

满足多向驱动自动匹配的 图形与尺寸约束自组织*

张树有 彭群生 谭建荣

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 杭州 310027)

摘要 本文通过对图形约束的描述,约束识别与尺寸匹配的自组织,有效地建立了图形尺寸参数、零件图、装配图之间的多向驱动机制。该方法具有通用性,使得参数化 CAD 支撑软件能满足整个产品设计的要求。

关键词 多向驱动,自动匹配,图形约束,尺寸约束。

传统的交互式 CAD 软件由于不能支持系列化产品设计,使得对参数化设计的研究越来越得到人们的重视。国内外大量的 CAD 学者、专家提出了一系列参数化设计的理论与方法。如几何变动理论^[1~3]、几何推理^[4~6]、变量设计法^[7,8]、基于约束的形状自动求解^[9]等方法。这些方法从不同角度研究了几何元素与尺寸的约束关系,对参数化设计起到了重要的作用。然而,仔细分析可以发现这些不同的方法都是面向零件的参数化设计,建立的尺寸—图形约束是一种封闭性的,即零件—零件之间不存在任何关系。实际上,产品往往是多个零件组成的,从整个产品设计来说,同一产品不同零件之间同样存在一定的约束与匹配关系。由于建立的约束只针对零件,使得参数化设计只能限于零件图中尺寸驱动图形,而零件—零件之间、零件图—装配图之间的驱动与匹配变得无能为力。因而,如何通过尺寸与图素之间的约束来自动建立零件之间的匹配,使得具有装配关系的零件中具有相关尺寸的部分能自动进行联动;如何使参数化设计系统面向整个产品设计,实现尺寸参数、零件图、装配图的多向驱动,这是参数化设计普遍存在而有待解决的问题。本文通过对图形的约束描述、图形信息的形成分析,提出了一种满足多向驱动自动匹配的尺寸参数与约束的自组织方法。

1 图形的约束描述

装配图是由满足一定装配关系的零件图组成的,零件图是由符合一种拓扑关系、受尺寸约束的图素构成的。

* 本文研究得到国家杰出青年科学基金与国家自然科学基金资助。作者张树有,1963年生,讲师,主要研究领域为计算机图形学,CAD 参数化设计,工程图重建。彭群生,1947年生,教授,博士导师,主要研究领域为真实感图形显示,图形识别与理解,虚拟现实,计算机动画。谭建荣,1954年生,教授,主要研究领域为工程图识别与理解,曲线曲面,可视化。

本文通讯联系人:张树有,杭州 310027,浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室

本文 1995-07-31 收到修改稿

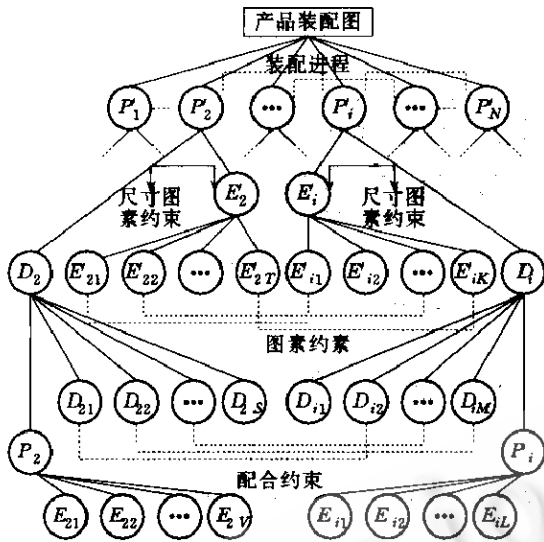


图1 图形约束关系

设某产品由 N 个零件 (P_1, P_2, \dots, P_N) 组成, N 个零件在装配图中的信息分别用 P'_1, P'_2, \dots, P'_N 表示, P'_i 由 K 个图素 ($E'_{i1}, E'_{i2}, \dots, E'_{iK}$) 组成, 第 i 个零件对应 M 个尺寸参数 ($D'_{i1}, D'_{i2}, \dots, D'_{iM}$), P_i 零件图由 L 个图素 ($E_{i1}, E_{i2}, \dots, E_{iL}$) 组成. 它们之间的关系可用图 1 来表示, 图中实线连接反映 P, D, E 之间构成的层次关系以及同一零件尺寸与图素的内部约束, 虚线连接反映不同零件之间的外部约束, 用 f 表示外部约束, 则有: $f = F$ (装配进程, 图素约束, 配合约束)

装配进程——不同零件之间的装配关系与次序.

图素约束——不同零件上图素之间的约束关系.

配合约束——不同零件在装配图中匹配的尺寸关系.

外部约束建立了同一产品不同零件之间的约束关系, 这些约束的建立是实现多向驱动及零件间自动匹配的前提. 然而, 在 CAD 图形生成时各个零件往往是独立生成的, 特别是把已有产品图纸输入计算机并实现系列化时, 不同零件有时是不同设计者完成的, 这样零件外部约束靠人工来进行是十分繁琐的. 参数化设计系统零件内部尺寸图素的约束一般来说都已建立, 自动建立零件的外部约束是实现图形多向驱动自动匹配的关键所在.

2 图形信息的形成与约束的自组织

2.1 图形信息的形成

零件图通过调用基本图素及图形库中基本子图来生成. 装配图是由零件图组装而成的, 目前常采用这样几种方法: ①根据装配图的装配关系, 事先生成为装配图服务的零件图, 然后直接进行组装得到装配图; ②根据零件图人工给出零件外形信息, 组装时进行布尔运算消去装配图中重叠部分的图线而生成装配图. 这 2 种方法在图形装配前都需对零件图进行人工预处理, 而且当装配关系或零件大小发生变化时, 又必须重新进行人工处理, 为满足多向驱动的要求, 根据装配进程, 在轮廓信息自动获取的研究基础上^[10,11], 给出一种自动处理装配图中零件间遮挡的算法:

STEP 1: 对每一装配零件提取外轮廓信息, 即自动进行环跟踪.

STEP 2: 根据零件遮挡优先级 (前后深度等级), 对装配进程 1 的 2 零件进行遮挡部分裁剪处理, 优先级高的零件遮挡优先级低的零件.

STEP 3: 上一进程处理后的信息与装配进程 2 的零件进行遮挡测试与裁剪处理.

STEP 4: 遮挡裁剪处理直至装配完成.

STEP 5: 记录装配关系及优先级.

若装配进程为 i 的零件尺寸大小发生变化,则重新对该零件进行跟踪,并执行以上第 2、3、4 步,便可得到新的装配信息。

2.2 约束的自组织

不同零件之间的外部约束不可能在零件图信息生成时建立,只能在形成装配图时,通过装配关系及零件的几何信息的判别来自动组织并进行传递。

2.2.1 约束的识别

约束识别的规则:(1)只有同一装配进程零件的图素,才有可能存在约束。(2)不同零件上的图素存在部分重叠或完全重叠时,重叠的图素则相互构成图素约束。(3)零件图中每一尺寸所约束的图素,同一装配进程不同零件上构成约束的图素所对应的尺寸为尺寸配合约束。

约束识别算法:设零件 P_i, P_j 为同一装配进程的 2 零件。

STEP 1:对零件 P_i, P_j 对应的图素中的直线段标记方向特征码。当直线两端 X, Y 坐标差为: $\Delta Y=0$,则为水平线, $direction_code=0$; $\Delta X=0$,则为铅垂线, $direction_code=1$; 否则,为一般位置直线, $direction_code=2$ 。

STEP 2:循环零件 P_i 的直线段,对零件 P_j 中具有相同方向特征码的直线段进行约束识别,当满足以下条件之一时,两图素构成约束。

(1) ($direction_code=0$) && (两直线 Y 坐标相等) && (一直线的 X 坐标介于另一直线之间)

(2) ($direction_code=1$) && (两直线 X 坐标相等) && (一直线的 Y 坐标介于另一直线之间)

(3) ($direction_code=2$) && (一直线端点在另一直线上)。

STEP 3:循环零件 P_i 的圆弧段,搜索零件 P_j 中与之约束的圆弧段,当满足(圆心坐标相等) && (半径相等),则两圆弧构成约束。

2.2.2 尺寸匹配的自组织

图 2(a)为图 2(b), (c), (d) 三零件组成的装配图,装配进程 $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$ 。

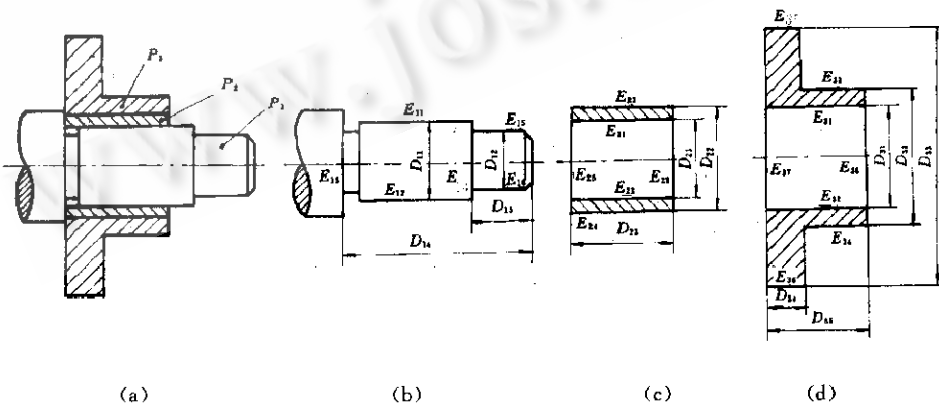


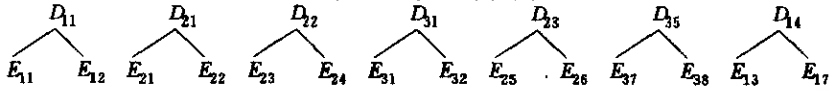
图 2 尺寸参数的自组织

通过零件间的图素约束识别可得到:

$$E_{11} \leftrightarrow E_{21} \quad E_{23} \leftrightarrow E_{31} \quad E_{13} \leftrightarrow E_{25} \leftrightarrow E_{37}$$

$$E_{12} \leftrightarrow E_{22} \quad E_{24} \leftrightarrow E_{32} \quad E_{26} \leftrightarrow E_{38}$$

根据参数化设计系统提供的尺寸—图素约束关系:



由以上约束可建立零件之间尺寸参数的约束:

$$D_{11} \leftrightarrow D_{21}, D_{22} \leftrightarrow D_{31}, D_{23} \leftrightarrow D_{35}$$

逻辑匹配表可组织成:

零件序	尺寸序	尺寸值	零件序	尺寸序
1	1	D_{11}	2	1
2	2	D_{22}	3	1
2	3	D_{23}	3	5

第 2 行数据表示装配进程中第 2 个零件的第 2 个尺寸参数与第 3 个零件的第 1 个尺寸参数匹配

匹配表中每行可匹配多个零件的尺寸, 根据约束识别结果, 直接接在对应的行上. 这样匹配表的任一尺寸参数的变化, 不同零件与之匹配的尺寸则产生联动, 从而保证了装配的正确性, 以及对应零件的自动匹配.

3 图形的驱动机制

建立了外部约束, 便可实现以下 3 种驱动机制:

(1) 尺寸驱动零件图及装配图

图 3 给出了修改第 P_i 零件的尺寸参数 D_i 来驱动零件图、装配图.

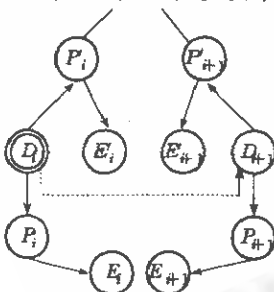


图3 D_i 驱动

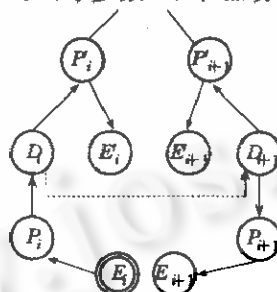


图4 E_i 驱动

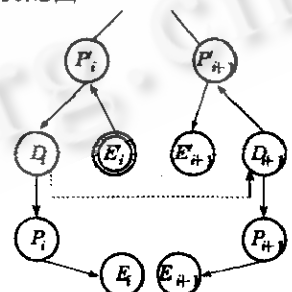


图5 E_i 驱动

驱动第 P_i 零件图: $D_i \rightarrow (P_i) \rightarrow E_i$

驱动与第 P_i 零件相匹配的零件图: $D_i \rightarrow D_{i+1} \rightarrow (P_{i+1}) \rightarrow E_{i+1}$

驱动装配图: $D_i \rightarrow (P_i') \rightarrow E_i'$ $D_i \rightarrow D_{i+1} \rightarrow (P_{i+1}') \rightarrow E_{i+1}'$

(2) 零件图驱动装配图及相关零件图

图 4 为修改第 P_i 零件图 E_i 来驱动相匹配零件图及装配图.

驱动 P_i 零件的尺寸参数: $E_i \rightarrow (P_i) \rightarrow D_i$

驱动相匹配的零件图: $E_i \rightarrow (P_i) \rightarrow D_i \rightarrow D_{i+1} \rightarrow (P_{i+1}) \rightarrow E_{i+1}$

驱动装配图: $E_i \cdots D_i \rightarrow (P_i') \rightarrow E_i'$ $E_i \cdots D_{i+1} \rightarrow (P_{i+1}') \rightarrow E_{i+1}'$

(3) 装配图驱动零件图

图 5 为修改装配图中的图素 E'_i 来驱动零件图:

驱动 E'_i 对应零件 $P_i: E'_i \rightarrow (P'_i) \rightarrow D_i \rightarrow (P_i) \rightarrow E_i$

驱动 P_i 相匹配的零件: $E'_i \cdots D_i \rightarrow D_{i+1} \rightarrow (P_{i+1}) \rightarrow E_{i+1}$

4 结束语

零件之间的约束自组织是实现多向驱动及零件之间匹配联动的前提. 本文所提方法是参数化设计系统面向整个产品系列化设计的进一步扩展. 文中信息形成、约束识别及自组织算法具有通用性, 并在提升机产品设计中得到实际检验, 有效地提高了参数化设计的效率.

参考文献

- 1 Robert Light, David Gossard D C. Modification of geometric model through variational geometry. CAD, 1982, 14(4): 209~214.
- 2 Aldefeld B. Variation of geometries based on a geometric reasoning method. CAD, 1988, 20(3): 117~126.
- 3 Lin V C, Gossard D C, Light R A. Variational geometry in computer aided design. CAM Computer Graphics, 1982, 15(3).
- 4 Koichi Kondo. PIGMOD: parametric and interactive geometric modeller for mechanical design. CAD, 1990, 22(10).
- 5 Suznki H, Ando H, Kimura F. Geometric constraints and reasoning for geometrical CAD system. Computer & Graphics, 1990, 14(2): 211~224.
- 6 高曙明, 彭群生. 一种基于几何推理的参数化设计方法. 计算机学报, 1994, 17(11): 816~821.
- 7 Dov Dori. A systactic/geometric approach to recognition of dimension in engineering machine drawings. Computer Vision, Graphics and Image processing, 1989, 47.
- 8 Roller D. An approach to computer aided parametric design. CAD, 1991, 23(5): 385~391.
- 9 葛建新, 彭群生. 基于约束的形状自动求解新算法. 计算机学报, 1995, 18(2): 114~126.
- 10 Zhang Shuyou. The generation of assembly drawing by automatic processing between parts overlapping. PG'94/CADDM'94, 1994, 8: 273~275.
11. Zhang Shuyou. The method for automatically obtaining the information of outline of section. CADDM'91, 1991.

SELF—ORGANIZATION OF CONSTRAINTS BETWEEN DIMENSIONS AND DRAWINGS FOR MULTI—DIRECTION DRIVE AND AUTOMATIC MATCHING

Zhang Shuyou Peng Qunsheng Tan Jianrong

(State Key Laboratory of CAD&CG Zhejiang University Hangzhou 310027)

Abstract In this paper, the authors present a method for description of graphics constraints, recognition of constraint and self—organization of automatic match between dimension and drawings. In this way, multi—direction drive among dimensions part drawings and assembly drawing is established. By a series tests, it is indicated that this method is efficient, practical and general.

Key words Multi—direction drive, automatic match, graphic constraints, dimension constraints.