

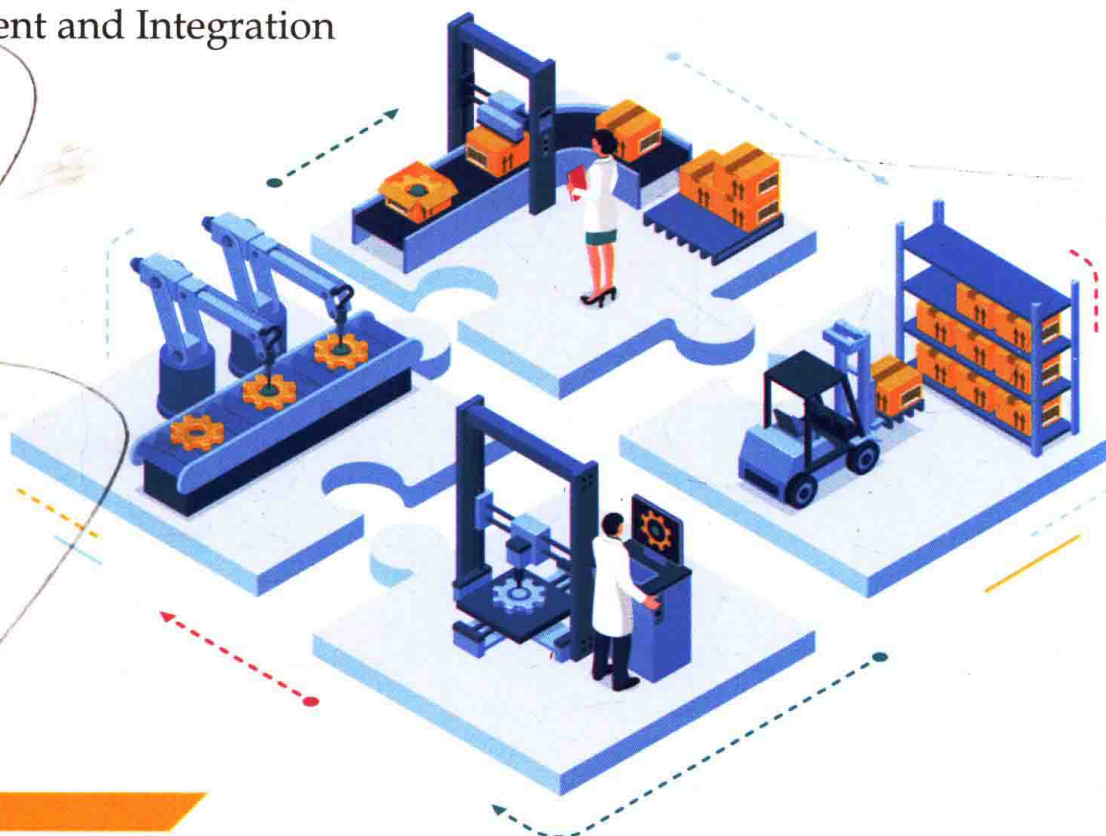
高等学校智能制造工程专业系列教材

智能制造 装备与集成

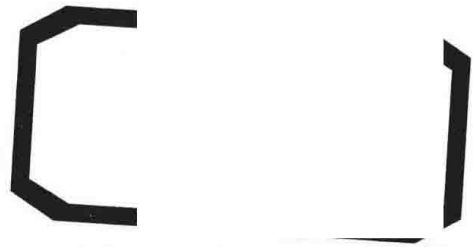
主 编◎徐国伟

副主编◎赵永立 贾文军 刘 健

Intelligent Manufacturing
Equipment and Integration



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



智能制造装备与集成

主 编 徐国伟

副主编 赵永立 贾文军 刘 健

内 容 简 介

本书系统地阐述了智能制造的基本技术与应用。全书共七章,内容包括智能制造技术概论、智能制造架构与装备、智能制造关键技术和智能制造企业管理系统等,并重点对机器人技术及其在智能生产中的应用和个性化智能制造模式进行了介绍,最后给出了典型纺织智能生产线实例。本书以工程应用为背景,在阐述智能制造基本理论与技术的基础上,给出了相关技术的实际应用案例,内容丰富,结构清晰。

本书可作为高等工科院校智能制造、自动化、机械设计制造及自动化等专业 45~60 学时的教材和实验指导书,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能制造装备与集成 / 徐国伟主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2022.8
ISBN 978-7-5606-6531-3

I. ①智… II. ①徐… III. ①智能制造系统—装备—高等学校—教材 ②智能制造系统—系统集成技术—高等学校—教材 IV. ①TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 111977 号

策 划 刘小莉 杨航斌

责任编辑 刘小莉

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88202421 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2022 年 8 月第 1 版 2022 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14.5

字 数 341 千字

印 数 1~1000 册

定 价 37.00 元

ISBN 978-7-5606-6531-3 / TH

XDUP 6833001-1

如有印装问题可调换

前 言

随着科学技术的发展，数字化、网络化、智能化技术与工业制造技术深度融合形成的智能制造技术，特别是新一代智能制造技术，已经成为现代工业技术发展的核心方向，也是第四次工业革命的核心驱动力。我国目前已经成为全球公认的制造大国，但还不是制造强国，要从“制造大国”迈向“制造强国”，中国制造业任重道远，而智能制造将成为中国制造业创新发展的关键所在，成为推进制造强国战略的主要技术路线。因此，高等工科院校师生和工程技术人员了解和掌握智能制造的相关知识和应用技术是十分必要的。

本书以纺织制造系统为应用背景，较系统地介绍了智能制造的概念、特征和发展过程，详细地描述了智能制造系统的架构、典型装备、关键技术以及 ERP 企业资源管理系统，并基于机器人技术详细介绍了智能制造在纺织工业生产中的应用。同时本书对个性化智能制造模式也进行了论述，并给出了典型的纺织智能生产线实例，以使读者对智能制造系统有一个全面深刻的了解。本书最大的特点是突出应用实例，即结合具体设备和应用场景，在关键技术的应用层面上下功夫，进行重点介绍，并以典型纺织智能制造案例为特色，全面阐述了智能制造系统的构成和系统工作过程，为智能制造的实践教学提供了成熟的样例。

本书第一章和第三章由徐国伟编写，第二章由刘健和毕胜编写，第四章由段文斌和赵地编写，第五章由贾文军和淮旭国编写，第六章由王晓亮和王浩程编写，第七章由赵永立和张天缘编写。全书由徐国伟、赵永立统一整理。参加编写工作的还有李毅、张江亭、郭玲、林辉、刘铭阳、杨楠等同志，在此表示感谢！

在编写过程中，我们参考了有关书刊、资料，在此对相关作者一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2022年2月

目 录

第一章 智能制造技术概论1	2.3 智能机床 33
1.1 制造与制造系统.....1	2.3.1 机床到智能机床的演化..... 34
1.1.1 制造过程.....1	2.3.2 基于新一代人工智能的智能 机床..... 41
1.1.2 制造系统.....3	2.4 工业机器人 43
1.2 制造系统自动化.....5	2.4.1 工业机器人的结构..... 44
1.2.1 自动化概述.....5	2.4.2 工业机器人的分类..... 44
1.2.2 制造系统自动化的类型及构成.....6	2.4.3 工业机器人的应用..... 44
1.2.3 机电一体化系统设计.....8	2.5 增材制造装备 46
1.3 制造系统信息化.....13	2.5.1 增材技术的种类..... 47
1.3.1 信息技术概述.....13	2.5.2 增材制造的应用..... 48
1.3.2 制造系统常用的信息管理系统.....15	2.5.3 方向与发展..... 50
1.3.3 产品生命周期管理系统.....16	2.6 智能生产线 51
1.4 智能制造的概念与特征.....18	第三章 智能制造关键技术 53
1.4.1 智能制造概述.....18	3.1 智能制造的技术体系..... 53
1.4.2 智能制造系统的典型特征.....19	3.1.1 智能制造技术的发展..... 53
1.5 智能制造系统的支撑技术.....21	3.1.2 智能制造技术的特征..... 54
1.5.1 技术体系.....21	3.1.3 智能制造的关键技术..... 54
1.5.2 物联网技术.....22	3.2 工业物联网..... 55
1.5.3 大数据技术.....23	3.2.1 物联网概述..... 55
第二章 智能制造架构与装备25	3.2.2 现代传感技术..... 56
2.1 智能制造架构.....25	3.2.3 射频识别技术..... 60
2.2 智能制造装备概述.....30	3.2.4 机器视觉技术..... 63
2.2.1 智能制造装备的特征.....31	3.2.5 网络连接技术..... 66
2.2.2 智能制造装备的组成.....32	3.2.6 物联网的应用..... 68
2.2.3 典型智能制造装备.....33	

3.3 大数据.....	70	4.1.3 工业机器人的技术指标.....	113
3.3.1 大数据概述.....	70	4.2 工业机器人技术.....	114
3.3.2 数据采集与预处理.....	73	4.2.1 空间描述及变换.....	114
3.3.3 数据存储与管理.....	75	4.2.2 机械臂运动学.....	118
3.3.4 数据挖掘与分析.....	75	4.3 工业机器人操作.....	121
3.3.5 数据可视化.....	77	4.3.1 机器人的组成.....	121
3.3.6 大数据的应用.....	78	4.3.2 机器人示教器操作.....	123
3.4 云计算.....	81	4.3.3 机器人坐标系.....	128
3.4.1 云计算概述.....	81	4.3.4 机器人编程语言.....	130
3.4.2 虚拟化技术.....	82	4.3.5 机器人位置示教.....	133
3.4.3 分布式技术.....	85	4.4 工业机器人案例应用.....	134
3.4.4 并行计算技术.....	87	第五章 智能制造企业管理系统.....	141
3.4.5 云计算的应用.....	88	5.1 ERP 概述.....	141
3.5 人工智能.....	90	5.1.1 ERP 定义.....	141
3.5.1 人工智能概述.....	90	5.1.2 ERP 发展历程.....	141
3.5.2 模式识别.....	91	5.2 主生产计划(MPS).....	143
3.5.3 机器学习.....	92	5.2.1 MPS 概述.....	143
3.5.4 智能算法.....	96	5.2.2 MPS 编制原则.....	145
3.5.5 人工智能的应用.....	97	5.2.3 MPS 编制过程.....	145
3.6 虚拟现实.....	99	5.3 物料需求计划(MRP).....	150
3.6.1 虚拟现实概述.....	100	5.3.1 MRP 概述.....	150
3.6.2 环境建模技术.....	101	5.3.2 MRP 计算模型.....	151
3.6.3 实时三维图形绘制技术.....	103	5.4 能力需求计划.....	151
3.6.4 三维虚拟声音显示技术.....	106	5.4.1 能力需求计划概述.....	151
3.6.5 虚拟现实的应用.....	107	5.4.2 粗能力需求计划(RCCP).....	153
第四章 机器人技术及其在智能生产中的		5.4.3 细能力需求计划(CRP).....	154
应用.....	109	5.5 ERP 生产管理软件系统.....	157
4.1 工业机器人的现状.....	109	5.5.1 系统功能概述.....	157
4.1.1 工业机器人的分类.....	109	5.5.2 SAP ERP 生产计划系统.....	158
4.1.2 工业机器人的组成.....	111	5.5.3 物料主文件/主数据.....	159

5.5.4 其他生产数据.....	160	7.1 智能制造生产线与智能工厂.....	185
第六章 个性化智能制造模式.....	161	7.1.1 智能工厂.....	185
6.1 C2B 模式: 基于个性化的大规模定制.....	161	7.1.2 智能工厂架构.....	187
6.1.1 C2B 模式概述.....	161	7.1.3 纺织智能制造.....	189
6.1.2 C2B 模式的产生背景.....	161	7.2 针织纺织智能装备——电脑横机.....	193
6.1.3 C2B 模式的主要类型和发展状况.....	162	7.2.1 电脑横机机械结构.....	193
6.1.4 C2B 模式在发展中存在的问题及对策.....	165	7.2.2 全成型电脑横机.....	199
6.2 按需生产: 重构与消费者的关系.....	166	7.3 三维人体扫描与选款.....	200
6.2.1 精准对接用户的个性化需求.....	166	7.3.1 人体三维扫描仪.....	200
6.2.2 按需生产模式的关键技术.....	168	7.3.2 人体三维高速扫描系统操作说明.....	201
6.2.3 按需生产模式的战略框架.....	170	7.3.3 3D 体感试衣镜.....	203
6.2.4 基于 3D 打印的个性化生产.....	172	7.3.4 试衣系统的设计与实现.....	203
6.3 柔性制造: 助力制造业提质增效.....	173	7.3.5 3D 体感试衣操作说明.....	204
6.3.1 柔性制造的内涵与体现.....	173	7.4 横机程序设计系统.....	205
6.3.2 柔性制造模式优势与价值.....	175	7.4.1 横编 CAD.....	205
6.3.3 柔性制造技术的类型划分.....	176	7.4.2 针织物图形表达.....	209
6.3.4 柔性制造模式的关键技术.....	177	7.4.3 全电脑横机控制系统操作.....	212
6.3.5 企业如何打造柔性制造系统.....	178	7.5 针织品智能柔性定制实例.....	215
6.4 大规模个性化定制模式案例分析.....	180	7.5.1 背景与状况.....	215
6.4.1 案例一.....	180	7.5.2 慈星云定制平台(大规模个性化定制模式).....	216
6.4.2 案例二.....	181	7.5.3 针织智能工厂建设(离散型智能制造模式).....	219
第七章 典型纺织智能生产线实例.....	185	参考文献.....	223

第一章 智能制造技术概论

1.1 制造与制造系统

制造是指把原材料转变为可以使用的物品的过程和方法，工农业生产和日常生活中使用的所有产品都是通过制造得到的。制造涉及的工业领域是制造业，它是一个国家现代工业的基础。现代社会所有产品的制造都离不开机械装备。所以确切地说，装备制造业的发展水平代表了一个国家的先进程度。

1.1.1 制造过程

制造过程是包括设计在内的所有与产品实现相关联的技术流程，特别是指决定材料形状和性能改变的工艺流程。在更广的范围内，制造过程包括产品的市场分析、设计开发、工艺规划、加工制造以及控制管理等过程，涉及的硬件包括厂房设施、生产设备、工具材料、能源以及各种辅助装置，涉及的软件包括各种制造理论与技术、制造工艺方法、控制技术、测量技术以及制造信息等。相关人员包括从事物料准备、信息流监控以及对制造过程进行决策和调度等作业的人员。

制造过程往往指基本的生产过程，即针对产品实体的生产对象直接进行工艺加工的过程。所有的工业产品都有相对固定的基本生产过程，如机械工业生产中的铸造、锻造、机械加工和装配等过程；纺织工业生产中的纺纱、织布和印染等过程；化学工业生产中的配料、搅拌、包装等过程。基本生产过程是企业的主要生产活动，是制造过程的主体。

机械制造是生产机器设备的工业领域。由于现代工业产品的生产效率和生产质量主要由机器设备来保证，没有现代化的机器设备，企业是难以在市场竞争中立足的，因此，机械制造是所有工业领域的基础。机械制造是通过制造工艺来完成的。制造工艺是指制造过程的顺序流程及使用的各种方法，主要包括铸造、压力加工、焊接等毛坯成型工艺和切削加工零件成型工艺，如图 1-1 所示。制造工艺又分为传统加工工艺和先进制造技术，传统加工工艺一般以手动操作进行加工为主，如普通车削，通过手摇手柄操控车床，完成旋转体工件的加工；先进制造技术是利用计算机和网络技术，通过编程自动地给机床操作系统发出指令，从而控制机床的多维联动，实现刀具切削加工的工艺方法。伴随着信息技术的快速发展，目前先进制造技术已经成为制造业主流的加工方法。

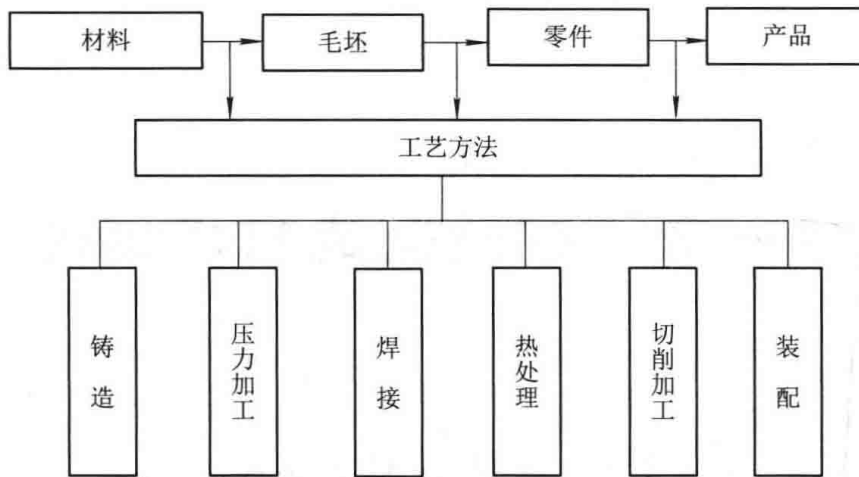


图 1-1 制造过程

必须明确，制造过程是从设计开始的，没有一个好的设计，就无法得到所需的产品。工程设计是设计者在工程领域为满足人们对产品功能的需求，运用基础及专业知识、实践经验、系统工程等方法进行构思、计算和分析，最终以技术文件的形式提供产品制造依据的全过程活动。工程设计是形成产品的第一步工作。产品的质量和效益取决于设计、制造及管理的综合运作，这中间设计工作非常重要，没有高质量的设计就没有高质量的产品。狭义的设计通常指产品从概念到绘出图纸或建出模型的过程。从广义上讲，设计的概念和内容非常广泛，如材料选择、机构分析、运动和动力分析、强度校核、建模仿真、优化分析，等等。在实际设计中，往往根据产品的功能、结构及使用场合来选取设计的具体内容。

机械工程设计可以是应用新的原理或新的概念，开发创造新的机器；也可以是在已有机器的基础上，重新设计或进行局部的改造，即工程设计的任务是围绕着开发新产品或改造老产品而进行的。工程设计的最终目的是提供满足人们功能及外观需求、优质高效、价廉物美，并具有市场竞争力的产品。

现代机械工程设计流程如图 1-2 所示。在设计中可运用虚拟样机、快速成型、模拟仿真等技术，在样机制造之前就可以预测样机的性能，应用机、电、液、气等不同工程领域的知识，协调设计，共享数据，更完整透彻地理解系统模型，对不能用实验进行校验的场合进行仿真。由此可见，现代机械工程设计可显著降低设计成本，减少设计实验周期。

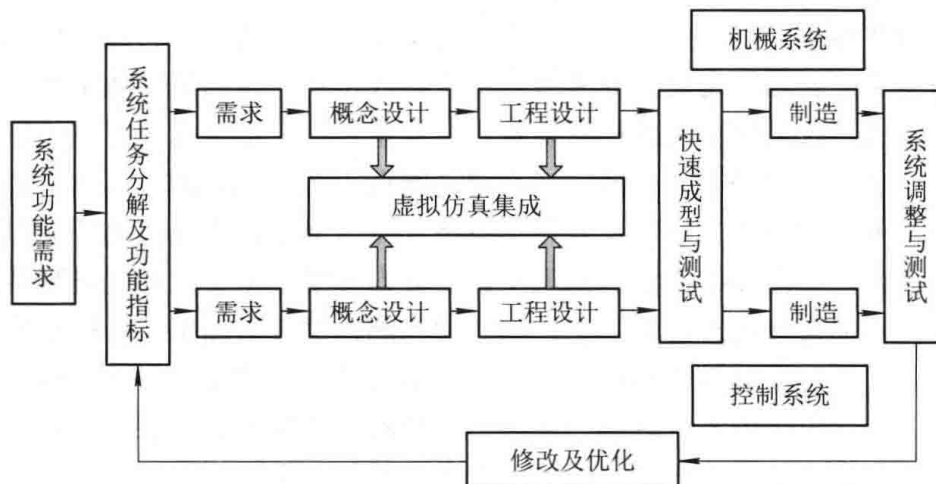


图 1-2 现代机械工程设计流程

1.1.2 制造系统

理解制造系统，首先应准确把握“系统”的概念。丰富多彩的现实世界是由各种制造物组成的。当我们审视任何一个物的实体时，首先它是一个整体，映入眼帘的是它完整的外形，如一辆汽车、一台机器、一座建筑；然后有心之人就会思考其组成部分的结构，即它是怎样组成的。功能是制造物价值的最根本体现。人们生存发展使用物品，商品交换买卖物品，实际都是在获取其功能。整体、部分(组元)、功能，这些概念的组合形成了一个新的概念——系统。系统是普遍存在的，对每一个人来说，自然和社会的系统都会相伴一生，对人的知识积累、认识水平、思维能力都有潜移默化的影响。

系统是由若干相互联系、相互作用的要素组成的具有特定功能的整体。系统一般分为自然系统、人工系统和复合系统。自然系统是由自然力所形成的系统，也称天然系统，如天体运行系统、大气环流系统、生命系统、生态系统、分子原子系统等；人工系统是通过工程造物所形成的系统，社会生活中一切物的实体都属于人工系统；复合系统是二者结合形成的系统，如水力发电、风力发电就是借助自然力与人工力共同作用形成的系统。在自然界和人类社会中，具有实用功能的系统总是表现为“物”的特征，它的实现是工程造物的结果。可以说，我们大脑中能够想到的任何事物都可以归类于某一个系统。如图 1-3 所示，生物学中的生态系统，是指一个能够自我完善，达到动态平衡的生物链；工程活动中的工程系统，是指为完成一个工程项目而必须具备的人、财、物、环境等条件构成的整体；制造业中的技术系统，是指为实现产品的功能而由零部件、元器件、软硬件等要素组成的整体。

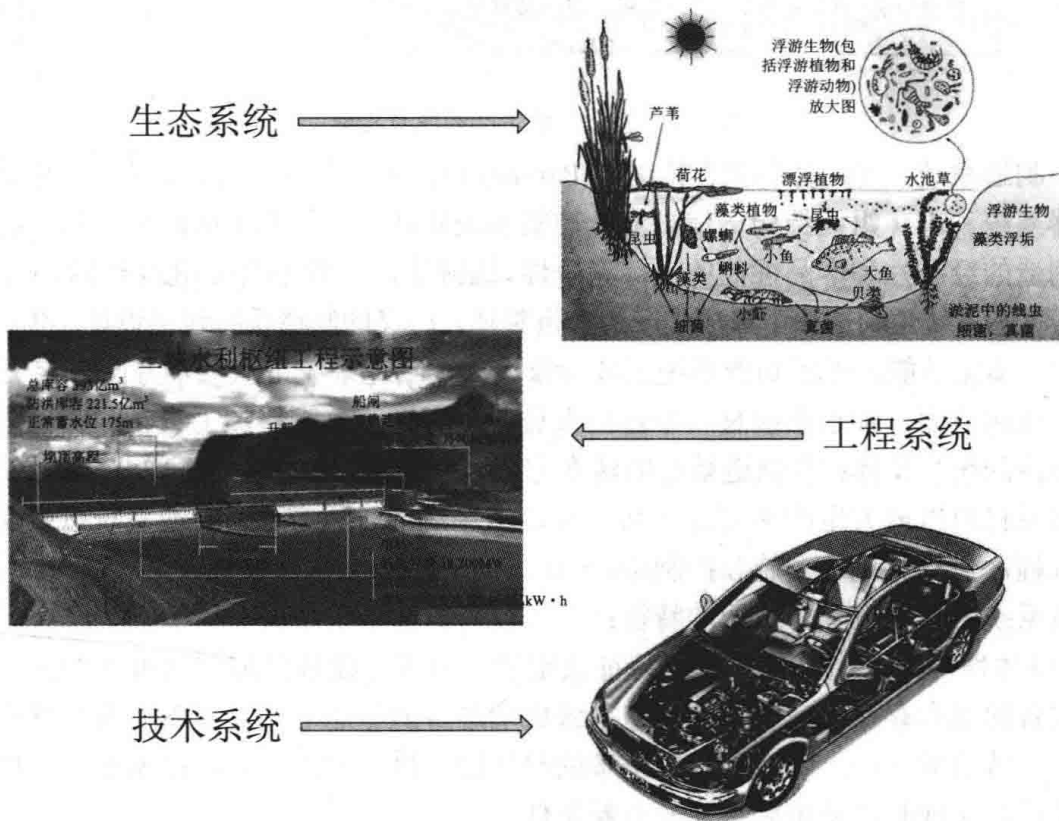


图 1-3 系统的分类

在上述系统的分类中，技术系统实际就是制造系统。技术系统强调实现的方法，制造系统强调实现的过程。完成制造过程涉及的相关因素有许多，包括技术的和非技术的两方面。从广义上讲，所有对制造过程发挥作用的因素共同构成了制造系统。一般而言，制造系统是指直接改变材料形状和性能的软硬件技术集成。在现代工业体系中，所有产品的生产，包括生产效率和质量的保证，都高度依赖特定的制造系统，也就是各种工业生产装备。由此可见，制造系统是指为达到预定产品制造目的而构建的一整套组织系统，是由制造过程、硬件、软件和相关人员组成的具有特定功能的一个有机整体。制造系统涉及所有工业生产领域，其生产构成包括设计、制造、管理三大要素，如图 1-4 所示。

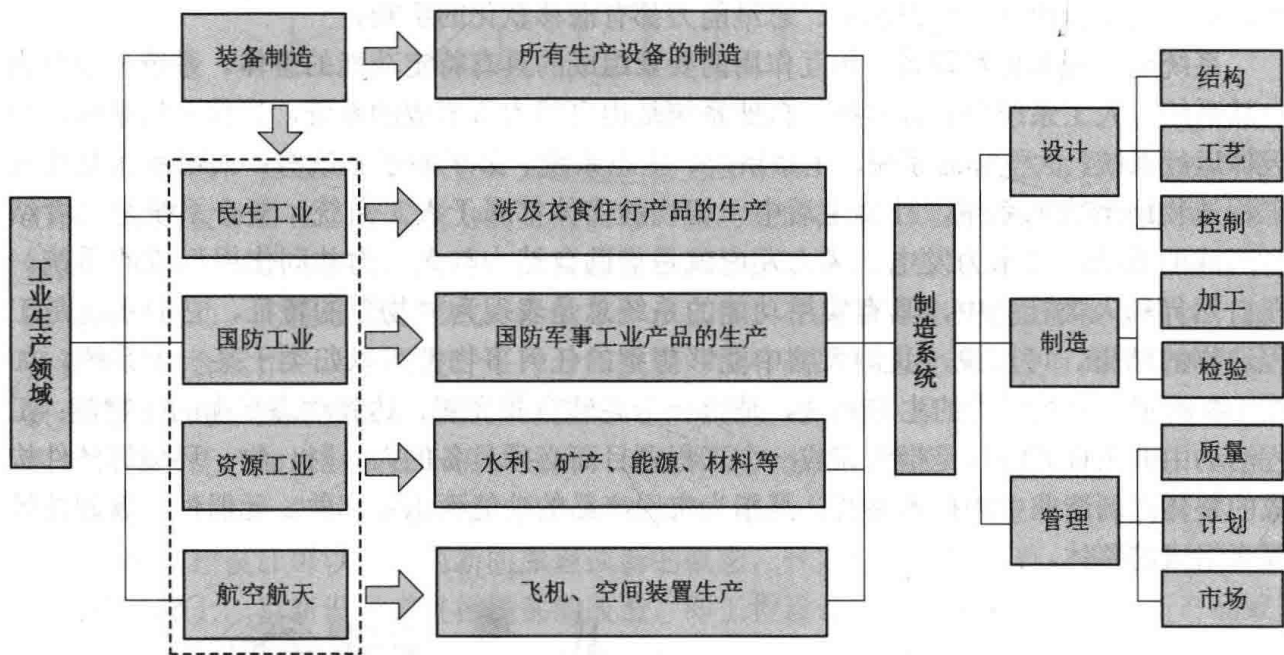


图 1-4 制造系统生产领域及构成

关于制造系统，英国著名学者帕纳比(Parnaby)于 1989 年给出的定义为：制造系统是工艺、机器系统、人、组织结构、信息流、控制系统和计算机等的集成组合，其目的在于取得产品制造的经济性和产品性能的国际竞争性。国际生产工程学会(CIRP)于 1990 年给出的定义是：制造系统是制造业中形成生产的有机整体，广义的制造系统包括设计、生产、配送和销售的一体化功能。国际制造系统工程专家认为，制造系统可从三个方面来定义：① 制造系统的结构方面，制造系统是一个包括人员、生产设施、物料加工设备和其他附属装置等各种硬件的统一整体；② 制造系统的转变方面，制造系统可定义为生产要素的转变过程，特别是将原材料以最大生产率变为产品；③ 制造系统的过程方面，制造系统可定义为生产的运行过程，包括计划、实施和控制等。

制造系统具有以下几个方面的特征：

(1) 整体性。这是由系统本身的特征决定的。制造系统最终展现给世人的必须是一个完整的装备的现实存在。完整性是制造系统成功与否的标志之一，它表明系统具备了实现功能、产生效益的条件。制造过程中决策的科学性、投入的充裕性、技术的完备性、管理的严密性都是实现制造系统完整性的必要条件。

(2) 功能性。制造系统必须实现特定功能。现代制造中特别强调功能实现的可控性。

制造系统的功能何时实现、怎样实现,必须由人的意志决定。制造系统的故障大多都是各种原因造成的机构失控的结果。人们在研发系统时,控制是一个重要环节,必须做到系统控制的安全可靠。信息社会中,制造系统的控制越来越迅速地由手工操作控制向自动控制方向发展。特别是现代智能制造系统,网络控制、远程控制已经成为发展方向。系统的优良与否,很大程度上由自动监控的准确性来评判。

(3) 协调性。协调性是制造系统实现其目标最重要的特征之一,也就是说,构成制造系统的各要素必须协调配合,才能保证制造系统功能的最终实现。协调性主要取决于制造系统各要素间的相互匹配和特性要求,是系统制造和控制精度的集中体现。

(4) 环境适应性。在当今社会生态环保理念深入人心的形势下,绿色发展、绿色制造已经成为制造系统从研发到运行全过程遵循的重要原则。所谓制造系统的环境适应性,就是在制造过程中,牢牢把握环境保护的宗旨,从设计、选材到工艺方法、辅料使用,均不以破坏环境为代价。

1.2 制造系统自动化

制造系统自动化的高端即是智能制造系统。面对市场环境下工业产品激烈竞争的发展形势,为应对人力资源成本不断提升、产品需求规模庞大的生产现状,提高劳动生产效率,保证产品生产质量,改善劳动条件,提升劳动者素质,已经成为企业生存发展的当务之急。制造系统自动化是企业立足于竞争环境、实现企业发展目标的技术首选。制造系统自动化的水平代表了一个国家制造业的发达程度,其高质量的广泛应用是制造业发展的核心方向。

1.2.1 自动化概述

自动化是指机器设备、系统或过程(生产、管理过程)在无人或少人的直接参与下,根据要求,经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制,实现预期功能目标的过程。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。采用自动化技术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,而且能扩展人的器官功能,极大地提高劳动生产率,增强人类认识世界和改造世界的能力。因此,自动化是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要条件和显著标志。

制造系统自动化是指在无人或少人的干预下将原材料加工成零件或将零件组装成产品的生产过程,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、设备的运行及协调、材料的计划与分配、生产环境的监控等;工艺过程包括工件的工序安排和加工过程、零件装卸储存和输送、刀具的选择安装和调整、切削液的净化处理等。

从功能上讲,制造系统自动化主要是信息化的控制系统对输入的物质、能量与信息按照要求进行处理,输出具有所需特性的物质、能量与信息,如图 1-5 所示。

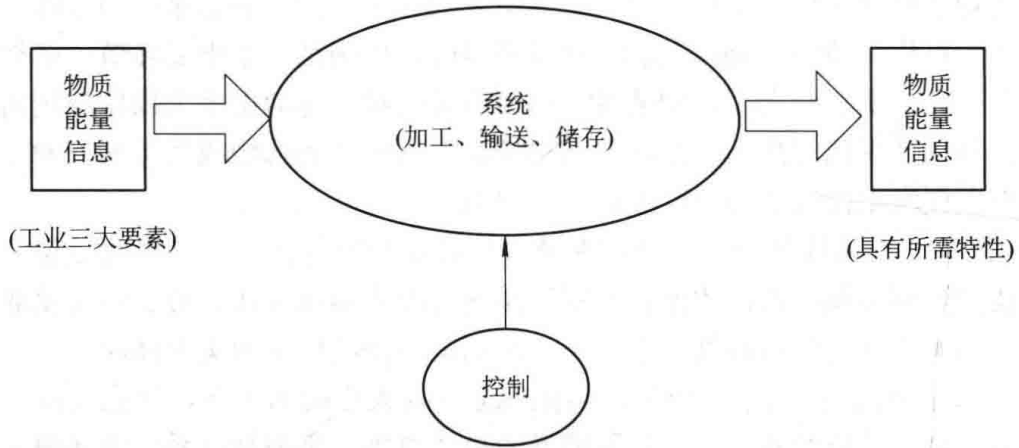


图 1-5 制造系统自动化的功能实现

1.2.2 制造系统自动化的类型及构成

制造系统自动化包括刚性制造系统自动化和柔性制造系统自动化两大类，如图 1-6 所示。刚性是指该生产线只能生产某种产品或工艺相近的某类产品，生产产品具有单一性的特点。刚性制造系统涉及的加工设备包括组合机床、专用机床、刚性自动化生产线等。柔性的含义是灵活多变，是指在制造过程中生产组织形式和生产产品及工艺具有多样性和灵活性的特点，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。

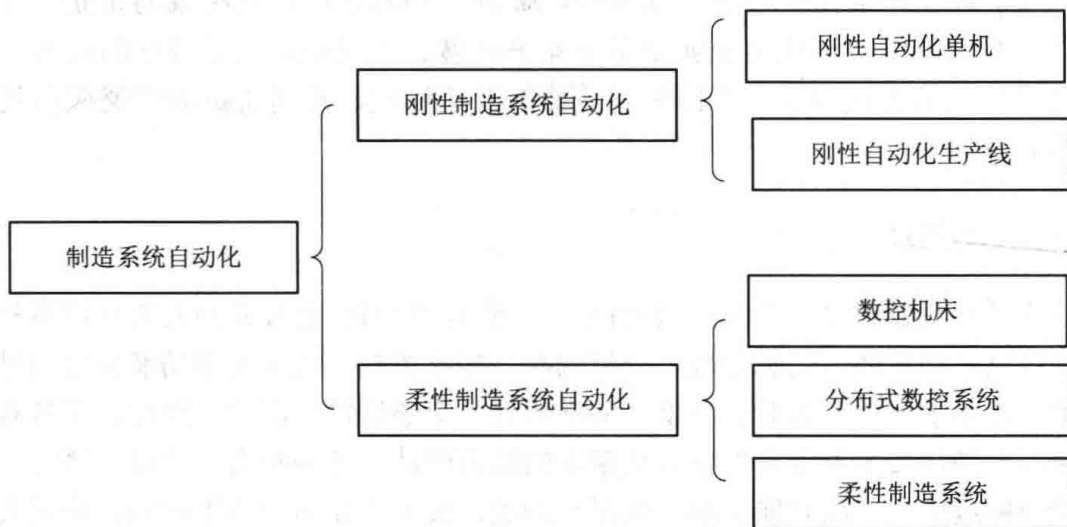


图 1-6 制造系统自动化的类型

1. 刚性自动化单机

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，这种机床称为刚性半自动化单机。这种机床一般采用多刀多面加工，如单台组合机床、通用多刀半自动机床。在刚性半自动化单机的基础上增加自动上下料装置就形成了刚性自动化机床，其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制或在刚性半自动化单机的基础上改装，常用于品种单一、变化很小、但生产批量较大的场合。

2. 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,刚性自动化生产线的结构复杂,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,刚性自动化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、改善劳动条件和便于管理等优点。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。

3. 数控机床

数控机床即数字控制(Computer Numerical Control, CNC)机床,是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑性地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,通过数控系统软件输入数控装置;经运算处理后由数控装置发出各种控制信号控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸自动地将零件加工出来。数控机床很好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是典型的机电一体化产品,是一种柔性、高效能的自动化机床,代表了制造技术和现代机床控制技术的发展方向。

加工中心(Machining Center, MC)是在一般数控机床的基础上,增加刀库自动换刀装置而形成的一类更复杂,但用途更广、效率更高的数控机床。由于具有刀库和自动换刀装置,可以在一台机床上完成车、铣、镗、钻、铰、攻螺丝等多个工序的加工。因此加工中心具有工序集中、可以有效缩短机床调整时间和工件搬运时间、减少制品库存、加工质量高等优点。加工中心常用于复杂、多工序工件的加工。根据加工对象不同,加工中心又可分为铣削加工中心、车削加工中心、车铣复合加工中心等。

4. 分布式数控系统

分布式数控(Distributed Numerical Control, DNC)系统是指系统采用多处理机,借助数字、字符或者其他符号对某一工作过程进行编程控制,以一定的分工方式来承担整个交换机的控制功能的控制方式。分布式数控系统采用一台计算机控制若干台 CNC 机床,因此这种系统强调的是系统的计划调度和控制功能,对物流和刀具的自动化程度要求并不高,主要由操作人员完成。DNC 的主要优点是系统结构简单,灵活性大,可靠性高,投资少,注重对设备的优化利用,是一种简单的人机结合的自动化制造系统。

5. 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)是指由一个传输系统联系起来的一些设备,传输装置把工件放在其他连接装置上送到各加工设备,实现工件精确、快速和自动化加工,如图 1-7 所示。可以看出,柔性制造系统由数控加工设备、自动化搬运设备、物料运储装置和计算机控制系统等组成,包括自动化立体仓库,自动化输送线系统,柔性制造并联加工机器人,上下料搬运机器人,CCD 形状颜色、孔深与材质检测,自动化喷涂系统,系统总线控制等多个柔性制造单元,它能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行

调整，以适宜于多品种、中小批量生产。它通过简单地改变软件的方法能够制造出多种零件中任何一种。

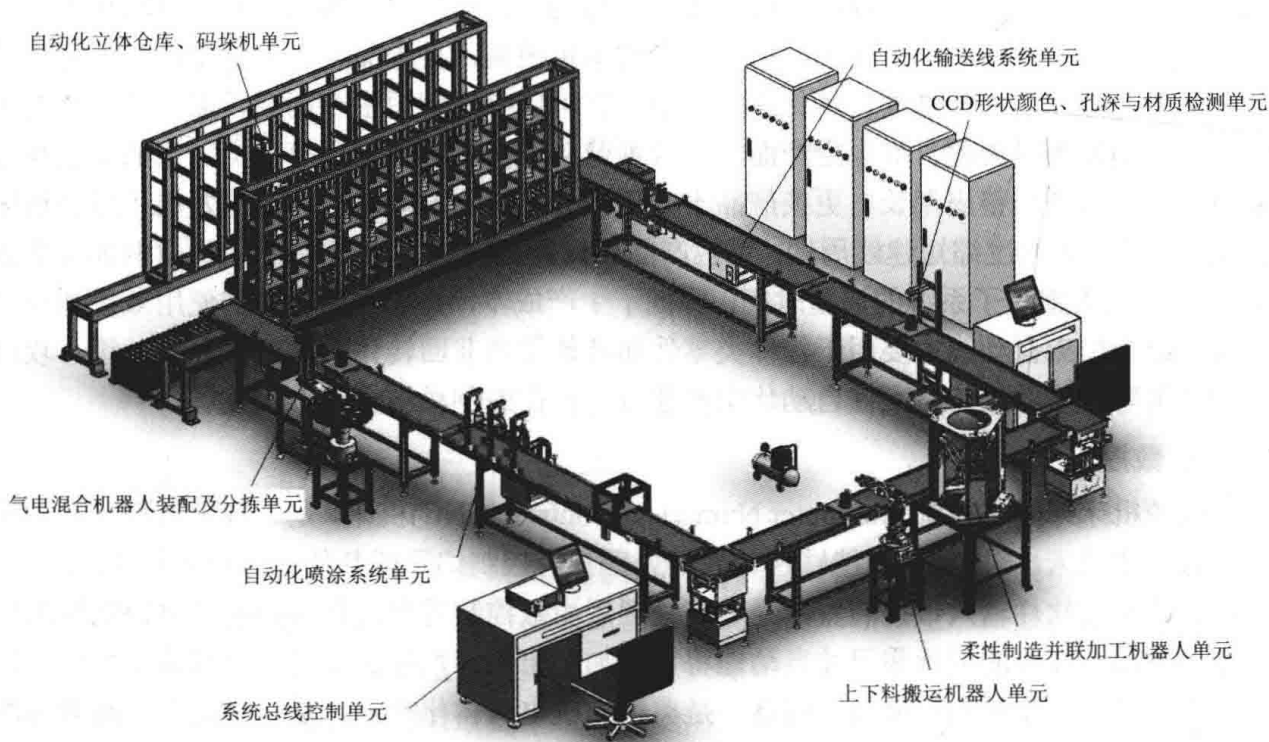


图 1-7 柔性制造系统

柔性制造系统包含中央计算机控制系统和传输系统，有时可以同时加工几种不同的零件。FMS 是由统一的信息控制系统、物料储运系统和一组数字控制加工设备组成的且能适应加工对象变换的自动化机械制造系统。系统为一组按次序排列的设备，由自动装卸及传送装置连接并经计算机控制系统集成为一体，待加工零件在零件传输系统上装卸，一台机器上加工完毕后传到下一台机器，每台机器接受操作指令，自动装卸所需工具，无需人工参与。

1.2.3 机电一体化系统设计

具有自动化功能的制造系统均为机电一体化系统。机电一体化又称机械电子学，英文称为 Mechatronics，它是由英文机械学 Mechanics 的前半部分与电子学 Electronics 的后半部分组合而成的。机电一体化最早出现在 1971 年日本《机械设计》杂志的副刊上，随着机电一体化技术的快速发展，机电一体化的概念被人们广泛接受和普遍使用。1996 年出版的 WEBSTER 大词典收录了这个日本造的英文单词，这不仅意味着“Mechatronics”这个单词得到了世界各国学术界和企业界的认可，而且还意味着“机电一体化”的思想为世人所接受。

一般认为，机电一体化是以机械学、电子学和信息科学为主的多门技术学科在机电产品发展过程中相互交叉、相互渗透而形成的一门新兴边缘性技术学科。这里面包含了三重含义：首先，机电一体化是机械学、电子学与信息科学等学科相互融合而形成的学科。其次，机电一体化是一个发展中的概念，早期的机电一体化就像其字面所表述的那样，主要

强调机械与电子的结合,即将电子技术“溶入”到机械技术中而形成新的技术与产品。随着机电一体化技术的发展,以计算机技术、通信技术和控制技术为特征的信息技术融合到机械技术中,丰富了机电一体化的含义;现代的机电一体化不仅仅指机械、电子与信息技术的结合,还包括光(光学)机电一体化、机电气(气压)一体化、机电液(液压)一体化等。最后,机电一体化表达了技术之间相互结合的学术思想,强调各种技术在机电产品中的相互协调,以达到系统总体最优。换句话说,机电一体化是多种技术学科有机结合的产物,而不是它们的简单叠加。

现实生活中的机电一体化产品比比皆是。手机、自动洗衣机、空调、全自动照相机等,都是典型的机电一体化产品;汽车更是机电一体化技术成功应用的典范,目前汽车上成功应用和正在开发的机电一体化系统达数十种之多,特别是发动机电子控制系统、汽车防抱死制动系统、全主动和半主动悬架等机电一体化系统在汽车上的应用,使得现代汽车的乘坐舒适性、行驶安全性及环保性能都得到了很大的改善;在机械制造领域中广泛使用的各种数控机床、工业机器人、三坐标测量机及全自动仓储等,也是典型的机电一体化产品。一些常见的机电一体化产品如图 1-8 所示。

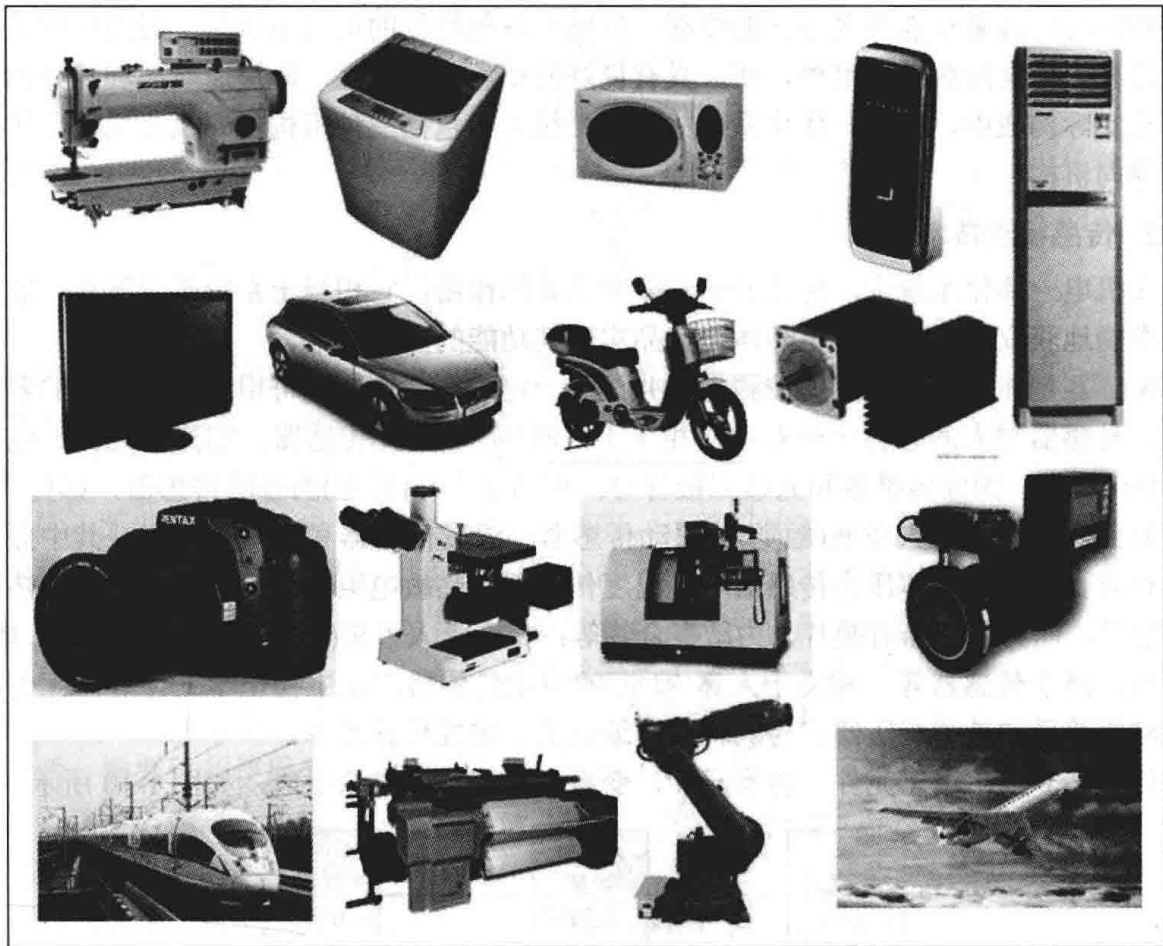


图 1-8 常见的机电一体化产品

一般而言,一个较完善的机电一体化系统包括以下几个基本组成部分:机械本体、检测传感部分、计算机控制单元、驱动装置和动力源,各要素之间通过接口相联系,如图 1-9 所示。

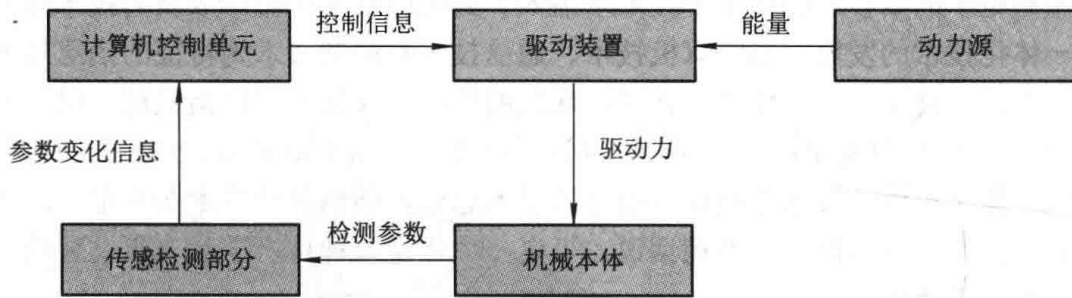


图 1-9 机电一体化产品的构成

机电一体化系统的单元技术主要包括以下几方面：

1. 机械技术

机械技术是机电一体化的基础。机电一体化系统中的主功能往往是以机械技术为主体实现的。在机械与电子相互结合的实践中，不断对机械技术提出更高的要求，使现代机械技术相对于传统机械技术而发生了很大变化。新机构、新原理、新材料、新工艺等不断出现，现代设计方法不断发展和完善，以满足机电一体化产品对减轻质量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。机电一体化系统的机械系统与一般的机械系统相比，除要求较高的制造精度外，还应具有良好的动态响应特性，即快速响应和良好的稳定性。在实际构成中，机电一体化系统的机械系统主要包括三种机构，即执行机构、传动机构和导向机构。

2. 传感检测技术

在机电一体化系统中，传感器起着非常重要的作用，它相当于系统感受器官，能够快速、准确地获取信息，是机电一体化产品实现其功能的重要保证。

传感器是能够感受规定的被测量，并按照一定的规律转换成可用的输出信号的器件或装置。传感器与人的感官一一对应，相当于人眼(视觉)的光传感器，如光敏元件、电荷耦合器件(CCD)、图像传感器和光敏二极管等；相当于人耳(听觉)的音响传感器，如传声器、压电元件等；相当于人皮肤(触觉)的振动传感器、温度传感器和压力传感器，其中振动传感器有应变片、半导体压力传感器等，温度传感器有热敏电阻、铂电阻、热电偶和热释电传感器等，压力传感器有膜片、力敏聚合物等；相当于人舌头(味觉)的味觉传感器，如铂、氧化物、离子传感器等；相当于人鼻(嗅觉)的嗅觉传感器，如生物化学元件等。此外，还有检测位移量的差动变压器、检测转速的编码器、磁性传感器等。

传感器一般由敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源组成，如图 1-10 所示。

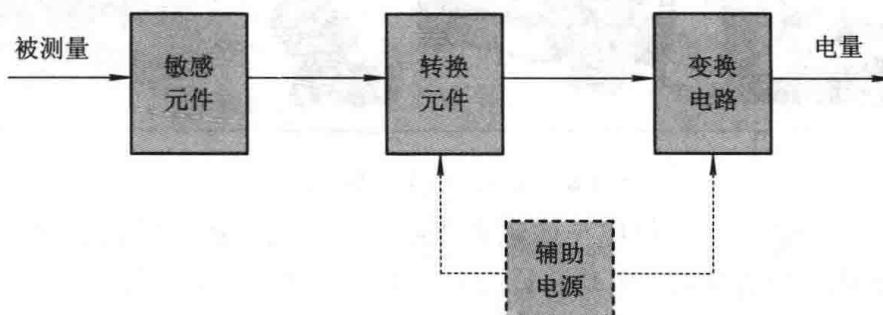


图 1-10 传感器的组成

3. 伺服驱动技术

伺服(Servo)的含义即“伺候服侍”，就是在控制指令下，控制驱动元件，使机械系统的运动部件按照指令要求进行运动。伺服的主要任务是按控制命令的要求，对功率进行放大、变换与调控等处理，使驱动装置输出的力矩、速度和位置控制得非常灵活方便。伺服系统是指使物体的位置、方位、状态等输出，能够跟随输入量的任意变化而变化的自动控制系统，主要用于机械设备位置和速度的动态控制。

伺服系统的结构类型繁多，其组成和工作状况也不尽相同。一般说来，伺服系统的基本组成包括控制器、功率放大器、执行机构和检测装置四部分，如图 1-11 所示。

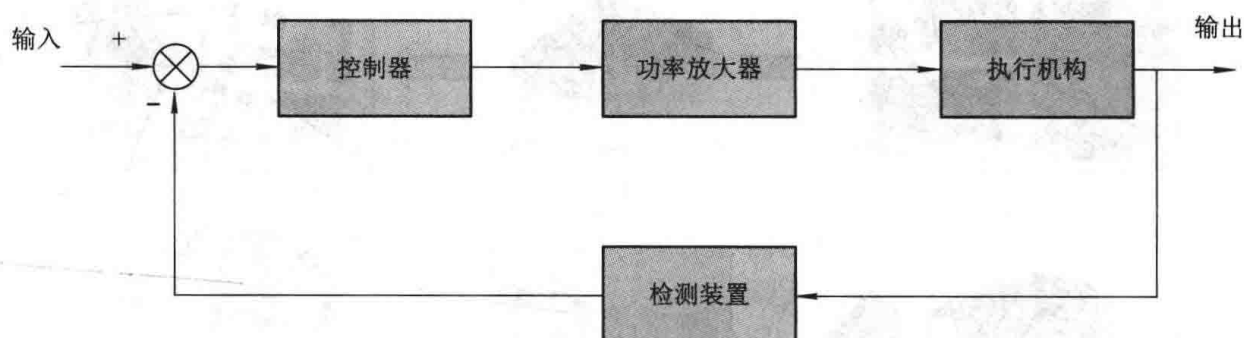


图 1-11 伺服系统的组成

伺服驱动技术作为数控机床、工业机器人等产业的关键技术之一，在国内外普遍受到关注。20 世纪 90 年代，微处理器技术、电力电子技术、网络技术、控制技术的发展为伺服驱动技术的进一步发展奠定了良好的基础。

4. 自动控制技术

随着微电子技术和计算机技术的发展，计算机在速度、存储量、位数、接口等方面的性能都有了很大的提高。批量生产、技术进步又使计算机的成本大幅度下降。计算机因其优越的特性广泛地应用于工业、农业、国防及日常生活的各个领域，例如，我们所熟悉的数控机床、工业机器人、电气传动装置的控制等。计算机控制技术是自动控制理论和计算机技术相结合的产物，计算机强大的信息处理能力使控制技术提高到一个全新的水平，计算机的引入对控制系统的性能、结构以及控制理论都产生了深远的影响。

单片机控制技术的应用十分广泛，可以说遍布工业生产和人们生活的各个领域，如图 1-12 所示。例如，在智能仪器仪表方面，由于单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，在仪器仪表中，结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比起采用电子或数字电路更加强大。例如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪)；在工业控制方面，用单片机可以构成多种多样的控制系统和数据采集系统，如工厂流水线的智能化管理，电梯智能化控制，各种报警系统，与计算机联网构成二级控制系统等；在家用电器方面，可以说，现代家用电器基本上都采用了单片机控制，包括电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、数码产品等。除此之外，在计算机网络、通信、医疗等领域，单片机也发挥着重要的作用。

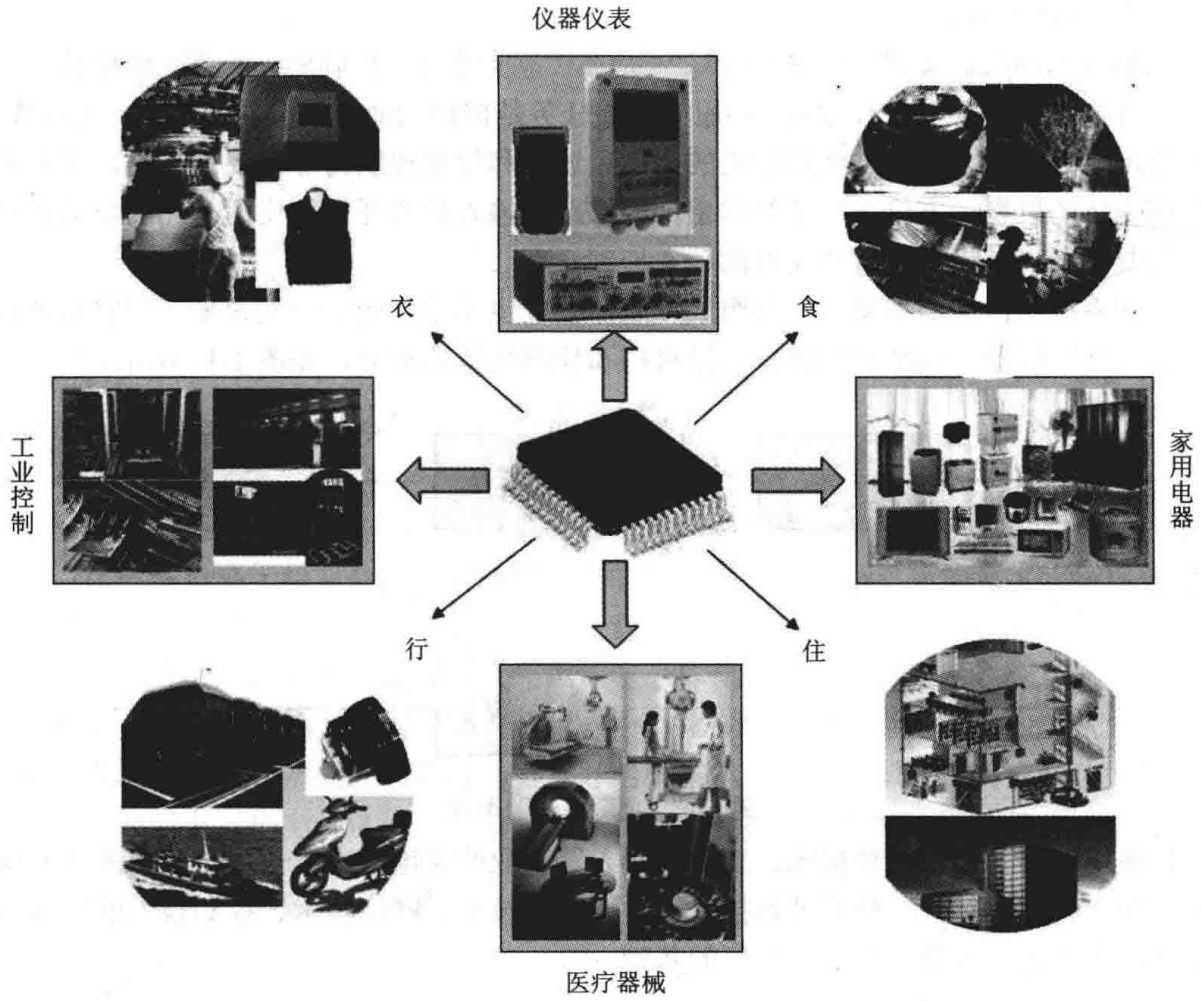


图 1-12 单片机的应用领域

在现代化的生产过程中，许多自动控制设备、自动化生产线，均需要配备电气控制装置。如电动机的启动与停止控制、液压系统的控制、机床的自动控制以及机器人的自动控制等。以往的电气控制主要采用继电器、接触器或电子元器件来实现，这种控制方式的电气装置体积大、接线复杂、故障率高、稳定性差、适应性也差。早期的可编程控制器称作可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)，它主要用来代替继电器实现逻辑控制。PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同，如图 1-13 所示。

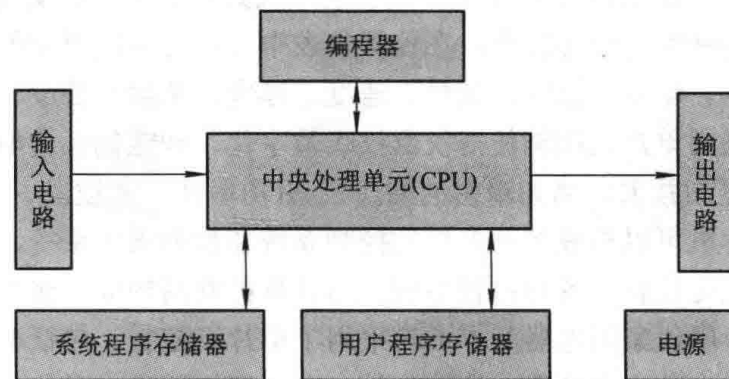


图 1-13 PLC 的基本结构