

# 计算机辅助鞋帮样3-D设计软件系统

高 品 忱

**摘要:** 本系统是在Apollo DN3000工作站上, 通用图形软件S-7k支持下运行。利用空间曲线与曲面拟合手段, 采用人机交互作业方式, 在鞋楦模型空间中进行三维帮样片及图案片设计; 利用图形库在楦面模型上进行拼块或“贴面”的方法进行三维帮样的款式设计和生成三维帮样图像。

## 一、概 述

计算机辅助鞋帮样设计是在计算机图形工作站上, 通过人机交互作业方式进行鞋的帮样的三维设计, 改变以前的手工设计或计算机二维平面设计方式。这项工作正受到国内有关部门和鞋的生产厂家越来越广泛的重视, 传统的手工设计方式的设计周期长, 款式更新赶不上市场需要, 设计质量多出自设计者的经验, 不易严格控制, 要求设计人员具有较高的技术水平和丰富的经验。而计算机辅助二维平面设计, 对传统的设计方法有很大的改进和提高, 但仍属平面设计, 对设计人员的技术水平和经验的要求仍是较高的, 设计的帮样不是立体的, 没有真实感。而本文所叙述的计算机辅助帮样设计是建立在三维坐标基础上的设计, 显示的鞋楦及帮样是三维图像。我们研制的鞋帮样CAD软件系统, 具有三维鞋楦造型、任意空间曲线、曲面生成, 局部帮样图案片的平面图形生成, 直纹曲面图形生成, 网格曲面图形生成等。采用帮样片装配方法构造组合型整体款式帮样, 并可以平移、旋转、缩放、配色、色样选择、光源距离与强弱的指定, 以显示质感强的三维鞋样图像。并为展平、分片放样、排料提供数据。

## 二、软件系统结构

本系统在Apollo DN3000工作站上运行, 在通用图形软件S-7k支持下工作, 原程序

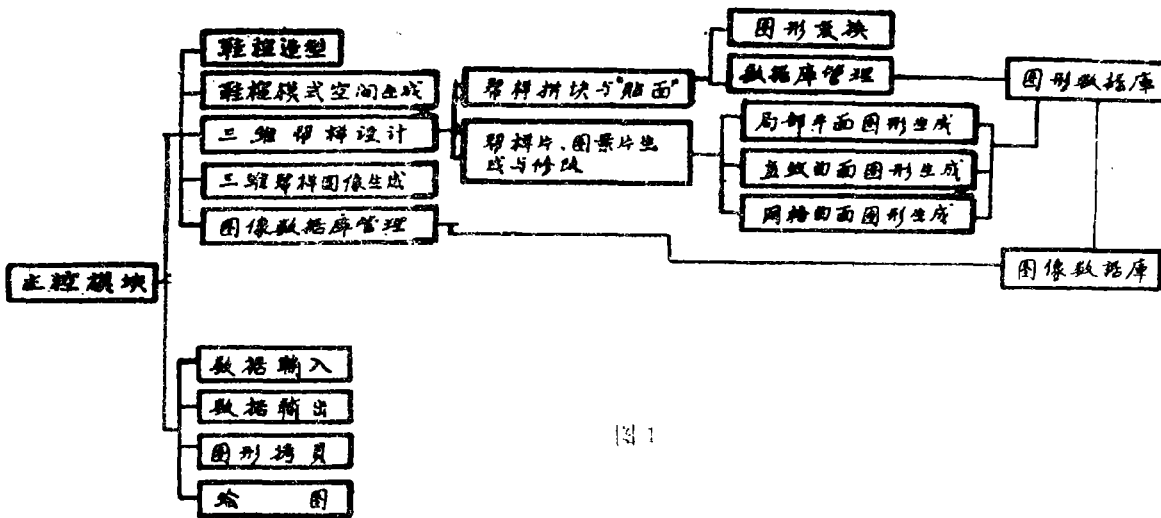


图 1

用FORTRAN77语言编写。软件系统的最高层次为主控模块，它控制下属各功能模块。如图1

### 1. 鞋楦造型

鞋楦表面是空间自由曲面，其生成是采用曲面拟合的方法实现的。

将鞋楦的纵向方向定为z方向，沿z方向从小到大划分成 $z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )，一般 $z_i - z_{i-1} \leq 8 \text{ mm}$ ，按 $z_i$ 大小将鞋楦截成 $n$ 个断面，对于每个 $z_i$ 将断面的周曲线划分为 $m$ 份，即 $(x_{ij}, y_{ij})$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ 。这样整个楦表面划分为：

$$(x_{ij}, y_{ij}, z_i) \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, m \end{matrix}$$

个网点 (由于仅考虑帮样设计的需要，楦底部分另外考虑)。

在曲面拟合中为简便起见，分为左右两部分，分别拟合三次非均匀B一样条曲面。

其算法为

已知空间网点阵

$$\left\{ \begin{matrix} v_{ij} \\ i = 0, 1, \dots, n \\ j = 0, 1, \dots, m \end{matrix} \right\} \quad \text{如图 2 所示}$$

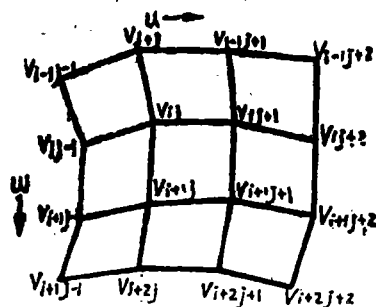


图2 B-样条曲面的网点阵

由此构成的三次非均匀B一样条曲面公式为：

$$P(w, u) = \sum_i N_{i,4}(u) k_i(u)$$

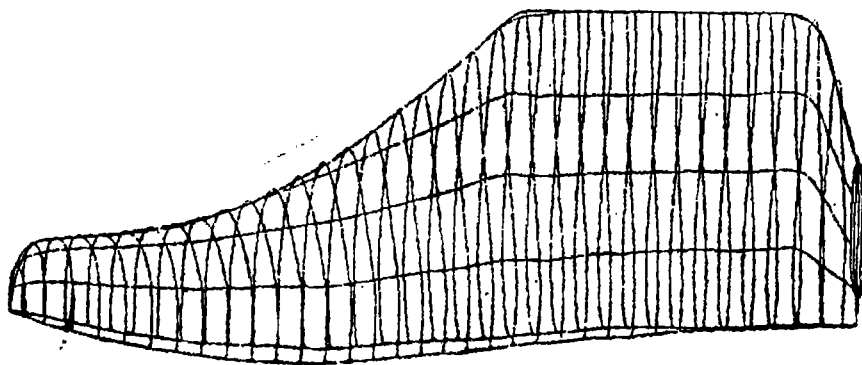


图3 曲面拟合后的三维鞋楦

其中  $k_i(u) = \sum_j N_{j,4}(w) v_{i,j}$

de Boor-Cox给出了式的递推计算公式<sup>[4]</sup>

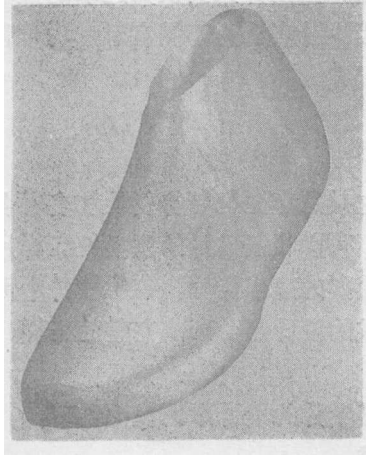


图4 渲染后的三维鞋楦图像

## 2. 鞋楦模式空间的生成

设计人员利用交互式作业方式直接在屏幕上显示的三维楦面模型上进行三维帮样片和图案片的设计，这样就需要在二维屏幕上得到三维楦面的网点，也就是设计人员通过鼠标器控制光标在屏幕上移动，获取设计帮样片和图案片所需要的楦面上点的三维坐标，这就要求在屏幕上呈现出楦面上的空间点。而生成楦面所用的已知网点是很稀的，满足不了设计时取点的需要。特别是设计较小的图案片或曲率大的边界线，有时需要取点较密。为此给出楦面上较密的网点，也就是建立一个鞋楦模式空间。

把曲面的 $u$ 与 $w$ 的路径长视为1，分别取 $\Delta u$ 与 $\Delta w$  ( $0 < \Delta u, \Delta w \leq 1$ )，将曲面划分为 $(\frac{1}{\Delta u} + 1) \cdot (\frac{1}{\Delta w} + 1)$ 个网点，用插值的方法求出全部网点的 $(x, y, z)$ 值，并将点

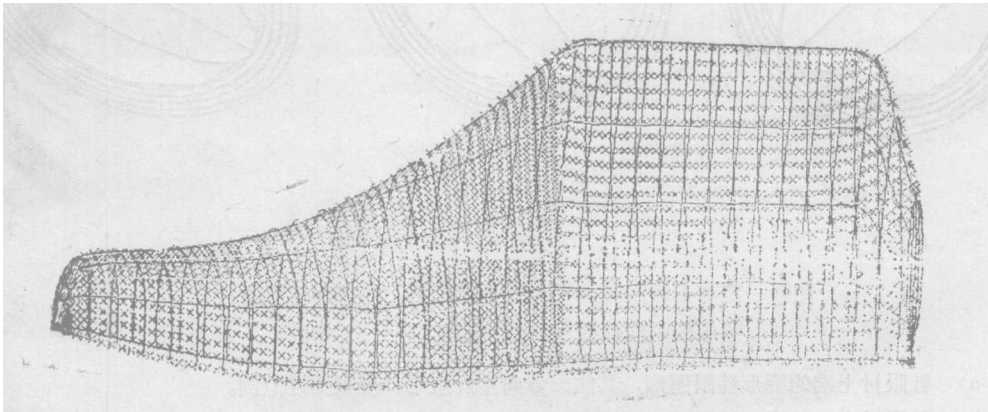


图5 鞋楦模式空间

显示在屏幕上。由于 $\Delta u$ 、 $\Delta w$ 是任意给定的，所以网点的密度可以人为控制，这一功能就使得设计人员能够在模式空间中选取到楦面上任何地方的点。也就是设计人员根据自己所设计帮样片或图案片的想法，在屏幕上用光标选取模式空间中的三维点，由选取的这些网点来拟合曲线段和曲面片，以构成各种各样的帮样片或图案片。由于是交互式作业，点的选取是任意的，同时点的删除也是任意的。当设计人员认为选取的点不满意时可以删除，重新再选。对拟合后的曲线段或曲面片，当设计者认为不满意时，均可删除，再重新选点拟合，直至得到满意的图形为止。

### 3. 帮样图案库的建立

建立帮样库是很重要的。它就是事先把帮样拼块和各种各样的帮面图案片设计好，存到库中。在交互帮样设计过程中，可以根据设计的需要把帮样片或图案片从库中取出，经过移动、旋转、缩放后，放到楦面模型的适当位置。每次设计中可从库中取出大部分需要的帮样片和图案片，缺少部分再交互式的设计出，形成完整的帮样。最后再经过配色和渲染就可以得到所设计的帮样的3维图像。

对帮样图案库中的拼块及图案片的设计举例说明如下：

#### (1) 空间平面图案的生成

在帮样设计中有的较小拼块或图案片，可认为是平面图形，这样就可以在定义的局部坐标系中，生成平面图形。如鞋眼生成子程序，是采用局部坐标在鞋眼衬曲面上定义一个局部平面，在该平面上作二个同心圆，一个由小圆构成的圆形面（指定为黑色），另一个是两个圆中间的环形面（指定为白色）。当然设计者在渲染时也可以重新定义颜色（图6）

再如五角星面，也是在模式空间的局部坐标系的 $xoy$ 平面上先作圆，将圆周五等分后连接对应的点构成五角星线框，再在线框内作面而成。如图7。

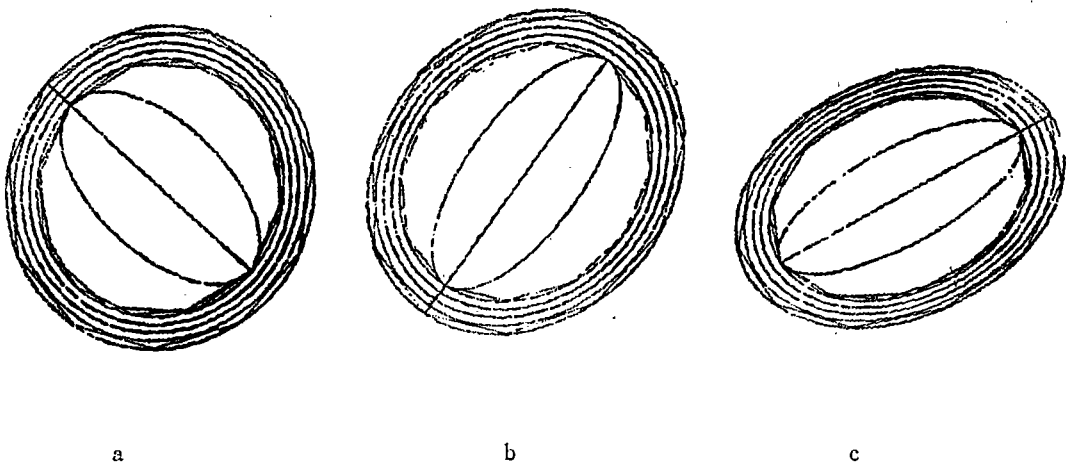


图6 圆环形鞋眼图形，中间为圆形面，外部为环形面。  
图中的中间环线表示为面的意思。

- a) 鞋眼衬上端的圆形鞋眼图形，其法矢方向接近水平，观察为近似圆。
- b) 鞋眼衬中部的圆形鞋眼图形，其法矢方向向上偏一定角度观察为椭圆。
- c) 鞋眼衬下端的圆形鞋眼图形，其法矢方向偏上，观察为，扁椭圆

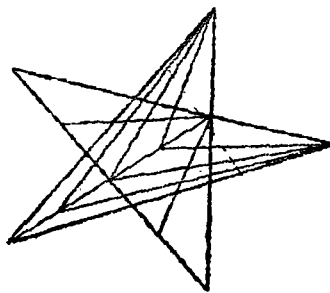


图7 五角星面。中间线表示面的意思。

(2) 直纹曲面图形的生成

在帮样设计中，有些地方的拼块和图案片可用直纹曲面来设计。直纹面是由一族直线所生成的曲面。

例如，设有两条基线 $\widehat{AB}$ 和 $\widehat{CD}$ ，另有一条直线作为母线。它通过基线上的对应点，由基线的一端AC运动到另一端BD。这样产生的曲面 $ABCD$ 称为直纹曲面，如图8。

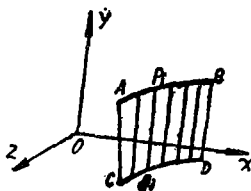


图8 直纹曲面

取  $0-xyz$  为坐标系。设  $\widehat{AB}$  基线的参数方程为：

$$\begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= g_1(t) \\ z &= h_1(t) \end{aligned} \quad (0 \leq t \leq 1)$$

基线 $\widehat{CD}$ 的参数方程为：

$$\begin{aligned} x &= f_2(t) \\ y &= g_2(t) \\ z &= h_2(t) \end{aligned} \quad (0 \leq t \leq 1)$$

两曲线上参数值相同的点即所谓对应点。

在  $[0, 1]$  上任取一参数值 $t_i$ ，当  $t = t_i$  时，在 $\widehat{AB}$ 上的对应点为 $P_i$ ，在 $\widehat{CD}$ 上的对应点为 $Q_i$ ，则线段 $\overline{P_iQ_i}$ 的方程为：

$$\frac{x - f_1(t_i)}{f_2(t_i) - f_1(t_i)} = \frac{y - g_1(t_i)}{g_2(t_i) - g_1(t_i)} = \frac{z - h_1(t_i)}{h_2(t_i) - h_1(t_i)} = \lambda$$

于是得  $t = t_i$  时的直母线的参数方程为：

$$\begin{aligned} x &= (1-\lambda) f_1(t_i) + \lambda f_2(t_i) \\ y &= (1-\lambda) g_1(t_i) + \lambda g_2(t_i) \\ z &= (1-\lambda) h_1(t_i) + \lambda h_2(t_i) \end{aligned} \quad (0 \leq \lambda \leq 1)$$

由此，当参数 $t$ 由0变到1时，即得直纹曲面 $ABCD$ 的参数方程：

$$x = (1 - \lambda) f_1(t) + \lambda f_2(t)$$

$$y = (1 - \lambda) g_1(t) + \lambda g_2(t)$$

$$z = (1 - \lambda) h_1(t) + \lambda h_2(t)$$

$$(0 \leq t \leq 1, 0 \leq \lambda \leq 1)。$$

直纹曲面的边界线（基线）是在鞋楦模式空间中任意选取点（点的数目 $\geq 3$ ）之后，分别拟合而成的三次 $B$ 样条曲线。

如四边形曲面片和条形的鞋眼衬曲面片均为直纹曲面。如图9和图10。

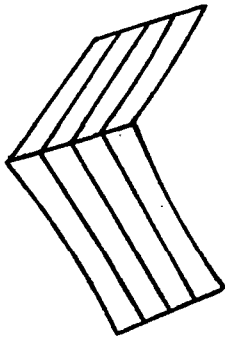


图9 两块四边形曲面片拼成的图案片

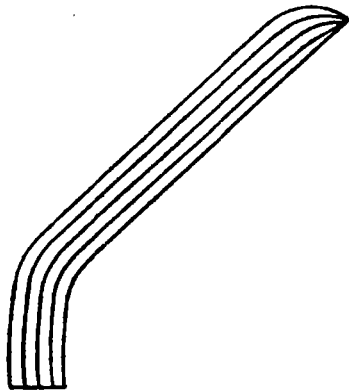


图10 鞋眼衬曲面片

### (3) 网格曲面图形的生成

在帮样设计中有些拼块或图案片是不能用平面图形和直纹面图形表示的，这些地方就采用网格曲面片来作图（这里所指的网格曲面是由网格曲线划分边界的曲面片）。构造曲面的思想和作法与第二章1节鞋楦造型中所述相同，其纵、横两组网格曲线均由三次 $B$ 样条曲线构成。

例如帮样拼块中鞋帮、外包头，外后跟等均用网格曲面构成。如图11、12。

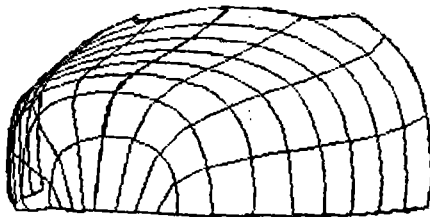


图11 外包头帮样片

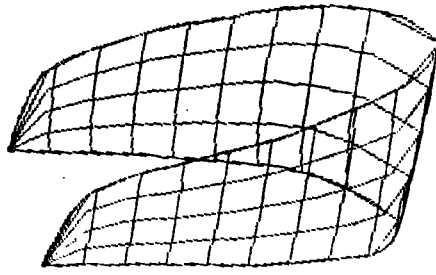


图12 外后跟帮样片

### 三、三维帮样设计

三维帮样设计是采用人机交互作业方式，利用图形数据库资源，用从库中取出的帮样片、图案片进行拼接与“贴面”与当场设计帮样片、图案片结合起来进行，最后构成完整的帮样。

#### 1. 利用图形数据库资源进行设计

设计人员对图形数据库进行检索，按自己的构思设想从库中取出所需要的帮样片或图案片，在选定的楦面模型上拼接或“贴面”。本系统是直观、简便、快速的图形查询方法，即通过13个图形菜单，每个菜单装有12个缩小的图形。设计人员通过菜单直接看到库中存放的图形，并用光标作指针在菜单上点到的图形可以立刻取出。此种菜单非常直观，取出方便。取出后再经过平移、旋转、放大后直接用来进行帮样设计。见图12。其步骤如下：

(1) 先取出选定的楦面模型；(2) 然后通过对图形菜单的查询取出所需要的帮样片或图案片，进行拼接或“贴面”；(3) 确认(2)中所装配的图形是否满意，如不合适就使用删除命令将其删除(4) 重复(2)、(3)步，直至将从库中所能取到的全部图形装配完为止。

#### 2. 交互式设计

当图形数据库中的资源满足不了要求时，可以采用交互方式在楦面上直接设计帮样片或图案片。这时可调用局部平面图形生成程序、直纹曲面图形及网格曲面进行图形生成程序，在鞋楦模式空间中设计新的帮样片或图案片。用于生成新帮样片或图案片的数据可采用：(i) 用光标在屏幕上的模式空间中选取三维点，(ii) 调入准备好的数据。对设计出的图形不满意时，可随时删除并重新设计，直至满意为止。

#### 3. 渲染形成三维图像

对设计好的帮样中的每个拼块定义颜色，其颜色可以任意选择，如不指定就为原始设计曲面片时所指定的颜色。然后，再对光源的个数、方向、距离、亮度等进行指定，最后经渲染成为三维帮样图像。

4. 对三维帮样图像认为满意者可存入图像库中，以供以后取出供别人观看或讨论及选定鞋的款式时使用。

5. 为帮样展平和自动排料准备必要的数据库。

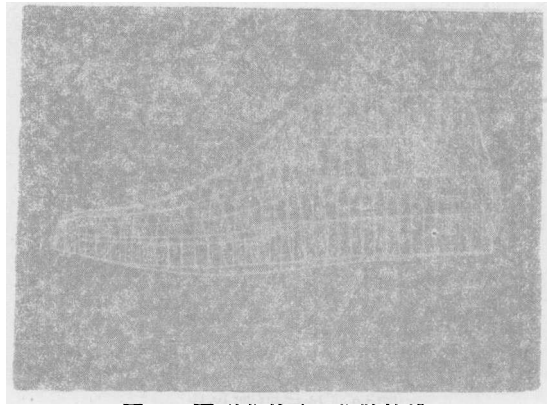


图13 图形菜单及三维鞋楦模型

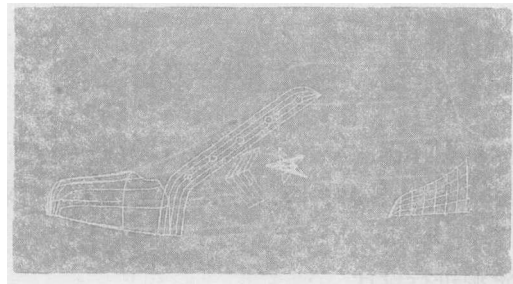


图14 进行帮样拼接及图案“贴面”

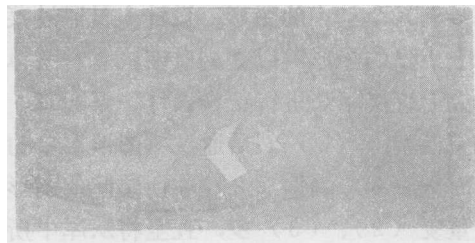


图15 只有部分帮块和图案片的三维帮样渲染后的图像。

## 四、结 束 语

本计算机辅助鞋帮样三维设计系统仅初步完成，还需作进一步改进和提高，其效果还需在实践中考验。对于展平与排料等在另外文章中叙述。由于我们缺乏设计鞋帮料的实际经验，文中可能有一些错误，请读者批评指正。

### 参 考 文 献

- [1] 化工部胶鞋结构设计讲义编写组，《胶鞋结构设计》。
- [2] 苏步青，刘鼎元，《计算几何》上海科学技术出版社 1980年。
- [3] 袁奇荪，《计算几何造型学基础》航空工业出版社 1987年。
- [4] 黄致远、徐微，航空科技，1981年5期。

## A Computer Aided Shoe Pattern 3-D Design Software System

Gao Pinchen

### Abstract

This system supported by the general drawing program S-7k is carried out at Apollo DN3000 work-station. By means of space curve and curved-surface fitting, the 3D shoe pattern and upper are constructed in the shoe tree model space interactively.

Varied vamps can be picked up from shoe pattern library and then be put together on the surface of shoe tree. Based on such a way the shoe style design can be completed and the 3D shoe pattern picture can also be generated.