

★ 服务热线: 400-615-1233

★ 配套精品教学资料包

★ www.huatengedu.com.cn

高等职业教育机电一体化系列精品教材

高等职业教育机电一体化系列精品教材

“互联网+”创新型教材

自动生产线应用技术

自动生产线应用技术

徐沛 编著

ZIDONG SHENGCHANXIAN YINGYONG JISHU
自动生产线应用技术

将“互联网+”思维融入教材中

以二维码的形式加以展现

传统与创新的融合，理论和实践的统一

微视频随时随地观看学习

北京邮电大学出版社



X-A

策划编辑: 马子涵

责任编辑: 边丽新

助理编辑: 高宇

封面设计: 王秋实



定价: 49.80元



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等职业教育机电一体化系列精品教材

▶ “互联网+” 创新型教材

自动生产线应用技术

徐 沛 编著



北京邮电大学出版社
www. buptpress. com

内 容 简 介

本书以亚龙 YL-335B 自动生产线为载体,详细讲解了自动生产线的安装与调试过程。本书主要内容包括自动生产线核心技术基本认知、送料单元的安装与调试、加工单元的安装与调试、装配单元的安装与调试、分拣单元的安装与调试、输送单元的安装与调试和自动生产线整体联调。

本书可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化等专业的教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

自动生产线应用技术/徐沛编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2015. 6(2023. 1 重印)

ISBN 978-7-5635-4368-7

I. ①自… II. ①徐… III. ①自动生产线—高等教育—教材 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 111303 号

策划编辑: 马子涵 责任编辑: 边丽新 封面设计: 王秋实

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17.75 插页 1

字 数: 438 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

印 次: 2023 年 1 月第 7 次印刷

ISBN 978-7-5635-4368-7

定 价: 49.80 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

前言

本书以全国职业院校“自动生产线安装与调试”技能大赛及一体化课程改革探索为背景，以亚龙 YL-335B 型自动生产线为实训设备考核设备的安装、调试能力，结合机电设备装配、调试与维修的基础知识，开展以项目和任务为引领的“教学一体化”课程探索。

在内容编排上，每个项目甚至每个任务都相对独立，本着“必需、够用”“向专业靠拢、向实践靠拢”的原则，注重机电一体化设备装配调试与维修所需的基本知识、基本技能及综合应用能力的培养，学生可根据课时安排、学习基础和学习能力等方面的不同进行有侧重点的学习。

除了第一部分的自动生产线核心技术基本认知，本书还有六个学习项目，本课程建议学时安排如下表所示。

项 目	序 号	学习单元及任务	学 时
知识篇 自动生产线核心技术基本认知	1	YL-335B 自动生产线基本认知	2
	2	YL-335B 自动生产线中的气动知识	2
	3	YL-335B 自动生产线中的传感器知识	2
	4	YL-335B 自动生产线中的 PLC 知识	4
	5	YL-335B 自动生产线中的触摸屏知识	4
	6	YL-335B 自动生产线中的传动系统知识	4
项目一 供料单元的 安装与调试	1	供料单元的装配与测试	4
	2	供料单元的编程与单机调试	2

续表

项 目	序 号	学习单元及任务	学 时
项目二 加工单元的 安装与调试	1	加工单元的装配与测试	4
	2	加工单元的编程与单机调试	2
项目三 装配单元的 安装与调试	1	装配单元的装配与测试	6
	2	装配单元的编程与单机调试	2
项目四 分拣单元的 安装与调试	1	分拣单元的装配与测试	4
	2	分拣单元的编程与单机调试	4
项目五 输送单元的 安装与调试	1	输送单元的装配与测试	6
	2	输送单元的编程与单机调试	4
项目六 自动生产线 整体联调	1	自动生产线（单机）调试与运行	1
	2	自动生产线（联机）调试与运行	1
总计			58

本书由镇江高等专科学校徐沛编著并统稿。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏或不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

知识篇 自动生产线核心技术基本认知	1
学习单元一 YL-335B 自动生产线基本认知	1
一、自动生产线基本概述	1
二、YL-335B 自动生产线的基本组成	3
三、YL-335B 各单元的基本功能	4
四、YL-335B 的电气控制系统组成	6
五、YL-335B 的供电系统	8
学习单元二 YL-335B 自动生产线中的气动知识	10
一、气动系统基本概述	10
二、YL-335B 的气源处理系统	11
三、YL-335B 中使用的气动执行元件	12
四、YL-335B 中使用的气动控制元件	14
五、YL-335B 中使用的气动辅助元件	17
学习单元三 YL-335B 自动生产线中的传感器知识	18
一、传感器基本概述	18
二、YL-335B 中使用的传感器	19
学习单元四 YL-335B 自动生产线中的 PLC 知识	25
一、PLC 基本概述	25
二、西门子 S7-200 的结构组成	27
三、西门子 S7-200 的内部数据区分配	32
四、西门子 S7-200 的主要编程指令	34
学习单元五 YL-335B 自动生产线中的触摸屏知识	47
一、触摸屏基本概述	47
二、触摸屏的组态设计	49
学习单元六 YL-335B 自动生产线中的传动系统知识	68
一、西门子 MM420 变频器基本概述	68

二、西门子 MM420 变频器的主要运行参数	74
三、步进电动机及控制系统	81
四、伺服电动机及控制系统	86

项目一 供料单元的安装与调试 96

一、项目综述	96
二、学习目标	96
三、项目准备	96

任务一 供料单元的装配与测试 97

一、供料单元的机械装配与调整	97
二、供料单元气动元件的安装与连接	99
三、供料单元传感器的安装与接线	100
四、供料单元 PLC 的安装与接线	101
五、供料单元的功能测试	104

任务二 供料单元的编程与单机调试 111

一、供料单元 PLC 程序设计思路	111
二、供料单元（单机）PLC 梯形图程序	112
三、供料单元（单机）PLC 的程序调试	118

项目二 加工单元的安装与调试 124

一、项目综述	124
二、学习目标	124
三、项目准备	124

任务一 加工单元的装配与测试 125

一、加工单元的机械装配与调整	125
二、加工单元气动元件的安装与连接	128
三、加工单元传感器的安装与接线	129
四、加工单元 PLC 的安装与接线	130
五、加工单元功能测试	132

任务二 加工单元的编程与单机调试	138
一、加工单元 PLC 程序设计思路	138
二、加工单元（单机）PLC 梯形图程序	140
项目三 装配单元的安装与调试	150
一、项目综述	150
二、学习目标	150
三、项目准备	150
任务一 装配单元的装配与测试	151
一、装配单元的机械装配与调整	151
二、装配单元气动元件的安装与连接	157
三、装配单元传感器的安装与接线	158
四、装配单元 PLC 的安装与接线	159
五、装配单元功能测试	161
任务二 装配单元的编程与单机调试	168
一、装配单元 PLC 程序设计思路	168
二、装配单元（单机）PLC 梯形图程序	171
项目四 分拣单元的安装与调试	185
一、项目综述	185
二、学习目标	185
三、项目准备	185
任务一 分拣单元的装配与测试	186
一、分拣单元的机械装配与调整	186
二、分拣单元气动元件的安装与连接	189
三、分拣单元传感器的安装与接线	190
四、分拣单元变频器的安装与接线	191
五、分拣单元 PLC 的安装与接线	191
六、分拣单元功能测试	193

任务二 分拣单元的编程与单机调试	201
一、分拣单元 PLC 程序设计思路	201
二、分拣单元（单机）PLC 梯形图程序	204
项目五 输送单元的安装与调试	215
一、项目综述	215
二、学习目标	215
三、项目准备	215
任务一 输送单元的装配与测试	216
一、输送单元的机械装配与调整	216
二、输送单元气动元件的安装与连接	220
三、输送单元传感器的安装与接线	222
四、输送单元伺服系统的安装与接线	222
五、输送单元 PLC 的安装与接线	222
六、输送单元功能测试	224
任务二 输送单元的编程与单机调试	232
一、输送单元 PLC 程序设计思路	232
二、分拣单元（单机）PLC 梯形图程序	236
项目六 自动生产线整体联调	258
一、项目综述	258
二、学习目标	258
三、项目准备	259
任务一 自动生产线（单机）调试与运行	262
任务二 自动生产线（联机）调试与运行	268
参考文献	278

学习单元一 YL-335B 自动生产线基本认知

自动生产线主要用于机械制造、石油化工、轻工纺织、食品制药、汽车生产、电子信息等多个领域，它在现代化工业进程中发挥着非常重要的作用。YL-335B 自动生产线是国家职业技能大赛的指定产品，其所涉及的核心技术包括机械、气动、传感器、电气、PLC、变频器、伺服驱动、通信等，是电气自动化技术、机电一体化技术等专业的重要教学载体。本学习单元的主要学习目标是让学生了解 YL-335B 自动生产线的结构组成和基本功能，为后续深入学习奠定基础。

一、自动生产线基本概述

1. 基本概念

自动化是指在没有人直接参与的情况下，按规定的程序或指令自动进行操作或控制以达到预定的要求。自动生产线是在流水线的基础上逐渐发展起来的，它不仅要求自动生产线上各种机械加工装置能自动地完成预定的各道工序及工艺过程，使产品成为合格的制品，同时还要求各个自动控制单元能够按照工艺顺序连接起来，自动完成产品全部或部分制造的生产过程。

2. 典型应用

1) 自动生产线在机械加工中的应用

自动生产线在机械加工中应用广泛，其主要功能是实施加工和装配，其中涉及气动控制、电气控制、自动检测、电机调速、PLC 编程等。自动生产线在机械加工中的应用如图 0-1 所示。

2) 自动生产线在啤酒罐装中的应用

啤酒灌装自动生产线可将灌装后的啤酒进行包装、喷号、贴标签等，其中涉及气动控制、电气控制、自动检测、电机调速、PLC

图文
气动图文
气动的特点图文
变频器图文
伺服驱动图文
流水线图文
自动检测图文
电机调速视频
LED 球泡灯
自动生产线视频
半自动生产线

编程等。自动生产线在啤酒罐装中的应用如图 0-2 所示。



视频
德国欧尔隔断
部分全自动生
产线

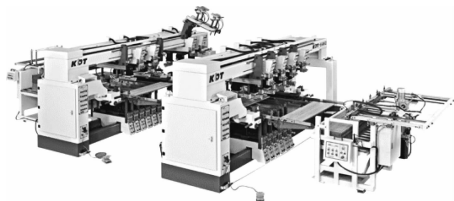


图 0-1 自动生产线在机械加工中的应用

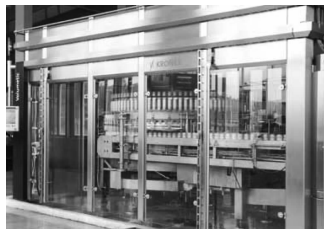


图 0-2 自动生产线在啤酒罐装中的应用



视频
电动车机械手
组装方案



视频
机器人喷涂生
产线



视频
汽车传感器电
子管自动生
产线



视频
全自动生产线,
全自动码垛机



视频
双机并列全自
动生产线



视频
水管喷漆自动
生产线



视频
天地盖全自动
生产线



视频
长条灯管机械
手组装生产线
方案



视频
自动生产线培
训实训现场



视频
2 分钟带你见
识韩国轮胎全
自动生产线



视频
德国 BMW 自
动生产线



视频
国外海鲜全自
动生产线

3. 发展过程

在早期，人类在制造工具的过程中就展现出了无穷的智慧。人类社会的发展离不开制造业，制造业的发展离不开好的制造工具和加工，这些都是经过多年的演变得来的。在这个过程中，人类的创新能力也在不断地提高，生产线就是人类从事生产活动的一种工具，它体现了人类的智慧。世界上任何事物的发展都经历了从低级到高级的过程，人类社会生产力的发展也是如此。

早在 19 世纪初的美国，生产线因为制造出世界上第一辆汽车应运而生。虽然当时的生产线是在小作坊的雏形上发展起来的，但它给人类社会生产力的飞跃式发展和制造业新技术的产生提供了基础，随后的生产线在自动化技术上也随着电子工业的发展而得到了快速发展。

自动生产线的优点是它能使复杂的制造、加工、装配等工序变得有条理，各个岗位上的操作者只要经过短期简单的培训就可以上岗。手工装配需要操作者记住几百至上千个零件的安装顺序，其难度是可想而知的。自动生产线的出现解决了手工装配操作者培训难度大、工作强度大等问题，使生产加工过程更易于操作，并大大提高了生产效率。

目前，世界范围内的自动生产线越来越多地应用于机械制造、冶金、电子、仪表、化工、造纸、航空、家电、食品、医药等领域，70% 的工业产品都是在自动生产线上生产的。生产方式的发展已成为衡量国家发达与否的重要标志。

4. 发展趋势

自动生产线所涉及的技术领域非常广泛，如机械加工技术、气动液压技术、机电装配技术、电气控制技术、计算机控制技术、信息检测技

术、通信网络技术。目前，随着电气自动化和机械自动化水平的不断提高，新技术、新工艺的不断出现，自动生产线的整体水平也在提高。随着智能制造技术、嵌入式技术、物联网技术的发展，自动生产线的功能将会得到高度扩充。

新型的自动生产线，不仅可以完成生产、加工、装配，还会在产品自动检测、网络数据传输、参数存储和产品定位等内容上有所创新。所有这些支持自动化生产相关技术的进步，必将使得自动化生产线的功能更加齐全、完善，使技术性更复杂的生产操作将会由自动生产线完成而变得简单。

二、YL-335B 自动生产线的基本组成

YL-335B 自动生产线由供料单元、加工单元、装配单元、分拣单元和输送单元五个部分组成，其外观结构如图 0-3 所示。

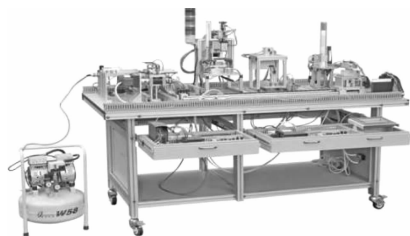


图 0-3 YL-335B 自动生产线外观结构

在 YL-335B 自动生产线中，每个工作单元可以自成一个独立系统（执行单机操作），同时，各个单元组合构成了整体的自动生产线。YL-335B 每个单元的执行机构以气动执行机构为主，但输送单元的机械手装置的整体运动采用伺服电机驱动（位置控制），分拣单元的传送带驱动采用了调速技术（通用变频器驱动），位置控制技术和变频技术是现代工业企业应用最为广泛的电气控制技术。

另外，在 YL-335B 设备上还应用了多种类型的传感器（磁控开关、金属接近开关、光电开关或光纤传感器），它们分别用于判断物体的运动位置、物体通过的状态、物体的颜色及材质等。传感器技术是机电一体化技术中的关键技术之一，是现代工业实现智能加工和智能制造的最关键载体。

在控制方面，YL-335B 采用了基于 RS485 串行通信的 PLC 网络控制方案，即每一工作单元由一台 PLC 承担其控制任务，各 PLC 之间通过 RS485 串行通信实现互联的分布式控制方式，组建成一个小型的 PLC 网络。小型 PLC 网络以其结构简单、价格低廉的特点在小型自动生产线中仍然有着广泛的应用，在现代工业网络通信中仍占据相当的份额。掌握基于 RS485 串行通信的 PLC 网络控制技术，将为进一步学习现场总线技术、工业以太网技术等打下良好的基础。



图文
嵌入式



图文
物联网



图文
智能制造



视频
日本自动生产
线，加工包装
章鱼过程



视频
YL-335B 组
装简介



视频
贴片一体成
型电感全自
动生产线



图文
磁控开关



图文
光电开关



图文
接近开关



图文
串行通信



图文
现场总线

三、YL-335B 各单元的基本功能

1. 供料单元

供料单元是 YL-335B 中的起始单元，在整个系统中起着向系统中的其他单元提供原料的作用。其具体的功能是：按照需要将放置在料仓中的待加工工件（原料）自动推出运送到物料台上，以便输送单元的机械手将其抓取，输送到其他单元上。图 0-4 所示为供料单元外观结构图。



视频
第一站工作
过程



视频
第二站工作
过程

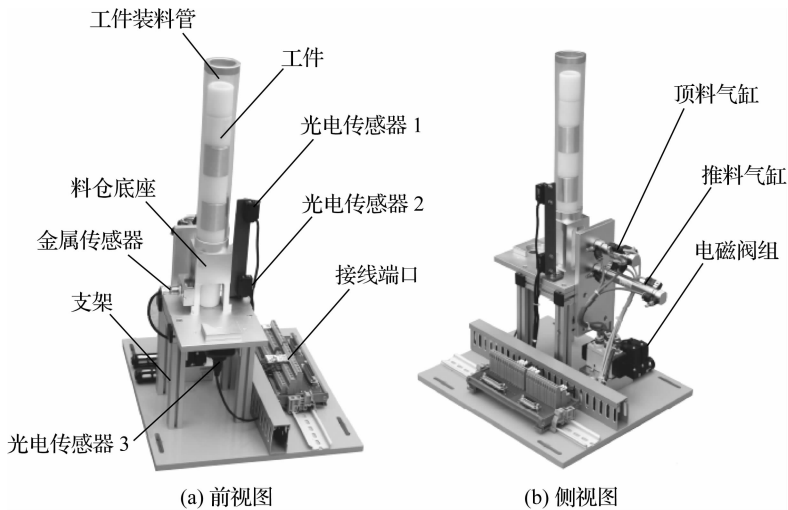


图 0-4 供料单元外观结构图

2. 加工单元

输送单元的机械手装置从供料单元的物料台上将待加工的工件抓取，抓取后的工件被送到加工单元的冲压机构下面，由加工单元完成一次冲压加工动作，然后再由抓取机械手将其抓取并送到装配单元的物料台上。图 0-5 所示为加工单元外观结构图。



视频
第三站工作
过程

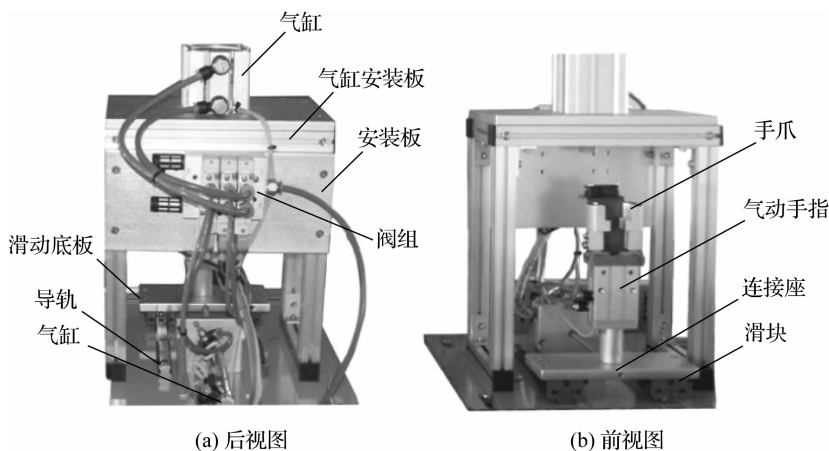


图 0-5 加工单元外观结构图

3. 装配单元

装配单元的功能是将料仓内的黑色或白色小圆柱工件嵌入到已被加工的工件中。装配单元先将料仓内的小圆柱工件推出，然后通过旋转装置将其送到装配工位，由装配机械手抓取并送到装配物料台的加工工件上，装配单元物料台上的工件，由输送单元从加工单元处抓取后传输到装配单元的物料台上。图 0-6 所示为装配单元外观结构图。

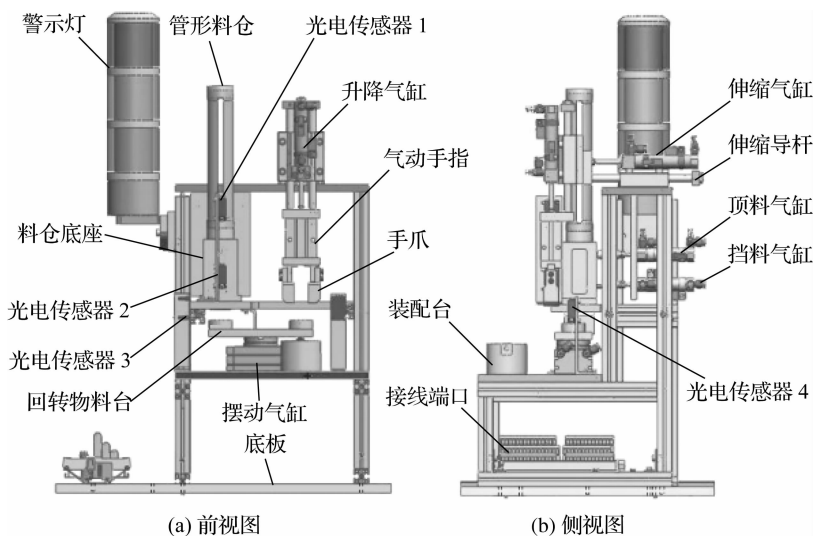


图 0-6 装配单元外观结构图

4. 分拣单元

分拣单元将上一单元送来的已加工、装配的工件进行分拣，使不同颜色、不同材质的工件被分配到不同的料槽。分拣单元先确认是否有完成加工和装配的工件出现，如果有则起动变频器使传送带运行。在工件行进过程中，还会被检测是否为金属及小圆柱工件的颜色（白色或黑色），根据检测结果，分别被推向不同的分拣槽。图 0-7 所示为分拣单元外观结构图。

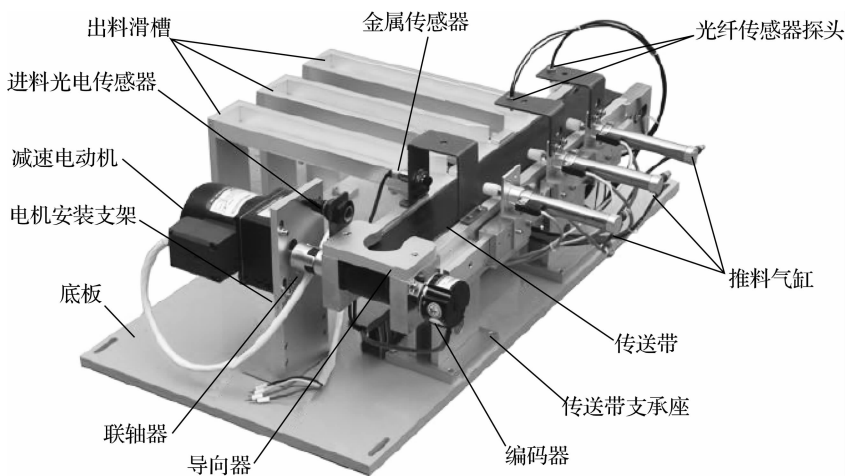


图 0-7 分拣单元外观结构图



视频
第四站工作
过程



视频
第五站工作
过程



图文
联动

5. 输送单元

输送单元通过直线运动传动机构，驱动抓取机械手装置到指定单元的物料台上（精确定位），并在该物料台上抓取工件并输送到指定位置放下，实现工件的输送功能。图 0-8 所示为输送单元外观结构图。

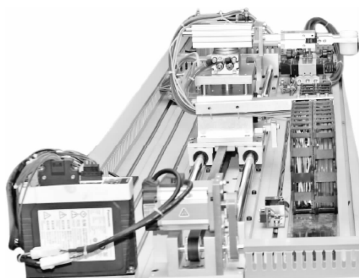


图 0-8 输送单元外观结构图

四、YL-335B 的电气控制系统组成

1. YL-335B 各单元的 PLC 配置与组网

YL-335B 由 5 个单元组成，即输送单元、供料单元、加工单元、装配单元、分拣单元。这 5 个单元均由 PLC 作为主控核心，可独立实施操作运行。将这 5 个单元的 PLC 通过 RS485 串行通信接口连接，形成 PLC 网络控制结构，将构成具有整体加工、装配、分拣功能的机电一体化系统。每个单元既独立又承担着整体的联动功能。YL-335B PLC 网络分布式控制系统如图 0-9 所示。

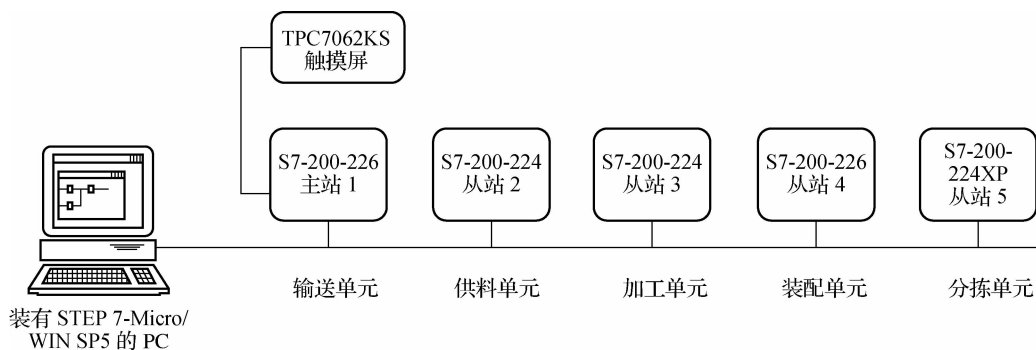


图 0-9 YL-335B PLC 网络分布式控制系统

YL-335B 各工作单元 PLC 的配置如下。

- (1) 供料单元：S7-200-224 AC/DC/RLY 主单元，共 14 点输入，10 点继电器输出。
- (2) 加工单元：S7-200-224 AC/DC/RLY 主单元，共 14 点输入，10 点继电器输出。
- (3) 装配单元：S7-200-226 AC/DC/RLY 主单元，共 24 点输入，16 点继电器输出。
- (4) 分拣单元：S7-200-224XP AC/DC/RLY 主单元，共 14 点输入，10 点继电器输出。
- (5) 输送单元：S7-200-226 DC/DC/DC 主单元，共 24 点输入，16 点晶体管输出。

2. YL-335B 电气控制接线端子的结构组成

1) YL-335B 装置侧接线端子的结构组成

YL-335B 装置侧接线端子采用三层端子结构，上层端子用以连接 DC 24 V 电源的 +24 V 端，底层端子用以连接 DC 24 V 电源的 0 V 端，中间层端子用以连接各信号线，如图 0-10 所示。

2) YL-335B PLC 侧接线端子的结构组成

PLC 侧接线端子采用两层端子结构，上层端子用以连接各信号线，其端子与装置侧的接线端子相对应；底层端子用以连接 DC 24 V 电源的 +24 V 端和 0 V 端，如图 0-11 所示。

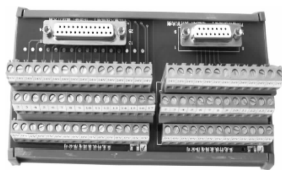


图 0-10 装置侧接线端子



图 0-11 PLC 侧接线端子

3) YL-335B 按钮指示灯模块结构组成

按钮指示灯模块如图 0-12 所示。

(1) 指示灯 (DC 24 V): 黄色 (HL1)、绿色 (HL2)、红色 (HL3) 各一只。

(2) 主令器件: 绿色常开按钮一只 (SB1)、红色常开按钮一只 (SB2)、选择开关 SA (一对转换触点)、急停按钮 QS (一个常闭触点)。

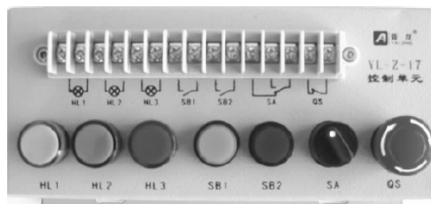


图 0-12 按钮指示灯模块

3. YL-335B 人机界面

系统运行的主令信号 (复位、起动、停止等) 通过触摸屏人机界面给出; 同时, 人机界面上也显示出系统运行的各种状态信息。YL-335B 的人机界面操作画面如图 0-13 所示。

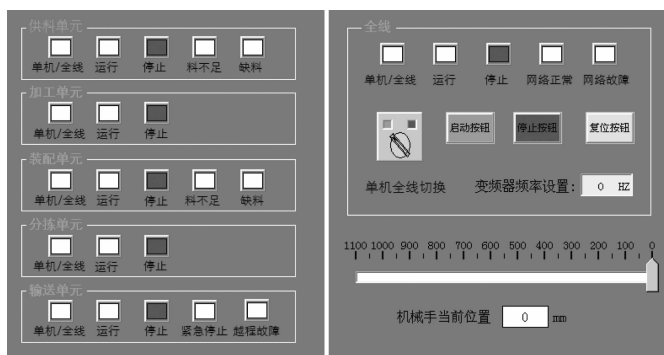


图 0-13 YL-335B 的人机界面操作画面



图文
触摸屏

触摸屏是执行 PLC 控制的操作面板, 它可以通过内部数据交换完成对 PLC 的控制和数据信息显示。由于采用了软体结构, 可节省大量硬件元件, 使机器的配线标准化、简单化, 也能减少 PLC 所需的 I/O 点数, 降低生产成本。通过图形化的显示, 还将现场控制场景和各种参数展示给操作人员, 方便人机交互。YL-335B 采用了昆仑通态 (MCGS) TPC7062KS 触摸屏作为其人机界面。

TPC7062KS 是一款以嵌入式低功耗 CPU 为核心 (主频 400 MHz) 的高性能嵌入式一体化工控机。该产品设计采用了 7 in (1 in=0.025 4 m) 高亮度 TFT 液晶显示屏 (分辨率 800×480) 和四线电阻式触摸屏 (分辨率 4 096×4 096), 同时还预装了微软嵌入式实时多任

务操作系统 WinCE. NET（中文版）和 MCGS 嵌入式组态软件（运行版）。TPC7062KS 触摸屏的使用、人机界面的组态方法将在后续项目中介绍。

五、YL-335B 的供电系统

YL-335 B 的外部供电电源为三相五线制 AC 380/220 V，图 0-14 所示为其供电电源模块一次回路原理图。图中，总电源开关选用 DZ47LE-32/C32 型三相四线漏电开关。系统各主要负载通过自动开关单独供电。其中，变频器电源通过 DZ47C16/3P 三相自动开关供电，各工作站 PLC 均采用 DZ47C5/1P 单相自动开关供电。此外，系统配置 4 台 DC 24 V/6 A 开关稳压电源，分别用作送料、加工、分拣及输送单元的直流电源。配电箱元件位置布局图如图 0-15 所示。

三相五线制电源进线	总电源开关	变频器电源控制	伺服电源控制	输送站电源控制	供料站 PLC 电源控制	加工站 PLC 电源控制	加工 / 送料开关电源控制	装配站电源控制	分拣站电源控制
-----------	-------	---------	--------	---------	--------------	--------------	---------------	---------	---------

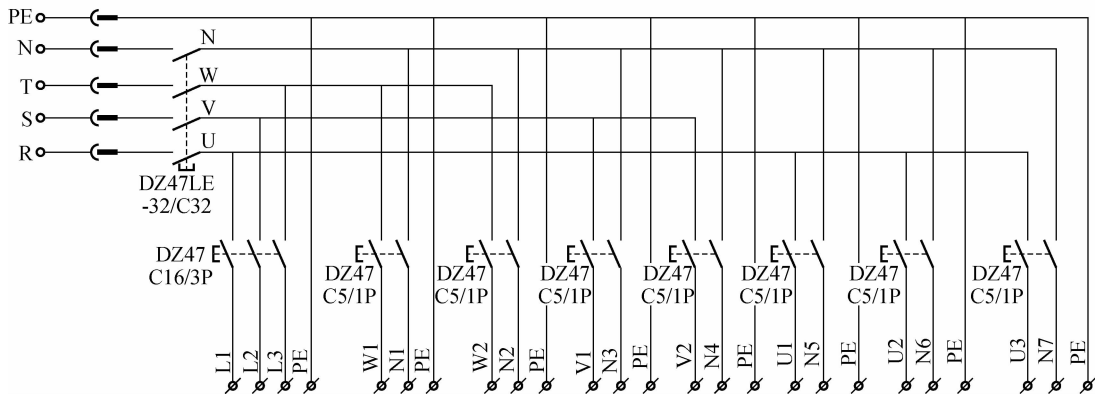


图 0-14 YL-335B 供电电源模块一次回路原理图



图文组态



图文人机界面

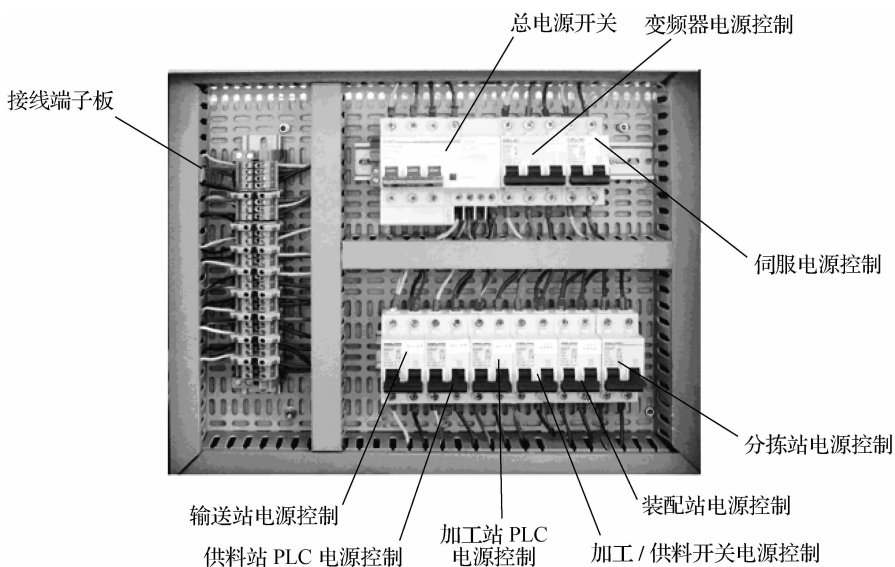


图 0-15 配电箱元件位置布局图



课堂体验

- (1) 接通 YL-335B 的供电电源。
- (2) 供料单元（单站）运行体验。
- (3) 加工单元（单站）运行体验。
- (4) 装配单元（单站）运行体验。
- (5) 分拣单元（单站）运行体验。
- (6) 输送单元（单站）运行体验。
- (7) YL-335B 生产线触摸屏体验。
- (8) YL-335B 生产线整机运行体验。



问题与思考

问题 1 YL-335B 的主要结构组成有哪些？触摸屏主要起什么作用？

思考并回答：

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 YL-335B 自动生产线中的输送单元主要起什么作用？它如何实现精确定位？

思考并回答：

.....

.....

.....

.....

.....

问题 3 YL-335B 自动生产线中涵盖了哪些核心技术？

思考并回答：

.....

.....

.....

.....

.....

学习单元二 YL-335B 自动生产线中的气动知识

气动技术是以压缩空气为介质，以气源为动力的能源传递技术，是实现机械运动和自动化控制的方法之一。随着自动控制技术的不断发展，气动技术在自动生产线中也得到了广泛应用。特别是机电一体化的出现，使气动技术向高科技又迈进了一步。

一、气动系统基本概述

1. 气体的压缩性

一定质量的静止气体，由于压力发生变化而导致气体所占容积发生变化的现象，称为气体的压缩性。压缩空气就是利用专用设备将空气压缩成带有一定压力的气体。在封闭容器或流动中的气体，压力、容积和温度之间的关系是紧密配合的，但变化前后的能量是保持不变的，即满足

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

式中， P_1 、 P_2 为封闭容器中气体压缩前、后的压力； V_1 、 V_2 为封闭容器中气体压缩前、后的容积； T_1 、 T_2 为封闭容器中气体压缩前、后的温度。

2. 气动系统的基本特性

1) 波意耳定律

波意耳定律阐述的是当活塞受外力作用向下压时，气体的容积减小而压力则增加（在等温状态下），所以压力与容积之间的变化成反比，如图 0-16 所示。

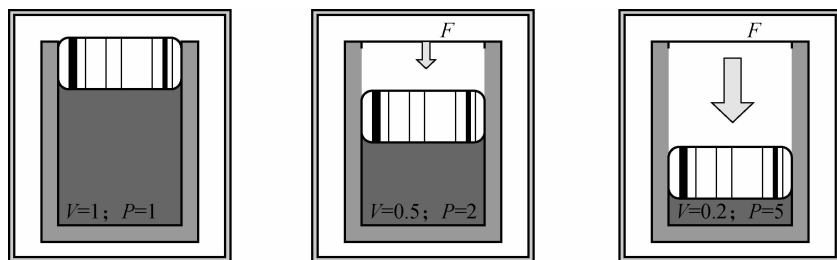


图 0-16 波意耳定律示意图

2) 查理定律

查理定律阐述的是在质量不变且压力恒定时，气体的温度增加，其容积也随之增加，所以温度与容积之间的变化成正比，如图 0-17 所示。

3) 基路沙定律

基路沙定律阐述的是在压力保持不变时，气体的温度增加，其容积也随之增加，所以温度与容积之间的变化成正比；在容积保持不变时，气体的温度增加，其压力也随之增加，所以温度与压力之间的变化成正比，如图 0-18 所示。

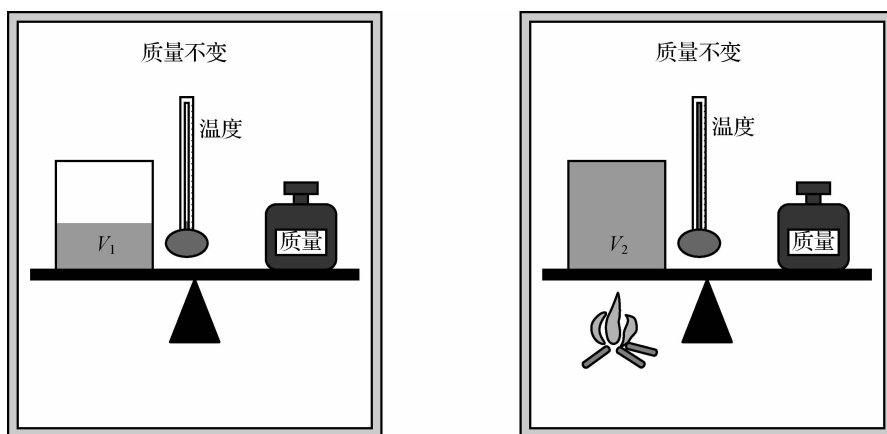


图 0-17 查理定律示意图

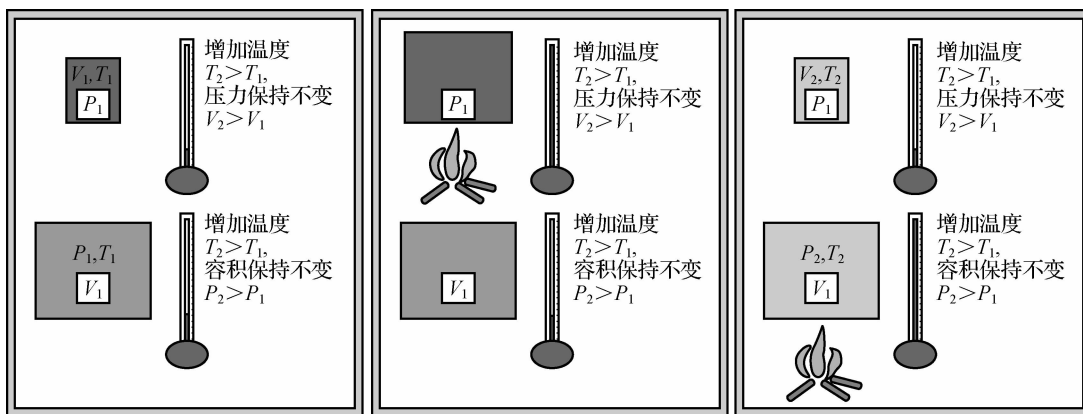


图 0-18 基路沙定律示意图

由以上气源系统的特性可以看出，气体经过压缩后可以进行储藏。气动系统主要是工作在等温的状态下，在封闭的容器内对气体进行压缩，导致气体的密度增加，而气体的密度增加又会使气体的压力增加。空气压缩机就是利用了这一原理来产生压缩空气的。



二、YL-335B 的气源处理系统

1. 电动气泵

YL-335B 所使用的气源来自电动气泵，通过电动机带动空气压缩机旋转后输出压缩空气。压缩空气是一种重要的动力源。与其他能源相比，它具有清晰透明、输送方便、无毒无害、不怕高温等特点，且空气取之不尽，用之不竭。

2. 气动三联件

工业上的气动系统常常使用组合起来的气动三联件作为气源处理装置。气动三联件是指空气过滤器、调压阀和油雾器，各元件之间采用模块式组合方式连接。这种方式安装简

图文
空气压缩机



图文
调压阀



图文
油雾器

单、密封性好，易于实现标准化、系列化，可缩小外形尺寸、节省空间和配管，便于维修和集中管理。气动三联件如图 0-19 所示。

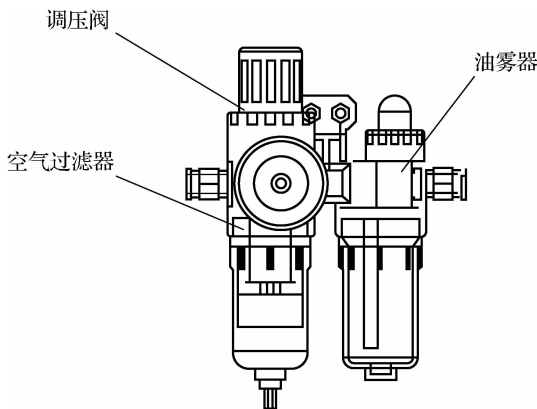


图 0-19 气动三联件

输出的压缩空气通过快速三通接头和气管与气动三联件连接，压缩空气经过过滤、调压、雾化后输送到各工作单元。进行压力调节时，在转动旋钮前要先拉起再旋转，压下旋钮为定位，旋钮向右旋转为调高出口压力，向左旋转为调低出口压力。调节压力时，应逐步均匀地调至所需压力值，不应一步调节到位。

三、YL-335B 中使用的气动执行元件

气动执行元件是用来驱动机械设备做直线运动、摆动运动和旋转运动的元件。它将气压能转换成机械能，气缸主要驱动机械做直线运动，摆动缸和气马达主要驱动机械做摆动和旋转运动，气动手指主要用来做机械手或夹紧装置。

1. 直线（双作用）气缸

直线（双作用）气缸是主要完成直线运动的执行元件，主要执行机构是活塞杆。活塞杆可以进行双向运动，而活塞将缸体的内部分为两个气室。当某一个气室进入压缩气体时（此时另一个气室与大气相通），便会推动活塞向前运动，于是活塞杆也会相应地移动。双作用直线气缸的外部结构如图 0-20 所示。

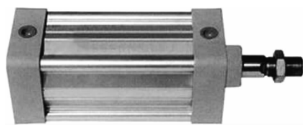


图 0-20 双作用直线气缸的外部结构

双作用气缸有两个工作口，当在活塞的两面交替地通入压缩气体时（活塞的一端气室进气时，活塞的另一端气室则处于排气状态），活塞带动活塞杆完成伸出和缩回运动。双作用直线气缸的工作示意如图 0-21 所示。

2. 薄型气缸

薄型气缸属于省空间类气缸，即气缸的轴向或径向尺寸比标准气缸有较大减小的气缸，具有结构紧凑、重量轻、占用空间小等优点。图 0-22 所示为薄型气缸的外形及剖视图。薄型气缸的特点是缸筒与无杆侧端盖压铸成一体，缸盖用弹性挡圈固定，缸体外廓为方形，其行程短、输出力大。

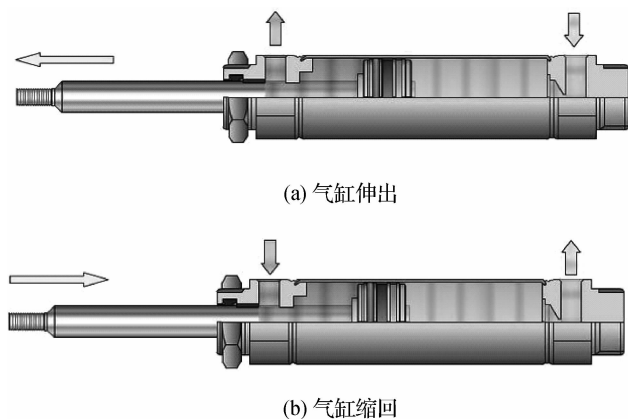


图 0-21 双作用直线气缸的工作示意

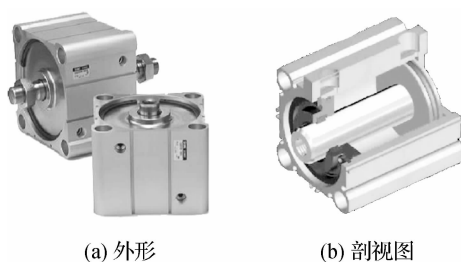


图 0-22 薄型气缸的外形及剖视图

3. 气动摆台

回转物料台的主要器件是气动摆台，它是由直线气缸驱动齿轮齿条实现回转运动的，回转角度能在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 和 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 任意调节，而且可以安装磁性开关，检测旋转到位信号，多用于方向和位置需要变换的机构，其外形及剖视图如图 0-23 所示。YL-335B 所使用的气动摆台的摆动回转角度可在 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 任意调节。当需要调节回转角度或摆动位置精度时，应首先松开调节螺杆上的反扣螺母，通过旋入或旋出调节螺杆，从而改变回转凸台的回转角度，调节螺杆 1 和调节螺杆 2 分别用于左旋和右旋角度的调整。当调整好摆动角度后，应将反扣螺母与基体反扣锁紧，防止调节螺杆松动，造成回转精度降低。

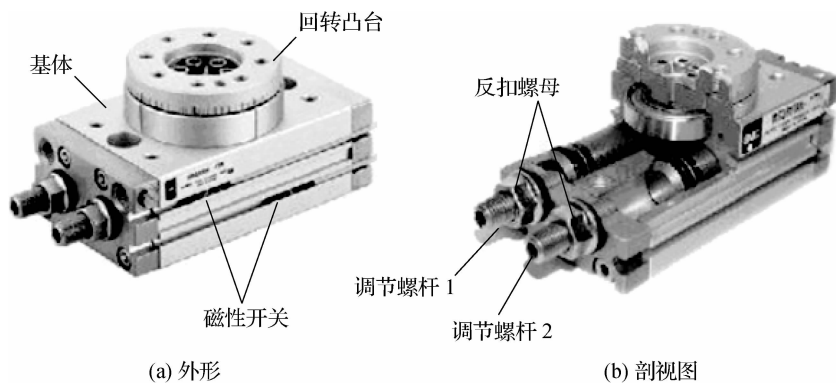


图 0-23 气动摆台外形及剖视图

回转到位的信号是通过调整气动摆台滑轨内的两个磁性开关的位置实现的。磁性开关安装在气缸体的滑轨内，松开磁性开关的紧固螺钉，磁性开关就可以沿着滑轨左右移动。确定开关位置后，旋紧紧固螺钉即可完成位置的调整。

4. 导向气缸

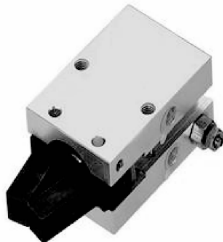
导向气缸是具有导向功能的气缸，它由气缸和滑动单元组合而成。导向气缸具有导向精度高、抗扭矩性强、承载能力强、工作平稳等特点。导向气缸的外部结构图如图 0-24 所示。



图 0-24 导向气缸的外部结构图

5. 气动手指

气动手指用于抓取、夹紧工件，通常有支点开闭型、滑动导轨型和回转驱动型等形式，其外形如图 0-25 所示。



(a) 支点开闭型气动手指



(b) 滑动导轨型气动手指



(c) 回转驱动型气动手指

图 0-25 气动手指外形图



图文
压力控制阀

四、YL-335B 中使用的气动控制元件

气动控制元件用来为执行元件和其他控制元件提供气源，主要功能是控制气路中的执行元件动作变换。常用的气动控制元件有压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等。

1. 单向节流阀

单向节流阀是由单向阀和节流阀并联而成的流量控制阀，常用于控制气缸的运动速度，所以也称为速度控制阀。单向阀的功能是靠单向密封圈来实现的。图 0-26 所示为排气节流方式的单向节流阀剖面图，当空气从气缸排气口排出时，单向密封圈处于封堵状态，单向阀关闭，这时只能通过调节手轮使节流阀杆上下移动，改变节流阀开度，从而达到节流作用；反之，在进气时，单向密封圈被气流冲开，单向阀开启，压缩空气直接进入气缸进气口，节流阀不起作用。因此，这种节流方式称为排气节流方式。



图文
方向控制阀

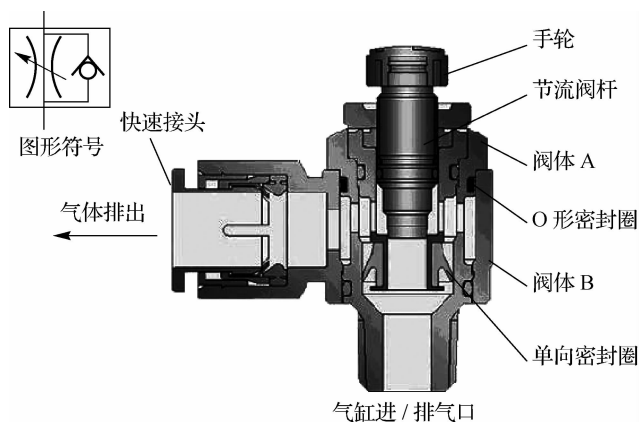


图 0-26 排气节流方式的单向节流阀剖面图



图文
流量控制阀



图文
气源三联件

2. 单电控电磁换向阀

单电控电磁换向阀的结构划分见表 0-1。它分为二通阀（常断型、常通型）、三通阀（常断型、常通型）、四通阀、五通阀，气口包括 P（压力进气口）；A、B（压力工作口）；R、S（压力排气口）。单电控的二通电磁换向阀、三通电磁换向阀常用来控制单作用气缸的运动；四通电磁换向阀、五通电磁换向阀常用来控制双作用气缸的运动。

表 0-1 单电控电磁换向阀的结构划分

名称	二通阀		三通阀		四通阀	五通阀
	常断	常通	常断	常通		
职能符号						

二通阀又称直通阀，它有 2 个气口，即 P 口和 A 口。

三通阀为换向阀，它有 3 个气口，即 P 口、A 口和 R 口。

二通阀、三通阀有常通型和常断型之分。常通型是指阀的控制口未加控制信号（即零位）时，P 口和 A 口相通；而常断型阀在零位时，P 口和 A 口是断开的。

四通阀为换向阀，它有 4 个气口，即 P 口、A 口、B 口和 R 口。工作时通路为 P—A、B—R 或 P—B、A—R。

五通阀为换向阀，它有 5 个气口，即 P 口、A 口、B 口、R 口和 S 口。工作时通路为 P—A、B—S（R 封堵）或 P—B、A—R（S 封堵）。

有 2 个通口的二位阀称为二位二通阀（常表示为 2/2 阀，前一位数表示通口数，后一位数表示工作位置数），它可以实现气路的通或断。有 3 个通口的二位阀称为二位三通阀（常表示为 3/2 阀），在不同的工作位置，可实现 P、A 相通或 A、R 相通。常用的还有二位四通阀（常表示为 4/2 阀）和二位五通阀（常表示为 5/2 阀），它可以用于推动双作用气缸的缩回与伸出。单电控 5/2 换向阀的内部结构如图 0-27 所示。

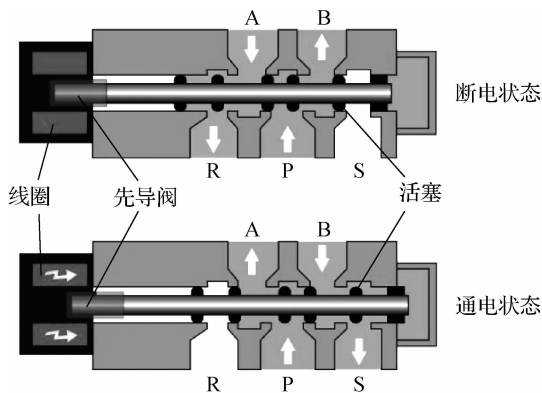


图 0-27 单电控 5/2 换向阀的内部结构

3. 双电控电磁换向阀

双电控电磁换向阀的外形结构如图 0-28 所示。双电控电磁换向阀与单电控电磁换向阀的区别在于，对于单电控电磁换向阀，在无电控信号时，阀芯在弹簧力的作用下会复位；而对于双电控电磁换向阀，在两端都无电控信号时，阀芯的位置取决于前一个电控信号。

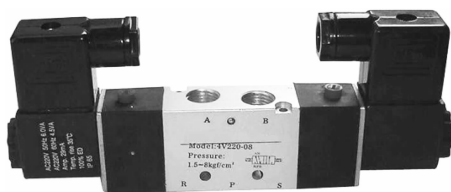


图 0-28 双电控电磁换向阀的外形结构

注意：双电控电磁换向阀的两个电控信号不能同时为“1”，即在控制过程中不允许两个线圈同时得电，否则可能会造成电磁线圈烧毁。

4. 阀座

阀座又称汇流板，是能将多个气动控制元件（主要是气动阀）集合安装在一起的公共阀板。电磁阀组是指将多个阀与消声器、汇流板等集中在一起构成的一组控制阀的集成，而每个阀的功能是彼此独立的，其结构如图 0-29 所示。两个电磁阀集中安装在汇流板上，汇流板中两个排气口末端均连接了消声器，其作用是降低压缩空气在向大气排放时的噪声。

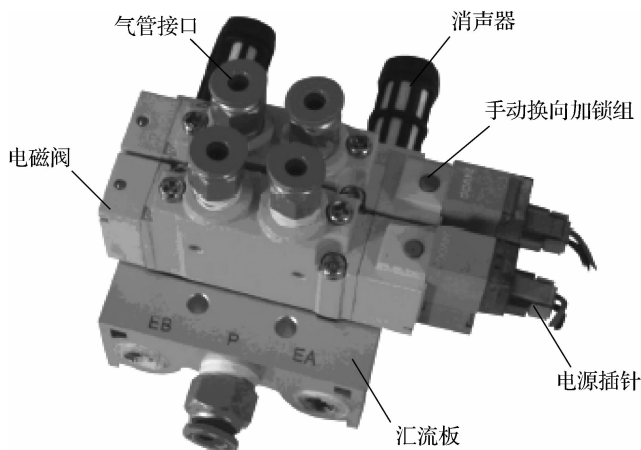


图 0-29 电磁阀组的结构



图文
汇流板



图文
消声器

五、YL-335B 中使用的气动辅助元件

1. 消声器

消声器是阻止声音传播而允许气流通过的一种器件，使用消声器是消除空气动力性噪声的重要措施。消声器一般安装在各种阀的排气口上，以起到降低噪声的作用。消声器的外形如图 0-30 所示。

2. 快插接头

快插接头分为直通接头、弯角接头、三通接头、四通接头等，它的连接口可以直接与塑料气管进行快速插接，以方便气路系统的连接。快插接头的外形如图 0-31 所示。

3. 塑料气管

塑料气管是进行气路系统连接的载体，它将气动执行元件、气动控制元件、气动辅助元件等进行快速连接。塑料气管的外形如图 0-32 所示。



图 0-30 消声器的外形



图 0-31 快插接头的外形



图 0-32 塑料气管的外形



课堂体验

- (1) 双作用气缸气路连接体验。
- (2) 电磁换向阀手动控制体验。
- (3) 气缸速度调节体验。
- (4) 气动手指动作体验。
- (5) 摆动气缸动作体验。



问题与思考

问题 1 气动执行元件主要有哪些？它们的主要功能是什么？

思考并回答：.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题2 单电控电磁换向阀和双电控换向阀的区别是什么？各用于什么场合？

思考并回答：.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

问题3 气动手指的主要功能是什么？主要用于哪些场合？

思考并回答：.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

学习单元三 YL-335B 自动生产线中的传感器知识

传感器是一种能感受被测量特性并按照一定规律转换成电量的器件和装置。随着科学技术不断发展，现在的传感器已经形成了智能化，这更便于实现自动化控制。目前，传感器总的发展趋势是小型化、多功能化和智能化，其在自动生产线中也得到了广泛的应用。

一、传感器基本概念

1. 传感器的组成

传感器通常由敏感元件、转换元件和测量电路等组成，其组成框图如图 0-33 所示。

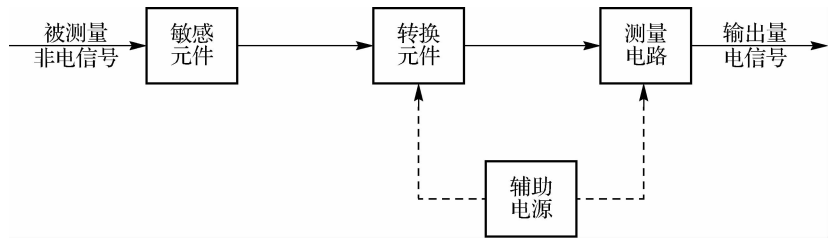


图 0-33 传感器组成框图

(1) 敏感元件。敏感元件是指能直接感受被测量的变化，并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件，它是传感器的核心。

(2) 转换元件。转换元件具有非电量向电量转换的功能，它是将敏感元件输出的物理量转换成适合于传输或测量的电信号的元件。

(3) 测量电路。测量电路将转换元件输出的电信号进行标准化处理，如放大、滤波、补偿、线性化等，测量电路也称为变送器。

(4) 辅助电源。辅助电源可为转换元件和测量电路提供工作电源，使其输出电信号的能源具有一定的功率。

2. 传感器的分类

(1) 按被测量划分。传感器的被测量可以是物理量、化学量、生物量等非电量。

(2) 按能量传递方式划分。传感器按能量传递方式的不同可分为有源传感器和无源传感器。

(3) 按输出信号性质划分。传感器按输出信号性质的不同可分为模拟量传感器和数字量（开关量）传感器。

3. 开关量传感器的输出

开关量传感器（磁性开关、光电开关、光纤传感器、电感式接近开关等）的输出方式如图 0-34 所示。由图 0-34 可见，除了磁性开关的输出为二线式外（棕+、蓝-），电感式接近开关、光电开关均为三线式（NO 型输出：棕+、蓝-、黑；NC 型输出：棕+、蓝-、白）。图 0-33 中的传感器输出连接均为 NPN 型，若采用 PNP 型，则应在电源负极和输出之间接负载。

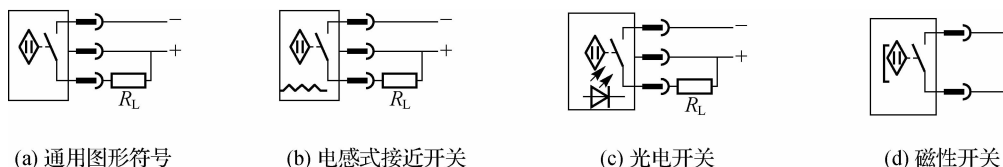


图 0-34 开关量传感器的输出方式

二、YL-335B 中使用的传感器

1. 磁性开关

磁性开关是一种非接触式位置检测开关，这种非接触式位置检测不会磨损和损伤检测对象，响应速度快。磁性开关用于检测磁性物质的存在，安装方式有导线引出型、接插件型、接插件中继型。YL-335B 中使用的磁性开关全部安装在双作用气缸上，这种气缸的活塞（或活塞杆）上安装有磁性物质，在气缸缸筒外面的两端位置各安装一个磁性开关，就可以用这两个磁性开关标识气缸运动的两个



动画
磁感应接近
开关



图 0-35 带磁性开关的双作用气缸的结构

极限位置。带磁性开关的双作用气缸的结构如图 0-35 所示。

磁性开关上设置了 LED，用于显示其信号状态，供调试时使用。磁性开关的内部电路如图 0-36 所示。YL-335B 中使用的磁性开关为两线输出（棕色线和蓝色线），与负载连接时，棕色引出线连接 PLC 的输入端，蓝色引出线连接 PLC 的公共端。

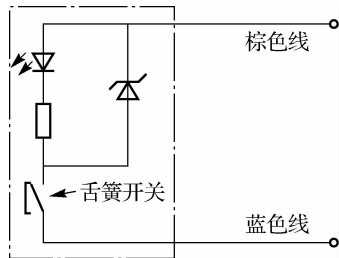


图 0-36 磁性开关的内部电路

2. 电感式接近开关

电感式接近开关是利用电涡流效应制成的有开关量输出的位置传感器。接通电源后，以高频振荡器（LC 振荡器）中的电感线圈作为检测元件的电感式接近开关，向外界发出交变的磁场。当没有金属接近时，此磁场不发生变化，即没有输出信号；当有金属接近时，磁场会在金属上形成电涡流效应（此时金属就像多个层叠的线圈），由此感应出新的磁场，两个磁场相互作用，使合成磁场的幅值和频率都发生变化，这一变化被电感式接近开关的内部电路所识别，经过整形和放大对外输出开关量信号，从而达到检测的目的。电感式接近开关的工作原理框图如图 0-37 所示。



图文
涡流效应

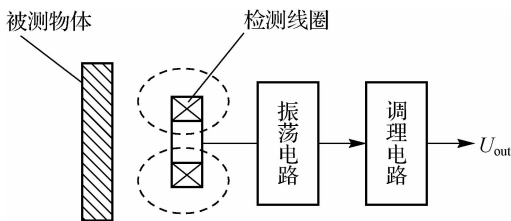


图 0-37 电感式接近开关的工作原理框图

3. 光电开关

光电开关即光电式传感器，是利用光的各种性质，检测物体的有无和表面状态变化等的传感器。其中，输出形式为开关量的光电开关主要由光发射器和光接收器构成。如果光发射器发射的光线因检测物体不同而被遮挡或反射时，到达光接收器的光量将会发生变化。光接收器的敏感元件将检测出这种变化，并转换为电气信号后进行输出。光电开关大多使用红外光。按照光接收器接收光的方式不同，光电开关可分为对射式、反射式和漫射式三种，如图 0-38 所示。

漫射式光电开关是利用光照射到被测物体上后反射回来的光线工作的，由于物体反射的光线为漫射光，故称为漫射式光电开关。它的光发射器与光接收器处于同一侧位置，且为一体化结构。在工作时，光发射器始终发射检测光，若前方一定距离内没有物体，则没有光被反射到接收器，光电开关处于常态而不动作；反之，若光电开关的前方一定距离内出现物体，只要反射回来的光的强度足够，则接收器接收到足够的漫射光，就会使光电开关动作而改变输出的状态。