

文章编号:1000-582X(2002)05-0013-04

# 面向装配的蜗杆减速器 装配信息模型的描述及应用实例

罗天洪, 陈小安, 张光辉, 罗文军

(重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆 400044)

**摘要:**提出了一种能完整描述蜗杆减速器装配信息的数据结构。描述了产品零部件的装配特征关系,介绍了产品零部件装配体树结构,并建立了储存装配关系的广义矩阵以及装配关系的语言描述。利用这种数据结构计算机可以方便地构造装配体的树结构图,可以把装配体中的每一个零件或部件本身的装配信息以及每一对装配元素对象之间的装配关系方便地存储在装配体中,它能通过指针、链表等工具方便地对装配体树中的每一对数据进行插入、查询、删除和修改等工作,并能有效地对产品零件级和装配级的装配工艺性进行分析和评价,并以一种具体的蜗杆减速器为实例来验证这种数据结构的正确性。

**关键词:**DFA;蜗杆减速器;产品装配模型

**中图分类号:**TH161

**文献标识码:**A

面向装配的设计(Design For Assembly, DFA)是一种在装配设计阶段统筹兼顾的设计思想和方法,是并行工程的一个重要组成部分,又是一种评价技术<sup>[1-3]</sup>。它从设计阶段即考虑后续的加工、装配过程的要求,将使产品易于装配的设计准则集成到产品设计中,引导设计者设计出易于装配的产品,并根据各种准则和影响因素,在设计尽可能早的阶段对产品的可装配性进行评价,通过评价改进设计,以提高产品质量,降低生产成本,缩短产品开发周期。

在装配模型的信息描述方面,许多学者已做了大量的工作。例如 Lieberman<sup>[4]</sup>和 Wesley 等人用图的方法表示零部件间的装配关系,图的结点表示零件,结点之间的连线表示零部件间的装配关系。而 Lee 和 Gossard 用“Virtualink”的概念来连接零部件的装配关系,并且用层次型数据结构的描述方法来表述装配关系。本文在以上研究的基础上,就如何对蜗杆减速器进行完整的装配信息描述,以满足对该产品的装配工艺性进行分析和评价的要求,提出了既能完整表达该产品的装配信息,又有利于信息集成和求解的蜗杆减速器装配信息模型的描述方法。

## 1 建立装配信息模型的原理

### 1.1 产品零部件的装配特征关系的描述

零部件间装配特征关系的描述反映了产品的装配信息。把零件级的装配特征和工艺级装配特征统一为零件的装配特征,产品级的装配特征是与产品内部零部件的相互作用有关的装配特征,它是由零部件之间的装配关系和约束关系组成的,正是由于装配关系和约束关系之间的相互作用才使产品能够实现其功能。把装配关系和约束关系称之为装配特征关系,装配特征关系反映了产品的装配信息,笔者在文献[5]的基础上为了更有效地对产品的装配工艺性进行分析和评估,把装配关系分为几何关系、传递关系和联接关系3类。装配特征关系的描述如图1所示。

1) 几何关系:主要用来描述装配元素间的几何关系,确定装配元素间的几何位置和安装精度,它又分为接触关系、位置关系、配合关系3种。接触的方式为点接触、线接触和面接触。位置关系又分为面位置和线位置。配合关系是指装配元素之间的配合方式,如平面配合、柱面配合和锥面配合等。按配合关系又分为间隙配合、过渡配合、过盈配合。按位置精度又分为低精度、中精度、高精度。

2) 传递关系:传递关系主要用来描述产品零部件之间的传动方式和传动关系,传递关系主要包括传动

· 收稿日期:2002-02-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59875087)

作者简介:罗天洪(1975-),男,四川乐至人,重庆大学硕士研究生,主要从事计算机辅助设计的研究工作。

关系、相对运动关系。传动方式又分为齿轮传动、蜗杆传动、齿条传动、链传动、带传动和螺旋传动等。

3) 联接关系:联接关系主要用来描述产品零部件之间的联接方式,分为联接与紧固。联接方式主要包括:螺纹联接、键联接、销联接、锁扣联接、焊接、铆接等,而其中的一些联接方式又分为多种,如螺纹联接又分为螺钉联接和螺栓联接等。

约束关系包括产品零部件之间的约束条件,如对齐难度、旋转难度、位置精度、配合精度、约束力和约束扭矩等(如图 1 所示)。

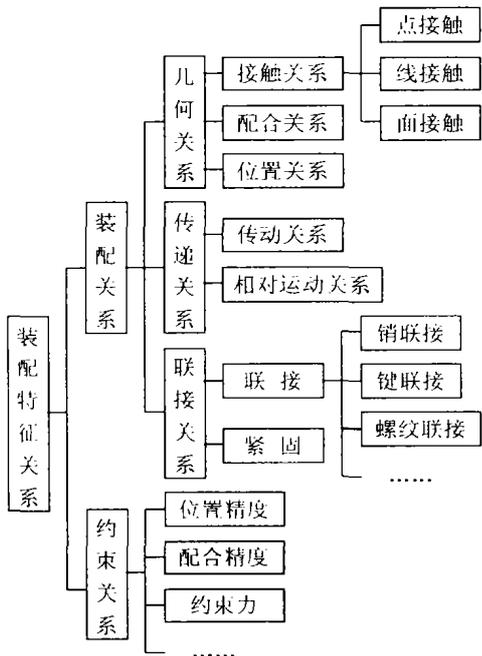


图 1 产品装配特征关系的描述

### 1.2 产品零部件装配体树结构的建立

在面向装配的设计和评估系统中,作为装载产品装配信息的装配模型,首先要求它表达的装配信息必须丰富全面,也就是说,在面向装配的设计和评估系统中作为信息载体的装配模型,应该是基于装配的而不是基于零件的。这种建模方法包括装配关系、装配约束和零部件的装配信息。这样就对产品进行零件级和装配级的装配工艺性分析和评价打下了基础。其次,应该能对装配模型中的任何一个数据进行插入、查询、删除、修改等操作。例如,更改某一零件的装配信息只是局部的数据更改,它不会影响到整个产品结构的数据变化。产品是由零件和子装配体按照一定的装配关系装配而成的。子装配体又可以分为更低一级的零件和子装配体,这些零件和子装配体之间又存在着一定的装配关系。产品装配体本身具有层次性的结构。把这种层次性的结构用树的形式表示出来就称为产品装配体树结构模型,如图 2 所示。在装配体树中

每一个结点都代表一个零件或一个子装配体,把每一个零件或子装配体都看成是一个装配元素。每一个子装配体又可以分为若干个装配元素。这些装配元素之间又存在着若干个装配关系,把这些装配关系存储在一个‘虚链’里,虚链里有一个指向存储装配关系的广义矩阵。

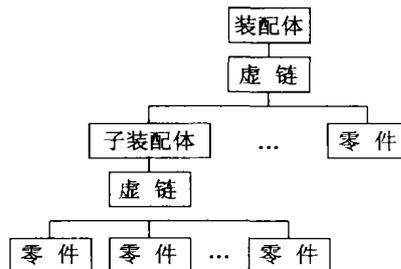


图 2 产品装配体树结构模型

### 1.3 存储装配关系的广义矩阵的建立

广义矩阵用  $R_{n \times n} = (r_{ij})_{n \times n}$  来表示,如式(1)所示。

$$R_{n \times n} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ & & r_{ii} & \dots & r_{ij} & \dots \\ & & & & \dots & \dots \\ & & & & & r_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$R$  为三角阵,它是表示零件间装配关系的广义矩阵,其中  $n$  表示构成该子装配体的装配元素总的数目。三角阵中的元素  $r_{ij}$  是一个指向表示装配关系的指针,它表示某一对装配对象中装配元素  $i$  和  $j$  之间的装配关系。 $r_u$  是一个链表指针,链表中存储的是装配体树的某一结点即编号为  $i$  的装配元素的装配信息。在装配体树中装配关系的存储是一个递归的过程。利用这种数据结构计算机可以方便地构造装配体的树形结构图,可以把装配体中每一个零件或部件本身的装配信息以及每一对装配元素对象之间的装配关系方便地存储在装配体中,同时可以方便而迅速地对装配体树中的每一个数据进行插入、查询、删除和修改等操作。

### 1.4 装配模型的语言描述

为了表示装配体的装配信息,采用二叉链表来表示装配树层次之间的存储结构。它的每一个结点表示一个零件或一个子装配体,结点中有指向双亲、孩子和兄弟的指针。装配体模型的数据结构表达如下:

```
typedef struct AssemblyTreeNode
{
    int Aseltno; /* 该结点的标识号 */
    AssemblyFeature * ANFut; /* 指向该结点的装配信息 */
    AssemblyTreeNode * ptNode; /* 指向双亲结点的指针 */
    AssemblyTreeNode * lchNode; /* 指向第一个孩子
```

的指针 \*/

AssemblyTreeNode \* rchNode; /\* 指向兄弟结点的指针 \*/

AssemblyVirtual - link \* rp; /\* 指向虚链的指针 \*/

AssemblyTreeNode;

AssemblyTreeNode 为装配树中的结点,通过它我们就可以构造装配体树并且把零部件的装配信息以及零部件间的装配关系存储在里面,并且可以通过指针、链表等工具方便地对装配树中的每一数据进行插入、查询、删除和修改等操作。AssemblyFeature 为装配树中某一结点的装配信息,它包括装配元素的几何形状特征、精度特征、物理特征、功能特征和装配操作的工艺特征描述。这里不再详细介绍。AssemblyVirtual - link 为指向装配关系矩阵的指针,当该结点为零件时  $rp = NULL$ ,当该结点为子装配体时  $rp \neq NULL$ 。

## 2 蜗杆减速器装配模型的建立及应用实例

### 2.1 蜗杆减速器装配模型的建立

蜗杆传动具有传动比大、传动平稳、冲击载荷小、噪音低、可实现自锁、齿面精度高、润滑性能好、接触应力小、效率高、承载能力大、使用寿命长等特点<sup>[1]</sup>。所以蜗杆减速器被广泛运用于冶金、矿山、起重、运输、石油、化工、建筑、轻工等行业机械设备的减速传动。对蜗杆减速器装配模型的数据结构的描述,它能对产品进行零件级和装配级的装配工艺性分析和评估,它是一种便于计算机集成的数据结构。装配模型描述信息的方法是根据装配体结构按照产品、部件、零件分层描述的。蜗杆减速器,根据其结构特点,可以把它看成由蜗杆轴系和蜗轮轴系和其它组件在箱体中按照一定的空间位置关系、传动关系、联接关系、配合关系组合而成的。而且能对装配模型中的任何一个数据进行插入、查询、删除、修改等操作。更改某一零件的装配信息只是局部的数据更改,它不会影响到整个产品结构的数据变化。其装配体树如图 3 所示,从中我们可以看出其各装配元素之间的装配关系的描述方法。如果我们把蜗轮轴系看成是由  $n$  个零件装配而成的,把蜗轮轴、蜗轮轴轴承、键、蜗轮等分别给它们编为从 1、2、3、4...

表示蜗轮轴系零件间装配关系的关系矩阵如式(2)所示,

$$R_{n \times n} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & \dots \\ & r_{22} & r_{23} & r_{24} & \dots \\ & & r_{33} & r_{34} & \dots \\ & & & r_{44} & \dots \\ & & & & \dots \end{pmatrix} \quad (2)$$

### 2.2 示例

以中心距为 100 mm,传动比为 63 的平面二次包络

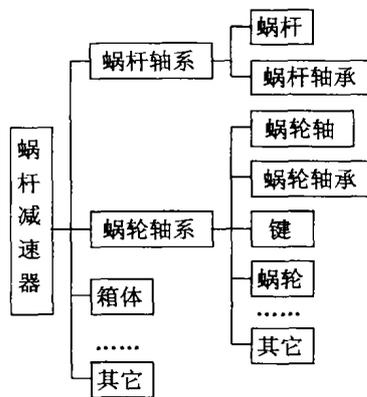
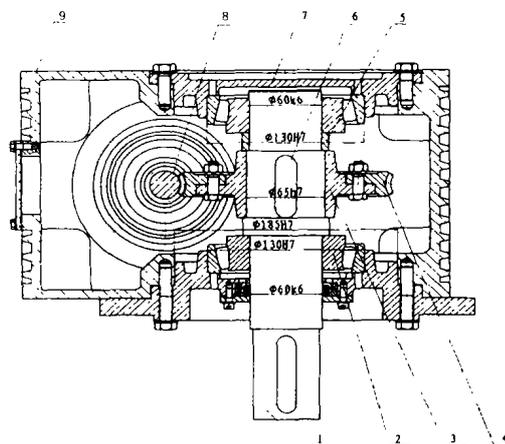


图 3 蜗杆减速器装配体树结构

环面蜗杆减速器为例,介绍基于 DFA 技术的装配信息设计的蜗杆减速器,装配实体图如图 4 所示,其装配体树结构如图 5 所示。



1. 蜗轮轴 2. 蜗轮轴承 3. 蜗轮轮毂 4. 蜗轮齿圈  
5. 衬套 6. 键 7. 蜗轮闷盖 8. 蜗杆 9. 箱体

图 4 平面二次包络环面蜗杆减速器装配实体图

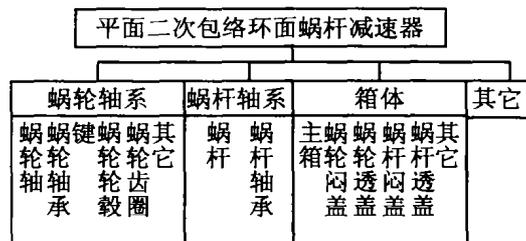


图 5 平面二次包络环面蜗杆减速器装配体树结构

对图 5 所列的零件分别编号,如表 1 所示。

表 1 平面二次包络环面蜗杆减速器零件的编码

零件名称	编号	零件名称	编号
蜗轮轴	1	蜗杆轴承	7
蜗轮轴承	2	主箱	8
键	3	蜗轮闷盖	9
蜗轮轮毂	4	蜗轮透盖	10
蜗轮齿圈	5	蜗杆闷盖	11
蜗杆	6	蜗杆透盖	12

平面二次包络环面蜗杆减速器的装配信息广义矩阵如式(2)所示,其中  $n = 12$ ,即是一个  $R_{12 \times 12}$  的方阵。

蜗轮轴与蜗轮轴承( $r_{12}$ )的装配特征关系:

几何关系 = {接触关系/面接触;配合关系/柱面配合};

联接关系 = {紧固};

约束关系 = {配合精度 /  $\phi 60k6$  / 过渡配合};

对角线上的元素  $r_{11}$  为存储蜗轮轴的装配信息:

装配特征信息 = {零件名称;零件编号;分类号;图号;图;几何轮廓特征;形状特征;精度特征;物理特征;装配工艺性特征}。

蜗轮轴毂和蜗轮齿圈( $r_{45}$ )的装配特征关系:

几何关系 = {接触关系/平面接触;配合关系/过盈配合};

传递关系 = {传动关系};

联接关系 = {螺栓联接};

对角线上的元素  $r_{44}$  为存储蜗轮轴毂的装配信息:

装配特征信息 = {零件名称;零件编号;分类号;图号;图;几何轮廓特征;形状特征;精度特征;物理特征;装配工艺性特征}。

蜗杆减速器的其它零部件之间的装配特征关系以此类推。

### 3 结 论

在研究国内外有关产品装配建模技术的基础上,根据蜗杆减速器的结构特点,通过对蜗杆减速器装配工艺性的分析和研究提出了一种适合于对蜗杆减速器进行装配性分析和评价的蜗杆减速器装配信息模型的描述方法,该方法能更丰富地储存产品的装配信息,并能有效地对产品进行零件级和装配级的装配工艺性的分析和评价,使得蜗杆减速器在设计方法上得到进一步的完善和提高。

#### 参考文献:

- [1] 童秉枢. 现代 CAD 技术[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [2] 殷国富. 计算机辅助设计技术与应用[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [3] WYNNE HSU, C S GEORGE LEE. Feedback approach to design for assembly by evaluation of assembly plan[J]. *Computer - aided design*, 1993, 25(7): 18 - 21.
- [4] LIEBERMAN LI, WESLEY M A. AUTOPASS. An automation programming system for computer controlled mechanical assembly [J]. *IBM Journal of Research and Development*, 1997, 12(1): 321 - 333.
- [5] 张伯鹏. 机电智能控制工程[M]. 北京:机械工业出版社.
- [6] 何小柏. 机械设计[M]. 重庆:重庆大学出版社,1996.

## A Description Method of Assembly Information Model for Worm - gear Reducer and Apply

LUO Tian - Hong, CHEN Xiao - an, ZHANG Guang - hui, LUO Wen - jun

(The State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** In order to comprehensively analyse and evaluate the assembly process of a worm - gear reducer, a data structure which can integrally describe the assembly information of the worm - gear reducer is developed. Description of assembly character of part, establishing tree - structure of assembly of product, establishing generalized matrix saved assembly relationship and the language description of assembly model are introduced. By means of the data structure, computer can chart form tree - structure diagram of assembly, and save assembly relationship and assembly information of each of part. Assembly relationship and assembly information are saved in the node of tree - assembly, and every data of tree - assembly can be queried, deleted, inserted and modified through pointer or chain. This method can availablely analyse and evaluate the assembly process of parts and assembly. A worm - gear reducer is taken as an example to validate the data structure.

**Key words:** design for assembly ; worm - gear reducer; assembly model of product

(责任编辑 成孝义)