

文章编号:1005-0523(2000)02-0001-06

面向设计的集成产品装配模型

周新建

(华东交通大学 机械工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了装配模型的研究现状,分析了装配模型的几种表示方式及其优点、缺点,然后提出了一种面向设计的基于广义键和层次结构模型的集成产品装配模型¹⁹。这一装配模型能够描述产品的层次信息,描述零部件之间的位置关系信息、连接关系信息、运动关系信息、传动关系信息和配合关系信息,还能够描述零部件的设计参数及其约束关系、分析特征等非工程语义信息¹⁹。基于产品几何模型和装配模型的设计系统,能够支持产品自上而下、逐步求精的设计过程和并行产品设计过程¹⁹。

关键词:产品建模;装配模型;层次模型;广义键

中图分类号:TP391.72

文献标识码:A

0 引言

产品设计的过程是一个复杂的创造过程¹⁹。由于设计者的不同、产品的设计内容不同,使设计过程有很大的差异,但设计过程的功能观点却得到了普遍的认同,即以一定的几何结构实现产品的功能,从而达到产品的设计要求^[1,2]¹⁹。一般说来,单个零件不能实现产品的功能,只有一组零件相互配合,形成特定的装配关系,才能保证整个产品功能的实现,因而在绝大多数的产品设计中,设计者主要关心的是由一些零件结合形成的装配体¹⁹。因此,支持自上而下设计、支持并行设计的产品装配建模技术成为研究的热点¹⁹。

传统的工程图是联系设计与制造的工程语言,它反映了设计制造的基本信息需求¹⁹。通过考察产品或零件的工程图可以看出,在零件图中一般包括:零件几何形状和尺寸、材料和热处理要求、尺寸与几何公差、表面粗糙度要求、各种其它信息,装配图中一般包括:零部件的层次关系、零部件间的连接关系、每一零部件在产品中的相对位置、有时也表达零部件在产品上的功能,这些信息有些是显式的,而有些是隐式的,需要工程师运用相关的领域知识来理解¹⁹。工程图上表达的这些信息反映了设计制造对产品局部信息和全局信息的需求,显然面向计算机的产品模型必须包括¹⁹。现有的CAD系统可以较好地表达零件的信息,而对于装配信息的表达是有限的¹⁹。因此,必须建立一个产品的装配模型来描述这些信息,以满足产品设计与制造过程对产品装配信息的需求¹⁹。

产品装配建模的关键技术之一是建立一个能够描述产品的层次信息、装配关系信息、设计参数及其约束关系信息等的产品装配模型¹⁹。

收稿日期:1999-10-18;修订日期:1999-11-03

基金项目:国家863/GIMS项目(863-511-9504-002-031)

作者简介:周新建(1964-),男,湖南涟源人,华东交通大学副教授,工学博士

1 产品装配模型研究现状

装配模型的研究开始于 70 年代¹⁹主要的发展趋势是由连接图(connected graph)表达的拓扑结构关系模型向树结构表达的层次模型发展¹⁹装配信息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¹⁹Lieberman, Wesley^[3]开发的几何建模系统 AUTOPASS 采用了关系模型,用节点表示零件或装配体,联结弧表示零部件间的装配关系如装配、约束、附属等,同时联结弧还对应存在一个空间变换矩阵,用来确定零部件间的相对位置,如图 1 所示¹⁹Eastman^[4]提出的定位图(Location Graph)是一种初级的层次模型,表示各

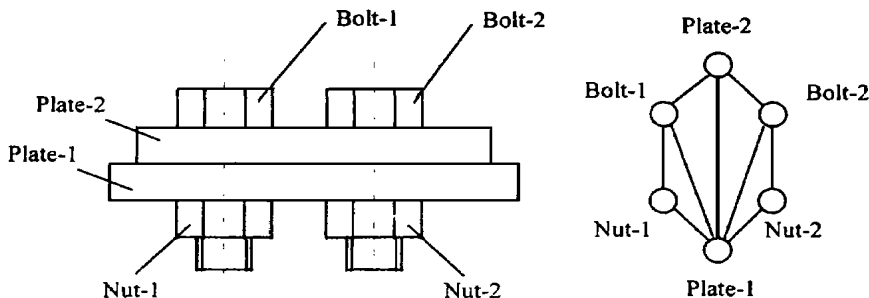


图 1 关系模型的联结图

零件的 MCS 之间具有层次性的主从关系¹⁹在装配体的 Location Graph 中,根节点是装配体的基零件,弧表示转换矩阵¹⁹层次模型是一种较为自然的装配模型描述方法,它用层次结构来表现模型的信息关系¹⁹按照装配的概念,装配体中零件的定位具有相对性,确定零件的位置在于零件 MCS 的转换¹⁹由于装配是按一定顺序进行的¹⁹因此各零件的 MCS 之间具有层次性的主从关系,由此形成产品的层次模型¹⁹Roy^[5]等采用功能关系图来表示零部件之间的连接和装配关系,基于语义相关模型,以分层结构组织面向装配的语义信息,建立产品的装配模型¹⁹产品联系图由法国学者 Bourjault^[6]提出,以图结构 $G(P, L)$ 表达装配体, $G(P, L)$ 为一连通图¹⁹表示零件集合, L 为零件间的联系集合,联系的含义是通常指的零件之间的物理接触¹⁹Homem de Mello, Sanberson^[7]提出与或图来描述装配体¹⁹图中每个叶子节点表示装配体最底层部件:零件,根节点表示目标产品,它是通过拆分作为原始输入的装配体几何模型得到的,有点类似于 CSG 结构¹⁹Lee, Gossard^[8]在与或图的基础上提出了真正意义上的层次建模方法¹⁹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,也可以是子装配体¹⁹树的顶端是产品的装配体,末端是不可拆分的零件¹⁹其余的是子装配体¹⁹Lee 引入了虚联接(virtual link)的概念,整个装配树是由虚联接连接起来的,每个虚联接是一系列相关信息的集合,这样装配体的信息能够层次化存储¹⁹。

2 基于设计的产品装配模型描述

基于虚联接的层次装配模型,笔者提出了基于广义键的能够描述产品装配层次关系、装配关系、设计参数及其约束关系、分析特征、装配属性的集成产品装配模型^[9]¹⁹。

装配模型 AM (Assembly Model) 是产品中所有零部件之间的层次关系、装配关系、设计参数及其约束关系、分析特征等属性的一种描述¹⁹。装配模型表示为

$$AM = \langle Object, GL, P, R, A \rangle$$

其中: $Object$ 是产品的装配对象集, $Object = \{object\ 1, object\ 2, \dots, object\ n\}$; GL 是产品的广义键集, $GL = \{GL(1), GL(2), \dots, GL(n)\}$; P 是产品的节点设计参数集, $P = \{P(1), P(2), \dots, P(n)\}$; R 是产品的节点设计参数约束关系集, $R = \{R(1), R(2), \dots, R(n)\}$; A 是产品的节点分析特征集, $A = \{A(1), A(2), \dots, A(n)\}$

图 2 是用广义键表示的基于层次结构的装配模型¹⁹。

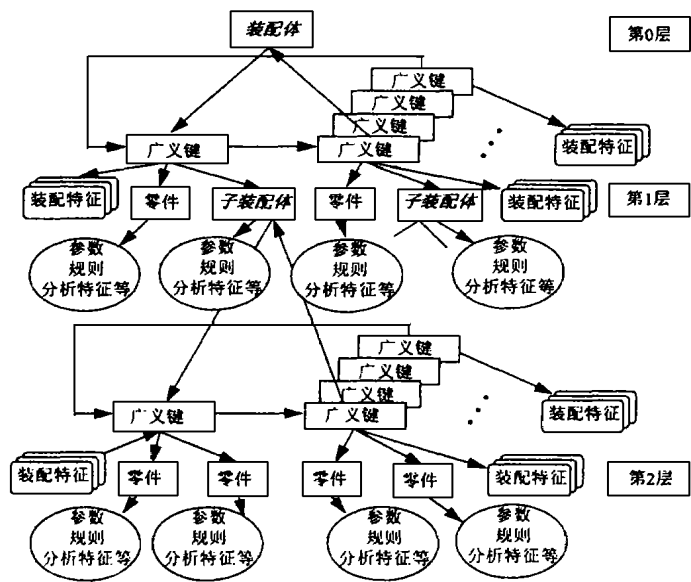


图 2 基于广义键层次结构的装配模型

前面提及的物理属性、装配操作属性可包含在节点的参数中¹⁹。下面对装配模型中的各种信息分别加以介绍¹⁹。

2.1 产品装配层次关系描述

产品的零、部件之间的关系是有层次的¹⁹。装配体可以分解成若干个子装配体或零件,子装配体又可以进一步分解成若干个子装配体或零件,由此表现出产品的层次性¹⁹。表现在产品装配上,就是先由零件组装成部件后,再参与产品整机的装配¹⁹。通常把装配体、子装配体、零件之间的这种层次关系直观地表示成一棵如图 2 所示装配树,树的根节点是装配体(即最终的产品),叶节点是组成产品的各个零件,而中间节点则是子装配体¹⁹。

装配树的层次关系也体现了实际形成产品的装配顺序¹⁹。另外,装配树形象地表达了产品、部件、零件之间的父子从属关系,即产品包含部件和零件,部件也包含部件和零件,零件属于部件和产品、部件属于产品和部件¹⁹。产品的层次关系用多叉树表示,如图 3 所示¹⁹。图中节点表示零件或子装配体,弧线表示层次关系¹⁹。

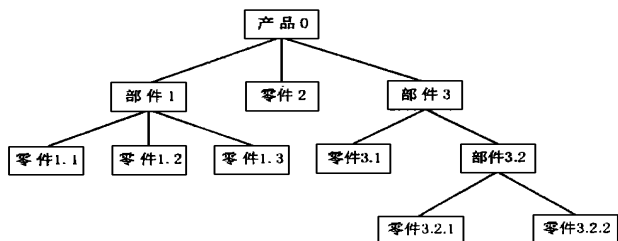


图3 产品装配模型的层次结构

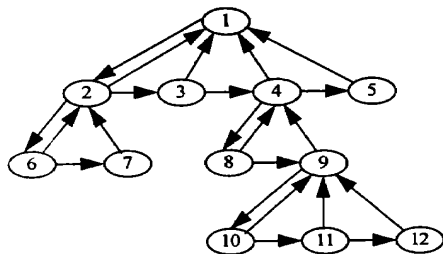


图4 产品装配模型的树结构

2.2 产品装配关系描述

装配关系是装配体中零件与零件或者零件与子装配体之间的几何位置关系、联接关系和运动关系的集合,用装配特征可以描述装配关系信息¹⁹。但是,装配体中零件之间的装配关系很复杂,往往一对零件之间存在多个装配特征,而且装配体还存在层次关系¹⁹。因此,应该合理、有效地组织这些特征¹⁹。下面给出描述装配关系有关概念的定义,然后提出装配关系的描述方法¹⁹。

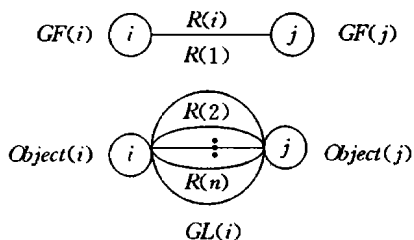
定义1 装配对象(AO , Assembly Object)是用来装配的零件或部件¹⁹。

定义2 装配特征(AF , Assembly Feature)是描述装配对象之间的某一种装配关系,如:配合、对齐等关系¹⁹。装配特征反映两个装配对象的几何特征之间的装配关系或连接关系¹⁹。

装配特征 AF 表示为

$$AF = \langle GF(i), GF(j), R(i) \rangle$$

其中: $GF(i)$ 和 $GF(j)$ 是装配的几何特征(Geomtry Feature), $R(i)$ 是几何特征 $GF(i)$ 和 $GF(j)$ 之间的装配关系⁽¹³⁾ $GF(i) \rightarrow Object(i)$, $GF(j) \rightarrow Object(j)$, 如图5所示¹⁹。



$GF(i)$, $GF(j)$ 是装配的几何特征
 $R(i)$ 是几何特征 $GF(i)$ 和 $GF(j)$ 之间的装配关系
 $GF(i) \rightarrow Object(i)$, $GF(j) \rightarrow Object(j)$

图5 广义键的定义

定义3 装配对 AP (Assembly Pair) 是两个具有确定装配关系的装配对象,如:零件和零件,零件和部件,部件和部件构成装配对,如图5所示¹⁹。

装配对 AP 表示为

$$AP = \langle Object(i), Object(j), GL(i) \rangle$$

其中: $GL(i)$ 是装配对象 $Object(i)$ 和 $Object(j)$ 之间的装配关系集¹⁹。

定义4 广义键 GL (Generalized Link) 是描述两个装配对象之间的所有装配关系的信息集¹⁹。规定两个装配对象之间只能有一个广义键¹⁹。每个广义键必须有相连接的装配对象¹⁹。每个广义键的两个装配对象间可能包含一个或多个装配特征,即多重装配关系¹⁹。广义键可表示为

$$GL(i) = \{R(1), R(2), \dots, R(n)\}$$

定义5 装配连接图 ALG(Assembly Link Graph) 是由广义键把装配对象连接起来构成的,如图2所示¹⁹表示为: $G = \{P_t, L\}$,其中 $P_t = \{p_1, p_2, \dots, p_{tn}\}$ 是节点的集合, L 是定义在 P_t 上的一个二元关系,表示连接节点的边的集合, L 可表示为一个布尔矩阵

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & l_{nn} \end{bmatrix}$$

其中: $l_{ij} = 1$ 表示 p_{ti} 与 p_{tj} 有边连接,并且 p_{ti} 与 p_{tj} 之间存在一个广义键,即装配关系的集合; $l_{ij} = 0$ 表示 p_{ti} 与 p_{tj} 无边连接⁽¹³⁾图中的节点表示装配的零件(装配对象,零件或子装配体),图中的边表示零件之间的装配关系⁽¹³⁾

2.3 装配模型中设计参数及其约束规则描述

装配模型中的设计参数描述节点(零件或子装配体)上的各种参数,如几何参数、功能参数、动力参数,约束规则描述这些参数之间的约束关系⁽¹³⁾节点的参数用集合 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 表示,参数之间的约束关系用集合 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ 表示,其中, $r_i = \langle p_i, p_j, \dots, f_{uni}, \dots \rangle$ 表示某一条约束规则,即约束规则 $f_{un}(p_i, p_j, \dots) = 0$ ⁽¹³⁾如图2所示,节点参数及其约束规则采用链表形式表达⁽¹³⁾

2.4 装配模型中分析特征的描述

分析特征是指与零件结构强度与刚度分析计算有关的特征,包括诸如验算传动轴强度与刚度的分析特征、验算齿轮强度的分析特征等⁽¹³⁾分析特征中的部分信息可直接从节点零部件的几何模型信息(如轴径、轴承跨距等)、设计参数信息(如齿轮模数、齿数等)中提出,部分信息可从节点参数中提出⁽¹³⁾也可交互输入部分信息⁽¹³⁾节点的分析特征集合

$$A = \{A_{shaft} \ A_{gear} \ A_{t-belt} \ A_{p-belt} \dots\}^{(13)}$$

其中: A_{shaft} 表示传动轴分析特征,包括传动轴所受横向力及作用点坐标,所受力偶矩及其作用点坐标,所受转矩及其作用位置,传动轴的轴段直径及其长度,传动轴轴承支点位置,传动轴的材料及其力学性能指标以及其它有关的计算参数⁽¹³⁾传动轴分析特征可以向传动轴强度及刚度分析计算 agent 提供必要的信息; A_{gear} 表示齿轮分析特征,包括齿轮的模数、齿数、传动比、传递的扭矩及其它设计参数⁽¹³⁾齿轮分析特征可向齿轮分析计算 agent 提供必要的信息; A_{t-belt} 表示三角胶带传动分析特征,包括传递的功率、输入速度、传动比及其它计算参数⁽¹³⁾

3 结论

前面介绍一种面向设计的基于广义键的层次参数化集成产品装配模型,在产品装配模型中记录了产品的层次关系,装配关系,设计参数及设计参数之间的约束规则,记录了部分设计意图,通过参数传播及求解,可以快速重演产品设计过程⁽¹³⁾另外在产品装配模型中记录了分析设计特征和装配属性,可以实现产品几何建模系统、装配建模系统和分析计算之间的信息集成,能够向后续装配工艺自动规划、装配过程仿真以及装配工艺评价提供信息,关于产品装配模型在产品中的应用另文介绍⁽¹³⁾

[参 考 文 献]

- [1] Mantyla M·A modelling system for top-down design of assembly products[J] IBM J·R &D·1990, 34(5):636~639.
- [2] Gui J K, Mantyla M·Functional understanding of assembly modeling[J] 19CAD·1994, 26(6):435~451.
- [3] Liberman L·I·, Wesley M·A·AUTOPASS an automatic programming system for computer controlled mechanical assembly[J]· IBM J·R &D, 1977, 21(4):321~333.
- [4] Eastman C M·The design of assemblies[C]·SAE Technology Paper Series·Society of Automatine Engineering Inc·USA, 1981.
- [5] Roy U, Liu C R·Establishment of functional relationship between product components in assembly databasey[J]·CAD·1988, 20(1):570~580.
- [6] Bourjault A·Contribution to a Mcthodological approach of automated assembly:automatic generation of assembly sequenct[D]·Ph·D·Tehsis·University of Franchecomte·Besancon·France·
- [7] Homem de Mello L S, Sanderson A C·A correct and complete algorithm for the generation of mechanical assembly sequences[J]·IEEE Transaction on Robotics and Automation·1991, 7(2):228~240.
- [8] Lee K Gossard D C·A hierachical data structure for representing assemblies[J]·part 1·CAD·1985·(1):15~19.
- [9] 周新建·基于装配模型及 Multi-Agent 产品建模理论的研究[D]·上海:上海交通大学·

Integrated Design-Oriented Product Assembly Model

ZHOU Xin-jian

(School of Mechanical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper first introduces the current situation about the research of assembly model, analyzes several different kinds of representation expression about assembly model and their advantage and disadvantage. Then the paper suggested and integrated design-oriented product assembly model which is based on GL(Generalized Link) and hierarchical structure. It cannot only describe the hierarchical relation information, position relation information, connection relation information, movement relation information, transmission relation information and matching relation information, but also non-engineering semantic information such as design parameters and their constraint relation information, analyzing feature infoumation. A design system based on geometric model and the above assembly mode can support the Top-to-Down, decomposition process and the concurrent design process.

中国知网 <https://www.cnki.net>

Key words: product modeling; assembly model; hierarchical model; generalized link