

结合 Inventor API 的冲压件相似检索方法与实现

李爱平, 刘丽丽, 刘雪梅

LI Ai-ping, LIU Li-li, LIU Xue-mei

同济大学 现代制造技术研究所, 上海 200092

Institute of Advanced Manufacturing Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China

E-mail: Limuzi@mail.tongji.edu.cn

LI Ai-ping, LIU Li-li, LIU Xue-mei. Similarity retrieval methodology and implementation for stamping parts with Inventor API. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(35): 232-236.

Abstract: To use the successful cases of punching process-planning, the key technology of CBR punching process planning system-similarity retrieval for stamping parts is studied. Firstly set up the information model of stamping part. Then used API to extract the profile of flat pattern, 3D topology relation and feature property. The closest cases are retrieved from database by integrating the results of four-step similarity retrieval, which includes flat pattern profile, topology relation, feature property and material information. The experimental results show that this approach has high effectiveness.

Key words: stamping parts; similarity retrieval; Inventor API (Application Program Interface); 3D model

摘要: 为充分运用冲压工艺的成功实例, 对基于 CBR 的冲压工艺设计系统中的关键技术—冲压件相似检索进行了研究。首先进行冲压件信息模型表示; 然后通过 API 提取冲压件的 2D 展开图轮廓、3D 拓扑关系及特征; 接着按 2D 展开图轮廓、3D 拓扑关系、设计特征、板材 4 个步骤分别与数据库中的实例进行相似计算, 综合结果, 检索出最相似的实例。通过实验验证了该方法的有效性。
关键词: 冲压件; 相似检索; Inventor API; 三维模型

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.35.070 文章编号: 1002-8331(2008)35-0232-05 文献标识码: A 中图分类号: TP391

1 引言

冲压模具行业是现代制造业的重要组成部分之一, 冲压工艺又是冲模设计的灵魂^[1]。考虑到冲压工艺设计过程中, 相似的冲压件会存在很多相似的特点, CBR (Case-Based Reasoning) 将会在设计中显示出独特的优势。CBR 的核心思想是相似问题有相似解决方法, 其过程分为实例检索、实例复用、实例修正和实例保存四个主要阶段, 其中实例检索是最关键的一环^[2]。

冲压件相似检索主要分为冲压件的三维模型检索和板材相似分析, 其中模型检索是重点也是难点。模型检索技术已经有几种应用, 但是现在的应用都是实验性的^[3]。结合冲压件及工艺设计的自身特点, 运用 CBR 的基本原理, 可以发挥模型检索技术的实际应用效益, 促进冲压工艺的设计。

在冲压件相似检索方面, 文献[4-5]将冲压件的所有信息人工地转为文本形式进行比较, 需要较多的人工干预, 不是一种较好的提取检索信息的方法^[6]; 基于 Brep 建立形状向量邻接矩阵的工艺实例检索方法^[7]以及面形位码的模型检索方法^[8]可以较准确的检索出相似实例, 但是没有考虑到实际应用中设计特征对于工艺的影响, 因而不完全适用于冲压件相似检索。而运

用 Inventor API (Application Program Interface) 技术可以提取 3D 模型的 2D 展开图轮廓、拓扑关系、设计特征等信息, 建立相似检索的信息基础, 因此本文从 2D 展开图轮廓、拓扑关系、设计特征和板材四个角度进行综合相似检索。

2 冲压件的综合相似检索方法

2.1 冲压件信息模型的表示

信息是相似检索的依据。冲压件信息模型包括 3D 模型、2D 展开图及板材属性 3 大部分, 如图 1 所示。其中 3D 模型和 2D 展开图以内容的形式进行保存; 板材信息在 3D 模型中无法表示, 需要人工输入并以文本的形式进行保存。因此, 针对冲压件相似检索的实际情况, 采用内容形式与文本形式的信息相结合的方式, 完成信息模型的表示。

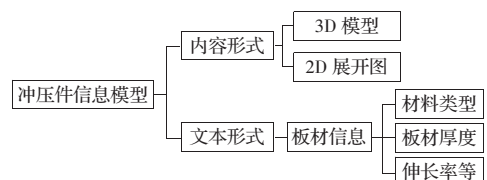


图 1 冲压件信息模型的表示

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(the Eleventh Five-year Plan National Technology Supporting Plan Foundation of China under Grant No.2006BAF01A43)。

作者简介: 李爱平(1951-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为数字化制造及系统自动化、知识工程等; 刘丽丽(1983-), 女, 硕士, 主要研究领域为 CAPP、智能 CAD; 刘雪梅(1969-), 女, 副教授, 主要研究领域为产品建模、CAD/PDM 及信息集成。

收稿日期: 2008-07-04 修回日期: 2008-10-10

通过 VC++设计的程序界面, 用户选择冲压件的 3D 模型, 获得 2D 展开图, 录入板材信息, 包括材料类型、板材厚度、材料的各属性(抗剪、抗拉、屈服强度、伸长率、弹性模量等力学性能参数)等。系统将以上内容保存在文件和数据库中。

2.2 结合 Inventor API 的检索信息提取

检索技术的关键是提取特征, 它有以下五个基本要求: 平移不变、旋转不变、缩放不变、对噪声具有鲁棒性、对重采样和简化具有鲁棒性^[3]。Inventor API 技术使用户可以通过其他应用程序(如 Visual Basic、Visual C++、Delphi 等), 运用编程的方法从 Autodesk Inventor 的内部或外部来控制 and 操作 Inventor^[9]; 可以读取定义实心体的边界映像 Brep, 其主要包括定义对象之间关系的拓扑对象和定义底层对象形状的几何对象。API 直接与三维模型联系, 获取 Brep 中的拓扑和几何对象, 不受平移、缩放等因素的影响, 因此满足特征提取的要求。

在 Inventor 中应用 API 的方式有 VBA、插件 Add-in(.dll)、独立的可执行文件(.exe)及学徒服务器(Apprentice Server), 如图 2 所示。其中插件的方式能随着 Inventor 的启动自动加载, 实现应用程序与 Inventor 的无缝集成, 还能在程序中创建用户自己的菜单命令, 因此采用该方式应用 API。

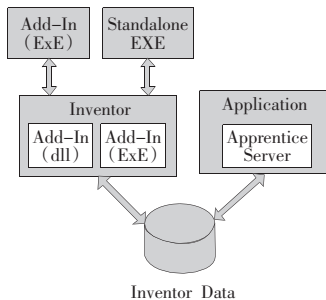


图 2 API 接口方式

结合 API 的检索信息提取即是通过读取 Brep 得到 2D 展开图轮廓、3D 拓扑关系和设计特征 3 个部分的信息。

(1) 2D 展开图轮廓的提取

在实例的检索中, 冲压件 2D 展开图轮廓的相似度也是需要考虑的^[10]。2D 展开图是产生其他所有特征或者拓扑关系的基础; 展开图的大小、形状会影响到冲压工艺中的工件排样的设计。因此比较展开图轮廓的相似性是冲压件相似检索的重要一步。

如图 3 所示, 经由展开图 FlatPattern 获取边界轮廓 EdgeLoop 中面积最大的轮廓。该对象提供了各段曲线 EdgeUse, 返回表面参数空间上的几何对象 2D Curve, 它包含起点、终点、曲线类型等数据, 从而得到展开图的轮廓数据。

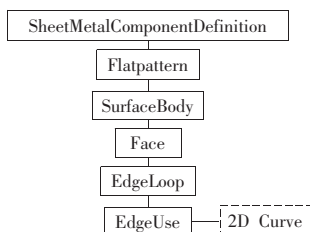


图 3 展开图外轮廓的 API 提取路径

(2) 3D 拓扑关系的提取

冲压件的基本特征是一个或若干个平面, 这些平面及平面上附属的设计特征决定了其拓扑关系, 而拓扑关系又直接和工艺相关^[6]。按照冲压工艺的区别将设计特征分为 8 类: ①平面特

征; ②封闭圆孔特征; ③封闭长方孔特征; ④封闭剪切特征; ⑤封闭异形孔特征; ⑥特征弯曲特征; ⑦成形特征, 包括卷边、卷缘、凸起、翻孔等; ⑧拉深特征。针对不同的特征, 共采用 2 种路径提取 3D 拓扑关系。

如图 4 所示, 经表面包络 SurfaceBody 得到各面 Face, 根据其下几何对象 surface 的类型来判断是否为平面特征; 进而根据轮廓 EdgeLoop 中各段曲线 EdgeUse 的类型判断附属于该平面的是圆孔、封闭长方孔、封闭异形孔或非封闭剪切特征; 弯曲特征可由 Bend、Flange、Fold、Corner 等多种方式构建, 通过 Surface 类型为圆柱面的 Face 对象来获取弯曲特征。

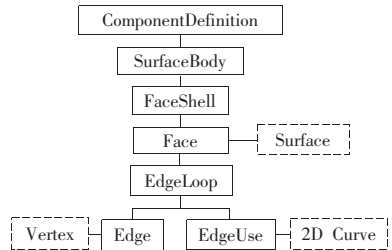


图 4 3D 拓扑关系的 API 提取路径 1

如图 5 所示, 经钣金件特征对象 SheetMetalFeatures 得到凸起、卷缘、拉深等设计特征。根据特征所连接的面 Face 上顶点 Vertex 与平面特征上顶点的一致性判断各特征所附属的平面, 从而建立平面与平面上特征的拓扑关系。

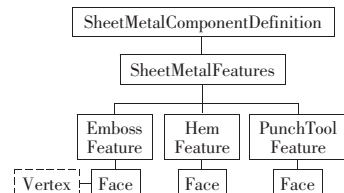


图 5 3D 拓扑关系中的 API 提取路径 2

(3) 设计特征的提取

根据第(2)部分中给出的路径提取设计特征及其参数。平面特征的面积由 Face 对象的 evaluator 函数获得; 圆孔的直径、圆心、封闭长方孔的长、宽、封闭异形孔的面积、线条数、非封闭剪切的面积、线条数、弯曲特征的弯曲线长、半径、角度等数据均可由二维曲线 2D Curve 的函数算得; 凸起、卷缘、拉深等设计特征根据各自不同的函数提取相应的参数值。

2.3 冲压件相似检索算法

相似度是比较双方相似要素数量以及相似要素特征值的函数。对可以用参数表示的冲压件特征和文本信息, 采用最近邻法中的欧式距离衡量实例间的相似性; 对于无法用参数表示的信息采用其它算法进行比较。

设 X 为目标冲压件, Y 为实例, 则它们之间的相似度如定义 1。

定义 1 相似度

$$SIM(X, Y) = 1 - DIST(X, Y) = 1 - \sqrt{\sum w_i dist^2(x_i, y_i)}$$

其中权重 w_i 代表第 i 个属性的重要度, $\sum w_i = 1 (i=1, 2, 3, \dots, n)$, n 是属性个数, 其大小应根据属性对工艺设计的影响来确

定。如果 $\sum w_i \neq 1$, 则 $DIST(X, Y) = \sqrt{\frac{\sum w_i dist^2(x_i, y_i)}{\sum w_i}}$ 。采用

文献[4]中计算方法,差异度如定义2所示。

定义2 差异度

$$dist(x_i, y_i) = \frac{x_i - y_i}{x_i + y_i}$$

其中 x_i 和 y_i 分别表示目标冲压件与实例间第 i 个属性的值。

整个检索计算过程分为4个阶段,分别为2D展开图轮廓的相似度计算、3D拓扑关系相似度计算、设计特征相似度计算、板材相似度计算。每一阶段按照设定的阈值过滤掉一些完全不相似和不太相似的实例,以缩小后续阶段的检索范围,加快检索的速度。最后综合以上4个阶段的计算结果得出最相似实例。

(1)2D展开图轮廓相似度算法

O 点为2D展开图轮廓的中心, P 为沿轮廓运动的一点,如图6所示。依次建立以 O 点与轮廓各顶点的连线为+ X 轴^[10-11], OP 与 X 轴夹角 θ 为变量的轮廓函数。

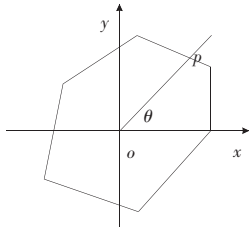


图6 2D展开轮廓数组示意图

定义3 轮廓函数

$$\rho_{si}(\theta) = |OP|, \theta \in (1, 2, \dots, 360), i \in (1, 2, \dots, n)$$

其中 n 为轮廓顶点总数。

考虑形状相似与面积相似两个方面,对冲压件轮廓函数 $\rho_{si}(\theta)$ 做一定的处理:

$$\rho'_{si}(\theta) = \sqrt{\frac{A_c}{A_s}} \rho_{si}(\theta) \quad (1)$$

式中 A_s 、 A_c 为冲压件、实例展开轮廓所包围面积。

将 $\rho'_{si}(\theta)$ 依次与任意一组实例轮廓函数 $\rho_{cj}(\theta)$ 比较,得到某对轮廓形状相似度:

$$Sim_{pi} = 1 - \sum_{\theta=1}^{360} \frac{|\rho'_{si}(\theta) - \rho_{cj}(\theta)|}{\rho'_{si}(\theta) + \rho_{cj}(\theta)} \quad (1 \leq i \leq d) \quad (2)$$

式中 d 为冲压件2D展开图轮廓顶点总数。当冲压件轮廓旋转到与实例轮廓最匹配的角度时,得到所有对轮廓形状相似度中的最大值,取该值为最终轮廓形状相似度。综上得2D展开图轮廓相似度:

$$S_p = w_{pA} \left(1 - dist \frac{|A_s - A_c|}{A_s + A_c} \right) + w_{pS} * \max(Sim_{p1} \dots Sim_{pi} \dots Sim_{pd}) \quad (3)$$

式中 w_{pA} 、 w_{pS} 为轮廓面积、形状的权重。

(2)3D拓扑关系相似度算法

拓扑关系相似计算主要指特征组内特征分布状态的相似计算,包括冲压件与实例间的主要特征(基体和主要形面特征)分布相似计算和辅助特征(如孔)分布相似计算^[7]。当冲压件和实例特征的种类和数量完全相同时,特征的排序方式不同也会引起冲压工序内容的改变,因此特征间的相互关系也需要包含在相似计算的范围内。

建立拓扑关系函数 $f(m, n)$, m 表示面的序号, n 表示特征的序号,依次表示普通弯曲、特殊弯曲、封闭圆孔、封闭长方孔、封

闭异形孔、非封闭剪切、卷边、卷缘、凸起、翻孔、拉深等特征。

假定冲压件有 a 个平面,实例有 b 个平面,某对平面的相似度计算:

$$Sim(f_s(p), f_c(q)) = 1 - \sqrt{\sum w_{fi} \left(\frac{|f_s(p, i) - f_c(q, i)|}{f_s(p, i) + f_c(q, i)} \right)^2}$$

$$(p \in (1, 2, \dots, a), q \in (1, 2, \dots, b), \sum w_{fi} = 1) \quad (4)$$

式中 f_s 为冲压件的拓扑关系函数, f_c 为实例的拓扑关系函数; w_{fi} 为各类设计特征的权重,其中弯曲特征的权重要大于其它特征的权重。

所有平面对相似度如表1所示。

表1 所有平面对相似度

	$f(1)$...	$f(q)$...	$f(b)$
$f(1)$	$Sim(f(1), f(1))$		$Sim(f(1), f(1))$		$Sim(f(1), f(b))$
⋮					
$f(p)$	$Sim(f(p), f(1))$		$Sim(f(p), f(q))$		$Sim(f(p), f(b))$
⋮					
$f(b)$	$Sim(f(b), f(1))$		$Sim(f(b), f(q))$		$Sim(f(a), f(b))$

从表1中选出最大的数值,删除相应的行列,在余下表中重复进行以上操作,直至行数或列数为零,即选出了 $\min(a, b)$ 组最相似的面,进而得出拓扑关系相似度如式(5):

$$S_T = \frac{\sum_{i=1}^{\min(a, b)} Sim[f_s(p), f_c(q)]}{a+b} \times 2 \quad (5)$$

(3)设计特征相似度算法

特征参数(如弯曲的角度、圆孔半径)发生变化时,都会影响最终的冲压工艺的设计。每一类特征有其特定的参数:平面特征的参数为其面积;圆孔特征的参数包括直径 D 、深度 h ;封闭长方孔特征的参数为长 l 、宽 w ;弯曲特征的参数包括弯曲曲线长度 l 、弯曲半径 r 、弯曲角度 w 等。

配对面上第 i 类特征下,冲压件的第 α 个 ($0 \leq \alpha \leq m$) 特征与实例的第 β 个 ($0 \leq \beta \leq n$) 特征的差异度:

$$dis[f_s(p, i, \alpha), f_c(q, i, \beta)] = \sqrt{\sum_{t=1}^s w_{it} \left[\frac{g_t^i(\alpha) - g_t^i(\beta)}{g_t^i(\alpha) + g_t^i(\beta)} \right]^2} \quad \left(\sum_{t=1}^s w_{it} = 1 \right) \quad (6)$$

式中 g_t^i ($1 \leq t \leq s$) 表示第 i 类特征第 t 个参数, w_{it} 为该参数的权重。

采用与表1相似的比较原理,列出相似度表,选出最相似的 $\min(m, n)$ 组配对特征,得出某一配对面上第 i 类特征差异度:

$$dis(p, q)_i = \frac{\sum_{i=1}^{\min(m, n)} dis[f_s(p, i, \alpha), f_c(q, i, \beta)]}{m+n} \times 2 \quad (7)$$

某一配对面设计特征的相似度:

$$S(p, q)_F = 1 - \sqrt{\sum w_{fi} [dis(p, q)_i]^2} \quad (8)$$

冲压件与实例的设计特征相似度:

$$S_F = \frac{\sum_{i=1}^{\min(a, b)} S(p, q)_F}{a+b} \times 2 \quad (9)$$

(4)板料的相似度算法

冲压工艺对板料的基本要求为力学性能要求、化学成分要求、金相组织要求等。其中板料的力学性能与冲压成形性能有着密切的关系,在各性能指标中,尤以伸长率 δ , 屈服比 σ_s / σ_d ,

弹性模数 E 影响较大。

板材的信息包括材料类型 c 、材料厚度 h 、抗剪强度 τ 、抗拉强度 σ_b 、屈服强度 σ_s 、伸长率 δ 、弹性模量 E ，对应权重依次为 $w_c, w_h, w_\tau, w_b, w_s, w_\delta, w_E$ ，相似度为 $s_c, s_h, s_\tau, s_b, s_s, s_\delta, s_E$ 。冲压板材基础信息相似度：

$$S_B = \frac{w_c \cdot s_c + w_h \cdot s_h + w_\tau \cdot s_\tau + w_b \cdot s_b + w_s \cdot s_s + w_\delta \cdot s_\delta + w_E \cdot s_E}{w_c + w_h + w_\tau + w_b + w_s + w_\delta + w_E} \quad (10)$$

综合以上 4 个步骤比较结果，得出冲压件与实例的总体相似度：

$$S = \frac{w_p \cdot S_p + w_T \cdot S_T + w_F \cdot S_F + w_B \cdot S_B}{w_p + w_T + w_F + w_B} \quad (11)$$

式中 w_p, w_T, w_F, w_B 分别表示 2D 展开图轮廓、3D 拓扑关系、设计特征以及板料 4 个阶段相似度计算的权重。

2.4 冲压件相似检索总体流程

图 7 给出了相似检索的总体流程图。

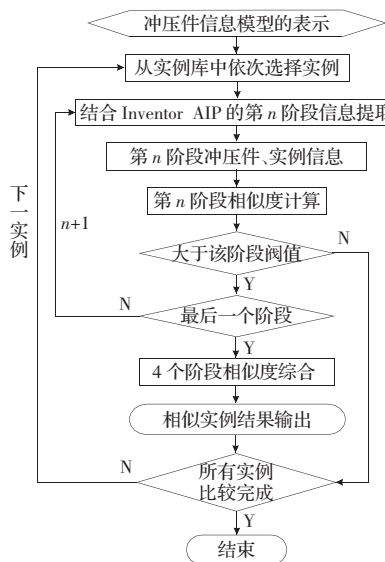


图 7 相似检索总体流程图

用户首先完成目标冲压件的信息模型表示，然后交由系统分别从 2D 展开图轮廓、3D 拓扑关系、设计特征 3 个方面进行 API 信息提取，分 4 个步骤依次与实例库中的实例进行相似度计算，最后综合 4 个步骤的计算结果，输出相似实例。

3 结合 Inventor API 的检索实现

为了对本文提出的检索方法进行评价，开发了一个基于 Inventor 和 Visual C++6.0 的原型系统。作为验证冲压件 3D 模型实例库中存放了 130 个实例，这些实例大部分来自实际生产应用的冲压件。相似检索主界面如图 8 所示。

各阶段的权重和阈值既可使用系统默认值，也可由用户根据实际应用进行调整。在该实验中，4 个阶段的权重设为 $w_p=0.2, w_T=0.4, w_F=0.2, w_B=0.2$ ；为同时说明阈值对于检索结果的影响，将各阶段阈值分成 4 个级别，如表 2 所示。

相似检索结果如表 3 所示，可以看出阈值越高检索所得实例的准确率也越高，所以用户可以根据不同的精度要求设置不同大小的阈值。

检索结果的平均 API 提取时间、相似计算时间和总检索时间如表 4 所示，可以看出阈值越高检索的时间越短；由于 API



图 8 相似检索主界面

表 2 4 个级别阈值

精度/阈值	v_p	v_T	v_F	v_B
一级	0.80	0.80	0.80	0.80
二级	0.70	0.70	0.70	0.70
三级	0.65	0.65	0.65	0.65
四级	0.60	0.60	0.60	0.60

表 3 不同阈值级别下相似检索结果

目标冲压件	实例 1	实例 2	实例 3	实例 4
一级阈值	0.91	0.88	0.87	0.83
二级阈值	0.91, 0.87	0.88, 0.81	0.87, 0.83	0.83, 0.81
三级阈值	0.90, 0.87	0.88, 0.81	0.87, 0.83	0.83, 0.81
四级阈值	0.82, 0.80	0.80, 0.77	0.82, 0.81	0.77, 0.76

提取轮廓、拓扑关系及设计特征时要打开相应实例的 3D 模型，所以占用的时间相对较长，但平均到每个实例仅用约 0.16 s；平均计算每个实例相似度的过程仅需 0.009 s。因此本文的方法具有较高的检索效率。

在实验中将本文算法与另 3 种典型算法进行了对比。这 3 种算法分别是文献[6]综合拓扑和设计特征的算法、基于拓扑特征的 Reeb 算法以及单一考虑轮廓特征的快速算法。采用国际上通用的查全率和查准率两个指标，绘制的查全率-查准率曲

表4 平均 API 提取、相似计算和总检索时间 ms

	一级阈值	二级阈值	三级阈值	四级阈值
AIP 提取时间	20 573.50	20 581.75	20 714.75	20 722.50
相似计算时间	641.25	1 136.50	1 461.25	1 539.25
总检索时间	21 183.75	21 718.25	22 176.00	22 261.25

线如图9所示。

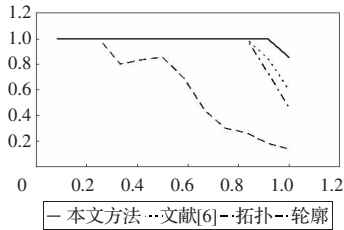


图9 4种算法的查全率-查准率曲线

从图9可以看出,本文算法的综合性能明显好于只考虑轮廓特征的快速算法,也优于单一考虑拓扑特征的Reeb算法和综合拓扑和设计特征的算法。根据查准率查全率的定义,理想的检索结果是一条 $Y=1$ 的直线,即不管查全率是什么情况,查准率恒等于1。图9中本文方法的数据是阈值较低时获取的,所以当设置较高的阈值级别时,将会得到更理想的曲线。

综上所述本文的冲压件相似检索方法可以根据不同的精度要求设置权重和阈值,得到期望的结果;在检索时间上,虽然API提取信息的时间比较长,但可以免去人工干预,是一种工作效率较高的方法;在查准率、查全率2个指标上优于其它3种方法。

4 结束语

运用API提取冲压件的2D展开轮廓、3D拓扑关系和设计特征等信息,分步计算2D展开轮廓、拓扑关系、设计特征

和板材4个方面的相似度,综合计算结果,检索出最相似实例。经验证该方法适应不同精度要求下的检索,达到查全率查准率的要求,并具有较高检索效率。该方法已应用于基于CBR的冲压工艺设计系统,根据检索出的相似实例,辅助冲压工艺的设计,具有较高的可行性和实际应用价值。

参考文献:

- [1] 梁炳文.冷冲压工艺手册[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [2] Liao T W,Zhang Z,Mount C R.Similarity measures for retrieval in case-based reasoning system[J].Applied Artificial Intelligence,1998,12(4):267-288.
- [3] 郑伯川,彭维,张引,等.3D模型检索技术综述[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(7):874-881.
- [4] Tor S B,Britton G A,Zhang W Y.Indexing and retrieval in metal stamping die design using case-based reasoning[J].Journal of Computing and Information Science in Engineering,2003,3(4):353-362.
- [5] 雷贺功,孙厚芳,刘汉雄.冲模CAD中实例匹配的相似度度量计算研究[J].锻压装备与制造技术,2004,2:81-84.
- [6] 朱文博,李爱平,刘雪梅.基于工艺相似的冲压件相似检索方法[J].计算机集成制造系统,2007,13(4):721-726.
- [7] 马露杰,黄正东,吴青松.基于面形位编码的CAD模型检索[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,20(1):19-25.
- [8] 林兰芬,高鹏,蔡铭,等.基于几何形状相似性的工艺实例检索[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(9):2093-2099.
- [9] 胡仁喜,董永进,郑娟.Inventor 9中文版机械设计高级应用实例[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [10] 周驰,马恺,阮锋.一种计算冲压零件轮廓相似度的快速算法[J].华南理工大学学报:自然科学版,2006,34(2):77-81.
- [11] 袁琦睦,林意.一种单值区域的图形匹配算法[J].计算机应用与软件,2005,22(8):101-102.

(上接222页)

创新提供了一个共享平台^[10],充实并完善了中医古籍文献数据的挖掘和集成,加速了中医药资源的数字化进程。对提高中医药信息资源的管理水平和公众对中医药的认知度具有积极的促进作用。中医医案数据库的建立和数据处理将为中医药数字图书馆、非相关文献的知识发现、中医文献检索、中医电子病历、中医药文献资源的网络服务、中医药名词术语规范化等其他科研活动奠定坚实的基础和数据准备工作。

参考文献:

- [1] 王佑华,陆金根,柳涛,等.中医医案中的知识发现研究[J].中西医结合学报,2007,5(4):368-372.
- [2] 吴中平,何新慧,柯雪帆.医案查询统计分析系统介绍[J].上海中医药杂志,2003,37(3):54-56.
- [3] 张启明,王永炎,张志斌,等.中医历代医案数据库的建立与统计方法[J].山东中医药大学学报,2005,29(4):298-299.

- [4] 任廷革,刘晓峰,高剑波,等.“中医药基础数据库系统”介绍[J].中国中医药信息杂志,2001,8(11):90-91.
- [5] 中医药数据库检索系统[EB/OL].[2007].http://cowork.cintcm.com/engine/windex.jsp.
- [6] 王国印,顾仁樾.中医医案数据库的建立与挖掘[J].医院管理,2007,4(4):55-56.
- [7] 李向阳,张亚非.基于语义标注的信息抽取[J].解放军理工大学学报:自然科学版,2004,5(4):39-43.
- [8] Collins M,Miller V.Semantic tagging using a probabilistic context free grammar[EB/OL].(1998).http://acl.ldc.upenn.edu/W/W98/W98-1105.pdf.
- [9] 张华平,刘群.中科院计算所汉语词法分析系统 ICTCLAS 1.0[EB/OL].(2004-06-09).http://www.nlp.org.cn/docs/download.php?proj_id=6&prog_id=1.
- [10] 刘静,刘岩,张汝恩,等.中医药科学数据建设的初步设想[J].中国中医药信息杂志,2007,14(7):99-100.