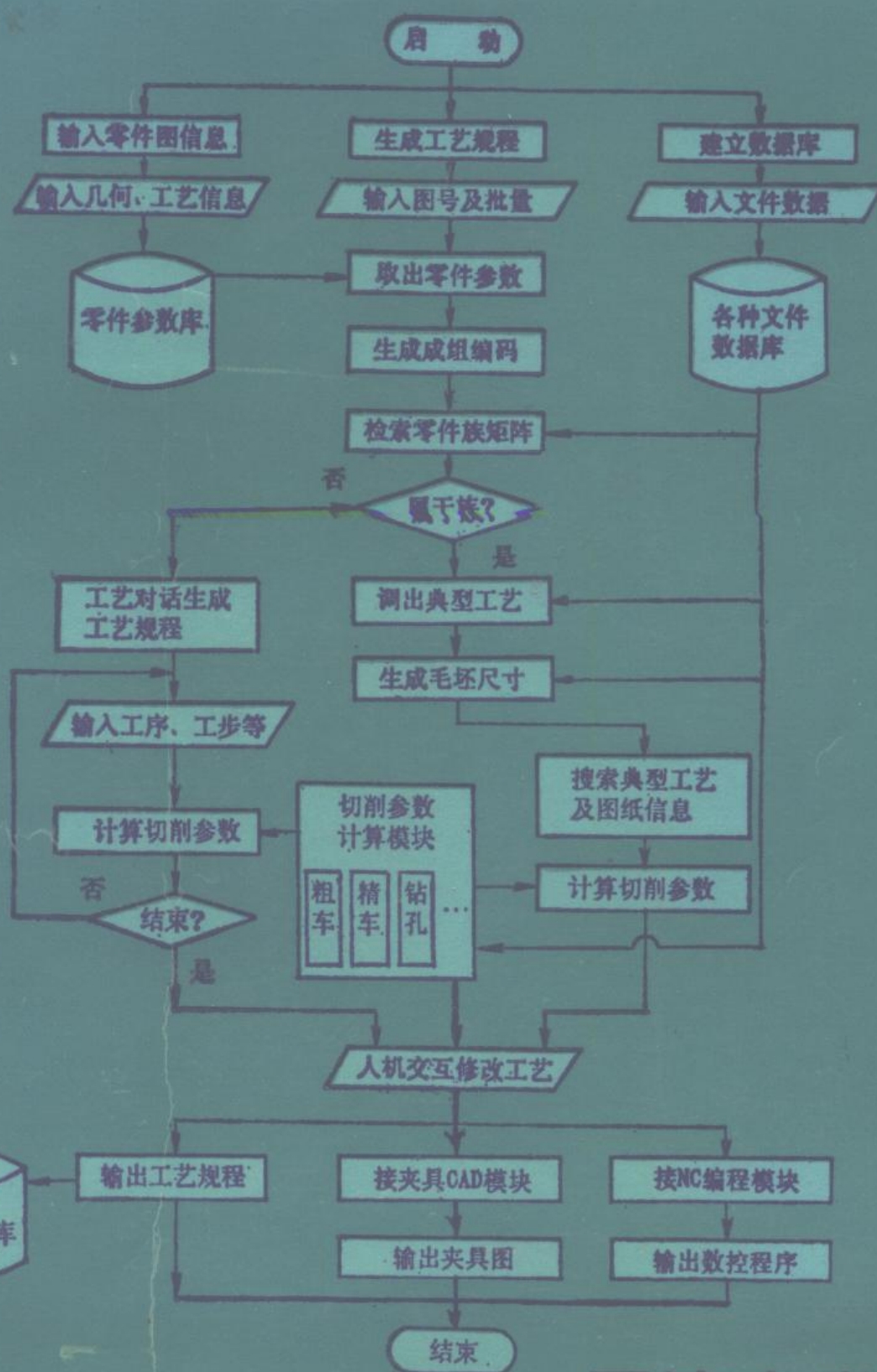


TONGJI DAXUE CHUBANSHE

生产系统学

陈炳森 张 曙 编著



同济大学出版社

TH165
C36

1981.10.33

生产系统学

陈炳森 张 曙 编著

(沪) 204 号

内 容 提 要

本书力求应用系统的观点,在计算机的支持下对制造过程和生产、技术管理进行综合研究,以满足机械工业发展的需要。内容包括:绪论、信息处理的技术基础、成组技术、计算机辅助设计、计算机辅助工艺过程设计、生产计划与控制、资源利用和价值流、独立制造岛、柔性自动化制造技术、计算机集成生产系统等十章,内容充实。

本书可作为高等院校机械制造工艺及设备专业的教材,也可作从事机械制造、工业管理、计算机应用方面等工程技术人员的参考书。

DV05 / 32

责任编辑 陆菊英
封面设计 王肖生

生 产 系 统 学

陈炳森、张曙 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

上海崇明永南印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 14.5 字数: 366千字

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数: 1—2000

定价: 4.20元

ISBN 7-5608-1066-7/TH·28

前 言

现代制造技术不仅是加工方法、加工工艺的进步和更新,也包含生产过程控制管理水平和参与生产过程的人员技术素质的提高,以及生产组织结构的改革。当前,由于计算机技术、信息技术和系统工程在制造领域内的应用,使机械制造自动化技术有了新的发展特点和要求。机械工业正面临着一场深刻的技术革命,只有把工厂企业的各种生产活动看成一个完整的生产系统,采用系统分析的方法,着重研究相互之间的联系与作用,并借助计算机信息处理的有效手段来求得系统整体的优化,才能推动机械制造领域的技术进步和不断提高制造工业的生产水平。

本书的目的就是力求应用系统的观点,在计算机支持下对制造过程和生产、技术管理进行综合研究,使读者了解信息技术在现代机械制造领域中的重要作用,弄清生产系统的基本概念和工作原理,初步掌握实现计算机辅助集成生产技术的基本规律和途径,从而培养学生对机械工业中、小批量生产的自动化问题有一定的综合分析能力,以满足机械工业发展的需要。

本教材是在同济大学原“生产系统学”讲义多年使用的基础上,结合我校现代制造技术研究所在计算机集成生产领域内取得的科研成果编写而成的。这次编写对原讲义内容作了较大的修改和调整,使体系更加完整,内容更为充实。

本书可作为高等院校机械制造工艺及设备专业的教材,也可作为从事机械制造、工业管理、计算机应用方面等工程技术人员的参考书。

本书的编写分工如下:第一、二、三、四、六章由陈炳森编写;第五章由高汶栋编写;第七、八章由张曙编写;第九、十章由张曙、陈炳森合写。全书由陈炳森负责统稿。

在本书编写过程中,承侯镇冰教授指导和审阅,提出了不少宝贵意见。张浩、沈斌、王素敏同志曾参与本书部分章节的编写并给予大力支持和热情帮助。在此一并表示感谢。

生产系统涉及的范围广泛,由于编者的水平限制,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正,以便今后修改和完善。

编者

1991.11

目 录

第一章 绪 论

第一节 生产系统的定义及其构成	1
一、机械制造与系统工程	1
二、生产系统	1
三、制造系统	4
第二节 现代机械制造技术发展的趋势	5
一、向更高精度的方向发展	5
二、向少切削、无切削和非传统加工的方向发展	5
三、向高速度、高效率、自动化的方向发展,特别是向数控化、柔性化和集成化的方向发展	6
第三节 我国机械工业的现状与任务	8

第二章 信息处理的技术基础

第一节 数据结构	10
一、基本概念	10
二、数据结构	14
三、文件组织	18
第二节 数据库技术	19
一、数据库体系结构	20
二、数据库管理系统	23
第三节 信息系统的规划与开发	25
一、系统开发的规划	25
二、系统分析	27
三、系统设计	29
四、系统实施	31

第三章 成组技术

第一节 成组技术概述	32
第二节 零件的分类和编码系统	32
一、奥匹兹系统	32
二、JLBM-1分类编码系统	33
第三节 计算机辅助零件编组和分类	37
一、编码分类法	38

二、生产流程分析法·····	39
第四节 成组技术在生产系统中的应用 ·····	42
一、成组技术的应用领域·····	42
二、成组技术的技术经济效益·····	42
第四章 计算机辅助设计	
第一节 CAD 过程及工作原理 ·····	44
一、CAD 的工作过程·····	44
二、CAD 的基本功能·····	45
第二节 CAD 系统的硬件 ·····	46
一、CAD 系统的硬件配置·····	46
二、计算机辅助设计系统的型式·····	47
第三节 CAD 软件系统 ·····	48
一、操作系统·····	48
二、CAD 支撑软件·····	48
三、应用软件·····	51
第四节 图形处理技术 ·····	52
一、图形输入输出·····	52
二、交互式图形系统的基本原理·····	58
三、二维图形变换·····	59
四、几何造型·····	64
第五章 计算机辅助工艺过程设计	
第一节 CAPP 的基本概念和功能 ·····	68
一、CAPP 的基本概念·····	68
二、CAPP 的基本工作原理及功能·····	69
三、CAPP 的现状和发展趋势·····	71
第二节 CAPP 的零件信息输入 ·····	74
一、人机交互输入零件信息·····	74
二、从 CAD 图形数据库提取零件信息·····	79
第三节 派生式 CAPP 系统 ·····	80
一、零件族划分·····	80
二、复合零件和典型工艺过程·····	81
三、工艺数据库·····	83
四、TOJICAP 派生式 CAPP 系统·····	86
第四节 创成式 CAPP 系统 ·····	89
一、工艺过程设计的决策方式·····	89
二、决策树和决策表·····	90
三、TOJICAP-2 创成式 CAPP 系统·····	92

第五节 CAPP 专家系统	96
一、概述.....	96
二、知识库的建立.....	97
三、推理机的推理机制.....	98
四、TOJICAP-E 工艺设计专家系统.....	100

第六章 生产计划与控制

第一节 生产计划与控制概述	102
一、生产计划和控制的功能.....	102
二、生产计划模型.....	102
三、基础数据的建立与维护.....	106
第二节 生产计划的制订	107
一、生产计划的范围和内容.....	107
二、MRP 的工作原理.....	108
三、MRP 的算法.....	112
四、多产品的 MRP.....	113
五、MRP 中确定批量的概念.....	113
第三节 作业计划编制	114
一、作业计划的要求与任务.....	114
二、建立优化排序模型.....	115
第四节 生产控制	118
一、生产控制的范围和内容.....	118
二、生产进度控制.....	119
三、质量控制.....	125
第五节 计算机辅助生产作业计划与控制	126
一、排序模型.....	126
二、TOJICAPS 软件系统的结构特点.....	127

第七章 资源利用和价值流

第一节 制造系统的资源利用	132
一、基本定义.....	132
二、传统的资源利用概念及其存在的问题.....	132
三、评价资源利用率的新方法.....	134
四、提高资源利用的途径.....	136
第二节 生产效益	137
一、生产过程的增益.....	137
二、材料增益.....	138
三、生产周期的加权利用率.....	138
四、信息的增益.....	139

第三节 价值流	140
一、价值流的基本概念.....	140
二、制造过程的成本构成.....	141
三、按价值流进行生产控制.....	143

第八章 独立制造岛

第一节 概述	145
一、独立制造岛的技术构思.....	145
二、企业中的局部回路.....	145
三、独立制造岛的主要特征.....	146
四、不同柔性制造技术方案的比较.....	147
第二节 独立制造岛的功能与结构	149
一、独立制造岛的主要功能.....	149
二、独立制造岛的结构.....	150
第三节 生产组织原则的变革	151
一、新的生产组织模式.....	151
二、社会-技术系统.....	152
第四节 独立制造岛的信息流	154
一、工艺技术准备的信息流.....	154
二、生产组织的信息流.....	155
第五节 多独立制造岛的协调	157
一、各制造岛之间的逻辑关系.....	157
二、协调系统的功能.....	157
第六节 独立制造岛的规划设计	159
一、零件谱分析.....	159
二、加工工艺的典型化.....	160
三、物料流及布局设计.....	160
四、应用实例.....	161

第九章 柔性自动化制造技术

第一节 柔性制造技术发展概况	163
一、概念和定义.....	163
二、现状和各国的特点.....	164
第二节 柔性制造系统的组成与实例	166
一、柔性制造系统的组成.....	166
二、机床.....	166
三、工件流支持系统.....	169
四、刀具流支持系统.....	171
五、典型的 FMC.....	176

六、典型的 FMS	179
第三节 柔性制造系统的控制和管理	181
一、FMS 的信息流	181
二、作业计划管理与控制	183
三、制造过程的协调控制	184
四、加工过程监控	188
第四节 柔性制造系统的规划设计及仿真	190
一、规划过程和步骤	191
二、柔性制造系统仿真概述	192
三、排队网络模型	193
四、统计模型的动态仿真	196
五、图形仿真	200
六、TJ-FMSS 柔性制造系统仿真软件包	202
 第十章 计算机集成生产系统	
第一节 基本概念与定义	204
第二节 计算机集成生产系统的组成原理	205
一、生产过程中的信息和数据	205
二、功能集成和数据集成	207
三、计算机集成生产系统的组成部分	211
四、对生产组织管理的影响	213
第三节 生产系统的计算机集成技术	213
一、计算机网络	214
二、网络通信协议	217
三、分布式数据库系统	218
四、计算机控制的分层递阶结构	220
第四节 我国计算机集成生产系统的开发途径	220

第一章 绪 论

第一节 生产系统的定义及其构成

一、机械制造与系统工程

任何机械工业企业都是大量设备、材料、人员和加工过程的有秩序的组合，它们之间根据产品图纸、工艺文件、生产计划和管理而相互发生作用去完成统一的生产目的——制造各种机械产品。

我国机械工业企业的基本任务就是根据国家计划的要求和市场、用户的需求，在不断提高经济效益的前提下，为国民经济提供更多的物美价廉的先进技术装备，为国家和企业创造更多的盈利。这就要求机械工业企业加强产品的开发和研究，扩大产品品种，不断改善产品质量，有效地提高劳动生产率，力求达到最佳的经济效益，取得生产的最佳综合效果。

过去，人们对于机床设备、各种加工方法、材料性能和组织管理方式等等都是从各自的方面孤立地进行研究而加以解决的。随着科学技术的进步和社会经济的发展，人们发现，这种研究方法已经远不能满足机械工业发展的要求，而必须提出一些新的概念和理论来指导和促进生产发展。

系统工程学的出现，使人们逐渐认识到，应把生产过程中的能量转换、材料加工和信息传递等各种生产活动看作一个不可分割的生产系统来进行研究，只有树立系统的观点和采用系统分析的方法，着重研究组成生产系统总体的各局部之间的相互联系与相互作用，从中找出主要的影响因素，并采取有效措施加以解决，才能求得系统整体的优化，从而推动机械制造领域的技术进步和不断提高制造工业的生产水平。

计算机的广泛应用，使人们能在短时间内收集、贮存、处理和传送大量的数据与信息，这就有可能采用数学分析的方法来描述机械制造系统，通过运筹学、仿真等技术手段对系统性能作出定量的评价和深入的研究，从而作出合理而又合乎逻辑的决策。因此，计算机技术已是进行系统分析研究时必不可少的有效工具。当然，目前对于机械制造这样庞大而复杂的系统，有许多因素还无法精确计量，要抽象出反映客观规律的数学模型还存在着不少困难，有些还只能依赖于人的经验和知识来进行定性分析。如何应用系统工程的观点，并充分利用计算机技术的辅助手段来实现生产系统的优化，改善和提高机械工业企业的总体效益，这还是一个有待长期努力开发的重大课题。

二、生产系统

在阐明生产系统的定义之前，我们不妨先对系统的概念加以简单地说明。

所谓系统，就是由若干相互作用和相互依赖的组成部分结合成有共同目标和特定功能的有机整体。例如，机床、刀具和工件就构成了用来改变工件形状和尺寸的一个工艺系统。具体地说，每个系统都具有如下的特性：

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单元（元素、

部件、子系统)组成的, 而且它们之间都是有层次的组合。如将一台机床看作一个子系统的话, 它就可分解为许多部件、组件和零件等。

② 相关性 系统各个元素之间是相互依赖而有联系的, 其中任何一个元素发生变化, 其他部分也随之变化。如在上述的工艺系统中, 就是通过机床、刀具和工件按工艺规程的要求相互发生作用, 才加工成合格的零件。

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。如果把工厂企业看成一个系统的话, 它就是通过将生产要素(人、财、物等)有效地转变成生产财富(产品), 从而达到对原材料附加价值来创造高效益的目的。

④ 环境适应性 任何一个系统都存在于一定的环境之中, 必然要与环境发生物质的、能量的和信息的交换。它必须能适应外部环境这个更高级系统的要求和变化。如工厂产品进入市场, 用户就会对产品的技术功能及经济性等方面作出反应, 工厂就应积极、迅速地根据市场的反馈信息来不断调整和改进产品的结构, 提高产品质量, 以保持产品适销对路, 扩大产品销售。

那么, 什么是“生产”呢? 它一般是指人们使用工具来创造各种生产资料和生活资料的活动, 即把各种生产要素的输入转变为产品的输出过程。

这里, 生产要素包括如下四个方面内容:

- ① 生产对象 是指完成生产活动所使用的原材料和辅助材料。
- ② 生产劳动 它包含每个劳动者用于进行生产活动的体力、脑力和智力。
- ③ 生产资料 指借助于生产劳动把生产对象转变成产品的手段, 包括机器设备、夹具、工具等。
- ④ 生产信息 为有效地进行生产过程所用到的知识, 它包含了生产工艺、生产技术等软件特性。在目前, 信息在生产过程中的作用将变得越来越重要。

因此, 一个机械制造工厂就可以看作为一个有输入和输出的生产系统(图 1-1), 其作用就在于将劳动力、原材料和机器设备等生产要素输入转变为产品的输出。

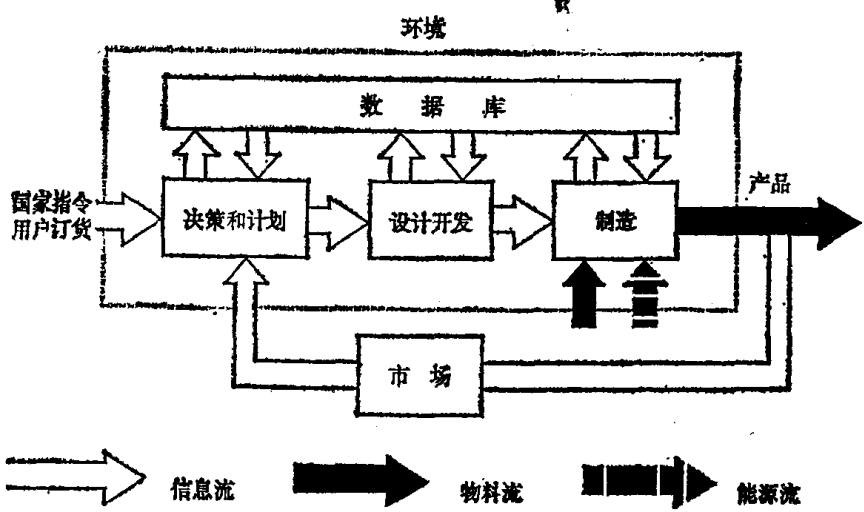


图 1-1 生产系统的基本框图

为此, 首先要根据国家计划和市场动态科学地确定生产目标, 正确地制定生产大纲和各种技术组织措施。在此基础上, 进行产品设计开发, 拟定工艺文件和安排生产计划, 并充分

协调和有效地利用各种生产要素,才能达到输出产品的目的。

从图中可见,在整个生产活动过程中,构成了物料流和信息流两个重要方面,一切生产活动都和数据库发生着联系。正确的构思和决策是以全面真实的数据为基础,经营管理离不开数据,开发新产品和新工艺也有赖于数据,整个产品的制造过程更是与数据密切相关。信息流对物料流起着组织、指挥和控制的作用。准确、及时地处理和传送数据是保证有效地进行生产活动的前提,我们必需把数据当作一种资源来利用,重视信息流的研究和应用。

根据企业生产经营活动各方面的具体目标和活动内容,生产系统一般又可划分为如下的子系统(图 1-2);

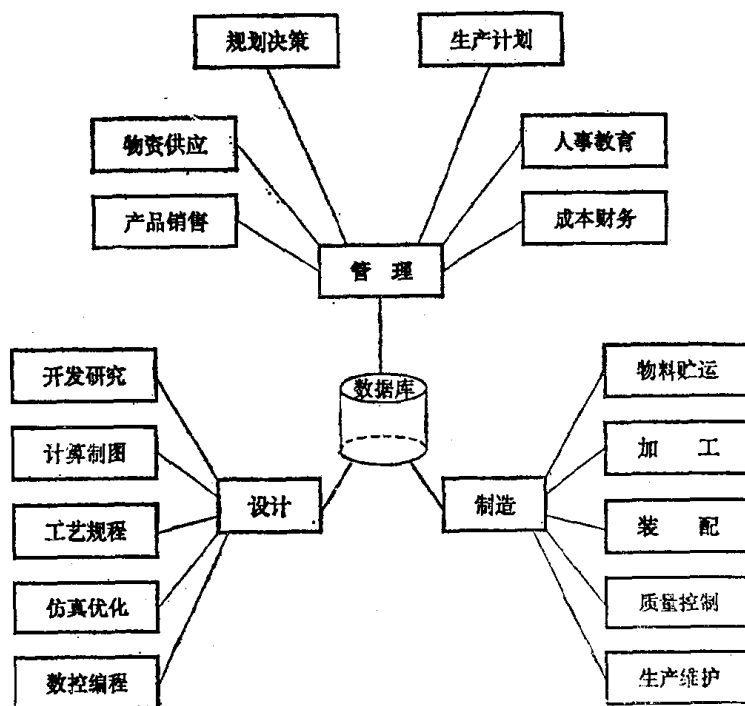


图 1-2 生产系统的组成

① 决策管理子系统 负责制定长期和短期的经营目标、方针和生产经营计划等。

② 设计技术子系统 负责产品的开发和研制, [对生产进行技术上的组织和管理, 规划和实施企业的技术改造等等。

③ 生产计划子系统 负责合理运用各种生产要素, 科学地组织制造过程, 按照品种、质量、数量、期限等要求生产适销对路、物美价廉的机械产品。

④ 物资供应子系统 负责保证经济地供应企业生产活动所必需的各种物资(原材料、外购件、标准件等), 并做好库存保管工作。

⑤ 产品销售子系统 负责进行市场调查、制定销售计划、组织销售管理和用户服务等。

⑥ 人事教育子系统 负责人力的组织和调配、职工的培训、使用和管理等。

⑦ 成本财务子系统 负责生产费用预算、产品成本的计划、核算、分析和控制以及企业利润的计划、核算等。

⑧ 制造过程及辅助生产子系统 实现机械产品的生产, 负责动力、能源的供应和设备的维修以及工具的制造等。

上述子系统应在统一数据库的支持下, 密切联系, 协调配合, 构成一个有机的整体。

三、制造系统

制造系统是生产系统的核心组成部分,它是直接将输入的原材料和毛坯通过各种加工、检验、装配、贮运等基本活动,最后输出成品的系统。过去,人们往往把制造仅仅看作是上述物料转换的过程,实际上,制造也是一个复杂的信息变换过程,在制造中进行的一切活动都是信息处理流程的一部分。

因此,制造系统也可看成是由物料流及信息流两大部分组成的系统,如图 1-3 所示。这里,物料流是指原材料转变、贮存、运输的过程;信息流是指围绕制造过程所用到的各种知识、信息和数据的处理、传递、转换和利用。从图中可知,它基本上包含了技术和生产管理两个方面。首先从产品图纸上获得的信息和数据是整个制造活动的依据,制造过程将是按图纸要求有序地进行。按照产品的复杂程度可分解为部件、零件和形状要素以及尺寸、材料和技术要求,这些产品的原始数据都是制造活动的初始信息源。

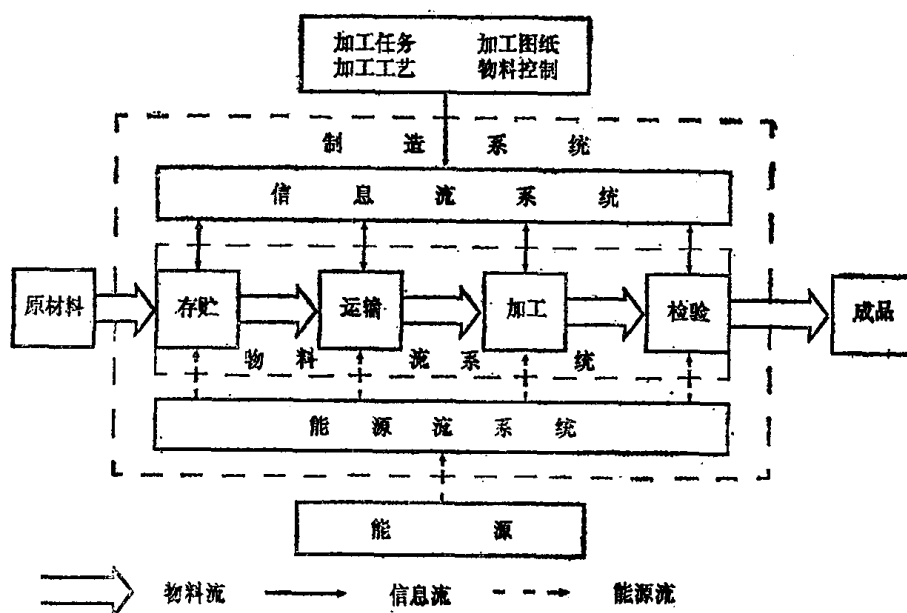


图 1-3 制造系统的组成

为了进行产品的制造,系统还必须通过工艺设计,确定用什么方法和手段,对制造过程进行技术组织和管理,它将编制工艺规程,设计工夹量具,确定工时和工序费用,并应能给出机床的数控数据。

与此同时,为使制造过程有条不紊地进行,还必须建立生产计划与控制系统,根据下达的生产任务与系统资源利用情况,对生产作业作出合理安排。它应包括一个生产数据采集系统,及时地从生产现场获得有关生产任务完成情况的数据,以及产品质量、设备和人员的信息,以便进行动态的作业计划与调度,保证制造过程顺利进行,并达到理想的工效和最佳的效益。

这里值得特别指出的是,目前计算机在制造系统中已愈来愈广泛地得到应用,不论在生产数据处理和生产过程控制方面,或是在企业的技术、生产管理方面都已发挥着巨大的作用,成为发展制造技术必不可少的设备。因此,在研究制造技术发展的时候,必须同时密切注意计算机及控制技术的发展和应用的趋势,以及它对机械制造工业发展的影响,以便更好

地发挥计算机技术在机械制造业中的作用,使生产更加现代化,管理更加科学化。

第二节 现代机械制造技术发展的趋势

就广义而言,机械制造技术不只包含铸造、锻压、焊接、切削、特种加工、表面处理、装配检验等工艺过程和技术装备,也应包含生产过程的组织管理和参与制造过程的人员技术素质。对于机械制造技术的要求,也不只是能制造出质量合格的产品,而且要求在数量、品种和交货期限上,也要满足国民经济各部门发展的需求。所以,机械制造技术发展的长远目标应是:不断提高产品的制造质量,提高加工效率,缩短制造周期和降低制造成本,以最大限度地满足国民经济发展对机械产品的需要。

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的,它是一个国家或社会在这些方面发展水平的一个综合体现。下面就现代机械制造技术的三个主要方面介绍其发展趋势。

一、向更高精度的方向发展

提高制造精度不只是为了般地提高产品性能质量的需要,也是为了提高零件的互换性,排除修配、返修,甚至取消传统检验,提高装配工作效率和有利于实现装配自动化。同时,它也是为了发展新、高技术产品的需要。例如,飞机用的传动齿轮接触区的位置精度从 $8\mu\text{m}$ 提高到 $2.5\mu\text{m}$ 时,其单位重量传递扭矩的能力便增加一倍;为了制造超大规模集成电路,要求刻线宽度小于 $1\mu\text{m}$ 等。现在要求加工精度小于 $1\mu\text{m}$,表面粗糙度为 $0.01\mu\text{m}$ 的零件,已不少见。

据报导,1950—1980年的30年间,普通机械加工的精度已提高了一倍,达到了 $5\mu\text{m}$,精密加工的精度提高了近两个数量级,而超精密加工则已进入纳米($0.001\mu\text{m}$)的时代,现在已有主轴回转精度为 $0.01\text{--}0.05\mu\text{m}$,加工圆度为 $0.01\mu\text{m}$,加工表面粗糙度为 $Ra=0.003\mu\text{m}$ 的多种机床产品出现了。预计到2000年时,普通加工和精密加工的精度,还将比1980年所达到的水平相应地提高4—5倍。

由此可见,制造精度是随着产品性能的不断提而发展,而制造精度的发展,又促使产品性能的不断提,它们之间就是互相依赖、互相促进的关系。

二、向少切削、无切削和非传统加工的方向发展

由于机械产品性能、结构优化的需要,加上新材料的发展,现代机械产品中,异形零件的数目越来越多,非传统(钢和铸铁等以外)材料的应用也越来越广泛。如飞机、汽车和仪表上有许多非圆齿轮,带椭圆或抛物面的异形零件,航空航天工业采用大量的高强度耐热钢、钛合金,汽车、家电上则更多地采用铝件和塑料件,其他新型材料,如精细陶瓷、人造花岗岩、玻璃纤维、碳纤维等复合材料也正越来越多地在各类机械产品上应用。这些异形件,这些新型材料(有的很硬,有的很粘,有的则很脆)大多不能或不适用于传统的加工方法,如车、铣、刨、镗、磨、焊、铸等进行加工,而只能寻求新的方法,采用新的工艺来进行加工,因而除电解、电火花加工外,又相继出现了激光、超声波、电子束、等离子束、水喷

射、磨料喷射、爆炸成形、电磁成形等许多原理不同、方法各异的非传统加工方法，其中尤以激光加工的发展最快，它不仅用于切割、打孔、刻划，而且用于焊接和工件形面加工等机械制造领域的各个方面。

三、向高速度、高效率、自动化的方向发展，特别是向数控化、柔性化和集成化的方向发展

由于科学技术的进步，新刀具材料的发展，机械加工的速度有大大提高的趋势。如50年代，普遍采用的是高速钢刀具，切削速度只有30—40m/min，现在广泛采用硬质合金刀具和超硬材料涂层刀具，车削和铣削低碳钢的速度已达500m/min以上；陶瓷刀具则达到了800—1000m/min；中等规格车床的主轴最高转速过去只有1200—1600r/min，现在已达到3000—5000r/min；加工中心机床则达到10000r/min以上，工作台快速移动的速度达到100m/min，自动换刀的速度一般为2—5s，最快已达到0.5s。可见速度均比以前提高了数十倍至数十倍。

除了提高加工速度外，为了减少辅助时间，缩短制造周期和改善劳动条件，机械制造技术发展的另一重要方向是提高自动化程度。

加工过程自动化大致经历了如下三个阶段：

1. 单机自动化，从机械或凸轮控制的自动机床演变到计算机数控(CNC)机床。

由于数控技术灵活多变，它不仅是提高加工精度和质量，实现复杂形面加工的必要手段，而且是实现制造过程高度自动化、柔性化和集成化的基础。目前，数控技术，已不仅用于金切机床、锻压设备上，也用于机械制造所需的其他工艺技术装备上，如量仪和焊接、铸造及工业机器人等，1989年全世界数控机床(含锻压机床)的年产量就超过10万台，工业机器人的产量则已达到13—14万台。数控技术已成为机械制造技术发展的一个主要方向了。

2. 刚性自动化，以汽车、拖拉机大批量生产的自动线为代表。

这种刚性连接的自动生产线，实现了高效率 and 低成本的大量生产方式，加速了制造自动化的进程。但是它往往只适合加工某些特定的零件，很难做到效率、精度和柔性三者完美地统一。

3. 柔性自动化，以中、小批生产的柔性制造技术，如柔性制造单元、柔性制造系统及独立制造岛为典型代表。

当前，随着人类生活需求的提高，反映在市场上就是对商品多样化的需求不断增长，变型产品比标准产品日益受到更大的欢迎。市场竞争的需要和技术的进步使产品更新换代的周期大为缩短，新产品不断涌现，特殊要求的定货比重明显增长。这种趋势迫使制造工业要能够迅速响应市场需求，新产品投放市场要快，生产周期要尽量缩短，生产批量不大而品种繁多已成为近代机械制造业的一种日益明显的特征。统计数字表明，在制造业中，中小批量生产在数量上占75—85%以上，而产值占60—70%，因此提高中小批量生产的生产率和对市场的响应能力有着极其重要的意义。

对于传统的单件、小批量生产方式大都采用普通机床和通用、专用工装进行生产，因此生产率是很低的。据统计，小批生产中工件在车间内停留的时间如果为100，那么工件在机床上的时间仅占其中的5%，其余的95%时间是材料、工件的运输和等待时间，如图1-4所示。就工件在机床上5%的时间中，实际进行切削、磨削等机动时间又只占30%，而70%

的时间是花费在工件的装卸、定位、换刀、测量等辅助工作上。

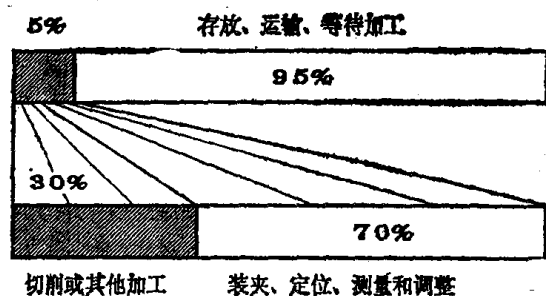


图 1-4 小批量生产中制造过程的时间分配

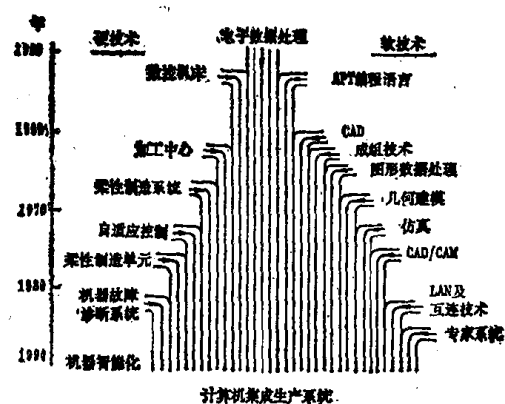


图 1-5 CIM 技术的发展

由此可见，要提高小批生产的生产率，缩短生产周期，不仅要不断地提高切削、磨削等机械加工效率，努力减少工件的装卸、定位、换刀、测量时间，改变机动时间与辅助时间的比例关系，尤其重要的是要尽量扩大工件在机床上的时间比例，减少生产中材料、工件的运输和等待时间。

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，机械制造设备已从过去的单功能自动的单能机向多功能自动的多能机(加工中心)发展，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。在这些现代化的加工设备和制造系统上，不只是能完成自动上下料或定位夹紧和单一工序的加工，而且能自动选择和更换刀具(含刀具、主轴头和测量头等)，改变工作规范，完成除加工外，甚至包括清洗、检测和油封等在内的多道工序和多种功能，可以全天24小时“无人”看管地进行工作。它使工件在机床上的时间比例扩大到70—80%，这种柔性自动化制造方式无疑是中小批量生产制造方法的一大进步。目前在先进的工业国家中，不仅数控机床、加工中心的应用已经普及，FMC、FMS的使用也已相当广泛。

但是，对一个机械制造工厂来说，仅仅提高制造过程的效率仍然是不够的，要真正使企业在市场中取得优势，就必须从产品设计开始，包括工艺过程设计，生产计划和调度，以及经营管理都采用计算机辅助手段实现不同程度的自动化。当前，以机器智能化和脑力劳动自动化为主要标志的计算机集成生产(CIM)系统，或称为智能自动化，正在逐步开发形成，由此必将迎来一场新的产业革命和社会进步。

采用CIM这种崭新的概念对传统的制造工业实现全面技术改造，正是力求形成一个从市场研究和预测、生产决策和计划、产品开发和设计、加工制造和装配乃至销售经营的良性循环，提高制造工业的技术经济效益和市场竞争能力。在CIM系统中，除了传统的生产要素(劳动力、材料、机器和资金)之外，信息这个要素显得特别重要，它将很大程度地影响制造工业的生产率和柔性。

30多年来，各种软硬技术的进步与发展，构成了今天实现CIM系统的客观环境与条件。从图1-5可看出，CIM系统是多种技术的汇集，关键在于“集成”。

70年代中期以来，人们首先把产品设计(CAD)、工艺过程设计(CAPP)和计算机辅助制造技术(CAM)通过局部网络连接起来，集成为一个CAD/CAPP/CAM系统。经过10年左

右的努力, CAD/CAPP/CAM 系统已进入了实用阶段。

近年来, 日益广泛地采用计算机辅助生产计划和控制(PPC)系统来进行生产任务安排、生产期限控制及生产能力的平衡。将 PPC 系统与 CAD/CAM/CAQ 系统连接, 把工程技术活动和制造过程自动化连成一个整体, 就构成计算机集成制造系统。

就一个企业而言, 除了上述面向生产的技术问题以外, 还要处理诸如市场研究、生产和经营决策、成本财务等许多生产管理问题。因此, 只有采用计算机对所有事务进行自动处理, 并提供决策依据, 才能形成一个高效率的生产过程。这种由多种自动化技术和生产管理子系统以及制造过程和市场环境综合在一起的企业整体, 就称为计算机集成生产系统。这种计算机集成的信息处理方式打破了企业内部各个部门之间的界限与隔阂, 信息流动更为畅通, 并提高了生产过程的透明度, 从而有助于各部门协调联系和实行正确决策, 使生产过程更加合理和优化。

可以认为, 计算机集成生产系统将是21世纪合理化生产的主要模式, 因此, 也就成为当前世界高技术竞争的一个重要领域。它必将带来生产力的巨大飞跃和生产方式的重大变革, 成为推动社会发展的一种动力。

第三节 我国机械工业的现状与任务

解放以来, 我国机械工业的规模不断扩大, 特别是实行改革开放十多年来, 通过合作生产、技术引进等方式, 引进了国外一些先进技术。同时, 通过科技攻关, 开发了一些新产品, 并掌握了一些高精技术, 使我国机械制造技术有了很大的发展和提高, 在计算机辅助工程、生产管理及柔性制造技术等方面都取得了可喜的进步。但是, 从宏观来看, 我国机械工业与国外先进工业国家相比仍有较大的差距, 存在的主要问题是:

1. 劳动生产率低, 经济效益差

与先进工业国家相比, 不论劳动生产率或是固定资产利用率都相差近10倍, 而在能源、原材料和辅助材料消耗方面, 也相差1—3倍。可见机械工业企业的经济效益很差, 主要原因是管理比较落后, 技术进步比较缓慢。

2. 设备陈旧, 工艺技术落后

我国机床拥有量, 不仅构成比较落后, 而且设备更新速度缓慢, 这不仅阻碍技术进步, 在经济上也不合算。同时, 总体工艺水平徘徊不前, 很少推广应用新工艺、新刀具, 而各生产环节的自动化技术, 如成组技术(GT)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、辅助质量管理(CAQ)及管理信息系统(MIS)等技术还处在开发研究和部分使用的阶段。

3. 产品更新换代慢, 品种少, 质量低

正是由于我国机械制造技术存在这些差距, 一则造成我国许多机电产品的落后, 缺乏在市场上的竞争能力, 二则满足不了国内用户的需求, 导致每年化费大量外汇进口机电产品。

鉴于上述情况, 结合我国国情, 我国机械制造技术发展的主要任务是:

① 调整机床工具的结构, 大力发展机电一体化的产品, 特别是数控和高精度高效率的自动化机床工具产品。

② 加紧进行机械工业的企业技术改造, 逐步推广应用先进的、现代化的新工艺和新设备, 以及数控机床、加工中心、工业机器人和激光加工等新技术。