

基于夹具实例信息的定位元件方案自动匹配算法*

秦国华 侯源君 路冬

(南昌航空大学航空与机械工程学院,南昌 330063)

摘要:提出了一种基于夹具实例库的定位元件方案设计方法。首先,根据定位基准表面上的定位点数目,构建了定位元件方案的工艺信息匹配度。其次,根据工件自身的几何拓扑关系,提出了工件的面、线、点3个层次的几何信息匹配矩阵,构造了工件的适应度及其相应的权重。再次,结合定位元件方案的工艺信息,建立了定位元件方案的决策匹配函数。最后,利用典型实例说明定位元件方案自动匹配算法的详细应用过程。

关键词:计算机辅助夹具设计 定位点方案 定位元件方案 节点深度 匹配

中图分类号: TG75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)02-0308-06

引言

机械制造过程中,加工、检验、焊接、装配和生产线运送工件等,都需要采用各式各样的夹具。机床夹具是机床和刀具获得工件切削加工精度的基本保证,只有合理地应用夹具,正确地定位工件,工件才能获得设计所要求的尺寸、形状以及各表面间的相对位置。合理、准确的工件方位是通过定位点布局方案和定位元件结构方案来实现的。定位点布局方案主要考虑定位基准的选择与定位点数目的确定,而定位元件方案则侧重定位元件的结构、尺寸与位置。Asada等^[1-2]利用运动学方法分析了“3-2-1”定位方案的完全定位、可达性与可离性、总体约束等问题,但没有进一步讨论定位点布局方案的设计问题。Wu等^[3]根据表面特征、有效面积等因素确定主要定位基准后,利用相似性原理搜索与主要定位基准相同的定位点布局方案。Peng等^[4]则利用规则推理的方法确定定位基准和定位点布局方案。针对孔系组合夹具的“3-2-1”定位方案,Wu等^[5]提出了确定工件侧面3个定位点位置的连杆机构原理,该方法仅适用于由直线和圆弧组成的定位边界。Trappey等^[6]则提出了确定工件底面3个定位点位置的工件轮廓几何投影法。秦国华等^[7-8]建立了描述加工要求与理论自由度关系的自由度模型、以及描述定位点方案与实际自由度关系的定位模型,提出了理论自由度为实际自由度子集的理论条件、定位雅可比矩阵的秩等于定位点数目的工艺条件为定位正确性的判定准则,构建了以定位准

确性为核心的“生成式”定位点布局方案设计算法。刘永喜等^[9]提出了基于成组技术的夹具快速配置思想。Vukelic等^[10]根据工件的几何和工艺等信息,提出了基于规则的夹具元件选择方法。张胜文等^[11]根据焊接管件之间存在相似性的特点,提出了基于范例推理的管件焊接夹具设计方法。吴玉光^[12]归纳了工序要求与应约束自由度、定位基准与能约束自由度之间的运算规则,根据定位基准约束自由度任务冲突的判断方法建立了定位点布局规则。然而,零件几何结构多种多样,加工工艺过程繁琐复杂,要充分构建好夹具设计中的检索方法或规则是不可能的^[13-14],而且也没有与工件的加工要求联系起来。

本文结合定位点方案“生成式”的设计算法,提出定位元件方案的决策方法。首先根据工件的定位点方案,建立夹具实例库中定位元件方案的工艺匹配度;然后,基于工件定位基准及其编号结构,构造工件的判断规则映射矩阵,通过归一化处理方法定义工件几何关联度;最后,根据工艺匹配度与几何关联度确定定位基准决策函数,作为定位元件方案的自动检索依据。

1 定位信息匹配因子

夹具定位元件方案的作用旨在限制工件的自由度,以便在加工过程获得所需的加工精度要求。夹具设计中,定位元件方案的确定是基于对工件几何结构与定位要求的综合分析。

如图1所示,定位基准的几何信息均为圆柱面。

收稿日期:2012-12-13 修回日期:2013-01-25

*国家自然科学基金资助项目(51165039)、航空科学基金资助项目(2010ZE56014)和江西省科技支撑计划重点资助项目(2010BGB00300)

作者简介:秦国华,教授,博士,主要从事工件装夹优化、加工过程数学建模与仿真和制造业信息化技术研究,E-mail:qghwzx@126.com

但从定位角度考虑,一个是外圆表面,另一个为内孔表面,定位元件方案是不一样的。当然,加工要求相同,但定位基准表面不同,则要求限制的自由度不一样,从而导致所要求的定位点数目也不一样,即定位点方案不一样,如图 2 所示。显然,定位点方案不一样,则定位元件方案也是不一样的。因此,定位元件方案的设计应从定位点方案与定位基准两个方面的相似性入手。

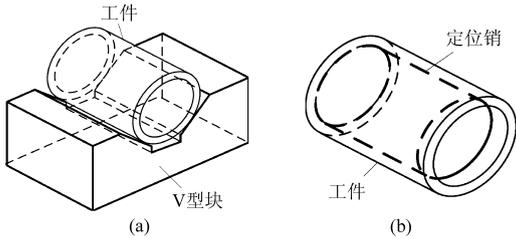


图 1 相同的几何信息

Fig. 1 Same geometrical information

(a) V 形块定位 (b) 定位销定位

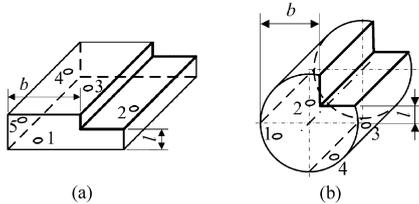


图 2 相同的加工信息

Fig. 2 Same machining information

(a) 限制 5 个自由度 (b) 限制 4 个自由度

工件是通过一定的装配约束(主要包括匹配、对齐、角度、同轴、距离、平行、垂直、和相切等类型)与定位元件构成一个装配体,其数学描述可参见定义 1。

定义 1:若 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_\tau, \dots, U_m\}$ 为工件定位基准集, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_v, \dots, A_n\}$ 为夹具定位元件集,则称 (U, A, P) 是一个定位元件方案,其中 $P = \{P_i | U_i \rightarrow A_j, U_i \subseteq U, A_j \subseteq A\}$ 为 U 与 A 之间的定位点方案。

如图 3 所示,在第 1 个定位元件方案中,圆柱形工件的外圆表面为定位基准,V 形块为定位元件,它们之间的定位点数为 4。假定定义 1 中 P_i 为对象 CAD 模型 Ξ' 第 i 个定位基准上定位点数, P'_j 为目标 CAD 模型 Ξ'' 第 j 个定位基准上定位点数,则工件的定位元件方案匹配因子 w_{ij} 可表示为

$$w_{ij} = 1 - \frac{|P_i - P'_j|}{\sum P_i + \sum P'_j} \quad (1)$$

式中 $\sum P_i, \sum P'_j$ —— Ξ' 与 Ξ'' 中所有定位点数之和

2 定位基准选择模型

三维实体模型通常用 CSG 和 B-Rep 等方法^[9]

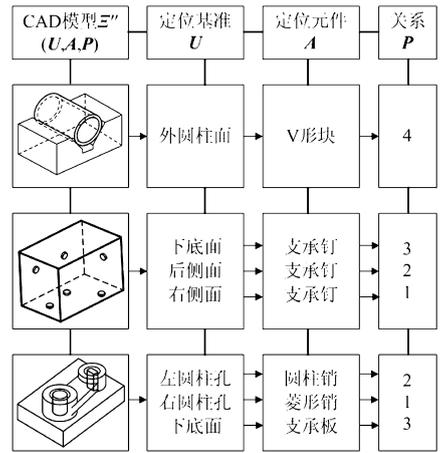


图 3 定位元件方案的数学描述

Fig. 3 Mathematical description of locator scheme

表示,CAD 模型中各元素间的几何拓扑关系则可通过有向关联图^[15]表示,如图 4 所示。因此,根据有向关联图,可方便地寻找对象 CAD 模型 Ξ' 与目标 CAD 模型 Ξ'' 之间几何信息符合程度的有向映射法则。

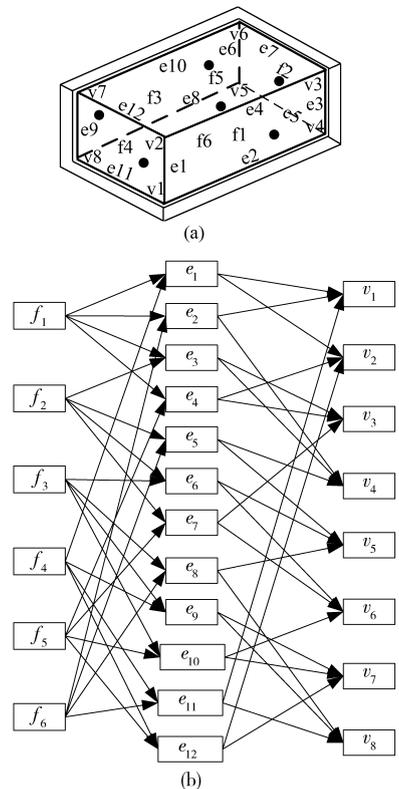


图 4 节点深度

Fig. 4 Node depth

(a) CAD 模型 (b) 有向关联图

定义 2:有向关联图上任意两个节点之间的连接线被称为一条骨架枝,而节点处的骨架枝条数则称为节点深度。

在 Ξ' 与 Ξ'' 的有向关联图中,相应的节点深度分别用 z 和 Z 表示。如图 4b 所示, e_7 的节点深度为 4, v_2 的节点深度为 3。

2.1 点特性映射法则

在节点映射匹配过程中,假设 Ξ' 中面 f 由线集 $e = \{e_1, e_2, \dots, e_p, \dots, e_\beta\}$ 和点集 $v = \{v_1, v_2, \dots, v_q, \dots, v_\alpha\}$ 循环构成,而 Ξ'' 中面 F 由线集 $E = \{E_1, E_2, \dots, E_{p'}, \dots, E_{\beta'}\}$ 和点集 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_{q'}, \dots, V_{\alpha'}\}$ 循环构成,则可按照下列方式构建点信息层的关联函数。

定义3:若对象模型面 f 构成的点集 v 与目标模型面 F 构成的点集 V ,满足映射法则 $v_q \rightarrow V_{q'}$ 中 v_q 与 $V_{q'}$ 节点深度相等,则取点属性符合值 $m_{qq'}^{(1)} = 1$,否则为 $m_{qq'}^{(1)} = 0$ 。这样,点关系集 $\langle v, V \rangle$ 两两映射比较构成点映射矩阵 $M_1 = \{m_{ij}^{(1)}\} (1 \leq i \leq \alpha, 1 \leq j \leq \alpha')$ 为

$$M_1 = \begin{bmatrix} m_{11}^{(1)} & \dots & m_{1q'}^{(1)} & \dots & m_{1\alpha'}^{(1)} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{q1}^{(1)} & \dots & m_{qq'}^{(1)} & \dots & m_{q\alpha'}^{(1)} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{\alpha 1}^{(1)} & \dots & m_{\alpha q'}^{(1)} & \dots & m_{\alpha \alpha'}^{(1)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

规则1:对于CAD模型的点映射,其点的适应度可定义为

$$\zeta \langle v, V \rangle = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\alpha'} \varphi_{ij}^{(1)} \frac{m_{ij}^{(1)}}{\alpha \alpha'} \quad (3)$$

$$\text{其中 } \varphi_{ij}^{(1)} = \frac{\min \{z_i^{(1)}, Z_j^{(1)}\}}{\max \{z_i^{(1)}, Z_j^{(1)}\}} \quad (4)$$

式中 $\varphi_{ij}^{(1)}$ —— Ξ' 中第 i 个点与 Ξ'' 中第 j 个点的适应度权重系数

$z_i^{(1)}, Z_j^{(1)}$ —— Ξ' 中第 i 个点与 Ξ'' 中第 j 个点处的节点深度

2.2 线特性映射法则

对于CAD模型中任意边,若其两个邻接面的夹角小于 180° 时,则该边为凸边,否则为凹边。假定面 f 中任意边 $e_i \in e$ 的两个端点为 $v_a, v_b (v_a \in v \text{ 且 } v_b \in v)$,则 v_a 到 v_b 的向量为 $L(v^{a,b})$ 。再假定边 e_i 上任意点 $v_c \notin v$ 处法向量、切向量分别为 n_c, τ_c ,那么向量 $L(v^{a,b})$ 到向量 $L(v^{a,c})$ 之间的矢量角为 θ_{ab} ,即

$$\theta_{ab} = L(v^{a,b}) \times L(v^{a,c}) \quad (5)$$

这样,面 f 中所有边的特性可根据下列两个定义进行判断。

定义4:若矢量角 $\theta_{ab} = 0$,则边 e_i 为直线边,否则边 e_i 为曲线边。

定义5:如图5所示,若 e_i 为曲线边,则矢量角 $\theta_{ab} < 90^\circ$ 时, e_i 为凸边,而矢量角 $\theta_{ab} > 90^\circ$ 时, e_i 为凹边。

根据定义4和定义5,边的特性可用属性编码 C_{em} 表示。若边的特性为凹边,则其属性编码 $C_{em} = 0$;若边的特性为直线边,则 $C_{em} = 1$;若边的特性为

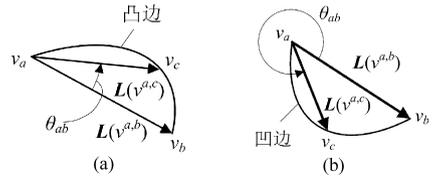


图5 矢量角

Fig.5 Vector angle

(a) $\theta_{ab} < 90^\circ$ (b) $\theta_{ab} > 90^\circ$

凸边,则 $C_{em} = 2$ 。这样,根据边的属性编码,可构建对象CAD模型 Ξ' 与目标CAD模型 Ξ'' 之间边的比较矩阵。

定义6:若对象模型面 f 构成的线集 e 与目标模型面 F 构成的线集 E ,满足 $e_p \rightarrow E_{p'}$ 中边特性相同,则取 $r_{pp'}^{(2)} = 1$,否则为 $r_{pp'}^{(2)} = 0$ 。因此,边关系集 $\langle e, E \rangle$ 两两比较构成比较矩阵 $R_2 = \{r_{ij}^{(2)}\} (1 \leq i \leq \beta, 1 \leq j \leq \beta')$ 为

$$R_2 = \begin{bmatrix} r_{11'}^{(2)} & \dots & r_{1p'}^{(2)} & \dots & r_{1\beta'}^{(2)} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{p1'}^{(2)} & \dots & r_{pp'}^{(2)} & \dots & r_{p\beta'}^{(2)} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{\beta 1'}^{(2)} & \dots & r_{\beta p'}^{(2)} & \dots & r_{\beta \beta'}^{(2)} \end{bmatrix} \quad (6)$$

规则2:对于CAD模型的边映射,其边的适应度可表达为

$$\lambda \langle e, E \rangle = \sum_{i=1}^{\beta} \sum_{j=1}^{\beta'} \varphi_{ij}^{(2)} \frac{r_{ij}^{(2)}}{\beta \beta'} \quad (7)$$

$$\text{其中 } \varphi_{ij}^{(2)} = \frac{\min \{z_i^{(2)}, Z_j^{(2)}\}}{\max \{z_i^{(2)}, Z_j^{(2)}\}} \quad (8)$$

式中 $\varphi_{ij}^{(2)}$ —— Ξ' 中第 i 个边与 Ξ'' 中第 j 个边的适应度权重系数

$z_i^{(2)}, Z_j^{(2)}$ —— Ξ' 中第 i 个边与 Ξ'' 中第 j 个边处的节点深度

2.3 面特性映射法则

假设CAD实体模型的形心为 W ,任意边界面的形心为 Q , Q 到 W 的位置向量记为 r , Q 点处的曲率与法向量分别为 ρ 和 n ,面的特性值为

$$\Gamma = \rho(r \cdot n) \quad (9)$$

式中“ \cdot ”表示两向量之点积。

定义7:当 $\Gamma > 0$ 时,该边界面为凸面,当 $\Gamma < 0$ 时,该边界面为凹面,当 $\Gamma = 0$ 时,该边界面为平面。

规则3:若记 Γ, Γ' 分别为 Ξ' 与 Ξ'' 上边界面的面特性值,那么对于CAD模型的面映射,其面的适应度^[16-17]可定义为

$$\chi \langle f, F \rangle = \frac{e^{-d} - e^{-2}}{1 - e^{-2}} \quad (10)$$

其中 $d = \|\Gamma - \Gamma'\| = \sqrt{|\Gamma - \Gamma'|^2}$

式中 d ——距离测度

3 决策函数

记 $H^{(k)}$ 为 Ξ' 中面 H 的第 k 层分解图, $G^{(k)}$ 为 Ξ'' 中面 G 的第 k 层分解图, 则结合判定规则映射内部属性信息和节点信息可方便地获得各判定层次对应模型之间的匹配度。假定 Ξ' 与 Ξ'' 的面集中分别有 t, s 个面, 那么, 第 i 个面 $H_i^{(k)}$ 与第 j 个面 $G_j^{(k)}$ 之间的匹配度可定义^[18]为

$$l_{ij} = \frac{I_v \zeta_{ij} + I_e \lambda_{ij} + I_f \chi_{ij}}{ts} \quad (1 \leq i \leq t, 1 \leq j \leq s) \quad (11)$$

其中 $I_v + I_e + I_f = 1$ (12)

式中 $\zeta_{ij}, \lambda_{ij}, \chi_{ij}$ —— Ξ' 中第 i 个面与 Ξ'' 中第 j 个面之间的层次关联函数

I_v, I_e, I_f —— 根据实际重要度利用 AHP 法^[19]确定的综合加权系数

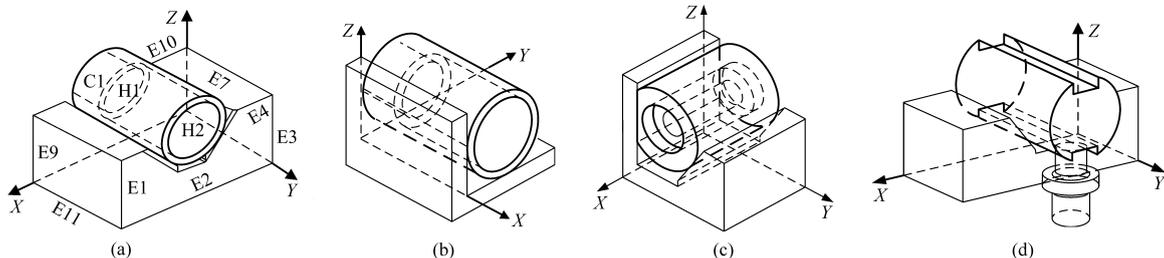


图 6 实例库

Fig. 6 Case library

(a) V 形块 (b) L 形块 (c) 变异 V 形块 (d) V 形块与挡销

现以图 7 所示工件及其定位点方案为例说明夹具定位方案自动优选算法的具体应用。定位点方案的设计方法与过程可参照文献[7], 定位基准为外圆表面, 其上布局 4 个定位点。根据规则 3 可知, 图 6a 所示目标 CAD 模型定位表面的 $\Gamma' = 0.1$, 则其具体计算步骤如下:

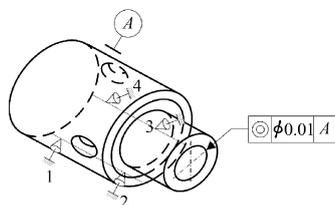


图 7 工件及其定位点方案

Fig. 7 Workpiece and its locating point scheme

(1) 建立对象 CAD 模型(图 7), 读入定位基准(即大外圆表面)及定位点 1、2、3、4 信息。

(2) 调入实例编号结构, 如图 8 所示, 根据编号结构生成目标 CAD 模型的面集 F 、边集 E 以及点集 V 。同理也可生成对象 CAD 模型的面集 f 、边集 e 以及点集 v 。

(3) 确定定位表面(即大外圆表面)的面特性。

式(11)可用矩阵形式描述为

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \cdots & l_{1s} \\ l_{21} & l_{22} & \cdots & l_{2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_{t1} & l_{t2} & \cdots & l_{ts} \end{bmatrix} \quad (13)$$

这样, 联合式(1)描述的工艺信息, 可构建 Ξ' 与 Ξ'' 之间匹配度的决策函数^[20]为

$$\text{match}(\Xi', \Xi'') = \left(\prod_{i=1}^{\mu} \prod_{j=1}^{\mu'} w_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s l_{ij} \right) \quad (14)$$

式中 μ, μ' —— Ξ' 与 Ξ'' 中的定位基准数目

4 应用实例

假定夹具库中存有 4 例典型夹具方案, 如图 6 所示。

由于工件的形心 $W = \{75, 67.025, 35\}$, 定位基准表面形心 Q 到 W 的位置向量 $r = \{-27.801, 3.334, -8.802\}$, 其法向量 $n = \{0, 1, 0\}$, 曲率 $\rho = 0.036$, 则面的凹凸特性 $\Gamma = \rho(r \cdot n) = 0.12$ 。

(4) 初始化分配面特性内存空间并保存数组, 根据规则 3 计算面的适应度 $\chi\langle f, F \rangle = 0.99$ 。

(5) 确定所选取的定位表面边特性。由于定位表面上的 4 条边均为曲线, 且矢量角 $\theta_{ab} > 90^\circ$, 其属性编码为 $C_{em} = 2$, 故对象模型线集 $e = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ 编码数组为 $\{2, 2, 2, 2\}$ 。

(6) 根据式(6)计算边特性比较矩阵 $R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。

(7) 根据规则 2, 计算 Ξ' 与 Ξ'' 中边的适应度权重系数, 由于节点深度均为 1, 则 $\phi_{ij}^{(2)} = 1$, 分别代入式(7)求得边特性适应度 $\lambda\langle e, E \rangle = 0.75$ 。

(8) 确定定位表面的点特性。由于条件模型和对象模型无点分解, 节点深度为零, 不难得出点映射矩阵 $M_1 = (m_{ij}^{(1)})_{\alpha \times \alpha'} = \{0\}$, 则根据规则 1 易求得同类工件面间点的适应度 $\zeta\langle v, V \rangle = 0$ 。

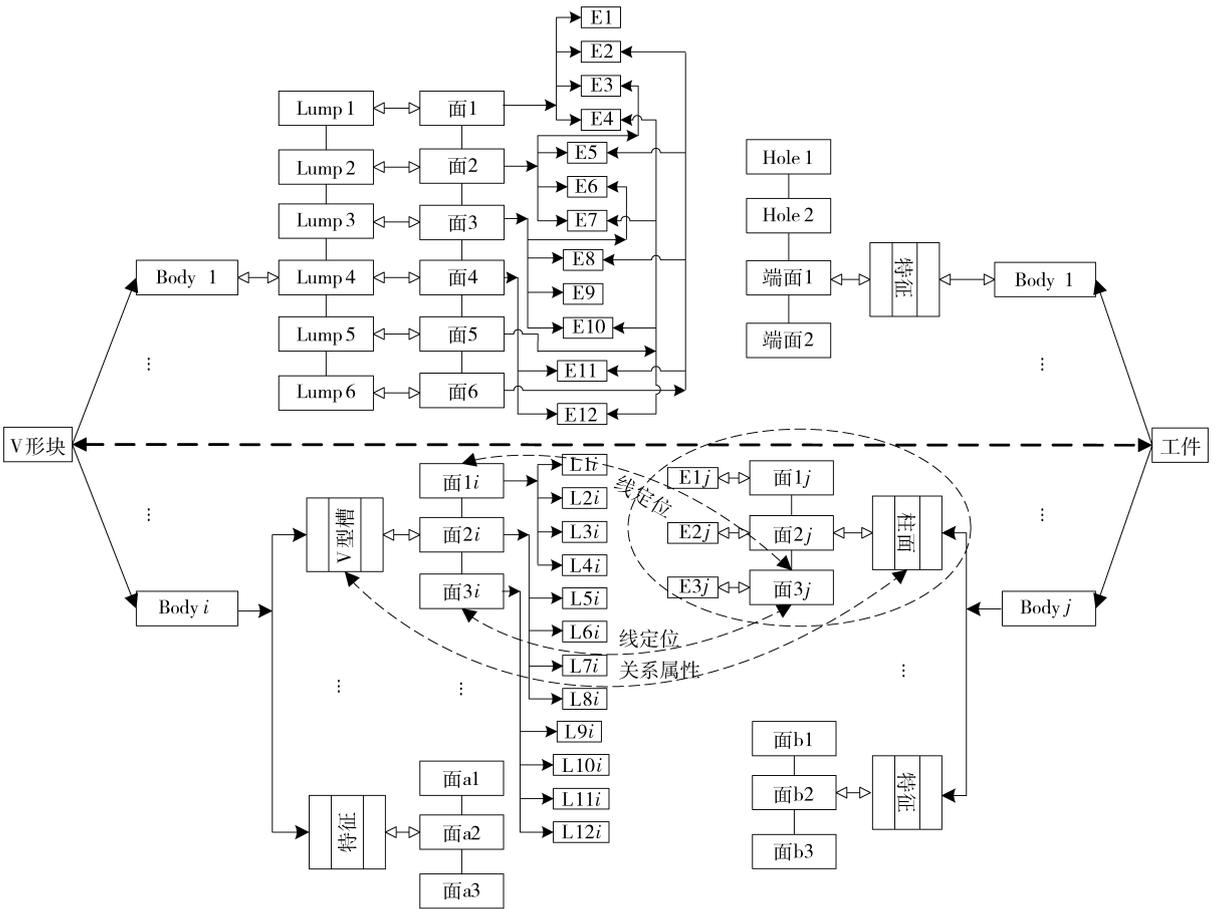


图8 模型应用实例编号结构

Fig. 8 Code configuration

(9) 计算决策函数值。根据 AHP 法确定 $I_e = 0.0719$ 、 $I_f = 0.2790$ 、 $I_j = 0.6491$ 。由于对象 CAD 模型与目标 CAD 模型中均只有一个定位基准，故 $I_{11} = 0.99 \times 0.6491 + 0.75 \times 0.2790 + 0 = 0.852$ 。

类似地，对象 CAD 模型与图 6b ~ 6d 对应目标 CAD 模型之间的决策匹配值也亦获得，分别列入表 1 中。显然，对于图 7 中工件可选择图 6a 所示的定位方案进行定位。

5 结束语

从工件几何结构及其定位点方案入手，分别研究了几何关联度与工艺匹配度的构造方法，通过加权法定义了定位元件方案的定量判断依据，实现了

表 1 不同定位方式匹配结果比较

Tab. 1 Matched results of all locating schemes

序号	定位方式 图例	w_{ij}	l_{ij}	决策 匹配值
1		1.0	0.852	0.852
2		1.0	0.819	0.819
3		1.0	0.697	0.697
4		0.4	0.741	0.296

定位元件的自动选择。

参 考 文 献

- Asada H, By A B. Kinematic analysis of workpiece fixturing for flexible assembly with automatically reconfigurable fixtures[J]. IEEE Journal of Robotics and Automation, 1985, 1(2): 86-94.
- Song H, Rong Y. Locating completeness evaluation and revision in fixture plan[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005, 21(4-5): 368-378.
- Wu T J, Lou P H, Man Z G. A new approach for automation of locating planning of workpiece [J]. Key Engineering Materials: Progress in Functional Manufacturing Technologies I, 2011, 458: 48-54.
- Peng G L, Chen G F, Wu C, et al. Applying RBR and CBR to develop a VR based integrated system for machining fixture design [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(1): 26-38.

- 5 Wu Y G, Gao S M, Chen Z C. Automated modular fixture planning based on linkage mechanism theory [J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2008, 24(1): 38 - 49.
- 6 Trappey A J C, Liu C R. Automated fixture configuration using projective geometry approach [J]. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1993, 8(5): 297 - 304.
- 7 秦国华, 徐九南, 邱志敏. 夹具自动化设计中定位方案的生成式设计方法 [J]. *计算机集成制造系统*, 2011, 17(4): 695 - 700.
Qin G H, Xu J N, Qiu Z M. Generative design approach of locating scheme in automatic fixture design [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2011, 17(4): 695 - 700. (in Chinese)
- 8 Qin G H, Zhang W H, Wan M. A machining dimension-based approach to locating scheme design [J]. *ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2008, 130(5): 0510101 - 0510108.
- 9 刘永喜, 乔立红. 基于成组技术的夹具快速配置研究 [J]. *成组技术与生产现代化*, 2007, 24(1): 29 - 32.
- 10 Vukelic D, Tadic B, Luzanin O, et al. A rule-based system for fixture design [J]. *Scientific Research and Essays*, 2011, 6(27): 5 787 - 5 802.
- 11 张胜文, 李霞, 吴春桥. 基于范例的推理在管件焊接柔性夹具设计系统中的应用研究 [J]. *中国机械工程*, 2011, 22(9): 1 071 - 1 075.
Zhang S W, Li X, Wu C Q. Application and study of CBR in tube welding flexible fixture design [J]. *China Mechanical Engineering*, 2011, 22(9): 1 071 - 1 075. (in Chinese)
- 12 吴玉光. 基于工序要求的夹具定位方案自动规划方法 [J]. *机械工程学报*, 2010, 46(11): 185 - 192.
Wu Y G. Approach to automated location planning of fixture based on the processing procedure requirements [J]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2010, 46(11): 185 - 192. (in Chinese)
- 13 朱耀祥, 融亦鸣. 柔性夹具与计算机辅助夹具设计技术的发展 [J]. *制造技术与机床*, 2000(8): 5 - 8.
Zhu Y X, Rong Y M. Development of flexible fixture and computer aided fixture design technology [J]. *Manufacturing Technology & Machine Tool*, 2000(8): 5 - 8. (in Chinese)
- 14 刘金山, 廖文和, 张素敏, 等. 基于零件特征关注度的夹具实例相似性检索方法 [J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2007, 19(10): 1 303 - 1 307, 1 314.
Liu J S, Liao W H, Zhang S M, et al. Research on feature attention-driven fixture case retrieval [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2007, 19(10): 1 303 - 1 307, 1 314. (in Chinese)
- 15 Fàbrega J, Fiol M A. Maximally connected digraphs [J]. *Journal of Graph Theory*, 1989, 13(6): 657 - 668.
- 16 孙伟, 马铁强, 李涛, 等. 基于拓扑逼近的 CAD 模型局部结构检索 [J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2009, 21(12): 1 805 - 1 813.
Sun W, Ma T Q, Li T, et al. Partial retrieval of CAD models based on topology approximation [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2009, 21(12): 1 805 - 1 813. (in Chinese)
- 17 樊成, 张雷, 袁俊, 等. 基于粗糙集和模糊聚类的复杂曲面零件可制造性评价 [J]. *农业机械学报*, 2013, 44(10): 253 - 259, 265.
Fan Cheng, Zhang Lei, Yuan Jun, et al. Manufacturability evaluation of complex surface parts based on rough set theory and fuzzy clustering [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(10): 253 - 259, 265. (in Chinese)
- 18 余绍忠, 陈姣, 王晓曦. 考虑竞争性分析的产品改进质量屋中技术特性最终优先度确定方法 [J]. *计算机集成制造系统*, 2012, 18(10): 2 245 - 2 252.
- 19 Saaty T L. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary [J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 145(1): 85 - 91.
- 20 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 80 - 81.

Automatic Matching Approach of Locator Scheme Based on Fixture Case

Qin Guohua Hou Yuanjun Lu Dong

(School of Aeronautical and Mechanical Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: An automatic matching approach of locator scheme was suggested on the basis of fixture cases. Firstly, in light of the number of locating points, the processing information matching index of locating reference was proposed. Secondly, according of the geometrical and topological relation, the geometrical information matching matrix of workpiece was proposed from three levels of point, line and surface. And then, the fitness index of workpiece and corresponding weight were constructed. Thirdly, the decision function of locator scheme was formulated with combination of the processing information matching index. Finally, some typical examples were used to illustrate the proposed automatic matching approach of locator scheme in detail.

Key words: Computer aided fixture design Locating point scheme Locator scheme Node depth
Matching