

教 案

2025-2026 学年第一学期

课程名称 数字化设计与制造导论

专业班级 数字化设计与制造技术 251

总学时数 32 学时

任课教师 陈楠楠

课程基本信息

课程名称	数字化设计与制造导论			
课程性质	32	学分	2	
学时	总学时： 32 学时 其中： 课堂讲授 32 学时； 课内实验 0 学时			
开课部门	机电工程系		任课教师	陈楠楠
授课专业、班级	数字化设计与制造技术 251		开课学期	2025-2026 第一学期
成绩评定	平时成绩占 30%； 期末成绩占 70 %		考核方式	考试
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	数字化设计与制造技术	谢驰	中国石化出版社	2016.8
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	<p>本课程是《数字化设计与制造技术》专业重要专业基础课程，是使学生了解现代设计与制造知识、拓展知识面的重要课程。本课程系统介绍现代产品的数字化设计与制造的过程和手段，产品数据的现代管理方法。通过本课程的学习，使学生了解现代设计与制造的过程和手段，理解产品数据在不同阶段的形式和内涵，掌握数字化设计与制造的相关基本理论、基本知识和基本技能，以培养学生应用本专业知识和解决实际生产问题的能力。</p>			
本课程教学目标	<p>通过本课程的学习，应使学生达到下列基本要求：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 学生应能够理解数字化设计与制造的基本理论、发展历程及其在现代制造业中的重要性，熟悉数字化设计原则、制造工艺等。2. 了解数字化设计与制造中常用软件如 CAD（计算机辅助设计）、CAM（计算机辅助制造）、CAE（计算机辅助工程分析）等工具和技术的应用，为后续相关课程奠定基础。3. 了解从概念设计到成品生产的全流程，包括设计、仿真、制造等环节，能运用所学知识进行创新设计，并参与到小型项目的设计与实现中，培养团队合作能力，提高学生的实践能力和解决实际问题的能力，培养自主学习新技术的习惯，适应快速发展的行业需求。			

<p>素质 (思政) 内容与要求</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 坚持党的领导原则，强调党的思想在数字化设计与制造中的指导作用。 2. 强调数字化设计与制造对于国家经济发展和国防建设的重要性和战略意义。 3. 引导学生关注数字化设计与制造中的伦理和道德问题，促进科技与人文的有机结合。 4. 强调数字化设计与制造对于环境保护和可持续发展的影响，培养学生的环保意识和责任感。 5. 引导学生关注数字化技术的公平与包容性，促进数字化设计与制造的普惠性发展。 6. 强调数字化设计与制造对于人才培养和创新创业的重要性，培养学生的综合素质和创新意识。 7. 引导学生关注数字化设计与制造中的社会责任和社会效益，培养学生的社会责任感和公民意识。 8. 强调数字化设计与制造对于国际交流与合作的重要性，培养学生的国际视野和跨文化交流能力。
<p>学生用主要 参考资料</p>	<p>苏春 主编《数字化设计与制造》 机械工业出版社</p> <p>杨海成 主编《数字化设计制造技术基础》 西北工业大学出版社</p>

绪论

教学目标:

- (1) 了解工业发展的历史。
- (2) 理解现在正处于信息化时代, 信息化在工业生产中的重要作用。

教学手段: 自学

教学学时: 0

教学内容:

1. 第一次工业革命
2. 第二次工业革命
3. 信息革命

第 1 章 数字化设计与制造技术概述

教学目标:

(1) 了解现代制造业面临的挑战及其发展趋势, 数字化设计与制造技术的特点与发展。

(2) 理解数字化设计与制造的内涵学科体系。

教学重点: 掌握数字化设计与制造的内涵学科体系

教学难点: 掌握数字化设计与制造的内涵学科体系

素质 (思政) 内容与要求: 强调数字化设计与制造技术在国家创新驱动发展战略中的重要性, 激发学生的爱国情怀和科技创新意识。通过介绍国内外技术发展的差距与追赶历程, 培养学生的危机感和使命感。

(引入案例: 引入中国高铁、航空航天等领域数字化设计与制造的成功

案例，展示技术进步对国家发展的巨大贡献，激发学生的民族自豪感和专业热情。)

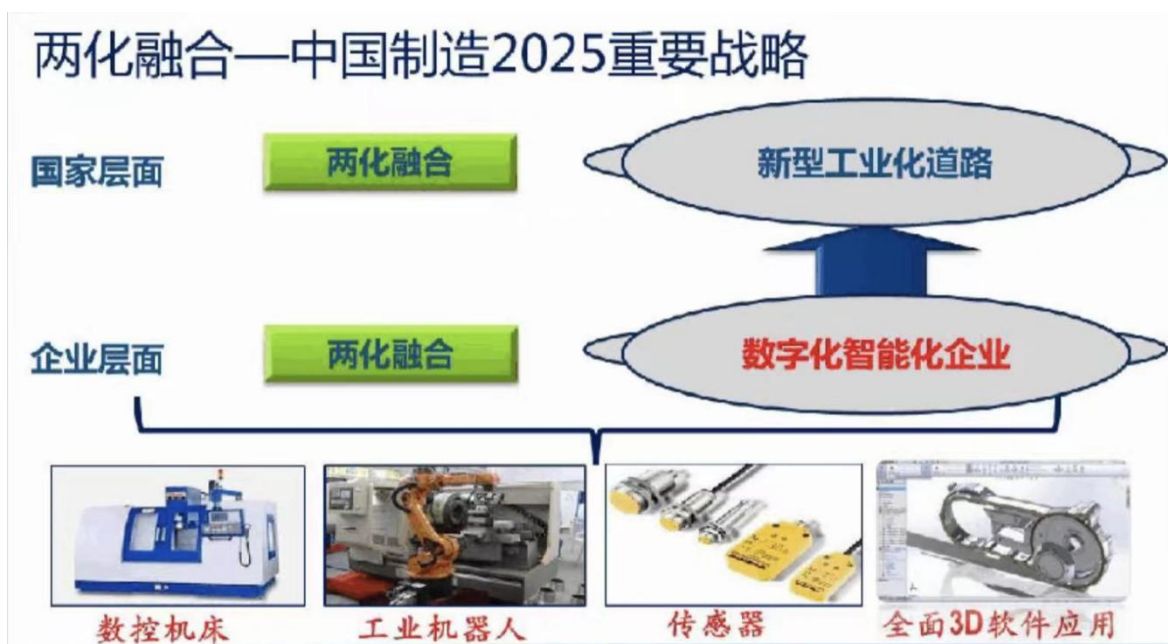
教学手段：讲授、演示、提问

教学学时：4

教学内容：

1.1 数字化设计与制造基本概念

数字化设计与制造技术是指利用计算机软硬件及网络环境，实现产品开发全过程的一种技术，即在网络和计算机辅助下通过产品数据模型，全面模拟产品的设计、分析、装配、制造等过程。



(1) 数字化设计技术

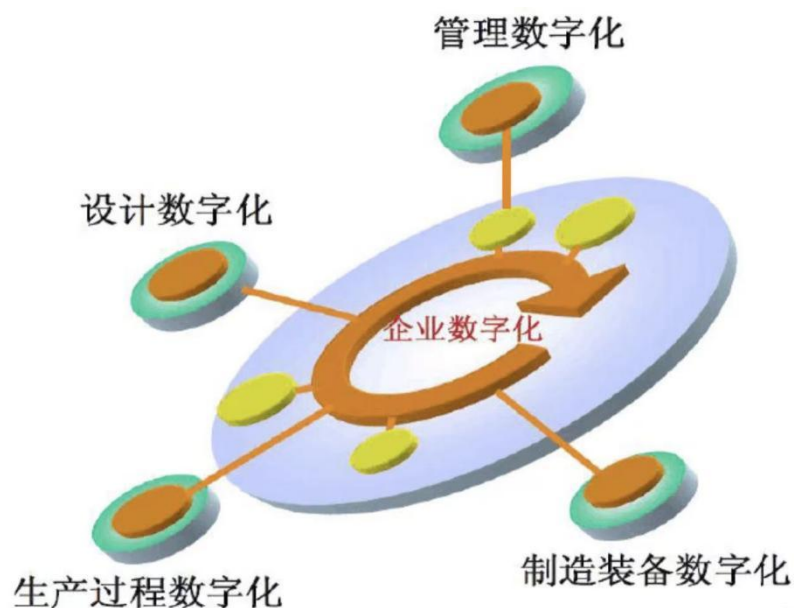
数字化设计就是数字技术和设计的紧密结合，是以先进设计理论和方法为基础、以数字技术为工具，实现产品设计全过程中所有对象和活动的数字化表达、处理、存储、传递及控制。其特征表现为设计的信息

化、智能化、可视化、集成化和网络化；其主要研究内容包括产品功能数字化分析设计、产品方案数字化设计、产品性能数字化设计、产品结构数字化设计和产品工艺数字化设计；其方法是产品信息系统集成化设计。

(2) 数字化制造技术

数字化制造技术是在数字化技术和制造技术融合的背景下，在虚拟现实、计算机网络、快速原型、数据库和多媒体等支撑技术的支持下，根据用户的需求，迅速收集产品信息、工艺信息、资源信息，并对其进行分析、规划和重组，实现对产品设计和功能的仿真以及原型制造，进而迅速生产出达到用户性能要求的产品的整个制造过程。

(3) 数字化设计与制造的主要内容及特点



数字化设计及制造技术集成了现代设计制造过程中的多项先进技术，包括三维建模装配分析、优化设计、系统集成、产品信息管理、虚拟设

计与制造、多媒体和网络通信等，是一项多学科的综合技术。涉及的主要内容有：

- ①CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM
- ②ERP 企业资源计划
- ③RE 快速成型
- ④RP 快速成型
- ⑤异地、协同设计
- ⑥基于知识的设计
- ⑦虚拟设计、虚拟制造
- ⑧概念设计、工业设计
- ⑨绿色设计
- ⑩并行设计

与传统产品开发手段相比，它强调计算机的软硬件、数字化信息、网络技术以及智能算法在产品开发中的作用，具有以下特点：

- ①计算机和网络技术是数字化设计与制造技术的基础；
- ②计算机只是产品数字化设计与制造的重要辅助工具；
- ③数字化设计与制造技术提高产品质量、缩短开发周期、降低生产成本；
- ④数字化设计与制造技术只涵盖产品生命周期的某些环节。

1.2 数字化设计与制造的现状和关键技术

(1) 发展史

- ①20 世纪 50 年代: CAD/CAM 技术的准备和酝酿阶段
- ②20 世纪 60 年代: CAD/CAM 技术的初步应用阶段
- ③20 世纪 70 年代: CAD/CAM 技术开始广泛应用
- ④20 世纪 80 年代: CAD/CAM 技术走向成熟

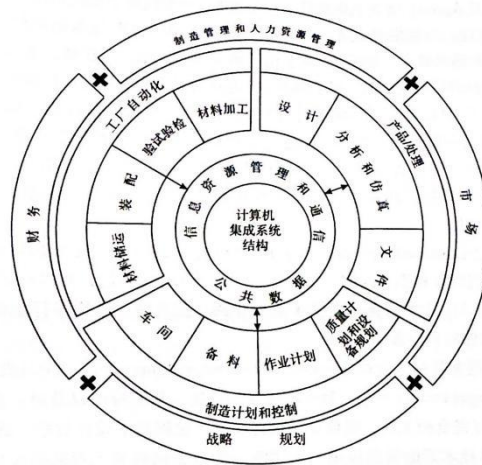


图 1-2 计算机集成制造企业结构

- ⑤20 世纪 90 年代: 微机化、标准化、集成化发展时期

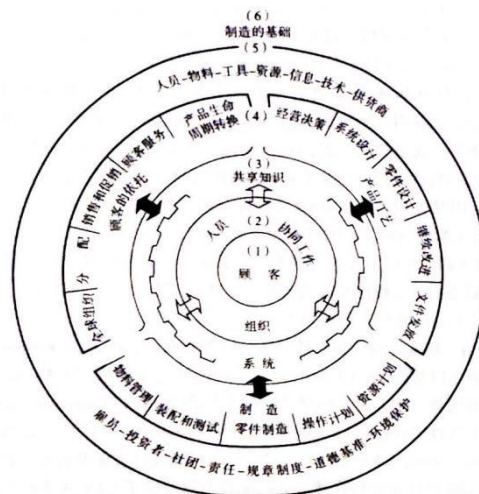


图 1-3 SME/CASA 新的制造企业结构模型

(2) 关键技术

- ①全寿命周期数字化建模
- ②基于知识的创新设计

- ③多学科综合优化
- ④并行工程
- ⑤虚拟样机
- ⑥异地协同设计等

1.3 数字化设计与制造技术的应用

(1) 通过重点介绍数字化设计制造在飞机研制中的几个成功典范, 说明数字化设计与制造技术的应用。

表 1-3 几种飞机研制模式和技术发展的比较

模式 比较内容	传统模式	B777 模式	B737-X 模式	JSF 模式
设计方法	实物样件 二维 CAD	三维建模 数字样机	模块单元 构型定义	多变共用 一项多机
组织方式	设计/工艺/工装/ 加工串行	设计/工艺/工装/ 加工并行定义	设计/工艺/工装/ 加工/生产并行定义	项目/设计/工艺/ 工装/加工/生产线/ 车间虚拟并行定义
	以职能为对象	以功能为对象	以产品为对象	以项目为对象虚拟 企业

续表

模式 比较内容	传统模式	B777 模式	B737-X 模式	JSF 模式
管理	作业控制	过程控制	作业流控制	能力控制
技术	计算机辅助设计/ 分析/制造/管理	100% 数字化产品 定义, 数字化预装配	单源产品数据管理 构型控制	设计、试验、制 造、飞行数字化, 项 目管理、信息技术
着眼点	减少设计错误	减少设计更改、错 误和返工	减少不增值的重复 性工作	形成最优能力中心

(2) 发展趋势

- ①制造信息的数字化

②通过局域网实现企业内部并行工程

③将数字化技术注入传统产品，开发新产品

第 2 章 数字化设计与制造系统的组成与实现

教学目标:

- (1) 了解数字化设计与制造技术系统的功能。
- (2) 理解数字化设计与制造系统的组成。
- (3) 掌握数字化设计与制造系统的建立方法。

教学重点: 掌握数字化设计与制造系统的组成和建立方法

教学难点: 掌握数字化设计与制造系统的组成和建立方法

素质（思政）内容与要求: 强调团队合作与系统思维的重要性，在复杂系统设计过程中如何协调各方资源，培养学生的团队协作精神和社会责任感。（引入案例：分析华为、阿里等企业在数字化转型中的系统构建案例，探讨其背后的组织架构与协作模式。）

教学手段: 讲授、多媒体演示、提问

教学学时: 4

教学内容:

2.1 数字化设计与制造系统的功能

(1) 硬件系统功能

①计算功能

②存储功能

③输入/输出功能及人机交互功能

(2) 软件系统功能

- ①草图绘制功能
- ②几何造型功能
- ③生成装配体功能
- ④绘制工程图功能
- ⑤有限元分析和优化设计功能
- ⑥数据交互功能
- ⑦二次开发功能
- ⑧数控编程及数控加工仿真功能

2.2 数字化设计与制造系统的软硬件组成

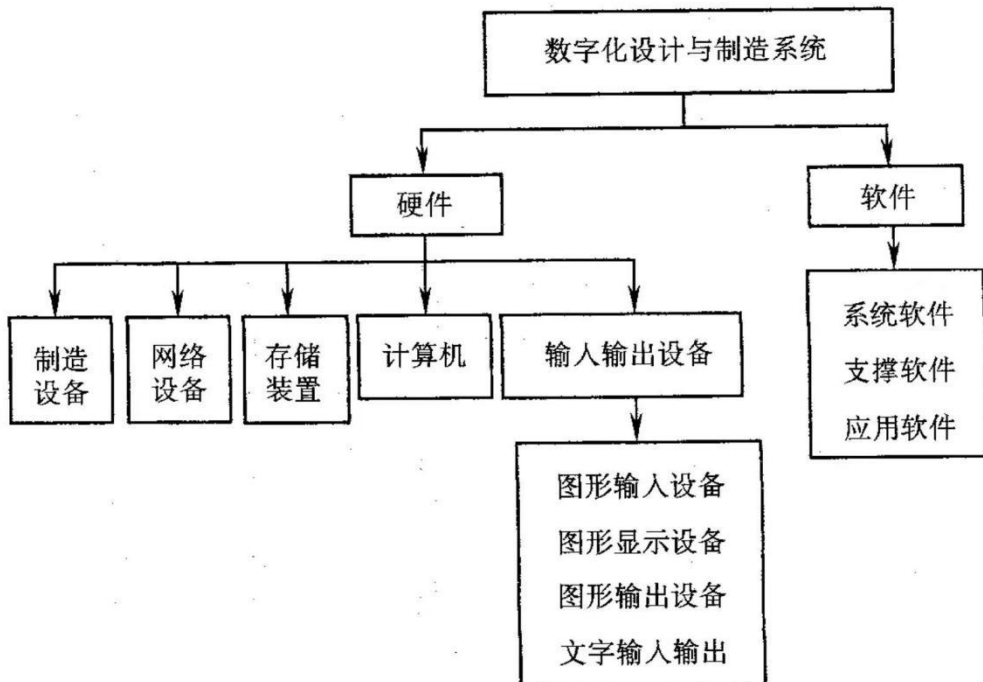


图2-3 数字化设计与制造系统的组成

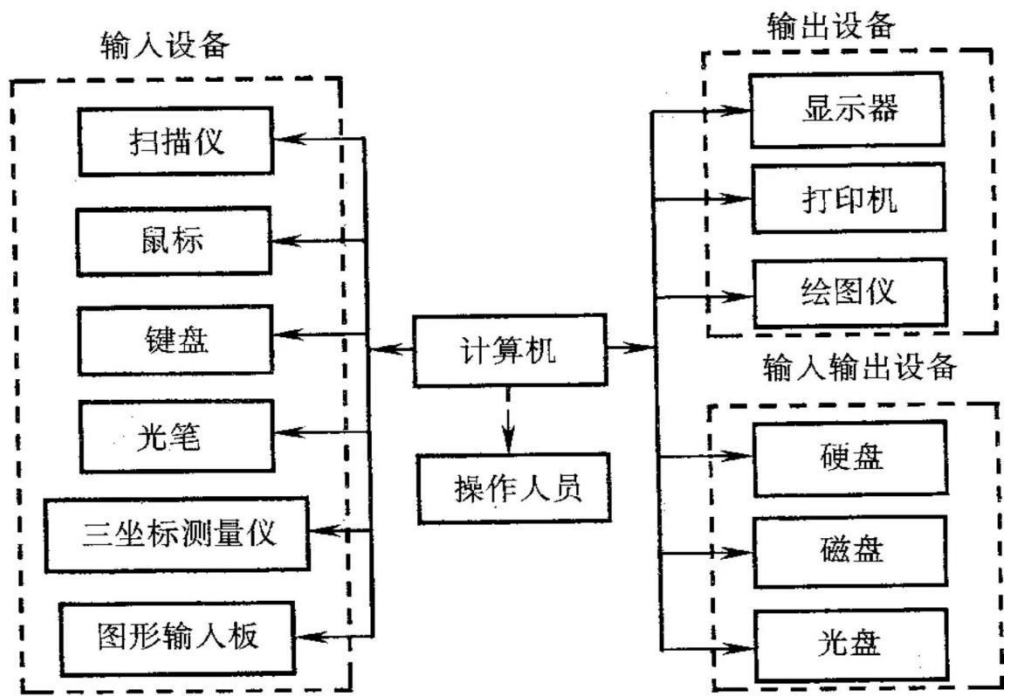
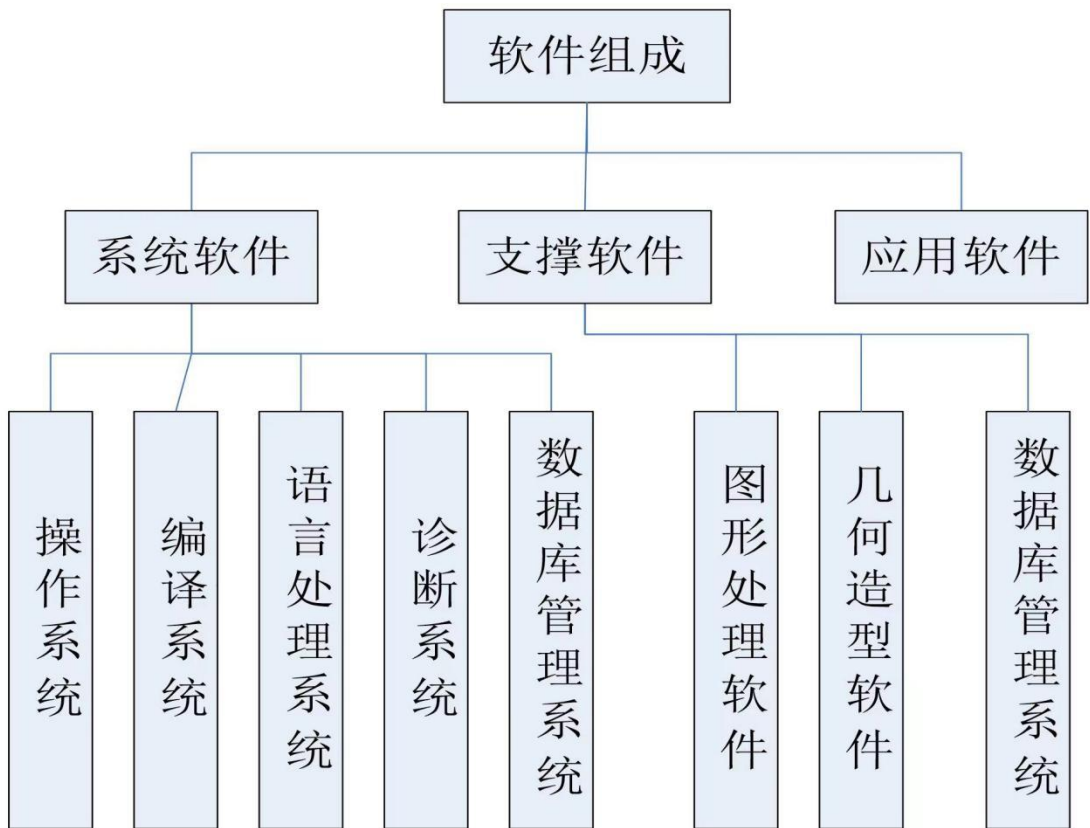


图2-4 与计算机相关的硬件设备



2.3 数字化设计与制造系统的实现

(1) 软件系统的开发流程

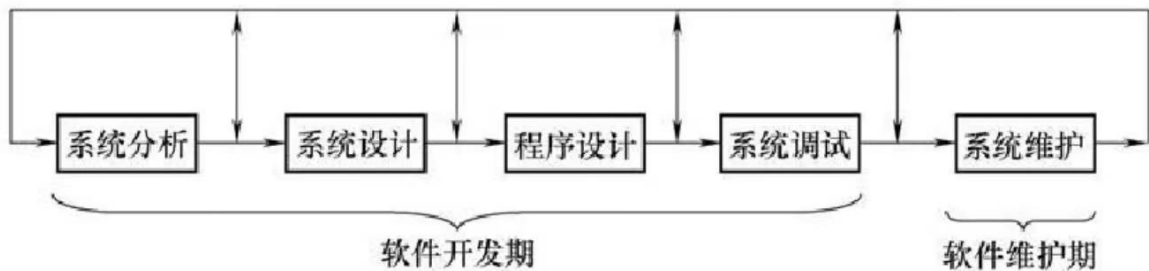


图3-17 软件的生命周期

(2) 软硬件系统的选型

1) 软件系统选型需考虑的因素:

- ①系统的性能价格比。
- ②系统的开放性。
- ③系统的可扩展能力。
- ④可靠性和维护性。
- ⑤第三方软件的支持。
- ⑥供应商的经营状况和发展趋势

2) 数字化开发系统选型的步骤

- ①需求分析
- ②性能评估
- ③编写需求建议书

第 3 章 工程数据的数字化处理方法

教学目标:

- (1) 掌握工程数表各类型;
- (2) 了解工程数据的数字化处理方法;
- (3) 了解曲线和曲面的表示
- (4) 了解产品数据交换标准

教学重点: 各类型工程数表, 工程数据的数字化处理方法

教学难点: 工程数据的数字化处理方法

素质 (思政) 内容与要求: 强调数据准确性和可靠性的重要性, 培养学生的严谨科学态度和工匠精神。通过案例分析, 让学生理解数据在工程设计中的“生命线”作用。(引入案例: 分享因数据错误导致的工程事故案例, 讨论其背后的原因及教训, 引导学生树立对数据负责的态度。)

教学手段: 讲授、多媒体演示

教学学时: 4

教学内容:

3.1 工程数据的类型

工程数据一般是在工程设计手册、技术标准、设计规范以及相关的经验数据表中给出, 通常是用数表和图线两种基本类型表示出来。

(1) 数表类型

- 1) 具有理论或者经验计算公式的数表
- 2) 简单数表

表 3-1 多排链排数系数 k_p

排数	1	2	3	4	5
k_p	1	1.7	2.5	3.3	4.1

表 3-2 齿轮传动的工况系数 K_A

工作机械 载荷特性	原动机工作特性		
	工作平稳	中等冲击	较大冲击
工作平稳	1	1.25	1.5
中等冲击	1.25	1.5	1.75
较大冲击	1.75	≥ 2.00	≥ 2.25

3) 列表函数数表

表 3-3 喷油润滑时的供油量

中心距 a/mm	80	100	125	160	200	250	315
供油量 (l/mm)	1.5	2	3	4	6	10	15

表 3-4 轴肩圆角处理论应力集中系数 α

r/d	D/d									
	6	3	2	1.5	1.2	1.1	1.05	1.03	1.02	1.01
0.04	2.59	2.4	2.3	2.21	2.09	2	1.88	1.8	1.72	1.01
0.1	1.88	1.8	1.7	1.68	1.62	1.59	1.53	1.49	1.44	1.36
0.15	1.64	1.59	1.6	1.52	1.48	1.46	1.42	1.38	1.34	1.26
0.2	1.49	1.46	1.4	1.42	1.39	1.38	1.34	1.31	1.27	1.2
0.25	1.39	1.37	1.4	1.34	1.33	1.31	1.29	1.27	1.22	1.17
0.3	1.32	1.31	1.3	1.29	1.27	1.26	1.25	1.23	1.2	1.14

(2) 线图类型

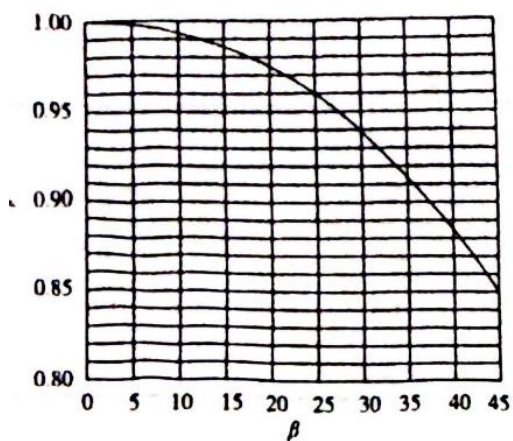


图 3-1 螺旋角系数

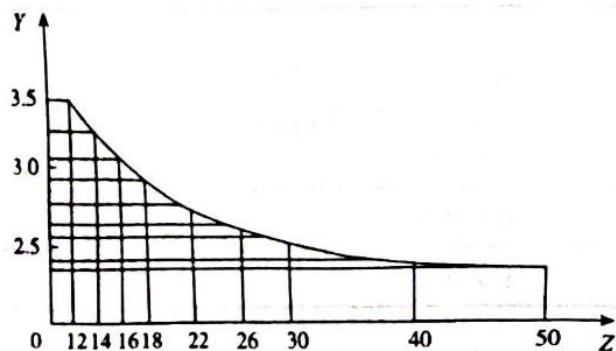


图 3-2 齿形系数

3.2 工程数据的数字化处理方法

(1) 处理方法

1) 程序化处理

将数表和线图以某种算法编制成查阅程序，由软件系统直接调用。

这种处理方法的特点是：工程数据直接编入查阅程序，通过调用程序可方便、直接地查取数据，但是数据无法共享，程序没有办法共用，数据更新时必须更新程序。但是由于这种方法使用起来比较简单，对编写程序和使用者的要求都不会有太高的要求，因此应用极为广泛。

2) 文件化处理

将数表和线图中的数据存储于独立的数据文件中，在使用时由查阅程序读取数据文件中的数据。这种处理方法将数据与程序分离，可以实现有限的数据共享。它的局限性在于：查阅程序必须符合数据文件的存储格式，即数据与程序仍存在依赖关系。此外，由于数据文件独立存储，安全性和保密性较差，数据必须通过专门的程序进行更新。

3) 数据库处理

将数表及经离散化处理的线图数据存储于数据库中，数据表的格式与数表、线图的数据格式相同，且与软件系统无关，系统程序可直接访问数据库，数据更新方便，真正实现数据共享。随着计算机网络的发展，这种处理方式也被人们越来越多的接受。

(2) 数表的程序化处理

1) 简单数表的程序化处理

(1) 一维数表程序

以表 3-1 所示的多排链排数系数 k_p 数表为例，在程序化处理时可以编制一个 C++ 函数，函数定义两个一维数组 type 和 kb，分别记录“排数”数据和“ k_p ”数据，函数输入为数表自变量，查询的数表应变变量即为系数的返回值，函数程序如下：

```
Double DataSearch_ D(char in_ type)
{
char type[5] = {'1', '2', '3', '4', '5'};
Double kp[5] = {1, 1.7, 2.5, 3.3, 4.1};
int i;
for (i=0; i<7; i++)
{ if(in_ type == type[i])
return kb[i]; }
}
```

(2) 二维数表程序

二维数表需要两个自变量来确定所需查询的应变变量数据。以表 3-2 为例，表中的工况系数 K_A 需要由“原动机工作特性”与“工作机载荷特性”共同确定，在进行程序处理时，需要定义一个二维数组记录数据表中工况系数 K_A ，以变量 i 和 j 分别表示“原动机工作特性”和“工作机械载荷特性”，通过输入 i 和 j 即可查询到对应的 K_A 值。相应的 C++ 函数程序如下：

```
float DataSearch_ 2D(int int_ i, int int_ j)
{
float KA[3][3] = {{1.00, 1.25, 1.50}, {1.25, 1.50, 1.75}, {1.75, 2.00, 2.25}};
int I, j;
for (i=0; i<3; i++)
for (j=0; j<3; j++)
{
if(in_ i == i&&int_ j == j)
return KA[i][j];
}
}
```

2) 列表函数数表的插值处理

(3) 线图的程序化处理

1) 线图的表格化处理

在线图的横坐标轴上取一系列离散点，对应得到线图上的函数值，得到线图的离散一维或者二维数表然后按数表处理方法处理。在对线图进行表格化处理的过程中，离散点的选取对线图处理的精度有很大关系，通常要求相邻离散点的函数值之差要足够小，以便能更好地拟合线图的真实值。

2) 线图的公式化处理

将线图转换成数表方法繁琐，处理线图的最为理想方法是将线图转换为公式。如果是直线线图，则直接转化为直线方程，如果是曲线线图，则采用曲线拟合的方法求出线图曲线的经验公式。曲线拟合的基本思想是根据线图曲线的变化趋势和所要求的拟合精度，构造一个拟合函数 $y = f(x)$ 作为线图曲线函数的近似表达式，这个函数并不严格要求通过线图曲线的每个节点，而是尽可能地反映线图曲线的变化趋势。

(4) 数据的文件处理

(5) 数据库的基本技术

3.3 曲线和曲面的表示

在设计过程中，会遇到两大类型的曲线和曲面，分别为规则曲面曲线和自由曲面曲线，它们的区分是：规则曲面曲线是指圆、双曲线、正弦余弦、概率分布、摆线螺椭圆、接来表示，参数化实现比较容易。而自由曲线和曲面是指尚不能确切给出描述整个曲线曲面来逼近的。这些曲线曲面一般采用分段的多项式参数方程来表示，由此形成一些光滑连续的曲线曲面。常见的参数曲线有抛物样条曲线曲面、Hermite 曲线曲面、

Bezier 曲线曲面和 B 样条曲线曲面等。

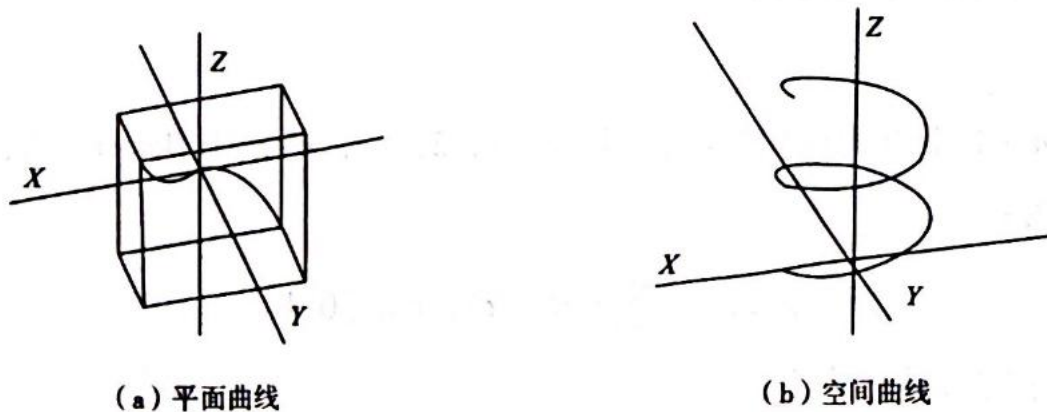


图 3-17 曲线参数表示

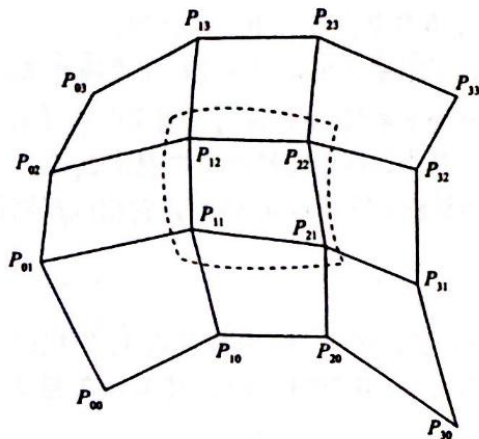


图 3-24 由控制点组成的均匀双三次 B 样条曲面

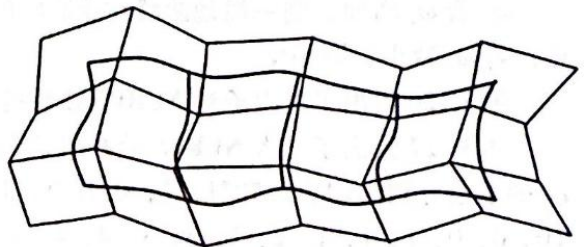


图 3-25 均匀双三次 B 样条曲面示意图

3.4 产品数据交换标准

为了满足数字化设计与制造技术中数据的交换，提高数据交换的速度，保证数据传输的完整、可靠和有效，则必须使用通用的数据交换标准。在数据交换标准的统一下进行设计与制造的数据交换。

(1) IGES 标准

IGES 是在美国国家标准局的倡导下，由美国国家标准协会 (ANSI) 公布的美国标准，是 CAD / CAM 系统之间图形信息交换的一种规范。它

由一系列产品的几何、绘图、结构和其它信息组成，可以处理 CAD / CAM 系统中大部分信息，是用来定义产品几何形状的现代交互图形系统。

(2) STEP 标准

STEP 标准是一个关于产品数据的计算机可理解的表示和交换的国际标准。其目的是提供一种不依赖于具体系统的中性机制，能够描述产品整个生命周期中的产品数据。产品生命周期包括产品的设计、制造、使用、维护、报废等整个周期。这种描述不仅适合于中性文件转换，而且是实现和共享产品数据库以及存档的基础。产品在生命周期的各个过程产生的信息既多又复杂，而且分散在不同的部门和地方。这就要求产品信息应以计算机能理解的形式表示，而且在不同的计算机系统之间进行交换时保持一致和完整。产品信息的交换包括信息的存储、传输、获取和存档。产品数据的表达和交换，构成了 STEP 标准。STEP 把产品信息的表达和用于数据交换的实现方法区别开来。STEP 标准包括以下五个方面的内容：①标准的描述方法；②集成资源；③应用协议；④实现形式；⑤一致性测试和抽象测试

(3) 现有转换标准遇到的困难

建立统一的产品数据交换标准是实现 CAD / CAM 技术集成化的必要条件。

复杂机械产品的生产需要不同企业、部门的分工协作完成。由于产品信息是在不同的地点、不同的计算机和不同的 CAD / CAM 系统中产品，造成同一产品的信息表达差异。产品信息在各系统之间的集成现在主要

采用标准格式交换法，如 IGES 标准、PDDI 标准、PDES 标准和 STEP 标准等。但是在朝着集成化目标发展的过程中，尤其是在解决面向 CAD / CAE / CAPP / CAM、CIM、CE 等的集成（信息交换、语义集成、功能集成）方面，遇到了很大的困难：

①以 IGES 为代表的产品数据交换标准，尽管在支持几何数据的交换方面已达到实用程度，但它只支持物理层上的数据交换，难以满足信息集成的需要。

②发展中的 STEP 尽管克服了 IGES 的不足，从理论上解决了同时支持物理层和逻辑层的数据交换，即实现信息交换的方法，但由于其刚刚起步，在其资源的定义、程序实现、面向具体应用领域的参照模型的建立、特征造型的实施以及对象库的管理和使用等许多方面还远没有达到实用程度。

③难以进行产品信息的统一管理、同步性维护、冗余控制和全局优化。

④靠数据交换难以实现建立在满足下游开发活动约束及特定外部过程约束的智能决策支持机制。尽管许多著名的计算机软、硬件产品厂商都声称在产品中支持 IGES、STEP 等产品数据交换标准，但结果并非如此。世界上各种 CAD / CAM 集成软件（如 CATIA，Euclid，Pro / Engineer，CADD5，UGII 及 I-DEAS 等），都只是某些方面具有特长，故大型企业往往同时使用几种 CAD / CAM 软件系统才能满足自己的需要，结果导致软件之间进行数据交换时丢失信息。因此，一般大型企业都选择一种 CAD

/CAM 软件作为主流软件，再加上其它软件作为补充，从而尽量减少不同软件间的数据交换，统一产品数据交换标准。

第 4 章 计算机辅助工艺设计 (CAPP)

教学目标:

- (1) 了解 CAPP 的意义、内涵、结构组成和类型;
- (2) 了解不同类型 CAPP 基本思想和工作原理。

教学重点: 不同类型 CAPP 工作原理

教学难点: 不同类型 CAPP 工作原理

素质 (思政) 内容与要求: 强调工匠精神与精细化管理的价值，通过 CAPP 系统优化工艺流程，提升产品质量，培养学生的精益求精精神。

(引入案例: 分享汽车制造、航空航天等领域中 CAPP 应用实例，探讨其对提升生产效率、降低成本的作用。)

教学手段: 讲授、多媒体演示

教学学时: 4

教学内容:

4.1 CAPP 的设计概念

- (1) CAPP(Computer Aided Process Planning)

概念: 在人和计算机组成的系统中，根据产品设计阶段给出的信息，人机交互地或自动地确定产品的加工方法和工艺过程的技术。它是在分析和处理大量信息的基础上进行加工方法、机床、刀具、加工顺序的选

择或决策等，并计算加工余量、工序尺寸、公差、切削参数、工时定额、绘制工序图以及编制工艺文件。

①从狭义的观点来看：

CAPP 完成工艺过程设计，输出工艺规程；

CAPP 是 CAD / CAM 集成中的桥梁和纽带；

CAD / CAM 是 CIMS 的核心技术，CAPP 成为 CIMS 的主要技术基础之一。

②从广义的观点来看：

CAPP 的一头向生产规划最佳化及作业计划最佳化发展，作为 MRP II 的一个重要组成部分；

原因：CAPP 内涵的扩充，在并行工程工作模式中，“PP”不再被单纯地理解为 Process Planning，而且增加了“Production Planning”的含义。

另一头扩展为能够生成 NC 指令。

(2) CAPP 的提出

工艺设计是机械制造生产过程的技术准备工作的一个重要内容，是产品设计与车间的实际生产的纽带，是经验性很强且随环境变化的决策过程。

传统设计工艺过程存在问题：

- 1) 手工设计工艺规程一致性差，质量不稳定，难于标准化；
- 2) 人工设计效率低，周期长，重复劳动大；
- 3) 不便于工艺文件的统一管理；

4) 工艺专家的经验 and 知识难以集中, 供后人使用。

5) 市场竞争, 产品更新的要求 (周期缩短、多品种、少数量)。

制造系统由刚性 (高效、大批量) 到柔性 (高效、多品种、小批量) 转变。

(3) CAPP 发展史

1) 最早: 挪威, 1966 年开始, 69 年推出 Autopros – 商品化

2) 美国, 60 年代末, 70 年代初开始研究 CAPP, 76 年推出 CAM-I' S Automated Process Planning 系统, 适合于回转体和棱形体零件。

计算机辅助工艺过程设计--CAPP 开始得到公认。

3) 70 年代初开始, 发展快, 形成两大类: 派生和创成式

“派生”最早由检索型→有修改、编辑、自动筛选功能

“创成”: 70 年代中期开始出现, 受重视, 发展快

4) 80 年代: CAPP 应用了人工智能 (AI) 和专家系统 (ES) – 基于知识的创成式 CAPP。

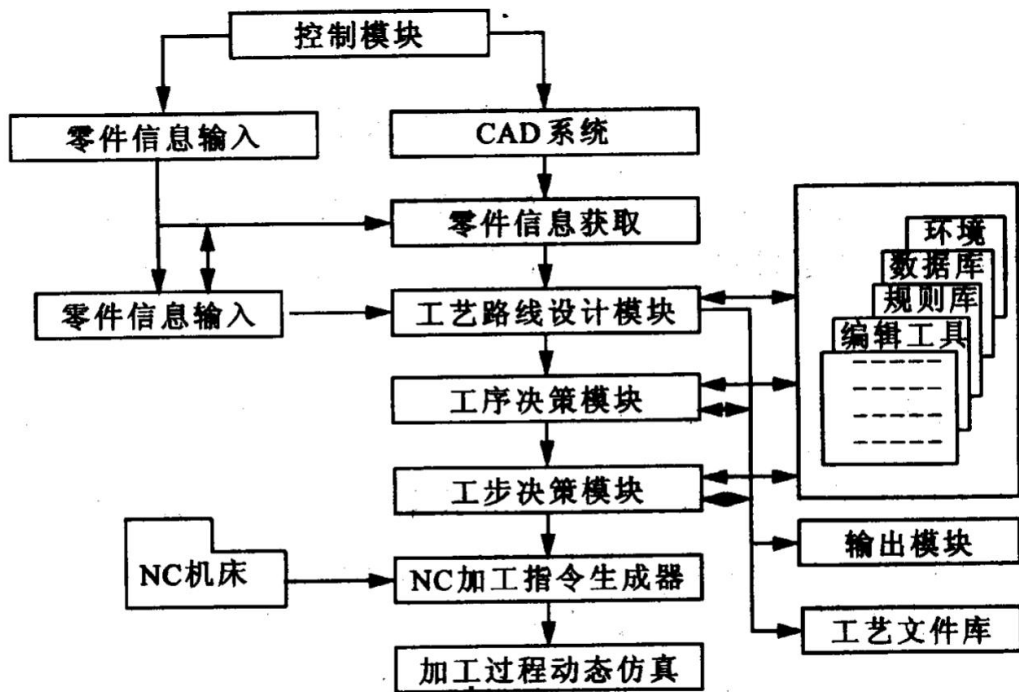
5) 90 年代: 引入人工神经网络技术、模糊推理技术。

提出: CAPP 开发工具

派生与创成结合 – 混合式

6) 国内: 始于 80 年代初, 源于推广成组技术, 发展快, 与世界先进水平相当, 国家 863 计划 CIMS 主题将其列为八五、九五重点支持方向。

(3) CAPP 系统组成



一种典型 CAPP 系统的构成

- 1) 控制模块：是人机接口，实现人机之间的信息交流，控制零件信息的获取方式
- 2) 零件信息输入模块（关键）：实现零件加工信息的输入
- 3) 工艺过程设计模块：进行加工工艺流程的决策，产生工艺过程卡
- 4) 工序决策模块：生成工序卡，计算工序间尺寸，生成工序图
- 5) 工步决策模块：确定切削用量，提供 NC 程序的刀位文件
- 6) NC 程序生成模块（可以不包含）
- 7) 输出模块：输出工序流程卡、工序、工步卡，工序图及其它文档
- 8) 加工过程动态仿真（可以不包含）：对加工过程进行动态模拟，检查工艺的正确性

(4) CAPP 的关键技术：

- 1) 成组技术: GT,早期 CAPP 都基于 GT 的派生式
- 2) 零件信息的描述与获取技术 (几何拓扑信息、制造信息): 是关键。
- 3) 工艺设计决策技术: 核心是特征型面加工方法选择, 多指工艺流程决策、工序决策、工步决策
- 4) 工艺知识获取及表示技术: 工艺经验、决策逻辑的表达
- 5) 工序图及其它文档的自动生成技术
- 6) NC 加工指令自动生成和动态仿真技术
- 7) 工艺数据库技术: 有静态数据和动态数据

4.2 CAPP 的系统设计方法

(1)交互型 CAPP 系统

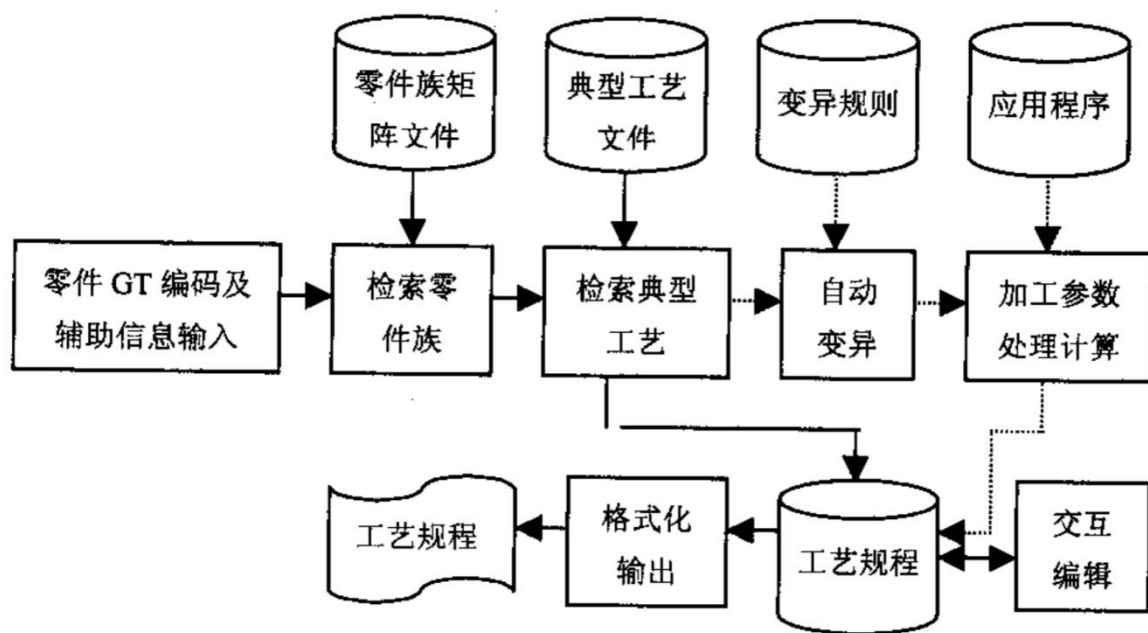
按照不同类型零件的加工工艺需求, 编制一个人机交互软件系统。工艺人员根据屏幕上的提示, 进行人机交互操作, 操作人员在系统的提示引导下, 回答工艺设计中的问题, 对工艺过程进行决策及输入相应的内容, 形成所需的工艺规程。其工艺过程设计的质量对人的依赖性很大。

(2) 变异型 CAPP 系统

设计原理: 依据相似零件有相似工艺的原理 (基于 GT 码)

利用成组技术原理将零件按照几何形状及工艺相似性分类归族, 每一族有一个主样件, 根据此样件建立加工工艺文件, 即典型工艺规程, 存入典型工艺规程库中。当需要设计一个新零件工艺规程时, 根据其成组编码, 确定其零件族, 由计算机检索出相应零件的典型工艺规程, 再

根据当前零件的具体要求，对典型工艺进行修改，最后得到所需要的工艺规程。也成为派生型、修订性。如图



变异型 CAPP 系统

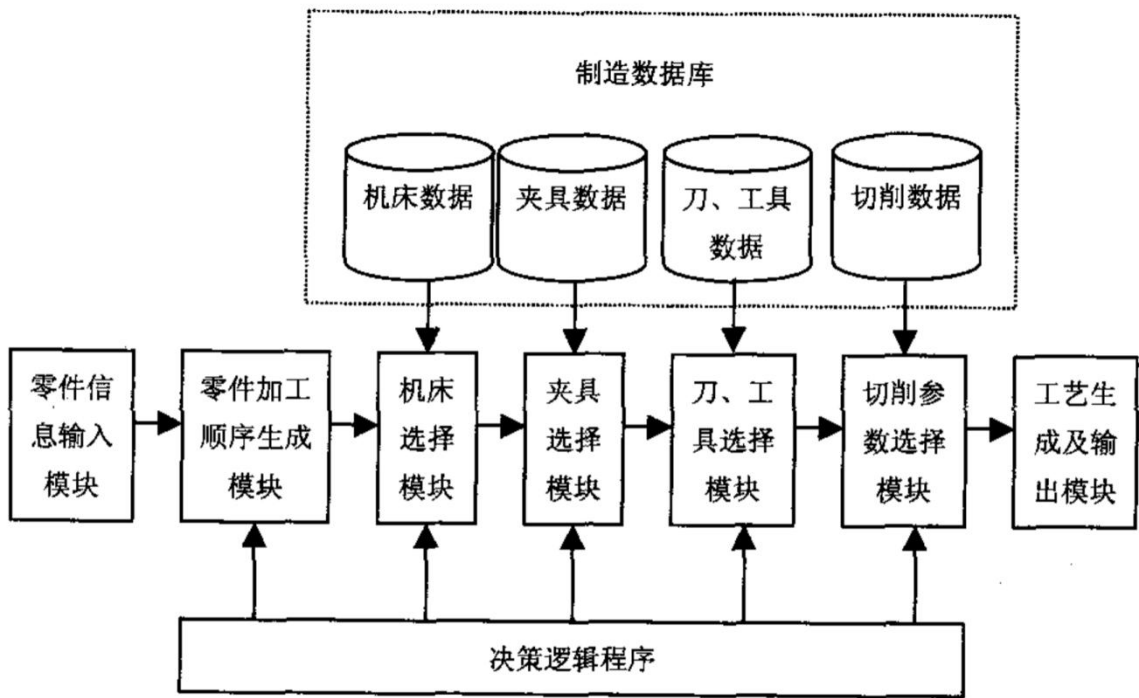
(3) 创成型 CAPP 系统

原理：系统建立时，不存储任何标准工艺规程，能自动地、从无到有地生成一个新零件加工工艺规程。即根据零件信息，系统能自动提取制造知识，产生零件所需要的各个工序和工步的加工内容；自动地完成机床、工具的选择和加工过程的最优化；通过应用决策逻辑，可以模拟工艺人员的决策过程。如图

特点：

- 1) 易于快速生成零件的工艺规程
- 2) 柔性大（变异式仅限于原先设计过的）
- 3) 一般只是对某类零件的设计

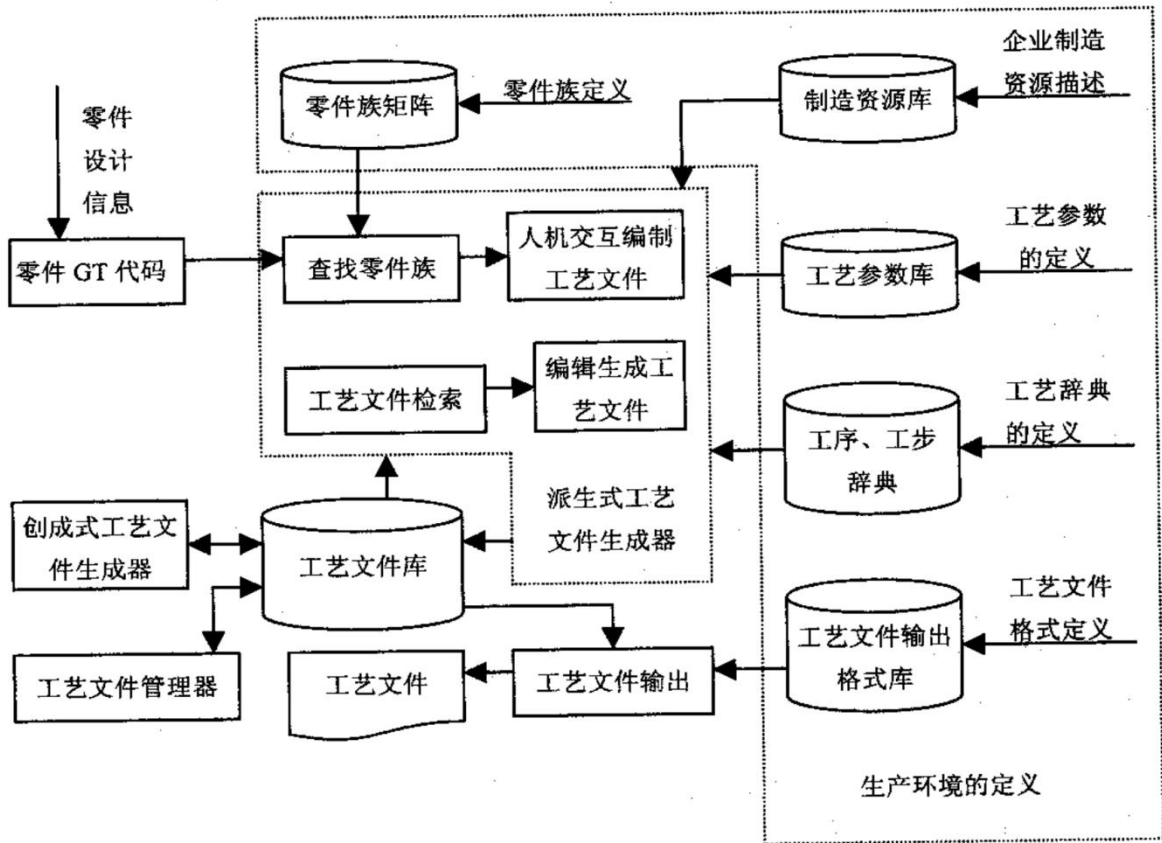
4) 便于实现 CAD/CAPP/CAM 的集成



创成型 CAPP 系统

(4) 综合型 CAPP 系统

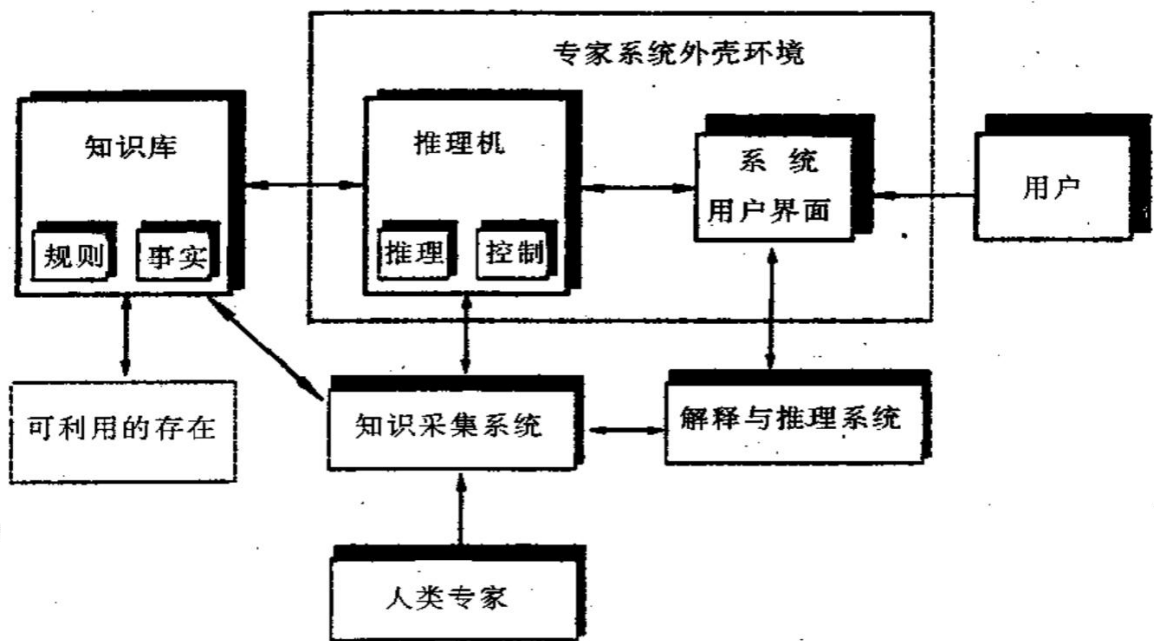
也称为半创成型 CAPP 系统，它将变异型与创成型结合起来，即采取变异与自动决策相结合的工作方式。如需对一个新零件进行工艺设计时，先通过计算机检索他所属零件族的典型工艺，然后根据零件的具体情况，对典型工艺进行修改；工序设计则采用自动决策产生。如图



综合型 CAPP 系统

(5) 智能型 CAPP 系统

智能型系统是将人工智能技术应用在 CAPP 系统中而形成 CAPP 专家系统。与创成型系统相比，虽然二者都可以自动生成工艺规程，但创成型系统是以逻辑算法加决策表为特征；而智能型 CAPP 系统是以推理加知识为特征。作为工艺设计专家系统的特征是知识库和推理机，其知识库由零件设计信息和表示工艺决策的规则集所组成；而推理机是根据当前的事实，通过激活知识库中的规则库，而得到工艺设计结果。



CAPP专家系统原理图

4.3 成组技术

(1) 基本原理

成组技术 (Group Technology, GT) 是一门生产技术科学。利用事物相似性, 把相似问题归类成组, 寻求解决这一类问题相对统一的最优方案, 从而节约时间和精力以取得所期望的经济效益。在生产系统中, 成组技术可以应用于不同领域。对零件设计来说, 由于许多零件具有类似的形状, 可将它们归并为设计族, 设计一个新的零件可以通过修改一个现有同族典型零件而形成。应用这个概念, 可以确定出一个主样件作为其它相似零件的设计基础, 它集中了全族的所有功能要素。通常, 主样件是人为综合而成。一般可选择结构复杂的零件为基础, 把没有包括同族其它零件的功能要素逐个叠加上去, 即可形成该族的假想的零件, 即主样件。

(2) 零件分类编码规则

① 层次结构

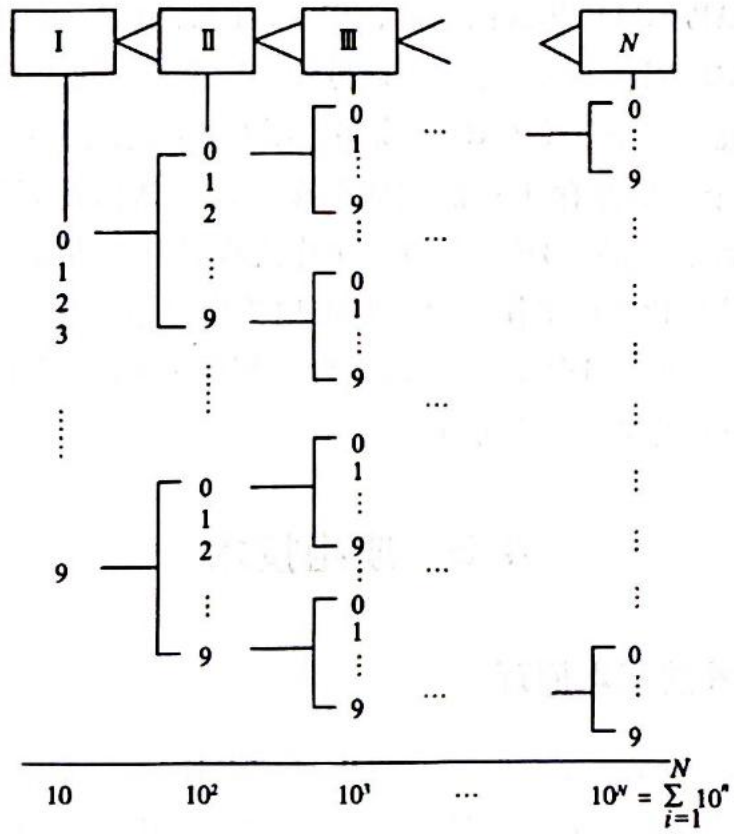


图 4-2 层次结构

② 链式结构

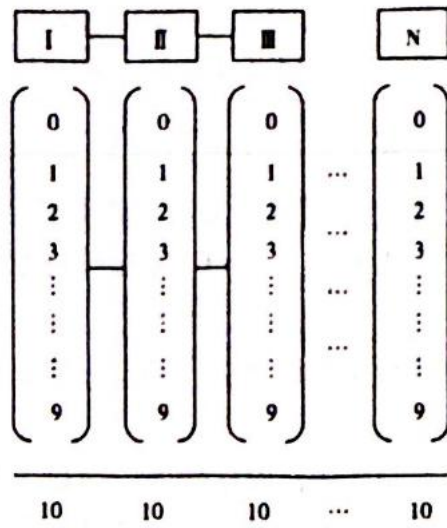


图 4-3 链式结构

③混合结构

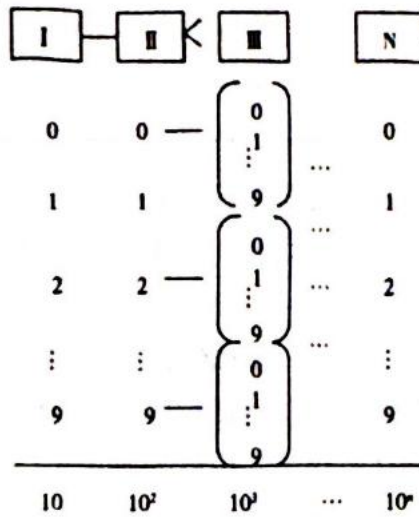


图 4-4 混合结构

(3) 零件分类编码系统

①OPTIZ 编码系统

②KK-3 编码系统

③JLBM-1 编码系统

④柔性编码系统

(4) 零件分类成组方法

- ① 目测法
- ② 生产流程分析
- ③ 分类编码法

4.4 基于成组技术的 CAPP 系统

(1) 变异型 CAPP 系统

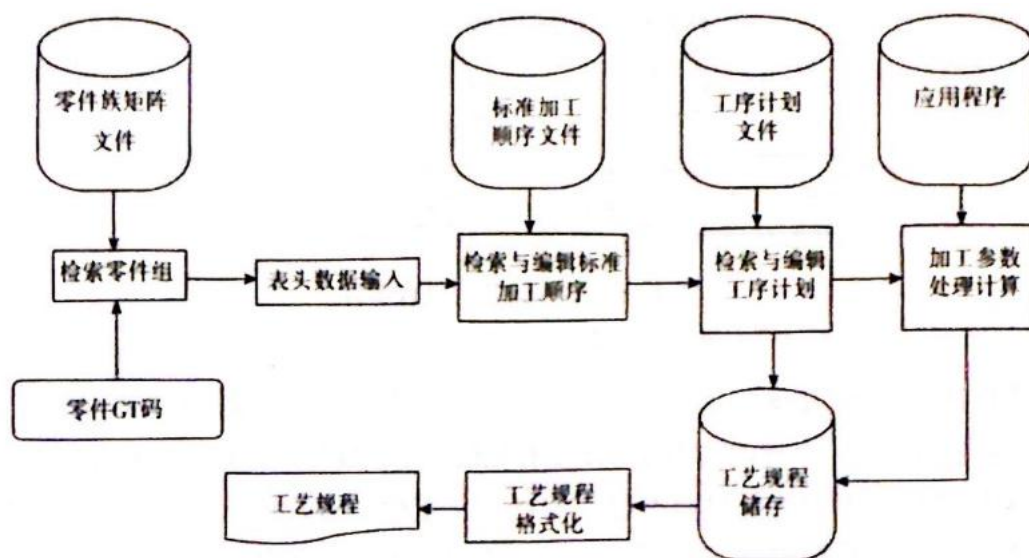


图 4-9 变异型 CAPP 系统构成

(2) 网络化 CAPP 的系统

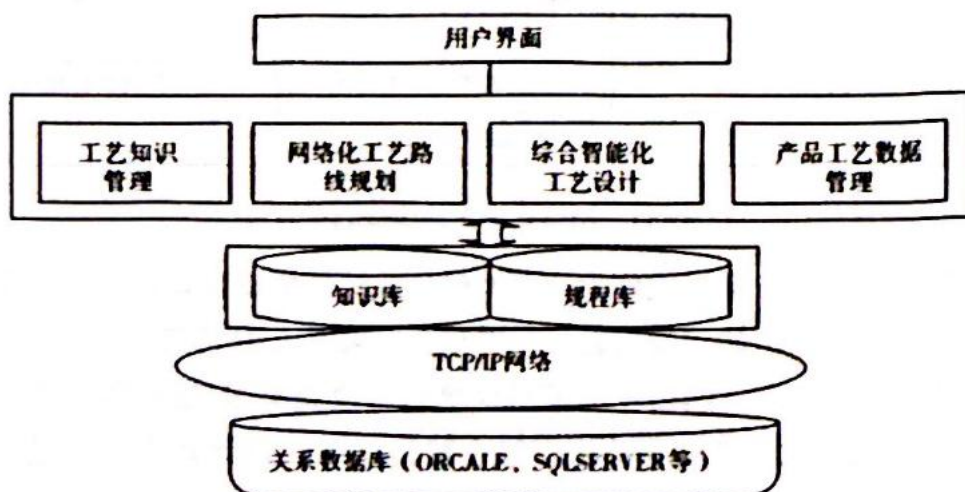


图 4-10 网络化 CAPP 系统结构

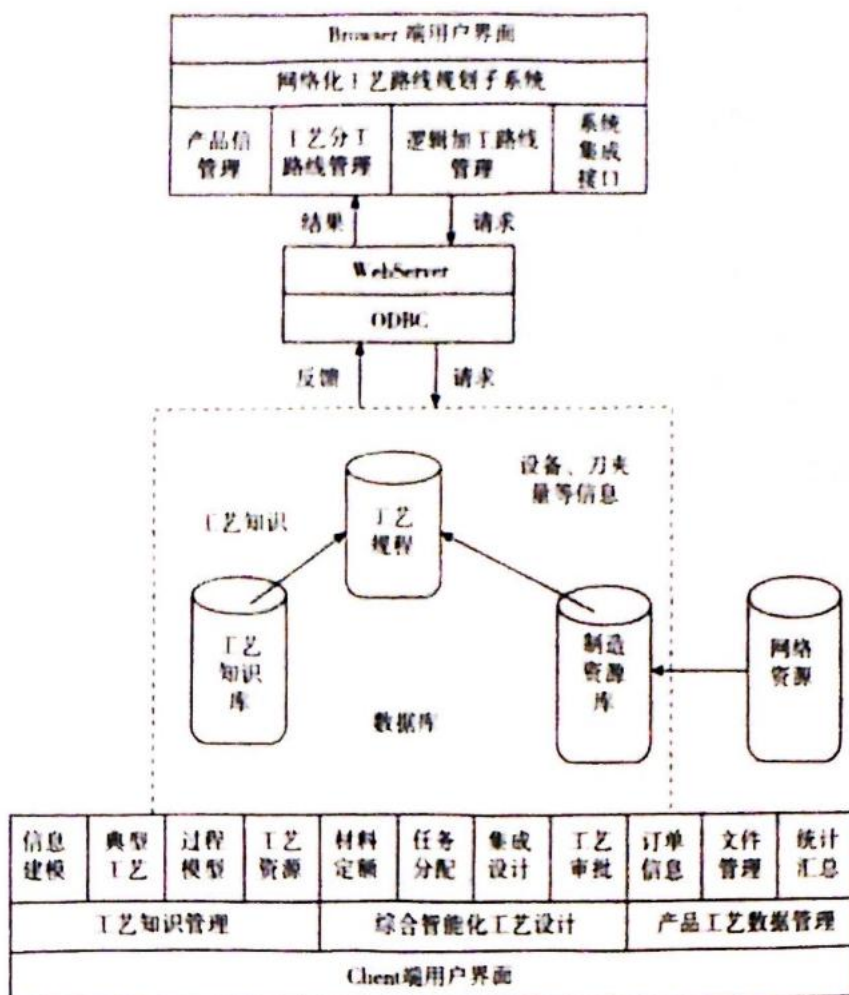


图 4-11 网络化工艺路线规划子系统

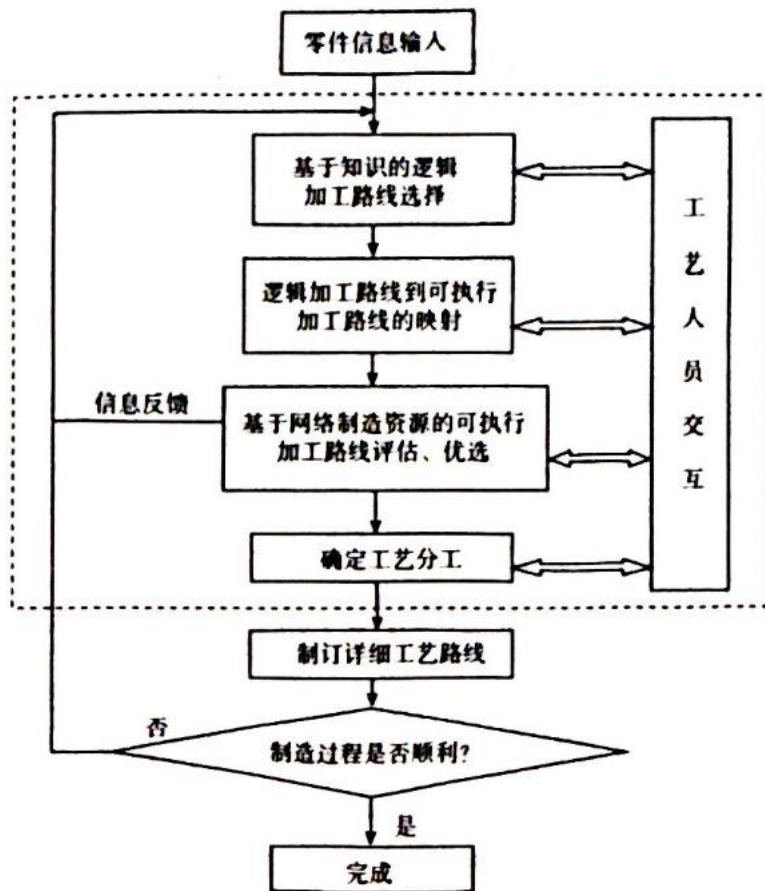


图 4-12 工艺知识管理子系统

第 5 章 逆向工程基本技术

教学目标:

- (1) 熟悉逆向工程的应用的不同层次及应用领域;
- (2) 熟悉逆向工程工作流程及系统框架;
- (3) 了解数字化测量技术、三维 CAD 模型的重建、产品或模具的快速制造工艺;
- (4) 掌握逆向工程的软件类型及软件选型, 为逆向工程的应用打下基础。

教学重点： (1) 逆向工程工作流程及系统框架组成；
(2) 逆向工程软件及选型。

教学难点： (1) 逆向工程工作流程及系统框架组成；
(2) 逆向工程软件及选型。

素质（思政）内容与要求： 强调知识产权保护的重要性，培养学生的法律意识和尊重他人劳动成果的道德观念。同时，通过逆向工程的应用，激发学生的创新思维和解决问题的能力。（引入案例：分析逆向工程在合法应用（如文物保护、产品创新）与非法复制之间的界限，引导学生树立正确的价值观和职业道德观。）

教学手段： 讲授、多媒体演示

教学学时： 4

教学内容：

5.1 逆向工程的研究内容及基本步骤

逆向工程的正向工程是泛指按常规的从概念（草图）设计到具体模型设计再到成品的生产制造过程。正向工程与逆向工程的本质区别在于设计是从哪里开始的。

广义定义：在已知某种产品的有关信息（包括硬件、软件、照片、广告、情报等）的条件下，以方法学为指导，以现代设计理论、方法、技术为基础，运用各种专业人员的工程设计经验、知识和创新思维，回溯这些信息的科学依据，即寻求这些信息的先进性、积极性、合理性、改进的可能性等，达到充分消化和吸收，然后在此基础上改进、挖潜进

行再创造。

狭义定义：根据实物模型的坐标测量数据，构造实物的数字化模型（CAD 模型），使得能利用 CAD / CAM、RPM、PDM 及 CIMS 等先进技术对其进行处理或管理，主要指几何形状的反求。

(1) 研究内容

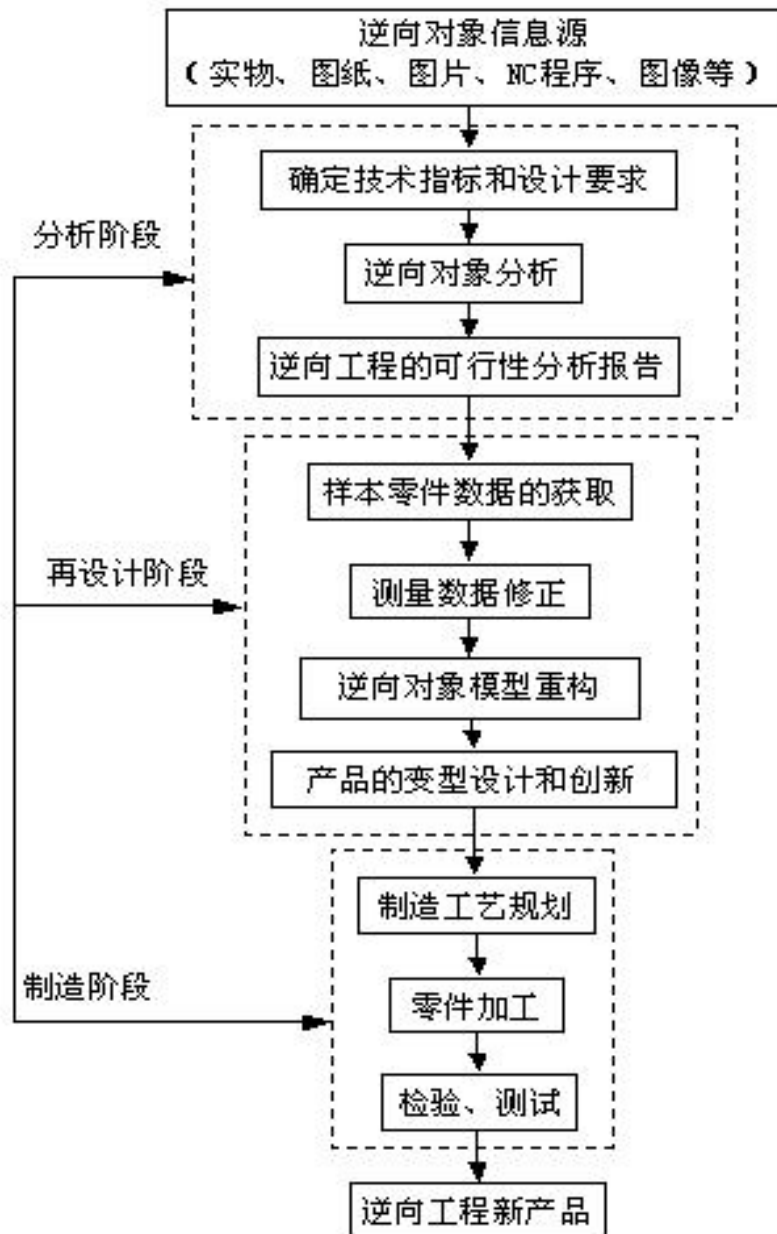
①实物类：信息源为产品的实物模型，需要在对实物模型进行测量的基础上，在计算机中重建、修改零件模型，并生成数控加工程序，以完成零件的复制，即实物逆向的目标是实物本身。

②软件类：信息源为产品的工程图样、流程、算法、数控程序代码、技术文件等，即根据上述软件来复制实物。

③影像类：信息源为图片、照片或影像等资料，即根据影像复制出实物。

④局部逆向：对于破损艺术品的复原或缺乏备件的损坏零件的修复等，往往不需要对整个零件原型进行复制，而是借助逆向工程技术提取零件原型的设计思想，完成复原工作，也称为局部逆向技术。

(2) 基本步骤



1) 分析阶段

- ① 逆向对象的功能、原理分析
- ② 逆向对象材料的分析
- ③ 逆向对象的制造和装配工艺分析
- ④ 逆向对象的精度分析
- ⑤ 逆向对象造型的分析

⑥逆向对象系列化、模块化分析

⑦逆向对象的包装技术分析

⑧逆向对象的使用和维护技术分析

2) 再设计阶段

①根据分析结果和实物模型的几何拓扑关系，制定零件的测量规划，确定实物模型测量的工具设备，确定测量的顺序和精度等。

②对测量数据进行修正，在测量过程中不可避免含有测量误差修正内容包括剔除测量数据中的坏点、修正测量值中明显不合理的测量结果、按照拓扑关系的定义修正几何元素的空间位置与关系等；

③按照修正后的测量数据以及逆向对象的几何元素拓扑关系，利用数字化设计软件，重构逆向对象的几何模型；

④在分析逆向对象功能的基础上，对产品模型进行再设计，根据实际需要在结构和功能等方面进行必要的创新和改进。

3) 逆向产品的制造阶段

逆向工程的最终目的是完成对逆向对象（样本零件）的仿制和改进，要求整个逆向工程的设计过程快捷、精确。因此，在实施逆向工程时应注意以下几点：

①从应用角度出发，综合考虑样本零件的参数获取及再设计过程，尽可能提高所获取参数的精度和处理效率；

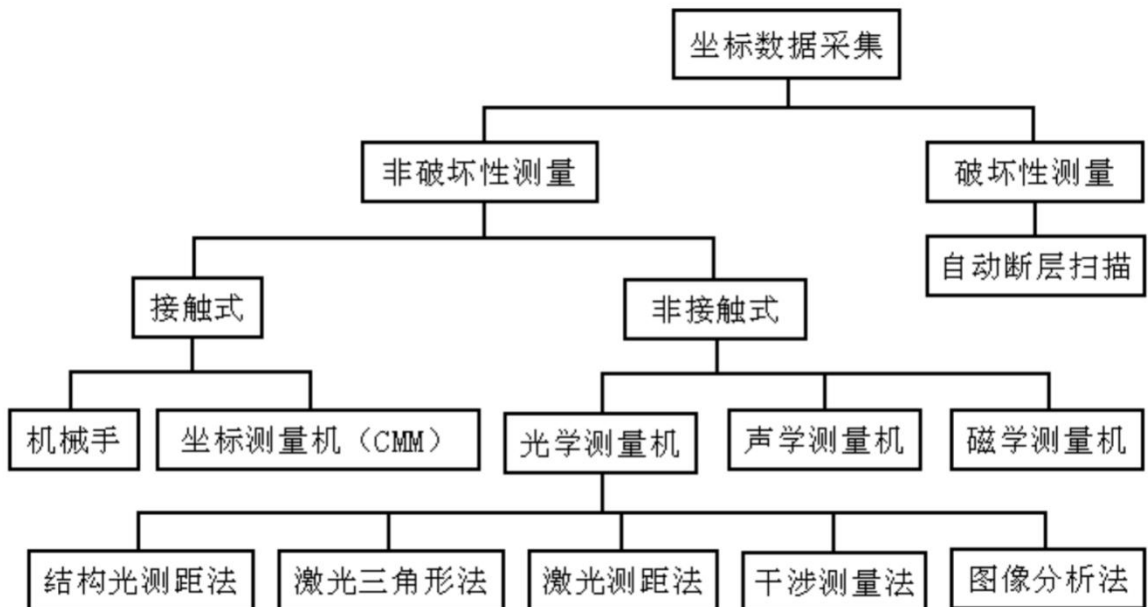
② 综合考虑逆向对象的结构、测量及制造工艺，有效地控制制造过程引起的各种误差；

③ 充分了解逆向对象的工作环境及性能要求，合理确定仿制零件的规格和精度。

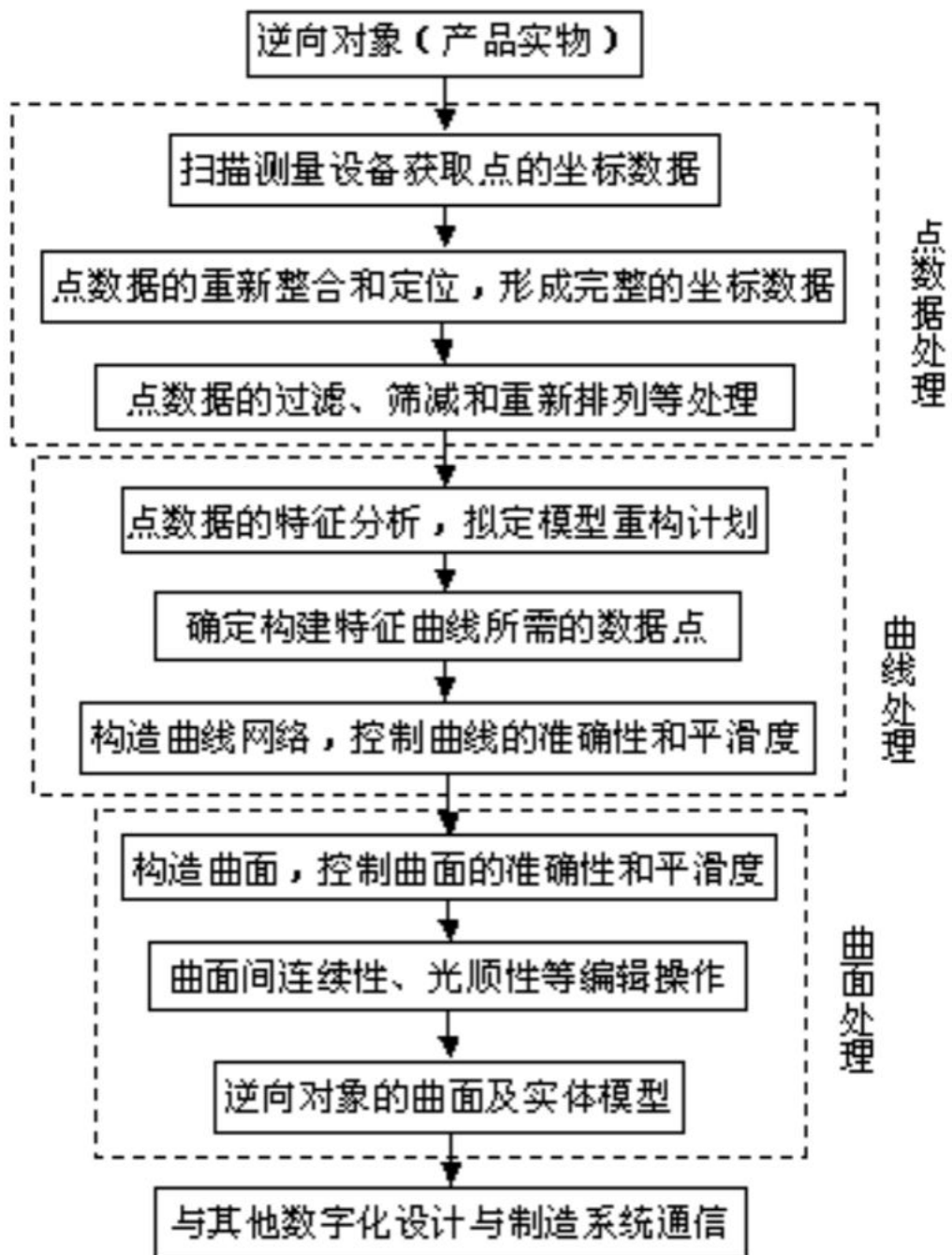
5.2 逆向工程的关键技术

(1) 逆向对象的坐标数据测量

坐标数据测量设备的分类



(2) 测量数据处理及模型重构技术



Su Chun, Southeast University

5.3 UG / Imageware 软件与逆向工程



图 5-29 创建的曲面

图 5-30 调整曲面

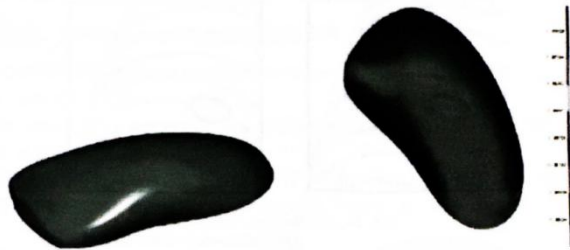


图 5-31 完整曲面

图 5-32 利用高斯曲率检测曲面平滑度

5. 三维曲面创建

将 Imageware 中创建的曲面模型导入 UG 中，最终建立起三维模型如图 5-33 所示。



图 5-33 鼠标三维实体模型

5.4 逆向工程的应用展望

开展逆向工程的研究和应用，有助于人才培养。人们需要通过学习、创造、发明去发现新事物，而逆向本身既是学习又可尽快掌握高新技术，缩小差距。发达国家重视逆向，正在发展中国家更要重视和掌握这种艺术和技术。要完成一项逆向任务，进而再创造，需学习和掌握众多知识和经验，促使人们不断去探讨“为什么这样做”，进而深化提高到“应该怎样做”。特别是中外合资和技术引进后的国产化，有大量逆向工作。国产化就要创新，逆向本质就是再创造，没有相应技术的人才就很难胜任。

第 6 章 数字化测量技术

教学目标:

- (1) 掌握数字化测量方法、技术及应用;
- (2) 了解各类型数字化测量系统;
- (3) 了解三坐标测量机的结构、使用方法及精度评定。

教学重点: 数字化测量方法、技术及应用

教学难点: 数字化测量方法、技术及应用

素质 (思政) 内容与要求: 强调精准测量对于工程质量的决定性作用, 培养学生的精益求精的工匠精神。同时, 介绍我国在高端测量仪器领域的突破, 增强学生的民族自信心。(引入案例: 分享我国科学家在测量技术领域取得的重大成果, 如北斗导航系统的建设, 引导学生认识到科技创新对于国家发展的重大意义。)

教学手段: 讲授、多媒体演示

教学学时: 4

教学内容:

6.1 数字化测量技术基本概念

传统的机械测量如游标卡尺、千分尺、螺旋测微仪等工具是手工检测机械零件或装配件的主要工具。这种检测方式的优点是成本低、检测方便、易学易用, 但缺点是检测精度不高、检测效率低、对于复杂零件的检测无能为力。

数字化检测技术就是利用各种物理化学效应, 选择合适的方法和装置, 将生产、科研、生活中的有关信息转变为可以度量的数字、数据,

再以这些数字、数据建立起适当的数字化模型，通过计算机进行处理，赋予定性或定量结果的过程。

(1) 测量方法

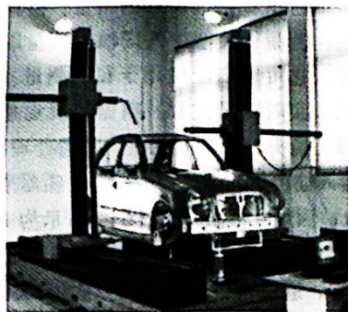
- ①接触式测量
- ②非接触式测量
- ③复合式测量

(2) 数字化测量技术的应用

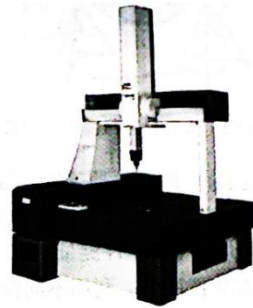
- ①质量控制方面
- ②逆向工程方面

6.2 数字化测量系统

(1) 坐标测量法系统



(a) 悬臂式



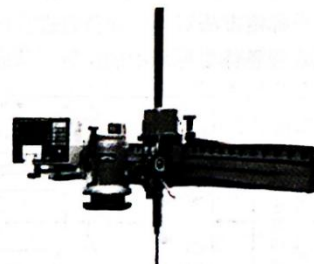
(b) 龙门式

图 6-1 三坐标测量机

目前为满足大型复杂零件的测量，从坐标测量机演变研究出了如图 6-2 所示的关节测量机和极柱测量机。



(a) 关节式测量机



(b) 极柱式测量机

图 6-2 坐标测量机的演变

(2) 机器视觉测量法系统

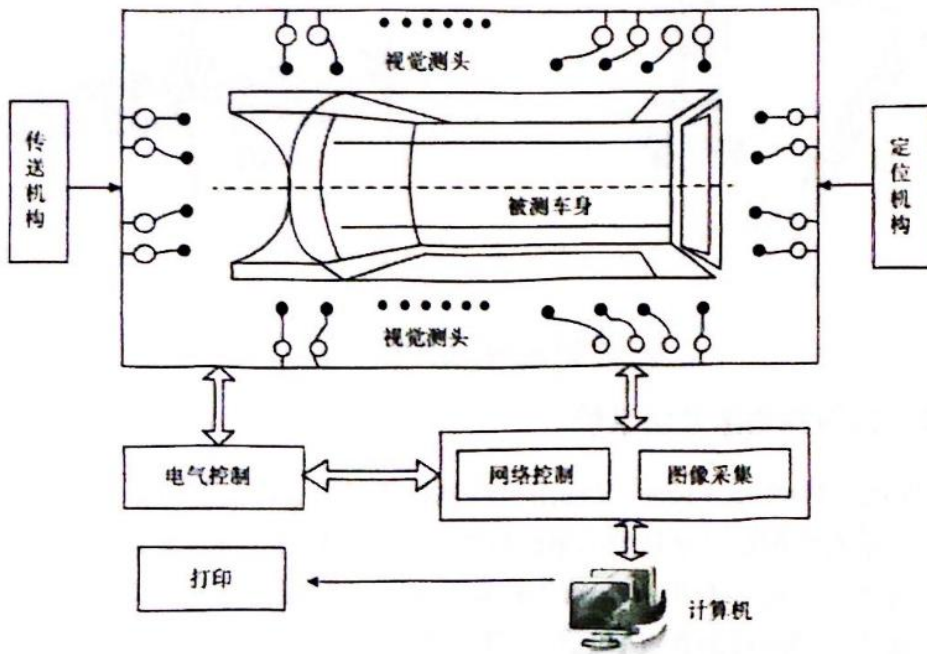


图 6-4 轿车车身机器视觉检测系统

(3) 激光跟踪测量法

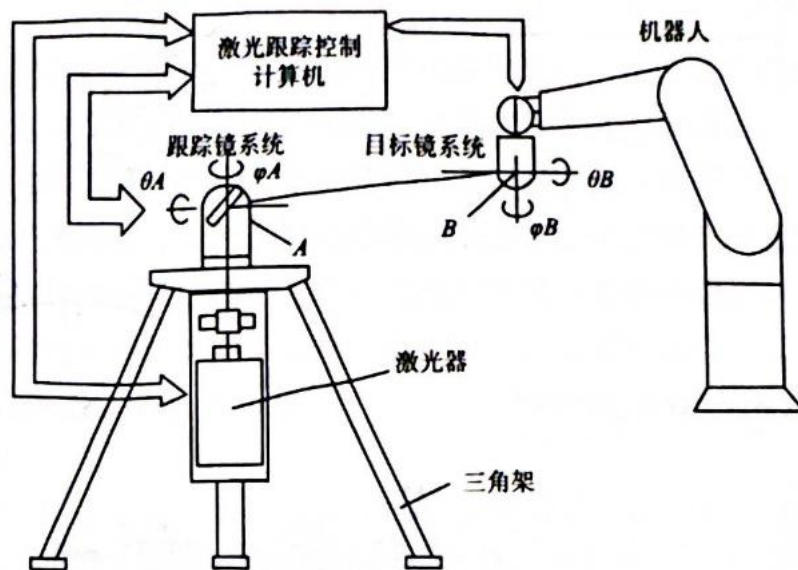


图 6-5 激光跟踪测量法

(4) 发展趋势

① 高精度化

②功能复合化

③机器巨型化和微型化

④与加工机床的集成

6.3 三坐标测量机概述

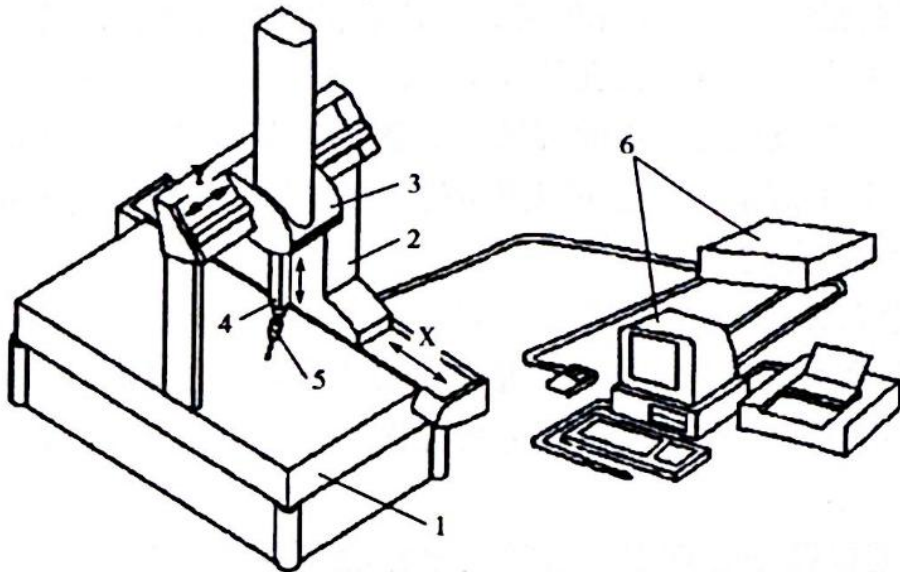


图 6-9 三坐标测量机的组成

1—工作平台；2—移动桥架；3—中央滑架；4—Z轴；5—测头；6—电气和软件系统

6.4 三坐标机的基本测量方法

三坐标测量机在开始工作以前，需要对测头系统进行标定。测头系统的标定包括了标准球（又称基准球）的定义与检验、测针的定义与校验两部分。标准球一般是由精确度很高的合金球，其主要作用是作为标定测针时的尺寸参考。

(1) 校正测头的原因

(2) 测头校正的原理

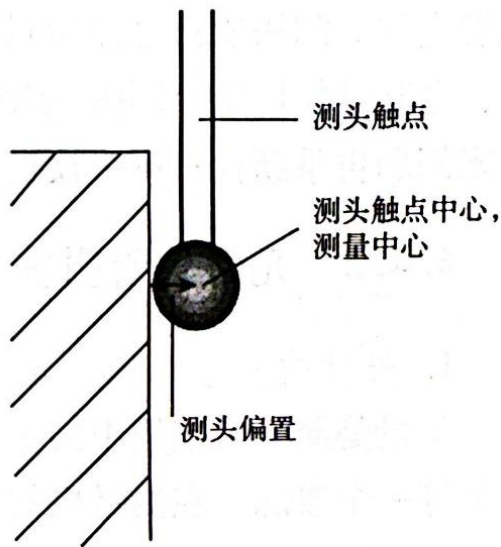


图 6-20 测球补偿原理示意图

(3) 校正测头要注意的问题

测针校正后的“校正直径”小于名义值，不会影响测量机的测量精度。相反，还会对触测的延时和测针的变形起到补偿的作用，因为我们在测量机测量过程中测量软件对测针宝石球半径的修正（把测针宝石球中心点的坐标换算到触测点的坐标），使用的是“校正直径”而不是名义直径。在进行测头校正时，应该注意以下问题：

①测座、测头（传感器）、加长杆、测针、标准球要安装可靠、牢固，不能松动，有间隙。检查了安装的测针、标准球是否牢固后，要擦拭测针和标准球上的手印和污渍，保持测针和标准球清洁。

②校正测头时，测量速度应与测量时的速度一致。注意观察校正后测针的直径（是否与以前同样长度时的校正结果有大偏差）和校正时的形状误差。如果有很大变化，则要查找原因或清洁标准球和测针。重复进行 2 至 3 次校正，观察其结果的重复程度。检查了测头、测针、标准

球是否安装牢固，同时也检查了机器的工作状态。

③当需要进行多个测头角度、位置或不同测针长度的测头校正时，校正后一定要检查校正效果（准确性）。方法是：全部定义的测头校正后，使用测球功能，用校正后的全部测头依次测量标准球，观察球心坐标的变化，如果有1至2个微米变化，是正常的。如果变化比较大，则要检查测座、测头、加长杆、测针、标准球的安装是否有牢固，这是造成这种现象的重要原因。

④更换测（不同的软件方法不同），因为测针长度是测头自动校正的重要参数，如果出现错误，会造成测针的非正常碰撞，轻者碰坏测针，重则造成测头损坏。一定要注意。

⑤正确输入标准球直径。从以上所述的校正测头的原理中可以得知，标球直径值直接影响测针宝石球直径的校正值。虽然这是一个“小概率事件”，但是对初学者来说，这是可能发生的。测头校正是测量过程中的重要环节，在校正中产生的误差将加入到测量结果中，尤其是使用组合测头（多测头角度、位置和测针长度）时，校正的准确性特别重要。当发现问题再重新检查测头校正的效果，会浪费宝贵的时间和增加大量的工作量。

6.5 三坐标测量机的精度评定

三坐标测量机是一种多用途的长度计量仪器，主要用于测量各种不同形状工件的尺寸和形位误差。由于被测工件千变万化，测量时工件的安装和固定方式也多种多样，所以精度的评定是很复杂的问题。其评定

必须依据一定的技术条件，主要目的如下：

①为用户确定一个有实际意义的精度值。

②给出实用可行的测试方法，使用户可以有效地验收制造厂给定的精度值。

③规定验收测试条件，保证给定精度值的有效测试环境和条件。

第 7 章 快速成型与 3D 打印技术

教学目标：

- (1) 掌握快速成型技术的基本原理和特点；
- (2) 掌握 3D 打印技术概念及工作原理；
- (3) 了解快速成型与 3D 打印技术的应用。

教学重点：快速成型原理、3D 打印工作原理

教学难点：快速成型原理、3D 打印工作原理

素质（思政）内容与要求：结合快速成型与 3D 打印技术在个性化定制、医疗辅助等领域的应用，培养学生的创新思维和人文关怀精神。（引入案例：展示 3D 打印技术在医疗领域的应用案例，如定制假肢、打印器官模型等，引导学生思考技术如何更好地服务于人类健康和社会福祉。）

教学手段：讲授、多媒体演示

教学学时：4

教学内容：

7.1 快速成型技术的发展

快速成型技术 (RAPID PROTOTYPING, 简称 RP 技术) 产生于 20 世纪 80 年代, 是在现代 CAD / CAM 技术、激光技术、计算机数控技术、精密伺服驱动技术, 以及新材料等技术的基础上, 发展起来的一种基于离散堆积成形思想的先进制造技术。

RP 技术是借助计算机辅助设计或由实体逆向方法取得原型或零件几何形状, 进而以此建立数字化模型, 再利用计算机控制的机电集成制造系统, 逐点、逐面进行材料堆积成型, 再经过必要的后处理, 使其在外观、强度和性能等方面达到设计要求, 达到快速、准确地制造原型或实际零件的方法。

(1) 快速原型技术的产生

表 7-1 各种成型方法的比较

项 目	去除成型	受迫成型	增材成型
材料利用率	产生切屑, 材料利用率低	产生工艺废料, 如烧冒口、飞边等	材料利用率高, 大多数工艺可达到 100%
产品精度与性能	通常为最终成型, 精度高	多用于毛坯制造, 属净成型或近净成型范畴	属于净成型范畴, 精度较好
可制造零件的复杂程度	受刀具或模具等的形状限制, 无法制造太复杂的曲面和异形深孔等	受模具等工具的形状限制, 无法制造太复杂的曲面	可制造任意复杂形状的零件

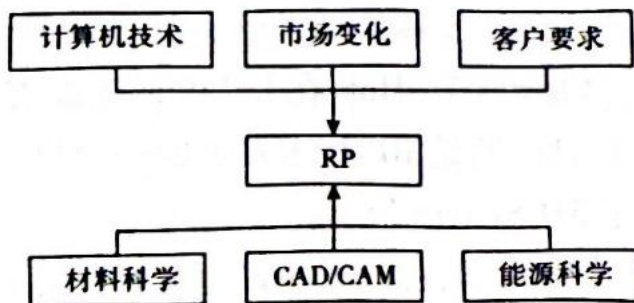


图 7-1 快速原型技术的产生

(2) 发展现状

① 国外发展现状

② 国内发展现状

7.2 快速原型技术的基本原理与特点

(1) 快速原型技术的基本原理

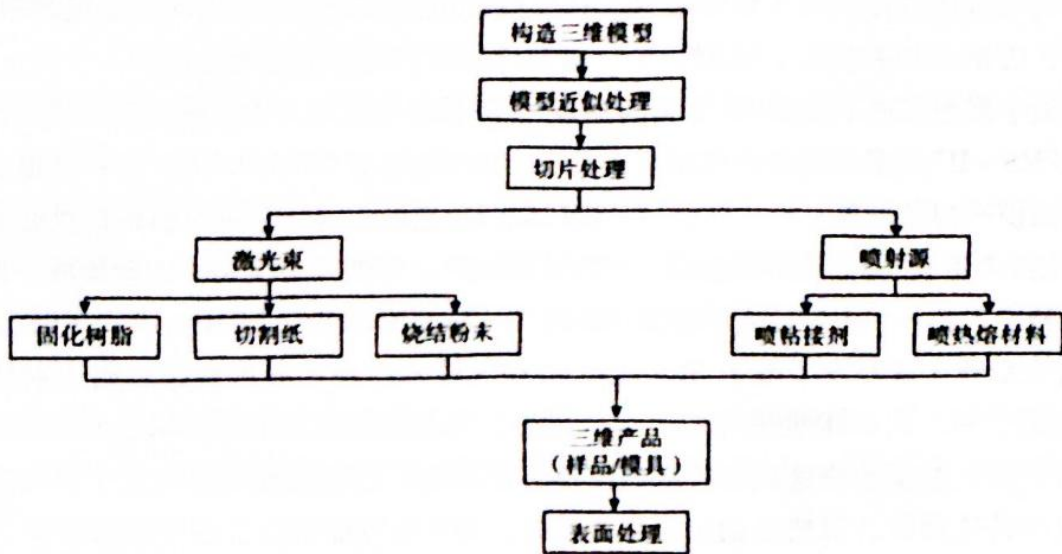


图 7-2 快速原型技术的基本原理

(2) 快速成型系统工作原理

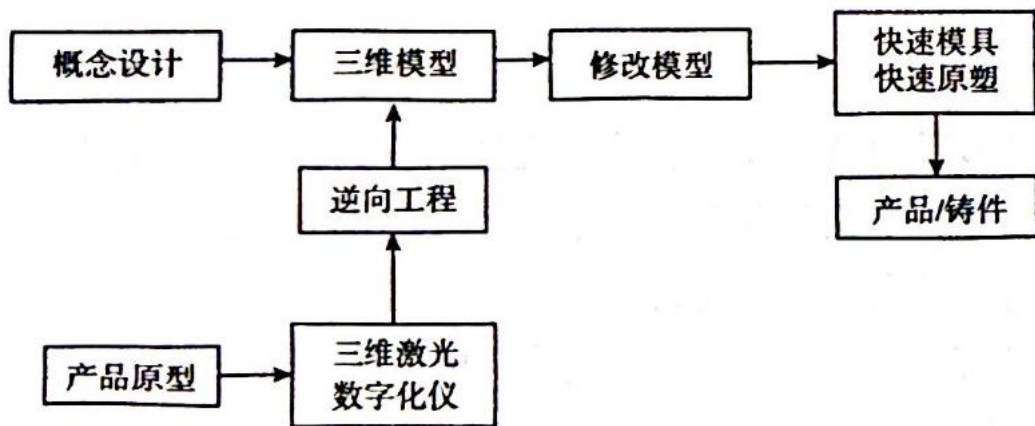


图 7-3 快速成型系统工作流程

(3) 快速原型技术的特点

- ①高度柔性
- ②CAD 模型直接驱动
- ③技术的高度集成
- ④设计、制造一体化
- ⑤快速响应性
- ⑥制造成型自由化
- ⑦材料使用广泛性

(4) 快速原型技术的发展趋势

- ①优化产品信息的采集与处理
- ②开发新的成型材料
- ③提高成型制造采用的能源性能
- ④研究新的成型制造方式

7.3 3D 打印技术概念及工作原理

3D 打印技术是快速成型技术的一个重要分支，代表了部分快速成型工艺。它是一种以数字模型文件为基础，运用粉末金属或塑料等可黏合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术

(1) 3D 打印技术的发展

自 20 世纪 80 年代第一代 3D 打印技术诞生以来，目前已经开始进入到第二代 3D 打印技术。

第一代 3D 打印技术主要是用来打印玩具和一些功能性要求不高的

塑料产品、尼龙产品、陶瓷产品，精度要求不高，速度比较慢，材料的选择也非常有限，设计爱好者是主要应用对象，多用于科技普及。

第二代 3D 打印技术诞生于 21 世纪，标志是在工业、生物医学等领域的深度应用，能够打印出终端产品，功能性是主要特点，材料已经开始向钛合金等高难度的金属材料、多用途复合材料、生物材料、智能材料领域拓展。

第三代 3D 打印技术应该是智能化程度更高，3D 打印技术与互联网技术、自动化技术、智能材料等其它先进技术结合更为紧密，操作更为科学、合理、简单，速度更快，材料应用面更广。3D 打印技术不是一个终端技术，而是与其它先进技术融合，并从中发挥主导作用的技术。

(2) 3D 打印技术的工作原理

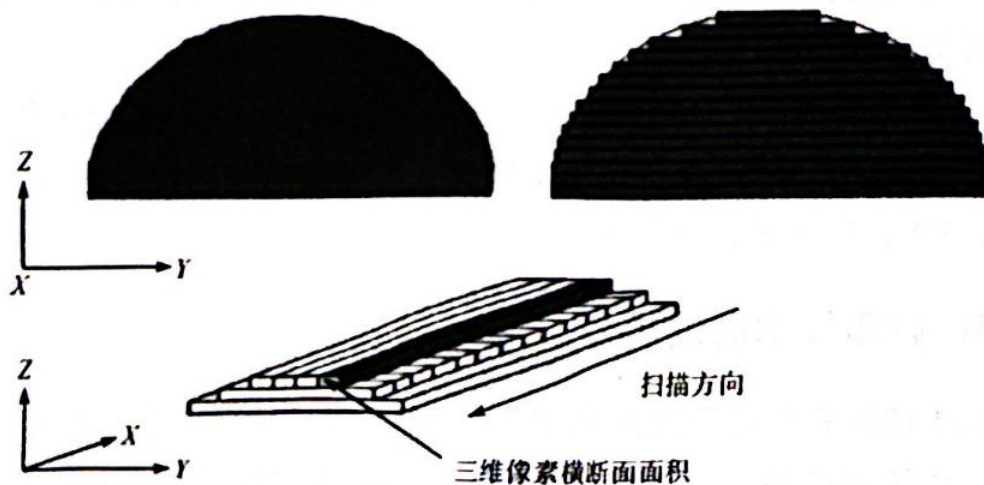


图 7-4 3D 打印工作原理示意图

(3) 3D 打印技术关键技术

① 3D 打印技术的材料

表 7-2 各种 3D 打印技术的材料及累积技术

类型	累积技术	基本材料
挤压	熔融沉积式(Fused deposition modeling, FDM)	热塑性塑料, 共晶系统金属、可食用材料
线	电子束自由成形制造(Electron - Beam Freeform Fabrication, EBF)	几乎任何合金
粒状	直接金属激光烧结(Direct metal laser sintering, DMLS)	几乎任何合金
	电子束熔化成型(Electron beam melting, EBM)	钛合金
	选择性激光熔化成型(Selective laser melting, SLM)	钛合金, 钴铬合金, 不锈钢, 铝
	选择性热烧结(Selective heat sintering, SHS)	热塑性粉末
	选择性激光烧结(Selective laser sintering, SLS)	热塑性塑料、金属粉末、陶瓷粉末
粉末层喷头 3D 打印	石膏 3D 打印(Plaster - based 3D printing, PP)	石膏
层压	分层实体制造(laminated object manufacturing, LOM)	纸、金属膜、塑料薄膜
光聚合	立体平板印刷(Stereolithography, SLA)	光硬化树脂
	数字光处理(Digital - Light Processing, DLP)	光硬化树脂

②3D 打印的成型技术

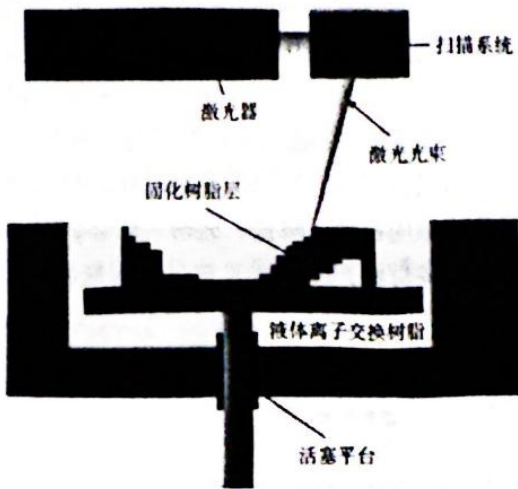


图 7-5 立体光固化技术

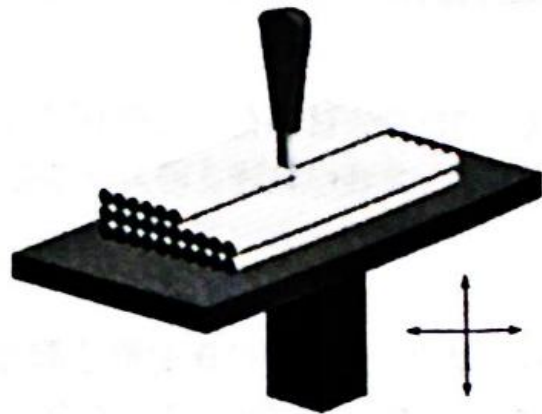


图 7-6 熔融沉积成型技术

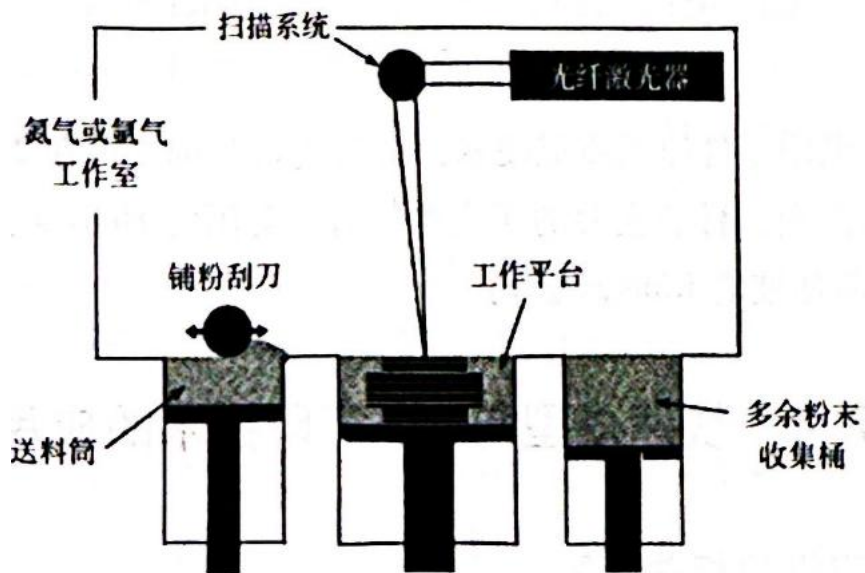


图 7-7 选择性激光烧结技术

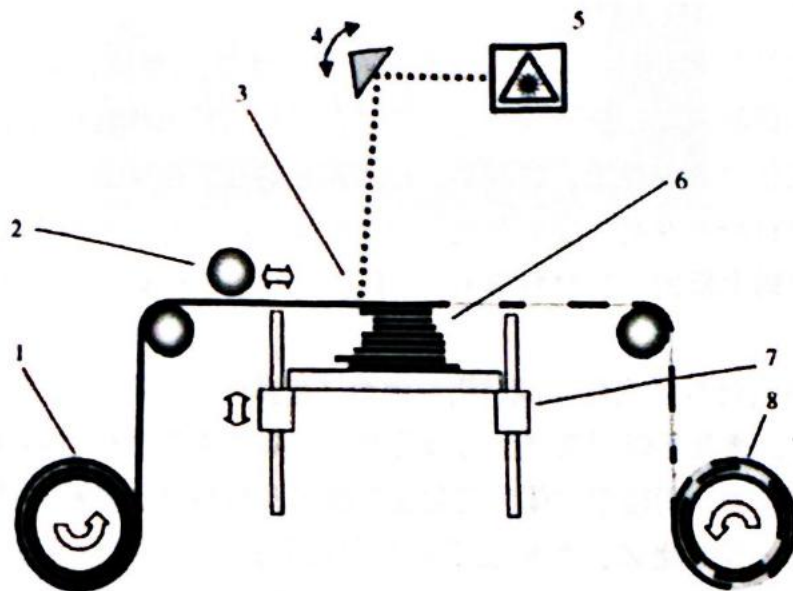


图 7-8 LOM 工艺原理图

1—提供筒材；2—热辊；3—激光束；4—扫描棱镜；5—激光束
6—生成的实体层；7—移动平台；8—废料

7.4 快速成型与 3D 打印技术的应用

(1) 相关参数

①打印尺寸

②打印精度

③打印材料

④多色与多材料打印

⑤打印软件

(2) RPM 及 3D 打印技术的工艺装备

表 7-3 国外 RPM 的商品化工艺设备

工艺方法	公司	设备	最大造型尺寸/mm	正常精度/mm
选择性液体固化	D System	SLA250/350/500	500 × 500 × 585	±0.1
	EOS	Ster EOS300/400/600	600 × 600 × 600	
	F&S	LMS	500 × 500 × 584	
	C - MET	SOUP	1000 × 800 × 500	
	D - MEC	SCS	1000 × 800 × 500	
	Teijin Seiki	Mark1000	—	
	Mitsui Zosen	COLAMN	—	
选择性层片粘接	Helisys	LOM1015/2030h	1200 × 750 × 550	±0.1
	Kira Corp	KSC - 50		
	Sparx	Hot Plot		
	Singapore	ZIPPY I / II		
选择粉末烧结	DTM	Sinterstation 2000, 2500	380 × 340 × 440	±0.2
	EOS	EOSINT250/350	320 × 300 × 400	
挤压成型	Stratasys	FDM1650/2000/8000	457 × 457 × 609	±0.13
喷墨打印	Sanders Prototype	MM - 6PRO Model Maker II	—	±0.13
	3D System	Actua2100	500 × 500 × 585	
	Stratasys	Genisys	—	
	Soligen	DSPC300G	—	

表 7-4 国内所研制的主要 RPM 设备

研制单位	清华大学			西安交通大学	华中理工大学	北京隆源自动成型系统有限公司
工艺方法	LOM + FDM 工艺集成	PCM		SLA	LOM	SLS
设备型号	M - PMS - II - LOM	M - PMS - II - FDM	PCM - 1000	LPS - 600A	HRP - II	ASF - 300
工件尺寸/mm	600 × 400 × 500	500 × 400 × 500	1000 × 800 × 800	600 × 600 × 500	600 × 600 × 500	φ300mm × 400mm
成型材料	涂覆纸	ABS、蜡	水洗砂	光固化树脂	蜡粉、聚碳酸酯粉	涂覆纸
软件	所有 CAD; 系统 STL					
成型精度/mm	±0.1	±0.15	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1

(3) 快速原型技术的应用

① 在新产品造型设计过程中的应用

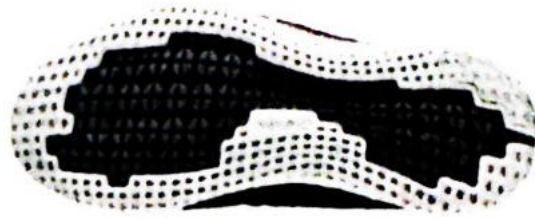


图 7-9 3D 打印跑鞋鞋底

②在机械制造领域的应用

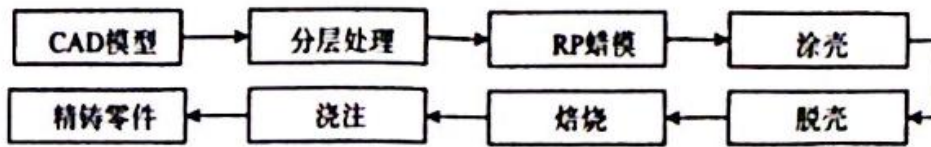


图 7-10 快速成型蜡模精铸工艺流程图



图 7-11 铝合金铸造件

③快速模具制造



图 7-12 生产模具

④在汽车行业中的应用



图 7-13 汽车零件

⑤在医学领域的应用



图 7-14 个性化假肢设计

⑥在文化艺术领域的应用



图 7-15 建筑设计

⑦在航空航天技术领域的应用

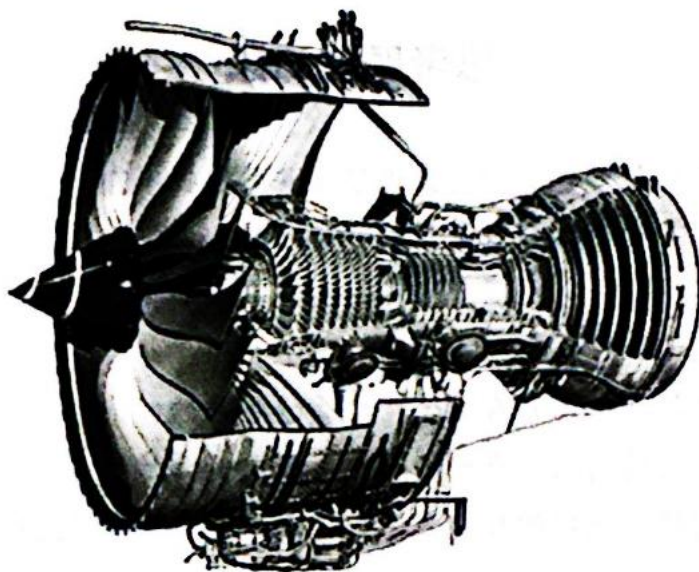


图 7-16 涡轮叶片

⑧在家电行业的应用

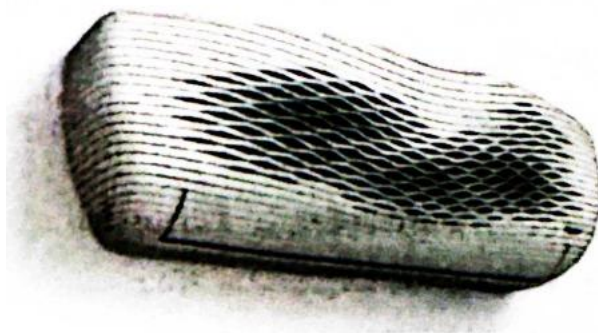


图 7-17 空调外观设计

第 8 章 数控加工技术

教学目标:

- (1) 了解数控加工的基本概念、特点及关键技术;
- (2) 了解数控机床的组成及功能、分类及维护保养;
- (3) 了解数控编程技术

教学重点: 数控技工的关键技术、数控机床的组成及功能

教学难点: 数控技工的关键技术、数控机床的组成及功能

素质 (思政) 内容与要求: 强调数控加工技术对于提升制造业智能化、自动化水平的重要性, 培养学生的智能制造意识和创新精神。同时, 介绍我国在数控机床技术方面的进步, 增强学生的国家自豪感和专业自信。(引入案例: 分享我国数控机床企业在国际市场上的竞争与合作案例, 引导学生思考如何在全球化背景下发挥专业优势, 为国家制造业的转型升级贡献力量。)

教学手段: 讲授、多媒体演示

教学学时： 4

教学内容：

8.1 数控加工的基本概念

(1) 基本概念

数控加工 (numerical control machining)，是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法，数控机床加工与传统机床加工的工艺规程从总体上说是一致的，但也发生了明显的变化。用数字信息控制零件和刀具位移的机械加工方法。它是解决零件品种多变、批量小、形状复杂、精度高等问题和实现高效化和自动化加工的有效途径。

数控加工的特点

- 1) 零件加工精度高、产品良品率高
- 2) 加工效率高
- 3) 数控加工适应性强
- 4) 自动化程度高

数控加工的应用场合

- 1) 单件或小批量的零件
- 2) 箱体类零件
- 3) 盘、套、板类零件
- 4) 复杂曲面类零件
- 5) 异形类零件

(2) 数控机床的特点

数控机床是一种用计算机来控制的机床，用来控制机床的计算机，不管是专用计算机、还是通用计算机都统称为数控系统。数控机床的运动和辅助动作均受控于数控系统发出的指令。而数控系统的指令是由程序员根据工件的材质、加工要求、机床的特性和系统所规定的指令格式（数控语言或符号）编制的。数控系统根据程序指令向伺服装置和其它功能部件发出运行或中断信息来控制机床的各种运动。当零件的加工程序结束时，机床便会自动停止。任何一种数控机床，在其数控系统中若没有输入程序指令，数控机床就不能工作。机床的受控动作大致包括机床的起动、停止；主轴的启停、旋转方向和转速的变换；进给运动的方向、速度、方式；刀具的选择、长度和半径的补偿；刀具的更换，冷却液的开起、关闭等。

表 8-1 数控机床和传统机床、专用非数控机床的对比

项 目 \ 种 类	传统机床	专用机床(非数控)	数控机床
驱动方式	交流电机驱动	交流电机驱动	伺服电机驱动
网络通信能力	没有	无	有
制造成本	低	较高	高

续表

项 目 \ 种 类	传统机床	专用机床(非数控)	数控机床
系统刚度	低	较高	高
加工精度	低	高	高
加工效率	低	较高	高
复合加工能力	较低	较高	高
自动换刀	无	有	有
复杂曲面的加工能力	无	不一定有	有
产品合格率	较低	高	高
自动化程度	低	低	较高
专用夹具	需要多套	需要	不需要
调整机床	多次调整	1次	1次
机床综合经济效益	较低	高	高

(3) 数控加工的关键技术

- 1) 计算机技术以及信息处理技术
- 2) 精密机械技术
- 3) 自动控制技术
- 4) 伺服驱动技术
- 5) 网络和通信技术

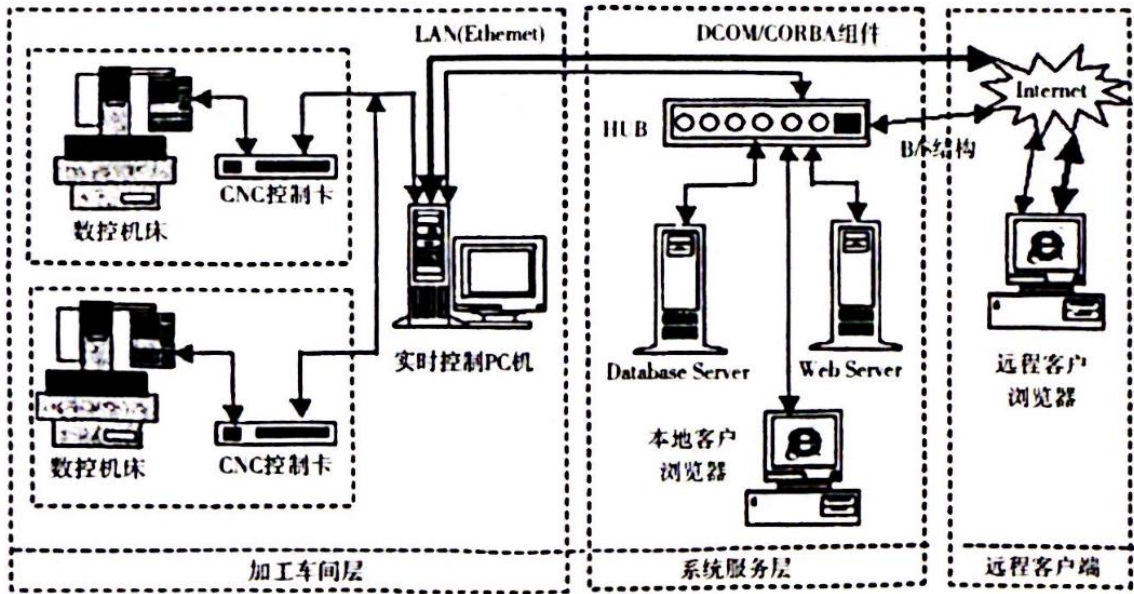


图 8-1 网络化数控加工原理图

8.2 数控机床的组成及其分类

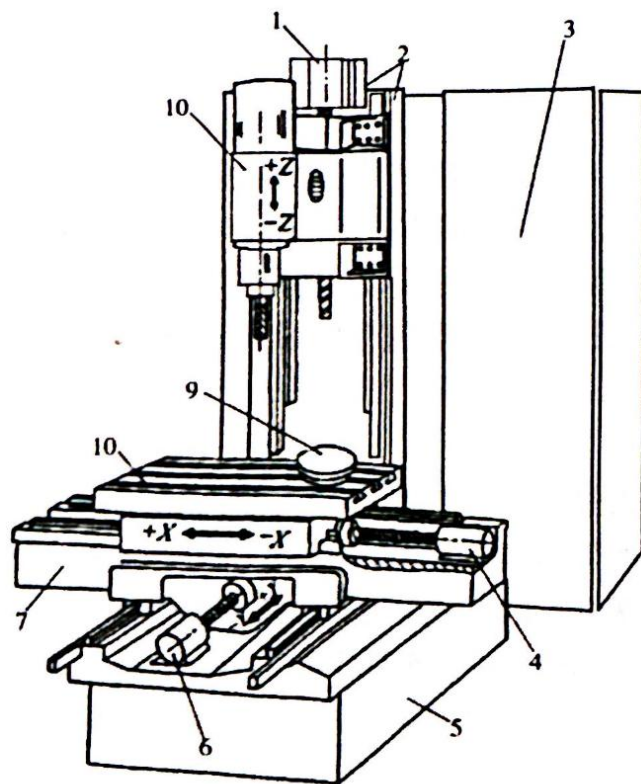


图 8-2 立式加工中心简图

1—Z 向电动机；2—立柱；3—数控柜；4—X 向电机；5—底座；6—Y 向电动机；
7—横向工作台；8—纵向工作台；9—工件；10—主轴箱

8.3 数控编程技术

普通金属切削机床在加工机械零件时，工艺工程师必须提前制定好工艺规程，确定零件的加工工序、采用的机床的型号和规格、装夹零件的夹具、切削用量等等，操作人员必须按照工艺文件的要求加工零件，机床的开车、停车、主轴转速的改变都是人工手动操纵的，而数控机床是按照零件的加工要求把加工的方式、切削用量、进给量、主轴的转速等相关工艺参数和加工过程编制成为相对应的数控程序，数控机床在程序的控制下自动完成零件的加工。

采用数控系统提供的指令代码，按照数控程序的格式描述机械零件

的加工工艺过程、加工的工艺参数、刀具的位移量以及各种辅助功能（例如夹紧、换刀、冷却）形成的文件，在将这个文件存储在数控系统的存储介质上，这个过程称为数控编程（NC Programming）。

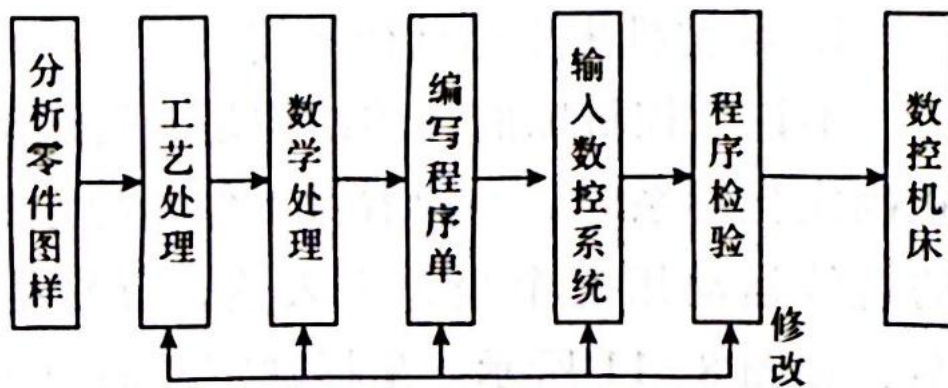


图 8-10 数控编程过程