

自动化生产线安装与调试 项目化教程

梁亮 梁玉文 宋宇 ©主编

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

高职高专院校规划教材·精品与示范系列

自动化生产线安装与调试 项目化教程

主 编	梁 亮	梁玉文	宋 宇
副主编	刘 爽	张立娟	
	朴圣良	罗 新	
主 审	张晓娟		

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

内 容 简 介

本教材是吉林电子信息职业技术学院在中国职业技术教育学会科研规划项目课题研究的基础上编写的,是基于工作过程导向,以自动化生产线安装与调试所需知识和技能为学习目标,介绍了自动化生产线上所应用的相关理论技术,包括传感器检测技术、气动检测技术、电动机检测与驱动技术、可编程控制器技术、网络通信技术和人机界面等知识;并紧跟教学改革步伐,将项目化教学应用到实际教学中,以全国职业院校技能大赛指定设备 YL-335B 为实训设备,设计了 6 个技能训练:供料单元、加工单元、装配单元、分拣单元、输送单元的安装与调试以及自动线的联网调试。注重培养学生理论知识应用、实践技能的锻炼和职业素养的提高。本书适合作为高职高专机电一体化技术、电气自动化技术等相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员研究自动化生产线的参考书。

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项目化教程 / 梁亮, 梁玉文, 宋宇主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 8 (2016. 9 重印)

ISBN 978-7-5682-2636-3

I. ①自… II. ①梁… ②梁… ③宋… III. ①自动生产线—安装—高等职业教育—教材 ②自动生产线—调试方法—高等职业教育—教材 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 169462 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 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 405 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 9 月第 2 次印刷

定 价 / 39.80 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

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

Foreword 前言

Foreword

本书作为校企合作、工学结合的特色改革教材，强调专业综合技术应用，注重工程实践能力提高，有利于培养学生分析和解决实际工程应用问题的能力，重点突出对学生职业技能的培养。

本书内容充实，以典型的自动化生产线为载体，遵循从简单到复杂循序渐进的教学规律，将各个项目分解为若干个任务分别详细讲述，使学生易学、易懂、易上手。全书分为三篇：核心技术篇、技能训练篇、实战篇。其中核心技术篇按照自动生产线涉及的相关知识点分块整理、讲解自动生产线中所涉及的相关核心技术，包括：传感器技术、气动技术、电动机控制及驱动技术、可编程控制技术、网络通信技术、人机界面技术等；技能训练篇按照项目化教学的方式将整个生产线分解成若干工作单元，每个单元作为一个小的项目，按照项目导入、资讯、决策、计划、实施、总结与评价的六步法来设计，在项目实施中重点强调项目机械组装、气动回路设计、电气接线、编程调试等内容的实施过程；实战篇是以历年竞赛样题为依据，让学生自己检验自己的学习成果，并为国赛选拔参赛选手提供了很好的训练平台。

本书可作为高职高专、中职中专院校机电、电气自动化等专业相关课程的教材，也可作为应用型本科、职业技能竞赛以及工业自动化技术的相关培训教材，还可作为相关工程技术人员研究自动化生产线的参考书。

本书由吉林电子信息职业技术学院多年教授本课程的专业教师参与编写工作。其中梁亮、梁玉文担任本书的主编，吉林电子信息职业技术学院的刘爽、张立娟、朴圣良、罗新担任本书的副主编，全书由梁亮统稿；模块二中的项目5和项目6由梁亮编写；模块一中的项目1和模块二中的项目1、项目4由梁玉文编写，模块二中的项目2由刘爽编写；模块一中的项目2、项目3、项目5由张立娟编写；模块三由朴圣良编写；模块一中的项目4由罗新编写；模块二中的项目3由吉林电子信息职业技术学院的陈静和高岩编写；参与本书的图文编写、文字整理、素材提供等辅助性工作的有吉林电子信息职业技术学院的王佰红、皮林江、李俊涛、王海浩、田军、马莹莹、于秀娜、刘伟等，参与本书案例及习题准备的还有长春信息技术职业学院的齐赫，吉林城市职业技术学院的孙梅、刘伟等；本书的编写过程中还得到了亚龙公司技术工程师的持续指导和学校领导的支持，在此不一一感谢。全书由张晓娟教授主审。

限于编者的经验、水平，书中难免有不足与缺漏之处，恳请专家、读者批评指正。

编 者

Contents 目录

Contents

模块一 自动化生产线的核心技术

项目 1 传感器检测技术	3
1.1 开关量传感器	3
1.2 数字量传感器	8
1.3 模拟量传感器	11
项目 2 气动控制技术	12
2.1 气动控制系统	12
2.2 气动执行元件	13
2.3 气动控制元件	15
项目 3 电动机控制及驱动技术	22
3.1 交流异步电动机变频控制的认知	22
3.2 步进电动机控制的认知	34
3.3 伺服电动机控制的认知	38
项目 4 PLC 基本知识与通信技术	46
4.1 S7-200 系列 PLC 的结构与认知	46
4.2 MAP 库文件的应用	50
4.3 PLC 的位置控制认知	62
4.4 PLC 位移的测量	65
4.5 PLC 的通信技术	69
项目 5 人机界面及组态技术	79
5.1 认知人机界面	79
5.2 嵌入版工控组态软件的连接	82

模块二 技能训练篇

项目 1 供料单元技能训练	87
1.1 供料单元的控制要求	88
1.2 项目资讯	88
1.3 项目决策与计划	92
1.4 项目实施	92
1.5 项目总结与评价	104
1.6 问题与思考	106
项目 2 加工单元技能训练	107
2.1 加工单元的控制要求	107
2.2 项目资讯	108
2.3 项目决策与计划	110
2.4 项目实施	110
2.5 项目总结与评价	119
2.6 问题与思考	121
项目 3 装配单元技能训练	122
3.1 装配单元的控制要求	123
3.2 项目资讯	123
3.3 项目决策与计划	127
3.4 项目实施	128
3.5 项目总结与评价	138
3.6 问题与思考	140
项目 4 分拣单元技能训练	141
4.1 分拣单元的控制要求	142
4.2 项目资讯	142
4.3 项目决策与计划	145
4.4 项目实施	145
4.5 项目总结与评价	168
4.6 问题与思考	170

项目 5 输送单元技能训练	171
5.1 输送单元的控制要求	172
5.2 项目资讯	174
5.3 项目决策与计划	183
5.4 项目实施	184
5.5 项目总结与评价	202
5.6 问题与思考	204
项目 6 自动生产线全线运行与调试	205
6.1 自动生产线全线运行控制要求	207
6.2 项目资讯	212
6.3 项目决策与计划	218
6.4 项目实施	218
6.5 项目总结与评价	234

模块三 实战篇

项目 1 历年竞赛样题	239
1.1 竞赛设备及工艺过程描述	239
1.2 工作过程概述	239
1.3 需要完成的工作任务	240
1.4 注意事项	248
项目 2 国赛评分标准	253
项目 3 安装技术规范	257
参考文献	267

模块一 自动化生产线的核心技术



项目 1

...

传感器检测技术

学习目标

- (1) 熟悉常用开关量传感器及其应用。
- (2) 熟悉常用数字量传感器及其应用。
- (3) 熟悉常用模拟量传感器及其应用。

项目导入

传感检测技术是实现自动化的关键技术之一。通过传感检测技术能有效实现各种自动化生产设备大量运行信息的自动检测，并按照一定的规律转换成与之相对应的有用电信号进行输出。自动化设备中用于实现以上传感检测功能的装置就是传感器，它在自动化生产线等领域中得到广泛应用。

传感器种类繁多，按从传感器输出电信号的类型不同，可将其划分为开关量传感器、数字量传感器和模拟量传感器。

1.1 开关量传感器

开关量传感器又称为接近开关，是一种采用非接触式检测、输出开关量的传感器。在自动化设备中，应用较为广泛的主要有磁感应式接近开关、电感式接近开关、光电式接近开关和光纤式接近开关等。

1.1.1 磁感应式接近开关

磁感应式接近开关，简称为磁性接近开关或磁性开关，其工作方式是当有磁性物质接近磁性开关传感器时，传感器感应动作，并输出开关信号。图 1-1-1 所示为磁性开关。



图 1-1-1 磁性开关

在自动化设备中,磁性开关主要与内部活塞(或活塞杆)上安装有磁环的各种气缸配合使用,用于检测气缸等执行元件的两个极限位置。这些气缸的缸筒采用导磁性弱、隔磁性强的材料,如硬铝、不锈钢等。在非磁性体的活塞上安装一个永久磁铁的磁环,这样就提供了一个反映气缸活塞位置的磁场。而安装在气缸外侧的磁性开关则是用来检测气缸活塞位置,即检测活塞的运动行程的。为了方便使用,每一磁性开关上都装有动作指示灯。当检测到磁信号时,输出电信号,指示灯亮。磁性开关的安装位置可以调整,调整方法是松开它的紧定螺栓,让磁性开关顺着气缸滑动,到达指定位置后,再旋紧紧定螺栓。同时,磁性开关内部都具有过电压保护电路,即使磁性开关的引线极性接反,也不会使其烧坏,只是不能正常检测工作。

磁性开关有蓝色和棕色两根引出线,使用时蓝色引出线应连接到 PLC 输入公共端,棕色引出线应连接到 PLC 输入端。图 1-1-2 所示为磁性开关安装位置结构及与 PLC 接线。

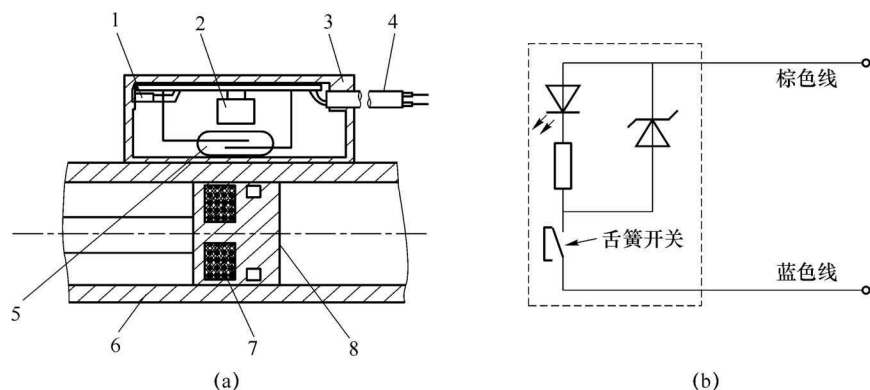


图 1-1-2 磁性开关安装位置结构及与 PLC 接线

(a) 磁性开关安装位置结构示意图; (b) 与 PLC 接线

1—动作指示灯; 2—保护电路; 3—开关外壳; 4—导线; 5—舌簧开关; 6—缸筒; 7—磁环(永久磁铁); 8—活塞

1.1.2 电感式接近开关

电感式接近开关是利用电涡流效应制造的传感器。它由 LC 高频振荡器和放大处理电路组成,利用金属物体在接近时能使其内部产生电涡流,使接近开关振荡能力衰减、内部电路的参数(振幅或频率)发生变化,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,进而控制开关的通断。由于电感式接近开关基于涡流效应工作,因此它检测的对象必须是金属。电感式接近开关对金属比非金属的筛选性能好。图 1-1-3 所示为电感式接近开关的工作原理。

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的一种物理效应。如果这个交变的磁场是由一个电感线

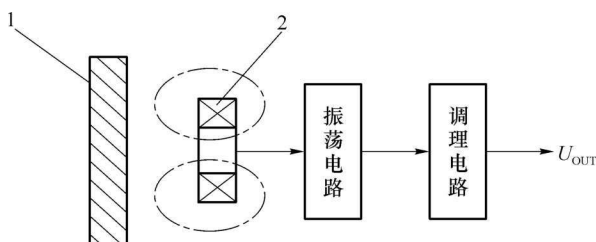


图 1-1-3 电感式接近开关的工作原理

1—被检测物体; 2—传感器

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。

在接近开关的选用和安装中, 必须认真考虑检测距离、设定距离, 保证生产线上的传感器可靠动作。图 1-1-4 所示为检测距离、设定距离的示意图。

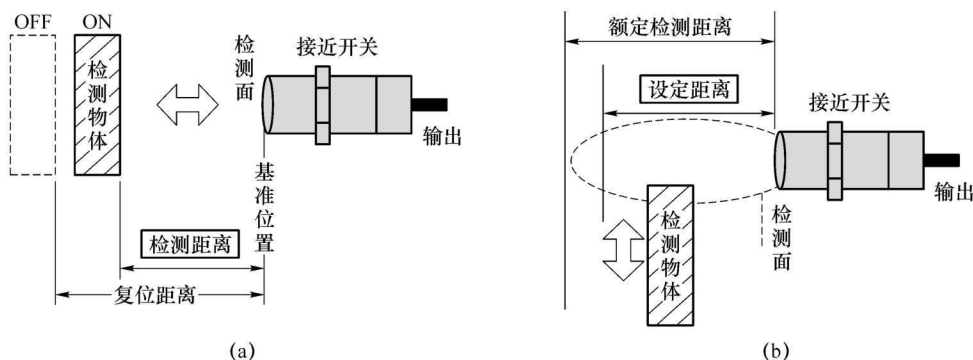


图 1-1-4 检测距离、设定距离的示意图

(a) 检测距离; (b) 设定距离

1.1.3 光电式接近开关

光电式接近开关又称光电传感器, 是利用光电效应制成的开关量传感器, 主要由光发射器和光接收器组成。光发射器和光接收器有一体式和分体式两种。光发射器用于发射红外光或可见光 (主要为红色, 也用绿色、蓝色来判断); 光接收器用于接收发射器发射的光, 并将光信号转换成电信号以开关量形式输出。图 1-1-5 所示为光电式接近开关。按照接收器接收光的方式不同, 光电式接近开关可分为对射式、漫射式和反射式 3 种。这 3 种光电式接近开关的检测原理和方式有所不同。图 1-1-6 所示为不同接收方式的光电式接近开关的检测原理。

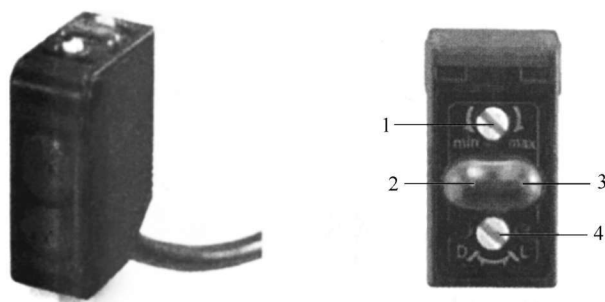


图 1-1-5 光电式接近开关

1—距离设定旋钮 (可旋转 5 周); 2—稳定显示灯 (绿); 3—动作显示灯 (橙); 4—动作转换开关

(1) 对射式光电接近开关的光发射器与光接收器分别处于相对的位置上工作, 根据光路信号的有无来判断信号是否进行输出改变, 图 1-1-6 (a) 所示为对射式光电接近开关的工作原理。此开关常用于检测不透明物体, 对射式光电接近开关的光发射器和光接收器有一体式和分体式两种。

(2) 漫射式光电接近开关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, 故称为漫射式光电接近开关。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, 若接近开关前方一定距离内没有物体, 则没有光被反射到接收器, 接近开关处于常态而不动作; 反之若接近开关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接近开关动作而改变输出状态。图 1-1-6 (b) 所示为漫射式光电接近开关的工作原理。漫反射式光电接近开关的可调性很好, 其敏感度可通过其背后的旋钮进行调节。

(3) 反射式光电接近开关的光发射器与光接收器为一一体化结构, 在其相对的位置上安置一个反射镜, 光发射器发出的光以反射镜是否有反射光线被光接收器接收来判断有无物体, 图 1-1-6 (c) 所示为反射式光电接近开关的工作原理。

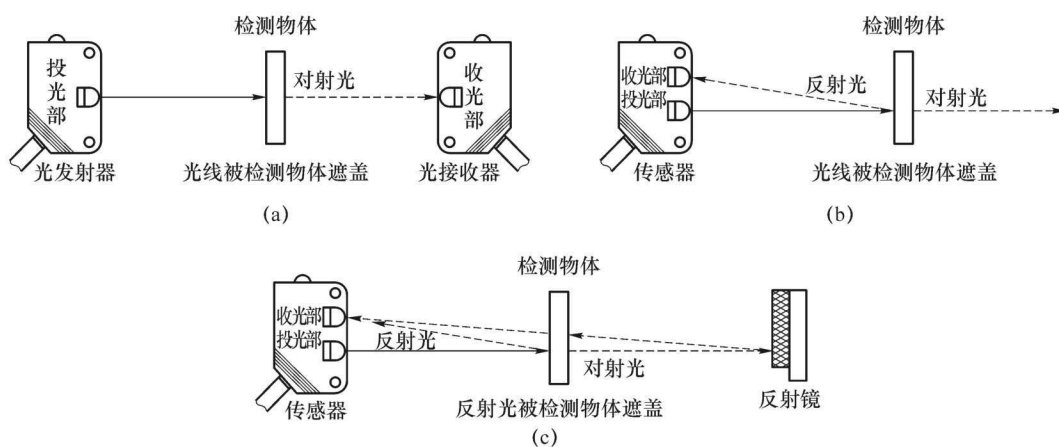


图 1-1-6 不同接收方式的光电式接近开关的检测原理

(a) 对射式光电接近开关; (b) 漫射式光电接近开关; (c) 反射式光电接近开关

光电式接近开关在安装时, 不能安装在水、油、灰尘多的地方, 应避开强光及室外太阳光等直射, 注意消除背景物景的影响。光电式接近开关主要用于自动包装机、自动灌装机、自动封装机、自动或半自动装配流水线等自动化机械装置。

图 1-1-7 所示为 YL-335B 自动生产线中使用的漫反射式光电接近开关的电路, 在该图中, 光电接近开关具有电源极性输出反接保护功能。光电接近开关具有自我诊断功能, 当设置后的环境变化 (温度、压力、灰尘等) 的裕度满足要求时, 稳定显示灯显示 (如果裕度足够, 则亮灯)。当接收光的光敏元件接收到有效光信号时, 控制输出的三极管导通, 同时动作显示灯显示。这样光电接近开关能检测自身的光轴偏离、透镜面 (传感器面) 的污染、地面和背景对其影响、外部干扰的状态等传感器的异常和故障, 有利于进行维护, 以便设备稳定工作, 这也给安装调试工作带来了方便。

如图 1-1-7 所示, 将光电接近开关棕色线接 PLC 输入模块电源 “+” 端, 蓝色线接 PLC 输入模块电源 “-” 端, 黑色线接 PLC 的输入点。

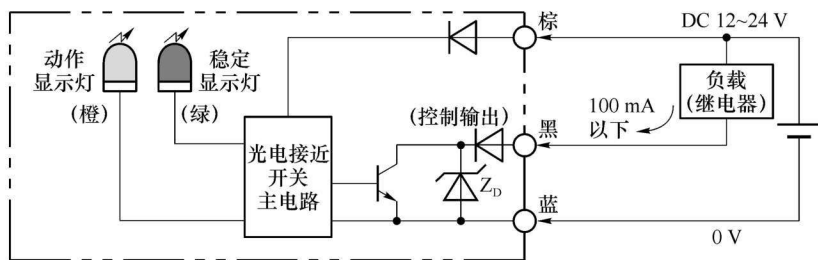


图 1-1-7 YL-335B 自动生产线中使用的漫反射式光电接近开关的电路

1.1.4 光纤式接近开关

光纤式接近开关也称光纤传感器，是光电传感器的一种。光纤传感器具有下述优点：抗电磁干扰、可工作于恶劣环境、传输距离远、使用寿命长，此外，由于光纤检测头具有较小的体积，所以可以安装在空间很小的地方，测量范围广，在自动生产线中得到了广泛应用。

光纤传感器的放大器的灵敏度调节范围较大。当光纤传感器灵敏度调得较小时，对于反射性较差的黑色物体，光电探测器无法接收到反射信号；而对于反射性较好的白色物体，光电探测器可以接收到反射信号。反之，若调高光纤传感器灵敏度，则即使对反射性较差的黑色物体，光电探测器也可以接收到反射信号。

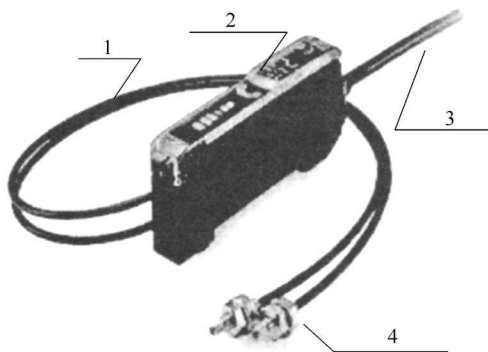


图 1-1-8 光纤传感器组件

1—光纤；2—放大器；3—信号线；4—光纤检测头

光纤传感器由光纤检测头、光纤放大器两部分组成，光纤放大器和光纤检测头是分离的两个部分，光纤检测头的尾端部分分成两条光纤，使用时分别插入放大器的两个光纤孔。光纤传感器组件如图 1-1-8 所示。

光纤传感器单元的俯视图如图 1-1-9 所示，调节其中部的 8 旋转灵敏度高速旋钮就能进行放大器灵敏度调节（顺时针旋转时灵敏度增大）。调节时，会看到“入光量显示灯”发光的变化。当探测器检测到物体时，“动作显示灯”会亮，提示检测到物体。

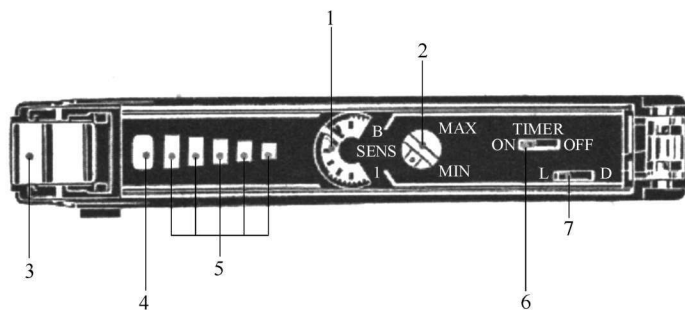


图 1-1-9 光纤传感器单元的俯视图

1—灵敏度旋钮指示器材；2—8 旋转灵敏度高速旋钮；3—固定板钮；4—动作显示灯；5—入光量显示灯；6—定时开关（ON：定时动作；OFF：定时解除）；7—动作状态切换开关 L ON/D. ON 的转换

E3X-NA11 型光纤传感器电路如图 1-1-10 所示,接线时请注意根据导线颜色判断电源极性和信号输出线,切勿把信号输出线直接连接到电源 +24 V 端。

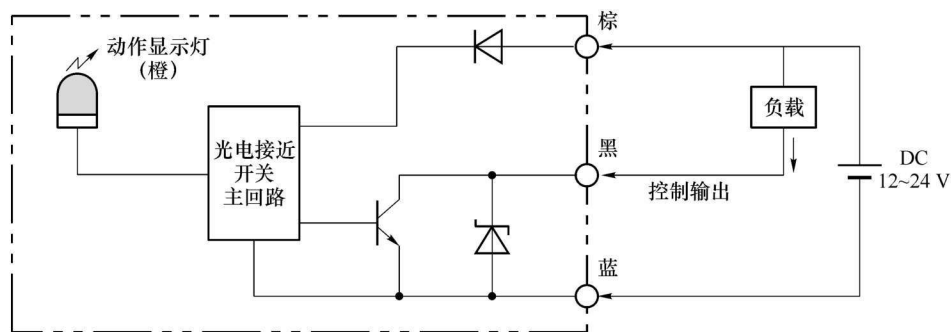


图 1-1-10 E3X-NA11 型光纤传感器电路

1.1.5 接近开关的图形符号

接近开关的图形符号如图 1-1-11 所示,图 1-1-11 (a)、(b)、(c) 三种情况均使用 NPN 型三极管集电极开路输出。如果使用 PNP 型三极管,正负极性应反过来。

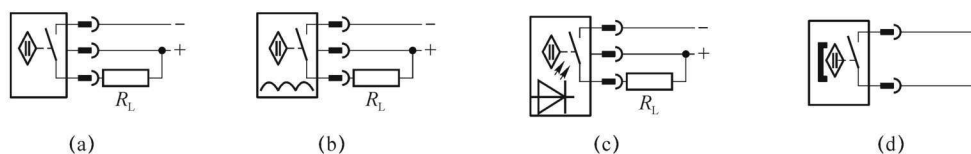


图 1-1-11 接近开关的图形符号

(a) 通用图形符号；(b) 电感式接近开关；(c) 光电式接近开关；(d) 磁感应式接近开关

1.2 数字量传感器

数字量传感器是一种能把被测模拟量直接转换为数字量输出的装置,它可直接与计算机系统连接。数字量传感器具有测量精度和分辨率高、抗干扰能力强、稳定性好、易与计算机接口、便于信号处理和实现自动化测量以及适宜远距离传输等优点,在一些精度要求较高的场合应用极为普遍。工业装备上常用的数字量传感器主要有数字编码器(在实际工程中应用最多的是光电编码器)、数字光栅传感器和感应同步器等。

1.2.1 光电编码器

光电编码器通过读取光电编码盘上的图案或编码信息来表示与光电编码器相连的测量装置的位置信息。图 1-1-12 所示为光电编码器。

根据光电编码器的工作原理,可以将其分为绝对式光电编码器和增量式光电编码器两种。绝对式光电编码器通过读取编码盘上的二进制编码信息来表示绝对位置信息,二进制位数越多,测量精度越高,输出信号线对应越多,结构就越复杂,价格也就越高;增量式光电编码器直接利用光电转换原理输出 A、B 和 Z 相 3 组方波脉冲信号, A、B 两组脉冲相位差

90°,从而可方便地判断出旋转方向,Z相为每转一个脉冲,用于基准点定位,其测量精度取决于码盘的刻线数,但结构相对于绝对式简单,价格便宜。

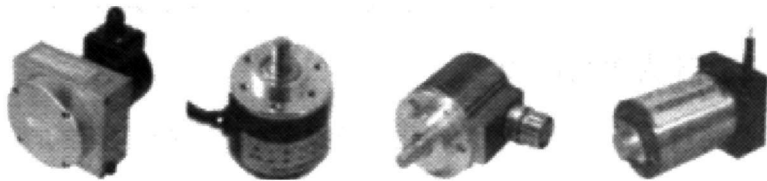


图 1-1-12 光电编码器

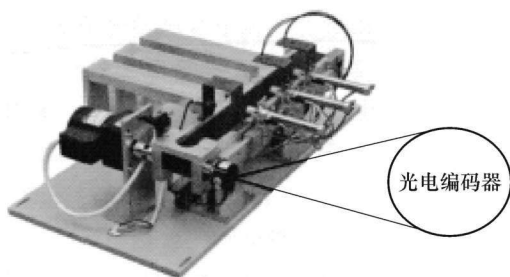


图 1-1-13 光电编码器在分拣单元中的应用

在 YL-335B 生产线的分拣单元的控制中,传送带定位控制是由光电编码器来完成的。同时,光电编码器还要完成电动机转速的测量。图 1-1-13 所示为光电编码器在分拣单元中的应用。光电编码器是通过光电转换,将机械、几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器,它主要用于速度或位置(角度)的检测。典型的光电编码器由码盘(Disk),检测光栅(Mask)、光电转换电路(包括光源、光敏器件、信号转换电路)、机械部件等组成。一般来说,根据光电编码器产生脉冲的方式不同,可以分为增量式、绝对式及复合式三大类,生产线上常采用的是增量式光电编码器,其结构如图 1-1-14 所示。

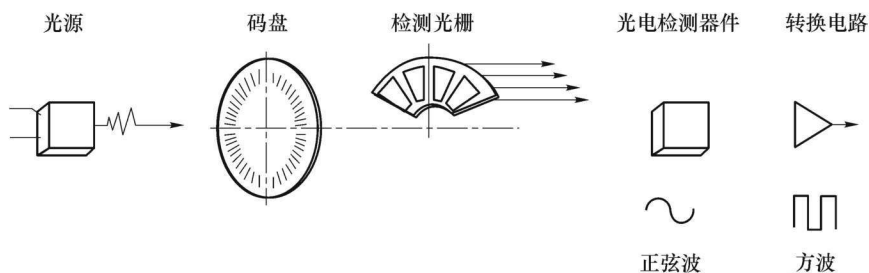


图 1-1-14 增量式光电编码器的结构

光电编码器的码盘条纹数决定了传感器的最小分辨角度,即分辨角 $\alpha = 360^\circ / \text{条纹数}$ 。如条纹数为 500,则分辨角 $\alpha = 360^\circ / 500 = 0.72^\circ$ 。在光电编码器的检测光栅上有两组条纹 A 和 B, A、B 条纹错开 1/4 节距,两组条纹对应的光敏元件所产生的信号彼此相差 90°,用于辨向。此外在光电编码器的码盘里圈有一个透光条纹 Z,用以每转产生一个脉冲,该脉冲成为移转信号或零标志脉冲,其输出波形如图 1-1-15 所示。

YL-335B 分拣单元使用了这种具有 A、B 两相 90°相位差的旋转编码器,用于计算工件在传送带上的位置。编码器直接连接到传送带主动轴上。该旋转编码器的三相脉冲采用 NPN 型集电极开路输出,分辨率 500 线,工作电源 DC 12 ~ 24 V。本节没有使用 Z 相脉冲, A、B 两相输出端直接连接到 PLC 的高速计数器输入端。

计算工件在传送带上的位置时,需确定每两个脉冲之间的距离,即脉冲当量。分拣单元主

动轴的直径为 $d = 43 \text{ mm}$ ，则减速电动机每旋转一周，传送带上工件移动距离 $L = \pi \times d = 3.14 \times 43 = 135.09 \text{ (mm)}$ ，故脉冲当量为 $\mu = L/500 = 0.27 \text{ mm}$ 。

当工件从下料口中心线移动到第一个推料杆中心点的距离为 164 mm 时，旋转编码器发出 607 个脉冲。

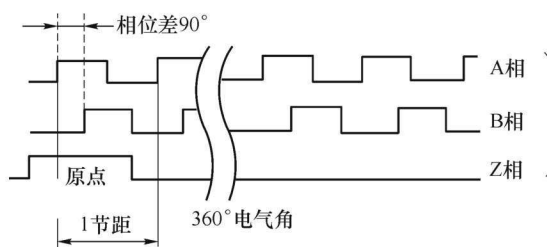


图 1-1-15 增量式光电编码器的输出波形

1.2.2 数字光栅传感器

数字光栅传感器是根据标尺光栅与指示光栅之间形成的莫尔条纹制成的一种脉冲输出数字式传感器。它被广泛应用于数控机床等闭环系统的线位移和角位移的自动检测以及精密测量方面，测量精度可达几微米。图 1-1-16 所示为数字光栅传感器。

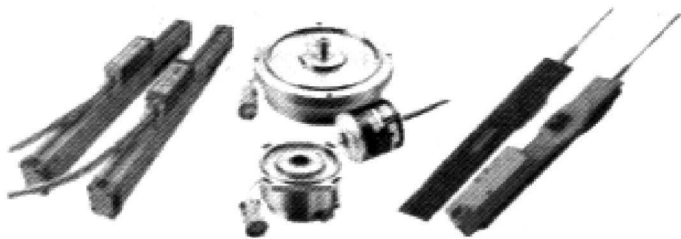


图 1-1-16 数字光栅传感器

数字光栅传感器具有测量精度高、分辨率高、测量范围大、动态特性好等优点，适合于非接触式动态测量，易于实现自动控制，广泛用于数控机床和精密测量设备中。但是数字光栅传感器在工业现场使用时，对工作环境要求较高，不

能承受大的冲击和振动，要求密封，以防尘埃、油污和铁屑等污染，故成本较高。

1.2.3 感应同步器

感应同步器是应用定尺与滑尺之间的电磁感应原理来测量直线位移或角位移的一种精密传感器。由于感应同步器是一种多极感应元件，对误差起补偿作用，所以具有很高的精度。图 1-1-17 所示为感应同步器。

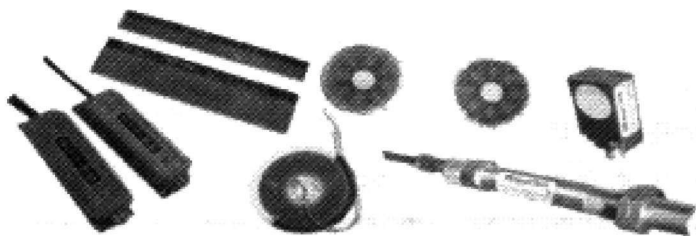


图 1-1-17 感应同步器

感应同步器具有对环境温度和湿度变化要求低、测量精度高、抗干扰能力强、使用寿命长和便于成批生产等优点，在各领域应用极为广泛。直线式感应同步器已经广泛应用于大型精密坐标镗床、坐标铣床及其他数控机床的定位、数控和数显；圆盘式感应同步器常用于雷达天线定位跟踪、导弹制导、精密机床或测量仪器设备的分度装置等领域。