

21 世纪高等院校规划教材 · 计算机辅助设计

机械 CAD 与 SolidWorks 三维计算机辅助设计

主 编 黄 康
副主编 田 杰 王 勇

中国科学技术大学出版社

21 世纪高等院校规划教材 · 计算机辅助设计

机械 CAD 与 SolidWorks

三维计算机辅助设计

主 编：黄 康

副主编：田 杰 王 勇

主 审：王卫荣 李旗号

中国科学技术大学出版社

2005 · 合肥

内 容 简 介

本书为 21 世纪高等教育规划教材（计算机辅助设计类）。全书共分 7 章，主要介绍了机械 CAD 的基本概念以及三维机械 CAD 设计平台 SolidWorks 中文版的基础知识，包括草图绘制、实体建模、曲线和曲面、装配设计（含焊接及模具设计部分的内容）、二维工程图的生成等知识，最后讲述了 SolidWorks 的有限元分析插件 COSMOSXpress。

全书内容丰富，系统性强，语言简洁，结构清晰，紧密结合工程实例进行讲解，具有很强的实用性。

本书可作为高等学校相关专业本科生或研究生教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

机械 CAD 与 SolidWorks 三维计算机辅助设计/黄康主编. —合肥：中国科学技术大学出版社，2005.9

ISBN 7-312-01826-2

I.机… II.黄… III.①机械设计：计算机辅助设计-高等学校-教材 ②机械制图：计算机制图-图形软件，SolidWorks-高等学校-教材 IV.①TH122 ②TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 088430 号

中国科学技术大学出版社 出版发行

（安徽省合肥市金寨路 96 号，邮编：230026）

合肥现代印务有限公司印刷

全国新华书店经销

开本：787×1092/16 印张：17.5 字数：440 千

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

印数：1—4000 册

ISBN 7-312-01826-2/TP·360 定价：25.00 元

前 言

CAD 技术是随信息技术的发展而形成的一门新技术,它的应用和发展引起了社会和生产的巨大变革,因此,CAD 技术被视为 20 世纪最杰出的工程成就之一。目前,CAD 技术广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、纺织、轻工及建筑等各个领域,它的应用水平已成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化水平的重要标志。

随着 CAD 技术的推广应用,它已逐渐从一门新兴技术发展成为一种高新技术产业,所以 CAD 技术也是未来工程技术人员必须掌握的基本工具。

SolidWorks 是近年来迅速发展起来的高品质的、易学易用的三维 CAD 系统软件,功能强大、易学易用和技术创新是 SolidWorks 的三大特点。就像美国著名咨询公司 Daratech 所评论的那样:“在基于 Windows 平台的三维 CAD 软件中,SolidWorks 是最著名的品牌,是市场快速增长的领导者。”

这些特点使得 SolidWorks 成为领先的、主流的三维机械 CAD 解决方案。

本书首先从系统的观点、集成的观点 and 发展的观点出发,介绍 CAD 技术,从而使读者建立起有关 CAD 技术的总体概念,并本着将理论与实践相结合的原则,结合具体的三维 CAD 软件 SolidWorks 2004 进行介绍。全书共分七章:

第 1 章介绍了机械 CAD 技术的基本概念、发展历程、发展趋势,CAD 系统的软硬件构成等。

第 2 章介绍了 SolidWorks 软件的特点、软件界面、系统属性设置及 SolidWorks 的设计思想。

第 3 章介绍了 SolidWorks 草图绘制的相关内容。

第 4 章较为全面地介绍了 SolidWorks 的三维实体建模操作,包括常用的曲面生成工具,最后给出了一组实例。

第 5 章介绍了 SolidWorks 的装配设计,包括配合工具栏、定义配合关系、干涉检查、爆炸视图方面的知识,还进一步引申介绍了在实践中非常有用的与装配图操作相关的连接重组、焊接以及模具设计方面的内容。

第 6 章介绍了二维工程图的基本知识,对图纸格式、各种常见视图的生成、添加尺寸和注解等内容进行了讲解。

第 7 章介绍了 COSMOSXpress 有限元分析工具,包括有限元分析技术的一般知识及 SolidWorks 的 COSMOSXpress 插件。

本书作者长期从事计算机辅助设计实践与教学工作,有着丰富的实践经验,书中的每一个实例都是作者实际制作的零件,每一部分均提供了完整的零件制作过程,既方便老师教又方便读者学。读者如需本书实例光盘,可与出版社联系或直接与本书编者联系。

本书由合肥工业大学黄康主编,合肥工业大学有关的专任教师参编,其中第 1 章和第 5 章的 1 至 5 节由黄康编写,第 2、6 章由田杰编写,第 3 章由张萍编写,第 4 章的第 1 至第 4

节以及第 7 章由江擒虎编写,第 4 章的 5 至 23 节由王勇编写,第 5 章的第 6、7 节由夏链编写,第 5 章的 8 至 10 节由张宝编写。

本书承合肥工业大学教务处副处长王卫荣教授和合肥工业大学机械与汽车工程学院副院长李旗号教授的悉心审阅,提出了很多宝贵意见,特在此表示深切的谢意。

本书为 21 世纪高等教育规划教材,在编写过程中得到了中国科学技术大学出版社于文良老师和刘俊霞女士的大力支持,在此表示诚挚的感谢!

由于时间紧迫以及作者的水平有限,书中难免会有不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

目 录

前 言	(I)
第一章 机械 CAD 概论	(1)
1.1 机械设计与机械 CAD	(1)
1.1.1 机械设计概述	(1)
1.1.2 CAD 的基本概念	(1)
1.1.3 机械 CAD 方法概述	(2)
1.1.4 CAD 与其他计算辅助方法的关系	(3)
1.2 CAD 技术的发展历程及发展趋势	(5)
1.2.1 CAD 技术的发展历程	(5)
1.2.2 CAD 技术的发展趋势	(6)
1.3 CAD 技术在机械工业中的应用	(8)
1.3.1 机械 CAD 的几个方面	(8)
1.3.2 CAD/CAM 技术应用状况	(9)
1.4 CAD 系统的构成	(10)
1.4.1 CAD 系统的硬件构成	(10)
1.4.2 CAD 系统的软件组成	(13)
第二章 SolidWorks 2004 简介	(16)
2.1 SolidWorks 公司简介	(16)
2.2 SolidWorks 软件的特点	(17)
2.2.1 “全动感的”用户界面	(17)
2.2.2 配置管理	(18)
2.2.3 协同工作	(18)
2.2.4 装配设计	(18)
2.2.5 工程图	(19)
2.2.6 零件建模	(19)
2.2.7 曲面建模	(19)
2.2.8 钣金设计	(19)
2.2.9 有限元分析	(19)
2.2.10 动态仿真	(20)
2.2.11 用户化	(20)
2.2.12 帮助文件	(20)

2.2.13 数据转换	(20)
2.3 SolidWorks 2004 界面介绍	(20)
2.3.1 界面简介	(20)
2.3.2 工具栏的设置	(23)
2.4 设置系统属性	(25)
2.4.1 设置系统选项	(25)
2.4.2 设置文件属性	(33)
2.5 SolidWorks 的设计思想	(37)
2.5.1 传统型 CAD 软件的设计流程	(38)
2.5.2 三维设计的三个基本概念	(38)
2.5.3 设计过程	(39)
2.5.4 设计方法	(41)
2.6 SolidWorks 术语	(43)
第三章 草图绘制	(46)
3.1 草图的创建	(46)
3.1.1 新建一个二维草图	(46)
3.1.2 在零件的面上绘制草图	(47)
3.1.3 从已有的草图派生新的草图	(48)
3.2 基本图形绘制	(49)
3.2.1 草图绘制工具栏	(49)
3.2.2 直线的绘制	(50)
3.2.3 圆的绘制	(51)
3.2.4 圆弧的绘制	(51)
3.2.5 矩形的绘制	(52)
3.2.6 平行四边形的绘制	(53)
3.2.7 多边形的绘制	(53)
3.2.8 椭圆和椭圆弧的绘制	(54)
3.2.9 抛物线的绘制	(55)
3.2.10 样条曲线的绘制	(56)
3.2.11 分割曲线	(57)
3.2.12 圆角的绘制	(57)
3.2.13 倒角的绘制	(58)
3.2.14 在模型面上插入文字	(59)
3.3 对草图实体的操作	(60)
3.3.1 转换实体引用	(60)
3.3.2 草图镜像	(60)
3.3.3 延伸和裁剪实体	(61)

3.3.4 等距实体	(62)
3.3.5 构造几何线的生成	(63)
3.3.6 线性草图排列和复制	(63)
3.3.7 圆周草图排列和复制	(65)
3.3.8 修改草图工具的使用	(67)
3.4 尺寸标注	(68)
3.4.1 度量单位	(69)
3.4.2 线性尺寸的标注	(69)
3.4.3 直径和半径尺寸的标注	(71)
3.4.4 角度尺寸的标注	(71)
3.5 添加几何关系	(72)
3.5.1 添加几何关系	(73)
3.5.2 自动添加几何关系	(74)
3.5.3 显示和删除几何关系	(75)
3.6 检查草图	(76)
第四章 SolidWorks 三维零件图设计	(78)
4.1 拉伸基体/凸台	(79)
4.1.1 简单的实体拉伸	(79)
4.1.2 形成拔模角度的实体拉伸	(81)
4.1.3 实体的双向拉伸	(81)
4.1.4 实体的薄壁拉伸	(82)
4.1.5 实体拉伸的其他形式	(82)
4.2 拉伸切除	(83)
4.2.1 简单的实体拉伸切除	(83)
4.2.2 拉伸切除出薄壁实体	(84)
4.2.3 反侧拉伸切除出实体	(84)
4.3 旋转凸台/基体	(85)
4.4 旋转切除	(86)
4.4.1 旋转切除工具及其选项	(86)
4.4.2 综合示例	(87)
4.5 扫 描	(89)
4.5.1 带引导线的扫描	(90)
4.5.2 带双引导线的精确扫描	(90)
4.5.3 扫描的其他应用	(92)
4.6 放 样	(93)
4.6.1 简单的实体放样	(93)
4.6.2 多轮廓的实体放样	(93)

4.6.3 实体放样的其他特征选项	(94)
4.7 倒角/圆角	(96)
4.7.1 倒角	(96)
4.7.2 圆角	(97)
4.8 筋	(98)
4.9 比 例	(99)
4.10 抽 壳	(100)
4.11 拔模斜度	(101)
4.12 简单直孔/异形孔向导	(102)
4.12.1 简单直孔	(103)
4.12.2 异形孔向导	(103)
4.13 圆 顶	(104)
4.14 特 型	(105)
4.15 切 口	(106)
4.16 动态修改特性	(107)
4.17 压缩/解除压缩/带从属关系解除压缩	(109)
4.17.1 压缩	(109)
4.17.2 解除压缩	(110)
4.17.3 带从属关系解除压缩	(110)
4.18 阵列/镜向	(110)
4.18.1 线性阵列	(110)
4.18.2 圆周阵列	(112)
4.18.3 曲线驱动的阵列	(113)
4.18.4 草图驱动的阵列	(114)
4.18.5 表格驱动的阵列	(115)
4.18.6 镜向特性	(116)
4.19 分割/组合	(117)
4.19.1 分割	(117)
4.19.2 组合	(118)
4.20 特征操纵工具	(120)
4.20.1 删除实体/曲面	(120)
4.20.2 移动/复制实体	(120)
4.21 输入几何体	(121)
4.22 曲 面	(122)
4.22.1 曲面概述	(122)
4.22.2 拉伸曲面	(123)
4.22.3 旋转曲面	(123)
4.22.4 扫描曲面	(124)

4.22.5	放样曲面	(125)
4.22.6	等距曲面	(126)
4.22.7	延展曲面	(127)
4.22.8	缝合曲面	(128)
4.22.9	平面	(129)
4.22.10	延伸曲面	(129)
4.22.11	剪裁曲面	(130)
4.22.12	填充曲面	(132)
4.22.13	中面	(133)
4.22.14	替换面	(134)
4.22.15	删除面	(134)
4.22.16	解除剪裁曲面	(135)
4.23	本章小结	(137)
第五章	装配件三维设计	(142)
5.1	三维装配设计基础	(142)
5.1.1	装配体工具栏	(142)
5.1.2	装配图特征管理器	(143)
5.1.3	SolidWorks 2004 的配合操作	(144)
5.1.4	关于 Smartmatesr 操作	(150)
5.2	装配图中的零部件操作	(152)
5.2.1	零部件的插入	(152)
5.2.2	零部件的固定	(152)
5.2.3	零部件的删除	(153)
5.2.4	零部件的重装	(154)
5.2.5	零部件的移动与旋转	(154)
5.3	装配操作的一般步骤	(155)
5.3.1	新建装配体文件	(155)
5.3.2	向装配体中加入第一个零件	(156)
5.3.3	插入滑枕	(158)
5.3.4	添加配合——装配滑枕	(158)
5.3.5	插入连杆	(160)
5.3.6	添加连杆与滑枕的配合	(161)
5.3.7	插入上下铆钉并添加配合	(162)
5.3.8	插入手柄-圆盘-曲柄子装配体并添加配合	(164)
5.3.9	装配关系的修改	(166)
5.4	子装配体	(167)
5.4.1	创建子装配体	(167)

5.4.2 重组子装配体	(171)
5.4.3 解散子装配体	(175)
5.5 装配环境中的设计	(176)
5.5.1 零部件的属性	(176)
5.5.2 装配体特征	(178)
5.5.3 在装配环境中零部件的修改	(180)
5.5.4 在装配环境中设计新的零件	(182)
5.5.5 零部件阵列	(185)
5.5.6 零部件镜向	(188)
5.6 使用布局草图进行自顶而下的设计	(190)
5.7 装配体统计与检查及装配体动态仿真	(193)
5.7.1 装配体统计	(193)
5.7.2 用剖面视图检查配合面情况	(193)
5.7.3 干涉检查	(195)
5.7.4 装配图的动态仿真	(196)
5.7.5 碰撞检查与动态间隙	(198)
5.8 爆炸视图	(199)
5.9 连接重组与焊接	(206)
5.9.1 连接重组	(206)
5.9.2 焊接	(209)
5.10 模具设计	(216)
5.10.1 铸模工具栏简介	(216)
5.10.2 模具设计中的两个重要概念	(217)
5.10.3 模具设计的一般步骤	(220)
5.10.4 较为复杂的模具设计示例	(226)
第六章 生成工程图	(232)
6.1 工程图的生成方法	(232)
6.2 定义图纸格式	(234)
6.3 标准三视图的生成	(236)
6.4 模型视图的生成	(237)
6.5 派生视图的生成	(238)
6.5.1 剖面视图	(238)
6.5.2 旋转剖视图	(239)
6.5.3 投影视图	(241)
6.5.4 辅助视图	(241)
6.5.5 局部视图	(242)
6.6 操纵视图	(243)

6.6.1 移动和旋转视图	(244)
6.6.2 显示和隐藏	(245)
6.6.3 更改零部件的线型	(245)
6.6.4 图层	(246)
6.7 注解的标注	(247)
6.7.1 注释	(247)
6.7.2 表面粗糙度	(249)
6.7.3 形位公差	(249)
6.7.4 基准特征符号	(250)
6.8 分离工程图	(251)
6.9 打印工程图	(252)
第七章 COSMOSXpress 有限元分析工具.....	(254)
7.1 有限元分析技术	(254)
7.1.1 有限元法基本原理	(254)
7.1.2 有限元求解问题的基本步骤.....	(255)
7.2 COSMOSXpress 插件.....	(256)
7.3 使用 COSMOSXpress 设计分析向导.....	(257)
7.3.1 COSMOSXpress 设计分析向导的基本步骤.....	(257)
7.3.2 COSMOSXpress 应用实例.....	(258)

第一章 机械 CAD 概论

1.1 机械设计与机械 CAD

1.1.1 机械设计概述

所谓机械设计就是根据使用要求确定产品应该具备的功能,构想出产品的工作原理、运动方式、力和能量的传递方法、结构形状以及所用材料等事项,并转化为具体的描述,例如图纸和设计文件等,以此作为制造的依据。

机械设计是产品在设计、制造、装配、销售和使用整个生命周期中的第一个环节,也是最重要的环节,因为它对产品性能的影响通常占 80%。

机械设计一般经历以下几个阶段:

(1) 概念设计。通过调查研究,资料收集,仔细分析用户需求,在此基础上确定产品功能,进而构思方案,进行分析与论证,最后获得一组可行的原理性方案。

(2) 初步设计。从前一阶段一组可行性原理方案中选一个优化方案,绘制总布置草图,确定各部件基本结构和形状,建立相应数学模型,进行主要设计参数的分析计算与优化。

(3) 详细设计。确定设计对象的细部结构,最终完成总布置图和零、部件图,并编写技术文件。

详细设计的终结并不意味着最终获得了一个好的设计。机械产品在经历了制造加工、样机测试、批量生产以及销售使用后,将返回大量信息,并对产品进行不断修改。由此可见,机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化的过程,在人工设计情况下,设计周期长,因此实现一定程度的设计自动化,缩短设计周期,降低设计成本,提高设计质量,就成为机械设计发展的迫切要求,正是在这样的背景下产生了计算机辅助设计。

1.1.2 CAD 的基本概念

计算机的出现和发展实现了将人类从繁琐的脑力劳动中解放出来的愿望。早在 40 多年前,计算机就已作为重要的工具,辅助人类承担一些单调、重复的劳动,如辅助工程图样的绘制等,在此基础上逐渐出现了 CAD(计算机辅助设计)的概念。

CAD 在早期是英文 Computer Aided Drafting(计算机辅助绘图)的缩写,随着计算机软硬件技术的发展,人们逐步认识到单纯使用计算机绘图还不能称之为计算机辅助设计;真正的设计是整个产品的设计,它包括产品的构思、功能设计、结构分析、加工制造等。二维工程图设计只是产品设计中的一小部分;于是 CAD 的缩写也由 Computer Aided Drafting 改为 Computer Aided Design, CAD 也不再仅仅是辅助绘图,而是整个产品的辅助设计,也就是利

用计算机强大而又快速的数据处理能力和丰富而又灵活的图文处理功能,帮助设计人员完成繁杂的设计任务,提高工作效率和质量。

1.1.3 机械 CAD 方法概述

计算机辅助设计包括的内容很多,如:概念设计、优化设计、有限元分析、计算机仿真、计算机辅助绘图、计算机辅助设计过程管理等。在工程设计中,一般包括两种内容:带有创造性的设计(方案的构思、工作原理的拟定等)和非创造性的工作,如绘图、设计计算等。创造性的设计需要发挥人的创造性思维能力,创造出以前不存在的设计方案,这项工作一般应由人来完成。非创造性的工作是一些繁琐重复性的计算分析和信息检索,完全可以借助计算机来完成。一个好的计算机辅助设计系统既能充分发挥人的创造性作用,又能充分利用计算机的高速分析计算能力,即要找到人和计算机的最佳结合点。

下面我们从不同的角度对其分别进行说明:

从设计方法学的角度看,在 CAD 中人与计算机密切合作,在决定设计策略、信息处理、修改设计及分析计算等方面充分发挥各自的特长。例如计算机在信息存储与检索、分析与计算、图形与文字处理以及代替人做大量重复枯燥工作等方面有特殊优点;但在设计策略、逻辑控制、信息组织及发挥经验和创造性方面,人将起主导作用。因此二者的有机结合必然能提高设计质量、缩短设计周期、降低设计费用。

从技术角度看,20 世纪 60 年代初出现的 CAD 主要解决自动绘图问题,随着计算机硬、软件技术及其他相关技术的发展,现在的 CAD 已成为一门综合性应用新技术,它涉及到以下基础技术。

(1) 图形处理技术。如二维交互图形技术、三维几何造型及其他图形输入输出技术。

(2) 工程分析技术。如有限元分析、优化设计方法、物理特性计算(如面积、体积、惯性矩等)、模拟仿真以及各行各业中的工程分析等。

(3) 数据管理与数据交换技术。如数据库管理、不同 CAD 系统间的数据交换和接口等。

(4) 文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。

(5) 软件设计技术。如窗口界面、软件工程规范及其工具系统的使用等。

必须指出,CAD 不是完全的设计自动化,实践证明完全的设计自动化是非常困难的,为此曾经走过弯路。CAD 是将人的主导性与创造性放在首要地位,同时充分发挥计算机的长处,使二者有机地结合起来,因此人机信息交流及交互工作方式是 CAD 系统最显著的特点。图 1-1 表示了 CAD 系统的工作过程。

该图表示了整个设计过程中的一个子过程,此时假设概念设计已经完成,于是首先定义产品的几何模型,并将其转换成具体的数据,然后根据后续工作抽取模型中有关数据进行处理,例如变成有限元网格数据,接着进行工程分析及计算,根据计算结果决定是否要对设计进行修改,修改满意后进行详细设计,接着编制全部设计文档,输出工程图。

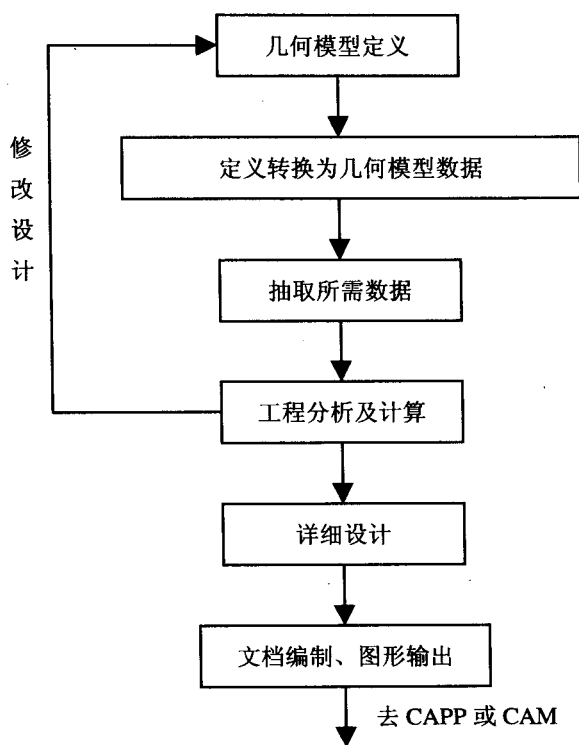


图 1-1 机械 CAD 过程

1.1.4 CAD 与其他计算辅助方法的关系

CAD 是 CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)、CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 和 PDM (Product Data Management, 产品数据管理) 的基础。在 CAE 中, 无论是单个零件还是整机的有限元分析及机构的运动分析, 都需要 CAD 为其造型、装配; 在 CAM 中, 则需要 CAD 进行曲面设计、复杂零件造型和模具设计; 而 PDM 则更需要 CAD 进行产品装配后的关系及所有零件的明细 (材料、件数、重量等)。在 CAD 中对零件及部件所做的任何改变, 都会在 CAE、CAM 和 PDM 中有所反应。

现在的 CAD 过程往往与计算机辅助工艺规程设计 (CAPP: Computer Aided Process Planning) 及数控自动编程连在一起, 形成集成的 CAD / CAM 系统。图 1-2 给出了这种系统的工作流程图。图中一开始先根据市场需求确定产品的性能要求, 然后用专家系统进行产品方案设计, 由此再进行几何建模、工程分析、直到产生详细的工程图。CAPP 的功能是进行零件加工工艺路线及工序的编制, 它的作用除为生产调度及控制提供信息外, 也为 NC 自动编程提供所需信息。NC 自动编程部分生成刀具加工轨迹并在屏幕上进行加工仿真, 检查无误后, 经后置处理生成加工代码, 控制机床进行加工。该图左边是工程数据库, 构成了信息交换与集成的基础。

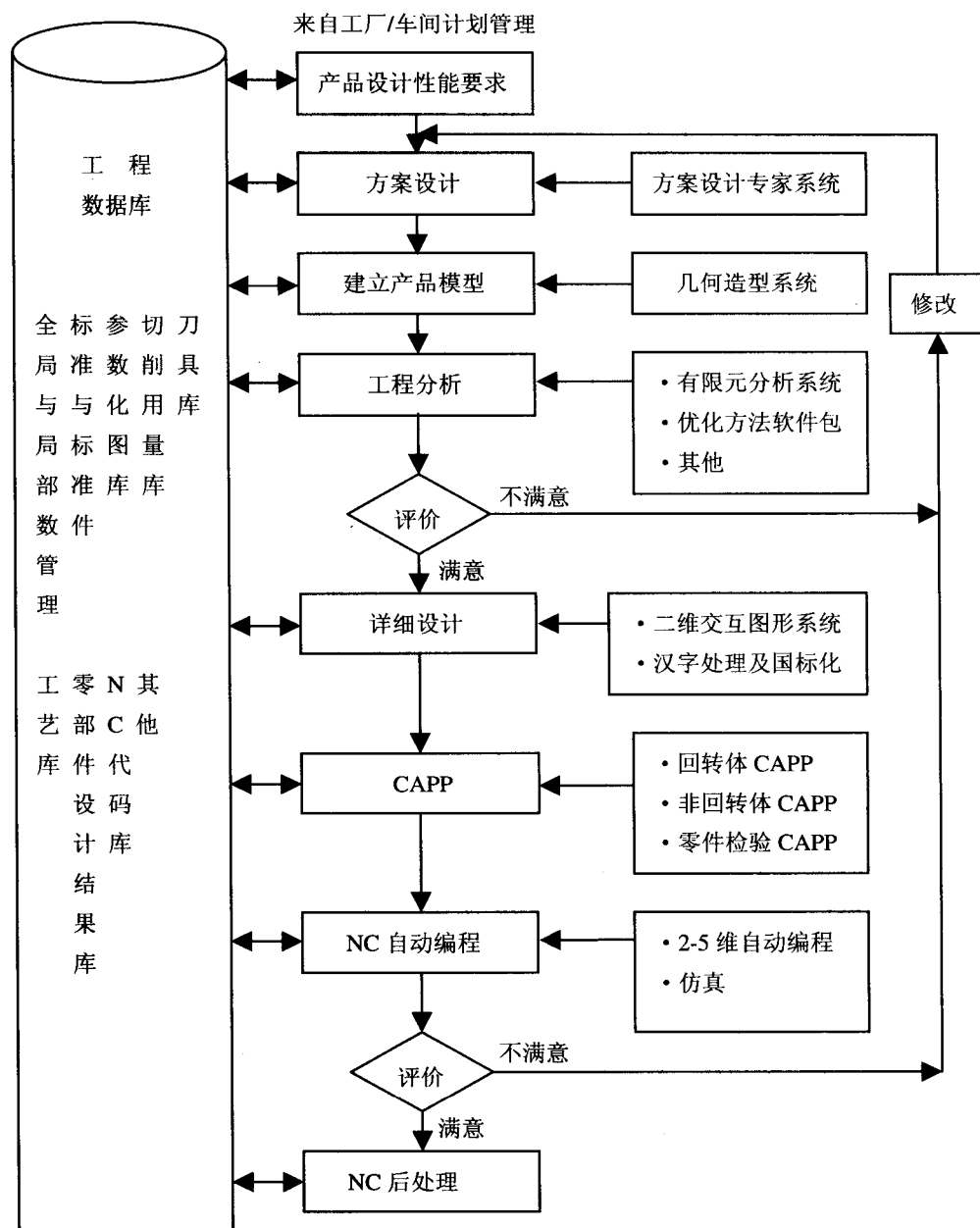


图 1-2 CAD/CAM 系统工作流程图

总之，从计算机科学的角度看，设计与制造的过程是一个关于产品信息的产生、处理、交换和管理的过程。人们利用计算机作为主要技术手段，对产品从构思到投放市场的整个过程中的信息进行分析和处理，生成和运用各种数字信息和图形信息，进行产品的设计与制造。CAD/CAM 技术不是传统设计、制造流程和方法的简单映像，也不是局限于在个别步骤或环

节中部分地使用计算机作为工具,而是将计算机科学与工程领域的专业技术以及人的智慧和经验以现代的科学方法为指导结合起来,在设计、制造的全过程中各尽所长,尽可能地利用计算机代替工程技术人员完成整个过程,以获得最佳效果。CAD/CAM 系统以计算机硬件、软件为支持环境,通过各个功能模块(分系统)实现对产品的描述、计算、分析、优化、绘图、工艺规程设计、仿真以及 NC 加工。而广义的 CAD/CAM 集成系统还应包括生产规划、管理、质量控制等方面。

1.2 CAD 技术的发展历程及发展趋势

1.2.1 CAD 技术的发展历程

CAD 技术从产生到现在,经历了形成、发展、提高和集成等阶段。

1. 准备和酝酿时期(20 世纪 50—60 年代初)

自 1946 年世界上第一台电子计算机在美国出现后,人们就不断地将计算机技术引入机械设计、制造领域。早在 50 年代,首次研制成功数控机床,通过不同的数控程序就可以实现对不同零件的加工,产生了 CAD 的最初概念。1950 年,美国麻省理工学院在它研制的名为旋风的计算机上采用了阴极射线管(CRT)做成的图形终端,并能被动地显示图形。50 年代后半期出现了光笔,由此开始了交互式计算机图形学的研究。

至 60 年代,由于交互式图形生成技术的出现,促使了计算机辅助设计技术的迅速发展。麻省理工学院的研究生 I.E.Sutherland 在他的论文《人机对话图形通信系统》中首次提出了计算机图形学、交互技术及图形符号的存储采用分层的数据结构等思想,对 CAD 技术的应用起到了重要的推动作用。1962 年美国学者 Ivan Sutherland 研究出了名为 Sketchpad 的系统,这是一个交互式图形系统,能在屏幕上进行图形设计与修改。从此掀起了大规模研究计算机图形学的热潮,并开始出现 CAD 这一术语。

2. 蓬勃发展和进入应用时期(20 世纪 60—70 年代)

60 年代末期到 70 年代中期,是 CAD 技术趋于成熟的阶段。这一时期计算机硬件的性能价格比不断提高;数据库管理系统等软件陆续开发;以小型和超级小型计算机为主机的 CAD 系统进入市场并形成主流。20 世纪 60 年代末,显示技术的突破使 CAD 系统的性能价格比大幅度提高,用户以每年 30% 的速度增加,形成 CAD 产业。

1964 年美国通用汽车公司宣布了它们的 DAC-1 系统,1965 年洛克希德飞机公司推出了 CADAM 系统,贝尔电话公司宣布了 GRAPHIC-1 系统等。但由于当时刷新式图形显示器价格十分昂贵,因此 CAD 系统很难普及与推广。60 年代后期存储管式显示器以其低廉的价格进入市场,使 CAD 系统的成本一下子下降了许多,变得能为许多企业所接受。于是出现了一批厂商,他们将硬、软件放在一起成套出售给用户,即所谓 Turnkey 系统(交钥匙系统),并很快形成了 CAD / CAM 产业。

70 年代,计算机交互图形技术日渐成熟并在工业界中日益得到应用。此时各种论文、文