

绪 论

1.1 产品开发过程

产品开发过程大体分为设计、分析和制造三个主要环节,如图 1-1 所示。

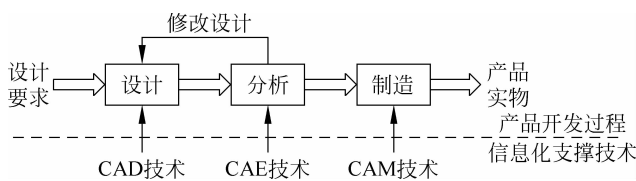


图 1-1 产品开发过程

设计是对产品的功能、性能、材料等内容进行定义,其主要结果是对产品形状和大小的几何描述。分析是对产品的功能和性能进行预测和验证,以保证产品在制造以后能够实现预期功能和满足各种性能指标。制造是利用生产系统将设计结果转化为产品实物的过程,主要包括工艺设计、生产调度、加工、装配、检测等环节。

计算机技术的发展推动了各个行业的信息化,制造业也不例外。CAD、CAE、CAM 技术是分别支撑设计、分析和制造环节的信息化方法和手段。CAD 是计算机辅助设计 (computer aided design) 的简称,是利用计算机协助人进行设计的一种方法和技术。它用计算机代替传统的图板,充分借助计算机的高速计算、大容量存储和强大的图像处理功能分担人的部分劳动,以使设计者更多地主要精力集中于创造性工作,从而大大提高设计效率。CAE 是计算机辅助工程 (computer aided engineering) 的简称,是利用计算机从事工程分析的方法和技术。CAE 实质上是一种数值计算方法,是在计算机上完成的“分析”,因此又称为数值仿真技术,其作用是预测产品性能,为产品结构优化提供依据和手段。CAM 是计算机辅助制造 (computer aided manufacturing) 的简称,是利用计算机协助人进行制造活动的一种方法和技术。CAM 通常是指利用计算机辅助完成零件数控加工程序的编制,主要内容包括工艺参数设置、加工方法选择、加工路径定义、加工过程仿真与碰撞检验、加工代码生成与后处理等。CAD、CAE、CAM 是分别支撑设计、分析和制造环节的单元信息化技术,它们具有各自独特的功能,同时具有内在的联系。将 CAD、CAE、CAM 技术有机集成,实现三种技术的一体化应用,是进一步提高产品开发效率的有效途径。

1.2 CAD/CAE/CAM 系统概述

目前全球有很多商业化的 CAD/CAE/CAM 系统,它们具有各自的技术特点和优势,并在不同行业都得到应用。从功能角度来看,这些系统可以分为两类:

一是以单一功能为主的 CAD、CAE 或 CAM 系统,如 AutoCAD、SolidEdge、SolidWorks 等主要以设计为主,ANSYS、ABAQUS 等为专业有限元分析软件,MasterCAM 则主要面向制造。这类系统的特点是专业化强,功能突出。

另一类为集成的 CAD/CAE/CAM 软件系统,如 Pro/Engineer、I-DEAS、UG、CATIA 等,这类软件以设计功能为主,集成了部分分析和制造功能。其特点是几种功能统一在同一软件平台下,各类数据传输方便,功能无缝集成,易于实现设计、分析和制造的并行,但分析和制造功能不及专业软件强。

下面介绍目前世界上常用的几种 CAD/CAE/CAM 系统。

1. Pro/Engineer

Pro/Engineer(简称为 Pro/E)操作软件是美国参数技术公司(PTC)旗下的 CAD/CAM/CAE 一体化的三维软件。Pro/Engineer 软件以参数化著称,是参数化技术的最早应用者,在目前的三维造型软件领域占有重要地位,Pro/Engineer 作为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准而得到业界的认可和推广,是现今主流的 CAD/CAM/CAE 软件之一,特别是在国内产品设计领域占据重要位置。

2. UG

UG 是美国 EDS 公司(现已被西门子公司收购)的集 CAD/CAE/CAM 功能于一体的软件集成系统。其采用将参数化和变量化技术与实体、线框和表面功能融为一体的复合建模技术,有限元分析功能需借助专业分析软件的求解器,CAM 专用模块的功能强大。

3. ANSYS

ANSYS 软件由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 公司开发,是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件。它能与多数 CAD 软件接口,实现数据的共享和交换,如 Pro/Engineer,NASTRAN,I-DEAS,AutoCAD 等,是现代产品设计中的高级 CAE 工具之一。

4. ABAQUS

ABAQUS 是一套功能强大的工程模拟有限元软件,其解决问题的范围从相对简单的线性分析到许多复杂的非线性问题。达索并购 ABAQUS 后,将 SIMULIA 作为其分析产品的新品牌。ABAQUS 是一个协同、开放、集成的多物理场仿真平台,包括一个丰富的、可模拟任意几何形状的单元库;并拥有各种类型的材料模型库,可以模拟典型工程材料的性能,其中包括金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩超弹性泡沫材料以及土

壤和岩石等地质材料。作为通用的模拟工具,ABAQUS 除了能解决大量结构(应力/位移)问题,还可以模拟其他工程领域的许多问题,例如热传导、质量扩散、热电耦合分析、声学分析、岩土力学分析(流体渗透/应力耦合分析)及压电介质分析。

5. MasterCAM

MasterCAM 是美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台的 CAD/CAM 集成软件,它集二维绘图、三维实体、曲面设计、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟等功能于一身。目前以其优良的性价比、常规的硬件要求、灵活的操作方式、稳定的运行效果及其易学易用等特点,成为国内外制造业最为广泛采用的 CAD/CAM 集成软件之一。MasterCAM 主要应用于机械、电子、汽车、航空等行业,在模具制造业中应用尤其广泛。

6. CATIA

CATIA 是法国达索飞机公司开发的高档 CAD/CAM 软件。CATIA 软件以其强大的曲面设计功能而在飞机、汽车、轮船等设计领域享有很高的声誉。CATIA 的曲面造型功能体现在它提供了极丰富的造型工具来支持用户的造型需求。

7. I-DEAS

I-DEAS 是美国 UGS 公司的子公司 SDRC 公司开发的高度集成化的 CAD/CAE/CAM 软件系统。它帮助工程师以极高的效率,在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程。I-DEAS 是全世界制造业用户广泛应用的大型 CAD/CAE/CAM 软件。

8. SolidWorks

SolidWorks 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,1997 年, SolidWorks 被法国达索公司收购。SolidWorks 软件具有特征建模功能,自上而下和自下而上的多种设计方式;可动态模拟装配过程,在装配环境中设计新零件;兼有有限元分析和 NC 编程功能,但分析和数控加工能力一般。SolidWorks 有功能强大、易学易用和技术创新三大特点,这使得其成为领先的、主流的三维 CAD 解决方案。SolidWorks 能够提供不同的设计方案、减少设计过程中的错误以及提高产品质量。SolidWorks 不仅提供如此强大的功能,而且对每个工程师和设计者来说,操作简单方便、易学易用。

9. AutoCAD

AutoCAD(auto computer aided design)是 Autodesk 公司首次于 1982 年开发的自动计算机辅助设计软件,用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计,现已经成为国际上广为流行的绘图工具。AutoCAD 具有良好的用户界面,通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境,让非计算机专业人员也能很快地学会使用。在不断实践的过程中更好地掌握它的各种应用和开发技巧,从而不断提高工作效率。AutoCAD 具有广泛的适应性,它可以在各种操作系统支持的微型计算机和工作站上运行。

10. SolidEdge

SolidEdge 是 Siemens PLM Software 公司旗下的三维 CAD 软件,采用 Siemens PLM Software 公司自己拥有专利的 Parasolid 作为软件核心,将普及型 CAD 系统与世界上最具领先地位的实体造型引擎结合在一起,是基于 Windows 平台、功能强大且易用的三维 CAD 软件。

11. ADAMS

ADAMS 是美国 MDI 公司(Mechanical Dynamics Inc.)开发的集建模、求解、可视化技术于一体的虚拟样机软件,是目前世界上使用最多的机械系统仿真分析软件。ADAMS 可产生复杂机械系统的虚拟样机,真实仿真其运动过程,并快速分析比较多参数方案,以获得优化的工作性能,从而减少物理样机制造及试验次数,提高产品质量并缩短产品研制周期。

第 1 篇

CAD/CAE/CAM 理论基础知识



第 2 章 CAD 理论基础

第 3 章 CAE 理论基础

第 4 章 CAM 理论基础

CAD 理论基础

2.1 现代 CAD 的技术特征

1. 参数化建模技术

参数化建模(parametric modeling)是指在保持原有模型约束条件不变的基础上,通过改变模型尺寸,驱动模型变化以获得新的模型。因此参数化建模有两个核心技术:一是“约束”(constraint);二是“尺寸驱动”(dimension driving)。“约束”是对模型几何元素位置和相对位置关系的限制,这些限制能够保证新的模型能按人的设计意图变化,而不致生成不需要的模型;“尺寸驱动”是指当尺寸值变化时,模型随之变化以达到新的尺寸值,从而获得新的模型。可见,约束是参数化建模的基础和保证,尺寸驱动是参数化建模的动力。因此,参数化建模是一种基于约束的、并能用尺寸驱动模型变化的建模技术。用参数化技术生成的模型称为参数化模型。对于参数化模型,只要修改模型上的尺寸值,模型就会变化为一种新的模型。

2. 基于特征的建模技术

基于特征的建模(feature-based modeling)是 20 世纪 90 年代出现并被广泛应用的技术,它大大提高了三维建模的效率和模型编辑的灵活性,同时为后续 CAPP、CAM 技术的应用提供了极大方便。现有 CAD 系统大都采用这种建模技术。

基于特征的建模将任何三维模型视为一系列特征的组合,而特征是一种几何结构相对简单的基本几何体。这样,无论模型如何复杂,都可以通过一定数量的特征按照一定方式组合而成。这种建模技术具有以下优点:

(1) 建模过程类似产品的实际加工过程,步骤清晰,每步操作明确,因此建模十分方便,效率很高。

(2) 三维模型建立后,系统将详细记录模型的生成过程,以及每步操作中的特征类型和参数,即每个模型都有一个完整的特征历程树。基于该特征历程树,用户可以选择其中任意特征,并对选中特征的定义、几何参数、位置参数以及各种特性进行修改,之后更新特征历程树,就能得到新的三维模型。因此模型修改十分灵活。

3. 全数据相关技术

一个 CAD 系统具有不同的功能模块,在产品的设计过程中,设计人员可能利用不同的

模块、在不同的地理位置并行地进行产品设计。由于是对同一产品进行设计,自然希望各个模块使用统一的数据模型,以使设计人员能够共享、交换数据,保证设计过程的协同和并行。为此,产品的几何模型应保持完整性和一致性。

20 世纪 90 年代初,SDRC 公司提出了“主模型(master model)”概念,并在 I-DEAS 软件中较好地解决了数据的完整性和一致性问题。所谓主模型是指 CAD 系统中的各个功能模块均采用一个统一或单一的数据模型,用于集中存储产品设计数据,所有模块需要和产生的数据都来自或存放在该模型中。主模型和各个模块的关系如图 2-1 所示。

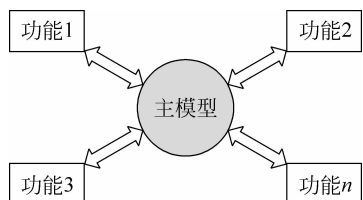


图 2-1 主模型和各个模块的关系

各个功能模块通过链接方式(不是复制)从主模型中引用数据,这就保证了每个功能模块与主模型数据的一致性。当主模型发生变化时,模块数据会随之变化;相反,当某个模块的数据修改以后,主模型也会随之修改。这种数据相关称为双向相关。

由于每个模块的数据均与主模型双向相关,因此当任一模块的数据发生变化,都会通过主模型传递到其他模块。即一个模块的数据变化会通过主模型自动反映到其他模块,这就实现了各个模块数据的相关,这种所有模块数据均具有的相关性称为全数据相关。

全数据相关是现代 CAD 技术的一个显著特征,它为实施并行设计和协同设计提供了完美的技术保证。

随着主模型技术的提出,目前 CAD 软件都纷纷采用了统一的数据库,以保证各应用模块的数据统一和一致。

4. 智能导航技术

提高设计效率是 CAD 技术始终追求的一个重要指标,CAD 技术的发展,很多内容都是围绕如何提高设计效率开展的,智能导航技术便是其中之一。

计算机绘图中涉及大量点的定位操作,如画直线时需要确定两个端点,画圆时需要确定圆心位置等,因此点的定位快慢直接影响绘图速度。1992 年初,SDRC 公司在其 I-DEAS 中率先推出了动态引导器(dynamics navigator),这是一种智能导航技术,它对提高点的定位速度做出了变革性的贡献。

在 CAD 建模或编辑过程中,涉及大量定位和选择操作。例如,绘制一条与已有直线连接的直线,需要将直线起点准确定位到现有直线的端点,否则草图不封闭不能变换成实体;若要求在三维模型上绘制草图,则需要在三维模型上选择平面。所谓“智能”,是指 CAD 系统能够自动理解和判断人的设计意图,从而引导和帮助设计人员快速、准确定位到需要的点或选择到需要的对象。

智能导航技术可以自动捕捉现有几何元素的特征点、自动生成约束和自动显示可供选择的对象等功能。

2.2 CAD 软件的功能组成

CAD 软件由若干完成特定功能的子系统组成,该子系统又称为功能模块。图 2-2 显示了 CAD 软件典型的功能模块,分为通用模块和专用模块。通用模块包括二维草图、三维建模、曲面建模、装配建模和工程制图模块,是三维 CAD 系统所必备的功能。专用模块是为特定行业或需求设计的,包括钣金设计、模具设计等典型模块。

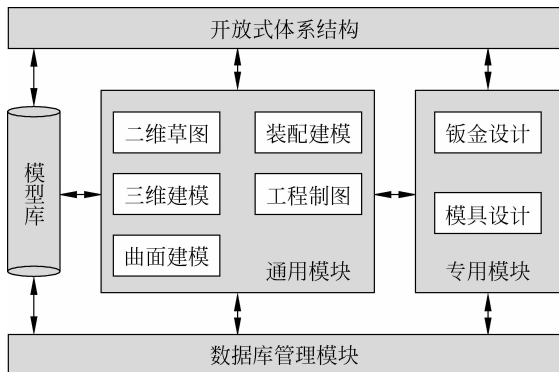


图 2-2 现代 CAD 系统的功能模块组成

下面对构成通用模块的功能作简要介绍。

1. 二维草图模块

在参数化、变量化设计中,二维草图绘制是十分重要和基础的功能。在基于特征的三维建模过程中,草图用于拉伸、旋转等三维特征的建立。草图绘制充分体现了变量化设计思想,设计者可以快速创建所需要的二维图形,并通过增加或修改尺寸和几何约束,使草图逐步满足设计者意图。

2. 三维建模

三维建模是 CAD 系统的核心模块,是任何 CAD 系统必不可少的功能,用于产品三维模型的建立、显示和编辑。在 CAD 系统的发展过程中,其功能的扩展和性能的提高很多都是围绕如何快速、高效地建立、表示和管理三维模型开展的,如特征建模技术、参数化建模技术、数据相关性等。

3. 曲面建模

曲面建模是实体建模的补充,通常用于复杂产品如汽车、飞机、家电等的外形设计。Coons 方法、Bézier 方法、B-样条和 NURBS 方法是 CAD 系统构造曲线、曲面普遍采用的方法。现代 CAD 系统能提供极丰富和方便的曲面建模工具支持各类复杂曲面的建模,为更精确美观的产品造型设计提供更广泛的支持。

4. 装配建模

装配建模是 CAD 系统的必要模块,它能实现三维产品模型的虚拟装配,直观、形象地表达产品各零部件的组成、装配关系和产品的最终成型效果。现代 CAD 系统能够支持“自底向上”和“自顶向下”两种方法的虚拟装配,它采用基于约束的方法,使实际环境中零件之间的装配设计关系在虚拟设计环境中得到真实映射。

5. 工程图绘制

工程图绘制模块用于绘制和编辑能指导产品加工、制造的工程图。通过 CAD 系统能够将所建的三维模型直接生成二维平面视图,并使三维模型的特征尺寸在二维工程图上自动生成和标注。CAD 系统的其他建模模块与工程图绘制模块具有全相关性,能够保持工程图的各视图之间、三维模型与二维视图之间的全相关,使三维模型的修改能直接反映到二维图形上,二维图形的变更也能使三维模型自动更新,保证了设计的一致性。