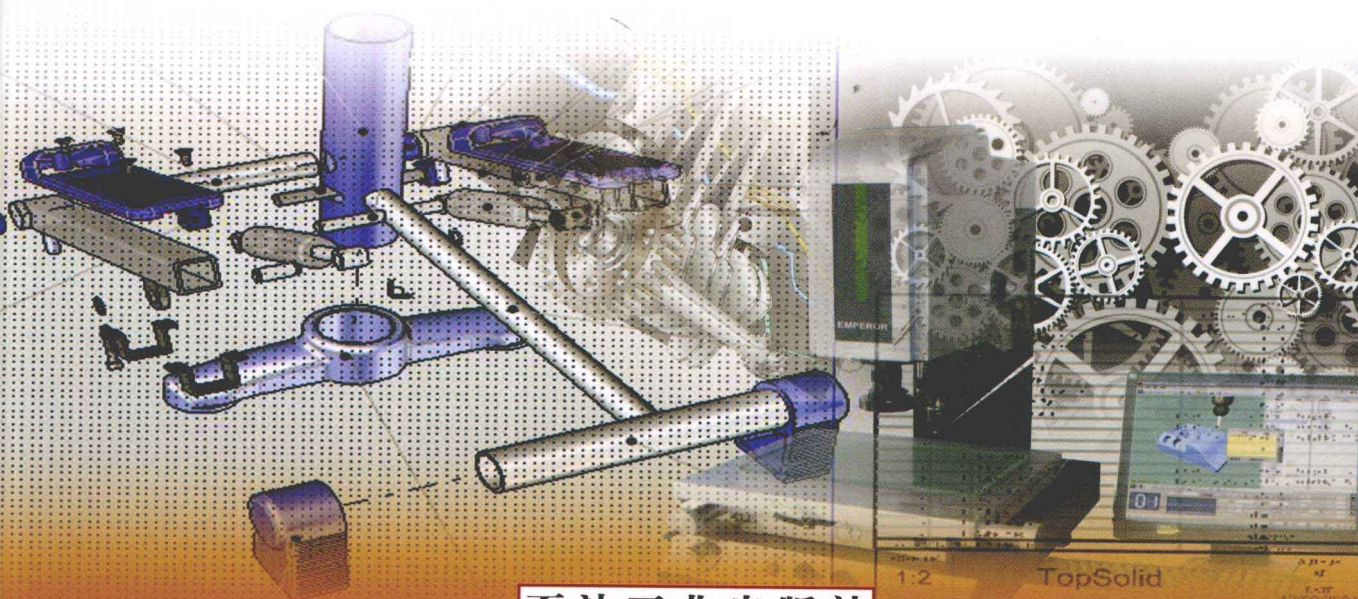




石油高等院校特色教材

机械制造自动化技术

王尊策 任永良 李森 温后珍 编著



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油教材出版基金资助项目

石油高等院校特色教材

机械制造自动化技术

王尊策 任永良 李 森 温后珍 编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书为适应机械制造技术的发展,以系统工程的观点介绍了机械制造系统自动化的基本概念和基本理论,讲述了机械制造中各主要单元和系统的自动化方法以及各种自动化装置的设计、工作原理和特点。本书内容注重实用性和应用性,可作为高等院校机械制造及自动化专业教材,也可供从事机械制造自动化工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造自动化技术/王尊策等编著.

北京:石油工业出版社,2013.2

石油高等院校特色教材

ISBN 978-7-5021-9468-0

I. 机…

II. 王…

III. 机械制造-自动化技术-高等学校-教材

IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 015606 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:<http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11.25

字数:288 千字

定价:22.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

随着科学技术的发展,机械制造技术水平不断提高,机电一体化技术、计算机辅助技术和信息技术的交叉融合,使自动化技术在机械制造行业被广泛应用。采用机械制造自动化技术,不仅可以大大降低劳动强度,还可以提高产品质量,提高制造企业适应市场变化的能力,从而提高企业的竞争能力。本书是在国家科技支撑计划课题“石油装备制造业创新技术服务平台建设(2012BAH28F03)”的研究及应用的基础上,借鉴了国内外诸多专家学者的研究成果编著而成的。在编排体系上,力求以系統工程的观点,介绍机械制造系統自动化的基本概念和基本理论。在内容取舍上注重实用性和应用性,遵照循序渐进的原则,努力做到深入浅出、详略有序,以利于读者了解和掌握机械制造自动化方面的基本原理,了解机械制造中各主要单元和系統的自动化方法以及各种自动化装置的工作原理和特点,并提高其应用管理能力。

全书共分十章。第一章介绍机械制造系统及自动化的基本概念;第二章介绍成组技术的基本概念;第三章重点介绍工业机器人的设计方法及其在工业生产中的应用;第四章至第七章介绍加工自动化(多品种、中小批量生产自动化,柔性自动化加工系統,计算机集成制造系統与云制造,大批量生产的自动化生产线);第八章至第十章介绍物料輸送系統自动化(上料自动化、輸料自动化、輸送系統的辅助自动化)。

本书由东北石油大学王尊策(第一章、第二章、第五章、第六章、第八章、第九章)、任永良(第四章)、李森(第十章)、温后珍(第三章、第七章)编著,北京印刷学院郭俊忠教授主审。尽管我们在编写过程中倾尽全力,但由于水平有限,书中难免有不足之处,望读者提出宝贵意见。

编著者

2012年9月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 机械制造自动化技术的发展	(1)
第二节 机械制造自动化的基本概念	(5)
第三节 实现自动化的技术经济条件及途径	(8)
第二章 成组技术	(11)
第一节 概述	(11)
第二节 零件的分类编码系统	(15)
第三节 零件分类编组方法	(21)
第四节 成组工艺	(23)
第五节 成组生产组织形式、设备布置设计及技术经济效益	(26)
第三章 工业机器人	(33)
第一节 概述	(33)
第二节 工业机器人的组成和分类	(34)
第三节 工业机器人的自由度和技术参数	(36)
第四节 工业机器人的结构设计	(40)
第四章 多品种、中小批量生产自动化	(57)
第一节 基本概念	(57)
第二节 确定多品种、中小批量生产自动化的方法	(58)
第三节 多品种、中小批量生产的自动化措施	(59)
第五章 柔性自动化加工系统	(67)
第一节 数控加工	(67)
第二节 柔性制造单元	(72)
第三节 柔性制造系统	(75)
第六章 计算机集成制造系统与云制造	(85)
第一节 计算机集成制造系统	(85)
第二节 网络化制造	(87)
第三节 云制造	(93)
第七章 大批量生产的自动化生产线	(101)
第一节 自动化生产线组成和类型	(101)
第二节 自动化生产线设计的基本原理	(103)

第三节	自动化生产线的控制系统	(112)
第八章	上料自动化	(115)
第一节	基本概念	(115)
第二节	料斗式上料装置	(117)
第三节	振动式料斗	(125)
第四节	料仓式上料装置	(131)
第九章	输料自动化	(139)
第一节	基本概念	(139)
第二节	重力输料装置	(140)
第三节	强制输料装置	(149)
第四节	步伐式输料装置	(155)
第十章	输送系统的辅助自动化	(161)
第一节	自动转位装置	(161)
第二节	自动储料装置	(163)
第三节	随行夹具的自动运送装置	(167)
第四节	自动排屑装置	(169)
参考文献	(172)

第一章 概 论

第一节 机械制造自动化技术的发展

一、机械制造自动化技术的发展历程

机械制造自动化技术的发展同机械制造技术的发展是密切相关、不可分割的。机械制造业作为其他产业的支柱工业,担负着为国民经济提供更多的物美价廉的先进技术装备的重任。机械制造技术的发展,一方面受到科学技术进步的推动和制约,另一方面也受到社会经济、文化发展水平的影响。因此,机械制造自动化技术的发展是和一定时期的科技、经济、文化等发展的水平紧密地联系在一起,它是一个国家和社会发展水平的综合体现。纵观机械制造自动化技术的发展历程,大致可划分为五个阶段。

1. 刚性自动化阶段

刚性自动化阶段包括刚性自动线和自动单机。1924年,英国的 Morris 汽车公司建立了最简单的自动流水作业线。1935年苏联研制成功第一条汽车发动机气缸体加工自动线。第二次世界大战前后,美国底特律福特汽车公司建立了用于大批量生产的自动化生产线。进入20世纪40~50年代,刚性自动化技术已相当成熟,应用传统的机械设计与制造工艺方法,引入继电器程序控制、组合机床等新技术,采用专用机床和组合机床、自动单机或自动生产线进行大批量生产。这一阶段的特征是高生产率和刚性连接的自动化设备,其很难适应于产品的改变。

2. 数控加工阶段

数控加工阶段包括数控(Numerical Control,简称NC)和计算机数控(Computer Numerical Control,简称CNC)。进入20世纪50~70年代,数控技术得到了迅速发展,并趋于成熟。1952年,美国成功研制出了第一台数控机床,1956年开始逐步在中、小批量生产中使用,1958年研制出了带自动换刀装置的数控加工中心机床,并迅速得到发展。到了20世纪70~80年代,由于计算机技术的迅速发展,最初的数控技术迅速被计算机数控技术所取代。英国 Molins 公司研制成电子计算机控制六台数控机床的制造系统,解决了多品种小批量生产的自动化及降低成本和提高生产率的问题,彻底改变了传统的单件小批量生产中零件的存放和运输耗时过多的状态。美国 Sundstand 公司和日本国铁大宫工厂相继又研制成功计算机控制的全自动制造系统和数控机床的计算机数控系统,使单功能自动的单能机向多功能自动的多能机(加工中心)方向发展。数控技术的特点是柔性好、加工质量高,适应于多品种、中小批量(包括单件产品)的生产。该阶段引入的技术包括数控技术、计算机自动编程技术等。

3. 柔性制造阶段

柔性制造阶段包括计算机直接数控(Direct Numerical Control,简称DNC)、柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell,简称FMC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS)、柔性加工线(Flexible Manufacturing Line,简称FML)等。20世纪70年代末,在数控技术的支持下,随着信息技术和计算机技术的迅速发展,机械制造设备已从刚性连接的自动生产线向计算机控制的柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)的方向发展。德国、美国、日本都先后研制成功了计算机控制、具有多品种加工功能、搬运传送功能、生产管理功能和各种信

息处理功能的柔性制造系统,并陆续投入使用。本阶段的主要特征是强调制造过程的柔性和高效性,适应于多品种、中小批量的生产。涉及的主要技术包括成组技术(Group Technology,简称GT)、DNC、FMC、FMS、FML、离散系统理论、方法与仿真技术、车间计划与控制、制造过程监控与通信网络等。

4. 计算机集成制造系统阶段

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称CIMS)既可看作是机械制造自动化技术发展的一个新阶段,同时也可看作是包含机械制造自动化系统的一个更高层次的系统。CIMS在20世纪80年代以来得到了迅速发展,而今正方兴未艾。我国共有数十万个制造企业,CIMS产业的市场潜力很大。1989年成都飞机工业公司作为我国首家CIMS的应用试点企业,1995年,北京第一机床厂荣获总部设在美国的机械工程师学会(SME)及其计算机和自动化系统专业学会(CASA/SME)的“工业领先奖”,成为从1981年开始设立该奖项以来于美国本土外唯一获此殊荣的企业。CIMS的主要特征是强调机械制造全过程的系统性和集成,以解决现代企业生存与竞争的TQCS问题,即产品上市快(Time)、质量好(Quality)、成本低(Cost)和服务好(Service)。CIMS涉及的学科和技术非常广泛,包括现代制造技术、管理技术、计算机技术、自动化技术和系统工程技术等。

我国的CIMS已经发展为现代集成制造(Contemporary Integrated Manufacturing)与现代集成制造系统(Contemporary Integrated Manufacturing System)。它已在广度与深度上拓展了原CIM/CIMS的内涵。其中,“现代”的含义是计算机化、信息化、智能化。“集成”有更广泛的内容,它包括信息集成、过程集成及企业间集成等三个阶段的集成优化;企业活动中三要素及三流的集成优化;CIMS有关技术的集成优化及各类人员的集成优化等。CIMS不仅仅把技术系统和经营生产系统集成在一起,而且把人(人的思想、理念及智能小型计算机集成制造系统)也集成在一起,使整个企业的工作流程、物流和信息流都保持通畅和相互有机联系。因此,CIMS是人、经营和技术三者集成的产物。

5. 智能制造系统阶段

智能制造系统(Intelligent Manufacturing System,简称IMS)是由高性能的自控机器人、数控机床、无人运输车等智能元件组成的系统,它是机械制造自动化在本世纪的发展方向。1990年秋,日、美、欧共同体三方就IMS的具体实施计划达成了协议。三方决定设置“国际运营委员会”作为IMS计划的最高决定机关,国际运营委员会下设独立的“智能所有权研究集团”,制定可实施的基础技术方针。三方综合考虑了所需设备、人员配制等因素,初步确定十年内三方共同负担10亿美元的经费开支。基本的生产技术是人类共同的财富,日、美、欧共同体三方达成的协议,对形成全球人类共有的新生产技术领域具有积极的促进作用。其研究内容包括如下六个方面:

(1)加工制造业的无污染制造技术(Clean Manufacturing in Process Industries)。在5~20年内,为满足日益提高的环境保护要求,对加工制造业所采用的新技术、新工艺进行环境保护方面的评测。

(2)全球制造业的并行工程(Concurrent Engineering for Global Manufacturing)。对具有分式开发研制能力的系统进行对比性的试验研究。

(3)21世纪全球集成制造技术(Global-man 21)。建立高效的全球制造企业的支持系统。

(4)粒子制造系统(Holonc Manufacturing System)。分散自治(Holonc)的加工系统,由具有标准、自治、智能的并且相互协调的模块组成。

(5)快速产品开发支持系统(Rapid Product Development)。开发并应用能极大缩短产品研

制周期的技术和生产规程。

(6) 知识系统(Systematisation of Knowledge)。目标是建立一个新的基于知识的样本工程。

二、机械制造自动化制造模式

在信息革命的猛烈冲击下,制造业正发生着一场深刻的革命,一些新的制造模式和理念不断涌现,在传统制造技术逐步向现代高新技术发展、渗透、交汇和演变的过程中,形成了先进制造技术的同时,出现了一系列先进制造模式。

1. 敏捷制造(Agile Manufacturing,简称AM)

AM是在具有创新精神的组织和管理结构、先进制造技术(以信息技术和柔性智能技术为主导)、有技术有知识的管理人员三大类资源支撑下,也就是将柔性生产技术、有技术有知识的劳动力与能够促进企业内部和企业之间合作的灵活管理集中在一起,通过所建立的共同基础结构,对迅速改变的市场需求和市场进度做出快速响应。敏捷制造比起其他制造方式具有更灵敏、更快捷的反应能力。

2. 精良生产(或称精益生产)(Lean Production,简称LP)

LP是由1990年美国麻省理工学院在总结第二次世界大战后以丰田汽车为代表的日本制造企业的经验时提出的。这种模式以改革企业生产管理为特点,其基本要求是企业在生产过程中要同时获得极高的生产率、最好的产品质量和极大的生产柔性,使所生产出的产品具有精益特点。它可消除制造企业因采用大量生产方式所造成的过于臃肿和浪费的缺点,实施“精简、消肿”的对策,以及“精益求精”的管理思想。该模式要求产品优质,且充分考虑人的因素,采用灵活的小组工作方式和强调合作的并行工作方式;在生产技术上是采用适度的自动化技术,使制造企业的资源能够得到合理的配置、充分的利用。

3. 并行工程(Concurrent Engineering,简称CE)

CE是将时间上先后的处理和作业实施过程转变为同时考虑和尽可能同时处理的一种作业方式。美国防务研究所在1988年12月将CE定义为:“并行工程是一种对产品及其相关过程(包括制造和支持过程)进行并行的、一体化设计的系统集成工作模式。这种工作模式可使产品开发人员一开始就能考虑到产品整个生产周期中的所有因素,包括质量、成本、进度和用户要求”。根据其定义,并行工程的运行模式在产品的开发设计阶段就对工艺、装配、检验、售后服务方案进行协调设计,并经仿真和评估,反复修改完善,力争制造过程一次成功。这样的设计完成后,一般能保证后续阶段,如制造、装配等工作顺利进行,但仍允许不断进行信息反馈。在特殊情况下,也可对设计方案甚至产品模型进行修改。在并行工程模式下,每个设计者在各自的工作站上可以像在传统CAD工作站上一样进行自己的设计工程,但同时又可以与其他工作站进行通信,根据目标要求既可以随时响应其他设计人员要求修改自己的设计,也可要求其他设计人员响应自己的要求。这样,多种设计工作可并行协调地进行。

4. 极端制造(Extreme Manufacturing,简称EM)

制造技术正在从常规制造、传统制造向非常规制造及极端制造发展,因而出现了极端制造模式。极端制造是指在极端条件或环境下,制造极端尺度或极高功能的器件和功能系统。当前,极端制造已成为制造技术发展的重要领域,极端制造集中表现在微细制造、超精密制造、巨系统制造和强场(如强能量场)制造。例如,制造空天飞行器、超常规动力装备、超大型冶金和石油化工装备等极大尺寸和极强功能的重大装备,制造微纳电子器件、微纳光机电系统等极小尺度和极高精度的产品。

5. 绿色制造(Green Manufacturing,简称GM)

GM是综合运用生物技术、“绿色化学”、信息技术和环境科学等方面的成果,使制造过程

中没有或极少产生废料和污染物的工艺或制造系统的综合集成生态型制造技术。在日趋严格的环境与资源约束下,使绿色制造显得越来越重要。发达国家的经验表明,解决生态与环境问题必须依靠全社会和各行各业的广泛参与和投入,“为环境而设计”、“环境友好产业和产品”、“绿色制造”、“绿色化学”等都是近年来先进工业国家进行的卓有成效的实践。绿色制造已成为制造业未来的重要发展方向。

6. 智能制造(Intelligent Manufacturing,简称IM)

IM是一种由智能机器人和人类专家共同组成的人机一体化智能系统,它在制造过程中能进行智能活动,诸如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事,去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。它把制造自动化的概念更新,扩展到柔性化、智能化和高度集成化。

7. 虚拟制造系统(Virtual Manufacturing System,简称VMS)

虚拟制造是实际制造过程在计算机上的本质实现,即采用计算机建模与仿真技术,虚拟现实或可视化技术,在计算机网络环境下群组协同工作,模拟产品的整个制造过程,对产品设计,工艺规划,加工制造,性能分析,生产调度和管理,销售及售后服务等做出综合评价,以增强制造过程各个层次或环节的正确决策和控制能力。它由虚拟信息系统(Virtual Information System,简称VIS)和虚拟物理系统(Virtual Physical System,简称VPS)构成。虚拟信息系统利用计算机信息系统模拟现实信息系统(Real Information System,简称RIS)的设计、规划、调度、控制、评估等活动。虚拟物理系统利用计算机信息系统模拟现实物理系统(Real Physical System, RPS)的制造过程和制造活动。

8. 网络制造系统(Networked Manufacturing System,简称NMS)

NMS是指通过采用先进的网络技术、制造技术及其他相关技术,构建面向企业特定需求的基于网络的制造系统,并在系统的支持下,突破空间对企业生产经营范围和方式的约束,开展覆盖产品整个生命周期全部或部分环节的企业业务活动(如产品设计、制造、销售、采购、管理等),实现企业间的协同和各种社会资源的共享与集成,高速度、高质量、低成本地为市场提供所需的产品和服务。

9. 云制造(Cloud Manufacturing,简称CM)

CM是一种面向服务的、高效低耗和基于知识的网络化智能制造新模式,是对现有网络化制造与服务技术进行延伸和变革。它融合现有信息化制造技术及云计算、物联网、语义 Web、高性能计算等信息技术,将各类制造资源和制造能力虚拟化、服务化,构成制造资源和制造能力池,并进行统一的、集中的智能化管理和经营,实现智能化、多方共赢、普适化和高效的共享和协同,通过网络和云制造系统为制造全生命周期过程提供可随时获取的、按需使用的、安全可靠的、优质廉价的智慧服务。云制造是一种通过实现制造资源和制造能力的流通从而达到大规模收益、分散资源共享与协同的制造新模式。云制造系统中的用户角色主要有三种,即:资源提供者、制造云运营者、资源使用者。资源提供者通过对产品全生命周期过程中的制造资源和制造能力进行感知、虚拟化接入,以服务的形式提供给第三方运营平台(制造云运营者);制造云运营者主要实现对云服务的高效管理、运营等,可根据资源使用者的应用请求,动态、灵活地为资源使用者提供服务;资源使用者能够在制造云运营平台的支持下,动态按需地使用各类应用服务(接出),并能实现多主体的协同交互。在制造云运行过程中,知识起着核心支撑作用,知识不仅能够为制造资源和制造能力的虚拟化接入和服务化封装提供支持,还能为实现基于云服务的高效管理和智能查找等功能提供支持。

第二节 机械自动化的基本概念

一、机械制造系统和生产系统的概念

1. 系统的概念

系统是由相互关联和制约的环节组成的统一整体,并就某种目标而运动。这里“整体”思想是系统概念的核心,研究系统,必须明确整体的目的性,各环节都不能离开整体去研究,而要相互协调才能有效地达到整体目的。每个系统都具有如下特性:

(1) 集合性。任何一个系统,都是由至少两个或两个以上的可以相互区别的要素组成。

(2) 相关性。系统各个要素之间是相互联系和相互作用的,其中任何一个要素发生变化,其他部分也随之变化。

(3) 目的性。作为一个整体的实际系统都要完成一定的任务,或要达到一个或多个目的。

(4) 环境适应性。任何一个系统都处于一定的环境之中,必须具有能适应其所处环境变化的能力。

例如,在机械加工中,机床、刀具、夹具、工件四个要素组成“机械加工工艺系统”,这个系统的整体目的是在不同的生产条件下,达到保证质量、满足产量、降低生产成本、完成切削加工的整体要求。因此,必须从组成工艺系统的机床、刀具、夹具、工件这四个环节的整体出发,分析和研究一系列的有关问题,才有可能实现该系统的最佳加工方案。

2. 机械制造系统

机械制造过程及其所涉及的硬件(包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置)以及有关的软件(包括制造理论、制造技术和制造信息等)组成的一个具有特定功能的有机整体,称为机械制造系统。机械制造系统包括物质流、信息流和能量流,如图 1-1 所示。

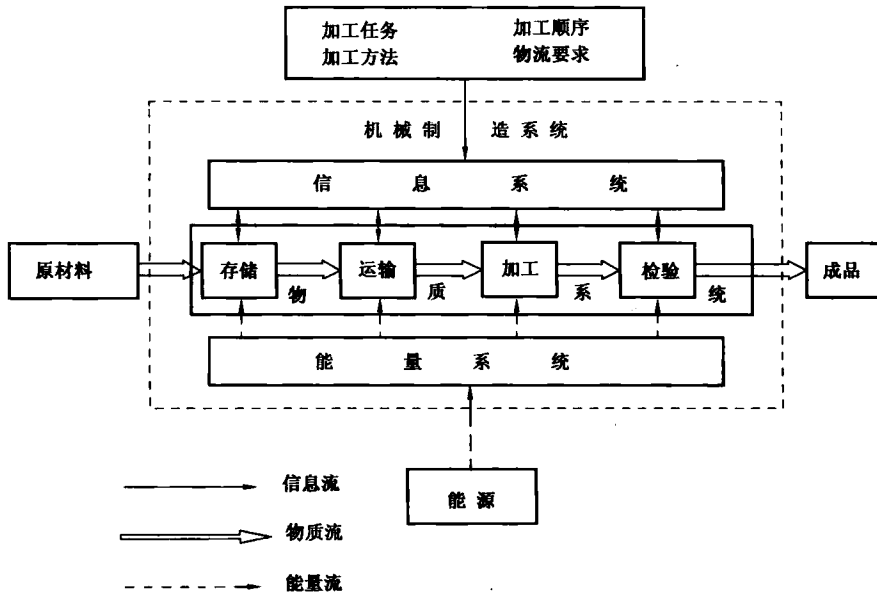


图 1-1 机械制造系统

物质流:即将毛坯、刀具、夹具和其他辅助物料作为“原材料”输入机械制造系统,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后作为机械加工后的成品输出。

信息流:包括加工方法、加工顺序、计划、调度、管理等。

能量流:指系统中能量的消耗及其流程。

3. 生产系统

生产系统除包括机械制造系统外,还有技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题甚至国际因素等。为了最有效地经营机械制造厂,把以上各个因素都作为生产系统的组成部分,要全面考虑组成该系统各要素的有机协调,才能达到最佳效果。因此,一个机械制造厂就可以看作是有输入和输出的生产系统,如图 1-2 所示。

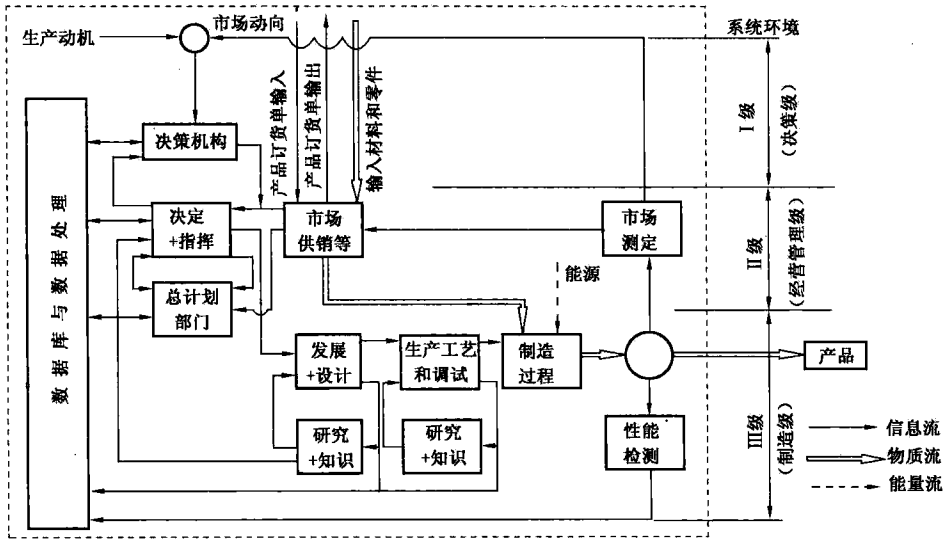


图 1-2 生产系统图

图 1-2 中表示工厂决策部门根据国家的经济政策、资源和能源情况、环境保护、市场动态及数据库有关资料,制定工厂生产决策,如生产纲领、产品种类。然后由计划管理部门根据生产纲领,结合市场销售情况及技术部门提供的有关情报,确定各种产品的产量并制定全厂的生产计划,做好各项生产技术准备工作(产品设计、新产品开发以及工艺准备等)。最后由各个生产车间对原材料进行加工、装配、油漆、包装,直至输出产品投入市场,满足用户需要。这是生产系统的总流程。

二、机械制造自动化系统的概念

1. 机械化和自动化的概念

机械化,为了减轻工人的劳动强度,把繁重的体力劳动由机械及其驱动的能源来代替的过程,称为机械化。例如,肩挑背扛用运输机械来代替,手动走刀用机动走刀来代替等。但机械化生产离不开人,它需要人不断地操作和看管机器,所以机械化是人和机器构成的有机集合体。

自动化,是指机器和装置在无人干预的情况下,按照预先规定的程序自动进行操作的过程,是利用各种控制装置或计算机进行信息处理和自动控制的过程。自动化是机械化再加上自动控制系统所构成的有机集合体,只有实现自动化,人才能够不受机器的束缚,而机器和装置的生产速度及产品质量也不受工人的精力、体力的影响。

在一个工序中,如果所有的基本动作都机械化了,并且使若干个辅助动作也自动化起来,而工人所要做的工作只是对这一工序做总的操纵和监督,就称为工序自动化。

一个工艺过程(加工工艺过程)通常包括若干个工序,如果不仅每一个工序都自动化了,并且把它们有机地联系起来,使得整个工艺过程(包括加工、工序间的检验和输送)都自动进行,而工人仅对这一整个工艺过程做总的操纵和监督,这时就形成了某一种加工工艺的自动生产线,通常称为工艺过程自动化。

一个零部件(或产品)的制造包括若干个工艺过程,如果不仅每个工艺过程都自动化了,而且它们之间是自动地有机联系在一起,也就是说从原材料到最终成品的全过程都不需要人工干预,这时就形成了制造过程的自动化。机械制造自动化的高级阶段就是自动化车间甚至自动化工厂。

2. 机械制造自动化系统的主要构成

机械制造自动化系统,是在采用先进工艺技术的基础上,进一步采用现代的机械化、自动化技术、自动化装置及设备,使机械制造系统实现自动化,也就是使“物质流动过程”、“能量流动过程”、“信息流动过程”能按整个生产最佳状态自动进行,从而达到提高生产效率,改善产品质量,降低劳动量的消耗,减少生产费用,增加经济效益,改善并减轻工人劳动强度,实现机械制造系统综合效果最佳的目标。

机械制造自动化系统是机械制造系统中的重要子系统,它主要包括完成产品制造加工的设备、装置、工具、人员、相应的数据、信息以及相应的系统体系结构和组织管理模式等。一般来说,机械制造自动化系统主要由以下几个子系统组成:

(1) 制造设备系统。主要包括专用自动化机床、组合机床自动线、NC 机床、CNC 机床、加工中心、计算机直接数控系统、柔性制造单元、柔性制造系统等加工设备,以及测量设备、辅助设备、夹具装置等。该系统是机械制造自动化系统的硬件主体。

(2) 物料运输与存储系统。主要包括传送带、有轨小车、自动导向小车、立式仓库、搬运机器人、托盘站等。

(3) 能量流系统。主要包括制造系统中能量的消耗及其流程。对一般机械制造自动化系统来说,这一部分相对于其他子系统而言要简单一些。

(4) 制造信息系统。主要包括计算机控制系统、数据库管理系统、网络和通信系统、制造系统的获取、分析、处理以及各种信息交换、物料流的管理、制造过程的监视与控制等。这一部分是机械制造自动化系统的神经系统,是整个机械制造自动化系统能否正常和优化运行的关键。

3. 机械制造自动化系统的评价标准

在研究和应用机械制造的自动化装置或系统时,如何评价机械制造系统,通常采用以下五个标准。

(1) 稳定和提高产品质量。产品质量是企业发展的生命,生产的产品不合格,这个企业就失去了发展的基本条件。为了产品质量的稳定和提高,保证产品质量的一致性,减少生产中的误差和人为因素的影响,就应建立在机械加工及传输自动化、自动检验、自动调节、自动适应控制及自动装配的基础上,所以产品质量的保证是评价的首要标准。

(2) 提高生产效率,保证供货期。能够适时地满足市场需要,满足用户的订货合同,在保证质量的前提下,必须保证生产纲领所规定的产量,按照一定的节拍组织加工与装配。保证生产节拍的最有效的方法就是实施机械加工工艺过程自动化,以便达到提高劳动生产率的最佳效果。

(3) 降低产品成本和提高经济效益。降低产品成本不仅能减轻用户的负担,而且能够提高产品市场的竞争能力,而经济收益的增加才能使企业获得利润、积累资金和扩大再生产。为满足以上两个方面的要求,应采用自动化生产系统,减少产品的生产时间、节约能源和资源、节约劳动

力,提高生产设备的利用率,从而获得降低成本,达到增加经济收益的最好效果。

(4) 改善劳动条件,实现文明生产。建立自动化生产系统,能够减轻工人的劳动强度,改善劳动条件,实现文明生产和安全生产。自动化系统承担了工人繁重的体力劳动和有害作业,高速及单调频繁的工作都由自动化装置与设备来完成,而自动防护系统能使人们安全地在作业地点完成机器无法代替的复杂工作。

(5) 自动化系统必须适应多品种生产的需要。由于国内外市场竞争日益加剧及科技的飞跃发展,要求产品不断更新,因此多品种、小批量的生产方式将有继续增长的趋势。所以自动化系统必须具有足够的柔性,否则自动化系统将丧失其使用价值。

第三节 实现自动化的技术经济条件及途径

一、实现自动化的技术经济条件

为了保证加工质量的稳定性,提高劳动生产效率,减轻工人的劳动强度,保障工人的身体健康,机械制造系统应尽量提高自动化程度。而实现自动化的手段与生产批量有密切关系。

1. 生产纲领是决定自动化程度及性能的首要条件

产品对象(结构、材质、重量、性能、质量等)决定自动化装置和自动化的内容,生产纲领的大小影响自动化方案的完善程度、性能及效果。因此,在不同生产纲领和不同产品对象条件下,就有不同的形式和不同程度的自动化方案和装置。只有二者相互适应,才能充分发挥生产自动化的作用,使自动化生产获得最佳的效果。其相互关系如图 1-3 所示。

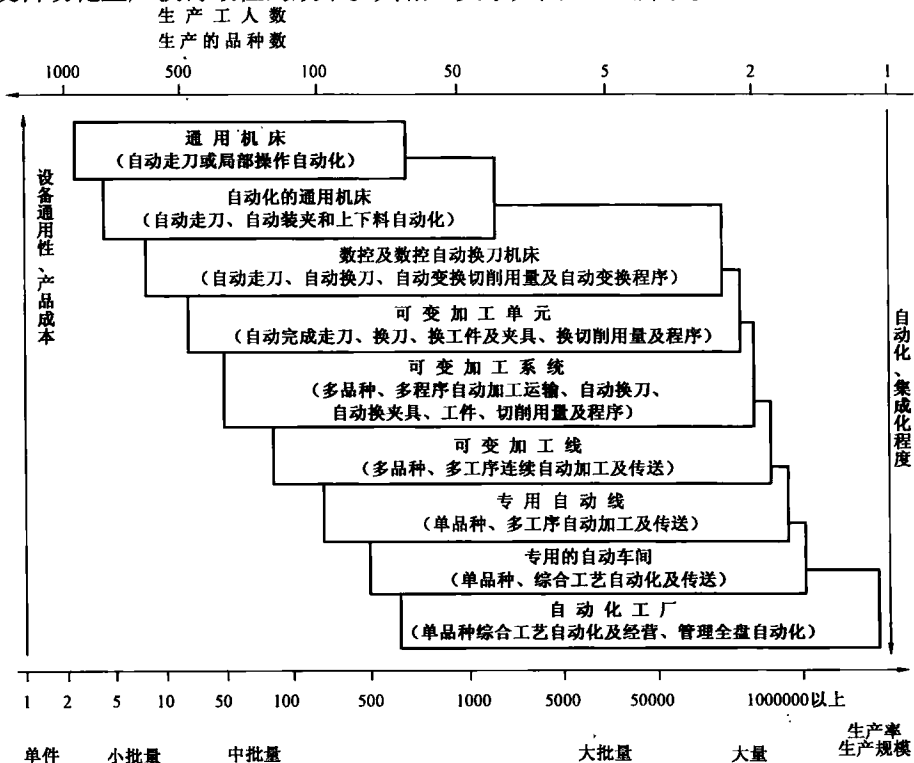


图 1-3 生产批量、品种数与自动化程度、生产率、成本、设备通用性及生产工人人数等的技术经济关系

所以,无论在何种情况下,采用自动化的方式进行生产,首先必须根据生产纲领的大小,产品对象的品种多少以及它的结构特征等来设计和采用与它相适应的自动化方案和自动化装置,即:

(1)当生产纲领大、产品单一、结构稳定的情况下,宜采用自动化程度高、自动化范围广、自动化装置结构完善的专门性综合自动化方案。

(2)如果生产纲领小、品种多、结构不稳定的情况下,则宜采用自动化程度低、自动化范围小、自动化装置结构简易和通用性广的自动化方案。

2. 先进可靠的制造工艺是生产自动化的基础

实现机械加工自动化,首先应编制合理的工艺过程,寻求合理的自动加工方法,采用先进可靠的工艺方案。它是保证生产自动化高质量、高效率、高经济收益的重要基础。如果工艺不可靠,自动化将无法实现;如果工艺不先进,自动化生产就得不到良好的技术经济效果。

在自动化生产中,先进的工艺应考虑以下几方面:

(1)提高毛坯精度,减小毛坯余量。毛坯尽量选择精密铸造、精密锻造、冷挤压和精密轧制的方法来减少加工余量,这样,既能减少材料消耗,又能有效地减少切削加工劳动量。

(2)采用各种高效加工方法。例如,多刀、多件、多工位切削加工、无屑加工、化学加工、电加工、激光加工、超声波加工及其他特种加工方法,缩短加工时间,提高加工精度,使生产过程连续化、自动化。

(3)选用先进的加工设备及工具。选用各种高生产率的自动机床,包括多刀、多轴、数控及加工中心,选用先进刀具、快速可调可换的装夹装置、自动检测装置、自动适应装置等,保证加工质量和生产率的要求,实现生产过程的自动化。

3. 生产过程的综合机械化是自动化的先决条件

自动化是机械化的更高阶段。只有实现综合机械化,全面使用机械化技术生产,使生产过程各个部分的生产节拍平衡,才能充分发挥自动化制造系统的效率,保证生产的连续性,提高设备使用效率。特别是非机床作业,如工件和工具的自动输送及存取是实现自动化生产的重要前提。

4. 成组技术是多品种生产自动化的基础

用相似性原理,把产品零件按尺寸、形状、材料、精度及加工工艺的相似性分类归组,扩大生产批量,从而可建立成组生产单元及柔性加工系统,为多品种生产自动化奠定了基础,也为实现计算机集成制造系统创造了条件。

二、实现机械制造自动化的途径

机械制造自动化系统可以分为大批量生产的自动化和多品种、中小批量生产的自动化,由于品种和批量的不同,所采用的控制和自动化的手段也不尽相同。

1. 多品种、中小批生产自动化的途径

机械制造业中,中小批生产占有较大的比重,各类机器的生产大约70%~85%属于单件、小批生产。由于国内外市场竞争日益加剧和科技飞跃发展,要求产品不断改进和更新,预计多品种、小批量生产方式的比重今后将继续增长的趋势。因此,中小批量生产的机械化和自动化有很大意义。在中小批生产中辅助工时所占比例很大,所以只采用先进的工艺方法来减少加工时间,收效不大。如果辅助工作能够实现机械化,自动化才可能达到提高生产效率的目的,例如,实现工序、工步的机械化和自动化是缩短加工时间的有效途径。具体的方法是:

(1)采用机械化、自动化装置,实现零件的装卸、定位、夹紧的机械化和自动化。例如,机械手、组合夹具、成组夹具等。

(2)实现工作地点的小型机械化和自动化。例如,采用自动滚道、运输机械、电动及气动工具等来降低劳动强度,减少辅助时间。

(3)合理选择设备。例如,选用数控机床、加工中心等,如果按相似性分组,还可以减少编程时间,这是保证中小批生产质量、提高生产效率的最合理的方法。

(4)改装或设计通用的自动机床,实现操作自动化。例如,把通用机床改装成简易数控机床,或者设计成组单机等。

(5)采用万能组合机床自动化模块装置,实现基本操作和辅助操作的机械化、自动化。例如,在普通车床的溜板上,装设各种标准的仿型刀架模块,采用模块化的自动化万能工作台、自动换刀刀架等,设计和制造可调可换的机械化和自动化模块,使通用机床的基本操作和辅助操作实现机械化或自动化。

(6)在成组技术、计算机技术和数控技术相结合的基础上,建立成组加工单元、成组加工流水线 and 柔性制造系统,可以成功地解决多品种、中小批生产的机械化和自动化。

2. 大批量生产自动化的途径

大批量生产的特点是品种单一、结构稳定、产量大,可采用一些专用设备,即所谓刚性自动化的措施来实现。当产品改变时,往往不能适应,因而在设计高生产率的自动化设备时,应考虑对同类型零件,具有一定工艺适应性,以便在产品变更时,能迅速调整。实现机械制造大批量生产自动化时,根据产品批量、工件形状、精度、材料等要求的不同,一般采用下列几种自动化途径:

(1)通用机床的自动化改装。对通用机床进行局部改造,配置上、下料和刀具自动循环装置,可实现某些机械制造的单机自动化。

(2)自动机床和半自动机床。半自动机床可实现单工序的自动循环,但不能自动装卸工件,即自动上下料,而自动机床可实现包括上下料的全部自动循环。

(3)专用机床和组合机床。某些大批量生产的工件,无法采用通用的自动机床进行加工时,需根据特定的加工要求,专门设计和制造一台自动化或半自动化的机床进行机械加工,这种机床称为“专用机床”。组合机床则是用标准部件组合而成的专用机床,可大大缩短专用机床的设计和制造周期,并降低成本。尽可能多地采用标准件来组合出作专门用途的组合机床,是专用机床设计的重要方向。

(4)自动生产线。将多台自动机床,借助工件自动传送系统,实现全线自动化,只是在自动线的起点和终点由工人进行装卸工件。这是一种专门的刚性自动线,只能加工特定的产品。其生产按节拍严格进行,所以只有在产量很大而产品又比较固定时才能发挥效益。自动生产线具有很高的生产率和良好的技术经济效果,目前,各类组合机床自动生产线和专用机床自动生产线已在大批量生产中得到广泛采用。

第二章 成组技术

第一节 概 述

一、成组技术的发展

成组技术是在多品种、中小批量的生产实践中逐步形成的。20世纪初,美国的泰勒就已经在生产中作为一种“科学管理方法”使用了分类编码系统,并取得成效。1920年美国琼斯·兰姆森机床公司在生产中进一步发展了这一概念,提出了“零件生产族”等一系列名词;1938年科尔提出了划分机床组的思想,主张每台机床固定加工对象的类型,并按加工顺序排列,像单一品种那样,实现流水作业。从20世纪50年代中期开始,前苏联的米特洛凡诺夫系统地提出了成组技术的概念和方法,并在许多企业中推广应用,取得显著的技术经济效果。从此以后,成组技术受到了世界各国越来越普遍的重视。20世纪50年代末60年代初成组技术先后传入东欧、西欧,在捷克、东德、匈牙利、波兰、联邦德国、瑞士、英国、法国、意大利、比利时、荷兰、瑞典、挪威等国获得了应用、研究和发展。

日本开展成组技术较晚,于1967年由国家的机械技术研究所和产业界的机械振兴协会联合成立了成组技术研究会,统筹全国成组技术的研究与推广工作,进而发展以成组技术为基础的计算机辅助工艺过程设计(Computer Aided Process Planning,简称CAPP)。1984年4月9日,世界上第一座实验用的“无人工厂”在日本筑波科学城建成,并开始进行试运转。试运转证明,以往需要用近百名熟练工人和电子计算机控制的最新机械,花两周时间制造出来的小型齿转机、柴油机等,在“无人工厂”只需要用四名工人花一天时间就可制造出来。

美国从20世纪50年代初研制成功第一台数控机床后,由于只把数控技术看成是提高多品种、小批量生产水平的主要途径,20世纪50年代中期到70年代中期,主要致力于发展NC、CNC、DNC系统、数控加工中心以及CAD/CAM方面,而对成组技术没有引起普遍的重视。这些先进的制造技术固然给生产上带来了一定的效果,但是与其所花费的巨额投资相比,收效不大。一直到1975年左右,美国开始重视在制造业中应用和发展成组技术,不少高等学校,如密执安大学、宾夕法尼亚大学、麻省理工大学等,都开展了成组技术的研究工作。1977年宾夕法尼亚大学威仁英教授对美国133家公司进行了调查,有50家公司已经采用了成组技术,占被调查公司总数的44.2%,这说明美国发展较晚,但进步颇快。美国技术基础雄厚,在成组技术发展中,可以充分利用计算机技术,并与数控技术、CAD/CAM以及FMS等密切结合,使成组技术的水平迅速提高。目前成组技术进入了与各种高新技术,如精益生产、敏捷制造等技术共同发展的阶段。

我国成组技术的应用和研究起步并不晚,早在20世纪60年代初,便在上海、沈阳地区的纺织机械企业中试用成组技术,取得了初步成效。其他企业,如航空工业部的平原