

机床夹具设计自动化导论

范炳炎 缪 薇 编著



南京航空学院

前 言

机床夹具的传统设计方法，在资料检索、分析计算、绘图、编制文件等方面都是由人工方式完成。这不仅需要较多的人力和较长的设计周期，而且计算精度和设计质量的提高也受到限制。近十年来，科学技术发展迅速，新材料、新工艺、新技术不断出现，产品结构日趋复杂，对产品质量要求也越来越高；随着商品生产的发展和竞争多变的市场需求又迫使工厂从大批量生产向多品种小批量生产类型转化，产品更新迭代加速，这一切都相应地要求采用自动化技术加速生产准备，以缩短设计周期和提高设计质量与效率。现在，柔性加工自动化被认为是提高多品小批量生产水平的重要途径，但迄今为止，柔性制造系统（FMS）中的夹具CAD/CAM技术未能很好解决，成为FMS中薄弱环节。

基于上述原因，我们于1984年开始夹具设计自动化方法探索，并于1985年获得学院科研基金的资助，立题研究。迄今为止，我们先后建立两个夹具自动化设计的实验系统和一个柔性制造单元中夹具CAD系统的开发，培养研究生等。本书就是在上述工作的基础上，广集资料，整理科研成果后编写成的。其内容为夹具设计自动化概论，夹具自动化设计方法原理，夹具CAD系统建立的方法，夹具数数据库、图形库和程序库的建立与应用，夹具设计系统与举例。每章附有思考题。本书可作为机械制造类本科生选修课教材或《机床夹具设计》课程的补充教材，也可作为研究生及从事夹具等工装设计工程技术人员参考。

在编写、出版这本教材时，要感谢学校领导和张幼楨教授、赵鸿尧教授对夹具设计自动化课题研究的大力支持、热情关怀和指导。此外，值得提出的是宁白圭、蔡正兴同学及进修教师蔡晶同志在1984年最初阶段富有成效的工作；研究生龚中良、周卫华及陈蔚芳在夹具设计自动化方面所作的系统研究，为本书提供了许多实际素材。

本书第一、二、五、六、七与附录由范炳炎编写，第三、四章由缪薇编写，全书由范炳炎负责校订。由于我们的研究工作时间不长，能供借鉴的资料很少，书中所述的一些做法、提法与观点都是编者自己的体会、理解与看法；另是编者水平不高，成书仓促，难免有不少错误和不足之处。衷心希望读者批评指正，以便今后进行修改和完善。

编著者

1990年10月

目 录

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第一章 夹具设计自动化概论 | 1 |
| § 1-1 现代夹具设计的基本课题 | 1 |
| § 1-2 夹具设计自动化的作业过程 | 5 |
| § 1-3 夹具设计 CAD 系统的型式 | 7 |
| § 1-4 夹具设计系统硬件配置 | 10 |
| § 1-5 夹具设计系统软件配置 | 14 |
| § 1-6 夹具设计自动化技术的发展和应 用 | 16 |
| 思考题 | 18 |
| 第二章 夹具设计自动化方法原理 | 19 |
| § 2-1 夹具设计自动化的基本方向和基础 | 19 |
| § 2-2 夹具自动化设计的信息结构模式 | 24 |
| § 2-3 夹具自动化设计的实现过程 | 28 |
| § 2-4 自动化设计机床夹具的效益 | 31 |
| 思考题 | 32 |
| 第三章 夹具设计自动化系统建立方法 | 33 |
| § 3-1 夹具设计自动化系统浅析 | 33 |
| § 3-2 微机夹具设计系统的建立过程 | 34 |
| § 3-3 夹具设计自动化系统设计 | 44 |
| 思考题 | 46 |
| 第四章 夹具数据库的设计与实现 | 47 |
| § 4-1 数据描述和数据分级 | 47 |
| § 4-2 数据结构 | 49 |
| § 4-3 数据库体系结构 | 54 |
| § 4-4 夹具数据库实例及 dBASE III 使用介绍 | 55 |
| § 4-5 夹具数据库的建立 | 61 |
| § 4-6 夹具数据库的应用 | 67 |
| 第五章 夹具图形库的设计与应用 | 69 |
| § 5-1 计算机图形学简介 | 69 |

| | | |
|---------|---------------------------|-----|
| § 5 - 2 | AutoCAD 绘图软件包及其应用简述 | 77 |
| § 5 - 3 | 夹具图形库及其建立的方法 | 81 |
| § 5 - 4 | 文字表格图形生成技术 | 86 |
| § 5 - 5 | 图形输入板菜单设计方法与应用 | 89 |
| § 5 - 6 | 图形拼装技术 | 94 |
| 思考题 | | 95 |
| | | |
| 第六章 | 夹具设计分析程序库设计与应用 | 96 |
| § 6 - 1 | 夹具设计分析内容概述 | 96 |
| § 6 - 2 | 夹具分析计算程序的设计方法 | 99 |
| § 6 - 3 | 典型的分析计算程序介绍 | 103 |
| § 6 - 4 | 夹具程序库建立方法及应用 | 109 |
| 思考题 | | 116 |
| | | |
| 第七章 | 机床夹具设计系统及其应用 | 117 |
| § 7 - 1 | 系统简述 | 117 |
| § 7 - 2 | 组合夹具及其在 FMS 中的应用 | 118 |
| § 7 - 3 | 托盘与夹具基础板的衔接 | 123 |
| § 7 - 4 | 组合夹具标准元件图形库 | 126 |
| § 7 - 5 | 加工中心机床夹具设计举例 | 128 |
| 思考题 | | 135 |
| | | |
| 附录: | AutoCAD 常用命令汇编 | 137 |

第一章 夹具设计自动化概论

§ 1-1 现代夹具设计的基本课题

在各种机械零件的机械加工过程中，使用了大量的机床夹具。夹具的结构涉及很多因素，即使在同一类机床上加工同一种零件，夹具的结构都可能有很大的差别。因此，本书仅对现代加工条件下的夹具结构，给予很大重视。由于现代加工技术突飞猛进，必须建立高度灵活方法，即是建立柔性夹具系统，来完成产品的生产准备，这就不仅对夹具的结构，而且对夹具设计方法本身，都提出了很高的要求。

一、夹具结构要适应现代加工要求

在过去几十年里，世界机械加工技术一直在突飞猛进地向前发展，乃至对机床夹具产生了许多新的要求，甚至使传统的专用夹具有淘汰的趋势。

现代机械加工的主要设备是数控机床和数控加工中心，最高组建形式是柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, 简称FMS)——集成体制；传统加工的主要加工设备是普通机床，主要组建形式是分离体制。在使用数控和数控加工中心机床的现代加工中，被加工零件的各结构要素的位置尺寸是由机床来获取和保证的，而在普通机床的传统制造中，被加工零件的各结构要素的位置尺寸则几乎全由夹具来获取和保证。换言之，在现代加工中，刀具与工件的位置关系是由机床自动确定和保证的，不存在什么对刀块、钻套、镗套等对刀引导装置，而只要求夹具能把工件精确地载入机床坐标系，保证工件在机床坐标系中位置的已知性；然而在传统加工中，除了工件与机床坐标轴的相对位置须由夹具保证外，工件与刀具的相对位置也必须由夹具保证。为了保证工件和刀具的准确的相对位置，必须巧妙地设计夹具结构。由此看出，从传统制造到现代制造，机床夹具的结构由复杂到简单。

此外，由于普通机床与现代的数控加工设备效能上乃至停机费用上的巨大差异，因此在传统加工中，往往是一台机床干一道工序，一道工序用一套夹具，一道工序零件加工完了之后停机装卸工件，每一批工件加工完之后再更换夹具，不存在夹具同机床的反复快速定位，只存在着工件同夹具的反复快速定位和夹紧过程。在高效的数控加工中，往往是在一次装夹中完成多个工序加工，而且是多个夹具共用一块基础板；当一些夹具处在加工位置的同时，另一些夹具在装卸工位或机外装卸工件，甚至还有一些夹具在传输系统中周转；一旦处在加工位置的工件全部加工完毕，就把装好工件的夹具整体地交换进加工位置，有时需要夹具同机床或托盘反复快速定位。因此，从传统加工到现代加工，夹具概念由夹具同工件的单一一道加工工序相对接发展到夹具必须和工件的整个加工过程相对接；夹具结构形式从单个夹具基础板发展到多夹具基础板。

由上分析可知，现代机械制造技术使得可调夹具、成组夹具和组合夹具的广泛使用创造了更为有利的条件，也为这一类具有柔性的夹具系统的发展提出了明确的要求。

二、夹具设计方法的自动化

工厂为新产品做生产准备时，常常要设计结构繁多的大量机床夹具。为了降低生产准备的费用和缩短夹具设计制造周期，工厂对于可调夹具、成组夹具和组合夹具的采用，都给予足够的重视并逐步扩大其应用，获得良好的经济效益。

夹具设计人员应用组合化和标准化原则来完善设计方法已见成效，但还要做很多的实际工作。例如，需要有以组合化、通用化、标准化为基础的机床夹具设计的高效的设计方法。在现代产品迅速更新迭代的形势下，设计人员无论业务水平如何，都不可能在他们的记忆中存贮与自己专业有关问题的大量信息。就连本企业已经采用并批准的那些设计，都常常为设计人员所遗忘。因此，需要在工艺装备设计部门建立并使用信息检索系统，以便加速图纸的绘制，使用已被采纳的设计，减少设计费用，建立夹具设计工作的自动化基础。

现代计算机技术和控制理论的应用，对于提高设计和工艺工作的效率有很大的潜力。在设计工艺过程和工艺装备时，数学方法和电子计算机的应用占有重要的地位。

夹具和调整件设计的自动化，可以成为加速生产准备的一项极为重要的切实可行的措施。为解决这一课题，需要进行大量综合性研究工作。

应该指出，为了实现夹具和调整件设计方法的自动化，目前已经具备了充分的条件。随着计算机技术的不断发展和应用领域的日益扩大深入，使用铅笔、圆规、图纸、绘图板和计算尺等的传统设计方式已在进行重大的改革。这是因为计算机不仅具有快速、准确的运算功能，而且机器的存贮功能使它获得了“记忆能力”；机器的逻辑判功能又使它获得了“思维能力”；新出现的高性能的图形工作站为设计人员与计算机进行对话提供了良好的条件，设计人员能在显示屏上对计算或设计结果进行实时修改和具体的结构设计；精密的自动绘图机又可把设计结果直接以图纸的形式输出等。这样计算机已经不是一种单纯的高效计算工具，而是越来越成为设计人员进行创造性设计活动的得力助手。这就是进入六十年代逐渐发展起来的计算机辅助设计，简称CAD (Computer - Aided Design)。因此，用标准件设计夹具，以及在典型结构基础上设计专用调整件、专用零件、专用样件和专用工具，采用CAD技术，应该认为是解决这一课题最经济最合理的方向。

三、有限元分析法在夹紧工件上的应用

近二十年来，有限元素法 (Finite Element Method, 简称FEM) 发展很快，应用领域不断拓宽，解题的复杂程度、精度都有很大提高。这种方法现在已经成为工程研究和设计特别是CAD中的强有力的工具。

有限元素分析法之类的各种计算机仿真工具近来常被设计人员用来进行结构设计，从而使结构设计达到正确无误的程度。此外，有限元方法还被生产部门用来进行加工过程的设计，获得良好的效果。据报导，国外发展一种有限元分析程序——金属切削分析程序 (MECA 2.0)，在设计阶段，这个程序即可对多种加工过程，如铣、车、镗、钻等工序的功能进行仿真；它能计算出这些工序中的切削力和功率，然后，将这些数据输入到有限元分析程序中去，以便仿真和预测机床、夹具和工件将会产生的变形。这种方法能使工艺人员在生产准备阶段就能合理地制订机械加工过程。

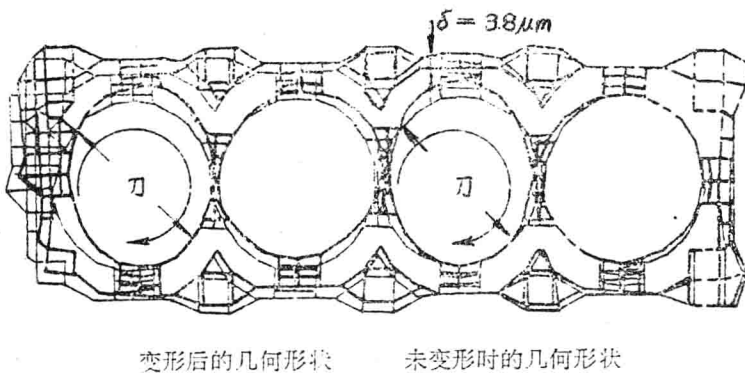
被仿真的生产工艺流程内容包括：机床，夹具，在选定的切削速度、进给量和切削深度等条件下的刀具，夹紧力和切削力。计算机仿真与依靠以往经验来选择操作参数或待安装好再进行试验等情况相比，可以节省巨额费用。对于用高速切削和强力切削来达到高生产率的那些机械加工系统来说，尤其是这样。

机械加工的仿真包括两个基本步骤：首先，所产生的切削力必须加以确定，然后，为验证机械加工系统的设计，将切削力作用到承受这些切削力的工件夹压系统和机床结构的有限元模型上去。例如，以一单刃镗孔工序为例说明，首先向分析程序输入每次切削的9个特征值，即镗孔直径、切削深度、进给量、每分钟转数、刀尖圆弧半径、前角、刃倾角、副前角、主偏角，计算出总切削力和最小功率；然后，将这些力作用于工件、夹具、机床的有限元模型上，其目的在于预测因误差而引起的变形和会引起破坏的应力。

对于夹紧力也能够进行仿真，以便确定工件的总误差。这种仿真可导致设计人员去重新设计夹紧方案，使夹紧力能在工件正对切削力的方向产生变形，使生产出的零件更为精密。

第三步是去求得由有限元分析程序及其后置程序计算出来的位移，即由后置程序计算出由于已求得的变形所造成的工件误差。如镗一个圆孔的情况下，工件误差就包括不圆度和中心线的偏移或垂直度的偏移。

图1-1所示表明用传统的夹紧方式去夹紧新发动机气缸体时会使缸孔变形，用有限元分析法可以把变形表示出来。藉助这些程序可开发出一个较好的夹紧方案。



说明：用传统的夹紧方式去夹紧新发动机的气缸体时会使缸孔变形，用有限元分析法可以把变形表示出来。藉助这些程序可开发出一个较好的夹紧方案。

图1-1 气缸孔镗削时夹紧前后的变形

四、夹具CAD/CAM一体化系统的开发

在夹具设计方法自动化的研究中，不能仅考虑CAD技术的应用，设计拼装出一张夹具总装图就完事，而且要考虑组成该夹具的非标准元件的制造，所以要建立夹具CAD/CAM一体化系统，其任务是完成夹具分析计算、设计之后，设计出夹具总装图，输出非标准夹具元件的零件图，编制零件的加工过程，转换成数控代码，以便加工，最后进行夹具装配（组装），送至加工车间待用。图1-2是FMS中夹具CAD/CAM一体化系统的模式。由图看出，在夹具设计前，要应用FEM分析程序对加工精密零件用的夹具进行模拟仿真，以便设计出最佳的夹紧方案。“夹具设计”部分是指

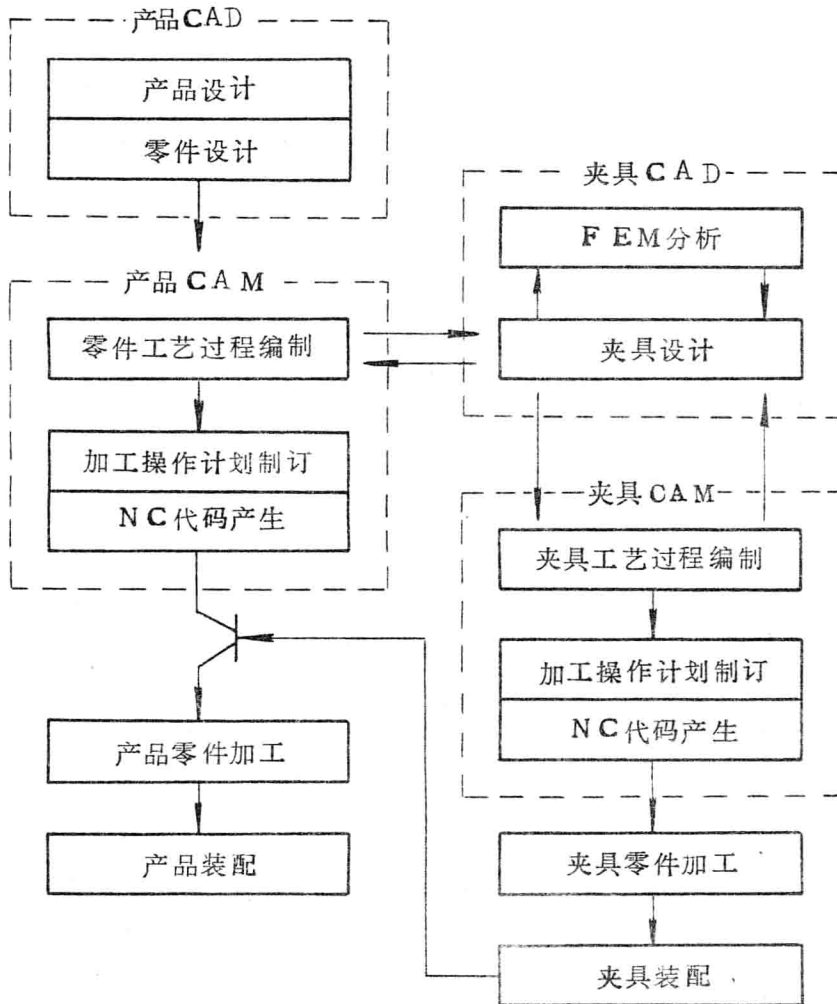


图 1 - 2 FMS 中夹具 CAD / CAM 系统

根据零件加工过程中产生的一些原始信息进行夹具设计。“夹具 CAM”部分内容是非标准夹具元件加工工艺过程制订和数控加工指令程序的产生。其余部分是夹具元件的加工和夹具的装配。组装好的夹具运送至加工现场或夹具库存储。

应指出，从国际上生产技术发展的趋势来看，数控技术（NC）、柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造（Computer Integrated Manufacturing，简称 CIM）将日益成为常用的生产方式，因此开发夹具 CAD / CAM 一体化系统具有十分重要的意义。

五、夹具设计专家系统的研究

专家系统（Expert system，简称 ES）是 70 年代初期开始形成并发展起来的，是基于人工智能（Artificial Intelligence 简称 AI）技术的发展而发展起来的。

ES 的基本结构包含两个重要的组成部分，一是系统的知识库，二是系统的推理机（图 1 - 3）。ES 之所以具有在专家水平上进行工作的知识和能力，就在于系统的这

两个组成部分的作用所致。

知识库内存放着有关机床夹具设计、结构、制造工艺等方面的丰富知识，包括书本知识和实践经验，这些知识需要通过计算机工作者和夹具设计专家的通力合作才能获取，并以一定的逻辑结构和数据结构将机床夹具知识有效地存放在计算机的存储区内，这就是“知识库的建设”。

其次，ES要能根据已有的知识，让机器来模仿专家决策的过程和思维规律，即利用“IF... THEN...”规则来进行推理、判断乃至把决策的结果以一定的信息形式告诉用户，这就是“推理机的设计”。

第三，要建立一个夹具设计的专家系统，需要做以下三方面的工作：

- (1) 夹具知识的获取 这包括收集有关夹具设计的书本知识和从工厂具有丰富经验的夹具设计专家那里收集整理他们所积累知识；
- (2) 夹具知识库的建设；
- (3) 推理机的设计。

在国外，早在1984年Markus, A et就发表有《Fixture Design Using PROLOG: An EXPERT System》论文和1986年5月在布达佩斯一次国际专题讨论上提出的一篇名为《Applying AI in Jigs and Fixture Design》的报告。这都说明了国外重视夹具设计专家系统的研究。

§ 1-2 夹具设计自动化的作业过程

在介绍夹具设计自动化作业过程概念之前，首先对机床夹具传统的设计方法作一回顾，因为CAD作业过程是由传统的设计过程在计算机参与下演变而来的。

一、机床夹具的传统设计过程

传统的夹具设计方法跟一般机械设计一样，通常是要经过调查研究（资料检索）、拟订方案（方案构思）、计算分析（论证方案）、绘图和编制文件（方案表达）等一系列的反复过程。图1-4是夹具传统设计方法的流程，对其中每一部分的工作都是靠设计人员的手工作业，不仅要付出巨大的劳动，而且速度慢，效率低，设计周期长，尤其是许多应进行分析计算的工作都被简化，而用经验类比、估算所代替，往往很不经济，可靠性也欠佳。

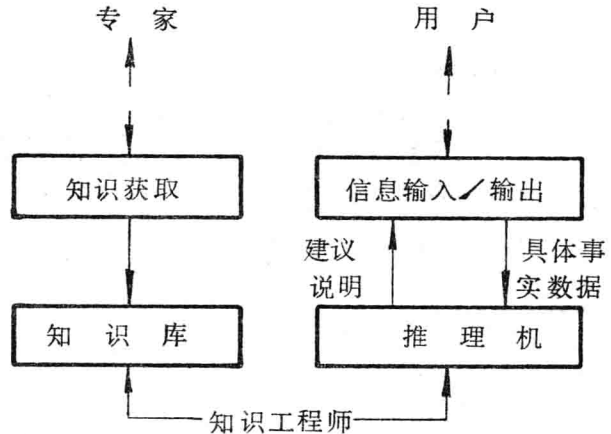


图1-3 专家系统的基本结构

二、夹具设计的 CAD

作业过程

图 1 - 4 所示的设计过程若由于有计算机的参与, 则其设计工作的面貌将大为改观, 设计的质量和工作的效率也将大大提高。这是因为设计流程中的各部分工作均由计算机来做, 则所需的时间就很短; 另一方面, 对于设计方案的修改, 有关的分析计算等工作一般需要有丰富的经验或直觉的知识, 由设计人员做比由计算机显得更有效, 因此就发展有一种人与计算机各尽所长、紧密合作, 导致在尽可能短的时间内得到尽可能好的设计方案。这样一种人机结合的交互式作业过程构成了机床夹具的 CAD 作业过程, 如图 1 - 5 所示。

根据图 1 - 5, 夹具 CAD 作业过程应该是一种自动化过程: 根据夹具设计任务的要求, 输入与被加工零件有关的原始信息, 由计算机对存贮在数据库中

有关信息进行检索, 调出相关的程序与数据完成定位、夹紧的分析计算, 元件规格尺寸选择等, 然后再利用数据库中的图形数据进行夹具总装图的设计, 通过对话设备调出图形, 作出判断和选择, 并可对图形进行实时修改, 认可后, 便可命令绘图机对图形显示器上的图形进行拷贝输出。由此可知, 这种人机交互式的夹具 CAD 作业过程具有下列优点:

(1) 这种夹具 CAD 作业过程可以把人们的经验、智慧和创造力与计算机高速运算的功能更有效地结合起来, 有利于发挥人和机器各自的特点。如设计中有关分析计算和绘图、编制文件等繁杂的工作由计算机来完成, 而经验判断和实时性修改等由设计人员进行。

(2) 夹具设计最后大多要反映在几何设计上。由于 CAD 过程中能用图形终端直

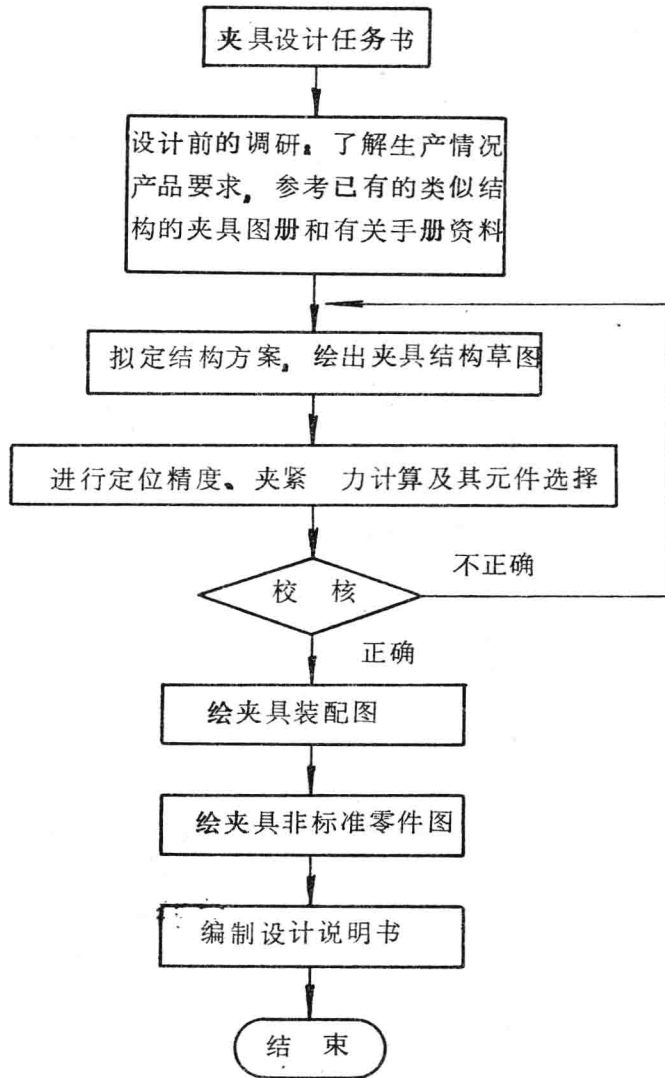


图 1 - 4 夹具传统设计方法流程

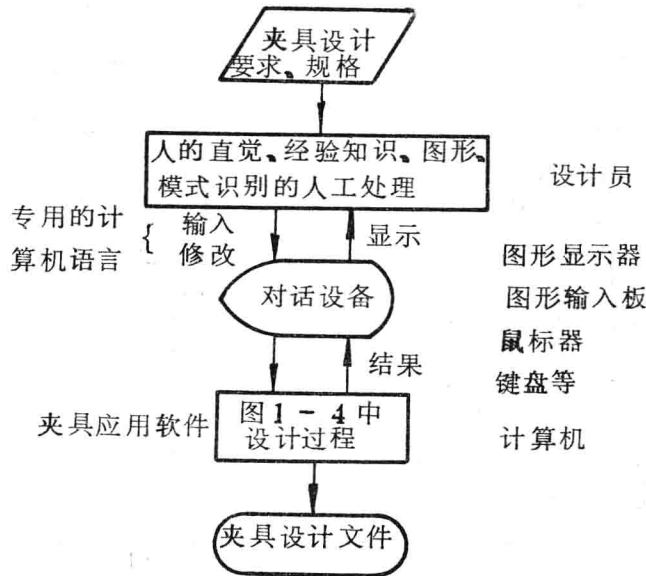


图 1-5 夹具 CAD 作业过程示意图

接作为图形的输入和输出，因而结果直观清晰，设计人员对设计结果能迅速方便地作出判断，实时修改。所设计的夹具总装图及其各组成元件在空间的装配关系，布置是否合理，是否有相互干涉或空间是否充分利用等，都可通过图形显示器来迅速作出判断，以便及时地作出处理。

(3) 夹具总装图的设计是一项费时且效率较低的作业，然而在计算机的参与下，这项工作显得十分容易。如设计拼装一张夹具总装图要用各种不同类型规格的夹具元件图形，设计人员可以通过操作命令从数据库里调出各种元件的图形数据表格，供选用。如设计人员根据经验选择某种型式压板，显示屏上立即显示出该种压板的规格表，供选定合适尺寸规格之用。同时可由设计人员指点把它装在夹具总装图的某个位置上，并显示。其他元件设计过程以此类推，最后完成夹具总装图的设计，由绘图机输出。

由此可知，这样就把传统的夹具设计过程代之以人机结合的高效的设计过程，因而夹具 CAD 方法成为机床夹具设计工作的一个重要的发展方向。

§ 1-3 夹具设计 CAD 系统的型式

要实现机床夹具自动化设计作业，必须提供一个基本的支持环境，这就是夹具 CAD 系统。系统的不同配置和构成方式导致出现 CAD 系统的各种型式。由于夹具设计是针对生产部门，因而不可能也不必要选用高档的大型 CAD 系统，因此这里仅介绍以小型计算机、微型计算机为主体的 CAD 系统。

一、独立型 CAD 系统

这种 CAD 系统是用小型计算机或高档微机直接与终端（或工作站）连接，独立承担任务。系统配以应用软件、专用硬件与使用环境紧密相连。这时，决定 CAD 水平高

低的主要是配置的夹具 CAD 应用软件。这种系统的组成形式如图 1 - 6 所示。这种系统的特点是专用性，完成针对机床夹具设计自动化任务十分合适。

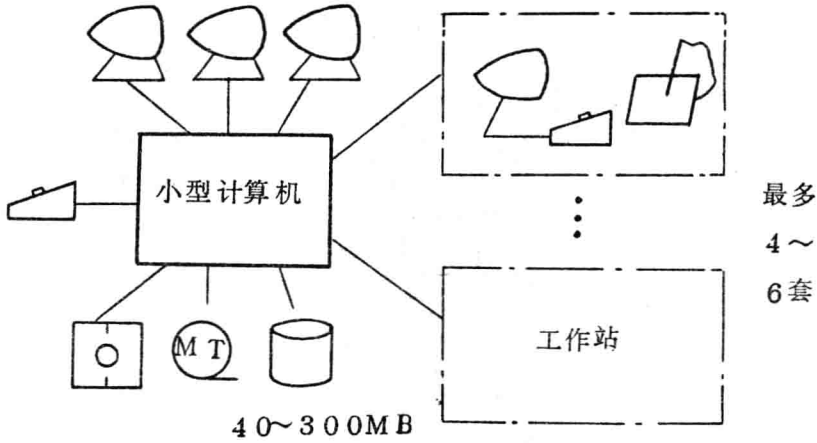


图 1 - 6 独立型 CAD 系统

二、微型机 CAD 系统

微机 CAD 系统 1983 年才出现，由于价格低廉，配置简便，功效显著，对中小企业应用 CAD/CAM 技术非常适用，使用极为普遍。它通常是一类单用户的微机基本系统（如 IBM PC/X T, A T、国产长城系列机等），带有软盘驱动器和打印机，并配有数字化仪（图形输入板）和绘图机等。不仅如此，这类微机尚可配置比较丰富的软件，如数据库软件，二维图形软件，以及能使用诸如 FORTRAN、BASIC、C 语言等高级语言。也有公司已经开发出受这类微机支持的三维线架框图交互设计软件和有限元分析软件，三维实体造型软件也已经推出。因而在这类微型上建立的 CAD 系统，不仅仅可进行夹具等工艺装备的设计，还可以进行诸如工程分析，零件设计、产品设计和科学管理等工作（图 1 - 7）。

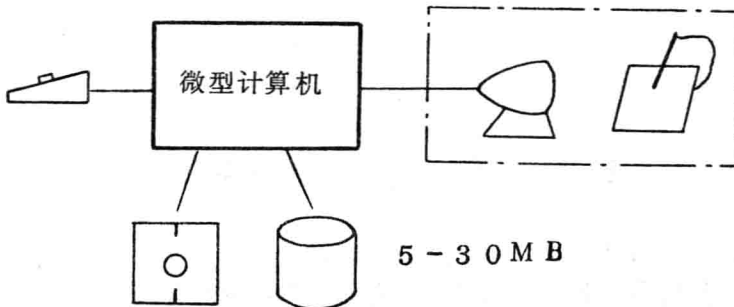


图 1 - 7 微机 CAD 系统

这类 CAD 系统通常可以通过屏幕菜单方式直接绘制夹具元件图形，也可以通过鼠标器或图形输入板在显示器屏幕上“画”设计图，同时还可以根据需要能方便地进行功能扩充，使系统性能不断提高。缺点是处理速度低。

总之，微机 CAD 系统的水平除与所配置的支持软件有关外，关键是应用软件的配置。

三、工作站 CAD 系统

工作站 CAD 系统（如 Apollo、sun、HP、DEC、IBM 和 Silicon Graphics 等）通常由超级微机、图形显示器、数字化仪、键盘等构成（图 1-8）。

随着 32 位超级微机的出现，由它组成的工作站系统，在具有高质量的硬件和软件的支持，特别是有很强的图形设备支持保证了这类 CAD 系统的性能和效率。在这样的系统上能执行三维实体造型和有限元分析计算等软件，并可方便地用鼠标器来作各种菜单选择。

这类系统可利用两台或两台以上独立的处理机（即多 CPU 并行处理），同步执行两个或两个以上的程序/指令，系统内的处理机能自行将成批处理的任务进行分类，送至各处理机进行处理。于是，系统的功能大大增加，过去只能在大型计算机上运行的 CADAM、CATIA 等著名软件，已经或正在向超级微机上移植。由这样的超级微机建立起来的 CAD/CAM 系统，其功能将接近大型计算机系统。

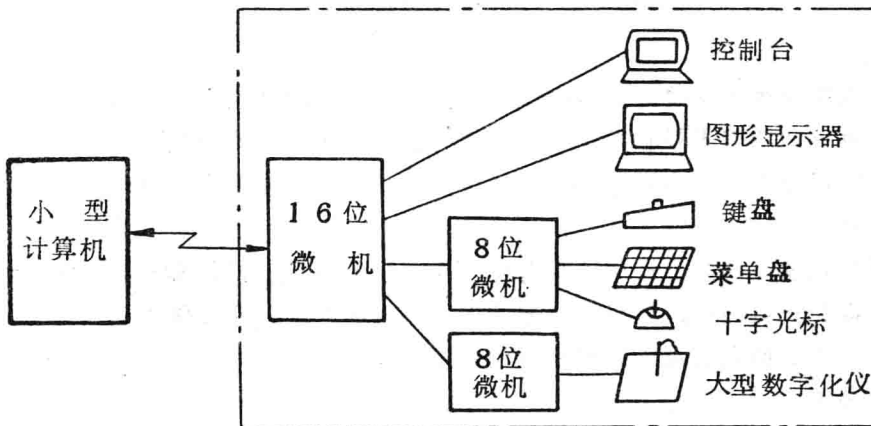


图 1-8 工作站 CAD 系统

日本 CAD/CAM Mechatronics, Machining Research Laboratory Toryohashi University of Technology 在美国 Apollo 机 CAD 工作站上完成柔性制造系统中夹具 CAD/CAM 系统的研究。这样一类由 32 位超级微机组成的 CAD 工作站系统，通常都具有三维曲线、体素拼合、线框模型、隐藏线处理等一系列三维功能的软件，还可以通过集成接口和前后置处理与多种工程分析程序联接，再加上计算机辅助工艺规程设计（CAPP）和计算机辅助零件数控程序编制，就可集成为 CAD/CAM 系统。由于建立这样的工作站系统，投资少，见效快，经济效益高，深得中型企业的重视。可以推测，这类工作站 CAD 系统将成为我国大中型企业发展 CAD 技术的主流。

§ 1-4 夹具设计系统硬件配置

一、硬件的配置

尽管 CAD 系统型式有多种, 但是一个典型的 CAD 系统基本上都由计算机主机、输入装置、输出装置、外存贮器和人机对话装置等部分所组成, 如图 1-9 所示。

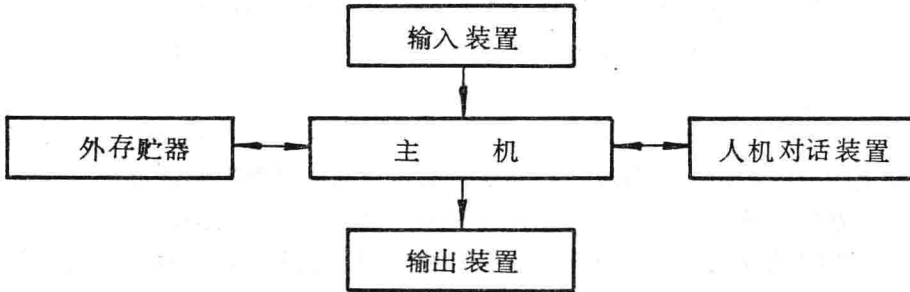


图 1-9 夹具 CAD 系统的硬件配置

1. 主机

它是控制和指挥整个系统并执行实际运算、逻辑分析的装置, 是 CAD 系统的中心。主机主要指中央处理机 CPU 和内存贮器两部分。目前夹具 CAD 系统的主机主要采用微型计算机, 以适合我国中小企业当前的经济能力和 CAD 技术应用水平。

2. 输入装置

它是向计算机输入数据、程序以及各种字符信息的设备。微机 CAD 系统的输入装置主要是由键盘和软盘构成。磁盘记录密度大、输入速度高。它的输入过程是先把数据记录在软盘上, 然后再把软盘的数据直接输入到计算机中。

3. 输出装置

它是把机器的中间结果或最终结果表示出来的设备。一般有打印机、绘图机等输出装置。为了提高输出的打印速度和防止噪声, 现在还有静电印刷机以及能保留显示屏上彩色图形的彩色喷墨打印机和绘图机等。其中自动绘图机是 CAD 中产生高精度工程图纸以及复制图形信息的重要设备。

4. 人机对话装置

它是设计人员与计算机会话的输入/输出设备。主要有键盘、鼠标器、数字化仪(又叫图形输入板)和图形显示器等。若把图形显示器(CRT)、鼠标器、图形输入板、键盘等设备排列在专用的工作台上, 就形成了一个图形工作站。这样的工作站可理解成所有会话用的输入/输出设备都在设计人员的眼、手所及范围的交互图形系统的作业终端, 即把设计人员的设计构思通过手的传递变成输入操作, 经计算机处理, CRT 显示, 通过眼睛反馈给设计者进行思考, 进而作出判断, 或者作修改输入操作, 或者复制输出, 这就是所谓的交互式设计, 因此人机对话装置是交互式夹具设计自动化系统中必不可少的设备。一般可作图形生成、编辑、设计绘图、修改图纸、标定坐标、尺寸、

比例以及对图形进行缩放、平移、旋转等处理。

5. 外存贮器

它是用来存放大量暂时不用而等待调用的计算程序、各类数据和有关软件包等的存贮设备，目前用作外存贮器的主要由硬磁盘、软盘等组成。

外存贮器作为增加内存容量、减轻主机成本的一种辅助装置。任何作业资料、工作指令及其它有关资料必须先读入内存，才能再转存于外存贮器中。输出资料时，亦必须先经内存贮器再达到输出装置。

二、主要硬件的工作原理简介

前已述及，夹具计算机辅助设计是以人机交互的作业方式进行的，因而在设计过程中，图形的输入/输出、定位、增删、拾取、变换等处理操作需要频繁地进行，故需由硬、软件结合的交互式图形系统来实现。这种系统中主要几种硬设备工作原理简介如下。

1. 显示器（CRT）及工作原理

显示器的功能有两个方面，即是显示字符（字母、数字、专用符号或汉字），并能对字符作实时加工和处理；二是显示图形，并能对图形作实时的加工和处理。显示器的这些功能，一方面取决于显示器硬件，另一方面就字符、图形加工和处理来说，在很大程度上取决于与之匹配的软件。

显示器的显示头是阴极射线管（CRT），结构是一个抽成真空的玻璃管泡（图1-10）。管面玻璃内壁涂有一层荧光物质，当受到电子束轰击时能发光，通常称为荧光屏。管颈部分F为灯丝，外面套着阴极K。当灯丝通电发热使阴极温度升高时，在阴极上就会发射出电子。当阴极带负电位，而阳极A带正电位时，从阴极上发射出来的电子在电场力作用下就向阴极加速运动，一部分电子穿过阳极中心的小孔，聚成一股很细

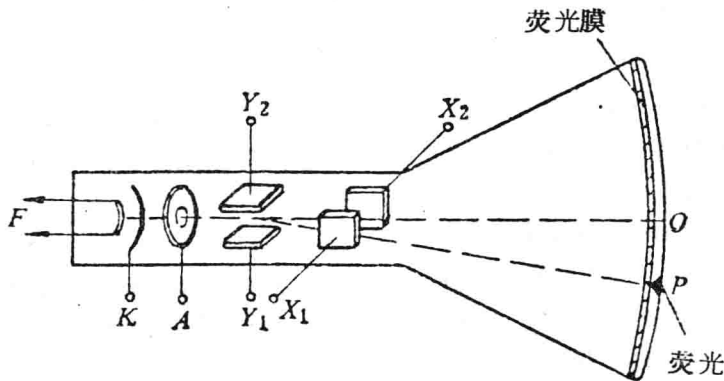


图1-10 CRT的结构图

的电子束而射到荧光屏上；由于高速电子的轰击，在荧光屏上产生一个直径在0.5毫米以下的亮点，于是我们就会看到一个光点。

X_1 、 X_2 和 Y_1 、 Y_2 是相互垂直放置的两对偏转电极。当一对偏转电极分别带正电位和负电位时，电子运动的方向就会偏转，而荧光屏上的亮点位置可以随着阴极射线的能量、偏转极板间的电位差以及结构参数的变化而变化。因此当两对偏转电极所带的电位按一定规律随时间变化时，电子的运动方向就会作相应的变化，从而在荧光屏上显示

出相应的图形。

显示器的型式有多种，但目前光栅扫描式显示器应用较多。

光栅扫描方式与家用电视的扫描方式相同，与显示内容无关。通常用电子束从上到下、从左到右扫描整个屏幕（图1-11）。由于屏幕上分成纵横适当的栅格，每个栅格又称像素，它是显示器所认可的最小图象单元，每个像素都有相应的亮度，所以这些像素可以组成一个矩阵。当电子束自上而下、自左而右依次进行扫描时，若逐个控制每个像素的亮度等级及彩色，则在电子束扫描一遍后，屏幕将出现一幅层次分明或彩色逼真的图象。但这样的图象不能持久，如要获得稳定的图象，需要以每秒30~40次的速率重复发射电子束，以显示同样的图象。

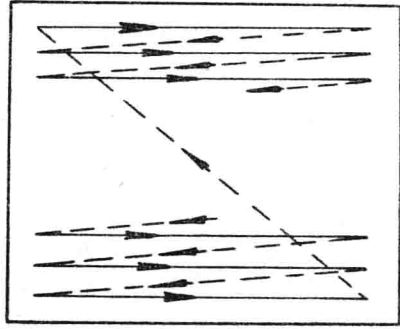


图1-11 光栅扫描示意图

光栅扫描式CRT画面的质量，在构造上取决于光栅网格的密度，又称分辨率。不同的显示器有不同的分辨率。分辨率越高，就越能得高精度的画面。但是在选择显示器时要对经济、技术两方面权衡来考虑分辨率和色彩种数。一般光栅扫描式CRT用于CAD/CAM时，分辨率达到 1024×1024 ，能同时显示的色彩种数达到256种左右便可望得到有足够的精度和真实感。

2. 键盘

键盘可以直接向计算机输入信息，是计算机上一个独立部件，能将它完整地取下。键盘上通常设有字符键、功能键、控制键等多种按键，总的键数随产品而异，有101/102、107键等多种规格。

3. 鼠标器

鼠标器是一种手握式形如鼠状的塑料盒滚动装置，一般有三个功能键，有的只有两个功能键，用来控制显示屏幕上光标的位置，供作图操作之用。

4. 图形输入板

图形输入板（tablet）随尺寸大小不同而有两种不同的名称，大型的叫做数字化仪（digitizer），而夹具CAD作业常用小型的放在桌上使用的叫做图形输入板。从原理上来看，它们是相同的，仅在板面尺寸、精度上有所区别。因此，本教材中统称为图形输入板。图形输入板的板面尺寸较小，分辨率和精度较低，在夹具设计中常用于图形菜单的调用或作小型图形和草图的输入之用。

图形输入板因随制作原理不同，有多种型式。一般使用的图形输入板其工作部分面积约为10"~11"见方，在板的内表面平行于X和Y轴方向各敷设1024根极细的金属丝，组成坐标网格，每一根丝具有唯一的数字编码，其信号可以用指示笔（触笔）检取到。当指示笔指点于板面上某一点并按下中断按钮，所检取到的信号经放大和译码后便可产生出该栅点的x和y坐标值。

利用图形输入板向计算机发出中断请求，调用一个光标程序，便可在显示屏上相应的位置产生光标图形，该光标中心的位置即取决于指示笔在板面上所指栅点的X及Y坐

标值。大家知道，设计人员可以使用光标进行坐标输入或标定图形等。应该指出，现在图形输入板板面上指示图形位置也使用游标器。当游标器上的线圈通以电流形成垂直于板面的磁通，则在后者产生相应的感应电动势信号，经放大和译码处理后便可得出游标器中心在板面上所处位置的坐标数值。游标器的中心位置可以通过其有机玻璃上所刻十字线来观察。图形输入板的外形及游标器见图 1-12。

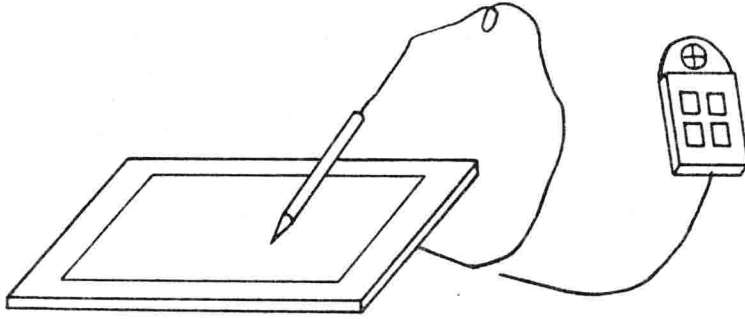


图 1-12 图形输入板及游标器简图

5. 绘图机

绘图机是一种高速、高精度的图形输出装置，它可以产生及复制各种类型的图形，如二维平面曲线、三维曲面和立体图，以及机械零件图和部件装配图、传动系统图等。由于计算机运算速度快、数据的计算精度高，再配上绘图机本身的高速度（最高可达 100 米/分）、高精度（综合精度 ± 0.1 毫米；重复精度 ± 0.01 毫米），因此能绘制高精度、较复杂的图形。因而，自动绘图机在改变工程图绘制技术方面有重要作用。

随着设计、制图工作自动化的发展，各种类型绘图机不断涌现，性能也日益完善和提高。但从结构上归为三种：滚筒式绘图机、平台式绘图机和平板式小型绘图仪。这里作一简介。

1. 滚筒式绘图机

这种绘图机系利用滚筒走纸而得名。滚筒动作形成纸面在纵向（X轴向）运动，笔作横向（Y轴向）运动，与纸的运动方向垂直。适当协调 X、Y 轴的移动量就能在纸面上画出所需要的图形。这种绘图机的结构示意图如图 1-13 所示。现在广泛使用的 DMP 系列绘图机属如此类。

这类绘图机结构简单、紧凑，价格低廉，占地面积小，但它的绘图速度、精度低，对于机床夹具等工艺装备设计来说，绘图精度和速度都能满足要求。

2. 平台式绘图机

这种绘图机的台面可平放或倾斜放置，故称平台式自动绘图机。画图时图纸通过真空吸附或静电吸附在台面上，依靠绘图笔在 X、Y 轴两个方向独立移动而画出图形。

这类绘图机的特点是通常台面做得较大，最大规格的可达 3000×10000 平方毫米，适于航空、造船、汽车等工业部门使用；精度高，综合精度约为 ± 0.15 毫米，重复精度可达 0.01 毫米；画图速度快，通常在 15~60 米/分。平台式绘图机在绘制图形时能直接看到整个画图过程，视野清楚，便于监视。