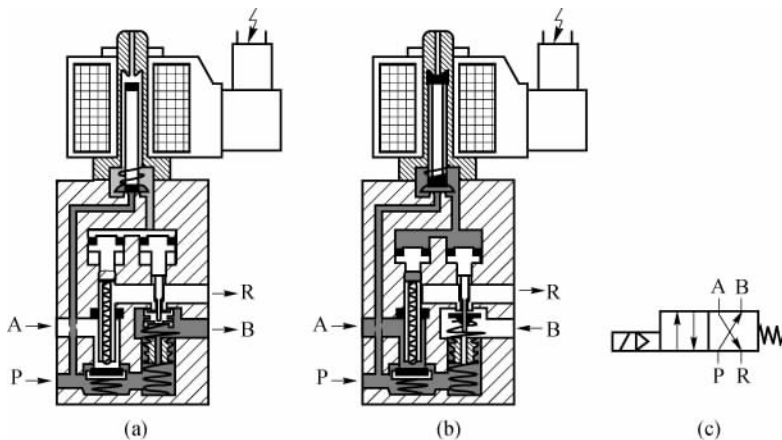


图 2-21 二位四通先导式单电控电磁换向阀

### 3) 二位五通先导式单电控电磁换向阀

如图 2-22 所示,二位五通先导式单电控电磁换向阀由先导电磁阀和单气控二位五通换向阀(主阀)组成,当电磁线圈不带电时,先导阀关闭,主阀芯左控制端与先导阀排气口相通,主阀芯在弹簧力作用下,处于阀体左端,此时压力口 1(P)与工作口 2(B)相通,工作口 4(A)与排气口 5(R)相通,排气口 3(S)截止。

当电磁线圈通电后,电磁力推动先导阀芯上移,先导阀打开,先导阀排气口关闭,从压力口 1(P)进入的压缩空气进入主阀芯左控制端,主阀芯在压缩空气的作用下,向右运动,压缩弹簧,这时压力口 1(P)与工作口 4(A)相通,工作口 2(B)与排气口 3(S)相通。当断电或按动急停按钮时,阀芯通过弹簧力返回到初始位置。此元件职能符号如图 2-22(b)所示。

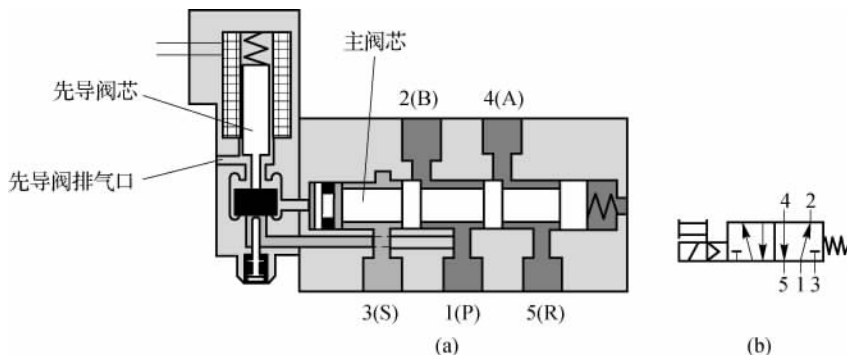


图 2-22 二位五通先导式单电控电磁换向阀

### 4) 二位五通先导式双电控电磁换向阀

如图 2-23 所示为二位五通先导式双电控电磁换向阀,职能符号如图 2-23(b)所示。当右端电磁线圈通电时,右端的先导阀打开,使压缩空气作用在阀芯右侧的控制端上,阀芯向左移动并保持在该位置上,接口 1 和 2 接通,4 口和 5 口相通,即使控制电压被断掉的话,阀芯也不会移动;当左端线圈通电时,左端的先导阀打开,使压缩空气作用在阀芯左侧的控制端上,阀被重新复位到右端,接口 1 和 4 接通,2 口和 3 口相通,即使断电阀芯保持静止不动。

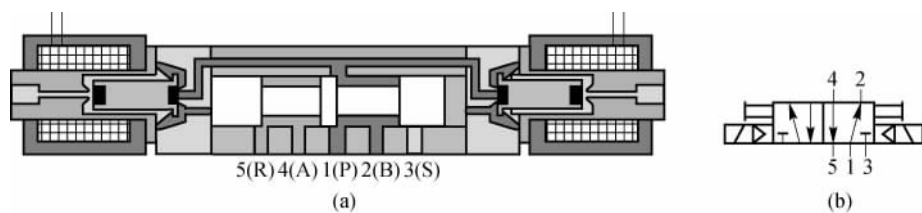


图 2-23 二位五通先导式双电控电磁换向阀

控制功率低是此类先导式双电控阀的优点,即使在断电的情况下,阀芯也会保持在最后一次被操纵的位置上,脉冲的最短持续时间应该为 30 ms。

图 2-24 为二位四通、二位五通先导式电磁换向阀职能符号。



图 2-24 二位四通、二位五通先导式电磁换向阀职能符号

### 5) 三位五通先导式电磁换向阀

如图 2-25 所示,三位五通先导式双电控电磁换向阀具有三个换向位置。为了确保在电磁线圈不带电时阀芯处于中间位置,阀芯的两端需安装对中弹簧。如果电磁线圈 14 带电,主阀芯右移,1 口与 4 口接通,2 口与 3 口接通,如果电磁线圈 12 带电,主阀芯左移,1 口与 2 口接通,4 口与 5 口接通。

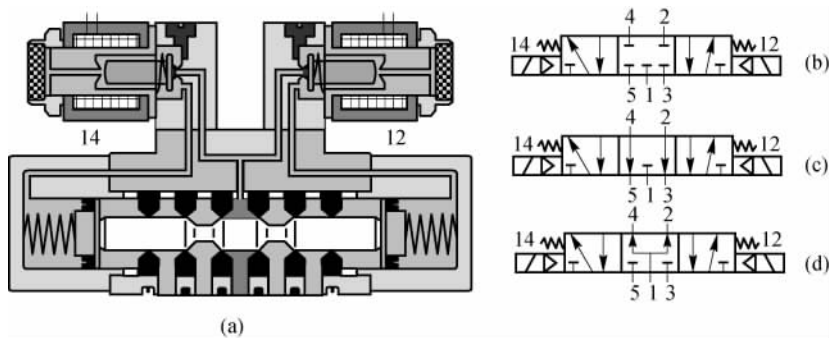


图 2-25 三位五通先导式双电控电磁换向阀

此外,这类阀还有 3 种变形结构。主要区别在于中位机能。

中位带截止机能的换向阀称为中间封闭式,即中位为 O 型,在中位时 1、2、3、4、5 口互不相通,见图 2-25(b)。

中位带泄压机能的阀称为中间泄压式,即两个输出口 2、4 与排气口 3、5 相通,见图 2-25(c)。

中位带给压机能的阀称为中间加压式,即两个输出口 2、4 都与进气口 1 相通,可实现气缸的差动运动,见图 2-25(d)。

### 6) 三位四通先导式电磁换向阀

如图 2-26 所示为具有三种中位机能的三位四通先导式电磁换向阀的职能符号。工作原理与三位五通换向阀相同。



图 2-26 三位四通先导式电磁换向阀

## 任务实践

### 完成理论任务

结合知识认知内容,浸漆装置的电气气动系统图所涉及的气动、电气元件,电气气动系统说明如图 2-27 所示。

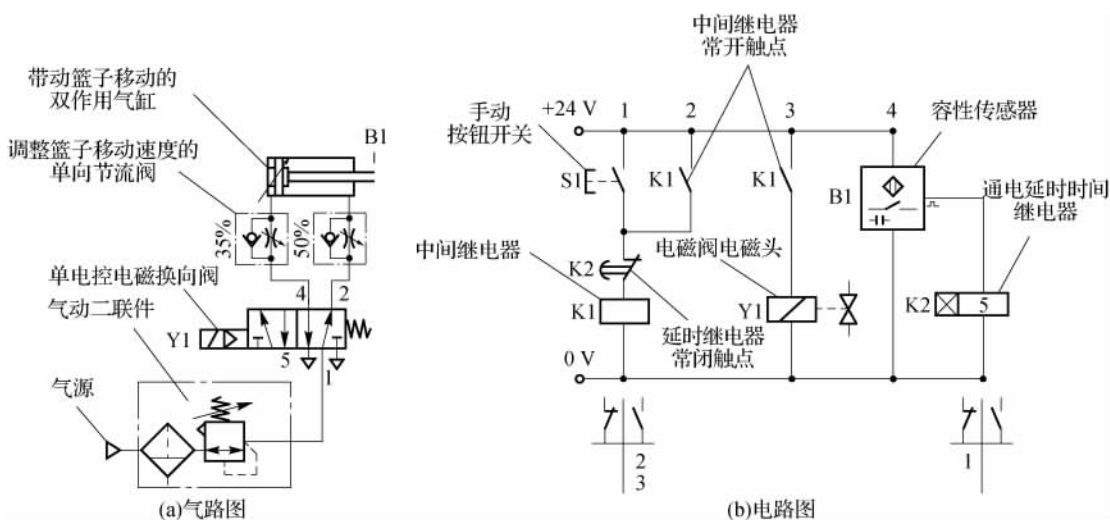


图 2-27 浸漆装置电气气动系统图说明

## 完成实训任务

### 1. 实训步骤





- (1) 将实验元件安装在实验台上。
- (2) 参考图 2-27(a) 气路图用气管将元件连接可靠。
- (3) 参考图 2-27(b) 电路图用红、蓝导线将线路连接好。
- (4) 在不带电的前提下利用万用表检测电路连接是否有短路的情况出现。
- (5) 在带电的状况下按照传感器调整方法调整传感器位置。
- (6) 启动手动按钮开关, 观察系统运行并进行调整。
- (7) 总结实验过程, 完成实验报告。

### 2. 实训前准备

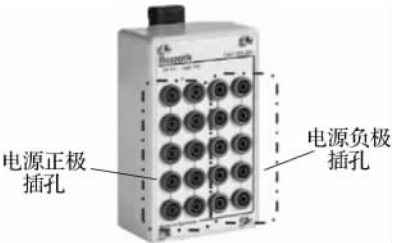

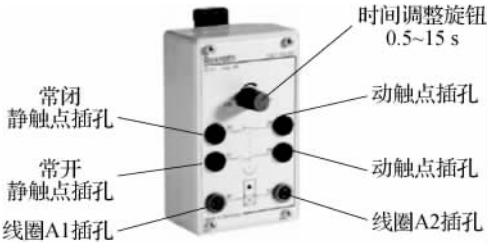
所需主要元器件(以 BOSCH REXROTH 公司生产的气动元件为例)

			
24 V 电源接线端子	中间继电器	通电延时时间继电器	传感器

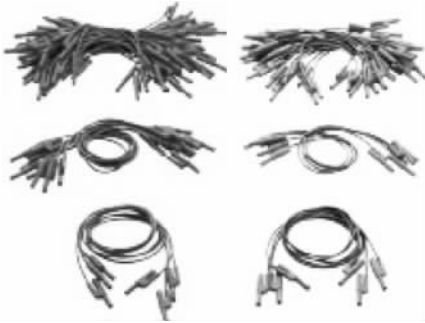
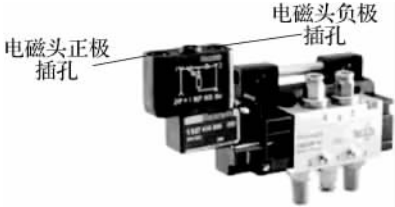
所需主要元器件(以 BOSCH REXROTH 公司生产的气动元件为例)

			
双作用气缸	单电控换向阀	单向节流阀	气动二联件

### 3. 主要元件安装与调整方法介绍

部分实验元件	安装与调整方法
	<p>红色的插孔用红色导线与 24 V 电源正极插孔相连； 蓝色的插孔用蓝色导线与 24 V 电源负极插孔相连</p>
	<p>以电路图中继电器 K1 为例 首先找到继电器线圈 A1、A2 插孔,用蓝色导线一端与 A2 插孔连接,导线的另一端与电源负极插孔连接； 取第二根红色导线一端与 A1 插孔连接,另一端与时间继电器 K2 常闭动触点插孔连接； 取第三根红色导线一端与时间继电器 K2 的常闭静触点插孔连接,另一端与 24 V 电源正极插孔连接； 取第四根导线,一端与 24 V 电源正极插孔连接,另一端与电磁阀电磁头线圈的正极插孔连接； 取蓝色导线一根,一端与电源负极插孔连接,另一端与电磁阀电磁头线圈的负极插孔连接</p>
	<p>首先找到通电延时继电器线圈 A1、A2 插孔,用蓝色导线一端与 A2 插孔连接,导线的另一端与电源负极插孔连接； 取第一根红色导线,一端与 A1 插孔连接,另一端与传感器 B1 的输出端插孔连接； 取第二根红色导线,一端与 24 V 电源正极插孔连接,另一端与传感器 B1 正极插孔连接； 取第二根蓝色导线,一端与传感器 B1 负极插孔连接,另一端与电源负极插孔连接</p>

续表

部分实验元件	安装与调整方法
	<p>红色导线用于连接高电位； 蓝色导线用于连接低电位</p>
	<p>用蓝色导线一端与电源接线端子的负极端子孔连接，另一端与电磁头上的负极插孔连接； 取一根红色导线，一端与继电器 K1 常开触点组中的动触点连接，另一端与电磁头上的正极插孔连接； 用气管将换向阀与气源、单向节流阀连接好，详见模块一相关练习中的连接方法</p>
<p>其他元件</p>	<p>其他气动元件连接要点与模块一相应内容一致，在此不赘述</p>

#### 4. 实训报告

实训报告格式见附录 3。

### 评价与考核

课程名称	液压与气动技术	授课地点		授课教师	
模块二学习单元一	元件介绍	课程性质	理实一体课程	综合评分	

理论任务完成情况评分(24分)

序号	知识考核点	教师评价	配 分	得 分
1	气路图		9	
2	电路图		15	

实训任务完成情况评分(76分)

项 目	内 容	评分标准	配 分	得 分
实训准备	元器件选择正确	正确选择元器件 1~9 分	14	
	系统布局合理	合理布局系统 1~5 分		
安 装	元器件连接正确	每项 5 分	20	
	接头连接可靠			
	传感器安装			
	节流阀安装			
启动调整	气缸活塞运动速度调整	每项 8 分	32	
	启动手动开关后气缸伸出			
	松开启动开关后气缸伸出			
	气缸延时 5 s 返回			
安全实训考核	安全操作	不符合安全操作规定,酌情扣 1~5 分	5	
	实训后现场整理	不符合要求,酌情扣 1~5 分	5	

**检测练习**

**练习 1** 试设计时间控制照明电路,启动不定位开关 S,灯亮,2 h 后,灯自动熄灭。

**练习 2** 试写出图 2-28 电气气动系统图中所使用的气动、电气元件。

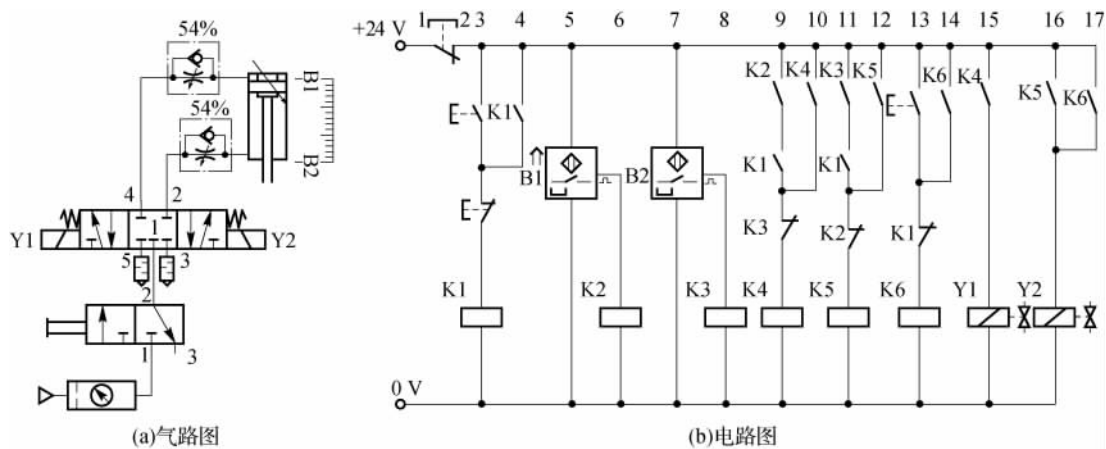


图 2-28 电气气动系统图



## 学习单元二 单缸电气气动控制回路设计与装调

### 工作任务

#### 任务介绍

如图 2-29 所示钢板压弯机,工件可通过驱动装置实现自动上料,要求压弯机的压头由气缸控制并具有如下功能:点动一个手动按钮开关后,大直径气缸的活塞杆尽可能快地伸出到前终端位置,并借助压头的冲击力将钢板冲裁成形,通过按动第二个手动按钮开关,使活塞杆返回,且返回速度应该能够无级调节。试设计钢板压弯机的电气气动控制系统图,并在实验台上完成钢板压弯机的电气气动控制系统安装与调试,填写实验报告。

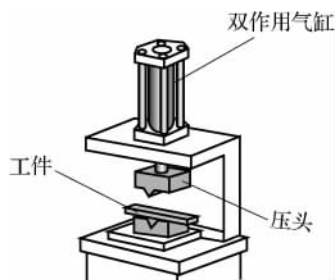


图 2-29 钢板压弯机

#### 任务分析

要想完成此任务,需要认识和掌握既能控制气缸运动,又能熟悉电气控制信号的电气转换元件——电磁换向阀,掌握各种典型逻辑功能的控制电路,因此本单元对这些知识进行学习和认识。

#### 学习目标

##### 知识目标

- (1)掌握执行元件与电磁换向阀的类型匹配;
- (2)掌握用电磁换向阀控制的典型电气气动回路。

##### 能力目标

- (1)掌握电磁换向阀的安装;
- (2)掌握典型电气气动控制系统的安装与调整。

### 知识认知

#### 一、执行元件与电磁换向阀的类型匹配

执行元件包括气缸、摆动气缸和气马达三类。气缸又包括单作用气缸和双作用气缸两大类,气马达分单向旋转和双向旋转两种,而摆动气缸则既能正转又能反转,吸盘可实现吸料或放料。因此,按照执行元件需要多少气口可将其划分为需要一个气口和需要两个气口的两种类型。需要一个气口的,用具有一个输出口的阀进行控制,需要两个气口的,用具有

两个输出口的阀进行控制,因此执行元件与电磁换向阀的匹配形式见表 2-1。

表 2-1 执行元件与电磁换向阀的匹配表

执行元件类型	所匹配的换向阀	阀输出口数量	备注
单作用气缸	二位三通双电控电磁换向阀 二位三通单电控电磁换向阀	一个输出口	换向阀的输出口接执行元件的进气口
单向旋转气马达			
吸盘			
双作用气缸	二位四通双电控电磁换向阀 二位四通单电控电磁换向阀 二位五通双电控电磁换向阀 二位五通单电控电磁换向阀	两个输出口	换向阀的输出口分别连接执行元件的两个进气口
双向旋转气马达			
摆动气缸			

## 二、典型电气气动回路

### 1. 单往复运动电气气动回路

如图 2-30 所示为单往复运动电气气动回路。启动 SB,电磁阀 Y1 电磁线圈带电,二位五通电磁阀换向,压缩空气从换向阀输出口 4 输出压缩空气,进入气缸无杆腔,双作用气缸活塞杆伸出,到达前终端,传感器 B1 感应,输出信号使继电器线圈 K1 得电,继电器 K1 所对应的开触点闭合,电磁阀 Y2 电磁线圈带电,二位五通电磁阀复位,压缩空气从换向阀输出口 2 输出压缩空气,进入气缸有杆腔,双作用气缸活塞杆缩回,气缸完成单往复运动。

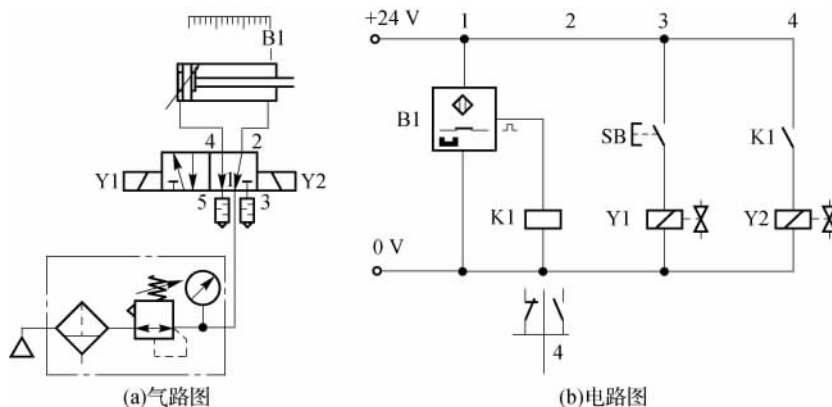


图 2-30 单往复运动电气气动回路

### 2. 连续循环运动的电气气动回路

如图 2-31 所示为连续循环运动的电气气动回路。启动 SB 定位开关,电磁阀 Y1 电磁线圈带电,二位五通电磁阀换向,压缩空气从换向阀输出口 4 输出压缩空气,进入气缸无杆腔,双作用气缸活塞杆伸出,到达前终端,传感器 B2 感应,输出信号使继电器线圈 K2 得电,继电器 K2 所对应的开触点闭合,电磁阀 Y2 电磁线圈带电,二位五通电磁阀复位,压缩空气从

换向阀输出口 2 输出压缩空气,进入气缸有杆腔,双作用气缸活塞杆缩回,到达后终端,传感器 B1 感应,输出信号使继电器线圈 K1 再次带电,继电器 K1 所对应的开触点闭合,电磁阀 Y1 电磁线圈再次带电,气缸活塞杆继续伸出,完成连续往复运动。

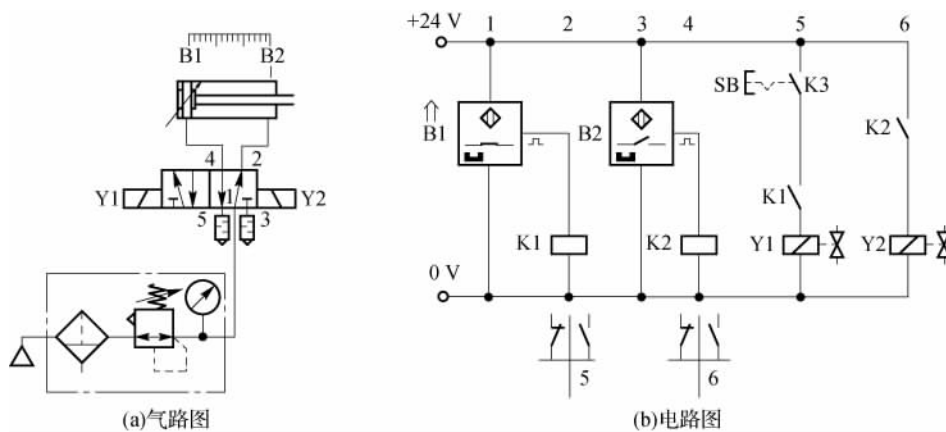


图 2-31 连续循环运动电气气动回路

### 3. 具有自锁功能电气气动回路

如图 2-32 所示为具有自锁功能的连续循环运动电气气动回路。与上一个回路不同的是,启动按钮 SB 点动开关后,K3 继电器线圈得电,所对应的常开触点 K3 闭合,即使点动按钮 SB 已经松开,继电器线圈也会一直保持带电,启动信号被保持。因此,第 7 条线路上的 K3 触点一直保持闭合,等于此处安装了一个定位开关 SB,与图 2-31 运动一样,因此可实现连续往复运动。启动 ST,K3 线圈断电,被保持的启动信号消失,回到后终端的气缸活塞杆不会再伸出,运动结束。

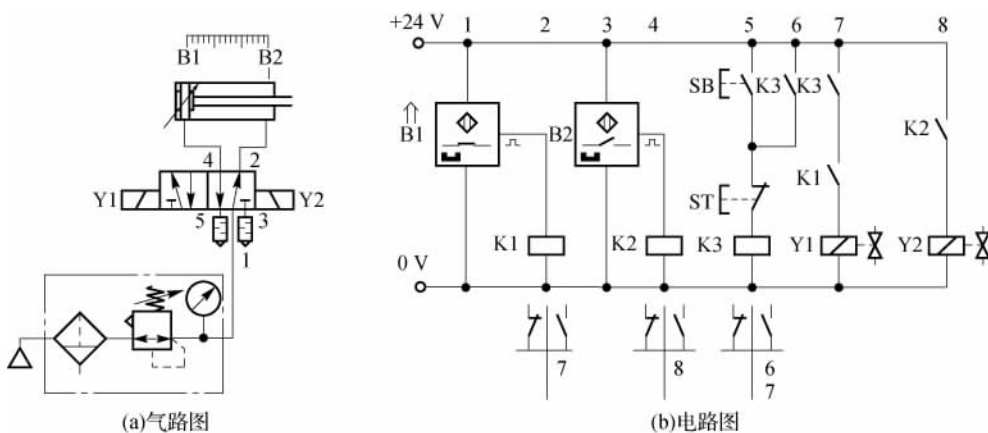


图 2-32 具有自锁功能的连续循环运动电气气动回路

## 任务实践

## 完成理论任务

钢板压弯机的工作过程:当自动上料装置上好料后,点动一个手动按钮 S1,大通径双作用气缸的活塞杆尽可能快地伸出到前终端位置,并借助压头将钢板冲裁成形,通过按动手动按钮 S2 使活塞杆返回,且返回速度应该能够无级调节。由于冲压钢板需要一定的冲击力,因此气缸下行的输出力要大、速度要快,应采用双作用气缸,并在下行排气的过程中,借助快速排气阀加快气缸下行的速度。控制气缸的主阀选择双电控二位五通电磁换向阀,这样可以在点动信号 S1 发出后,作用在主阀的一个控制端,即使点动信号 S1 消失,主阀仍然保持换向位置,直到下一个点动信号 S2 作用在主阀的另一个控制端,主阀复位,完成压弯。图 2-33 为钢板压弯机的电气气动系统图。

钢板压弯机的动作过程:点动 S1 按钮,气缸伸出到达前终端,冲裁钢板后,点动 S2 按钮,气缸返回。

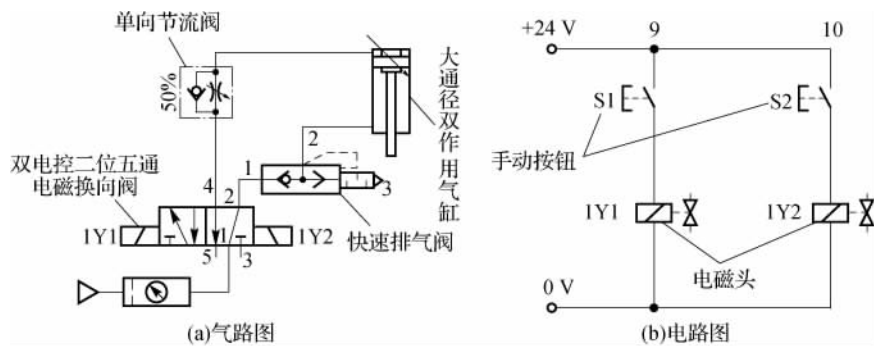


图 2-33 钢板压弯机的电气气动系统图





## 完成实训任务

## 1. 实训步骤

- (1) 将实验元件安装在实验台上。
- (2) 参考图 2-33(a)气路图用气管将元件连接可靠。
- (3) 参考图 2-33(b)电路图用红、蓝导线将线路连接好。
- (4) 在不带电的前提下利用万用表检测电路连接是否有短路的情况出现。
- (5) 启动手动按钮,观察系统运行并进行调整。
- (6) 总结实验过程,完成实验报告。

## 2. 实训前准备

所需主要元器件(以 BOSCH REXROTH 公司生产的气动元件为例)

			
24 V 电源接线端子	按钮开关	双电控二位五通电磁换向阀	双作用气缸

## 3. 主要元件安装与调整方法介绍

部分实验元件	安装与调整方法
	<p>取一根红色导线,一端与电源接线端子正极插孔连接,另一端与按钮开关 S1 中常开触点组的静触点插孔连接;</p> <p>取一根红色导线,一端与按钮开关 S1 中常开触点组的动触点插孔连接,另一端与电磁头 1Y1 正极插孔连接;</p> <p>取一根蓝色导线一端与电磁头 1Y1 负极插孔连接,另一端与 24 V 电源负极插孔连接;</p> <p>取一根红色导线,一端与电源接线端子正极插孔连接,另一端与按钮开关 S2 中常开触点组的静触点插孔连接;</p> <p>取一根红色导线,一端与按钮开关 S2 中常开触点组的动触点插孔连接,另一端与电磁头 1Y2 正极插孔连接;</p> <p>取一根蓝色导线一端与电磁头 1Y2 负极插孔连接,另一端与 24 V 电源负极插孔连接</p>
	<p>红颜色的插孔用红色导线与 24 V 电源正极插孔相连;</p> <p>蓝颜色的插孔用蓝色导线与 24 V 电源负极插孔相连</p>
其他元件	其他气动元件连接要点与模块一相应内容一致,不在此赘述

#### 4. 实训报告

实训报告格式见附录 3。

### 评价与考核

课程名称	液压与气动技术	授课地点		授课教师	
模块二学习单元二	单缸电气气动控制回路设计与装调	课程性质	理实一体课程	综合评分	

#### 理论任务完成情况评分(45分)

序号	知识考核点	教师评价	配 分	得 分
1	气路图		20	
2	电路图		25	

#### 实训任务完成情况评分(55分)

项 目	内 容	评分标准	配 分	得 分
实训准备	元器件选择正确合理	正确选择元器件 1~6 分	9	
	系统布局合理	合理布局系统 1~3 分		
安 装	元器件连接正确	每项 5 分	15	
	接头连接可靠			
	单向节流阀安装			
启动调整	气缸活塞杆返回速度调整	每项 7 分	21	
	启动按钮 S1 气缸伸出			
	启动按钮 S2 气缸返回			
安全实训考核	安全操作	不符合安全操作规定,酌情扣 1~5 分	5	
	实训后现场整理	不符合要求,酌情扣 1~5 分	5	

### 检测练习

**练习 1** 用销钉装配机(如图 2-34 所示)将一个销钉压入到矩形铝块的孔中,首先用手将销钉和铝块插好,然后,通过按动一个手动按钮(该按钮被安装在距压入装置较远的地方)使得一个大直径短行程双作用气缸的活塞杆快速伸出,并将销钉压入到工件中,松手后气缸返回,试设计此系统的电气气动回路图。

**练习 2** 用沙发寿命测试机(如图 2-35 所示)对成品沙发进行使用寿命测试,如果启动点动按钮后,沙发测试气缸做连续往复运动,且往返速度均可调,启动停止按钮,沙发测试气缸停止在初始位置,试设计此系统的电气气动回路图。

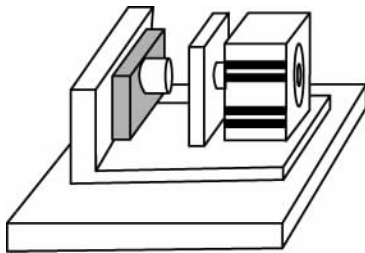


图 2-34 销钉装配机

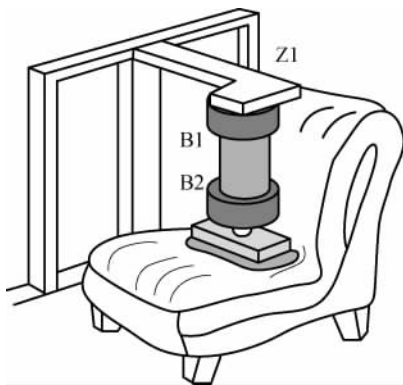


图 2-35 沙发寿命测试机

## 学习单元三 双缸电气气动控制回路设计与装调

### 工作任务

#### 任务介绍

带自动续料装置的冲床如图 2-36 所示。有两个双作用气缸 1.0、2.0,分别为推料气缸和冲压气缸,要求推料气缸 1.0 伸出到位后,冲压气缸 2.0 伸出,冲压后气缸 2.0 返回,冲压气缸返回到位后,推料气缸 1.0 返回。要求推料要稳并且在推料气缸 1.0 接近夹紧状态时缓慢运行,冲压气缸 2.0 返回的速度要可调节。试设计带自动续料装置冲床的电气气动回路图,并在实验台上完成带自动续料装置冲床的电气气动控制系统安装与调试,填写实验报告。

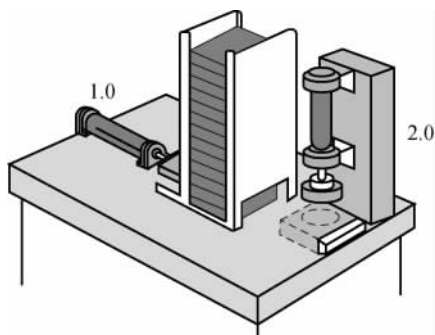


图 2-36 带自动续料装置的冲床

#### 任务分析

要想完成此任务,首先要了解单缸系统和双缸系统设计的相同点和不同点以及如何解

决存在的信号干扰问题,因此本单元对这些知识进行学习和认识。

## 学习目标

### 知识目标

- (1)认识双缸控制系统与单缸控制系统的相同点和不同点;
- (2)掌握不存在障碍信号的双缸回路的设计方法;
- (3)掌握存在障碍信号的回路消除障碍信号的方法。

### 能力目标

- (1)能进行不带障碍信号的双缸回路的设计;
- (2)能进行带障碍信号的双缸回路的设计;
- (3)能进行双缸回路的安装与调整。

## 知识认知

### 一、双缸控制系统与单缸控制系统比较

双缸与单缸的控制回路在设计时既存在相同点,也存在不同点。

相同点:系统中都包含执行元件,每个执行元件都需要配置相应的换向阀。

不同点:由于双缸系统中包含两个执行元件,执行元件的运动会出现先后顺序;控制执行元件运动的控制信号有可能出现信号干扰,即出现障碍信号,需借助已掌握的知识消除障碍信号,所以双缸控制回路更复杂。

### 二、不存在障碍信号的双缸回路设计

例如,双缸控制系统,两个双作用气缸分别为 1.0 和 2.0,它们的运动顺序为 1.0 伸出到前终端,2.0 伸出到前终端之后,1.0 返回到后终端,2.0 才能返回到后终端。

(1)有两个双作用气缸,需分别用两个二位五通双电控电磁换向阀控制,可按照单缸控制系统的设计方法,将每一个控制阀与它所控制的气缸连接好,如图 2-37 所示。

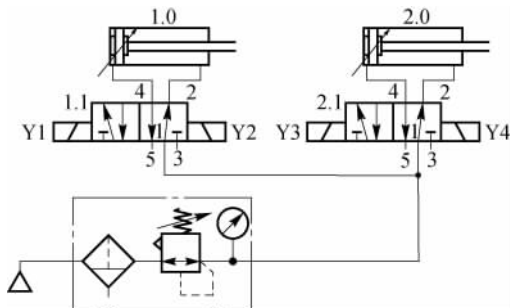


图 2-37 不带障碍信号的双缸控制回路设计步骤图



(2)根据两个气缸的运动顺序,在气缸运动到终点需要发出讯息的位置安装一个传感器,并利用此传感器发出的信号作为控制下一级动作的控制信号,如图 2-38(a)所示气路图。将传感器 2.3 和 2.2 分别安装在气缸 1.0 的后终端和前终端,将传感器 1.3 安装在气缸 2.0 的前终端。

(3)从启动按钮处开始识图,判断是否在同一个换向阀的两个控制口上同时被施加了控制信号,如果没有,则此回路不存在障碍信号,将相应的电路图完成,如图 2-38(b)所示电路图。如果存在同一个换向阀上两个控制口同时被施加了控制信号,则此回路存在障碍信号,必须利用相应方法将障碍信号消除,对控制回路做相应的修改。

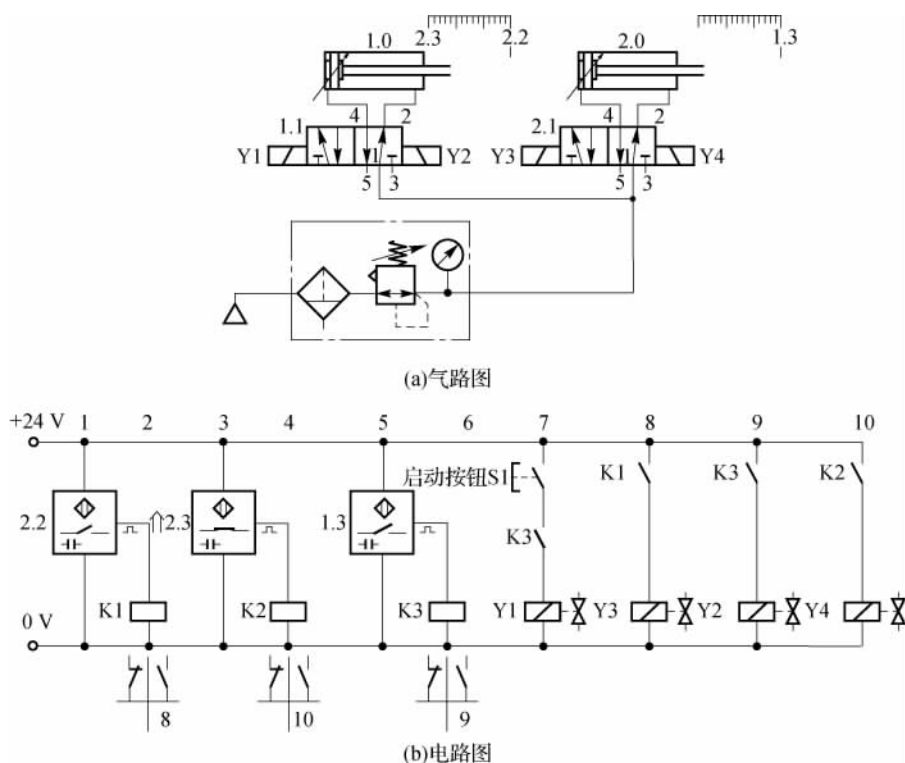


图 2-38 不带障碍信号的双缸控制回路

### 三、消除障碍信号的方法

如果将上例中两个气缸的运动顺序更改为 1.0 气缸伸出到前终端,2.0 气缸伸出到前终端后,2.0 气缸才能返回到后终端,1.0 气缸再返回到后终端。气动回路设计步骤由图 2-39(a)到图 2-39(b)。

从图 2-39 中不难发现如果传感器 2.2 发出的信号,控制阀 2.1 换向,则 2.0 气缸运动到终端,传感器 2.3 发出的控制信号,即使施加在阀 2.1 上也无法使阀 2.1 复位,因为,此时 2.2 的控制信号仍然对阀 2.1 的换向起作用。此时 2.2 就称为障碍信号。消除障碍信号的方法有多种,本书仅介绍利用中间继电器消除障碍信号的方法。

如图 2-40 所示,图中存在两个障碍信号 1.3 和 2.2,利用继电器 K4 的转换触点来消除这两个障碍信号。按动启动信号,继电器 K4 线圈带电,线路 8 的 K4 触点闭合,线路 11 的

K4 转换触点闭合,启动信号自锁,同时, Y1 电磁线圈得电,气缸 1.0 活塞杆伸出,到达传感器 2.2 处,传感器感应信号使继电器 K1 线圈得电,线路 12 的 K1 触点闭合, Y3 电磁线圈得电,气缸 2.0 活塞杆伸出,到达传感器 2.3 处,传感器感应信号使继电器 K2 线圈得电,线路 7 的 K2 常闭触点断开,继电器 K4 线圈失电,启动信号自锁断开,线路 10 的 K4 触点闭合, Y4 电磁线圈得电,气缸 2.0 活塞杆缩回,到达传感器 1.3 处,传感器感应信号使继电器 K3 线圈得电,线路 10 的 K3 触点闭合, Y2 电磁线圈得电,气缸 1.0 活塞杆缩回。运动结束。

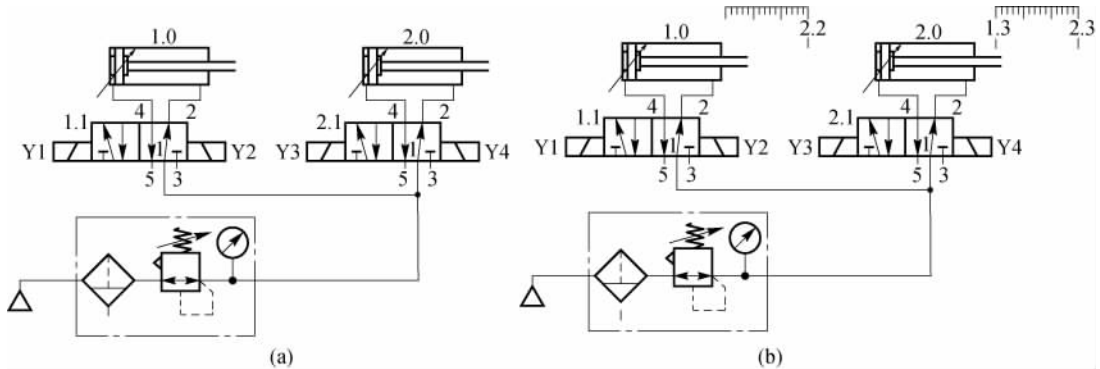


图 2-39 带障碍信号的双缸控制回路设计步骤图

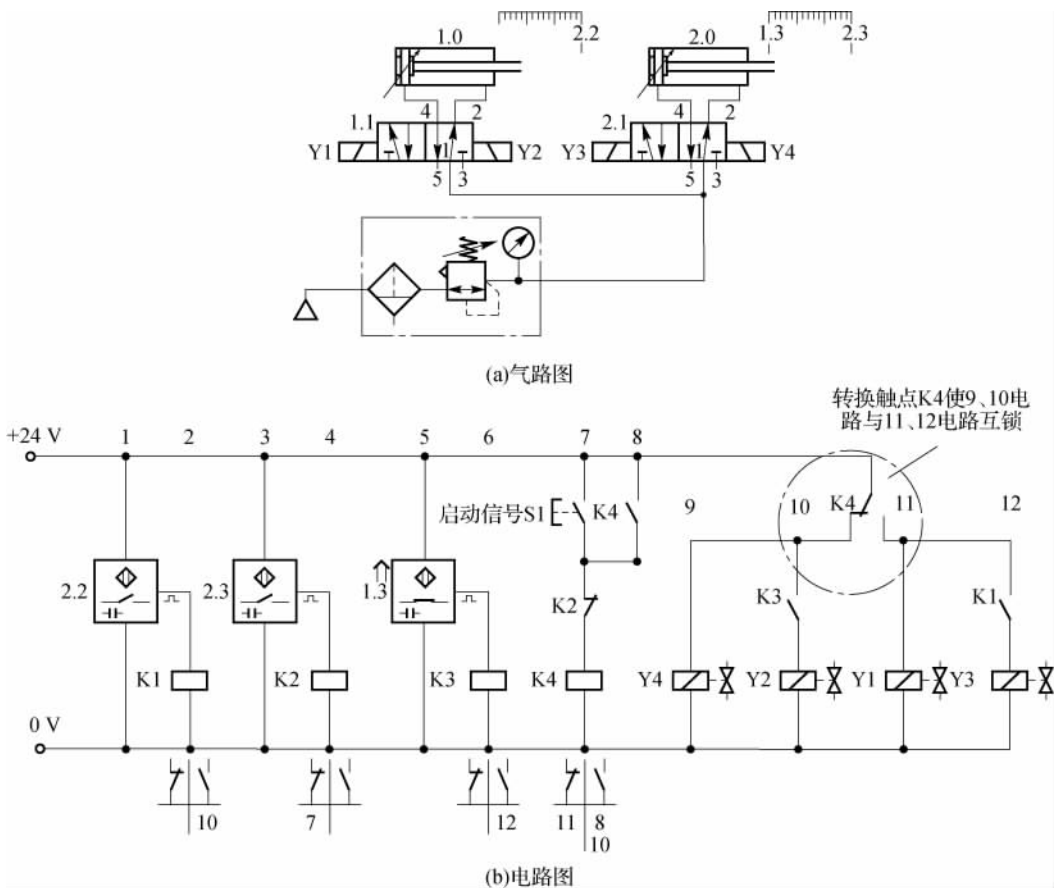


图 2-40 带障碍信号的双缸控制回路

## 任务实践

### 完成理论任务

#### 1. 两个气缸的运动顺序

根据工作任务要求,两个气缸运动顺序为 1.0 伸出到位—2.0 伸出到位—2.0 返回到  
位—1.0 H。

#### 2. 系统设计分析

此系统的运动顺序属典型的带障碍信号双缸系统,与消除障碍信号的方法中例子相近。所不同,推料气缸 1.0 要具有接近夹紧状态时缓慢运行的特点,冲压气缸在返回时要能进行速度调节。因此,1.0 气缸选择缓冲的气缸;通过单向节流阀对 2.0 气缸进行速度控制。

#### 3. 电气气动回路图解读

根据系统设计分析,此系统气路图如图 2-41 所示,与 2-40(a)略有区别,气缸 2.0 通过调节单向节流阀来控制冲压气缸返回的速度。电路图与图 2-40(b)一样,这里不再赘述。

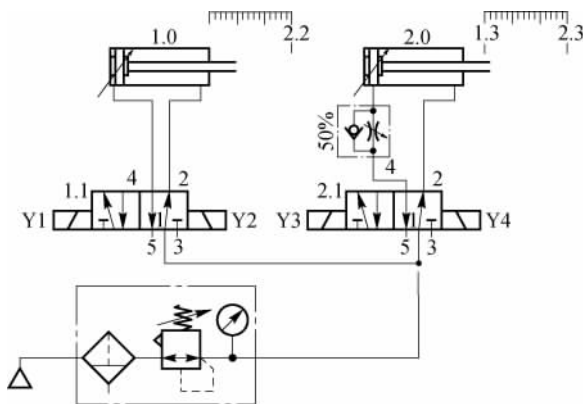


图 2-41 带自动续料装置冲床的控制系统气动回路图

### 完成实训任务

#### 1. 实训步骤

- (1) 将实验元件安装在实验台上。
- (2) 参考图 2-41 气路图用气管将元件连接可靠。
- (3) 参考图 2-40(b) 电路图用红、蓝导线将线路连接好。
- (4) 在不带电的前提下利用万用表欧姆挡检测电路连接是否有短路的情况出现。
- (5) 启动控制信号,观察系统运行并进行调整。
- (6) 总结实验过程,完成实验报告。

## 2. 实训前准备

所需主要元器件(以 BOSCH REXROTH 公司生产的气动元件为例)

			
24 V 电源接线端子	按钮开关	中间继电器	传感器
			
单向节流阀	带缓冲双作用气缸	双电控电磁换向阀	导线

## 3. 主要元件安装与调整方法介绍

部分实验元件	安装与调整方法
 <p>电源正极插孔</p> <p>电源负极插孔</p>	<p>红颜色的插孔用红色导线与 24 V 电源正极插孔相连； 蓝颜色的插孔用蓝色导线与 24 V 电源负极插孔相连</p>
 <p>定位按钮S1</p> <p>点动按钮S2</p> <p>点动按钮S3</p>	<p>取一根红色导线，一端与电源接线端子正极插孔连接，另一端与按钮开关 S1 中常开触点组的静触点插孔连接；</p> <p>取一根红色导线，一端与按钮开关 S1 中常开触点组的动触点插孔连接，另一端与 K2 继电器常闭触点组中的静触点插孔连接；</p> <p>取一根红色导线，一端与 K2 继电器常闭触点组中的动触点插孔连接，另一端与继电器 K4 线圈高电位插孔连接；</p> <p>取一根蓝色导线，一端与继电器 K4 线圈低电位插孔连接，另一端与 24 V 电源负极插孔连接；</p> <p>取一根红色导线，一端与电源接线端子正极插孔连接，另一端与继电器 K4 的常开触点组的静触点插孔连接；</p> <p>取一根红色导线，一端与继电器 K4 的常开触点组的动触点插孔连接，另一端与 K2 继电器常闭触点组中的静触点插孔连接</p>

续表

部分实验元件	安装与调整方法
	<p>以电路图中传感器 2.2 为例</p> <p>传感器上的红、蓝两根导线分别与电源接线端子正极、负极插孔连接；</p> <p>传感器上的黑色导线与继电器 K1 线圈上的高电位插孔连接；</p> <p>取一根蓝色导线，一端与继电器 K2 线圈低电位插孔连接，另一端与 24 V 电源负极插孔连接</p>
其他元件	其他气动元件连接要点与模块一相应内容一致，不在此赘述

#### 4. 实训报告

实训报告格式见附录 3。

### 评价与考核

课程名称	液压与气动技术	授课地点		授课教师
模块二学习单元三	双缸电气气动控制回路设计与装调	课程性质	理实一体课程	综合评分

#### 理论任务完成情况评分(30分)

序号	知识考核点	教师评价	配 分	得 分
1	气路图		15	
2	电路图		15	

#### 实训任务完成情况评分(70分)

项 目	内 容	评分标准	配 分	得 分
实训准备	元器件选择正确	正确选择元器件 1~11 分	14	
	系统布局合理	合理布局系统 1~3 分		
安装	元器件连接正确	每项 3 分	9	
	接头连接可靠			
	单向节流阀安装			

调整	冲压缸活塞杆返回速度调整	每项 5 分	10	
	推料缸达到前终端具有缓冲效果			
功能	启动按钮,推料缸伸出	每项 8 分	32	
	推料缸伸出后冲压缸伸出			
	冲压缸冲击到位后返回			
	冲压缸返回后推料缸返回			
安全实训考核	安全操作	不符合安全操作规定,酌情扣 1~3 分	3	
	实训后现场整理	不符合要求,酌情扣 1~2 分	2	

## 检测练习

**练习 1** 在生产线上,如果遇到传递的工件运动的方向、运动的位置发生变化,通常采用如图 2-42 所示物料转运平台来解决此问题,借助两个双作用气缸 Z1、Z2 来完成,要求 Z1 气缸伸出到位后,Z2 气缸伸出,到位后 Z1 气缸返回,Z1 气缸返回到位后,Z2 气缸返回,来实现使传递的工件运动方向和位置发生改变。为保证平稳运行两个气缸伸出的速度均可调节。试设计满足上述功能的生产线物料转运装置的电气气动回路图,并在实验台上进行安装与调试。

**练习 2** 如图 2-43 所示为气动压销设备,水平气缸 A2 用于工件夹紧,垂直气缸 A1 用于将两个放置在工件销孔上的销子压入销孔中。生产过程全自动:当操作启动按钮后,气缸 A2 将工件夹紧,然后,气缸 A1 将销钉压入到工件中。为了安全起见,夹紧气缸 A2 必须夹紧工件,一直到压入气缸 A1 返回到它的后端终点位置为止,才能松开。可选用二位五通脉冲式电磁换向阀作为主控元件,感性传感器作为信号元件。两个气缸活塞杆的伸出速度应该可以无级调节。试设计、装调此电气气动控制回路。

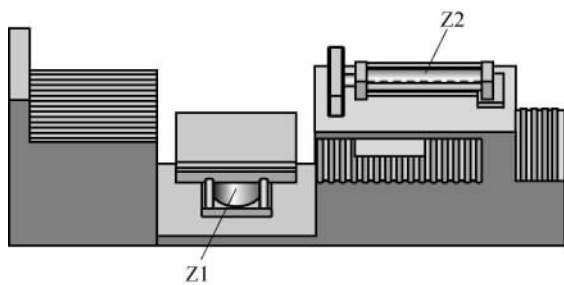


图 2-42 物料转运平台

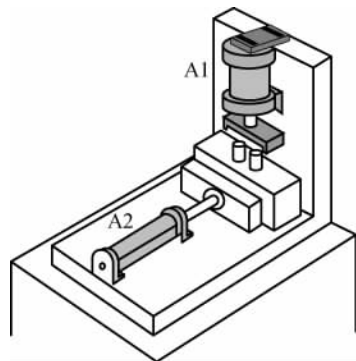


图 2-43 气动压销设备