

固体继电器虚拟装配系统开发

陈堂功, 孟庆龙

(河北工业大学电气与自动化学院, 天津 300130)

摘要: 论述了产品装配模型的特点, 讨论了在电气领域引进虚拟现实技术就产品装配过程进行仿真的原理和可行性, 分析了开发固体继电器虚拟装配系统面临的主要问题及解决方法, 并基于 AutoCAD 2000 图形平台和 ARX 开发工具实现了该系统。

关键词: 产品装配模型; 固体继电器; 虚拟现实; AutoCAD

中图分类号: TM58 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)06-0049-03

0 综述

随着现代制造技术的不断发展, 各种新思想、新技术不断涌现, 诸如计算机集成制造 CIM (Computer Integrated Manufacturing)、并行工程 CE (Concurrent Engineering)、敏捷制造 AM (Agile Manufacturing)、面向制造的设计 DFM (Design For Manufacture) 和面向装配的设计 DFA (Design For Assembly) 等等, 新的制造和设计理念对现代 CAD 技术在更高层次上提出了更加全面的要求, 集成化、智能化和可视化成为现代 CAD 技术发展的必然趋势。在电器领域的 CAD 系统研究和开发工作中如何应对这一必然的发展趋势, 成为一项迫切而又艰巨的任务。

固体继电器 SSR (Solid State Relay) 是一种无触点式电子开关, 它采用分立的电子元器件、集成电路和混合微电子技术, 实现了控制回路与负载回路的电隔离及信号耦合, 由固体器件实现负载的通断切换功能, 内部无任何机械运动零部件, 是近十几年的新兴种类。由于它应用广泛、种类繁多且具有优异性能, 相应的 CAD 系统日益受到人们的重视, 固体继电器虚拟装配系统的开发研制正是上述趋势的反映。

1 装配模型研究

装配模型 AM (Assembly Model) 的研究始于七十年代后期, 迄今已有二十多年的历史。最早的尝试是 Liberman 和 Wesley 等开发的一个几何建模系统 AUTOPASS。现阶段有关装配建模的研究大多从满足某一特定应用背景如装配工艺规划等的需求出发。虽然国内目前尚处于起步阶段, 但有关的研究日渐活跃。

装配模型是一个能完整、正确地传递不同装配

体设计参数、装配层次和装配信息的产品信息模型。建立装配模型的目的就在于建立完整的产品装配信息表达, 这些信息包括: 管理信息, 包括产品各构成元件的名称、材料、技术规范、技术要求以及设计者和设计版本等; 几何信息, 即有关装配体几何形状、尺寸大小以及最终位置和姿态等信息; 拓扑信息, 包括产品装配的层次结构关系和产品装配体之间的几何配合约束关系; 工程语义信息, 即与产品工程应用相关的信息; 装配工艺信息, 指与产品装拆工艺过程及其具体操作相关的信息; 装配资源信息, 指与产品装配工艺过程具体实施相关的装配资源的总和, 主要指装配系统设备的组成和控制参数等。装配模型不仅要处理设计系统的输入信息, 而且能处理设计过程的中间信息和结果信息, 因此装配模型信息应随着设计过程的推进而不断丰富和完善。

装配模型应具备以下特征: 能完整地表达产品装配信息, 不仅描述零、部件本身的信息, 而且还描述了零、部件之间的装配关系及拓扑结构; 支持并行设计, 不但完整地表达了产品的信息, 而且还描述了产品设计参数的继承关系及其变化约束机制, 保证设计参数的一致性, 从而能支持产品的并行设计; 满足快速多变的市场需求, 即当产品需求发生变化时, 通过装配模型可以方便地修改产品的设计以适应新的产品需求; 具有一定的独立性。

装配模型的核心问题是如何在计算机中表达和存储装配体组成部件之间的相互关系。目前, 表示装配体信息的数据结构归纳起来可分为两类: 直接存储各装配部件之间的相互位置信息; 存储各装配部件之间的配合、连接等装配信息。确定装配部件相互位置的齐次变换矩阵根据这些信息计算出来。Liberman 和 Wesley 等开发的 AUTOPASS, 零件和装配体被表达成为图结构中的结点, 图中的分枝代表部

件间的装配关系,同时每个分枝上存有一个空间变换矩阵,用来确定部件间的相对位置,以及其他非几何信息;De Fazio 和 Whitney 提出一种称为优先联系图的方法,该方法定义一组优先规则,通过将图排序得到装配序列;Homem de Mello 和 Sanderson 则提出与或图来描述装配体,图中每个叶子结点表示装配体最底层部件,根结点表示最终的产品,有些类似于 CSG 结构;Lee 和 Gossard 在与或图的基础上提出了真正意义上的层次建模方法,它将装配体层层分解成由部件组成的树状结构,部件既可以是零件也可以是子装配,树的顶端是成品的装配体,末端是不可拆分的零件,其余的部分是由概念设计确定的子装配体。Lee 引入了虚连接的概念,整个装配树是由虚连接连接起来的,每个虚连接是一系列相关信息的集合,这样装配体的信息就能够层次化存储。上述数据结构或存储模型各有优缺点,可根据具体开发要求加以选择,由图表达的拓扑结构向树表达的层次结构发展是该问题的主要发展趋势。

2 虚拟现实技术

作为一门新兴的交叉学科,虚拟现实VR (Virtual Reality) 技术是现代计算机界广泛关注的热点之一。虚拟现实就是利用计算机系统生成一种模拟环境(如飞机驾驶舱、装配操作现场等),通过各种传感设备使用户产生一种身临其境的效果,并实现用户与该环境自然而然的进行交互的技术。它实际上是一种先进的人机接口,给用户直观而又自然的实时感知交互手段,以最大限度方便用户的操作,并呈现某种主题的模拟或仿真效果。

一个虚拟现实系统通常需要高性能计算机、视觉显示设备、头眼手体位的跟踪定位装置、三维空间定域装置、触觉及力觉的反馈装置等软硬件支持,以便产生沉浸感和直接自然的实时感知交互,这些装置设备往往需要大笔的资金投入,一定程度上限制了虚拟现实技术的应用领域。但不同领域的不同应用对软硬件支持的要求是不尽相同的,如果适度降低沉浸感要求,不强调自然而只强调实时的交互操作,便可以考虑包括常规输入输出设备在内的交互手段和显示效果,这既是台式虚拟现实系统 DPCVRS (Desktop PC based VR System) 的发展思想,也是我们设计固体继电器虚拟装配系统的初衷。

以 AutoCAD 为代表的图形支撑平台,提供了强大的三维造型功能,基本满足了虚拟环境所需的显示、仿真要求。但大多数系统的装配设计不够完善,

存在约束关系不多、装配管理困难等问题。尽管如此,在充分研究装配模型的基础上,依据各领域装配约束关系的不同情况,确定相关的装配树,并利用图形平台高度的开放性和其提供的三维造型功能、强大的二次开发工具,创建逼真的专业装配仿真环境,实现诸如:平移、旋转、隐藏、透视、渲染、爆炸、干涉检查、物性计算、零件列表、定义装配基准、装配过程管理等功能是切实可行的。

3 固体继电器装配关系模型

装配体是多个零件和子装配体的有机组合,要得到一个正确的装配体,必须建立其零部件间的正确和完整的关系。装配结构树显示了零部件间的隶属,反映了零部件的层次关系。当两个零部件具有一种或多种联系时,我们称两者具有约束关系,而装配关系是建立约束关系的基础。

一般产品零部件的装配关系如图 1 所示。其中定位关系描述了零部件之间空间位置关系和配合关系,是一种直接的相互关联关系;联接关系包括刚性联接和弹性联接。刚性联接分为螺纹联接、键联接、销联接、联轴器等,而弹性联接主要指弹簧联接。联接件一般为标准件;运动关系分为传动和相对运动两类,前者指齿轮传动、带传动等,而后者包括旋转运动、平面运动、柱面运动等。由于其固有的特点,固体继电器相关的装配关系绝大部分为定位关系和联接关系两类,极少存在运动关系。

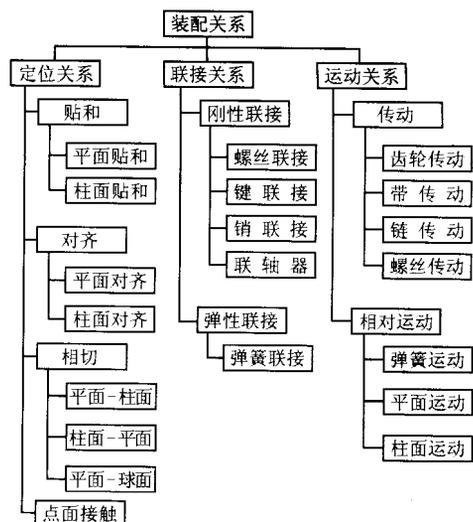


图 1 装配关系分类

Fig. 1 Classification of assembly relations

产品设计是装配的基础。面向装配的设计 DFA 是并行工程中的重要组成部分之一,目前常用的两

种设计过程为:自底向上(Down-Up)的设计和自顶向下(Top-Down)的设计。设计出各种形状的零件,输入零件之间的几何约束关系,再将设计好的零件装配成产品,这是自底向上的设计过程;在零件设计的初期就考虑零件与零件之间的约束和定位关系,在完成产品的整体设计之后,再实现单个零件的详细设计是自顶向下的设计过程。两种设计各有特点,自顶向下能反映真实的设计过程,节省不必要的重复设计,提高设计效率,而自底向上设计的思路简单,操作快捷方便,被大多数设计人员所理解和接受。固体继电器虚拟装配系统采用了自底向上的设计思路。

4 系统设计

ObjectARX 是 Autodesk 公司推出的新一代二次开发工具,它提供了以 C++ 为基础的面向对象的开发环境及应用程序接口,使得用户能够定制和扩展 AutoCAD 的功能。ObjectARX 提供了丰富的类库和函数,利用它们,用户可快速直接访问 AutoCAD 的图形数据库和几何造型核心,以获取组成零部件的各图形要素,诸如插入点、面积、体积、重心等。在此基础上,根据装配树揭示的层次结构,确定各零部件的约束关系,依据不同情况调用不同的成员函数,实现图形元素的定位组合,完成零部件的模拟装配。

碰撞检测是虚拟装配系统的重要内容,其具体要求为检测到有无碰撞并计算出碰撞发生的位置。实时性和精确性是碰撞检测的两个重要约束条件,实时性是系统实时交互的特定要求而精确性则要求精确地检测碰撞的发生和计算碰撞发生的位置。碰撞检测的方法很多,但各有其优缺点和适用范围。针对虚拟装配系统所涉及的零部件为体模型表达的刚性物体,我们设计了基于求交运算的碰撞检测算法,较好地满足了约束条件。

在上述研究的基础上,我们采用 AutoCAD 为图形支撑平台,选择 ObjectARX 为开发工具,基于自底

向上的设计理念,设计了固体继电器虚拟装配系统。

5 结论

固体继电器虚拟装配系统的开发研制涉及实体造型技术、装配技术和虚拟现实技术,将这些新兴的相关技术整合为性能优异的装配仿真系统,是件相当困难的事情,我们的工作只是初步的尝试,限于各方面条件的制约,还不能提供视觉以外的其它感官效果。但应对现代制造技术对电器 CAD 系统在更高层次上的要求,是不容回避的责任和挑战,我们将在该系统实际运用所获经验和教训的基础上,不断完善提高该系统的设计水平,为电器 CAD 技术的不断发展和行业技术进步作出不懈的努力。

参考文献:

- [1] 薛长健,黄靖(XUE Chang-jian, HUANG Jing). AutoCAD 2000 高级使用及开发(Advanced Use and Development of AutoCAD 2000) [M]. 北京:人民邮电出版社(Beijing: People's Posts and Telecommunications Publishing House), 2000.
- [2] 童秉枢(TONG Bing-shu). 现代 CAD 技术(Modern CAD Technology) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 2000.
- [3] 辛长安(XIN Chang-an). Visual C++ 6.0 编程技术与难点剖析(Program Technology and Nodes Anatomy of Visual C++ 6.0) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 2002.
- [4] 石教英(SHI Jiao-ying). 虚拟现实基础及实用算法(The Basic and Practical Algorithms of Virtual Reality) [M]. 北京:科学出版社(Beijing: Science Press), 2002.

收稿日期: 2003-07-01; 修回日期: 2003-09-05

作者简介:

陈堂功(1963-),男,硕士,讲师,研究方向为电器 CAD 技术;

孟庆龙(1931-),男,教授,研究方向为电器 CAD 技术。

Development of virtual assembly system of solid-state relay

CHEN Tang-gong, MENG Qing-long

(Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: The paper discusses the characteristics of product assembly models, the theory and feasibility for the simulation of product assembly process with virtual reality (VR) technology introduced into electrical fields. The key problem and its methods for developing solid state relay virtual assembly system are analyzed. This system has been realized based on AutoCAD 2000 and ARX technology.

Key words: product assembly model; solid-state relay; virtual reality (VR); AutoCAD