

计算机辅助设计教程

—UG

何小明 黄志勇

南京航空航天大学
能源与动力学院

2006年9月

Handwritten signature and date: 2006.9.30



2008047702

TP391.7
1861-1

第一章 计算机辅助设计概述.....	1
1.1 绪论.....	1
1.2 CAD 的含义及特点.....	2
1.2.1 产品设计的过程.....	2
1.2.2 常规设计.....	5
1.2.3 计算机辅助设计 (CAD) 概念.....	6
1.2.4 CAD 的特点.....	8
1.3 CAD 技术在机械设计中的应用.....	10
1.4 现代 CAD 技术的应用.....	13
1.5 CAD 系统的组成与配置.....	15
1.5.1 CAD 系统的类型.....	15
1.5.2 硬件的组成.....	17
1.5.3 软件系统.....	19
1.6 计算机辅助设计技术的发展.....	27
1.6.1 现代设计技术.....	27
1.6.2 发展趋势.....	31
第二章 工程数据的处理.....	34
2.1 工程数据的特点.....	34
2.2 工程数据的管理方法.....	35
2.3 工程数据的程序处理.....	39
2.3.1 数表的程序处理.....	39
2.3.2 线图的程序处理.....	47
第三章 UG 机械设计概述.....	49
3.1 UG 工作环境.....	51
3.1.1 UG 工作界面.....	51
3.1.2 工具条的制定.....	53
3.2 UG 建模流程实例.....	56
3.2.1 创建螺母.....	56
3.2.2 创建螺栓.....	61
3.2.3 装配建模.....	63

2008047702

3.2.4 工程图	64
3.3 UG 建模基础	66
3.3.1 功能模块	67
3.3.2 文件的操作	70
3.3.3 功能模块的进入	76
3.3.4 坐标系	78
3.3.5 图层操作	83
3.4 UG 系统参数的设定	85
3.4.1 对象参数的设置	85
3.4.2 视觉效果参数设置	88
3.5 UG 常用工具	91
3.5.1 点构造器	91
3.5.2 平面工具	93
3.5.3 矢量构造器	96
3.5.4 类选择器	99
第四章 草图功能	103
4.1 草图工具对话框	103
4.2 草图功能选项	105
4.3 草图约束	108
4.3.1 草图对象的尺寸约束	108
4.3.2 草图对象的几何约束	116
4.3.3 显示或移去约束	118
4.4 草图操作	122
4.5 添加草图对象	123
4.6 本章实例	124
第五章 实体造型功能	127
5.1 概述	127
5.1.1 UG 实体造型特点	127
5.1.2 常用菜单工具条简介	128
5.2 构建基准特征	132
5.2.1 基准轴 (Datum Axis)	132
5.2.2 基准面 (Datum Plan)	133
5.3.1 块体 (Block)	134

5.3.2 柱体 (Cylinder)	137
5.3.3 锥体 (Cone)	138
5.3.4 球体 (Sphere)	140
5.3.5 管体 (Tube)	141
5.3.6 孔 (Hole)	143
5.3.7 圆形凸台 (Boss)	151
5.3.8 型腔 (Pocket)	152
5.3.9 凸垫 (Pad)	156
5.3.10 键槽 (Slot)	158
5.3.11 环形槽 (Groove)	161
5.4 特征的扩展	163
5.4.1 特征的拉伸 (Extrude)	163
5.4.2 特征的旋转 (Revolve)	170
5.5 特征操作	176
5.5.1 拔锥 (Taper)	176
5.5.2 边倒角 (Edge Blend)	179
5.5.3 倒斜角 (Edge Chamfer)	180
5.5.4 挖空实体 (Hollow)	185
5.5.5 攻丝 (Thread)	189
5.5.6 特征阵列 (Instance Feature)	194
5.5.7 放缩实体 (Scale Body)	200
5.5.8 修剪实体 (Trim)	203
5.5.9 分割实体 (Split)	205
5.6 特征的编辑	206
5.6.1 编辑特征参数 (Parameters)	206
5.6.2 编辑定位尺寸 (Positioning)	209
5.6.3 特征重新排序 (Reorder)	211
5.7 综合建模实例	213

△ 平时成绩 20%

△ 上机操作 (60min) 40%

△ 笔试 (60min) 40%

第一章 计算机辅助设计概述

本章介绍计算机辅助设计的基本概念、计算机辅助设计的一般过程、计算机辅助设计的发展趋势。

1.1 绪论

设计工作是新产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平，直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。因此，在商品竞争剧烈的市场经济条件下，使设计方法及设计手段科学化、系统化、现代化是十分必要的。应用计算机辅助设计就是实现设计现代化的重要途径之一。随着信息时代及全球经济一体化进程的来到，我国的企业必须面临这一严峻事实，企业必须具备新产品开发、研制及创新能力，才能在激烈的市场竞争中生存下来，否则的话，就面临破产和淘汰。实践证明，三维 CAD 技术对加速新产品开发、提高产品质量、降低成本起着关键作用，是支持企业增强创新设计，提高市场竞争力的强有力的手段。

上个世纪70年代末，我国计算机应用尚处于萌芽阶段，二维CAD图纸设计是我国最早应用的CAD技术，从80年代初，CAD技术应用经历了“六五”探索，“七五”技术攻关，“八五”普及推广，“九五，深化应用四个阶段。CAD技术在我国机械行业应用较早，并得到迅速发展，取得一批重要应用成果。但是，从我国企业CAD技术应用的总体水平来看，应用还停留在二维绘图水平上。企业如何发挥自身优势，提高创新能力，除了解决好资金问题以外，更要解决好技术革新问题。CAD技术不仅能大幅度提高设计效率和产品质量，改善劳动条件，更为重要的是它已成为现代工业中必不可少的主要技术手段。许多

大型企业从事三维设计的软件以工作站上运行大型软件为主，如Pro/E, Catia, I-deas和UG等，这些软件系统结构庞大复杂，使用非常不便，加上软硬件价格昂贵，很难在企业普及与推广。微机三维CAD系统的日趋完善及Window操作平台的普及和微机性能价格比的不断提高，企业使用三维CAD技术时机已经成熟。

1.2 CAD 的含义及特点

设计工作是新产品研制的第一道工序，设计工作的质量和水平，直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。因此，在商品竞争剧烈的市场经济条件下，使设计方法及设计手段科学化、系统化、现代化是十分必要的。应用计算机辅助设计就是实现设计现代化的重要途径之一。

1.2.1 产品设计的过程

在讨论 CAD 含义前，先介绍对产品设计过程。产品设计过程可概括为以下几个阶段。

(1) 提出设计任务

通常，人们是根据市场或社会需求提出任务的。产品设计的目的就是将提供的资料(如原材料、能源等)设法转化为具有某种功能的技术装置，以满足社会客观的需求。因此，产品设计任务的提出应以社会需求为前提和目标。

(2) 明确设计要求

根据设计任务，通过对现有同类产品资料的检索及调查研究，对所设计产品的功能、生产率、可靠性、使用寿命、生产成本等方面，提出明确而详细的量化指标，形成具体的设计任务书。

(3) 方案设计

在满足设计要求的条件下，由设计人员构思多种可行的方案，并用方案图和原理图表达出来。经过对各方案的比较和筛选，从几个可行方案中优选出一个功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。

(4) 技术设计

在既定设计方案的基础上，完成产品的总体设计工程图样及计算说明书形式确定下来。部件设计、零件设计。将设计结果以结果以在既定设计方案的基础上，完成产品的总体设计、部件设计、零件设计。将设计结果以上程图样及计算说明书形式确定下来。

(5) 制造加工及试验

经过加工制造、样机试验或生产现场试用，将加工人员，作为进一步修改的依据。试验过程中发现的问题反馈给设计。

上述设计过程如图 1-1 所示。由图中产品设计工作流程可见，产品设计是多次“设计—评价—再设计(修改)”的反复过程，它是以满足社会客观需求及提高社会生产力为目标的一种造性劳动。

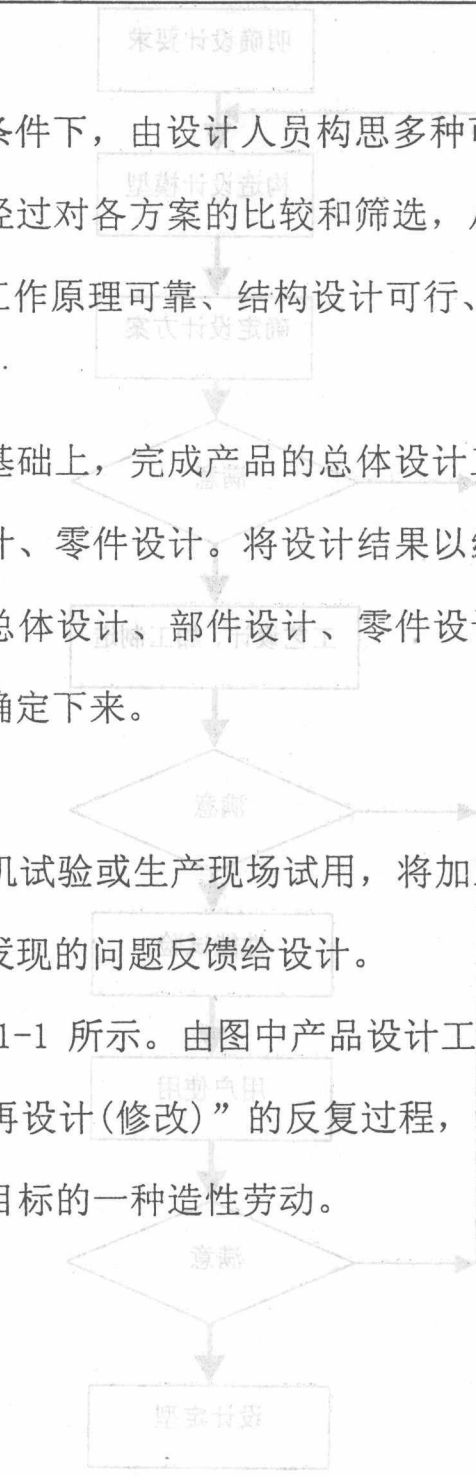


图 1-1 产品设计工作流程图

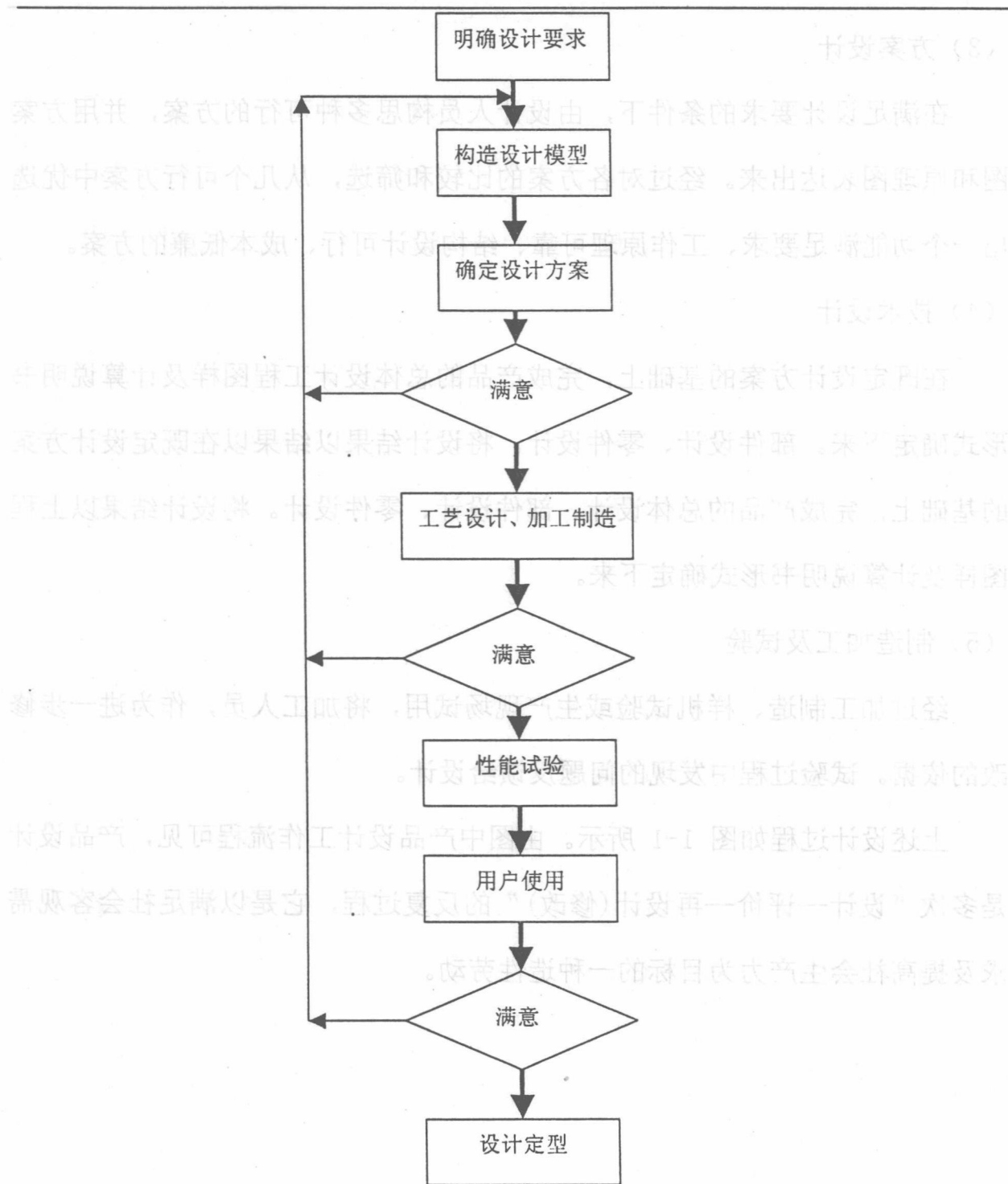


图 1-1 产品设计流程图

1.2.2 常规设计

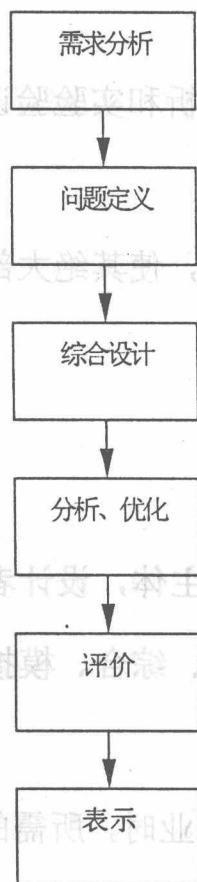


图 1-2 传统产品设计流程图

如图1-2所示，传统的产品开发方法其设计、制造及检测环节相互独立，严重脱节，须反复进行产品样机的试制——检测——修改设计，即使这样，一些严重的结构缺陷及设计原理、基本参数的错误在设计阶段也往往不能及时发现，有的到了产品开发的后期或正式生产甚至在投入使用一段时间后才发现，有时产品还不得不返回到设计构造阶段以便进行必要的设计变更。这样的产品开发程序效率低，浪费了大量时间、人力和资金。

归纳一下可以看出常规设计过程特点：

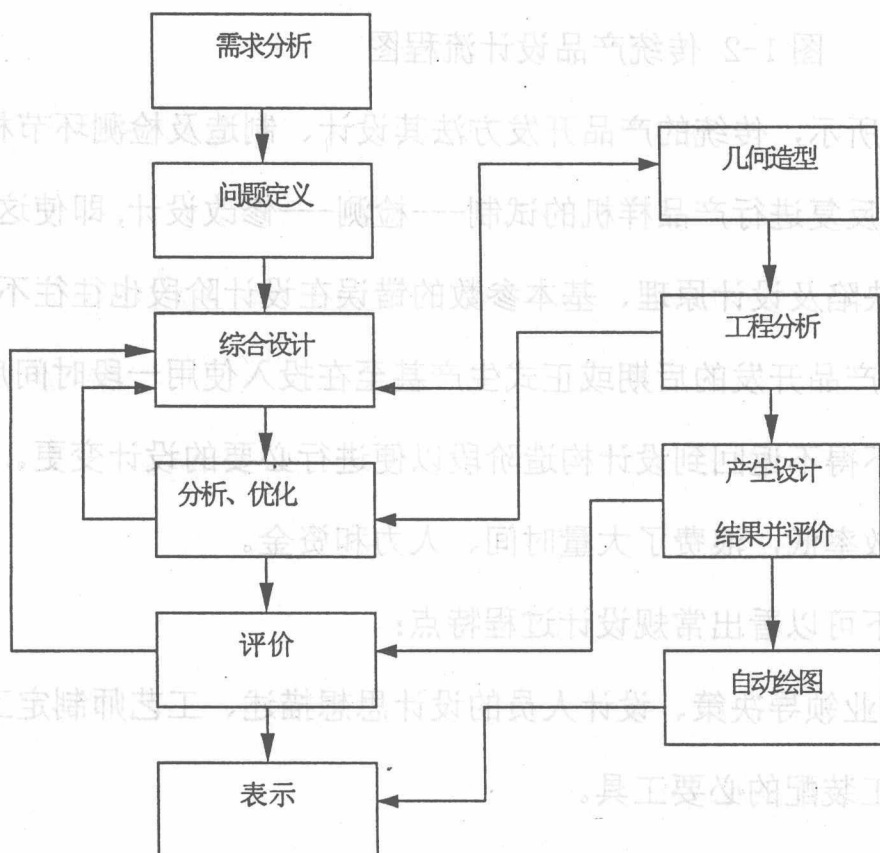
- 1) 图纸是企业领导决策、设计人员的设计思想描述、工艺师制定工艺规程以及工人的加工装配的必要工具。

- 2) 各种技术文档资料需要妥善保管，便于设计人员的设计（借用和参阅）。需要大量查阅技术文献和手册。
- 3) 需要凭经验对重要设计方案进行理论分析和实验验证，实验开销大，有时无法进行。
- 4) 绘图和查阅资料占用设计人员大量时间，使其绝大部分时间没有用到创造性设计上。

1.2.3 计算机辅助设计（CAD）概念

计算机辅助设计(CAD)是以设计者为主体，设计者利用计算机辅助设计系统的资源，对产品设计进行规划、分析、综合、模拟、评价、修改、决策并形成工程文档的创造性活动。

计算机辅助设计系统则是指进行CAD作业时，所需的硬件及软件两大部分集合。



在计算机辅助设计工作中,计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算、分析及优化,将初步设计结果显示在图形显示器上,以人机交互方式反复加以修改。经设计人员确认之后,在自动绘图机及打印机上输出设计结果。

CAD工作内容主要有以下三个方面:

(1) 建立产品设计数据库

产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需的各种信息,如有关标准、线图、表格计算公式等。数据库可供CAD作业时检索或调用,也便于数据的管理及数据资源的共享。

(2) 建立多功能交互式图形程序库

利用图形程序库可以进行二维及三维图形的信息处理。能在此基础上绘制工程设计图样,建立标准零、部件图形库等图形处理工作。

(3) 建立应用程序库

汇集解决某一类工程设计问题的通用及专用设计程序,如通用数学方法计算程序、常规机械设计程序、优化设计程序、有限元方法计算程序等。

在建立了上述产品设计数据库、图形程序库、应用程序库的基础上,就能开展以下CAD工作:

(1) 向CAD系统输入设计要求,以及根据设计要求建立产品模型。包括几何模型和诸如材料处理、制造精度等非几何模型,并存于数据库中。

(2) 利用应用程序库中已编制的各种应用程序,进行设计计算及优化设计,确定设计方案及产品零部件的主要参数。

(3) 运用交互式图形程序库，以人机交互作业方式对初步设计的图形进行实时修改，最后由设计人员确认设计结果。

(4) 利用图形处理和动画技术，对产品模型进行图形仿真，为评估设计方案提供逼真和直接的依据。

(5) 输出设计结果，其中包括设计计算数据、图样及文档等。

1.2.4 CAD 的特点

经过多年的实践，证明CAD有以下优点：

(1) 缩短产品开发周期

由于计算机运算速度及数据查询速度极快，用户根据设计目标向计算机发出指令，计算机则根据人的意图做出反应。对特定的机械产品，利用专门的软件或程序，设计速度可以提高几十倍。由于计算机能够直观地将设计结果展示出来，设计者根据计算机的显示可以做出快速的反应。在计算机上修改设计比在图纸上修改要容易得多，而且计算机能提供复制、查询等功能。因此采用CAD系统能够极大地提高设计效率。

(2) 提高产品设计质量

由于计算精度高和便于优化设计，利用CAD手段设计人员在具备专业知识的基础上，可以完成更高质量的设计。设计人员利用实体造型可以直观地在计算机中将产品制作出来。采用先进的参数化设计、全相关数据库技术可以最大限度地避免设计上的疏忽。

此外利用CAE技术，产品开发人员在设计阶段就可以评估和预测产品的性能。利用CAM则能提高机械产品的加工质量。

(3) 降低生产成本

由于CAD能够缩短设计、加工和装配的时间，降低废品率，减少库存，所以将大大降低企业的生产成本。

(4) 提高管理水平

CAD系统所生成的设计结果主要是计算机数据，保存和检索都比较容易。在已经建立企业内部网的前提下，采用产品数据管理技术易于实现全局性的管理，提高企业的管理水平。

(5) 应用人才匮乏

尽管CAD系统功能非常强大，但如果没有人能够正确地操作和使用，CAD系统根本不可能产生经济效益。CAD对操作者的专业知识、外语能力和计算机水平要求较高。技术人员一般需要相当长的时间熟悉CAD，了解其功能和用法。培养一个优秀的CAD系统使用人员相当困难，这一点已经取得了业界的共识。

1.3 CAD 技术在机械设计中的应用

在激烈的市场竞争环境下,传统的设计方法已经不适应当今快节奏、高效率的现代企业生产实际,目前国际及国内许多大型现代化企业已经普遍采用了基于计算机和网络技术的CAD/CAE/CAM 一体化产品开发方法,大大缩短了开发周期,并且有关产品的结构、功能、操作性能、生产工艺、装配性能,甚至维护性能等等许多问题都能在开发过程的前期得到解决。

下面分析现代机械工业应用 CAD 技术的推动力:

(1) 现代机械工业所处环境

现代机械工业面临着极其严酷的外部环境的挑战。这些严酷的挑战可归结为:

- a. 科学技术高速发展;
- b. 传统资源渐见枯竭;
- c. 买方市场日益强化。

(2) 现代机械工业任务

现代机械工业的基本任务就是必须把加快产品的更新和开发放在第一位,以便在充分利用现代科学技术最新成就的基础上,按照高效、优质、低成本的要求,迅速开发出满足买方需求的各种省料节能的新产品。因此,现代机械工业的基本任务可以归纳为:

- a. 大力开发新产品;
- b. 保证产品质量;
- c. 不断提高劳动生产率;
- d. 有效降低生产成本。

其中大力开发新产品是关键和核心。

(3) 现代机械工业的基本特点

- a. 多品种小批量生产占主导地位;
- b. 生产技术和制造系统的柔性化;

所谓柔性化,即指针对上述特点所必须具有的一种灵活应变的能力或快速响应的能力。生产技术和现代制造系统适应产品变化和产量变化所具有的一种效率。这种效率高,即说明制造柔性好。由于多品种生产的现代机械工业生产中占有优势比重,因此多品种生产的现状可以看作机械工业生产现状的一面镜子。多品种生产存在的问题,实际上反映了整个机械工业存在的问题。这些问题概述如下:

- a. 开发新产品的生产技术准备体制不合理;
- b. 生产技术和生产组织管理十分落后;
- c. 规模大而效益差的全能型企业模式;
- d. 整个机械工业的结构体制不利于发展零部件专业化和工艺专业化。

综上所述,企业要赢得市场,技术创新是至关重要的,而技术创新主要体现在产品设计的创新。减少在设计工作中的简单重复劳动,帮助设计者把头脑中产生的设计形象迅速准确地在计算机中反映出来,使其将注意力集中于富有创造性的设计活动中,从而提高设计的效率和质量,CAD技术的应用是关键。归纳起来可以用图1-4来表示CAD技术应用的推动力。

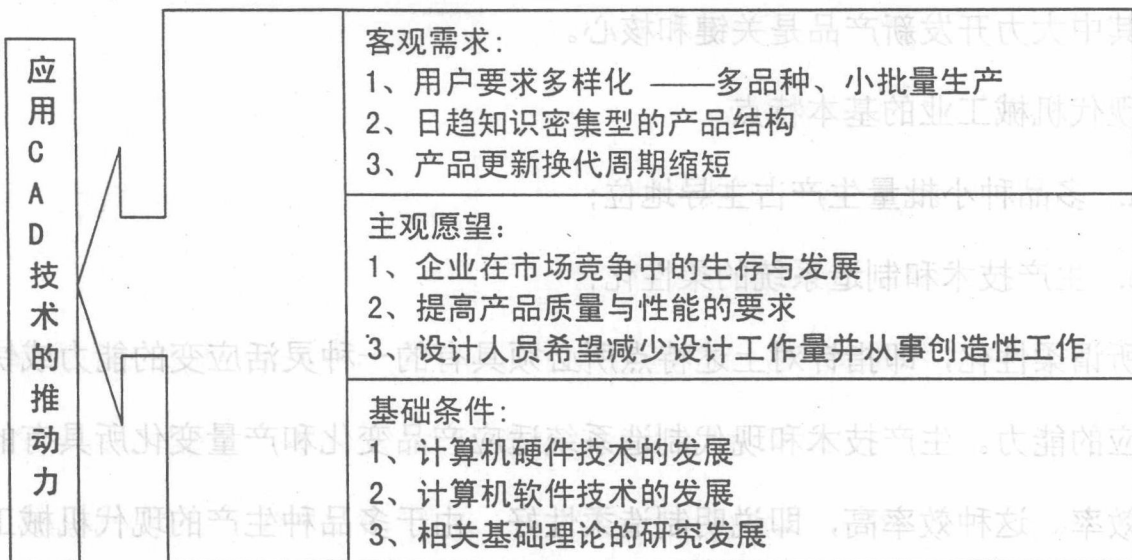


图1-4 CAD技术应用的推动力

1.4 现代 CAD 技术的应用

机械设计是根据使用要求对机械的工作原理结构运动方式力和能量的传递方式、各个零件的材料和形状尺寸润滑方法等进行构思分析和计算，并将这些转化为具体地描述以人为制造依据的工作过程。CAD在这些过程中具体应用如下：

(1) 二维绘图

这是最普遍最广泛的一种应用，用来代替传统的手工绘图

(2) 图形及符号库

将复杂图形分解为许多简单图形及符号，先存入库中，需要时调出，经编辑修改后插入到另一图形中去，从而使图形设计工作更加方便。

(3) 参数化设计

标准化或系列化的零部件具有相似结构，但尺寸需经常改变，采用参数化设计的方法建立图形程序库，调出后赋以一组新的尺寸参数就能生成一个新的图形。

(4) 三维造型

采用实体造型设计零部件结构，经消隐及着色等处理后显示物体的真实形状，还可作装配及运动仿真，以便观察有无干涉等。

5) 工程分析

常见的有有限元分析、优化设计、运动学及动力学分析等。此外针对某个具体设计对象还有它们自己的工程分析问题，如注塑模设计中要进行塑流分析、冷却分析、变形分析等。

6) 设计文档或生成报表