



普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械CAD

主 编 程晓民

副主编 朱传敏



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机 械 CAD

主 编 程晓民
副主编 朱传敏
参 编 范 伟 林克伟
柳青松 叶平华
主 审 郑 堤

机 械 工 业 出 版 社

本书是作者多年教学改革实践的经验总结。本书将计算机辅助设计过程中的基本理论与具体的造型及加工有机地结合起来,用统一的理论框架介绍数据处理技术、图形处理技术、三维造型技术、CAD与CAM的接口技术,并且采用连环画的形式讲述常用三维软件的造型方法和生成数控加工程序的过程。因此,能够在较少的学时内讲授更多的内容,适应了机械CAD的发展。

本书第一章介绍机械CAD概述;第二章介绍数表的程序化、线图的程序化、数表和线图的公式化、建立工程数据库等常用工程数据的计算机处理技术;第三章介绍图形文件和常用图形文件格式、三维图形的表示方法、特征造型以及图形文件、数据文件、程序文件的交互;第四章介绍CAD/CAM一体化技术及相关的硬件接口;第五章介绍CATIA软件、Cimatron软件、UG软件生成数控加工程序的方法步骤;第六章介绍SolidWorks 2003软件的安装和基本功能;第七章介绍利用SolidWorks 2003软件进行草图绘制、特征建模及高级特征建模;第八章介绍装配体的配合、零件工程图、装配工程图以及工程图详解;第九章介绍SolidWorks 2003软件的二次开发、常用插件、Photoworks功能、Aminator功能和COSMOSXpress功能;第十章以减速器为例介绍零件设计、零件的装配及装配方法、三维装配图与爆炸图的生成、以及装配工程图的生成等。

本书可以作为高等工科院校机械制造及其自动化、机电一体化、机械设计理论、工业工程等专业的教材,也可以作为其他相关专业的教学辅导用书,以及工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械CAD/程晓民主编. —北京:机械工业出版社,
2004.5

普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 7-111-13919-4

I. 机… II. 程… III. 机械设计:计算机辅助设计
—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第006708号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:邓海平

责任编辑:董连仁 版式设计:张世琴 责任校对:魏俊云

封面设计:张静 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年4月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·12.75印张·312千字

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

CAD 技术是制造领域内广泛采用的关键技术,《机械 CAD》已成为机械类与近机类专业课程教学的重要内容。但是在已往的《机械 CAD》教科书中,大多偏重于 CAD 技术的讲解,仍停留在二维造型软件的水平,而在具体领域的应用涉及较少。有些书单纯地讲述机械零件的 CAD,而没有站在系统的、全局的高度。事实上,随着应用范围的扩大,机械 CAD 技术在内容上不断扩展和更新,设计与制造越来越趋于融合。因此,本书以 CAD 与 CAM 的内在联系为切入点,以系统的观念,配合大量的实例,讲述机械 CAD 的建模、造型、信息处理方法及过程、CAD 系统与 CAM 系统的软硬件接口和数控程序的生成。另外,本书采用三维造型软件 SolidWorks2003,借助于连环画的形式,使造型过程简单明了、易学易记。经过几年的教学实践证明,这种教材体系能够在较少的学时内讲授更多的内容,使学生能够更深入地理解和掌握机械 CAD 的理论和内涵。

全书分三部分,共十章。

第一部分包括第一、二、三章,讲述机械 CAD 的原理及数据处理技术和图形技术。其中:第一章介绍机械 CAD 概述;第二章介绍数表的程序化、线图的程序化、数表和线图的公式化、建立工程数据库等常用工程数据的计算机处理技术;第三章介绍图形文件和常用图形文件格式、三维图形的表示方法、特征造型以及图形文件、数据文件、程序文件的交互。

第二部分包括第四章和第五章,讲述 CAD 与 CAM 的软件及硬件接口技术。其中:第四章介绍 CAD/CAM 一体化技术及相关的硬件接口;第五章介绍 CATIA 软件、Cimatron 软件、UG 软件生成数控加工程序的方法与步骤。

第三部分包括第六、七、八、九、十章,讲述 SolidWorks 2003 软件及其应用。其中:第六章介绍 SolidWorks 2003 软件的安装和基本功能;第七章介绍利用 SolidWorks 2003 软件进行草图绘制、特征建模及高级特征建模;第八章介绍装配体的配合、零件工程图、装配工程图以及工程图详解;第九章介绍 SolidWorks 2003 软件的二次开发、常用插件、PhotoWorks 功能、Aminator 功能和 COSMOSXpress 功能;第十章以减速器为例介绍零件设计、零件的装配及装配方法、三维装配图的生成、爆炸图的生成、装配工程图的生成等。

本书可以作为高等工科院校机械类与近机类学生的教学用书,或者工程技术人员的参考用书,教学时数为 40 学时。为适应各类不同院校、不同专业的教学需要,教师可根据各校具体情况选择其中的部分章节,如只选择第六章至第十章的内容,仍能保持整个教材体系结构的完整性。讲授本课程时,应配合适当的实验环节。实验环节包括上机操作和程序编制,教材中章后的习题可作为上机实验的内容。教材涉及到的程序统一用 C 语言进行编写。

本书被列入普通高等教育“十五”国家级规划教材,历经二年试用,经多次修改与实践得以完稿。本书由程晓民担任主编,朱传敏担任副主编。编写人员的分工如下:程晓民(第二章,第五章第一节);朱传敏(第六、七、八、九、十章);范伟和林克伟(第三章、第四章、第五章第三节);柳青松(第一章);叶平华(第五章第二节)。全书由程晓民统稿,宁波大学郑堤主审。

IV

本书在编写过程中得到硕士研究生王锡浩的积极参与和机工出版社的大力支持，在此表示感谢！

由于作者水平有限，书中会存在缺点和错误，欢迎使用本书的师生、工程技术人员和广大读者提出宝贵意见。

编 者
于浙江宁波

目 录

前言

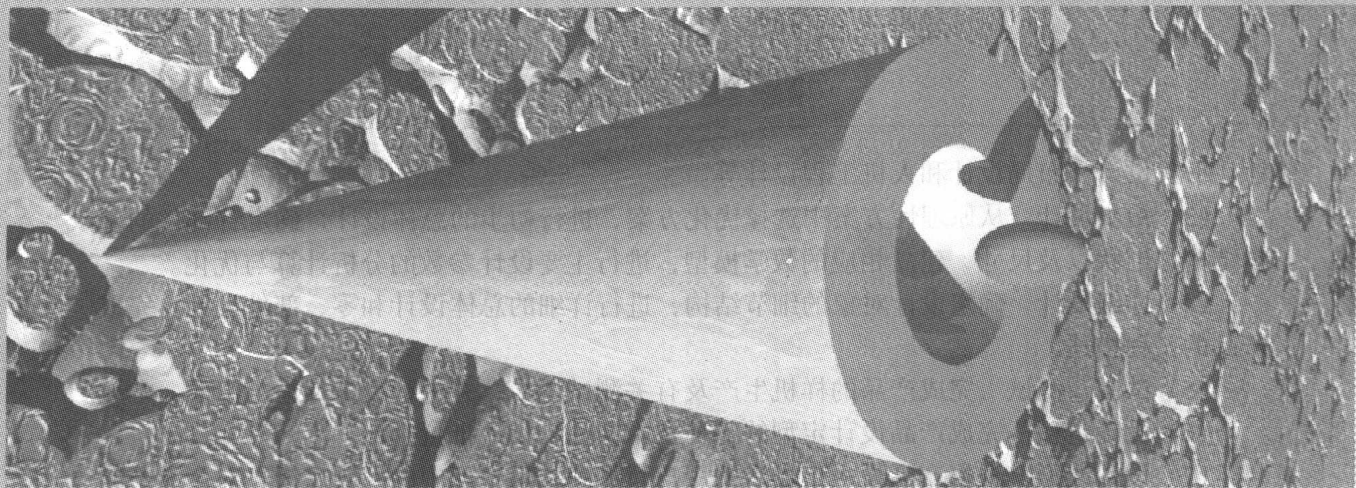
第一章 机械 CAD 概述	1
第一节 产品设计与 CAD 技术	1
一、产品设计过程与 CAD 工作过程	1
二、CAD 的优点与意义	3
三、机械 CAD 系统的组成与分类	3
第二节 机械 CAD 系统的硬件 及软件	5
一、机械 CAD 系统的硬件	5
二、机械 CAD 系统的软件	6
第三节 机械 CAD 系统的设计与选择	9
一、CAD 系统的选型	9
二、CAD 系统选型的基本要素	9
三、选择机械 CAD 系统的原则	11
习题及思考题	11
第二章 常用工程数据的计算机 处理	12
第一节 数表的程序化	13
一、不需要插值运算的数表程序化	13
二、需要插值运算的数表程序化	18
第二节 线图的程序化	20
一、一般线图的程序化	21
二、形图的程序化	22
第三节 数表和线图的公式化	25
一、本身存在函数关系的数据程序化	25
二、线图的公式化	26
第四节 工程数据库的建立及使用	29
一、Visual Fox Pro 6.0 表中的数据 类型及说明	29
二、使用“表设计器”创建表	29
三、查看表的信息	32
四、修改表	35
五、定制表	37
六、建立索引	40
习题及思考题	42
第三章 图形文件和图形处理 技术	44

第一节 图形文件	44
一、图形名称对照表	45
二、图形元素表	45
三、图组的调用参数表	46
四、图层文件表	46
五、图形实体表	47
六、删除实体表	47
七、图形文件表头	47
第二节 三维图形的表示方法及 特征造型	47
一、三维物体的常用表示方法	48
二、特征造型技术	53
第三节 图形文件与数据文件、程序 文件的交互	56
一、常用图形文件格式	56
二、CAD 系统内部的文件交互	60
三、图形库、数据库与程序库间的 文件交互	62
习题及思考题	65
第四章 CAD/CAM 一体化 技术简介	66
第一节 CAD/CAM 一体化技术简介	66
一、CAD/CAM 的含义	66
二、CAD/CAM 现状及发展趋势	67
第二节 CAD 系统与数控机床硬件接口 及其实现	68
一、接口的功能和类型	68
二、接口的硬件实现	70
习题及思考题	75
第五章 利用三维造型软件生成 数控加工程序	76
第一节 利用 CATIA 软件生成数控加工 程序	76
一、调入零件, 进入加工模块	76
二、设定加工参数	76
三、模拟加工	83

四、NC 代码的生成及后处理	83	二、生成平行基准面	126
第二节 利用 Cimatron 软件生成数控		第四节 基本特征建模	127
加工程序	87	一、拉伸凸台/基体	127
一、调入零件, 进入加工模块	87	二、拉伸切除	128
二、设定加工参数	89	三、旋转凸台/基体	129
三、模拟加工与后处理	93	四、旋转切除	131
第三节 利用 UG 软件生成数控		五、扫描	131
加工程序	96	六、放样	133
一、制造加工流程	96	第五节 高级特征建模	133
二、过程实现	97	一、用引导线的扫描特征操作	133
第六章 SolidWorks 简介	101	二、用引导线和轮廓放样的操作	135
第一节 SolidWorks 软件的安装	102	三、用中心线放样的操作	136
第二节 SolidWorks 软件基本功能介绍	109	第八章 SolidWorks 零件装配	
一、Top Down (自上向下) 的设计	109	和工程图	139
二、Down Top (自下向上) 的设计	109	第一节 装配体基础	139
三、配置管理	109	一、SolidWorks 的装配工具栏	139
四、易用性及对传统数据格式的支持	110	二、装配方法	139
第三节 SolidWorks 软件使用基础	110	三、装配实例	140
一、特征建模基础	110	第二节 装配体的配合	142
二、工作窗口知识	110	一、零件重合操作	142
三、工作环境设置	111	二、零件相切操作	143
四、快捷键介绍	112	三、零件成指定角度的操作	143
五、特征建模的基本步骤	113	第三节 工程图基础	144
六、SolidWorks 2003 软件文件的输入和输出	113	一、工程图的工具栏说明	144
第七章 SolidWorks 2003 特征建模	117	二、绘制工程图的步骤	145
第一节 绘制草图图形	117	三、工程图的标注和注释	147
一、草图绘制过程	117	第四节 零件工程图	147
二、草图绘制环境的设置	117	一、生成标准三视图	147
三、基本几何元素绘制	120	二、生成投影视图	149
四、绘制直线	121	三、生成辅助视图	149
五、绘制多边形	121	四、生成预定义视图	149
第二节 添加几何关系	122	第五节 装配工程图	151
一、设定三个圆的相等关系	123	一、生成装配工程图	151
二、依次添加其他几何约束关系	124	二、生成局部视图	152
三、改变尺寸不影响几何约束	124	三、生成剖面视图	153
四、显示与删除几何约束	124	四、生成断开的剖面视图	153
五、图形区中显示几何约束关系	124	第六节 工程图详解	155
第三节 建立基准面	125	一、三维模型转换成工程图	155
一、生成基准面	126	二、表面粗糙度符号的标注方法	157
		三、基准特征符号的标注方法	157
		四、中心线的标注方法	157
		第九章 SolidWorks 软件功能	

的扩充	159
第一节 SolidWorks 软件的二次开发	159
一、OLE 技术及 SolidWorks 中的 OLE 自动化技术	159
二、SolidWorks 的主要 OLE 对象 介绍	160
第二节 SolidWorks 软件的常用插件	161
第三节 PhotoWorks 功能介绍及 使用方法	162
一、打开或新建模型	162
二、设定渲染选项	163
三、添加材质	163
四、更改颜色	164
五、编辑材质	165
六、选择布景	166
七、更改光源	167
第四节 Aminator 功能介绍及使用 方法	169

一、生成动画的基本方式	169
二、用动画向导生成旋转动画	169
三、用动画向导生成爆炸动画	169
四、通过添加路径生成动画	172
第五节 COSMOSXpress 功能介绍及 使用方法	174
第十章 SolidWorks 产品开发	
案例	181
第一节 SolidWorks 产品开发方法	181
一、自下向上的建模方法	181
二、自上向下的建模方法	182
第二节 减速器零件设计	182
一、齿轮减速器的形式	182
二、齿轮减速器的零件设计	182
第三节 减速器装配图	191
第四节 减速器工程图	193
参考文献	195



第一章

机械 CAD 概述

计算机辅助设计 (CAD—Computer Aided Design) 是利用计算机辅助设计人员进行快速、高效、高质、低设计成本、方便地完成产品设计任务的技术。CAD 技术起源于 20 世纪 50 年代末的美国麻省理工学院 SUTHERLAND 博士的研究工作, 如今, CAD 技术已发展成为以“计算机技术”和“计算机图形学”为技术基础, 并融合各工程学科知识 (即各应用领域中的设计理论与方法) 的一门综合性应用技术, 是现代设计方法及手段的综合体现。目前, CAD 技术广泛应用于机械、电子、建筑、土木工程、航天、纺织等领域, 并成为提高产品与工程设计水平、缩短产品开发周期、增强产品市场竞争力、提高劳动生产率的重要手段。

第一节 产品设计与 CAD 技术

一、产品设计过程与 CAD 工作过程

设计是指根据使用要求确定产品应具备的功能, 构思产品的工作原理、总体布局、运动方式、力和能量的传递、结构形式、产品形状、色彩、材质、工艺、人机工程等事项, 并转化为工程描述 (图样、设计文件等), 以此作为制造的依据。产品设计是将构思转化为有竞争力的产品的一个创新过程。因此, 设计是产品的生命, 也是产品制造的前提和基础。现代产品设计强调采用先进的设计方法和手段, 作为一门多学科综合性应用技术, CAD 技术就是现代设计方法及手段的综合体现。

1. 产品设计过程

一般情况下, 一个产品的设计要经历如下环节:

(1) 需求分析和可行性研究 通过市场调研分析用户需求, 进行产品开发的可行性研究与分析。

(2) 概念设计 在需求分析和可行性研究的基础上, 确定产品应具备的功能, 进行方案的构思、分析和论证, 确定一组可行的原理性方案。概念设计主要包括功能设计、原理设

计、形状设计、布局设计和人机工程设计等。

(3) 初步设计 从原理性方案中选择优化方案,进行初步的总体设计,确定各部件的基本结构、形状以及尺寸,建立相应的数学模型,进行主要设计参数的分析计算与优化。

(4) 详细设计 确定设计对象的细节结构,进行详细的总体设计和零、部件设计,完成产品的工程描述。

(5) 试制与测试 完成产品的样机生产及有关测试项目,并进行设计反馈与修改。

(6) 设计定型 完成产品设计定型的各种技术文件,投入批量生产。

(7) 设计改型 根据产品投入市场后的用户意见和批量生产中的问题反馈,对产品不断进行设计完善和修改。

现代产品设计强调全生命周期设计,即产品设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代过程。在产品的整个生命周期中,设计定型并不意味着设计工作的结束,只要产品还在生产和销售,就必将有大量反馈的用户信息和生产制造信息要求对产品不断进行修改。因此,设计贯穿于产品的整个生命周期。

2. CAD 的工作过程

CAD 工作过程可用图 1-1 表示,主要包括三方面的内容:

(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共享。

(2) 建立多功能交互式图形库 利用图形库可以进行二维图形及三维图形的信息处理,在此基础上绘制工程设计图样,建立标准零、部件图形库等处理工作。

(3) 建立应用程序库 汇集解决某一类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、常规设计程序、优化设计程序、有限元分析计算程序等。

在建立了产品设计数据库、图形库、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,根据设计要求建立产品模型。它包括几何模型和诸如材料处理、制造精度等非几何模型,并储存于数据库中。

2) 利用应用程序库中的各种应用程序,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) 运用交互式图形库,以人机交互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,甚至还能提供计算机辅助

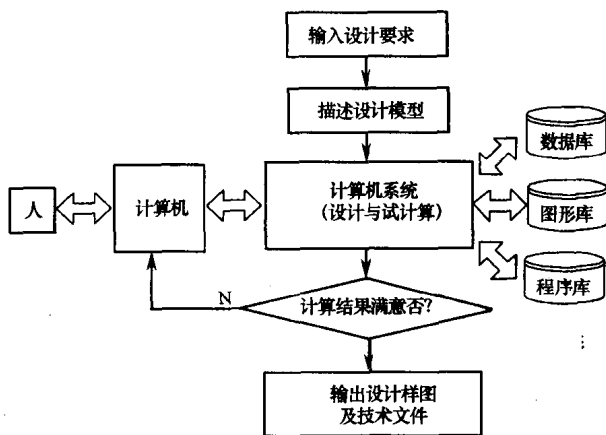


图 1-1 CAD 工作过程

工艺规程设计 (CAPP—Computer Aided Process Planning) 和计算机辅助制造 (CAM—Computer Aided Manufacturing) 所需的信息。

二、CAD 的优点与意义

通过以上对 CAD 的描述, 再与传统的手工设计手段 (笔 + 图板 + 丁字尺 + 三角板 + 笔擦 + 计算器等绘图和计算工具) 相比较, 不难理解应用 CAD 技术具有如下优点:

- 1) 提高设计工作效率, 缩短设计周期。
- 2) 提高设计质量。在数据库、程序库、图形库支持下, 应用人机交互方法可以在短时间内得到优化的设计结果; 同时在产品结构、能耗、材料等方面取得最佳效果。
- 3) 使设计人员从繁琐重复的设计工作中解放出来, 将精力投入到新技术开发和现代设计理论与方法研究之中, 进行计算机所不能替代的创造性设计工作。
- 4) 有利于产品标准化、系列化、通用化。应用 CAD 方法, 只需改变输入参数, 就能方便地实现产品系列设计, 有力地促进产品的标准化、系列化。
- 5) 有利于 CAM 的发展, 通过 CAD/CAM 集成, 实现产品设计与制造一体化。

三、机械 CAD 系统的组成与分类

CAD 系统通常根据系统的硬件组成或工作方法及功能进行分类。

1. 按硬件组成分类

CAD 技术是随着计算机技术的发展而迅速发展的。CAD 系统按其硬件组成并结合计算机技术的发展历程一般可分为五类: 主机型系统、小型机型系统、工作站型系统、微型机型系统和基于网络的微机—工作站型系统。

(1) 主机型 CAD 系统 主机型系统又称为大型机型系统, 这类系统以一台大 (中) 型计算机为中心, 采用分时操作系统集中支持几十个、甚至上百个 CAD 终端运行, 通常具有高速、大容量的内存和外存, 可配置高精度、高速度、大幅面的图形输入/输出设备, 用于运行规模较大的支撑软件或自行开发的大型应用软件, 可以将设计、分析、计算、图形处理等工作结合起来进行复杂的 CAD 工作。由于该系统是多用户系统, 因此, 系统共用一个集中的大型数据库。

主机型系统具有强大的应用处理功能, 但它要求使用单位具有雄厚的资金实力, 原始投资一般较大。另外, 一旦主机出现故障, 将影响所有用户, 而且, 使用终端用户的增加或计算工作量的加大均将使系统响应变慢, 主机型系统主要应用于少数的飞机、汽车、船舶等超大型企业。

(2) 小型机型 CAD 系统 小型机型 CAD 系统出现于 20 世纪 70 年代后期, 以小型机为主机, 通常带有几个至十几个终端, 是由从事 CAD 技术开发的公司专门为用户配置的计算机配套系统, 配有专用的硬件和软件, 且两者紧密结合、配套使用, 具有很强的工作针对性。该系统价格昂贵, 其 CAD 作业水平主要取决于所配置的软件功能。这类 CAD 系统适合于中等规模企业的应用要求。缺点是系统的针对性过强, 用户难以进一步开发, 应用范围受到限制。目前, 此类系统大多已被淘汰。

(3) 工作站型 CAD 系统 工作站包括工程工作站和图形工作站, 是为满足用户在工程和图形图像处理上的专业需求和克服原有大型计算机、小型计算机由于其系统庞大, 不能适应工程和图形处理中灵活多变的缺点而研制的专用计算机。工作站具有强大的科学计算、丰富的图形处理、灵活的窗口及网络管理等功能, 通过网络可以共享系统资源。由于工作站具

有便于逐步投资、逐步发展等优点,因而受到了用户的广泛欢迎。

(4) 微型 CAD 系统 微型 CAD 系统以微机作为主机,并配有高分辨率图形显示系统、大幅面绘图仪、大容量硬盘等 CAD 必备硬件,从而保证了 CAD 作业的顺利进行。起初,微型 CAD 系统主要用于绘制二维工程图和进行一些简单的三维设计,随着微机运算和图形处理性能的迅速提高,许多过去只能在工作站上运行的高端 CAD 支撑软件,目前均有移植到微机上的版本(如 CATIA、UG、Pro/E、I-DEAS 等),使微机 CAD 系统不仅具有较强的分析计算能力,而且还可以满足处理三维图形的要求。微型 CAD 系统具有丰富的商品化支撑软件与应用软件,其原始投资少、见效快、成本低、具有良好的可扩充性。因此,这类系统受到中小型企业和个人用户的普遍欢迎。

(5) 基于网络的微机—工作站型 CAD 系统 对于独立的微型 CAD 系统和在一定范围内联网的工作站型 CAD 系统,其作业的分散性和各自独立或孤岛式的工作方式,使得设计信息无法进行充分的交流,也无法使各种作业协调一致地进行。由于并行工程的要求和现代网络技术的迅速发展,使基于网络的微机—工作站型 CAD 系统得以实现并得到迅速发展。这类系统可以使分散于同一单位中不同部门、不同地点的微机及工作站共享软、硬件资源,充分和准确地交流设计信息,协调各种作业,完成并行工程。

2. 按工作方法及功能分类

CAD 系统按工作方法及功能大致分为四类:检索型 CAD 系统、自动型 CAD 系统、交互型 CAD 系统和智能型 CAD 系统。

(1) 检索型 CAD 系统 检索型 CAD 系统主要用于已经实现标准化、系列化、模块化的工程或产品结构。这些产品或工程的图样、有关程序都已存储在计算机内部。在设计过程中,用户只需按照要求给出不同的参数与设计数据,自动运行程序即可生成符合要求的电子图样;或在原有相似图形的基础上,按用户的技术要求及规范检索出所需要的零部件图,再在 CAD 软件系统中完成产品或工程的修改,组成装配图,并对产品的性能进行校核;在满足设计者要求的前提下,输出所需要的各种技术文件和图样。

(2) 自动型 CAD 系统 对于自动型 CAD 系统,用户根据产品或工程的性能、规格、要求输入基本参数后,不需要人工干预,系统即可按照既定的程序自动完成设计工作,并输出产品或工程设计的全部图样与技术文件。这类系统可用于设计理论成熟、计算公式确定、设计步骤和判别标准清楚、设计资料完备的产品或工程设计中。

(3) 交互型 CAD 系统 在一个产品的设计过程中,方案的决策及结构的布置要完全实现自动设计是非常困难的事情。交互型 CAD 系统可以最大限度地发挥计算机系统的高速运算能力、严格的逻辑推理能力以及大容量的信息存储能力,将设计人员在长期设计过程中积累的经验、智慧同 CAD 系统的优势结合起来,实现在交互方便、界面友好的环境下完成产品或工程的设计工作,使人机得到最佳的配合。交互型 CAD 系统也是软件开发中最容易实现的系统。

(4) 智能型 CAD 系统 现有的 CAD 技术在产品或工程设计中的大多数情况下只能做数值型工作,如计算、分析、绘图等。实际上,在设计过程中还存在着方案构思、最佳方案选择、结构设计优化、设计评价、决策等内容。这类工作往往需要根据一定的知识模型,采用推理的方法才能获得比较圆满的答案。将人工智能技术,特别是专家系统技术应用于产品和工程设计中,即形成专业领域的设计型专家系统,这就是智能型 CAD 系统。智能型 CAD 系

统主要由知识库、推理机、实时系统、知识获取系统和人机接口等组成,还包括各种先进技术的综合运用。当使用这样的系统时,用户只需输入设计对象的概念、用途、性能等信息,利用系统提供的推理、决策、计算和电子数据处理等各种机制,即可完成产品或工程的详细设计。

第二节 机械 CAD 系统的硬件及软件

一、机械 CAD 系统的硬件

机械 CAD 系统的硬件配置应具有较强的交互设备及图形输入、输出设备,即 CAD 系统有专门的输入及输出设备来处理图形的显示和输出,为产品的 CAD 工作过程提供一个良好的硬件环境。下面扼要介绍 CAD 系统的主要硬件设备。

1. 主机

主机由中央处理机(简写 CPU)及内存储器(简称内存)两部分组成。中央处理机包括运算器和控制器两部分。运算器负责执行指令所规定的算术和逻辑运算。控制器负责解释指令等操作,并控制指令的执行顺序,访问(查找)存储器等操作。内存储器是存放指令和数据的部件。CAD 系统选用哪种机型,要视所设计产品的生产规模、复杂程度、设计工作量大小等情况而定。微型机由于体积小、价格便宜、性能可靠,可用于开发中、小型 CAD 项目,已成为当前国内中、小企业采用的主要机型。

2. 外存储器(简称外存)

外存分为以下几种:

(1) 磁带 磁带工作可靠、价格低廉,但在其上记录的信息只能顺序存放,因而存取某些信息时往往要卷带及倒带,影响存取速度。它适用于使用不频繁的数据,目前已较少采用。

(2) 磁盘 磁盘分为硬盘、软盘、光盘三种。

1) 硬盘。硬盘存储容量大,可靠性高,存取速度比磁带快得多,可以作为随机存取装置,已成为 CAD 系统中不可缺少的设备。

2) 软盘。软盘有 3.5in 的软盘、优盘等。软盘的容量及存取速度虽不如硬盘,但携带方便,价格便宜,因此得到了广泛的应用。

3) 光盘。光盘是利用激光进行读写,比软盘具有更大的存储容量,被誉为“海量存储器”,又由于激光头与介质无接触,没有退磁问题,所以信息保存时间长,但其读写速度不如硬盘。

3. 图形输入设备

在 CAD 作业过程中,常需输入产品设计初始方案的结构与图形,以及建立常用零部件标准图形库。用户不仅要求能快速输入图形,而且还要求将输入的图形以人机交互方式进行修改,以及对输入的图形进行图形变换(如缩放、平移、旋转)。因此,图形的输入设备占有重要的地位。目前,CAD 系统常用的输入设备有如下几类:

(1) 键盘 键盘用来输入数据和程序;输入命令或执行命令;或者对屏幕图形、程序进行特殊的处理。

(2) 鼠标器 鼠标器主要用来控制显示屏上的光标位置。当鼠标器移动时,显示屏上的光标也随之移动。光标的位移与鼠标器的相对移动有关而与其绝对位置无关。

(3) 数字化仪 数字化仪也称图形输入板,其分辨率高、作图精度高、传输速度快、使用方便、功能强,通常是大中型 CAD 系统中较常采用的图形输入设备之一。数字化仪可以实现“指点操作”、“点菜单”、“徒手作图”功能。

(4) 工程图样自动扫描输入系统 工程图样自动扫描输入系统可高速完成图样输入任务,能对蓝图进行消蓝、去污以及平滑处理,利用光盘存储,是建立大型图库常用的 CAD 设备。

其他图形输入设备,如光笔、操纵杆、跟踪球等,一般均与专用 CAD 系统一起配置。

4. 图形输出设备

(1) 图形显示器 选择 CAD 图形显示系统时,分辨率越高,显示效果也越好,但价格也随之升高。由于显示器分辨率并不影响图形输出到自动绘图机上的绘图精度,而且一般图形显示系统的支撑软件大多具有能在显示图形中截取部分图形,进行缩小或放大,以及可使图形在显示器上平移的功能,因而不必盲目追求图形显示系统的高分辨率,以避免设备成本提高。

(2) 绘图机 绘图机是一种高速、高精度的图形输出装置,它可将已输入到 CAD 系统中的工程图样,或将在图形显示屏上已完成的结构设计图形绘制到图纸上,进行硬拷贝。自动绘图机的性能指标主要有:绘图面积、绘图速度、重复精度、步距、笔型(单色、多色)等。自动绘图机按其工作方式分成两大类:

1) 平台式绘图机。平台式绘图机由绘图平台、导轨、驱动机构、笔架等几部分组成,具有 X 方向及 Y 方向两组导轨,横梁可沿 X 方向导轨移动,笔架则沿固定在横梁上的 Y 方向导轨移动,它均由步进电动机驱动。平台式绘图机绘图速度快、精度高,在绘图时可在台面上看到整个作图过程,便于监视。

2) 滚筒式绘图机。滚筒式绘图机的主要特点是将横梁沿 X 方向的运动,由滚筒带动图纸的运动来实现,因而具有结构简单、图纸长度不受限制、价格便宜、占工作室面积比平台式小等优点,但绘图精度比平台式低。滚筒式绘图机工作时滚筒带动图纸由里向外单向运动,类似打印机的打印过程。

(3) 打印机 打印机是廉价的产生图样硬拷贝的设备,按机械动作常分为撞击式和非撞击式两种。撞击式打印机以输出字符为主,有时也利用它输出一些精度不高的图形。非撞击式打印机有喷墨打印机、激光打印机等,这类打印设备打印速度快、噪声小,既可以打印字符,也有良好的图形输出效果,已逐步取代了撞击式打印机。选择打印机时,应注意其工作的可靠性、打印速度、工作寿命、汉字功能、图形效果及性能价格比。

二、机械 CAD 系统的软件

拥有了硬件之后,软件配置水平便决定了整个 CAD 系统性能的优劣。硬件是 CAD 系统的物质基础,而软件则是 CAD 系统的核心。从 CAD 系统发展趋势来看,软件占据了越来越重要的地位。

CAD 系统软件可分成三个层次:系统软件(一级软件)、支撑软件(二级软件)、应用软件(三级软件)。

1. 系统软件

系统软件主要用于计算机的管理、维护、控制及运行,以及计算机程序的翻译、装入和运行。它有几类:

(1) 操作系统 操作系统种类很多,版本也在不断更新,目前常用的有 WINDOWS、UNIX、XENIX 等。操作系统的主要功能有:①文件管理,即在磁盘上建立、存储、删除、检索文件;②设备管理,即管理计算机输入输出等硬件设备。

(2) 编译系统 编译系统的作用是将用高级语言编写的程序,翻译成计算机能够直接执行的机器指令。有了编译系统,用户就可应用接近于人类自然语言和数学语言的方式来编写程序,翻译成机器指令,这样就有可能使非计算机专业的各类工程技术人员很容易地应用计算机来实现其目的。

2. CAD 支撑软件

支撑软件是机械 CAD 软件系统的核心。它是为满足 CAD 作业中一些用户的共同需要而开发的通用软件。近年来,由于计算机应用领域迅速扩大,支撑软件的开发研制有了很大的进展,推出了种类繁多的商品化支撑软件,其中比较通用的有以下几类。

(1) 计算分析软件 它主要用来解决工程设计中各类数值计算问题,主要有:

1) 数值计算程序库。它可提供诸如解微分方程、线性代数方程、数值积分、有限差分以及曲线曲面拟合等数学问题的计算机程序。

2) 有限元结构分析软件。有限元法在理论与方法上均已比较成熟,在工程设计上应用十分广泛。有限元分析软件有 SAPV、ADINA、NASTRAN、ANSYS 等,它们均具有较强的前、后处理功能。

3) 优化设计软件。它是在最优化数学理论和现代计算技术基础上,运用计算机寻求设计的最佳方案。随着优化技术的发展,国内外已有许多成熟的算法和相应的计算机程序。

(2) 图形处理软件 图形处理软件可分为图形处理语言及交互式绘图软件两种类型。

1) 图形处理语言。它通常以子程序或指令形式提供一整套绘图语句,供用户在以高级语言编程时调用。如美国 Tektronix 公司研制的 PLOT10 图形程序库,可以用 FORTRAN 语言中的 CALL 语句来调用。此外,还有绘图机指令 RD/GL、DM/PL、HP/GL 等均属此类。应用图形处理语言及高级语言编制的程序,既有较强的计算能力,又具有图形显示或绘图功能。遗憾的是,这类图形处理语言往往由硬件生产厂家提供,因而受到硬件设备型号的制约,不像程序设计中的高级语言那样有良好的通用性,使编制的程序也只能在规定的硬件环境下才能执行,因此为推广应用造成一定困难。

2) 交互式绘图软件。它可用人机交互式(如菜单方式、问答式)生成图形,进行图形编辑(对图形增删、缩放、平移等)、标注尺寸、拼装图形等图形处理工作,省却了编程的麻烦。在微机上可执行的著名交互式绘图软件有 AutoCAD、CADKEY、MicroCAD 等,这些软件均具有二维及三维绘图功能,只是在三维图形功能强弱上有所差别。此外,国内外流行的三维实体建模软件有 CATIA、ICEM、EUCLD、IDEAS、Solidedge、Solidworks 等,它们的可执行语句在 10 万句~50 万句之间,软件规模很大,并具有较强的三维几何建模、消除隐藏线及生成阴阳图像能力。

(3) 数据库管理系统软件 数据库管理系统(DBMS—Data Base Management System)是在操作系统基础上建立的操纵和管理数据库的软件,它满足了庞大的数据处理和信息交换的需要。数据库管理系统除了可保证数据资源共享、信息保密、数据安全之外,还能尽量减少数据库内数据的重复。用户使用数据库都是通过数据库管理系统,因而它也是用户与数据之间的接口。

CAD 系统的数据类型及数据关系复杂,而且信息往往是动态的,因此,适用于 CAD 系统的数据库管理系统,有别于商用数据库管理系统。目前,产品数据管理软件 PDM (Product Data Management) 正在产品及工程设计领域的数据库管理方面发挥着越来越大的作用。

(4) 计算机网络工程软件 网络型 CAD 系统将成为微机及工作站 CAD 的主要使用环境之一。在微机网络工程中,网络系统软件是必不可少的。如 NETWARE 就是 NOVELL 公司专门为该公司微机局域网产品设计的网络系统软件,它包括服务器操作系统、文件服务器软件、通信软件等。应用这些软件可进行网络文件系统管理、存储器管理、任务调度、用户间通信、软硬件共享等工作。

3. 典型的 CAD 应用软件

应用软件是在系统软件、支撑软件基础上,针对某一专门应用领域而研制的软件。这类软件通常由用户结合当前设计工作需要自行研究开发,此项工作又称为“二次开发”,如模具设计软件、电器设计软件、机械零件设计软件、机床设计软件,以及汽车、船舶、飞机设计制造专用软件,均属应用软件。

专家系统也可以认为是一种应用软件。在设计过程中有相当一部分工作不是计算及绘图,而是依靠本领域专家的丰富实践经验和专门知识,经过专家系统进行思维、推理与判断才获得解决,使计算机的工作竭力模拟专家解决问题的过程。在人工智能技术发展的基础上,近年来专家系统技术有了迅速的发展,如工业汽轮机总体方案设计专家系统、圆柱齿轮减速器设计专家系统等,均已投入工业设计应用。CAD 应用软件将运用专家系统的概念和方法,使 CAD 进一步向智能化、自动化方向发展。目前,常用的 CAD 应用软件有:

(1) UG 软件 由美国 UGS 公司开发。软件运行环境为 WindowsNT/UNIX 操作系统,其主要特点是以 Parasolid 为平台,有 IMAN 数据管理软件,可与多种设计、造型、分析、制造软件集成,并且可以和新一代低成本的 Solidedge 软件集成,并有完善的维护支持系统。

(2) Cimatron 软件 制造商为以色列 Cimatron 有限公司。软件运行环境为 WindowsNT/UNIX 操作系统,是一个集成的 CAD/CAM/PDM 系统,可以为用户提供从数据到产品的解决方案,用户可以完成从数据接口到面向制造的设计,再到 NC 加工的整个过程。其曲面和实体造型设计工具可以满足任何复杂而详细的处理要求,可以为实际零件产生精确的加工轨迹。

(3) MDT 软件 美国 Autodesk 公司的产品。它是 2D/3D 一体化设计系统,具有实体造型和曲面造型功能、工程分析及装配功能、三维模型与二维视图自动关联能力,适合 AutoCAD 软件的升级,普及性好,国内的支持能力较强。

(4) SolidWorks 软件 它是生信实维公司产品,具有高级曲面造型、大型装配能力。其内置产品数据管理,基于 Internet 的设计交流工具,动态干涉检查、实时间隙检测,适合机械设计、装配设计、钣金设计,可以和有限元分析、运动分析、NC 加工集成为机械产品设计系统。设计完成后还可以进行实时的仿真,是非常受欢迎的 CAD/CAM 系统。

(5) GRADE/CUBE-NC 软件 日立造船软件公司产品,是以加工为目的的 CAD/CAM 系统,具有卓越的三维造型技术,充分考虑加工工艺的高速性、高效率、高精度加工能力,在日本被广泛应用于家电、汽车、机械制造、模具等行业。

(6) CAXA 软件 北航海尔软件有限公司产品。引入先进的参数化特征造型技术,可以生成 3D 复杂曲面及 NURBS 造型,支持模具设计 2~3 轴、4~5 轴数控加工,可以完成刀具路径仿真、测量数据造型、多种 NC 加工的后置处理,提供二维图样自动创建工具,一次生

成各向视图。另外,它可以满足编写各种零件说明及工艺文件的要求。

(7) 金银花系列软件 广州红地技术有限公司产品。它能够处理大型复杂的零部件装配、设计,自动生成符合国家标准二维工程图样,具备零件设计、装配设计、工程图样设计、高级曲面设计、高级渲染、三维标准件库六大模块,具有广泛的数据接口,可与多种 CAD/CAM/CAE/PDM 系统交换产品数据。

(8) Solidedge 软件 美国 UG 公司产品。它采用 Stream 技术,基于特征的参数化造型,装配设计与管理功能,有模型和钣金模块,可以利用二维图形作为实体造型的特征草图,使得通过二维图形快速产生三维模型。

(9) AutoCAD 软件 美国 Autodesk 公司产品。它具有较强的二维绘图及图形编辑能力,开放的体系结构,便于二次开发。同时,可以通过标准的或专用的数据格式与其他 CAD 系统或 CAM 系统进行数据交换。

第三节 机械 CAD 系统的设计与选择

CAD 系统的构建是一项复杂的系统工程。CAD 系统构建得是否合理,直接影响到使用单位 CAD 技术的应用效果,而其中的系统选型工作尤为重要。

一、CAD 系统的选型

在 CAD 技术发展日新月异的今天,无论对企业还是对研究部门来说,都需要建立适合自己需要的计算机系统。尤其对于产品和工程设计行业,对于那些设计、制造工作相对复杂、繁重的单位,更应该在客观、科学、务实的需求分析及应用规划的指导下进行科学、合理的 CAD 系统的选型,为 CAD 技术的成功运用打下良好的基础,推动 CAD 技术的应用沿着良性循环的轨道健康地发展。

从宏观角度看,CAD 系统的选型应该考虑以下的问题:

(1) 明确系统的需求 设计者应根据所处行业领域、产品设计开发特点、企业综合制造水平,来确定通过 CAD 系统配置所要达到的目标、解决问题的深度以及关键技术。

(2) 确定近期目标和长远目标 根据现有人力、资金、技术水平等各方面条件的约束,确定近期目标。同时,也应该兼顾未来发展的长远目标,从而解决现在与未来、专用与通用、实用与先进等几个矛盾,并处理好相互之间的关系。

(3) 确定 CAD 系统的集成应用水平 CAD 系统并不是孤立的技术系统,应该将其与数据库技术、网络技术、数据交换技术、CAM 技术以及各种接口技术良好地匹配与适应,CAD 系统只是其中的重要一环。按照这些观点考虑系统的集成问题,才能够解决好 CAD 系统的选型问题。

二、CAD 系统选型的基本要素

CAD 系统选型所涉及的内容较多,归纳起来应该把握几个基本要素,即软件选型、运行环境选型、技术支持和价格原则等。

1. 软件选型

软件是 CAD 系统的运行主体,其功能配置与用户的需求密切相关。在选型过程中,用户可从以下几个方面确定自己所关心的软件选型内容。

(1) 基本建模能力 基本建模能力包括工程制图能力、三维建模能力、装配设计等。工