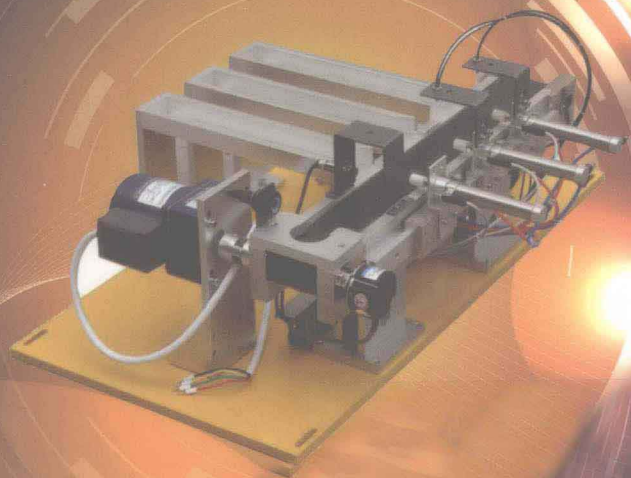


Automation

高职高专自动化类“十二五”规划教材

自动化 生产线技术

吴明亮 樊明龙 主编



化学工业出版社

高职高专自动化类“十二五”规划教材

自动化生产线技术

吴明亮 樊明龙 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材主要内容包括：自动化生产线的认识；自动化生产线的控制单元（包括机械传动机构、传感器、气动控制单元、执行机构、人机界面及组态技术、可编程控制器、工业控制计算机、现场总线技术、变频器、PLC 通信技术）；YL-335B 自动化生产线安装与调试等内容。

本教材的主要特点是系统地介绍了自动化生产线的核心技术，同时兼顾了教育部组织的全国职业院校技能大赛自动化生产线安装与调试竞赛项目的要求，以全国职业院校技能大赛自动化生产线安装与调试指定的典型工作任务为载体，教学内容从理论到实践，循序渐进，通俗易懂。

本书适合作为高职高专机电一体化技术、电气自动化等相关专业的教材，也可作为相关工程技术人员研究自动化生产线的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

自动化生产线技术/吴明亮, 樊明龙主编. —北京:
化学工业出版社, 2011. 8
高职高专自动化类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-11997-1

I. 自… II. ①吴…②樊… III. 自动生产线-高等
职业教育-教材 IV. TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 152572 号

责任编辑：张建茹 刘 哲
责任校对：陈 静

文字编辑：吴开亮
装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 250 千字 2011 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：23.00 元

版权所有 违者必究

高职高专自动化类“十二五”规划教材

编 审 委 员 会

主 任：岳苓水

副 主 任：杨静生 朱凤芝 马应魁 邓 允 王永红 任丽静

委 员：（按姓名汉语拼音排列）

曹雅静	陈昌涛	陈 冬	陈宏希	陈 茹	陈 巍
邓素萍	丁 炜	樊明龙	高恒志	耿惊涛	何志杰
贺正龙	胡 静	胡乃清	黄秋姬	吉 红	匡芬芳
黎洪坤	李长速	李 泉	李忠明	梁 璐	梁晓明
梁艳辉	刘 捷	刘书凯	刘 伟	刘 勇	隆 平
卢永霞	吕志香	马少丽	钱志平	秦 洪	宋国栋
宿 曼	孙艳萍	汤光华	陶 权	汪 红	汪 霞
王凤桐	王惠芳	王 瑾	王晓霞	王银锁	王 雨
吴明亮	仵 征	解丽华	徐咏冬	杨辉静	杨 敏
杨 平	杨 铨	姚瑞英	殷晓安	于秀丽	张 超
张东升	张 宏	张 虎	张 健	张 军	张顺发
张新岭	赵石平	赵晓林	周哲民	邹益民	

前 言

高职高专教材建设是高职院校教学改革的重要组成部分，2009年全国化工高职仪电类专业委员会组织会员学校对近百家自动化类企业进行了为期一年的广泛调研。2010年5月在杭州召开了全国化工高职自动化类规划教材研讨会。参会的高职院校一线教师和企业技术专家紧密围绕生产过程自动化技术、机电一体化技术、应用电子技术及电气自动化技术等自动化类专业人才培养方案展开研讨，并计划通过三年时间完成自动化类专业特色教材的编写工作。主编采用竞聘方式，由教育专家和行业专家组成的教材评审委员会于2011年1月在广西南宁确定出教材的主编及参编，众多企业技术人员参加了教材的编审工作。

本套教材以《国家中长期教育改革和发展规划纲要》及2006年教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》为编写依据。确定以“培养技能，重在应用”的编写原则，以实际项目为引领，突出教材的应用性、针对性和专业性，力求内容新颖，紧跟国内外工业自动化技术的最新发展，紧密跟踪国内外高职院校相关专业的教学改革。

自动化生产线技术是现代工业必不可少的控制技术。掌握自动化生产线的核心技术，熟悉自动化生产线的安装调试方法，是每一位机电类专业技术人员必须具备的基本能力之一。

本书以能力培养为目标，力求突出自动化生产线技术的实用性，系统地介绍了自动化生产线的核心技术，同时兼顾了教育部组织的全国职业院校技能大赛自动化生产线安装与调试竞赛项目的要求，以全国职业院校技能大赛自动化生产线安装与调试指定的典型工作任务为载体，从实际应用角度出发组织教材内容，形成了独特的模块式内容体系，主要内容如下。

模块一：自动化生产线的认识，为读者了解自动化生产线技术、进一步学习自动化生产线进行必要的准备。

模块二：自动化生产线的控制单元，介绍了机械传动机构、传感器、气动控制单元、执行机构、人机界面及组态技术、可编程控制器、工业控制计算机、现场总线技术、变频器、PLC通信技术，为进一步深入学习模块三提供基础。

模块三：YL-335B自动化生产线安装与调试，对YL-335B自动化生产线各组成单元进行了详细的阐述，力求达到学生毕业后能够胜任自动化生产线的安装与调试工作，同时达到教育部组织的全国职业院校技能大赛自动化生产线安装与调试竞赛项目的要求。

本书由吴明亮、樊明龙担任主编，由吴明亮统稿。其中模块二中2.1~2.6由吴明亮编写，模块一以及模块二中2.7、2.8由樊明龙编写，模块二中2.9、2.10由殷晓安编写，模块三由陈冬编写。

本书在编写过程中参阅了大量同行专家的相关书籍以及网上资源，在此向原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

全国化工高职仪电类专业委员会

2011.7

目 录

模块一 自动化生产线的认识	1
1.1 工业生产自动化概述	1
1.2 自动化制造系统	3
1.3 自动化生产线简介	8
模块二 自动化生产线的控制单元	14
2.1 机械传动机构	14
2.2 传感器	17
2.3 气动控制单元	22
2.4 执行机构	42
2.5 人机界面及组态技术	50
2.6 可编程控制器	64
2.7 工业控制计算机	66
2.8 现场总线技术	69
2.9 变频器	73
2.10 PLC 通信技术	77
模块三 YL-335B 自动化生产线安装与调试	88
3.1 YL-335B 自动化生产线认识	88
3.2 YL-335B 各单元的控制	92
3.3 自动化生产线安装	146
3.4 自动化生产线调试步骤	151
3.5 自动化生产线维护	154
参考文献	156

模块一 自动化生产线的认识

【学习目标】

① 了解自动化制造系统和自动化生产线的定义，各种自动化制造系统的基本形式、特点及适用范围，自动化制造系统的评价指标。

② 了解自动化生产线的组成、特点和类型，自动化生产线应用现状等。

1.1 工业生产自动化概述

1.1.1 自动化技术的发展

人的一切活动都是为了生存和发展。古代人靠人力与自然作斗争，人类的生产和生活模式是：人-自然界。随着社会和科学技术的发展，人类制造出了自动机器，如中国的指南车、计里鼓、漏壶，以及17世纪欧洲出现的钟表、风车控制装置等。1784年瓦特在改进的蒸汽机上采用了离心式调速装置，开创了自动化装置应用的新篇章。应用自动装置把人的力量放大了千万倍，把人的四肢延长了千万倍，使人类的生活和生产模式变成了人-机器-自然界。当然，这样的发展结果并不是一帆风顺的。机械化和初级自动化促进了生产力的大发展，使无数农民、手工业者变成了工人，出现了机器大工业。人用自己制造的机器（和技术）把自己从“出力的机器”的地位上解脱了出来。人和机器、技术和实践交替地发展，推动着技术进步，推动着整个人类的进步。而社会的进步又促进了自动化技术的发展，社会的需要是自动化技术发展的动力。

20世纪40年代，为解决火炮射击精度等问题，诞生了自动控制理论，并创造出了许多自动控制装置（或系统），为自动化技术的形成奠定了基础。研究自动控制系统的构造、性能、设计方法以及应用的理论，就是控制理论。20世纪40~50年代，单机自动化和单个过程自动化得到了广泛的应用。

20世纪50年代以后，自动控制理论得到了飞速的发展，形成了现代控制理论。其中有保证系统某种（某些）性能指标为最佳的设计方法（最优控制）；在系统和环境的信息不齐备的情况下，如何改变自身性能，保证系统具有良好工作品质的控制方法（自适应控制）；分析和设计大系统的方法（大系统理论）。

20世纪60年代以后，由于控制技术的发展、电子计算机的崛起、工业机器人的问世，以及柔性制造系统的出现，综合自动化得到了极大的发展。

在当今的社会里，在家庭、办公室、工厂、公共场所，不论是工作、学习和休息，可以说处处都离不开自动化设备。人类发展了自动化技术，它反过来又为人类建立了新的、完美的、先进的生产和生活方式。然而，人们对此却有一个认识过程。20世纪50年代，美国有一个以反对自动化为宗旨的革命委员会，声称如果无节制地发展自动化，到1970年将使美国失去700万个就业机会。但是，随着经济、科学技术的发展，到1970年前后，美国反而增加了几百万个就业机会。同样在机器人问世以后，许多国家由于担心大量使用机器人会使

工人失业，推迟了机器人的研究，而日本却在同期大量发展了工业机器人，结果使它的机器人业、汽车、机床以及其他一些产业得到了极大发展。可以说，在当前竞争激烈的时代，发展现代自动化技术可以赢得企业竞争的胜利。

发展现代自动化技术，用智能机器代替人的部分脑力劳动，使人的生产和生活模式变成了人-机器/智能机器-自然界。自动化水平越高，机器就越复杂，这就需要人去提高自己的素质，去创造、去研究、去发展新的设备和技术，这正是人为万物之灵的关键所在，这也是人类自身不断发展的关键所在。

1.1.2 自动化的概念

通俗地说，自动化就是用机器设备或系统代替人完成某种生产任务，或者代替人实现某种过程，或代替人进行事务管理工作。严格一点说，自动化就是指在没有人的直接参与下，机器设备或生产管理过程通过自动检测、信息处理、分析判断自动地实现预期的操作或某种过程。自动化技术包括了生产控制自动化和经营管理自动化两个方面，它们相互联系、相互渗透、相互促进。

自动控制系统是具有一定功能，可以完成某种控制任务的系统。自动控制系统的组成和工作原理与人体的构成和工作机理有很多相似之处。自动控制系统中有相当于人的感觉器官的传感器，有相当于人的大脑和神经系统的控制装置，也有相当于人的手、腿及其肌肉的执行机构。传感器用于检测指令信息、外界变化信息以及被控对象的状态信息，并将其转换成电信号传给控制装置。控制装置则计算出被控对象的当前状态（称为被控量或系统的输出量）与所希望的状态（称为输入信号）之差，并根据这一偏差（称为误差信号）按一定规律产生出控制信号，然后经过放大，送给操作执行机构。操作执行机构用于驱动被控对象运动，直到它的状态达到所希望的状态为止。这种把系统的输出或系统的另外一些受控变量和系统的输入作比较后形成的控制称为闭环控制或反馈控制，如图 1-1 所示。较简单的控制系统常采用所谓的开环控制，如图 1-2 所示，它只是由控制装置改变被控对象的状态。这种控制中，系统的输出量对系统的控制作用没有影响，既不需要对输出量进行检测，也不需要将输出量反馈到系统输入端与输入量进行比较。有的自动控制系统包括了许多小系统（称为子系统）。这种系统规模庞大，构造复杂，目标多样，影响因素多，且常带有随机性质。这样的系统称为大系统。

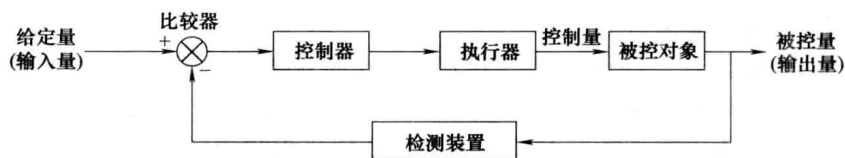


图 1-1 闭环控制系统

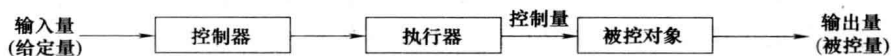


图 1-2 开环控制系统

自动化技术在机械加工、采矿冶炼、化学工业、电力系统、交通运输、农业生产、环境保护、医药卫生、军事技术、航空航天、科学研究、办公服务等领域都得到了广泛的应用。

1.1.3 工业生产自动化

工业生产自动化是在工业生产中广泛采用各种自动控制、自动检测和自动调整装置，对

生产过程进行自动测量、检验、计算、控制、监视等，以代替人来操纵机器设备。工业自动化当前发展的特征是智能化和集成化。也就是，一方面制造和应用智能机器（如电脑和机器人）代替人的体力劳动和部分脑力劳动，实现高水平自动化生产；另一方面，综合运计算机、制造技术、控制技术、电子技术、通信技术和管理科学等学科知识，采用设备集成、信息集成实现规划设计、生产制造、管理销售等功能的集成。

自动化是生产机械化的更高阶段，也是工业技术现代化的基本方向之一。按其发展分为三个阶段。

① 半自动化。即部分采用人工操作，部分采用自动控制进行生产。

② 全盘自动化。也称自动化生产线，指全部工序过程自动化。

③ 综合自动化。即从原料进厂直到产品出厂，包括加工、包装、打标记等整个过程的自动化，也是企业管理自动化的主要内容。工业生产自动化可减轻工人劳动强度，减少操作工人人数，生产连续，产品质量稳定，劳动生产率高；但投资费用较大，耗能量高，更换品种规格较困难，要求有较高的管理水平和文化技术素质。一般多用于产品结构较先进、工艺稳定、批量大、需要节约大量劳动力的工业生产，以及危险性生产活动。

1.2 自动化制造系统

1.2.1 自动化制造系统的定义

自动化制造系统是指在较少的人工直接或间接干预下，使用具有一定柔性和自动化水平的多种设备将原材料加工成零件或将零件组装成产品，同时在加工过程中实现管理过程和工艺过程自动化。管理过程包括产品的优化设计；程序的编制及工艺的生成；设备的组织及协调；材料的计划与分配；环境的监控等。工艺过程包括工件的装卸、储存和输送；刀具的装配、调整、输送和更换；工件的切削加工、排屑、清洗和测量；切屑的输送，切削液的净化处理等。

1.2.2 自动化制造系统的形式及适用范围

自动化制造系统的形式包括刚性制造和柔性制造两种（图 1-3）。“刚性”的含义是指该生产线只能生产某种或生产工艺相近的某类产品，表现为生产产品的单一性。刚性制造包括组合机床、专用机床、刚性自动化生产线等。“柔性”是指生产组织形式和生产产品及工艺的多样性和可变性，可具体表现为机床的柔性、产品的柔性、加工的柔性、批量的柔性等。柔性制造包括柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）、柔性制造线（FML）、柔性装配线（FAL）、计算机集成制造系统（CIMS）等。

1.2.2.1 刚性自动化生产线

（1）刚性半自动化单机

除上下料外，机床可以自动地完成单个工艺过程的加工循环，这样的机床称为刚性半自动化机床。这种机床一般是机械或电液复合控制式组合机床和专用机床，可以进行多面、多轴、多刀同时加工，加工设备按工件的加工工艺顺序依次排列；切削刀具由人工安装、调整，实行定时强制换刀，如果出现刀具破损、折断，可进行应急换刀。例如单台组合机床、通用多刀半自动车床、转塔车床等。从复杂程度讲，刚性半自动化单机实现的是加工自动化的最低层次，但是投资少、见效快，适用于产品品种变化范围和生产批量都较大的制造系统。缺点是调整工作量大，加工质量较差，工人的劳动强度也大。

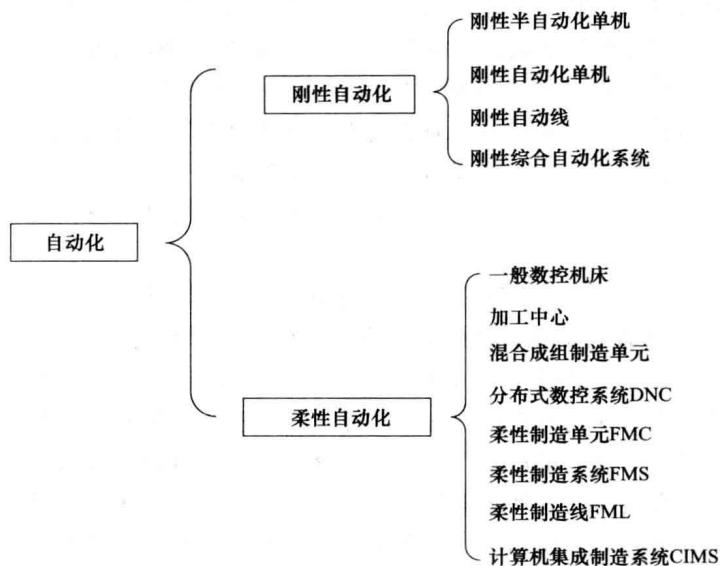


图 1-3 自动化制造系统分类

(2) 刚性自动化单机

它是在刚性半自动化单机的基础上增加自动上、下料等辅助装置而形成的自动化机床。辅助装置包括自动工件输送、上料、下料、自动夹具、升降装置和转位装置等。切屑处理一般由刮板器和螺旋传送装置完成。这种机床实现的也是单个工艺过程的全部加工循环。这种机床往往需要定做或改装，常用于品种变化很小，但生产批量特别大的场合。主要特点是投资少、见效快，但通用性差，是大量生产最常见的加工装备。

(3) 刚性自动化生产线

刚性自动化生产线是多工位生产过程，用工件输送系统将各种自动化加工设备和辅助设备按一定的顺序连接起来，在控制系统的作用下完成单个零件加工的复杂大系统。在刚性自动化生产线上，被加工零件以一定的生产节拍，顺序通过各个工作位置，自动完成零件预定的全部加工过程和部分检测过程。因此，与刚性自动化单机相比，它的结构复杂，任务完成的工序多，所以生产效率也很高，是少品种、大量生产必不可少的加工装备。除此之外，刚性自动生产线还具有可以有效缩短生产周期，取消半成品的中间库存，缩短物料流程，减少生产面积，改善劳动条件，便于管理等优点。它的主要缺点是投资大，系统调整周期长，更换产品不方便。为了消除这些缺点，人们发展了组合机床自动化生产线，可以大幅度缩短建线周期，更换产品后只需更换机床的某些部件即可（例如可更换主轴箱），大大缩短了系统的调整时间，降低了生产成本，并能收到较好的使用效果和经济效果。组合机床自动化生产线主要用于箱体类零件和其他类型非回转体的钻、扩、铰、镗、攻螺纹和铣削等工序的加工。刚性自动化生产线目前正在向刚柔结合的方向发展。

刚性自动化生产线生产率高，但柔性较差，当加工工件变化时，需要停机、停线并对机床、夹具、刀具等工装设备进行调整或更换（如更换主轴箱、刀具、夹具等），通常调整工作量大，停产时间较长。

1.2.2.2 柔性自动化生产线

随着科技、生产的不断进步，市场竞争的日趋激烈，以及人们生活需求的多样化，产品

品种规格将不断增加，产品更新换代的周期将越来越短，无论是国际还是国内，多品种、中小批量生产的零件仍占大多数。为了解决机械制造业多品种、中小批量生产的自动化问题，除了用计算机控制单个机床及加工中心外，还可借助于计算机把多台数控机床连接起来组成一个柔性自动化生产线。

柔性自动化生产线就是由计算机控制的，以数控机床设备为基础和以物料储运系统连成的，能形成没有固定加工顺序和节拍的自动加工制造系统。它的主要特点如下。

- 高柔性：即具有较高的灵活性、多变性，能在不停机调整的情况下，实现多种不同工艺要求的零件加工和不同型号产品的装配，满足多品种、小批量的个性化加工需求。

- 高效率：能采用合理的切削用量实现高效加工，同时使辅助时间和准备终结时间减小到最低的程度。

- 高度自动化：加工、装配、检验、搬运、仓库存取等，使多品种成组生产达到高度自动化，自动更换工件、刀具、夹具，实现自动装夹和输送，自动监测加工过程，有很强的系统软件功能。

- 经济效益好：柔性化生产可以大大减少机床数目、减少操作人员、提高机床利用率，可以缩短生产周期、降低产品成本，可以大大削减零件成品仓库的库存，大幅度地减少流动资金，缩短资金的流动周期，因此可取得较高的综合经济效益。

(1) 柔性自动化生产线的组成

一个柔性自动化生产线可概括为由以下三部分组成，即多工位数控加工系统、自动化的物料储运系统和计算机控制的信息系统，如图 1-4 所示。

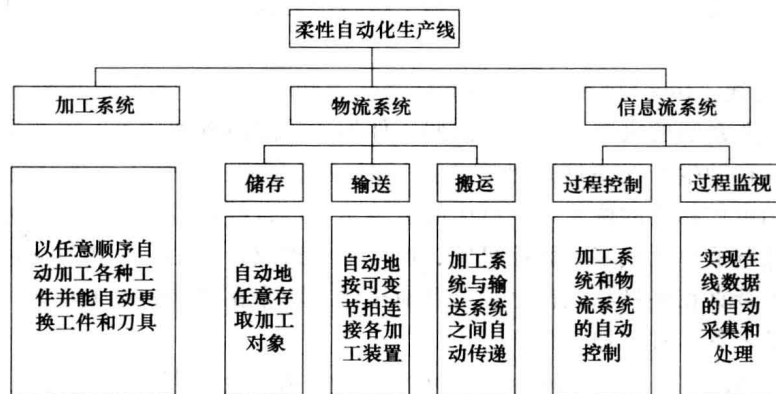


图 1-4 自动化生产线构成图

① 加工系统 加工系统的功能是以任意顺序自动加工各种工件，并能自动地更换工件和刀具。通常由若干台加工零件的 CNC 机床和 CNC 板材加工设备以及操纵这种机床要使用的工具所构成。在加工较复杂零件的 FMS 加工系统中，由于机床上机载刀库能提供的刀具数目有限，除尽可能使产品设计标准化，以便使用通用刀具和减少专用刀具的数量外，必要时还需要在加工系统中设置机外自动刀库以补充机载刀库容量的不足。

② 物流系统 柔性自动化生产线中的物流系统与传统的自动线或流水线有很大的差别，整个工件输送系统的工作状态是可以进行随机调度的，而且都设置有储料库以调节各工位上加工时间的差异。物流系统包含工件的输送和储存两个方面。

工件输送包括工件从系统外部送入系统和工件在系统内部传送两部分。目前，大多数工

件的送入系统和在夹具上装夹工件仍由人工操作，系统中设置装卸工位，较重的工件可用各种起重设备或机器人搬运。工件输送系统按所用运输工具可分成自动运输车、轨道传送系统、带式传送系统和机器人传送系统四类。

工件的存储。在柔性自动化生产线中的物料系统中，设置适当的中央料库和托盘库及各种形式的缓冲储存区来进行工件的存储，保证系统的柔性。

③ 信息流系统。信息流系统包括过程控制及过程监视两个子系统，其功能主要是进行加工系统及物流系统的自动控制，以及在线状态数据自动采集和处理。FMS 中信息由多级计算机进行处理和控制。

(2) 柔性自动化生产线的类型及其适应范围

柔性自动化生产线一般可以分为柔性制造单元、柔性制造系统、柔性制造线和无人化自动工厂几种类型。

① 柔性制造单元 (flexible manufacturing cell, FMC) 由 1、2 台数控机床或加工中心并配备有某种形式的托盘交换装置、机械手或工业机器人等夹具的搬运装置组成，由计算机进行适时控制和管理。是一种带工件库和夹具库的加工中心设备，FMC 能够加工多品种的零件，同一种零件数量可多可少，特别适合于多品种、小批量零件的加工。

② 柔性制造系统 (flexible manufacturing system, FMS) 柔性制造系统由两个以上柔性制造单元或多台加工中心组成 (4 台以上)，并用物料储运系统和刀具系统将机床连接起来，工件被装夹在随行夹具和托盘上，自动地按加工顺序在机床间逐个输送。适合于多品种、小批量或中批量复杂零件的加工。柔性制造系统主要应用的产品领域是汽油机、柴油机、机床、汽车、齿轮传动箱、武器等。加工材料中铸铁占的比例较大，因此其切屑较容易处理。

③ 柔性制造线 (flexible manufacturing line, FML) 生产零件批量较大而品种较少的情况下，柔性制造系统的机床可以完全按照工件加工顺序而排列成生产线的形式。这种生产线与传统的刚性自动生产线不同之处在于能同时或依次加工少量不同的零件，当零件更换时，其生产节拍可作相应的调整，各机床的主轴箱也可自行进行更换。较大的柔性制造系统由两个以上柔性制造单元或多台数控机床、加工中心组成，并用一个物料储运系统将机床连接起来，工件被装夹在夹具和托盘上，自动地按加工顺序在机床间逐个输送。根据加工需要自动调度和更换刀具，直至加工完毕。

④ 无人化自动工厂 (automation factory, AF) 在一定数量的柔性制造系统的基础上，用高一级的计算机把它们连接起来，对全部生产过程进行调度管理，加上立体仓库和运用工业机器人进行装配，就组成了生产的无人化自动工厂。日本近年来出现了采用柔性制造系统的无人化自动工厂。无人搬运车从原材料自动仓库将毛坯运至加工站，然后由机械手完成机床工作地的装卸工作。机床在加工过程中有监视装置。加工完毕后转入零件和部件自动仓库，并能自动完成产品的装配工作。对这种工厂来说，由于生产的高度自动化，白天在车间中只有几十名工人，夜班时在车间中没有工人，只有一个人在控制室内，而所有机床能在夜间无人照管下加工零件。这样在一天 24 小时中机床的可用时间接近 100%，而机床的实际利用率平均达到 65%~70%，它可以显著地提高投资效益。

应当指出，柔性自动化生产线的投资是很大的。柔性自动化生产线带来的经济效益，如减少机床数、减少操作人员、提高机床利用率、缩短生产周期、降低产品成本等，是巨大的。但上述经济效益能否使投资在短期内回收，将是采用柔性自动化生产线进行决策的一个

重要依据。因而国外从 20 世纪 70 年代起就一直在研究和开发柔性自动化生产线的模拟技术,使在新系统建立(或老系统的改造)之前,借助于计算机上的系统模拟,以便找到最优的系统构成。

(3) 计算机集成制造系统

① CIMS 的概念 计算机集成制造系统 (computer intergrated manufacturing system, CIMS) 是一种集市场分析、产品设计、加工制造、经营管理、售后服务于一体,借助于计算机的控制与信息处理功能,使企业运作的信息流、物质流、价值流和人力资源有机融合,实现产品快速更新、生产率大幅提高、质量稳定、资金有效利用、损耗降低、人员合理配置、市场快速反馈和良好服务的全新的企业生产模式。

CIMS 的概念包含以下两个基本观点。

- 系统的观点 企业生产的各个环节,即从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的全部生产活动是一个不可分割的整体,要紧密连接,统一考虑。

- 信息化的观点 整个生产过程实质上是一个数据的采集、传递和加工处理的过程,最终形成的产品可以看做是数据的物质表现。

由此可知,CIMS 的内涵可以表述为:CIMS 是一种组织、管理与运行企业的哲理,它将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术等有机结合,借助计算机(硬、软件),使企业产品的生命周期(市场需求分析→产品意义→研究开发→设计→制造→支持,包括质量、销售、采购、发送、服务以及产品最后报废、环境处理等)各阶段活动中有关的人、组织、经费管理和技术等要素及信息流、物流和价值流有机集成并优化运行,实现企业制造活动中的计算机化、信息化、智能化、集成优化,以达到产品上市快、高质量、低消耗、服务好、环境清洁,提高企业的柔性、健壮性、敏捷性,使企业在市场竞争中立于不败之地。

② CIMS 系统的组成 CIMS 是一项发展中的技术,它的组成还没有统一的模式。但是根据前面所述的概念,可以认为 CIMS 是由以下六大系统组成的。

- 集成化工程设计与制造系统 (CAD/CAE/CAPP/CAM)。
- 集成化生产管理信息系统 (CAPM 或 MIS)。
- 柔性制造系统 (FMS/FMC)。
- 数据库与网络 (DB 与 NW)。
- 质量保证系统 (QCS)。
- 物料储运和保障系统。

③ CIMS 的关键技术 CIMS 是传统制造技术、自动化技术、信息技术、管理科学、网络技术、系统工程技术综合应用的产物,是复杂而庞大的系统工程。CIMS 的主要特征是计算机化、信息化、智能化和高度集成化。目前各个国家都处在局部集成和较低水平的应用阶段,CIMS 所需解决的关键技术主要有信息集成、过程集成和企业集成等问题。

- 信息集成 针对设计、管理和加工制造的不同单元,实现信息正确、高效的共享和交换,是改善企业技术和管理水平必须首先解决的问题。信息集成的首要问题是建立企业的系统模型。利用企业的系统模型来科学地分析和综合企业的各部分的功能关系、信息关系和动态关系,解决企业的物质流、信息流、价值流、决策流之间的关系,这是企业信息集成的基础。其次,由于系统中包含了不同的操作系统、控制系统、数据库和应用软件,且各系统间可能使用不同的通信协议,因此信息集成还要处理好信息间的接口问题。

- 过程集成 企业为了提高 T (效率)、Q (质量)、C (成本)、S (服务)、E (环境) 等目标,除了信息集成这一手段外,还必须处理好过程间的优化与协调。过程集成要求将产品开发、工艺设计、生产制造、供应销售中的各串行过程尽量转变为并行过程,如在产品设计时就考虑到下游工作中的可制造性、可装配性、可维护性等,并预见产品的质量、售后服务内容等。过程集成还包括快速反应和动态调整,即当某一过程出现未预见偏差,相关过程及时调整规划和方案。

- 企业集成 充分利用全球的物质资源、信息资源、技术资源、制造资源、人才资源和用户资源,满足以人为核心的智能化和以用户为中心的产品柔性化是 CIMS 全球化目标,企业集成就是解决资源共享、资源优化、信息服务、虚拟制造、并行工程、网络平台等方面的关键技术。

1.3 自动化生产线简介

1.3.1 自动化生产线的定义

生产线的种类按范围大小分为产品生产线和零部件生产线;按节奏快慢分为流水生产线和非流水生产线;按自动化程度分为自动化生产线和非自动化生产线。

自动化生产线是产品生产过程所经过的路线,即从原料进入生产现场开始,经过加工、运送、装配、检验等一系列生产线活动所构成的路线。把机床按工艺顺序依次排列,用自动输送装置和其他辅助装置将它们联系起来,使之成为一个整体,并用液压或气动系统与电气控制系统将各个部分的动作联系起来,使其按照规定的程序自动地进行工作,使原料、毛坯或半成品(在装配时是零部件)根据控制系统要求,以一定节拍,按工艺顺序自动地经过各工位,完成预定的工艺过程,最后成为合乎设计要求的制品。这种自动工作的机床系统就称为自动化生产线。

自动化生产线的发展趋势体现在以下几个方面。

- ① 继续向大型化发展。大型化包括大输送能力、大单机长度和大输送倾角等几个方面。水力输送装置的长度已达 440km 以上;带式输送机的单机长度已近 15km,并已出现由若干台组成联系甲乙两地的“带式输送道”。有些国家正在探索长距离、大运量连续输送物料的更完善的输送机结构。

- ② 扩大输送机的使用范围。发展能在高温、低温条件下,有腐蚀性、放射性、易燃性物质的环境中工作,以及能输送炽热、易爆、易结团、黏性的物料的输送机。使输送机的构造满足物料搬运系统自动化控制对单机提出的要求。如邮局所用的自动分拣包裹的小车式输送机应能满足分拣动作的要求等。

- ③ 降低能量消耗以节约能源,已成为输送技术领域内科研工作的重要方面。已将 1t 物料输送 1km 所消耗的能量作为输送机选型的重要指标之一。

- ④ 减少各种输送机在作业时所产生的粉尘、噪声和排放的废气。

自动化生产线具有三个方面的特点。

- 具有较高的自动化程度。
- 具有统一的控制系统。
- 具有严格的生产节奏。

1.3.2 自动化生产线的组成

自动化生产线一般由工艺设备、质量检查装置、辅助设备和控制系统等四个部分组成，如图 1-5 所示。

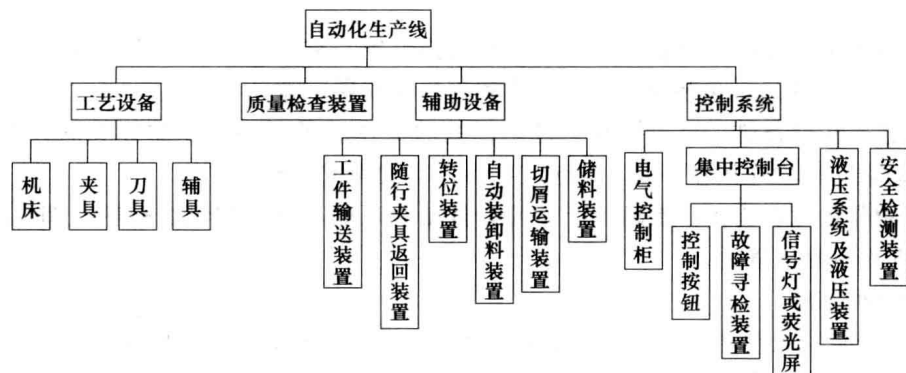


图 1-5 自动化生产线的组成

(1) 工艺设备

工艺设备是完成工艺过程的主要生产装置，自动化生产线上的工艺设备包括机床、刀具、夹具和必要的辅助器具。机床是将金属毛坯加工成机器零件的机器，精度要求较高和表面粗糙度要求较细的零件一般都需在机床上用切削的方法进行最终加工。在一般的制造过程中，机床所担负的加工工作量占总工作量的 40%~60%，机床在国民经济现代化的建设中起着重大作用。

机床的种类繁多，在自动化生产线上广泛使用各种数控机床、加工中心、组合机床等设备。近 20 年来，组合机床自动化生产线技术取得了长足进步。组合机床和组合机床自动化生产线是一种专用高效自动化技术装备。目前，由于它仍是大批量机械产品实现高效、高质量和经济性生产的关键装备，因而被广泛应用于汽车、内燃机和压缩机等许多工业生产领域。十多年来，组合机床柔性化进展迅速。组合机床的柔性化主要是通过采用数控技术来实现的。开发柔性组合机床和柔性自动化生产线的重要前提是开发数控加工模块，而有着较长发展历史的加工中心技术为开发数控加工模块提供了成熟的经验。由数控加工模块组成的柔性组合机床和柔性自动化生产线，可通过应用和改变数控程序来实现自动换刀、自动更换多轴箱和改变加工行程、工作循环、切削参数以及加工位置等，以适应变型品种的加工。自动化生产线在加工精度、生产效率、利用率、柔性化和综合自动化等方面的巨大进步，标志着组合机床自动化生产线技术发展达到的高水平。

(2) 质量检查装置

在自动化生产线上采用自动测量系统对生产过程中的加工质量进行监控。由于自动化生产线节拍时间的日益缩短、被测工件的精度要求越来越高以及测量又要在生产条件下进行，因此，自动测量系统不仅要具有很高的工作速度和很高的工作精度，并且要具有较强的抗环境干扰（如切屑、尘埃、冷却液蒸气、油液、振动和温度等）能力或测量系统具有对某些干扰量能进行自动补偿的性能。

质量检查装置已经成为自动化生产线上不可或缺的组成部分，它可以及时发现生产过程中各种质量问题，以便加工人员及时解决，同时可以剔除不合格的产品，以免有缺陷的产品进入市场。

质量检查装置的具体实现可以使用各种现代化的检测技术。例如某制药企业在药品灌装前的自动质量保证检查设备可包含下列几种设备。

① 条形码系统。在线检查每种包装材料是否有特定的条形码出现，并判断此识别码是否正确。

② 视频系统。视频检查系统是一种光电扫描装置，它可以辨识药片的真伪（例如有错片混入）、是否有缺片、包装中是否有断片和碎片（胶囊）等。

③ 标签遗漏检查仪。用于探测经过贴标签的操作后是否还有未贴标签的包装物存在。如果与自动剔除机构连接在一起，此包装物可以被剔除或停机。

④ 自动称重检查装置。能确认产品的分量是否正确、所有的包装材料（如说明书、单盒）是否在而且是正确的。

（3）辅助设备

工件输送装置是自动线中最重要和最富有代表性的辅助设备，它将被加工工件从一个工位传送到下一工位，为保证自动线按生产节拍连续地工作提供条件，并从结构上把自动线的各台自动机床联系成为一个整体。

自动线上所采用的夹具可归纳为两种类型，即固定式夹具与随行夹具。所谓固定式夹具，即夹具附属于每一加工工位，不随工件的输送而移动，或安装于机床的某一部件上，或安装于专用的夹具底座上。随行夹具适用于结构形状比较复杂的工件，这类工件缺少可靠的输送基面，在组合机床自动线上较难用步伐式输送带直接输送。

工件在加工过程中，有时需要翻转或转位以改换加工面。在通用机床或专用机床自动线中加工中小型工件时，其翻身或转位常常在输送过程或自动上料过程中完成。在组合机床自动线中，则需设置专用的转位装置，这种装置可用于工件的转位，也可以用于随行夹具的转位。

在自动线中设置必要的储料装置，以保持工序间（或工段间）具有一定的工件储备量，可使自动化生产线在各工序的节拍不平衡的情况下连续工作一段较长的时间，或者在某台机床更换、调整刀具或发生故障而停歇时，保证其他机床仍能正常工作。

对于节拍很短的或加工笨重零件的自动化生产线，设置自动化的或半自动化的上下料装置，可以减轻工人的劳动强度。

断屑与排屑是自动化生产线生产中的关键问题之一，特别是加工钢件等塑性材料工件所产生的锋利带状切屑，如不及时折断，就会缠绕在刀具、机床部件及回转的工件上。这不但会积聚大量的热量，产生热变形，影响加工质量，降低刀具耐用度，而且会严重妨碍自动化生产线正常运转，甚至会危害操作人员与设备的安全。目前较常用的断屑方法有：采用特殊的刀具几何角度；在刀具上增添断屑器；在刀具的切削部分做出断屑槽；变化切削截面积，使切屑折断等。

（4）控制系统

自动化生产线的控制系统主要用于保证线内的机床、工件传送系统，以及辅助设备按照规定的工作循环和连锁要求正常工作，并设有故障寻检装置和信号装置。为适应自动线的调试和正常运行的要求，控制系统有三种工作状态：调整、半自动和自动。在调整状态时，可手动操作和调整，实现单台设备的各个动作；在半自动状态时，可实现单台设备的单循环工作；在自动状态时自动化生产线能连续工作。

控制系统有“预停”控制机能，自动化生产线在正常工作情况下需要停车时，能在完成

一个工作循环、各机床的有关运动部件都回到原始位置后才停车。自动线的其他辅助设备是根据工艺需要和自动化程度设置的, 如有清洗机工件自动检验装置、自动换刀装置、自动排屑系统和集中冷却系统等。为提高自动线的生产率, 必须保证自动线的工作可靠性。影响自动化生产线工作可靠性的主要因素是加工质量的稳定性和设备工作可靠性。自动线的发展方向主要是提高生产率和增大多用性、灵活性。为适应多品种生产的需要, 将发展能快速调整的可调自动线。

数字控制机床、工业机器人和电子计算机等技术的发展, 以及成组技术的应用, 将使自动线的灵活性更大, 可实现多品种、中小批量生产的自动化。多品种可调自动化生产线, 降低了自动化生产线生产的经济批量, 因而在机械制造业中的应用越来越广泛, 并向更高度自动化的柔性制造系统发展。

1.3.3 自动化生产线的类型

自动化生产线的类型是多种多样的, 根据不同的特征, 有多种不同的分类方法。从研究和掌握自动化生产线的结构特点出发, 可以从下面两个方面进行分类。

1.3.3.1 按工艺设备类型分类

① 通用机床自动化生产线。一般是在流水线基础上, 利用现有通用机床进行自动化改造后连成的。

② 专用(非组合)机床自动化生产线。这类生产线所选用设备以专用机床为主, 建设费用较高, 适用于产品结构稳定, 产量比较大的场合。

③ 组合机床自动线。这类自动化生产线是用组合机床连成的, 在大批量生产中得到广泛的应用, 收到了较好的使用效果和经济效益。组合机床自动化生产线多用来进行钻、扩、铰、镗、攻丝和铣削等工序的加工。

1.3.3.2 按储料装置分类

① 刚性连接的自动化生产线。在这类自动化生产线中没有储料装置, 机床按照工艺顺序依次排列, 工件由输送装置强制性地从一个工位移动到下一个工位, 直到加工完毕。这种自动化生产线的特点是所有的机床由输送设备的控制系统联成整体, 工件的加工和输送过程有严格的节奏性。当某机床发生故障时, 就会导致全线的停工。为了保证自动化生产线的生产效率, 所选用的机床和各种设备都应具有较好的稳定性和可靠性。

② 柔性连接的自动化生产线。在这类自动化生产线中设有必要的储料装置, 根据实际需要, 可以在每台机床之间设置储料装置, 也可相隔若干台机床设置储料装置, 并将自动化生产线分为若干段。当某一台机床(或某一段机床)发生故障时, 其余的机床在一定的时间内可继续工作。

1.3.4 自动化生产线应用现状及发展趋势

自动化生产线在电力、冶金、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、食品加工、医药、化工等各行各业中得到应用, 如电缆桥架自动化生产线(图 1-6)、矿泉水包装生产线(图 1-7)、面包自动化生产线(图 1-8)、汽车自动化生产线(图 1-9)。

中国工业控制自动化的发展, 大多是在引进成套设备的同时进行消化吸收, 然后进行二次开发和应用。目前中国工业控制自动化技术、产业和应用都有了很大的发展, 工业计算机系统行业已经形成, 工业控制自动化技术正在向智能化、网络化和集成化方向发展。

① 以工业 PC 为基础的低成本工业控制自动化将成为主流。

20 世纪 90 年代以来, 由于 PC-based 的工业计算机(简称工业 PC)的发展, 以工业