

# 自动化生产线安装 与调试

---

● 主 编 单侠芹

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 自动化生产线安装与调试

主 编 单侠芹

副主编 李 坤 孔喜梅

参 编 滕士雷 陈洪伟 梁广雨

主 审 邵泽强

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书采用项目化教学形式,对自动线设备组装与调试的知识、技能进行重新构建,突出学生的技能培养,力争学做一体,条理清晰、通俗易懂。本书共设置了8个实践操作项目,每个项目包含多个任务,引导学生掌握自动线设备的组装技术及工艺,传感器与气动元件的选用和调节方法,电路和气路的连接方法及规范要求,PLC程序的编写与调试及故障分析与排查方法,人机界面的应用,PLC、变频器网络通信技术及系统整体调试技术,强化学生工艺训练和技能水平。本书中给出了详细的工作流程、标准和故障排除实例,帮助学生更好地掌握应用技能。

本书可供高等学校机电技术类、电气技术类、电工电子技术类相关专业的学生使用,也可作为高等院校学生以及工程技术人员提升技能水平的参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

自动化生产线安装与调试 / 单侠芹主编. —北京:北京理工大学出版社, 2019.1  
ISBN 978-7-5682-6617-8

I. ①自… II. ①单… III. ①自动生产线-安装②自动生产线-调试方法 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 006237 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 431 千字

版 次 / 2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 69.00 元



责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# 前 言

本书将机械设备安装与维护技术、传感检测技术、气动控制技术、电工电子技术、触摸屏应用技术、PLC 应用技术、电气传动技术、网络通信技术课程进行有机融合，以“工学结合、项目引导、教学做一体化”为原则，以培养人才为目标，以技能培养和工程应用能力的培养为出发点编写而成的。

本书以典型的自动线设备为载体，按照“行动导向”的原则，将机械安装、电路与气路的安装与调试、程序编写及元器件的参数设置、运行与调试作为自动线安装与调试的典型工作任务。在这些工作任务中融入自动线及其各装置的结构、工作原理和工作过程，气动和电气控制系统工作原理，程序编写思路和方法，元器件的作用、工作原理和参数设置等必需的专业知识。从生产实际出发，对常见的设备故障进行分析，以培养学生分析、解决实际问题的能力和进行机电系统设计的能力。

本书共分为 8 个项目，主要内容包括：认识自动化生产线，自动供料系统的安装与调试，物料分拣系统的安装与调试，网络控制技术和人机界面的应用等，每个项目都由不同的任务组成。

本书由单侠芹担任主编，由李坤、孔喜梅担任副主编，参与编写的有滕士雷、陈洪伟、梁广雨。具体编写分工为：单侠芹编写项目一～项目三；李坤编写项目六；孔喜梅编写项目七；滕士雷编写项目八；陈洪伟编写项目四；梁广雨编写项目五。本书由单侠芹负责全书统稿，邵泽强主审。在编写过程中得到了上述作者单位的大力支持，在此向所有支持、帮助本书编写工作的单位和人员表示衷心的感谢！

本书虽经多次修改，但由于编者水平有限，难免有不足与疏漏之处，敬请广大读者和专家批评指正。

编 者

# 目 录

项目一 走进自动化生产线 .....	1
任务一 认识自动化生产线 .....	1
一、自动化生产线的应用 .....	1
二、自动化生产线的发展概况 .....	2
三、传感检测技术在自动生产线中的应用 .....	2
四、气动技术在自动化生产线中的应用 .....	4
五、网络通信技术 .....	10
任务二 认识 PLC 控制系统 .....	12
一、了解 PLC 控制技术 .....	12
二、认识三菱 FX 系列 PLC .....	12
三、三菱 PLC 的基本指令 .....	16
四、三菱 PLC 的通信接口 .....	19
任务三 认识自动化生产线实训设备 .....	23
一、设备的基本组成及功能 .....	23
二、设备相关技术 .....	24
项目二 自动供料单元安装与调试 .....	28
任务一 供料单元机械结构的安装 .....	29
一、任务要求 .....	29
二、相关知识 .....	29
三、任务准备 .....	31
四、任务实施 .....	33
五、任务评价 .....	34
任务二 供料单元气动回路连接与调试 .....	35
一、任务要求 .....	35
二、相关知识 .....	35
三、任务准备 .....	38
四、任务实施 .....	39
五、任务评价 .....	42
任务三 供料单元电气控制线路连接与调试 .....	42
一、任务要求 .....	42
二、相关知识 .....	42
三、任务准备 .....	51

四、任务实施	52
五、任务评价	57
任务四 供料单元程序设计与调试	58
一、任务要求	58
二、相关知识	59
三、任务实施	60
四、任务评价	62
项目三 加工冲压单元的安装与调试	64
任务一 加工单元的机械安装	65
一、任务要求	65
二、相关知识	65
三、任务准备	68
四、任务实施	69
五、任务评价	71
任务二 加工单元的气动回路连接与调试	72
一、任务要求	72
二、相关知识	72
三、任务实施	74
四、任务评价	75
任务三 加工单元的电路连接与调试	76
一、任务要求	76
二、相关知识	76
三、任务实施	77
四、任务评价	78
任务四 加工单元的 PLC 编程与调试	79
一、任务要求	79
二、相关知识	79
三、任务实施	82
四、任务评价	84
项目四 工件装配单元的安装与调试	85
任务一 装配单元的机械安装	86
一、任务要求	86
二、相关知识	86
三、任务准备	90
四、任务实施	91
五、任务评价	95
任务二 装配单元的气动控制回路连接与调试	96
一、任务要求	96
二、相关知识	96

三、任务实施 .....	99
四、任务评价 .....	100
任务三 装配单元的电路连接与调试 .....	101
一、任务要求 .....	101
二、相关知识 .....	101
三、任务实施 .....	103
四、任务评价 .....	106
任务四 装配单元程序设计与调试 .....	107
一、任务要求 .....	107
二、相关知识 .....	107
三、任务实施 .....	110
四、任务评价 .....	114
项目五 自动分拣单元的安装与调试 .....	115
任务一 分拣单元的机械安装与气动控制回路连接 .....	116
一、任务要求 .....	116
二、相关知识 .....	116
三、任务准备 .....	118
四、任务实施 .....	120
五、任务评价 .....	125
任务二 定时定位分拣装置的编程与调试 .....	126
一、任务要求 .....	126
二、相关知识 .....	126
三、任务实施 .....	134
四、任务评价 .....	140
任务三 自动分拣装置精确定位的编程及调试 .....	141
一、任务要求 .....	141
二、相关知识 .....	141
三、任务实施 .....	145
四、任务评价 .....	150
任务四 工件移动速度的模拟量控制的编程与调试 .....	151
一、任务要求 .....	151
二、相关知识 .....	151
三、任务实施 .....	156
四、任务评价 .....	158
任务五 FX3U 系列 PLC 与变频器串行数据通信 .....	159
一、任务要求 .....	159
二、相关知识 .....	159
三、任务实施 .....	169
四、任务评价 .....	173

项目六 搬运输送单元的组装与调试 .....	175
任务一 输送单元机械安装与调整 .....	176
一、任务要求 .....	176
二、相关知识 .....	176
三、任务准备 .....	179
四、任务实施 .....	181
五、任务评价 .....	186
任务二 输送单元搬运机械手单步动作测试 .....	187
一、任务要求 .....	187
二、相关知识 .....	188
三、任务实施 .....	189
四、任务评价 .....	192
任务三 搬运机械手装置的定位控制 .....	193
一、任务要求 .....	193
二、相关知识 .....	193
三、任务实施 .....	203
四、任务评价 .....	210
项目七 自动线系统的整体控制 .....	212
任务一 两个三菱 FX 系列 PLC 的通信控制 .....	212
一、任务要求 .....	212
二、相关知识 .....	212
三、任务实施 .....	216
四、任务评价 .....	217
任务二 N:N 网络系统整体运行控制 .....	218
一、任务要求 .....	218
二、相关知识 .....	219
三、任务实施 .....	223
四、任务评价 .....	231
项目八 人机界面的应用与调试 .....	233
任务一 分拣单元的触摸屏监控系统设计与调试 .....	233
一、任务要求 .....	233
二、相关知识 .....	234
三、任务实施 .....	240
四、任务评价 .....	253
任务二 自动化生产线全线运行的人机界面监控 .....	254
一、任务要求 .....	254
二、相关知识 .....	255
三、任务实施 .....	255
四、任务评价 .....	260



附录一 三菱 FX 常用的内部软元件 .....	262
附录二 三菱 FX3U PLC 的指令列表 .....	265
附录三 自动线设备安装与调试常用图形符号 .....	273
一、电气元件图形符号 .....	273
二、气动元件图形符号 .....	275
附录四 三菱 FR-E740 型变频器的参数 .....	278
参考文献 .....	283

# 项目一 走进自动化生产线

## 任务一 认识自动化生产线

自动化生产线是由工件传送系统和控制系统，将一组自动机床和辅助设备按照工艺顺序连接起来，自动完成产品全部或部分制造过程的生产系统，简称自动线。自动线是由电机、电磁阀、气动、液压等各种执行装置驱动，再经过像传感器、仪器仪表等检测装置进行进程、状态的判别，通过 PLC 等工控处理器的逻辑运算处理后输出。

从自动化生产线的概念可以获悉，自动生产线要求能够自动地完成预定的各道工序及其工艺工程，使产品成为合格的制品，包括装卸工件、定位夹紧、工件输送、工件分拣、工件包装等都能按照一定的顺序自动地进行。

### 一、自动化生产线的应用

采用自动线进行生产的产品应有足够大的产量；产品设计和工艺应先进、稳定、可靠，并在较长时间内保持基本不变。在大批、大量生产中采用自动线能提高劳动生产率，稳定和提高产品质量，改善劳动条件，缩减生产占地面积，降低生产成本，缩短生产周期，保证生产均衡性，有显著的经济效益。

自动生产线在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动进行操作或控制的过程，其目标是“稳，准，快”。自动化技术广泛用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务和家庭等方面。采用自动化生产线不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来，还极大地提高了劳动生产率。图 1-1 所示为一些常见的自动化生产线。



图 1-1 常见的自动化生产线

(a) 眼镜片的全自动化生产线；(b) 手机组装自动化生产线

## 二、自动化生产线的发展概况

自动线涉及的技术领域很广，所以它的发展和完善与各种相关技术的进步是相互渗透、紧密相连的。人们要了解自动线的发展，就必须了解与之相关技术的发展，这些技术的不断更新推动了自动化生产线的进步。自动化相关技术见表 1-1。

表 1-1 自动线相关技术

相关技术	技术说明
可编程控制器 (PLC)	它是一种以顺序控制为主、回路调节为辅的工业控制机，不仅能完成逻辑判断、定时、计数、记忆和算术运算等功能，而且能大规模地控制开关量和模拟量，克服了工业控制计算机用于开关控制系统所存在的编程复杂、非标准外部接口的配套复杂及其资源未能充分利用而导致功能过剩、造价昂贵、对工程现场环境适应性差等缺点。 由于可编程控制器具有一系列优点，因而代替了许多传统的顺序控制器，如继电器控制逻辑等，并广泛应用于自动线的控制
机器人技术	机械手在自动线中的装卸工件、定位夹紧、工件在工序间的输送、加工余料的排除、加工操作、包装等部分得到广泛使用。智能机器人不但具有运动操作技能，而且还有视觉、听觉、触觉等感觉的辨别能力，具有判断、决策能力，还能使用自然语言
传感技术	随着材料科学的发展，传感器技术形成并建立了一个完整的独立科学体系，尤其是带处理器的“智能传感器”在自动生产线的生产中监视着各种复杂控制程序，起着尤为重要的作用
气动技术	由于使用的是取之不尽的空气作为介质，具有传动反应快、动作迅速、气动元件制作容易、成本小、便于集中供应和长距离输送等优点，而引起人们的普遍重视。气动技术已经发展成为了一个独立的技术领域。在各行各业中，特别是自动线中得到迅速发展和广泛应用
网络技术	网络技术的飞跃发展，无论是现场总线还是工业以太网，使自动线中的各个控制单元构成一个谐调运转的整体

总之，所有这些支持自动线的机电一体化技术的进一步发展，使得自动线功能更加齐全、完善、先进，从而能完成技术性更加复杂的操作和生产线装配工艺要求更高的产品。

## 三、传感检测技术在自动生产线中的应用

传感器是能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件、转换电路和调理电路组成。在生产线的自动化过程中，传感器起着重要的作用，它向控制器提供系统的实时信号。

传感器的敏感元件是用来直接感受被测量，并输出与被测量成某一关系的物理量的元件，其转换元件则把敏感元件的输出信号转换为电信号，如电流、电压。传感器的组成如图 1-2 所示。

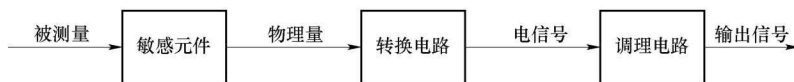


图 1-2 传感器基本组成

传感器常用的分类方法主要有如下几种：

- ① 按被测量性质分类，可分为位移、力、速度、温度等传感器。
- ② 按工作原理分类，可分为电阻式、电容式、电感式、霍尔式、光电式、热电偶式等传感器。
- ③ 按传感器输出信号的性质分类，可分为数字量（包括开关量输出）传感器和模拟量传感器。

在各类传感器中，有一种对接近它的物件有“感知”能力的元件，即接近传感器。接近传感器是代替限位开关等接触式检测方式，以无须接触检测对象进行检测为目的的传感器的总称，其可将检测对象的移动信息和存在信息转换为电气信号。接近传感器的种类很多，常用的有光电式接近传感器、电感式接近传感器、电容式接近传感器和霍尔式接近传感器等，通常不同的接近传感器所能识别的物体材质也是不同的。

### 1. 电感式接近传感器

电感式接近传感器利用金属导体靠近磁场时产生的涡流效应来工作的，所以这种接近传感器所检测的物体必须是金属导体。电涡流效应是指，当金属物体处于一个交变的磁场中，在金属内部会产生交变的电涡流，该涡流又会反作用于产生它的磁场。如果这个交变的磁场是由一个电感线圈产生的，则这个电感线圈中的电流就会发生变化，用于平衡涡流产生的磁场。

利用这一原理，以高频振荡器（LC 振荡器）中的电感线圈作为检测元件，当被测金属物体接近电感线圈时产生了涡流效应，引起振荡器振幅或频率的变化，由传感器的信号调理电路（包括检波、放大、整形、输出等电路）将该变化转换成开关量输出，从而达到检测目的。电感式接近传感器工作原理如图 1-3 所示。

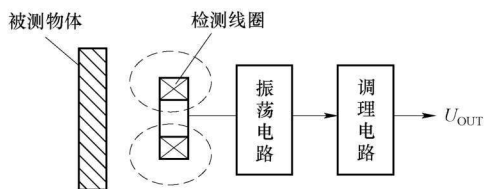


图 1-3 电感式接近传感器原理图

### 2. 电容式接近传感器

将被测物理量或机械量转换成为电容量变化的一种转换装置，实际上就是一个具有可变参数的电容器。电容式接近传感器广泛用于位移、角度、振动、速度、压力、成分分析、介质特性等方面的测量，最常用的是平行板型电容器或圆筒型电容器。电容式接近传感器的测量头是构成电容器的一个极板，而另一个极板是开关的外壳。这个外壳在测量中通常是接地或与设备相连。当物体移向接近传感器时，由于它的接近总会使电容的介电常数发生变化，从而使电容量发生变化，使得和测量头相连的电路状态也发生变化，由此可控制开关的接通或断开。

### 3. 霍尔式接近传感器

霍尔式接近传感器是利用霍尔效应工作的一种磁性接近传感器，具有无触点、功耗低、寿命长、响应频率高等特点，属于磁电转换元件，故只能用于磁性物质的检测，可用于压力、位置、位移、速度等的测量。

### 4. 光电式接近传感器

光电式接近传感器是利用光电效应工作的传感器，可以检测物体的有无和表面状态的变化，因此可用于任何材质物体的检测。但对于同种材料、不同颜色的物体来说，光电式接近传感器对它们的敏感程度是不一样的。例如，漫射型光电式接近传感器对红色物体就

比对表面吸收光的黑色物体敏感得多。

光电式接近传感器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掩或反射，到达光接收器的量将会发生变化。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，进行输出。

按照接收器接收光的方式的不同，有反射式、对射式和漫射式 3 种，其工作原理如图 1-4 所示。

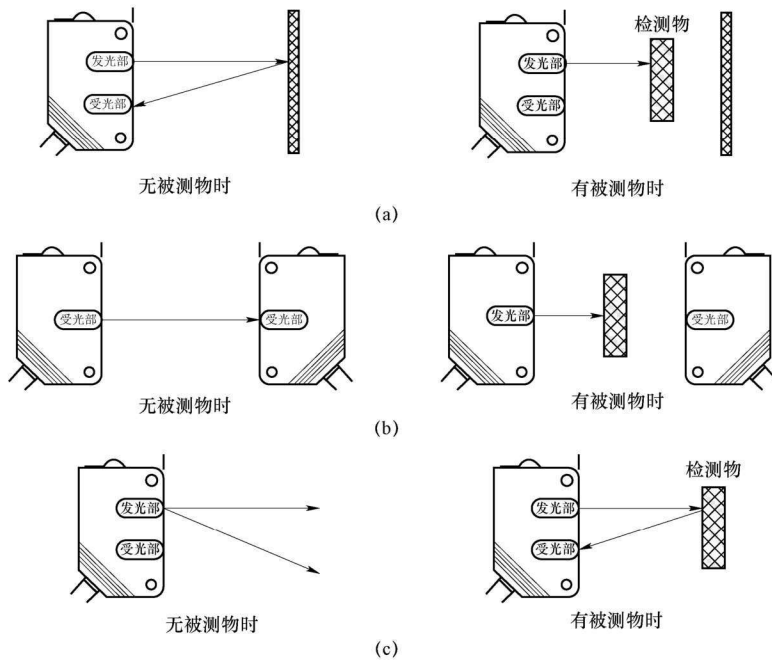


图 1-4 光电式接近传感器的工作原理

(a) 反射式光电传感器工作原理；(b) 对射式光电传感器工作原理；(c) 漫射式光电传感器工作原理

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

在自动线中，在选用传感器时应当综合考虑各项指标的内在要求。首先检测要求要在该传感器的应用范围内，然后再综合考虑传感器的一些参数，包括传感器的检测距离、工作电压、负载电流、负载形式（直流、交流、电阻）、输出类型等，负载和传感器的输出类型要匹配，如 NPN 型输出的传感器，PLC 的输入端为漏型接法，否则很容易损坏接近传感器，其他的一些辅助参数，如工作频率、环境温度等，在选用时也应综合考虑在内。

#### 四、气动技术在自动化生产线中的应用

气动技术是以压缩空气作为动力源，进行能量传递或信号传递的工程技术，是实现各

种生产控制、自动控制的重要手段之一，气动技术在工业生产中应用非常广泛，一般自动化生产线上都安装许多气动器件，可归为气源及其处理装置、控制元件、执行元件等，气源处理装置用于向设备提供气源，控制元件用于控制气动执行元件的动作，执行元件用于完成机械动作。气动技术在 YL-335B 自动化生产线上的应用详见各章节。

### 1. 认识气动执行元件

气动执行元件是将气体能转换成机械能以实现往复运动或回转运动的执行元件，在自动化生产线中有着广泛应用，是实现机械运动的执行机构，有气缸、气动马达等。人们从每个气动执行元件的型号和铭牌参数可以查到其空间尺寸、动力特性、控制特性、安装方式和配件信息等相关设计要素。因此，在使用时，应考虑整体设备的机械结构、控制信号特性、功能特性等各方面内容。如图 1-5 所示的气缸型号，其包含了如下信息：带内置磁环，基本型安装，行程为 30 mm，缸径为 16 mm。表 1-2 为气缸选型的要素说明。

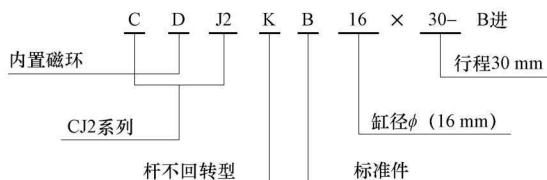


图 1-5 气缸型号的意义

表 1-2 气缸选型要素说明

要素名称	基本原则	选择方法
类型的选择	根据工作要求和条件进行选择	① 要求气缸到达行程终端无冲击现象和撞击噪声，应选择缓冲气缸； ② 要求重量轻，应选轻型缸；要求安装空间窄且行程短，可选薄型缸； ③ 有横向负载，可选带导杆气缸；要求制动精度高，应选锁紧气缸； ④ 不允许活塞杆旋转，可选具有杆不回转型气缸；高温环境下需选用耐热缸； ⑤ 在有腐蚀环境下，需选用耐腐蚀气缸； ⑥ 在有灰尘等恶劣环境下，需要活塞杆伸出端安装防尘罩
安装形式	根据安装位置、使用目的等因素决定	① 在一般情况下，采用固定式气缸； ② 在需要随工作机构连续回转时，应选用回转气缸； ③ 在要求活塞杆除直线运动外，还需做圆弧摆动时，则选用轴销式气缸； ④ 有特殊要求时，应选择相应的特殊气缸
作用力的大小（即缸径的选择）	根据负载力的大小来确定。一般均按外载荷理论平衡条件所需气缸作用力，使气缸输出力稍有余量	① 选择缸径适中：缸径过小，输出力不够；但缸径过大，使设备笨重，成本提高，又增加耗气量，浪费能源； ② 在夹具设计时，应尽量采用扩力机构，以减小气缸的外形尺寸
活塞行程	与使用的场合和机构的行程有关，但一般不选满行程，以防止活塞和缸盖相碰	按计算所需的行程留有一定余量，如用于夹紧机构等，应按计算所需的行程增加 10~20 mm 的余量

续表

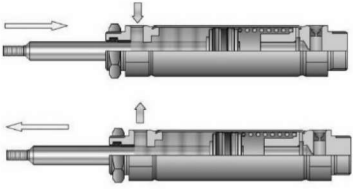
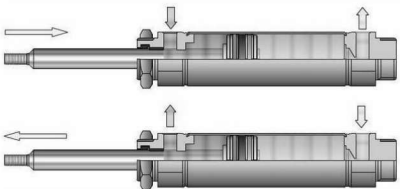
要素名称	基本原则	选择方法
活塞的运动速度	主要取决于气缸输入压缩空气流量、气缸进排气口大小及导管内径的大小。气缸运动速度一般为 50~800 mm/s, 要求高速运动时应取大值	① 对高速运动气缸, 应选择大内径的进气管道; ② 对于负载有变化的情况, 为了得到缓慢而平稳的运动速度, 可选用带节流装置的阻尼缸, 则较易实现速度控制; ③ 选用节流阀控制气缸速度时需注意: 水平安装的气缸推动负载时, 推荐用排气节流调速; 垂直安装的气缸举升负载时, 推荐用进气节流调速; ④ 要求行程末端运动平稳避免冲击时, 应选用带缓冲装置的气缸

在实际设计或学习中使用气缸时, 可参考如下步骤进行选择。

1) 根据操作形式选定气缸类型

气缸操作方式有双动、单动弹簧压入及单动弹簧压出等三种方式对输出力和运动速度要求不高的场合(价格低、耗能少), 可考虑用单作用气缸, 其他的情况一般采用双作用气缸, 相同体积下, 采用单作用气缸所获得的行程会偏小(内部有弹簧), 因此更适合小行程, 见表 1-3。

表 1-3 单、双作用气缸的原理及特点






气缸操作方式	单动弹簧压入	双动
标准单作用和双作用气缸剖面图		
工作原理	压缩空气只能在一个方向上控制气缸活塞的运动, 活塞的反向动作则靠一个复位弹簧或施加外力来实现	通过无杆腔和有杆腔交替进气和排气, 活塞杆伸出和缩回, 气缸实现往复直线运动
特点	① 结构简单, 耗气量小; ② 气缸行程相对双作用小, 其行程长度一般在 100 mm 以内; ③ 行程随弹簧的变形而变化; ④ 活塞杆的输出力比双作用缸小	① 结构简单, 输出力稳定; ② 行程可根据需要选择; ③ 回缩时压缩空气的有效作用面积较小, 产生的力要小于伸出时产生的推力

因此, 单作用气缸多用于行程较短以及对活塞杆输出力和运动速度要求不高的场合。

2) 根据用途选定气缸类别

基于对气缸在动力特性或空间布局方面的应用特长, 人们在选用气缸时, 首先从空间要求、输出力的要求和精度要求等方面确定基本类别, 常用的气缸类别及其特性见表 1-4。

表 1-4 常用的气缸类别及特性

笔形气缸	薄型气缸	摆动气缸	气动手指	无杆气缸
				
重量轻、体积小、输出力小、精度不高	结构紧凑、重量轻、占用空间小、输出力较大	适用于在需要摆动或转动的场合	在需要夹取工件时，一般用气动夹爪气缸	安装空间小，一般需要和导引机构配套，定位精度也比较高

一般在高精度要求时还可以采用滑台气缸（将滑台与气缸紧凑组合的一体化的气动组件），工件可安装在滑台上，通过气缸推动滑台运动，适用于精密组装和定位、传送工件等；既要求精度高又要求承接负载力大时，还可以选用导杆气缸。

3) 根据使用环境与工作要求确定缸径和行程

供应到气缸的压缩空气的压力是由空压机经过气源处理装置后供给，气源处理装置可以是三联件或二联件，可以根据实际情况进行选择，在 YL-335B 自动化生产线上使用的是二联件，由气源处理组件气动二联件调节后的空气压力为 0.0~1.0 MPa，实际选用时，为保障设备气压足够，可以调整到 0.3~0.8 MPa。双作用气缸伸出力和缩回力理论值计算公式如下，其中， $D$  气缸缸径和  $d$  气缸杆径参见图 1-6 双作用气缸结构示意图。

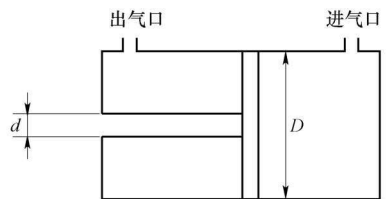


图 1-6 双作用气缸结构示意图

气缸伸出力理论值：

$$F(\text{伸出}) = \frac{\pi \times D^2 \times p}{4} \text{ (N)}$$

气缸缩回力理论值：

$$F(\text{缩回}) = \frac{\pi \times (D^2 - d^2) \times p}{4} \text{ (N)}$$

式中  $\pi$ ——圆周率（取 3.14）；

$D$ ——气缸缸径（单位：mm）；

$d$ ——气缸杆径（单位：mm）；

$p$ ——工作压强（单位：MPa），根据气源供气条件，应小于减压阀进口压强的 85%。

气缸在实际的工作中，会受到阻力的作用，气缸实际输出力  $N = A \cdot F$ ，其中  $A$  是安全系数，也称负载率。气缸实际负载是由工况决定的，在不同的速度要求和负载情况下，负载率也会发生变化，对于静负载（顶料、夹料等），负载率较大，负载实际接收到的力相对就较大，当气缸运行速度不断增大时，负载率也会不断减小，如速度为 50~500 mm/s 范围



内的水平或垂直动作时，负载率  $A \leq 0.5$ ；当速度大于 500 mm/s 时，阻力加大，负载率  $A \leq 0.3$ 。由此可见，负载率与负载、气缸缸径、运行速度和气压等很多因素有关。因此，通常不会定量地去衡量气缸的实际输出力，在选择输出力时，可根据经验所需的输出力粗略判断。表 1-5 为双动气缸的输出力表。

表 1-5 双动气缸输出力

缸径 /mm	工作速度 = 50~500 mm/s 时的实际输出力/kg					根据公式算出来的理论输出力/kg				
	使用空气压力/MPa					使用空气压力/MPa				
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
6	0.43	0.57	0.71	0.85	0.99	0.85	1.13	1.41	1.7	1.98
10	1.18	1.57	1.97	2.36	2.75	2.36	3.14	3.93	4.71	5.5
12	1.7	2.26	2.83	3.39	4	3.39	4.52	5.65	6.78	7.91
16	3.02	4.02	5.05	6.05	7.05	6.03	8.04	10.1	12.1	14.1
20	4.71	6.3	7.85	9.4	11	9.42	12.6	15.07	18.8	22
25	7.35	9.8	12.3	14.7	17.2	14.7	19.6	24.5	29.4	34.4
32	12.1	16.1	20.1	24.2	28.2	24.1	32.2	40.2	48.3	56.3
40	18.9	25.2	31.4	37.7	44	37.7	50.3	62.8	75.4	88
50	29.5	39.3	49.1	58.5	68.5	58.9	78.5	98.2	117	137
63	46.8	62.5	78	92.5	109	93.5	125	156	187	218
80	75.5	101	126	151	176	151	201	251	302	352
100	118	157	197	236	275	236	314	393	471	550
125	184	246	308	368	430	368	491	615	736	859
140	231	308	385	462	539	462	616	770	924	1 078
160	302	402	503	603	704	603	804	1 005	1 206	1 407
180	382	509	636	764	891	763	1 018	1 272	1 527	1 781
200	471	629	764	943	1 100	942	1 527	1 571	1 885	2 199
250	737	982	1 227	1 473	1 718	1 473	1 963	2 454	2 945	3 436
300	1 061	1 414	1 767	2 121	2 474	2 121	2 827	3 534	4 241	4 948

在确定气缸行程时，气缸行程可略小于实际行程，剩余行程可以用相关接头或缓冲装置来补充。在连接有附件的气缸上，还需要考虑附件本身的长度，必要时可以选择行程可调的气缸。

其他特殊情况，则需根据生产的实际要求选用是否带有特殊配置的气缸，如缸的安装方式、缓冲装置、活塞的检测装置、相关接头等。

气缸在使用中应定期检查各部位有无异常现象、各连接部位有无松动等，导杆式气缸的活动部位应定期加润滑油。

## 2. 认识方向控制阀

气缸动作方向的改变是通过方向控制阀来实现的。如气缸的伸出和缩回，其活塞的运