

计算机 辅助工艺过程设计

主编 / 单忠臣 赵长发

CAPP

CAD

CAM

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助工艺过程设计/单忠臣,赵长发主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001
ISBN 7-81073-153-X

I.计... II.①单...②赵... III.计算机辅助设计:
机械设计 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 24015 号

内 容 简 介

计算机辅助工艺过程设计(CAPP)既是 CAD 和 CAM 的桥梁,又是 CAD/CAM 集成中的关键技术,也是支撑计算机集成制造系统(CIMS)的主要单元技术之一。本书重点介绍了成组技术、零件信息描述与输入、工艺数据及其数据库、计算机辅助工艺设计、CAPP 系统、CAPP 专家系统,简要介绍了 CIMS 环境下的 CAPP 系统。

本书可作为高等院校机械工程专业本科生和研究生的教材或参考书,也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

哈 尔 滨 工 程 大 学 出 版 社 出 版 发 行
哈 尔 滨 市 南 通 大 街 145 号 哈 工 程 大 学 11 号 楼
发 行 部 电 话:(0451)2519328 邮 编:150001
新 华 书 店 经 销
哈 尔 滨 工 程 大 学 印 刷 厂 印 刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 13.75 字数 343 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~1 000 册

定价:18.00 元

前 言

制造技术是当代科学技术发展最为活跃的领域,是产品更新换代,发展生产和国际间经济竞争的重要手段。随着计算机辅助技术在工业部门中的广泛深入应用,计算机辅助设计向两个方向发展。一是产品的计算机辅助设计,是提高产品设计质量、缩短设计周期、适应市场瞬息多变形势的强有力工具。另一是产品制造过程中的计算机辅助设计,其中尤其是产品制造过程中的瓶颈问题——工艺过程的计算机辅助设计具有重要的理论意义和广泛迫切的实际需求。传统的工艺规程都是由有经验的工艺人员手工编制的,不仅效率低,而且很难实现工艺设计标准化。计算机辅助工艺过程设计(CAPP)不仅可以大大提高工艺规程设计的速度和质量,而且能够保证工艺设计的一致性、规范化和标准化。

进入 80 年代以来,计算机集成制造(CIM)的思想已得到世界各国制造业的普遍认可,CAPP 不仅是 CAD 和 CAM 的桥梁,而且与 CAD、CAM、FMS 等一起成为支撑计算机集成制造系统(CIMS)的主要单元技术,在 CIMS 环境下,CAPP 作为信息集成的中枢,其意义和作用更加重大。

因此,计算机辅助工艺过程设计是实现机械制造过程自动化的重要环节,但其发展远远跟不上 CAD、CAM 的步伐。当前国内工厂企业应大力普及和推广应用 CAPP 技术,在应用的基础上实现 CAD/CAPP/CAM 的集成。

本书可作为高等院校机械工程专业本科生和研究生的教材或参考书,同时也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书第 1 章、第 3 章、第 8 章由单忠臣编写,第 2 章由赵长发编写,第 4 章由袁夫彩编写,第 5 章由赵长发、袁夫彩编写,第 6 章、第 7 章由赵刚编写。全书由单忠臣统稿,单忠臣、赵长发任主编,赵刚、袁夫彩任副主编。

本书在编写过程中得到校内外许多同志的支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些不足和遗漏之处,欢迎读者批评指正。

编者

2001 年 4 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 CAPP 概述	1
1.2 CAPP 的基本构成	3
1.3 CAPP 的基本类型	4
1.4 CAPP 的经济效益与发展趋势	6
第 2 章 成组技术	8
2.1 概述	8
2.2 零件分类编码系统	16
2.3 零件分类成组方法	35
第 3 章 零件信息描述与输入	54
3.1 零件信息描述的内容	54
3.2 零件信息描述方法	54
第 4 章 工艺数据库	72
4.1 数据库的基本概念及有关术语	72
4.2 工艺数据结构	73
4.3 工艺数据库及其设计	83
4.4 FoxPro 关系型数据库系统介绍	90
第 5 章 计算机辅助工艺设计	94
5.1 概述	94
5.2 工艺决策	96
5.3 工艺过程设计的步骤	114
5.4 工艺参数决策	117
5.5 工序图的生成与绘制	119
第 6 章 CAPP 系统	123
6.1 概述	123
6.2 派生式 CAPP 系统	124
6.3 生成式 CAPP 系统	131
6.4 半生成式 CAPP 系统	142
第 7 章 CAPP 专家系统	146
7.1 概述	146
7.2 专家系统的基本原理及构成	147
7.3 专家系统的知识表示及推理	151
7.4 CAPP 专家系统的设计与实施	172
7.5 CAPP 专家系统实例简介	185

第 8 章 集成环境下 CAPP 系统 190

8.1 计算机集成制造系统 190

8.2 计算机辅助设计 计算机辅助工艺过程设计和计算机辅助制造之间的集成 ... 192

8.3 CAD/CAPP/CAM 集成系统 194

附录 1 OPITZ 分类系统..... 199

附录 2 JLBm-1 分类系统 206

参考文献..... 212

第 1 章 概 述

1.1 CAPP 概述

1.1.1 CAPP 概念

CAPP(Computer Aided Process Planning)是计算机辅助工艺设计的简称。工艺设计是生产技术准备工作的第一步,也是连接产品设计与产品制造之间的桥梁。工艺规程是进行工装设计、制造和决定零件加工方法与加工路线的主要依据,它对组织生产、保证产品质量、提高劳动生产率、降低成本、缩短生产周期及改善劳动条件等都有着直接的影响,因此是生产中的关键工作。

工艺设计必须分析和处理大量信息,既要考虑产品图上有关结构形状、尺寸公差、材料及热处理以及批量等方面的信息,又要了解加工制造中有关加工方法、加工设备、生产条件、加工成本及工时定额,甚至传统习惯等方面的信息。

工艺设计包括查阅资料和手册,确定零件的加工方法,安排加工路线,选择设备、工装(必要时还要设计工装)、切削参数,计算工序尺寸,绘制工序图,填写工艺卡片和表格文件等工作。手工设计工艺规程存在以下几方面的问题:

(1)因为每个工艺人员的经验有限,习惯不同,技术水平也不一样,所以由人工设计工艺规程一致性差、质量不易稳定、难以达到优化目标和不便于工艺规程的标准化。国外曾有人做过试验,将一个最简单的零件交给四个具有不同经验的工艺人员设计工艺规程,结果得出四种不同的工艺方案。

(2)手工进行工艺规程设计效率低下,存在大量的重复劳动。这主要表现在:①当工厂生产一个产品时,每个零件往往都需要单独地制定一个工艺规程,当产品更换时,原有的工艺规程就不再使用,必须重新设计一套产品的工艺规程,即使新产品中某些零件与过去生产的零件相同,也必须重新设计,工艺人员不能充分利用过去设计过的工艺规程。②手工编制工艺规程不能利用成组技术的优势。按成组技术的原理,各种机械产品的零件都在一定程度上具有相似性,因而它们的工艺规程也具有相似性,所以并不是每个零件必然对应着一个工艺规程。经统计发现,虽然投入生产的不同零件的数目增加,但很多零件具有相似性,真正不同的工艺路线的增长率在下降。③工艺设计的重复还导致了工装设备的设计和制造的重复。④因为每个工艺规程都要靠手工编写,光是花费在书写工艺表格上的时间就占 30% 左右。另外,如果发现书写错误或要更改原有工艺时,往往要重新书写工艺文件,其效率低下是可想而知的。

(3)手工设计工艺规程不便于计算机对工艺技术文件进行统一的管理和维护。

(4)手工设计工艺规程不便于将工艺专家的经验 and 知识集中起来加以充分地利用。

(5)当代机械制造领域中,由于新工艺新技术的飞速发展,社会需求趋向多样化。市场竞争激烈,迫使产品更新周期日益缩短。多品种小批量生产的企业大量增加,制造系统正逐渐从

刚性(高效率的大批量生产模式)向柔性(高效率多品种小批量生产模式)转变,这要求将计算机贯穿于产品策划、设计、工艺规划、制造与管理的全过程。显然,传统的手工工艺设计方法已不能满足上述要求。

高速发展的计算机科技为工艺设计的自动化奠定了基础。计算机能有效地管理大量数据,进行快速、准确的计算,进行各种形式的比较和选择,自动绘图,编制表格文件和提供便利的编辑手段等。可见计算机的这些优势正好是工艺设计所需要的,于是计算机辅助工艺设计(CAPP)便应运而生。CAPP 系统不但能利用工艺人员的经验知识和各种工艺数据进行科学的决策、自动生成工艺规程,而且还能自动计算工序尺寸、绘制工序图、选择切削参数和对工艺设计结果进行优化等,从而设计出一致性良好的、高质量的工艺规程,也使工艺设计与 CAD、CAM 乃至 MIS 等系统的集成成为可能。另外,由于计算机中存储的信息可以反复利用,从而大大提高了工艺设计的效率。

1.1.2 CAPP 工作原理

(1)派生法(Variant)

根据成组技术的原理将零件划分为相似零件族,按零件族编制出标准工艺规程,并以文件的形式储存在计算机中。当要为新零件设计工艺规程时,输入该零件的成组技术代码,由计算机判别零件属于哪一个零件族,检索出该零件族的标准工艺规程,再根据零件的结构形状特点、尺寸公差,进行编辑修改,获得适合于该零件的工艺规程。通常调用标准工艺文件、确定加工顺序、计算切削参数、加工时间或加工费用都是由计算机自动进行的。

(2)创成法(Generative)

不以原有的工艺规程为基础,在计算机软件系统中,收集了大量的工艺数据和加工知识,并在此基础上建立了一系列的决策逻辑,形成了工艺数据库和加工知识库。当输入新零件的有关信息后,系统可以模仿工艺人员,应用各种工艺决策逻辑规则,在没有人工干预的条件下,自动地生成零件的工艺规程。

1.1.3 CAPP 在 CAD/CAM 集成系统中的作用

自 80 年代中后期,CAD、CAM 的单元技术日趋成熟,随着机械制造业向 CIMS 或 IMS(Intelligent Manufacturing System)发展,CAD/CAM 的集成化的要求是亟待解决的问题。CAD/CAM 集成系统实际上是 CAD/CAPP/CAM 集成系统。CAPP 从 CAD 系统中获取零件的几何拓扑信息、工艺信息,并从工程数据库中获取企业的生产条件、资源情况及企业工人技术水平等信息,进行工艺设计,形成工艺流程卡、工序卡、工步卡及 NC 加工控制指令,在 CAD、CAM 中起桥梁和纽带作用。为达到此目的,在集成系统中必须解决下列几方面问题:

(1)CAPP 模块能直接从 CAD 模块中获取零件的几何信息、材料信息、工艺信息等,以代替零件信息描述的输入。

(2)CAD 模块的几何建模系统,除提供几何形状及其拓扑信息外,还必须提供零件的工艺信息、检测信息、组织信息及结构分析信息等。因而,以计算机图形学为基础的几何建模系统(如线框建模、表面建模及三维实体建模等)是不能适应集成化的要求的,特征建模也就应运而生。

(3)必须适应多种数控系统 NC 加工控制指令的生成。以往的工作过程是根据零件图纸

及加工要求,利用自动编程语言,编写加工该零件的 NC 源程序,经过后置处理器,形成 NC 加工控制指令;在一些商品化的 CAD/CAM 系统中,以图形为驱动,用人机交互方式补充工艺信息,形成 NC 加工源程序,经后置处理得到 NC 加工控制指令。这两种生成 NC 加工指令的过程都不能适应集成化的要求。在 CAD/CAPP/CAM 集成系统中,由于 CAPP 模块能够直接形成刀位文件,因而就可以直接形成 NC 加工控制指令,这就简便得多了。

CAD/CAPP/CAM 集成系统中的 CAPP 模块能够将产品设计信息转变为制造加工和生产管理信息,它是 CAD 与 CAM 的纽带。在早期的 CAD/CAM 系统中,可以利用图形驱动产生 NC 加工指令,但是它没有提供在制造加工、生产管理过程中所需的一切信息,难以实现制造过程中计算机控制及生产管理。广义 CAPP 的出现却能解决这方面的问题,因此,一个切实可行的 CAPP 系统,能使 CAD、CAM 充分发挥效益。目前世界各国已投入大量的人力物力,对其进行研究,我国也已把它列入 863/CIMS 重点研究项目。

1.2 CAPP 的基本构成

CAPP 系统的构成,视其工作原理、产品对象、规模大小不同而有一定的差异。

图 1-1 示出的系统构成是根据 CAD/CAPP/CAM 集成要求而拟定的,其基本的模块如下:

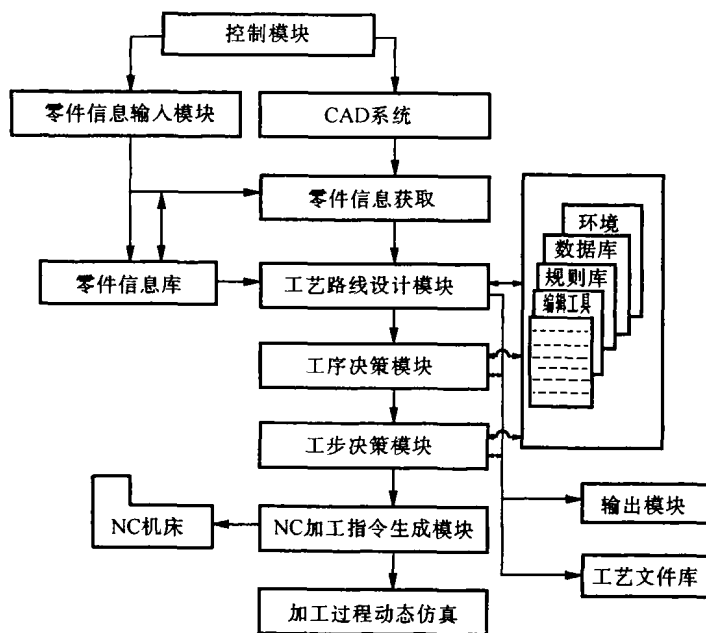


图 1-1 CAPP 系统构成

(1) 控制模块

其主要任务是协调各模块的运行,是人机交互窗口,实现人机之间的信息交流,控制零件信息获取方式。

(2)零件信息输入模块

当零件信息不能从 CAD 系统直接获取时,用此模块实现零件信息的输入。

(3)工艺路线设计模块

进行加工工艺流程的决策,产生工艺过程卡,供加工及生产管理部门使用。

(4)工序决策模块

其主要任务是生成工序卡,对工序间尺寸进行计算,生成工序图。

(5)工步决策模块

对工步内容进行设计,确定切削用量,提供形成 NC 加工控制指令所需的刀位文件。

(6)NC 加工指令生成模块

依据工步决策模块所提供的刀位文件,调用 NC 代码库中适应于具体机床的 NC 指令系统代码,产生 NC 加工控制指令。

(7)输出模块

可输出工艺流程卡、工序、工步卡、工序图及其他文档,输出亦可从现有工艺文件库中调出各类工艺文件,利用编辑工具对现有工艺文件进行修改得到所需的工艺文件。

(8)加工过程动态仿真

对所产生的加工过程进行模拟,检查工艺的正确性。

1.3 CAPP 的基本类型

CAPP 系统按其工作原理可以分为以下几类。

1.3.1 派生式 CAPP 系统

它是利用成组技术原理将零件按几何形状及工艺相似性分类、归族,每一族有一个典型样件,然后集中专家、工艺人员的集体智慧和生产经验,为此样件设计出相应的典型工艺文件,存入到工艺文件库中。当需设计一个零件工艺规程时,输入零件信息,对零件进行分类编码,按此编码由计算机检索出相应的零件族的典型工艺,并根据零件结构及工艺要求,对典型工艺进行修改,从而得到所需的工艺规程。

1.3.2 生成式 CAPP 系统

生成式 CAPP 系统不以对典型工艺规程的检索和修改为基础,而是由系统中工艺决策逻辑与算法对加工工艺进行一系列的决策,自动生成零件的工艺规程。

这种方法在原理上比较理想,由计算机模仿工艺人员的逻辑思维能力,自动地进行各种决策以及对工艺过程进行优化。人的任务仅在于监督计算机的工作。生成式系统基本排除了人的干预,从而使工艺规程编制不会因人而异,易保证工艺规程的一致性。

由于零件结构的多样性,并且在计算机内完全准确地描述的难度较大,以及工艺决策随环境变化的多变性和复杂性等诸多因素,目前要实现完全生成式 CAPP 系统还有困难。因此生成式 CAPP 系统这一名词,不具有精确的定义,只要具有决策逻辑功能的系统常常被称为生成式 CAPP 系统。

1.3.3 半生成式 CAPP 系统

半生成式 CAPP 系统又称为综合式 CAPP 系统,它将派生式和生成式互相结合,综合采用这两种方法的优点。例如,可以选择几个储存在计算机上的工艺规程片断,同时又具有一定的工艺决策逻辑,考虑一部分加工表面理论上必然的加工顺序,然后把它们结合起来,形成一个工艺规程。这种系统就称为半生成式系统。世界各国研制的所谓生成式系统,实际上都属于这种类型。

1.3.4 CAPP 专家系统

CAPP 专家系统与一般的 CAPP 系统的工作原理不同,结构上也有很大差别。一般的 CAPP 系统在结构上主要由两部分组成,即零件信息输入模块和工艺规程生成模块。其中工艺规程生产模块是 CAPP 系统的核心,它包含有工艺设计知识和决策方法,而且这些知识都使用计算机能识别的程序语言编制在系统程序中。当输入零件的描述信息后,系统经过一系列的判断,然后调用相应的子程序或程序段,生成工艺规程。当使用环境有变化时,就必须修改系统程序,所以这种系统的适应性较差。而 CAPP 专家系统由零件信息输入模块、知识库、推理机三部分组成。其中知识库和推理机是互相独立的。CAPP 专家系统不再像一般的 CAPP 系统那样在程序的运行中直接生成工艺规程,而是根据输入的零件信息频繁地去访问知识库,并通过推理机中的控制策略,从知识库中搜索能够处理零件当前状态的规则,然后执行这条规则,并把每一次执行规则得到的结论部分按照先后顺序记录下来,直到零件加工达到终结状态,这个记录就是零件加工所要求的工艺规程。

1.3.5 其他类型的 CAPP 系统

(1) 基于人工神经网络的 CAPP 系统

ANN(人工神经网络,Artificial Neural Network)理论是近年来得到迅速发展的一个国际前沿领域,这为解决现有 CAPP 系统存在的问题开辟了新的途径。值得一提的是,人工神经网络与传统人工智能的关系不是简单的取代而是互补的关系。基于人工神经网络的 CAPP 系统的关键是工艺设计过程神经网络模型的建立。到目前为止,已开发了三十余种神经网络模型,各种模型都有其特定的功能。对于 CAPP 而言,是实现输入“模式”(如零件信息、加工方法集等)和输出“模式”(如零件工艺规程等)的映射,故可考虑为数学逼近映射问题。对于这类问题,可开发合适的函数 $f: A \in R_m \rightarrow B \in R_n$,以自组织的方式响应以下的样本集合 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 $\dots$ 、 (x_p, y_p) ,这里 $y_i = f(x_i)$, x_i 为信息输入, y_i 为工艺文件输出,最常用的映射神经网络是 BP 网络和 CPN 网络。

(2) 基于实例与知识的 CAPP 系统

这种 CAPP 系统同样具有自组织和学习功能,其基本原理和思路是通过系统本身的工艺设计实例来“自我”总结、组织、学习和更新工艺设计“经验”,当经验积累到一定程度时,系统将成为一个“聪明的设计者”。这种系统主要由基于实例的 CAPP 子系统和基于知识的 CAPP 专家子系统两大块组成,这两部分是相互联系的有机整体。在系统的初级阶段,系统主要通过基于知识的 CAPP 专家系统来进行工艺设计,并在设计过程中不断学习和积累知识(即实例)。当工艺实例积累到一定程度时,在输入零件信息后,系统将首先搜索实例知识库,若找到很合

适的实例,则将转入基于实例的子系统独立进行工艺设计,若找到一般合适的实例,系统将调用基于实例与知识的两个子系统进行设计,若没有找到合适的实例,则单独调用基于知识的子系统进行设计。可见这种系统除了具有学习功能外,系统的工艺设计工作一般不是从零开始的,从而提高了设计效率。

1.4 CAPP 的经济效益与发展趋势

1.4.1 CAPP 的经济效益

采用 CAPP 技术后,首先可以大大提高工艺人员的工作效率,加快工艺规程设计的速度,缩短生产准备时间。例如美国洛克希德-乔治亚飞机公司采用 CAPP 技术后,工艺规程设计的书面工作量减少了 75%,设计工艺规程的能力比以往用手工提高了 300%。

其次可以减少工艺设计费用,降低制造成本。据国外统计,采用 CAPP 技术后,工艺设计劳动量减少 20%~40%,工艺设计费用降低 20%~50%,总的制造成本降低 9.6%。美国伊利诺斯工学院研究所对 22 家公司的调查报告中,提出了采用 CAPP 技术后,可以节省的各项费用,如表 1-1 所示。对于另外一些无法用准确数字描述的经济效益,该研究所采用如下的统计调查方法,即 CAPP 对某项技术指标有很大收益的得 2 分,有一般性收益的得 1 分,没有收益的得零分,对 22 家公司统计调查后再取平均值,其结果如表 1-2 所示。从表中可知,采用 CAPP 技术后,对绝大多数技术指标都有很好的经济效益。由于每个工艺人员都使用同一数据库,保证了工艺规程设计的一致性,有利于推行工艺规程标准化。另外由于计算机可以进行手工无法完成的大量信息的计算、比较、选择,减少了人为的计算错误。设计软件时,可以集中专家意见,因而能设计出最优的工艺规程,从而提高了工艺设计的质量。

表 1-1 采用 CAPP 可以节省的费用

项 目	节 省(%)	项 目	节 省(%)
工艺设计费用	58	工装费用	12
直接劳动费用	10	在制品费用	6
报废和返修费用	10	材料费用	4

表 1-2 采用 CAPP 可以获得的经济效益

序号	项 目	评分	序号	项 目	评分
1	工艺设计周期的缩短	1.89	9	产品标准化	1.33
2	工艺规程设计一致性	1.89	10	零件的易生产性	1.11
3	成本核算	1.79	11	材料搬运	1.06
4	生产研制周期的缩短	1.74	12	工资利用率	1.06
5	机床利用率的提高	1.47	13	材料标准化	0.89
6	生产调动	1.37	14	车间布置	0.84
7	生产计划	1.37	15	产品质量的提高	0.79
8	制造/外购 决策	1.33	16	熟练工人需求	0.78

1.4.2 CAPP的发展趋势

国内外制造业有一个共同的趋势:熟练的、有经验的工艺设计人员越来越少,而机械制造业的市场以多品种小批量生产起主导作用,竞争越来越激烈。企业为适应市场瞬息多变的要求,缩短产品设计和生产准备周期是极其重要的一环。计算机辅助工艺设计引起了世界各国的普遍重视。CAPP从60年代开始研制,到目前只有近40多年的历史,已经研制出很多实用的CAPP系统并在生产实践中使用。但这些系统都属于孤岛式CAPP系统。随着CAD、CAPP、CAM单元技术日益成熟,同时又由于CIMS及IMS的提出和发展,促使CAPP向智能化、集成化和实用化方向发展。当前研究开发CAPP系统的热点问题有:

- (1)产品信息模型的生成与获取。
- (2)CAPP系统结构研究及CAPP工具系统的开发。
- (3)并行工程模式下的CAPP系统。
- (4)基于分布型人工智能技术的分布型CAPP专家系统。
- (5)人工神经网络技术与专家系统在CAPP中的综合应用。
- (6)面向企业的实用化的CAPP系统。
- (7)CAPP与自动生产调度系统的集成。

第 2 章 成组技术

2.1 概 述

成组技术(Group Technology),简称 GT。这是一种通过把许多形状、尺寸或工艺路线相似的各种零件和产品进行分组,从而提高生产批量的一种技术。

成组技术是由原苏联米特洛凡诺夫(S. P. Mitrofanov)于 50 年代中期首先提出和研究的。

从一开始出现的成组加工,即成组工序,发展为 60 年代的成组工艺,出现了成组生产单元和成组加工流水线,其范围也从单纯的机械加工扩展到整个产品的制造过程。

70 年代以后,计算机技术和数控技术飞快发展,它们与成组技术相结合,出现了用计算机对零件进行分类编码。以成组技术为基础的柔性制造系统(FMS),计算机辅助工艺规程设计(CAPP)得到了快速发展。

现在,成组技术已经成为计算机辅助制造系统的基础,并被系统地运用到产品设计、制造工艺和生产管理等诸多领域,形成了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)以及有成组技术特色的计算机集成制造系统(CIMS)。

成组技术作为一门生产技术科学在理论和体系上日臻完善,在生产工程方面的应用日益显示出其重要价值。随着应用推广和科研工作的持续开展,成组技术对提高我国机械工业的制造技术和生产管理水平将发挥出不可估量的重要作用。

2.1.1 成组技术的基本原理

随着经济发展和社会不断进步,人们生活水平不断提高,更加注重生活质量,增加了个人要拥有与其他人不同商品的愿望,因而使得产品品种增多,但使用周期随之缩短。由于国内外市场竞争日益加剧和科学技术飞速发展,产品改进更新加快,多品种小批量生产方式将在机械制造业中占有愈来愈大的比重,这是大势所趋,也是制造业必须正视的问题。

多品种小批量生产方式会带来以下一些问题:

(1) 生产计划、组织管理复杂

由于生产品种多和生产过程复杂,使生产组织管理工作困难,不容易科学地制定生产作业计划和进行产品的成本估算,生产管理部门不易掌握生产信息,生产过程难于控制。

(2) 零件从投料到成品的总生产时间(生产周期)较长

单件、小批生产的工厂,车间布置一般都采取按机床功能的机群式布置,一个零件加工往往需要通过若干个机群式工段或小组,运行路线往返曲折,零件在车间的运行时间很长。此外,由于不易作到周密调度安排,零件在车间内停留等待时间也很长,这就增加了在制品数量,有时会延误交货时间。据统计,在成批生产中,零件在车间等待和运输时间约占生产周期的 93%~95%,调整时间约占 3.5%,其余用于机床加工时间(包括安装、切削、度量及空程等时间)仅占 1.5%~3.5%。这样,零件作为车间在制品在车间停留的时间将占全生产周期的

96.5%~98.5%。此外,由于零件品种多、批量小,使机床调整频繁,花费较多的机床调整时间。可见,在小批生产中,如何提高在工作班时间内机床的实际利用率是急待解决的一个重要问题。

(3)生产准备工作量大

在产品设计和工艺准备工作中,一般均采用传统的“单打一”的工作方式,即总是分别地对一种产品或零件进行产品设计和工艺准备工作,似乎一切皆“从头开始”,原有的经过劳动创造的生产信息很少重复使用。所以,在设计和制造的生产准备工作中有不少是重复性劳动,付出了本来可以节约的时间与精力。

(4)产量小限制了先进生产技术的采用

鉴于上述情况,与大批大量生产相比,小批生产水平和经济效益都是很低的。据报导,在美国,产量小于 50 的机械产品,其成本比大批生产的成本高 10~30 倍;在日本机械制造业中,多品种、小批生产企业的总产值比大批、大量生产的企业高一倍,但人均产值前者仅及后者的一半。

因此,如何摆脱小批生产中由于品种多、产量小所造成的困境,而使之获得接近大批生产的经济效益是一个很值得重视的技术经济问题。为此,近代在组织上、技术上提出了不少措施和办法,例如,生产专业化、产品设计的三化(标准化、系列化及通用化)及模块化、数控机床及加工中心的应用等等,这些都取得了一定的效果,但都有其局限性。

成组技术的科学理论及其实践表明,它能从根本上解决生产中由于品种多,批量小而带来的矛盾。

成组技术(GT)是一门生产技术科学,研究如何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性,并充分利用它,即把相似的问题归类成组,寻求解决这一组问题相对统一的最优方案,以取得所期望的经济效益。

成组技术应用于机械加工方面,乃是将多种零件按其工艺的相似性分类以形成零件族,把同一零件族中零件分散的小生产量汇集成较大的成组生产量,从而使小批生产能获得接近于大批生产的经济效果。

图 2-1 表示了成组工艺的基本原理。成组工艺是把尺寸、形状、工艺近似的零件组成一个零件族(组),按零件族制订工艺进行生产制造,这样就扩大了批量,减少了品种,便于采用高效率的生产方法,从而提高了劳动生产率,为多品种、小批量的生产提高经济效益开辟了一条广阔的途径。

零件在几何形状、尺寸、功能要求、精度和材料等方面的相似性为基本相似性。以基本相似性为基础,在制造、装配等生产、经营、管理等方面所导出的相似性,称为二次相似性或派生相似性。因此,二次相似性是基本相似性的发展,具有重要的理论意义和实用价值。

成组工艺的基本原理表明,零件的相似性是实现成组工艺的基本条件。工艺相似性是指可采用相同的工艺方法进行加工,采用相似的夹具进行装夹,采用相似的量仪进行检测等。

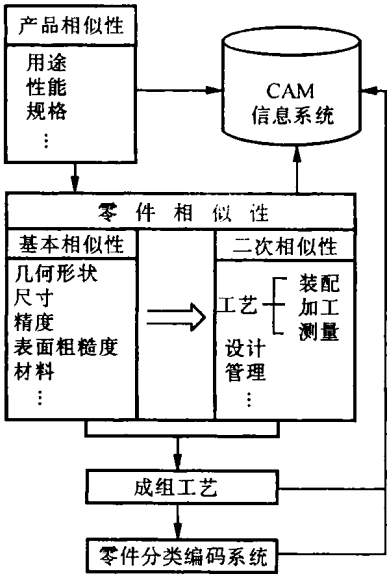


图 2-1 成组工艺的基本原理

生产中有关事物的相似性是客观存在的,这不仅为人们一般常识所认可,而且也为统计学所证实。用统计学的方法统计事物某些特征属性的出现频率,可以从总体上定量地说明事物客观存在着的相似性。图 2-2 为前捷克斯洛伐克和民主德国机床产品各类零件的统计。

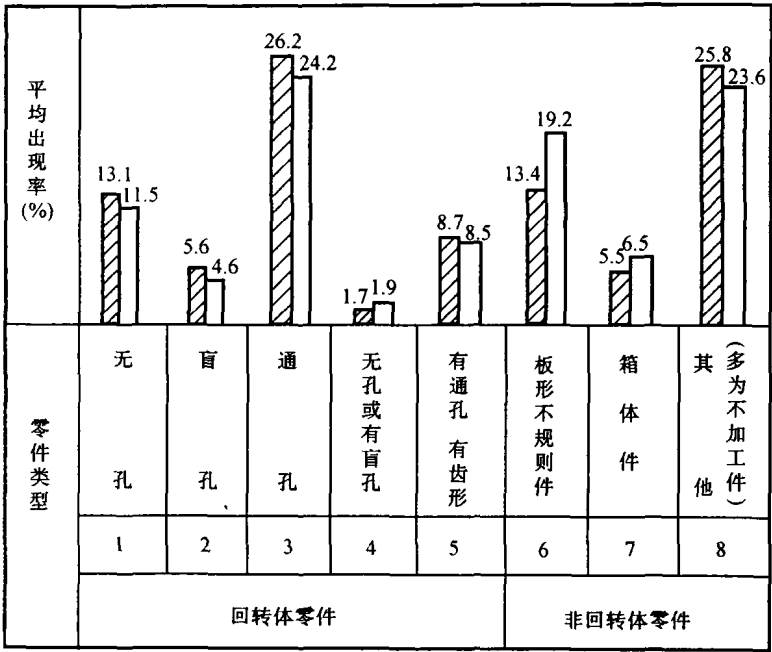


图 2-2 捷克斯洛伐克和民主德国机床产品各类零件统计
网纹线条——捷克斯洛伐克 空白线条——民主德国

图 2-3 表示某两个国家关于零件的尺寸、形状和结构的比较。统计结果表明,零件间的相似性已超越国家的界限,它确实是客观存在的,且遵循一定的分布规律。

图 2-4 表示英国机床业不同时期内几种主要加工设备的需要量。统计表明,相对稳定的各类零件构成比例要求相适应的各类机床数量。由此可以认为,根据一定生产任务配备以相适应的各类机床数量,在较长的一段时间内是能够满足产品不断更新换代的生产要求的。这就科学地论证了成组技术实施的延续性,即产品(同类型或相近类型)的更新换代将不会影响成组技术的继续实施。

零件统计学不仅为成组技术的创立提供可以信赖的科学依据,也是实施成组技术过程中充分认识和利用有关事物相似性的有用的科学方法。

成组技术基本原理既然是要求充分认识和利用客观存在着的有关事物的相似性,所以按一定的相似性标准将有关事物归类成组是实施成组技术的基础。

零件分类编码系统是实现成组工艺的重要工具,是成组技术的重要组成部分,没有零件分类编码系统,成组工艺就不能有效地进行。成组技术就是揭示和利用基本相似性和二次相似性,使工业企业得到统一数据的信息,获得经济效益,并为建立集成信息系统打下基础。

按编码分类,首先需将分类的诸零件进行编码,即将零件的有关设计、制造等方面的信息转译为代码(代码可以是数字、字母兼用)。为此,需选用或制定零件分类编码系统。零件有关

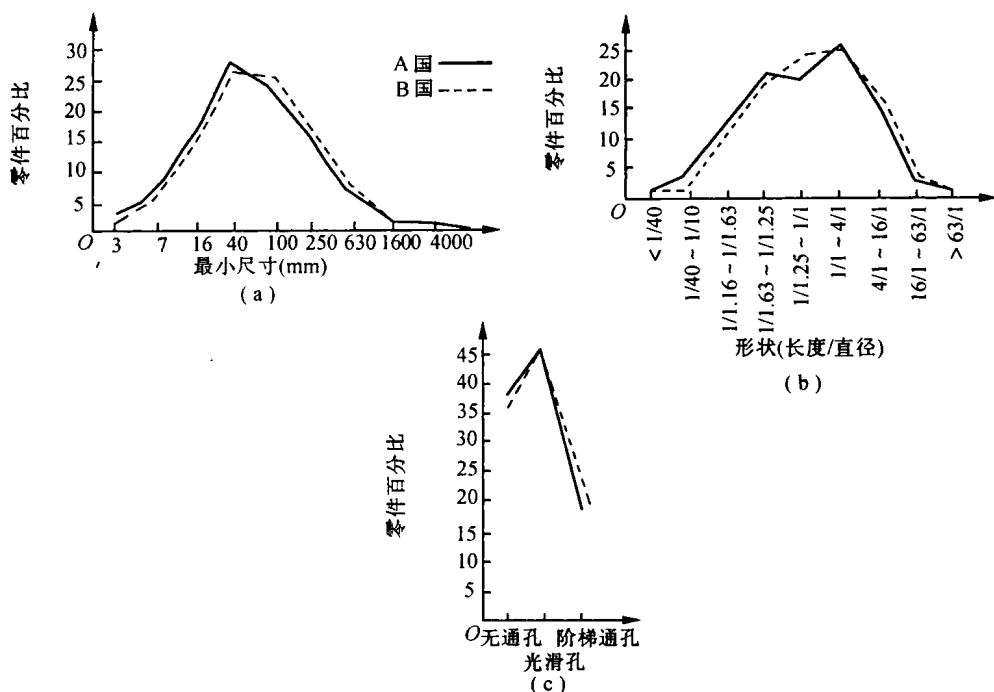


图 2-3 工件尺寸、形状和结构的统计

信息的代码化,将有助于应用计算机辅助成组技术的实施。

2.1.2 成组技术应用

目前,发展了的成组技术是应用系统工程学的观点,把中、小批生产中的设计、制造和管理等方面作为一个生产系统整体,统一协调生产活动的各方面,全面实施成组技术,以取得最优的综合经济效益。

(1) 产品设计方面

产品设计图纸是后继生产活动的重要依据。因此,在设计部门首先实施成组技术有着重要的意义。用成组技术指导产品设计代替传统的设计方法,可以使设计合理化,扩大和深化设计标准化工作。在深刻认识零件结构和功能的基础上,根据拟定的设计相似性标准可将设计零件分类成组形成设计族,针对设计族可以制定不同程度的标准化的设计规范,以备设计检索。由于有关设计信息最大程度地重复使用,这就节约了时间,加快了设计速度。据统计,当设计一种新产品时,往往有 3/4 以上的零件设计可参考借鉴或直接引用

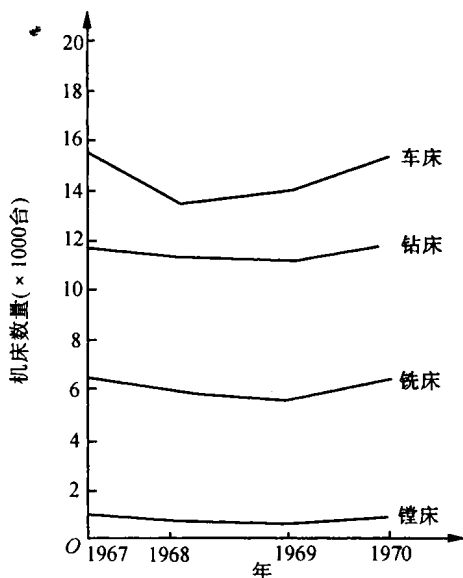


图 2-4 各类机床需要量统计

原有的产品图纸,从而减少新设计的零件,这不仅可免除设计人员的重复性劳动,也可以减少工艺准备工作和降低制造费用。

应特别指出的是,由于用成组技术指导设计,赋予各类零件以更大的相似性,这就为在制造管理方面实施成组技术奠定了良好的基础,使之取得更好的效果。此外,由于新产品具有继承性,使长年累积并经过考验的有关设计和制造的经验再次应用,这有利于保证产品质量的稳定。

以成组技术指导的设计合理化和标准化工作将为实现计算机辅助设计(CAD)奠定良好的基础。

(2) 制造工艺方面

成组技术在制造工艺方面最先得到广泛应用。开始是用于成组工序,既把加工方法、安装方式和机床调整相近的归结为零件组,设计出适用于全组零件加工的成组工序。成组工序允许采用同一设备和工艺装置,以及相同或相近的机床调整加工全组零件,这样,只要能按零件组安排生产调度计划,就可以大大减少由于零件品种更换所需要的机床调整时间。此外,由于零件组内诸零件的安装方式和尺寸相近,可设计出应用于成组工序的公用夹具——成组夹具。只要进行少量的调整或更换某些元件,成组夹具就可适用于全组零件的工序安装。成组技术亦可应用于零件加工的全工艺过程。为此,应将零件按工艺过程相似性分类以形成加工族,然后针对加工族设计成组工艺过程。成组工艺过程是成组工序的集合,能保证按标准化的工艺路线采用同一组机床加工全加工族的诸零件。应指出,设计成组工艺过程,成组工序和成组夹具皆应以成组年产量为依据,因此,成组加工允许采用先进的生产工艺技术。

用成组技术指导工艺设计工作,以代替孤立地针对一个零件进行工艺设计的传统方法,可以实现工艺设计工作合理化和标准化,这不仅大大缩减工艺准备工作的时间和费用,而且也有利于提高工厂生产技术水平。例如,据报导美国某一公司为制造 523 种齿轮制定了 477 种工艺规程,在应用成组技术原理进行分析后,发现至少可减少 400 种以上的工艺规程。若制定一种零件的工艺规程花费 2~3 小时,则仅就减少这类齿轮工艺规程制定工作而言就可节约 800~1200 小时。此外,制定的成组工艺设计指导文件资料,可备工艺员检索使用,这有助于提高新手的工作质量和效率。

以成组技术指导的工艺设计合理化和标准化为基础,不难实现计算机辅助工艺过程设计(CAPP)及计算机辅助成组夹具设计。

(3) 生产组织管理方面

如前所述,为取得综合的经济效果,应在生产系统中全面实施成组技术,即形成成组生产系统。工厂生产组织管理机构是生产的规划、指挥和控制的机构,工厂实施成组技术,若不按照成组技术的基本原理更新工作方法和调整机构,就很难设想各部门能协调一致,以期达到即定的目标。

成组加工要求将零件按工艺相似性分类形成加工族,加工同一加工族有其相应的一组机床设备。因此,很自然,成组生产系统要求按模块化原理组织生产,即采取成组生产单元的生产组织形式。在一个生产单元内有一组工人操作一组设备,生产一个或若干个相近的加工族,在此生产单元内可完成诸零件全部或部分的生产任务。因此可以认为,成组生产单元是以加工族为生产对象的产品专业化或工艺专业化(如热处理、磨削成组生产单元等)的生产基层单位。在生产单元内,一般仅生产划分于本单元的加工族,其零件品种为数不是很多的,这样可