

第 24 章

计 算 机 辅 助 制造技术

24 计算机辅助制造技术

24.1 序言

自从计算机应用到制造领域后,使制造技术产生了革命性的变化。由于计算机在快速完成复杂的计算和处理大量数据方面的能力不断增加,使它在生产中得到广泛的应用,包括零件设计与分析、生产调度与控制、库存管理与成本核算、工艺管理与优化以及切削数据分析等。分时计算机网络已使计算机能供设计人员、工艺人员、生产管理人员使用;在很多情况下,已供数控机床的操作人员使用。单纯把计算机作为一种计算工具或科研工具的日子已经过去。生产过程的各个阶段都受到它的影响,将来甚至有更多的工作可由计算机来完成。这将使设计人员更有创造性,生产技术人员可处理更多问题,从而使产品设计更加完善和生产更为有效。

在生产中,计算机最初应用在一般计算领域(业务管理、库存管理、销售与供应、工资等)。它在工程技术方面的应用出现在三个方面:设计与制图、计划与调度、以及制造(参看图 24-1),最初的应用是计算机辅助制图,然后为了评价零件的机械性能而出现了结构分析程序。目前,这方面的工作是属于 CAD,即计算机辅助设计,而且作为一种商品出售的系统正在得到很大发展。先进的人机对话图象显示系统(IAG)的应用加速了这方面的发展。设计人员利用 IAG 的屏幕显示(CRT)可以试用几种新的设计方案来修改他的设计。人机对话的回路可以使他随时看到修改的设计方案的效果,这种方法可继续进行到设计满意为止。然后在开动自动绘图机完成最后图纸以前,计算机还可对设计进行机械、结构和动态性能的分析。目前,CAD 的应用主要还限于航天和汽车工业中,因为这些工业中需要设计一些具有复杂型面的零件。CAD 已给设计人员带来很大的能力,随着新的软件、硬件与数据库的出现,它还会继续发展。

计算机在生产中的影响有两个领域:生产计划与生产控制,这两个领域就是通常所指的计算机辅助制造(CAM),最初 CAM 的发展是在计划工作方面,因为生产计划是零件设计后的下一步,而不必依靠改装或重新设计任何硬件。计算机在生产控制方面的扩大应用取决于 NC 或 NC 机床的扩大应

用。在计划方面最初的工作是处理成组技术(GT)。成组技术把具有相似设计和(或)相似生产流程的零件进行分组,并已成为首先把零件设计与零件制造结合起来的正规学科之一。从成组技术中

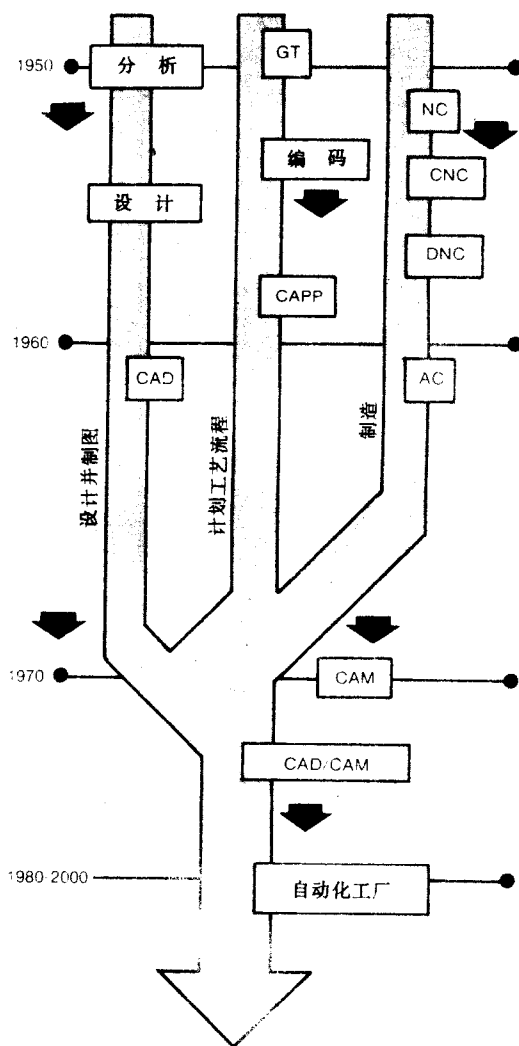


图 24-1 CAD/CAM 软件概念的发展历史

注：图中缩写字的含义：GT—成组技术，NC—数控，CNC—计算机数控，DNC—直接数控，CAPP—计算机辅助编制工艺，AC—自适应控制，CAM—计算机辅助制造，CAD/CAM—计算机辅助设计与制造，CAD—计算机辅助设计

产生了一系列的新概念,包括零件族、生产单元、生产上用的零件编码、计算机辅助编制工艺与中央制造数据库等。计算机辅助编制工艺的内容包括制定生产工艺顺序、刀具配置、夹具要求和切削速度与进给率等。制造数据库为编制工艺提供有关工装、机床和切削参数的原始资料。成组技术、计算机辅助编制工艺和制造数据库将在第 24.2 节“生产计划工作中的计算机”一节中详细讨论。

计算机在生产控制中的应用起源于 NC 技术的发展。由于计算机辅助 NC 编程语言 (APT、CINTURN、TOOLPATH 等) 的发展以及 CAD 与 CAM 接口的实现,使 NC 带的准备工作得以加强。目前在一些 CAD/CAM 系统中,可以从存储在计算机存储器中的零件设计直接打出 NC 带。只需把计算机打出的 NC 带作局部修改,即可将切削速度、进给量、冷却液等数据补充进去。NC 控制器已经改进并采用了小型计算机和微型计算机,这类控制系统目前称为计算机数控 (CNC)。用来监测与控制几台机床的计算机网络,即所谓直接数控 (DNC),已经得到应用。CNC 与 DNC 在“生产管理中的计算机”一节中将进一步详细讨论。

目前在实验室中已出现一种更先进的加工过程控制概念,即自适应控制 (AC)。自适应控制概念是对加工过程中反馈的关键性能参数,如切削力、功率、切削温度、刀具磨损进行在线监测;然后调整切削参数 (即切削速度、进给量、切深等) 以保持最优的切削性能。已经开展了很多研究工作来发展可靠的传感系统、适当的性能评价指标、可行的控制逻辑和高速的现场计算能力。在设想的 AC 系统中,并不是所有部件都已经研制成为商品 (如刀具磨损感器),只是少数可用的系统曾进行过示范。这些系统属于约束控制型,可以监测一个临界反馈如功率或切削力,并且当达到临界 (最大) 反馈时调整一个参数 (一般是进给量) 进行约束控制。在约束控制 AC 中,可以保证合理的切削,但不一定能达到最优的切削性能。

性能指标控制系统的研究工作已在进行,这种系统不仅可监测加工过程的约束条件,还可监测某些经济和生产率的性能指标,并且不断调整几个切削参数来保持最优的性能。自适应控制将在“生产管理中的计算机”一节中进一步讨论。

24.2 生产计划工作中的计算机

24.2.1 成组技术

(1) 概论

成组技术是一种制造原理,它的基础是承认不同零件的设计和制造具有相似性。虽然一般来说每个生产出来的零件都是不同的,而且事实上一眼就可看出所有零件也很少有共同性;但如果对零件的基本属性进行鉴别,还是可以分成组或族。根据零件的设计和制造的相似性,经过对零件进行系统的分类,可以显著地降低成本。零件分类是成组技术系统中的必要工作,可以利用各种分类编码体系中的一种来完成。

成组技术的范围很广。从它出现时起,就已同零件族的制造联系起来,并且影响到制造厂的各方面,包括设计、工艺、制造、装配等。应当注意成组技术可应用于具有硬性自动化的大量生产 (如自动生产线),也适用于单件和小批生产。在一般制造厂中,由于多品种小批量的制造,零件的安装调整时间可能占全部生产时间的很大一部分。此外,工厂中的设备一般都是按功能相似布置在一起的,工件在工厂中要经过一条几乎不可预知的路线,才能把所有需要加工的部位加工好。这使生产调度与生产管理变得非常复杂,要了解某一工件加工的实际进度几乎是不可能的。

成组技术首先是把零件分成具有相似制造特点的族,从而减少了大量的混乱状况。这样,对于不相同的零件,如果它们需要的机床和工装相同时,可以放在一个工艺路线中进行加工,所以每次调整后所能生产的批量就可增加,从而显著地减少调整时间与成本。制造相似零件族的机床集中布置在一起组成机床组或单元 (称为生产单元),这种布置可以减少生产调度、生产管理、材料运搬等问题,同时也可减轻操作工人的体力劳动,例如有关工装问题,通过使用对整个零件族都适用的夹具就可大大简化。

(2) 利与弊

成组技术的应用将给下列各方面带来利益,如零件标准化、工时估算的可靠性、有效的机床运转、生产率、成本准确性、用户服务与接受订货的

24 计算机辅助制造技术

能力。应用成组技术还可减少计划工作、书写工作、调整时间、停工、在制品（半成品）、工件输送、总的生产时间、成品库存量以及总成本。在技术文献中有很多事例引证了经过应用成组技术而得到的具体利益。下列几方面的好处是有代表性的：

- 1) 新零件设计减少 52%
- 2) 经过标准化后图纸数量减少 10%
- 3) 车间用的新图纸减少 30%
- 4) 生产技术工作时间减少 60%
- 5) 生产面积减少 20%
- 6) 原材料的储备减少 42%
- 7) 机床调整时间减少 69%
- 8) 加工过程时间减少 70%
- 9) 工序间在制品数量减少 62%
- 10) 逾期交货的定单数减少 82%

除上述利益外，成组技术提高了工作的宜人性，改善了生产环境的条件。由于机床是适应零件族的需要而布置在一起的，工人可以清楚地看到他们对最终产品作出的贡献。而且机床从加工一种工件改为加工另一种相似工件的调整变换，对工人的技术要求比过去低了。这就创造了扩大生产任务的可能性。

在应用成组技术时有一些不利的问题也是可以预料的。它包括以下几方面：

1) 由于工序间的在制品量较少，因此成组技术需要稳定的生产负荷，这样才能使工人满意。

2) 成组技术要求在生产组织体制方面进行重大改革，包括改进产品的设计、部件的标准化与通用化以及生产设备的重新组合。

3) 由于成组技术而可能减少的工人数量多于机床减少的数量，所以有些机床的利用率将会降低。

4) 成组技术只限于批数很多的小批量生产的情况最为适用。

5) 按成组技术原则组织的生产单元，它的管理比按普通功能组织的管理可能更难。

(3) 分类与编码

为应用成组技术而进行的分类与编码是一项非常复杂的问题。虽然全世界已发展了很多系统并大力加以改进，但至今还没有一个能被普遍接受的系统。

一个完善的分类与编码系统可以提供很多利益，并便于企业各个方面的活动应用成组技术。一个很好的分类与编码系统的主要利益可以概括如下：

- 1) 有利于组成零件族与机床群；
- 2) 可以快速查找到设计结构、图纸与生产计划；
- 3) 减少重复设计；
- 4) 使设计合理化与减少设计成本；
- 5) 保证可靠的工作统计；
- 6) 便于精确估计所需机床数量，合理的机床负荷与最佳的费用开支；
- 7) 可使工装合理化，减少调整时间与全部生产时间；
- 8) 使刀具设计合理化与改进；
- 9) 生产计划方法与调度的合理化；
- 10) 改进成本核算与估算程序；
- 11) 使机床、夹具和人力更好地利用；
- 12) 提高 NC 机床的有效利用。

虽然所有部门都可通过某种方式利用分类与编码系统，但利用这种系统的两个主要使用部门是设计（技术）与制造部门。因此，对一个系统进行评价时，应确定它是否满足了这两个部门的要求并提供了所需要的全部信息。表 24-1 表明一个良好设计的分类与编码系统内应当包括的信息与数据。

表 24-1 零件分类与编码系统
应有的基本信息

设计和技术部门	
主要形状	
形状要素	
材料	
毛坯外形与尺寸	
主要尺寸	
次要尺寸	
公差	
功能	
装配	
图纸规格,等等	
制造部门	
主要工序	
次要工序	

(续)

主要尺寸与尺寸比例
毛坯外形与尺寸
机床
夹具
刀具
批量
调整时间
生产时间
工艺顺序
表面粗糙度
特殊处理
检验
装配等等

用于成组技术的分类系统应当以一个合理、明确而彼此不会混淆的分类等级为基础,而编码系统则是一种编写的符号形式,可以采取种种不同的形式来传递某种具体信息或数据。零件分类的编码系统有两种基本结构,即分级结构与链式结构。在分级式编码中,每一位数字代表的信息与前一位数字有关,其编码数(号)是按一系列的编码卡一步步审查零件的特征而确定的。链式结构是一种固定数字含义的编码,每一位数字永远代表一种特征。大多数系统是综合这两种基本形式,虽然有些系统以分级编码作为主编码而链式编码作为辅助编码。

(4) 成组技术与数控的关系

虽然几十年来已承认成组技术与数控都是与制造有关的技术,但它们之间的内在联系是最近才被注意的。采用 NC 机床的很多好处曾经论证过,而在采用成组技术后,这些好处就显得更为突出了。成组技术与数控的结合经常产生相得益彰的效果。在批量生产中利用数控机床可以比利用普通机床更经济地制造零件。因为成组技术是一种特别适用于小批量生产的制造技术,所以这两种技术在很多地方具有共同点。然而这种相似,不应误解为它们完全相容。了解成组技术与 NC 之间的内在关系是必要的。这样当两者同时应用时,就可以相互促进,共同创造出最大的效益。

在 NC 机床车间应用成组技术最有可能的是生产单元,在考虑生产单元应用成组技术对 NC 车间

提供的利益多于成组技术用于其他方面的时候,也不要忽视前面说到的其他方面的利益。经常被忽视的是数控机床在生产周期中的地位和它对在制品的影响。例如一台 NC 钻床一般是在生产周期的最后使用,因而它对减少在制品数量有很大作用。相反 NC 车床经常用在生产周期的开始,同时又是加工半成品的有效设备,除非得到后继工序的有效支持,就可能大量增加在制品数量。生产单元是一种恰当的方法,因为在单元中就配备了其它机床专门作为后续支持,这是充分利用一台加工中心所必需的。

成组技术还可以经济地使用 NC 设备,不然在普通的批量生产厂用 NC 设备可能花费太大。对一个小型的批量生产厂来说,采用数控的有利条件往往少于不利条件,包括生产计划的成本大和设备不能充分利用等。适当应用成组技术可以把这些问题减轻到可以在小批生产工厂中更经济地应用 NC 设备。

24.2.2 计算机辅助编制工艺(工艺设计)

工艺设计是指把一个零件设计变成硬件所选择的一些工作步骤。编制工艺的步骤如图 24-2 所示,它包括原材料的选择,安排工艺流程,选择夹具,安排刀具与工装,安排切削顺序与 NC 程序,选择具体的切削规范如进给、切削速度、换刀周期,工艺设计的成果是一套具体的操作指示和 NC 带,这些都是工人制造工件所需要的,编制工艺需要一个以上的人员来完成,这些人员包括计划员、方法员、工程师、工艺设计员,价值工程人员或 NC 编程员。

工艺设计是实施 CAD/CAM 的一个活跃的领域。近来为了方便起见,工艺设计中的某些步骤正在使用计算机,如(1)制订加工顺序,(2)选择工装和准备 NC 程序以及通过图象显示对操作人员指示工作,(3)选择加工条件。在这些领域中,美国和外国的工作正在取得重大进展。

(1) 制订加工顺序

制造一个零件所需的切削加工与非切削加工顺序一般是根据过去加工相似零件的经验来选择的。工艺设计员主要是利用自己的记忆或档案找出一个

24 计算机辅助制造技术

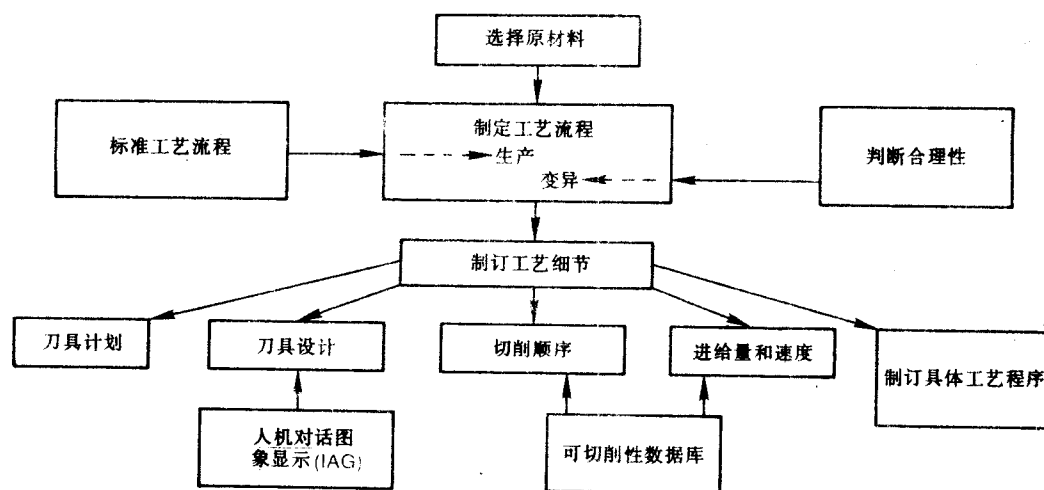


图 24-2 工艺设计步骤框图

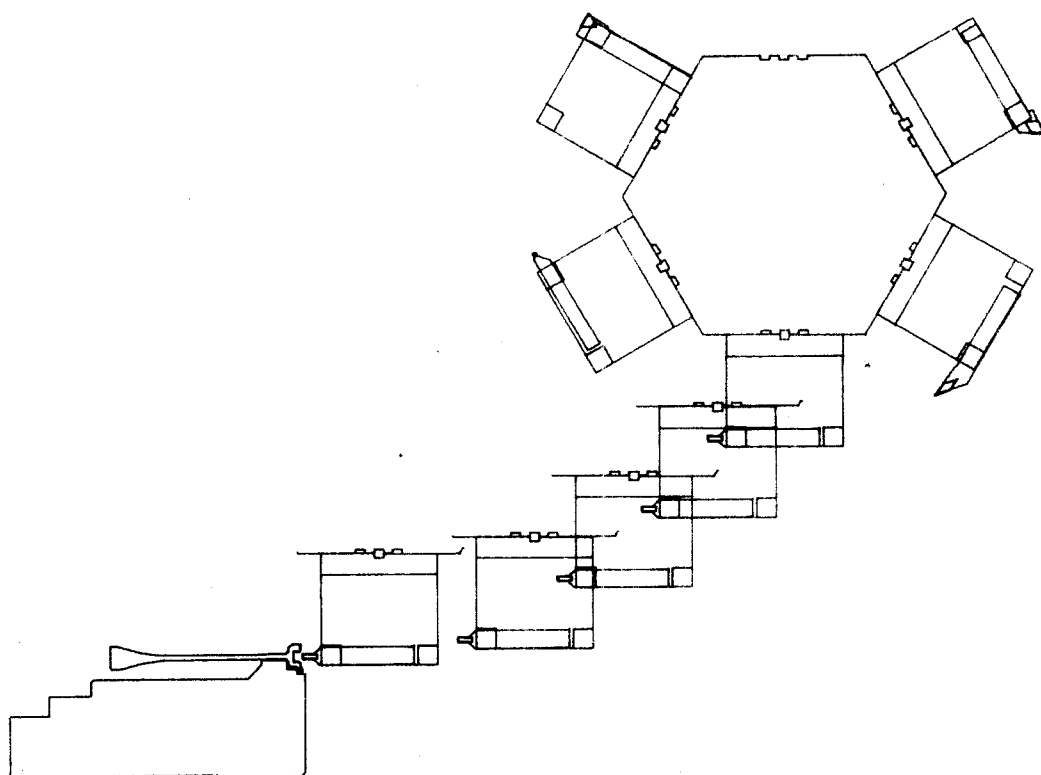


图 24-3 刀具配置的人机对话图象显示

典型的加工顺序供他面临的具体零件的工艺设计作参考。根据这个标准顺序,可以查到与操作有关的作业时间与加工工位。然后修订标准顺序使它适应于具体零件的工艺,可能需要补充一些操作加工。加工工位或计划时间也许有所改变,或取消某些操作。这种方法是工艺设计的变异法。最后的设计是标准工艺设计的一种变异。

变异方法与成组技术的分类与编码系统相结合有助于实现计算机化。第一,所有过去生产过的零件都利用成组技术进行了编码。第二,零件都分成了零件族,每个零件族需要一个统一的加工操作顺序。每个零件族的标准顺序都存储在计算机内。当一个新零件需要编工艺时,就可以用新零件的成组技术编码查到相应零件族的标准加工顺序。最后,采用一个人机对话的编辑装置来修改标准顺序以适应指定的零件。最后产生的顺序按零件的编码号存储在计算机的数据库中。最近,变异法由 CAM-I CAPP 系统进行了试用 (CAM-I: 计算机辅助制造国际公司, CAPP: 自动编制工艺)。

制订加工顺序的另一种方法被称作推导法。在这种方法中零件也是分为零件族,但对每个零件族要作严密的分析,以确定零件的某些特点和需要的操作加工。这样就产生了零件族的工艺计划逻辑,将这种逻辑作为决策模型予以储存。当一个新零件族需要编制工艺时,首先对零件进行分析,找出零件上有哪些特点是体现在决策逻辑中的。检索出决策模型并用决策模型对零件特点进行处理而推导出加工顺序。实际上是计算机执行了工艺设计员的思维过程。

(2) 工艺设计中的人机对话图象显示

人机对话图象显示 (IAG) 是一种重要的计算机化工具。这种工具在工艺设计员的工作中起着越来越大的作用。大约已有十二种公开出售的 IAG 系统可供工艺设计员用来编制刀具配置方案,并帮助数控编程和编排图象操作指示,这种刀具配置和数控几何图形的编排和分析提供了一种极为有力的校验能力,以前这种校验工作需要花费几个小时的手工绘图与分析,现在刀具配置可根据数控带模拟切削过程来排编,几分钟内就可完成。图 24-3 表示用人机对话图象显示一个转塔刀架的刀具配置图,图中表示了沿刀架的数控切削轨迹而改变刀具布置

的情况

(3) 加工条件的选择

对某些具体的切削加工条件如刀具材料、进给量、速度和冷却液在工艺设计中通常是不作规定的。这些条件留待工件进入加工时由工艺员作出决定。然而,由于数控设备的价格提高和可供选用的刀具材料和等级的复杂性日益增加,这种做法也在改变。现在已采用计算机来选择合适等级的刀具和评定进给量和速度,从而可降低成本和减少加工时间。在某些数控编程系统 (如 ADAPT 和 GETURN) 中,这些加工条件在数控程序中可自动作出规定。另一种办法是发展计算机化的加工数据文件,用这些文件可以评定出在一定进给量和速度范围内所能产生的成本、加工时间、切削力、表面粗糙度和颤振等。这些分析能使数控程序员或工艺设计员制订出来的切削条件,既能满足零件的制造要求,又能减少成本和生产时间。

工艺计划的编制能从计算机自动化中获得效益是很明显的。计划员可以从人机对话图象显示、数控编程、成组技术和制造数据库中得到越来越多的自动化手段的帮助。计算机还能将工艺设计工作从以经验为基础转变为以数据为基础。工程师和工艺设计员的经验被输入计算机。这些存储的数据汇成决策逻辑,就可用以支援现有的和未来的工艺设计系统。

24.2.3 制造业用的数据库 (Data Base)

计算机辅助编制工艺、成组技术或计算机辅助设计系统的核心是数据库。数据库具有存储大量数据的能力,这些数据是支持上述各类系统进行工程分析所必需的,而且这些数据都有一定的格式,能方便而快速地通过检索找出每个数据中的要素。如果没有这种手段的辅助,则工艺设计、成组技术和计算机辅助设计所进行的工程分析将是十分缓慢或无法实现的。

工程分析中计算机数据库的发展还是较近的事,数据库的最早应用是在库存管理、人事管理、工资计算和订货单的处理方面。早期的库存管理系统是较初级的穿孔卡系统。库存的每一个项目有一张相应的计算机卡片。当该项目撤消时就取下这张卡片,并由计算机读下。这种系统通常是采取成批

24 计算机辅助制造技术

处理方式，而且只能提供库存状况的日报。后来库存系统才发展为包括其他业务如发货、收货、登帐、用户订单处理及其他会计业务等。计算机信息处理系统在各方面（包括制造领域）的需要很快地增加了。计算机的两个主要发展项目加速了计算机信息系统的成长；这就是分时和实时计算机以及数据库管理器。

分时计算机允许许多用户同时由他们所在的远方使用计算机，把显示屏（CRT）作为与计算机通

讯的工具，这样就省去了大量的硬式（卡片）输入和输出。用户的提问可立即得到回答，而不必等待几小时或几天直到把工作处理完成后才得到回答。数据库管理器（DBM）是一种采用专门的编目法，能有效地进行存储和检索数据的软件。数据库管理器可把数据以多种方法组织起来和相互参照从而大大提高了检索数据的速度。已有多种数据库管理器

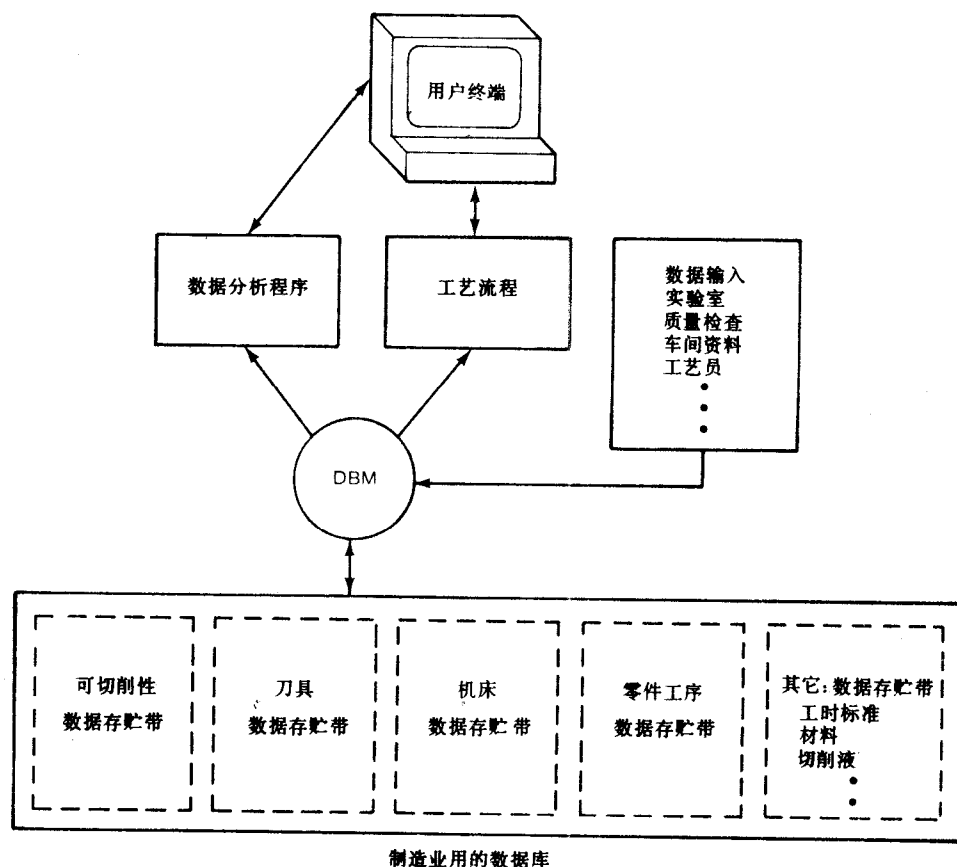


图 24-4 典型数据库的结构图

理器相结合可以完成日常的存储、检索、更新和查找等业务。图 24-4 表示典型的数据库是怎样构成的。新发展的数据库正在研制数据库的结构和对检索出来的数据的处理两个方面。

数据库包括多种形式的文件,如零件结构的几何描述,工件材料性能、工装、机床、原材料的几何描述、零件或工序的描述以及切削数据等。所有这些文件在不同程度上都互有联系。根据所作的工程分析可利用一种或几种数据文件。除切削数据文件外,全部文件只存储和检索各数据项的主要特征的描述。例如对一把具体的刀具来说,工装文件中存储着下列数据:公司代码、刀具材料、尺寸、形状、后角、前角和(或)螺旋角、库存件数、库存位置、重磨资料、价格、供货单位及建议应用场合。机床文件、工件材料文件和零件或工序文件都是相似的,但有不同的数据项(如机床文件需存储功率、工作台尺寸、可供利用的各种速度和进给量等)。几何描述文件有专门的代码形式存储零件的尺寸和形状。采用笛卡儿坐标和代码来表示孔、圆角、圆柱等等,可以全面地描述零件。这种编码的数字顺序被存储起来供人机对话图象显示和计算机绘图工作使用。

切削数据文件在很多方面与众不同,早期的切削数据文件是按类似于其他文件的方式处理的;即把一系列推荐的切削速度和进给量存储起来供工件材料、刀具材料、切削液和切削尺寸等项的无数不同的组合使用。数据文件的构成类似切削数据手册。输入一个所需要的信号(刀具、切削尺寸、材料),计算机就能寻找出推荐的速度和进给量。数据文件与印刷的手册相比,其优点在于推荐的切削条件易于更新,能收进更多的刀具与切削尺寸(切削深度)的组合,有些还可在两个推荐数值之间进行自动插值运算。主要的缺点是不仅在编排原始的推荐切削速度与进给量时,而且在更新和保持最新推荐数据的工作上都需要大量的工程分析工作。缺乏适当的数据库维护工作是早期切削数据库之所以失败的普遍原因。

最近的切削数据库系统采取了不同的方案。新系统不是采用存储推荐的切削条件和简单地加以检索的办法,而是实际进行了决定推荐的切削条件所必需的工程分析。推荐的切削条件是在需要时用原

始切削数据中的一套最基本的数据进行计算得出的。原始切削数据可以是切削性能试验的结果,也可以是经车间修正过的速度和进给量,以及(或)已发表的切削数据。数据可以是刀具寿命、切削力、表面粗糙度、功率或刀具破损数据。数据库(data bank)包含着最基本的数据要素,不需要对数据进行预处理。用来推导速度与进给的工程逻辑被编程后输入计算机系统中。工程师不必每次对可供利用的新数据进行分析,只要一次确定分析程序后,需要进行分析时就让计算机去做。这样做的优点是减少维护工作量;工程师能集中精力去编制程序或逻辑,而不是去从事大量重复性的分析工作;可对按某一特定情况而定制的程序进行更详尽的分析。其结果是能推荐出接近优化的切削速度和进给量,从而达到较高的生产率。

24.3 生产控制中的计算机

24.3.1 直接数控(DNC)与计算机数控(CNC)

用计算机进行 NC 加工的主要优点是对辅助功能能够进行较好的控制和有可能不必用纸带及其相关设备;这些辅助功能包括零件程序的产生、数据的传送、存储和配套技术。此外,计算机数控从控制功能上看也确实具有许多重大的优点,可以认为用计算机数控来直接代替传统的 NC 是合理的。

计算机控制机床有两种不同的概念:CNC(计算机数控)和 DNC(直接数控)

用 CNC 时,通常是一台小型通用计算机专用于控制单台机床,小型计算机接受全部有关的机床信息,通过计算机或用逻辑功能校正机床指令,并将指令送往机床。图 24-5 表示 CNC 系统的方块图,系统中有中央处理单元(CPU)和控制硬件两部分。中央处理单元从事数据处理,控制硬件用来操作 NC 机床。此外,中央处理单元所完成的数据处理,还能与纸带准备系统所能完成的数据处理相似。

与 CNC 相反,DNC 采用一台中央计算机,用多路(分时式)同时控制很多台机床(参看图 24-6)。计算机的主要作用是管辖各台机床,并保证向这些机床提供足够的数据。DNC 系统通常是

24 计算机辅助制造技术

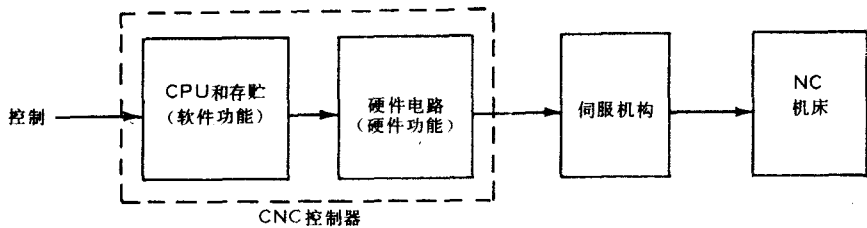


图 24-5 典型 CNC 系统方块图

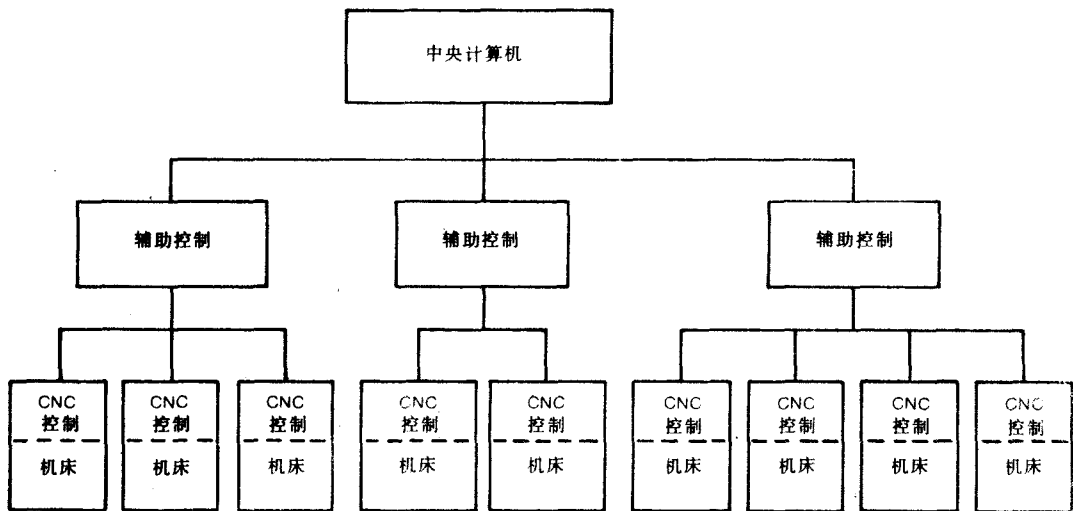


图 24-6 带有卫星控制和 CNC 计算机控制的 DNC 系统配置图

开环式的，开环的含义就是要按各台机床的请求才校正数据，但在机床工作过程中计算机就不再跟踪了。

虽然同等复杂程度的 CNC 与 NC 的价格大致

相同，但 CNC 有一些优点。CNC 的柔性在于只要简单地修改软件就可以马上增加功能或重新配置功能，而不是象硬接线的 NC 那样要作有形的更改。编程（包括修改程序）在 CNC 中颇为简单。CNC

还可用来显示错误的信息、记录下供管理用的数据和应用诊断程序来检查故障。

DNC 也有几个操作优点。第一, 纸带阅读器通常是机床控制单元中最易引起故障的器件, 在 DNC 中, 它被分路绕过了。第二, 在计算机中存储的程序需要使用、修改或编辑时, 存取十分方便, 在编程员与机床间可以快速方便地互相作用。第三, 同一台计算机除操纵机床工序外, 还能用于作辅助工作如记录故障时间, 编制表报, 记录机床实时状况以及其他管理上感兴趣的运行项目。所收集的信息可保存在控制计算机的存储器中, 或者输送到某些其他形式的数据采集装置中加以存储, 以备生产管理部门加以组织利用。

先进的 DNC 单元还能用来自动检测操作条件, 甚至能根据所采集的数据对已编好程序的指示作修正。由于所有的操作指示都用代码形式编入无法看见的计算机软件中, 所以 DNC 确实需要有一些对生产操作十分熟悉的编程员和管理员, 才能实现全面而最优的控制。DNC 系统与高级专门技术系统 (first-rate system know-how) 相结合时性能极为优越, 但开办费可能是很高的, 配套硬件及后援软件常常也必须是最高质量的。

虽然 CNC 按其定义来说要有本身的专用计算机, 这个计算机也能较方便地与其他计算机进行通讯, 并可看作 DNC 系统的一部分, 生产用 DNC 系统的发展, 使 CNC 机床可以与之联成一体。这样联结就可大大减少对单台计算机的依赖。当 DNC 系统的计算机失效时, CNC 系统能继续圆满地使机床运转。

24.3.2 自适应控制

自适应控制 (AC) 是这样的一种过程控制方法, 它用传感器对加工参数进行实时测量、计算并调整控制参数, 使加工性能接近最优。金属切削过程的自适应控制, 在本世纪六十年代初期就开始应用了, 从示范中可看出采用自适应控制能提高生产率和降低成本。目前已能买到一些以自适应控制作为任选装置的机床, 更普遍的是用 AC 装置对现有机床进行改装。在金属切削中应用自适应控制时, 常常可提高金属切除率 50% 左右, 这是有据可查的。然而 AC 对金属切削领域的影响却比切削加工

的单纯优化更为深远。由于应用自适应控制, 就需要从一个系统的角度去了解整个加工工序, 所以促进了对系统的各组成部分及它们互相间的作用进行深入研究。金属切削中应用自适应控制的数量还较少, 主要是由于自适应系统的成本太高, 以及难以获得适用于受多个难以预计的参数所影响的加工过程用的传感器。

传统控制与数字控制时的切削速度和进给量 (如列在本手册中的) 以及刀具寿命数据 (由曲线上查得或由计算机化的数据中获得) 对选择切削加工参数都是特别有用的。然而这些数据对自适应控制却并不完全适用。为了进行优化, 需要获得下列数据: 即在切削过程中产生并作用在刀具上的力的数据, 以及刀具设计、刀齿设计与刀齿几何形状、工件材料类型和硬度、刀具磨损程度等变量对这些力产生影响的数据。有了这些数据就可以合理地选择使进给量和速度达到最大时的约束条件, 而且不必顾虑产生刀具破损的危险。自适应控制的优点和限制条件列在表 24-2 中。

表 24-2 自适应控制系统的
优点和限制条件

优点:

- 提高生产率
- 降低生产成本
- 改善产品质量
- 降低废品率
- 较高的机床利用率
- 保护机床、刀具和工件不受损坏
- 减少对操作工人技术水平的依赖
- 改善和简化编程工作

限制条件:

- 高成本和复杂性
- 系统的不可靠性
- 现有的系统还不能保证实现最高的金属切除率
- 数据库的不完善
- 循环时间的变化
- 维护费用的增大
- 自适应控制过程用的关键性能参数的传感器价格昂贵而不可靠

24 计算机辅助制造技术

自适应控制系统可分为下列几种不同类型。
(对自适应控制系统还没有简单的定义。)

1) 反馈自适应控制: 这种系统预先规定某些加工参数 (如电机的电流或功率) 要达到最优。机床系统有监视加工参数大小变化的能力, 并用调整切削速度与进给量来补偿其与规定参数值之差。

2) 约束自适应控制: 这种系统要求切削速度和 (或) 进给量处在对机床或刀具规定极限范围内的最大值。普通的约束条件包括最大扭矩、最大力和最大功率。这种系统是目前应用中最流行的, 因为相对来说它们较简单和省钱。大多数系统只是以调整进给量为基础去达到约束区内的最优条件。

3) 优化自适应控制: 这种系统要求建立一个性能指标或最佳值 (通常是以包括最低成本或最大生产率的某些经济效益为基础)。在操作过程中, 加工性能与上述指标或数值进行比较。这些系统具有这样的决策能力, 即如何或何时应用这种比较结果并通过改变加工参数去改善性能。大多数这类系

统仍处在实验室研究阶段。制订简单和便于实施的性能指标和研制可靠而价廉的传感器是这类系统走向生产应用必不可少的两个步骤。

研制自适应系统用的传感器方面的工作已受到明显的注意。研制工作致力于降低成本和提高传感器的可靠性方面。传感器技术的现状还不能容易地或准确地在生产条件下去监视几个关键的金属切削参数。

看来对自适应系统用于切除金属感兴趣的首先是在开发比较复杂的系统。然而应看到工业上将会继续开发一些比较简单的、不必采用高价或专用的传感器和控制系统的自适应控制系统。这种自适应系统的广泛应用将达到节省成本的目的。最近的兴趣是在发展易于装在现有机床上的传感器和控制装置。如果认识到有更大经济效果时, 更加复杂的自适应控制也会得到应用, 特别是在计算机辅助制造得到广泛采用时更是如此。