

# 基于 Polygon 的雕塑法计算机辅助造型设计方法

杜鹤民, 张淑梅

(西安工业大学 产品设计系, 陕西 西安 710032)

**摘要:** 计算机辅助设计技术已成为设计表现的必备手段, 对于概念造型设计而言, 接近传统手工方式的设计方法更易于被艺术设计理解并接受。在对比目前主要计算机辅助造型方法的基础上, 从分析传统手工雕塑造型的方式出发, 针对概念设计和艺术造型设计的实际特征, 提出了基于 Polygon 建模的雕塑法建模思路, 给出了具体的建模步骤和合理布线的评价方法, 并通过民间工艺品—泥塑马的造型实现过程进行了实例验证。实际运用证明, 计算机雕塑建模方法对于艺术设计的三维软件建模理念具有较强的实用性, 能够充分按照设计师的构思理念进行造型设计, 对于创意设计而言更易于被造型设计师理解和运用。

**关键词:** 计算机辅助造型; 雕塑法; Polygon 建模; 泥塑马

**中图分类号:** TP319

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2015)10-0205-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.10.045

## Computer Aided Styling of Sculpture Method Based on Polygon Modeling

DU He-min, ZHANG Shu-mei

(Department of Product Design, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

**Abstract:** Computer aided design technology has become a necessary means to design performance. For concept design, the method which is close to the traditional manual design approach is easier to understand and accept for art designer. On the basis of comparing the current main computer aided modeling methods, from analyzing the way of the traditional manual sculpture modeling, sculpture method of modeling is proposed based on Polygon modeling idea, giving the specific modeling steps and reasonable wiring evaluation method. At the last, this method has been verified through the clay sculpture horse modeling instance. Practical application proves that computer sculpture modeling method is practical on the concept of art design three dimensional modeling software, which can fully realize modeling design in accordance with the designer's idea, easy to understand and use for creative design by designer.

**Key words:** computer aided styling; sculpture; Polygon modeling; clay sculpture horse

## 0 引言

计算机辅助造型 (Computer Aided Styling, CAS) 技术, 是计算机辅助技术 (Computer Aided Technologies, CAT) 的一种<sup>[1]</sup>。计算机辅助造型是信息化背景下设计师灵感表现三维立体化的有效手段之一<sup>[2]</sup>, 它具有比制作实体模型更加快捷, 修改更加容易、方便, 造型设计周期更短、成本更低等优势, 可以使设计师在更短的时间内尝试更多的造型方案, 并且可以在三维造型基础上进一步制作仿真模拟、动画等。

目前, 在计算机辅助三维建模方面, 依据模型的生成方式主要分为 NURBS (Non-Uniform Rational B-

Splines, 非均匀有理 B 样条) 曲面建模和 Polygon 多边形建模两大类<sup>[3]</sup>。在两大类软件中, 前者如 Pro/e、UG、Rhino 等, 后者则以 AUTODESK 公司的 3dsmax 为代表。NURBS 建模方法运用曲线和曲面来进行造型设计<sup>[4]</sup>, 以工业设计为例, Rhino 是造型设计运用较为广泛的建模软件, 以汽车建模为例, 一般是先把汽车的二维图片导入到软件中作为背景, 这就需要事先至少准备好三张正交视图, 通过临摹图片的方法绘制出造型的关键曲线, 然后再由曲线构建曲面, 最终完成三维建模。NURBS 的建模方法需要设计师首先在头脑中构造出产品的三维形象, 并将三维形象转化为三视图, 然后再进行建模, 这种方法对于以造型设计为主的

收稿日期: 2015-01-18

修回日期: 2015-04-22

网络出版时间: 2015-09-23

基金项目: 陕西省自然科学基金项目 (2013JQ4038); 西安工业大学教学改革研究重点项目 (13JGZ06)

作者简介: 杜鹤民 (1971-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为多媒体技术、产品设计方法、计算机辅助设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150923.1503.012.html>

产品艺术设计而言,对设计师在创意过程中的自由发挥无疑是具有一定约束和限制的。

然而,与目前基于特征造型的三维建模思路不同的是,对于工业设计师或艺术设计师而言,在三维造型创意设计表现中更侧重于其造型的感性和艺术性。因此对于艺术造型设计而言,计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)不同于常规的机械结构设计,尤其是对于概念创意阶段的产品三维造型设计或艺术品三维造型设计,合理的建模思想对于设计师理解和有效运用建模工具有着重要影响。

## 1 雕塑法建模思想

狭义的雕塑是指运用雕、刻、塑方法进行创作的一种造型艺术的,指用各种可塑(如石膏、树脂、粘土等)或可雕、可刻的硬质材料(如木材、石头、金属、玉块等),创造出具有一定空间的可视、可触的艺术形象<sup>[5]</sup>。随着计算机辅助设计软硬件技术的发展,特别是力反馈(Force Feedback)技术的出现,传统的雕塑技法在计算机三维造型设计中得到了实现<sup>[6]</sup>。国内很多高校、科研机构在这一方面进行了大量探索,如西北工业大学开展了大量的运用力反馈设备的虚拟油泥造型技术研究,力反馈进行三维模拟既可以实现建模也具有运动仿真的优势<sup>[7-8]</sup>。然而,以力反馈为基础的计算机三维造型方法,需要硬件设备支持,在造型设计实践中受到硬件设备的限制。熊汉伟等在国外通过摄像建立三维模型的视觉方法基础上,提出了物体表面分割为 $N$ 边域曲面片,经由边缘线提取、匹配,重构出曲面片边界曲线的雕塑建模思想<sup>[9-11]</sup>。

结合现有的三维建模方法、雕塑建模的基本思路 and 感性产品艺术概念造型设计的自身随意性,文中提出运用软件方法的雕塑建模思想。雕塑建模的思想能够使模型充分满足设计师的想象力,能够将人类的需求转化到具体产品中<sup>[12]</sup>。

现实中的雕塑作为一种三维造型艺术,是由人的主观造型意念结合形体塑造经验进行的形体塑造实践,与之类似的计算机三维雕塑造型设计方法,则综合了人的视觉体验和触觉体验,这种视、触觉造型包括三个方面的感觉因素<sup>[13]</sup>:塑形面给人的触感、塑形面给人的尺寸感和尺寸外观及重量给人的一致性感觉。

雕塑法建模思想充分运用雕塑的工艺技法理念,允许设计师在计算机建模中运用情感思维来控制建模对象的主要形状。其基本思路是:在雕塑建模的过程中,需要设计师首先要对所塑造对象有整体的形状把握,深入理解塑形对象大小面之间的转折关系,像雕塑师进行雕塑一样,先塑造出整体的大致轮廓,然后逐渐从整体到细节,从粗到精,从整体到部分,一步一步直

到塑造出精致的造型成品。在雕塑建模的过程中,设计师就像运用油泥一样,可以随意对造型对象进行体积的增减、塑形的雕刻,其创意过程是随意的、受创意思想随意控制的,具有满足思维发散性的特征,而不必事先准备好三维视图,不受原有想法的约束,更适用于创意设计的初级阶段进行造型设计。

## 2 雕塑法建模的适用对象

雕塑法建模适用于产品概念造型设计 and 文化创意产品设计以及文物复原和雕塑设计等,其特点是塑造的产品造型具有主观感性,能够由设计师任意发挥,其主要建模手段采用 Polygon 建模方法,区别于 NURBS 建模方法的是,雕塑法不需要造型师进行大量的样条曲线的构思和计算,更具有主观造型的自由性。

与传统的计算机三维建模相比,雕塑建模更符合手工雕刻、塑造的思想,强调情感控制,而不是数学分析计算。雕塑建模方法可以有效地发挥和运用情感思维,并把情感化设计与计算机辅助手段进行有效结合。

以图1所示的泥塑马民间手工艺品的造型设计为例,其造型一般由自由曲线、曲面构成,是民间艺术家对刻画对象深入了解前提下自由发挥的美的塑造,因而不同于具有严谨数学特征的机械工业产品。对这一类对象的三维造型采用雕塑建模方法,更适合民间艺术家和工艺品设计师的创意设计实现,也更易于被设计师掌握和运用。

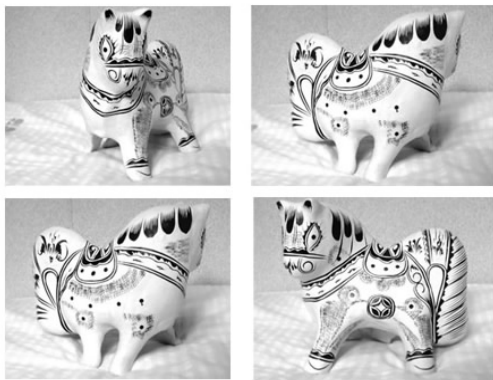


图1 凤翔民间工艺品-泥塑马造型

## 3 雕塑法建模的实现流程

雕塑法建模的特点在于对建模对象关键点的权重控制,需要设计师掌握造型对象的整体和精髓,从三维角度控制造型对象的造型特征。在造型的初始阶段,造型的关键在于对目标对象的整体把握,然后逐步雕刻出对象的大致细节,最后对造型对象进行一致性的细节调整。

雕塑法主要包括雕刻和塑形两个技术因素。在雕塑法建模过程中,作为三维空间造型的表达,设计师应

该对每个面高度和宽度的相对关系进行有效控制,这对于从整体上把握三维造型效果是至关重要的。这一点可以概括为:把所有的面和相互关联的三维部分作为一个整体进行考虑,这一点与 NURBS 的样条曲线建模是有极大区别的。

对雕塑法建模的实现过程可以由图 2 进行简单概括。

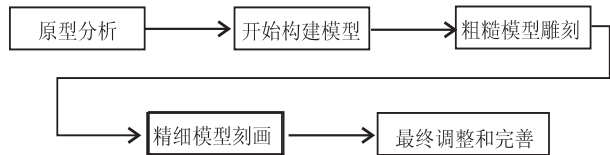


图 2 雕塑法建模的基本流程

步骤 1:对建模对象整体造型分析,定义建模对象的基本特征。以图 1 所示的风翔泥塑马为例,其造型夸张,形式简洁,具有生动的姿态和可爱的整体外观造型。对造型的整体风格进行分析,在造型过程中时时把握整体风格是保证造型成功的基础。

步骤 2:造型结构分析。泥塑马的整体结构由头部、躯干、四肢和尾部四个主要部分构成。在雕塑建模的整个过程,设计师应该控制这四个关键部分,在每一个阶段都要同时对这几个关键构成部分进行同步的雕刻和细化,从粗糙形态开始逐步实现一步一步的细化过程,这也是和 NURBS 等建模方法最大的区别所在。

步骤 3:确定大致的造型形状,粗糙模型雕刻。在对建模对象完成基本结构分析的基础上,首先建立大致的模型框架。在具体的建模实现中可以选择具有强大 Polygon 建模功能的 3dsmax 软件,首先选择 Box 工具,依据泥塑马的整体尺寸创建简单的长方体对象,然后将其转换为多边形(Poly)对象,并通过点(vertex)、边线(edge)、面(face)三个层级对其进行粗略的形状编辑。完成头部、躯干、四肢和尾部四个主体部分的区分构建。

步骤 4:造型的深入雕刻。通过编辑 vertex 和 edge,可以实现从整体到部分、从粗糙到精细的深入刻画。

在 3dsmax 等 Polygon 建模软件中,通过增加模型的顶点数(vertexes)和面数(faces)可以为造型增加更多的细节。但是,在造型过程中必须注意的是,在产生新的边线时要注意模型总的段数。其基本原理是:点数决定段数,段数决定面数,面数决定了模型文件量的大小。这一点是与曲线建模软件最大的区别之一。

曲线建模软件一般文件数据量较小,而多边形文件往往由于面数控制不当导致文件数据量很大,机器运行效率降低。因为在增加新的边线的时候会产生新的细节,但过多的不合理边数会增加模型的复杂度,从而导致机器运行速度降低。简单来说,增加新的边线

的基本原则是:依据雕塑对象的结构需要来增加边线,更多的细节需要更多的边线,反过来,在满足造型细节要求的前提下,点数和边数越少越好。

对于在建模过程中,如何具体进行边线的添加来控制模型文件的数据量,达到兼顾模型精度与文件大小问题,可以运用评价矩阵的方法来解决。评估矩阵广泛用于评价体系的构建,Cronin 和 Taylor<sup>[14]</sup>建立了一种二维模型的评价矩阵。在此基础上,可以构建一个如图 3 所示,用于雕塑法建模边线控制的评价矩阵。

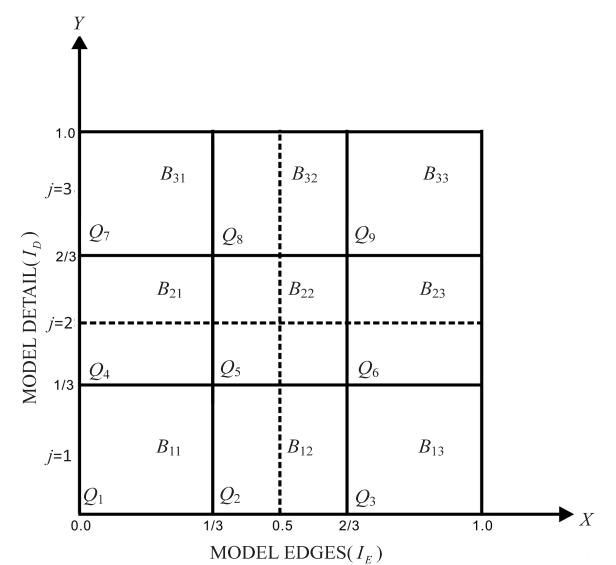


图 3 雕塑法建模控制边线评价矩阵

在图 3 所示的二维矩阵中,  $X$  轴表示模型的边线 ( $I_E$ ), 将其单位距离  $[0, 1]$  分为四个尺度:  $0, 1/3, 2/3$  和  $1.0$ 。随着数值的增加, 表示模型边线数量的增加。 $Y$  轴表示模型的细节 ( $I_D$ ), 相应的也将  $[0, 1]$  划分为四个尺度:  $0, 1/3, 2/3$  和  $1.0$ 。数值增加, 表示相应模型的细节增加。由图 3 可知, 在评价矩阵中, 划分为了九个大小相等的单元, 分别用于表示在建模过程中, 针对构成模型细节的点数控制可能出现的几种不同情况, 针对不同的情况运用下面提出的不同调整策略实现点数控制的最优化, 从而在保证模型精度的前提下实现模型数据量的最小, 达到细节控制效果最优的目的。

分析图 3 可知, 其表示的是随着建模精度刻画的不深入,  $I_E$  和  $I_D$  不断沿两轴的正向延伸。其中,  $I_E$  表示由点(Vertex)决定的构成模型的边的数量(Model Edges);  $I_D$  表示对应边数所反映出来的模型的细节(Model Detail)。解决模型控制最优化的模型边线控制原理可以简单描述如下:

(1) 当  $i = j$  时, 即图 3 中的  $B_{11}, B_{22}$  和  $B_{33}$  三个区域, 表示边线值正好满足细节值的要求, 其精度值与边线数量值是基本一致的, 说明目前的布线数量是最合



理的。

此时,  $Q_1 == Q_5 == Q_9$ 。

(2) 当  $i < j$  时, 即图 3 中  $B_{12}$ ,  $B_{13}$  和  $B_{23}$  三个区域, 这些区域中表明模型边线量与精度要求不匹配, 且模型边线布置已经过多, 超过了模型精度必要的布线要求。边线过多的结果是造成不必要的资源浪费, 降低机器的运行速度, 应该减少模型的布线数量。调整方法可以表示如下:

$$Q_7 \ll (Q_4, Q_8)$$

其中,  $\ll$  表示边线减少的优先级按降序排列, 即  $Q_7$  远重要于  $Q_4$  和  $Q_8$ 。

(3) 当  $i > j$  时, 即图 3 中的  $B_{21}$ ,  $B_{31}$  和  $B_{32}$  三个区域, 处于这些区域中的模型网格边线太过于稀疏, 其结果是模型缺乏应有的细节, 因为布线数量与模型要求的细节不匹配, 造成边线值太低, 应该增加模型的边线。调整方法可以表示如下:

$$Q_3 \gg (Q_2, Q_6)$$

其中,  $\gg$  表示考虑增加边线的优先级按升序排列, 且  $Q_3$  比  $Q_2$  和  $Q_6$  重要。

运用上述的评估方法, 可以在建模的过程中有效进行多边形划分的布线控制, 在保证模型细节刻画的同时, 构建合理的三维模型。

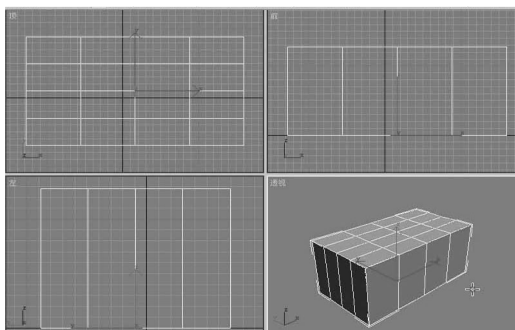
步骤 5: 调整和完善阶段。在这个阶段设计师最后把握整体结构, 逐步完成模型细节的刻画, 并生成最终的模型。当然, 计算机雕塑法建模和手工雕刻存在着差异, 手工雕刻需要用双手徒手并且需要花费更长的时间, 而计算机辅助造型软件 (如文中使用的 3dsmax 软件) 可以使用一个命令 (如 Mesh smooth, 光滑), 即可快速完成平滑的效果, 最终塑造出精美的模型。

## 4 泥塑马的建模实例

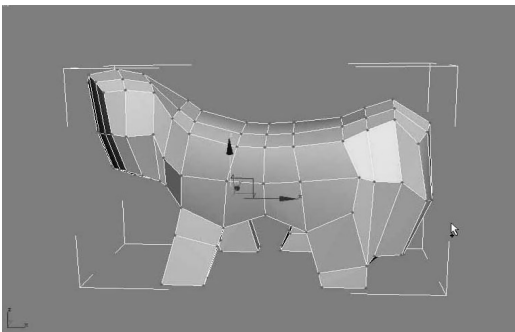
运用文中讨论的雕塑建模方法, 在 3dsmax 软件中进行了陕西宝鸡地区有代表性的非物质文化作品—凤翔泥塑中泥塑马的三维建模。

泥塑马的建模原型如图 1 所示, 在 3dsmax 中建模的屏幕截图如图 4 所示。根据步骤 1 的要求, 在进行模型的特征分析之后, 建立图 4(a) 所示的长方体, 并进行了初始的线段划分; 图 4(b) 的截图中显示了进行步骤 2 和步骤 3 要求的粗略形状刻画; 图 4(c) 是运用步骤 4 讨论的二维评价矩阵进行的雕塑造型细部刻画的效果; 图 4(d) 是完成布线后, 对模型添加光滑命令后得到的最终建模效果。

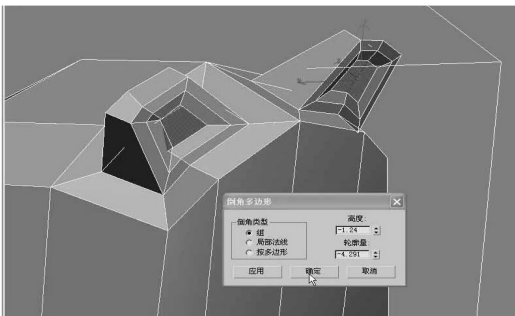
实验结果表明, 雕塑建模方法对于产品概念造型设计而言, 是一种以设计师感性意象为主, 可以自由发挥的产品概念设计的有效三维建模方法。



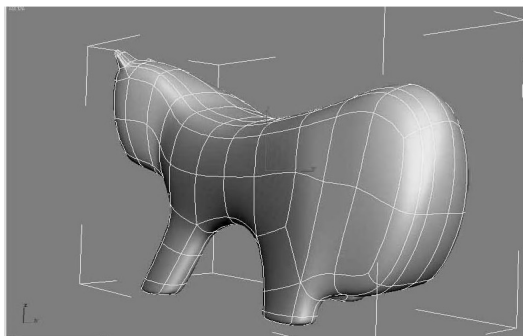
(a) 初始线段划分



(b) 简单形状刻画



(c) 细节雕塑造型



(d) 模型光滑处理

图 4 雕塑法建模实例截图

## 5 结束语

雕塑法建模作为一种情感化建模方法, 是一种接近艺术家手工操作的建模方式。这种方法在充分发挥设计师的空间想象能力和塑形能力方面, 可以产生令人满意的效果。同时, 这种造型建模方法对于缺乏计算机相关知识的艺术家来说更易于被接受和掌握, 采用单纯的软件操作, 无需任何特殊硬件设备的支持, 相

(下转第 213 页)

4 结束语

文中通过设计高校学生就业意向调查问卷表,面向本校大一至大四的学生分发调查问卷收集数据,利用粗糙集理论的属性约简算法,找出影响高校学生就业意向的关键因素有:对于从事专业不对口工作的看法、希望工作的单位性质、工作必备的条件、个人素质、期望工作的城市、专业类型、家乡所在地。利用粗糙集的规则提取算法,进一步找出这些关键因素和就业意向之间的依赖关系,例如由规则 2:if  $a_2 = C$  and  $a_7 = A$  then  $d = A$  可以看出,当某个学生的专业类型为工科,并且期望的工作城市为一线城市时,他大学毕业后可能会选择考研或出国。这是由于一线城市竞争激烈,本科毕业的工科学生,为了在一线城市立足,需要继续深造。因此文中的研究成果可以帮助高校学生较早地清楚分析自己的就业意向,指导学生做出更好的职业规划,为将来的就业奠定基础。

参考文献:

[1] Pawlak Z, Grzymala-Busse J W, Slowinski R, et al. Rough sets [J]. Communications of the ACM, 1995, 38(11):88-95.

[2] Formica A. Semantic web search based on rough sets and fuzzy formal concept analysis[J]. Knowledge-based Systems, 2012, 26(2):40-47.

[3] Salamó M, López-Sánchez M. Rough set based approaches to feature selection for case-based reasoning classifiers[J]. Pat-

(上接第 208 页)

对于力反馈雕塑建模方式来说,其成本更低,并且这种建模方法对于力反馈雕塑建模也有一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] 邓学雄,梁 柯.现代 CAD 技术的发展特征[J].工程图学报,2001,22(3):8-13.

[2] Chen Shineng, Xu Limei, Li Hui. Modeling of irregular structures in scene simulation based on creator and 3dsmax[J]. Journal of Electronic Science and Technology of China, 2006, 4(2):187-191.

[3] 冯泽红.曲线曲面计算机辅助造型软件设计[J].北京农业工程大学学报,1991,11(2):100-105.

[4] 韩宝玲,罗庆生,黎臻荣.采用 NURBS 进行汽车壳体计算机拟实造型的方法[J].机械设计与制造,2005(7):69-71.

[5] 钱云可.谈雕塑材料与雕塑[J].雕塑,2007(2):54-55.

[6] 李 洋,石宗金,杨国先.工业造型设计中的建模技术研究[J].机械工程师,2007(4):94-96.

[7] 闫锋欣,侯增选,张定华,等.支持触觉力反馈的虚拟油泥

tern Recognition Letters, 2011, 32(2):280-292.

[4] Faustino Agreira C I, Machado Ferreira C M, Maciel Barbosa F P. Roughset theory: data mining technique applied to the electrical power system[M]. Netherlands: Springer, 2013.

[5] 杜瑞卿,褚学英,王庆林,等.粗糙集神经网络在昆虫总科阶元分类学上的应用[J].中国农业大学学报,2007,12(1):33-38.

[6] 杨宏薇,何中市.粗糙集属性约简方法及其在医疗中的应用研究[J].计算机工程与应用,2010,46(25):207-210.

[7] 杨传健,葛 浩,李龙澍.垂直划分二进制可分辨矩阵的属性约简[J].控制与决策,2013,28(4):563-568.

[8] 吴尚智,苟平章.粗糙集和信息熵的属性约简算法及其应用[J].计算机工程,2011,37(7):56-58.

[9] 钱文彬,杨炳儒,谢永红,等.一种基于属性度量的快速属性约简算法[J].小型微型计算机系统,2014,35(6):1407-1411.

[10] 王国胤,于 洪,杨大春.基于条件信息熵的决策表约简[J].计算机学报,2002,25(7):759-766.

[11] 胡 峰,王国胤.属性序下的快速约简算法[J].计算机学报,2007,30(8):1429-1435.

[12] 鄂 旭,邵良杉,张毅智,等.一种基于粗糙集理论的规则提取方法[J].计算机科学,2011,38(1):232-235.

[13] 饶 泓,夏叶娟,李姆竹.基于分辨矩阵和属性重要度的规则提取算法[J].计算机工程与应用,2008,44(23):163-165.

[14] 徐 怡,李龙澍,李学俊.改进的 LEM2 规则提取算法[J].系统工程理论与实践,2010,30(10):1841-1849.

造型系统[J].中国机械工程,2009(19):2372-2377.

[8] 黄 杰,李 建,肖 瑞.沉浸式虚拟环境下力反馈设备的直接交互方法[J].高技术通讯,2011,21(7):743-749.

[9] Roussel D. Reconstruction de courbes et de surfaces 3d en stereo - acquisition[D]. Paris: Docteur These de l' Universite Paris XI, 1999.

[10] Fitzgibbon A W, Cross G, Zisseman A. Automatic 3D model eonstruction from turn-table sequences[M]. [s. l. ]: Springer -Verlag, 1998.

[11] 熊汉伟,张湘伟.雕塑实体计算机视觉建模方法研究[J].机械设计与制造,2001(6):22-24.

[12] 熊 艳,李 彦,麻广林,等.基于草图认知分析的产品形态设计[J].计算机集成制造系统,2010,16(7):1354-1362.

[13] 王红媛.世界艺术史-雕塑卷[M].北京:东方出版社,2003.

[14] Cronin J J, Taylor C. Measuring service quality: a reexamination and extension[J]. Journal of Marketing, 1992, 56(3):55-68.