

# 复杂曲面造型设计中拓扑变换方法的应用

芮卫成

(机械工程系)

**摘要** 本文根据拓扑变换作图原理,绘制了复杂曲面的型线图,使拓扑变换作图方法在工程实际的应用方面作了有实用价值的探讨。

**关键词** 复杂曲面;型线绘制;拓扑变换;实用性

## 0 前言

工业产品的造型设计,存在许多曲面设计绘制问题,其中不少是不规则曲面,一般称为复杂曲面。它的设计不但要画出轮廓线的投影,还需画出曲面上一系列型线(素线)的投影。复杂曲面型线的绘制,一些大型、重要产品,如飞机、大型舰船、轿车等,应用电子计算机辅助设计已较普遍。但是在中、小型工厂或小型的产品,大多仍用图解绘制法。

本文使用拓扑变换原理,较为简捷的绘制了复杂曲面的型线图,这种方法对从事工业造型设计或工程设计的专业技术人员都有一定的实用价值。

## 1 拓扑变换方法绘制曲面型线图的原理

把一个几何图形经过弯曲、拉伸、扭转等方法,不产生折叠和破裂而变换成另一形状的几何图形,这就是拓扑变换。两个几何图形之间进行拓扑变换,必须具备两个基本特征,一是两图形上所有点之间相互一一对应;二是两图形上对应点的任意邻域相互对应。图1所示为一个半球面用正投影法在被投射面上可得圆形的影子,如果把这影子看成是一个圆面,则这圆面可以看成是半球面受不均匀压缩在被投射面上的结果。这样,半球面上所有点与圆面上的所有点是一一对应的,它们对应点的邻域也是对应的。所以半球面与圆面之间可以进行拓扑变换<sup>[1]</sup>。

这种能进行拓扑变换的两个图形,叫做同胚的图形。反之,也可以说两图形之间的同胚是进行拓扑变换的前提。关于各种图形之间是否同胚,各专著中都有论述,我们用它们的结论,即所有多边形及平面的凸图形都和正方

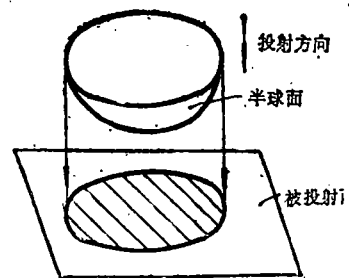


图1 拓扑变换示意图

形同胚；球面和多面体是同胚的，环面与圆柱侧表面是同胚的。<sup>[2,3]</sup>

图2是一水平的平面曲线(母线)沿铅垂导线SO由下向上平行移动，同时曲线作相似变形所得的曲面。由于没有规定平面曲线的形状，故所形成的曲面一般为复杂曲面。设已知该曲面上点A的水平投影a，求其正面投影a'。

由于是复杂曲面，难以用一般画法几何方法求解。现在采用铅垂方向投射，把它变换成锥面，曲面上最高点S'垂直向下移动到S'点，S'点在过S'点铅垂线上的位置可以任取。整个复杂曲面变换成锥面(如图2)。这种变换方式并不改变“一一对应”及“点的任意邻域相互对应”，所以是拓扑变换。

在锥面的水平投影上，过锥顶连直线S'a，并延长与锥底面轮廓线交于1，该直线在锥面上。

根据投影关系，可求得锥面上A点的正面投影a'；由a'作水平线a'a1'交锥面左边轮廓线的投影于a1'，a'a1'即为锥面上水平素线的正面投影。由a1'作铅垂线交原曲面上轮廓线的正面投影于a1''；再由a1''作水平线a1''a'与由a'向上作的垂直线交于a'点。根据拓扑变换原理，a1''a'是在原曲面上且与锥面上水平素线a1'a'对应。所以a'对应于a'，a'即为原曲面上A点的正面投影。

上述作图是为求复杂曲面上点的投影，先将该曲面拓扑变换成锥面<sup>[1]</sup>，再由锥面上所得的点的投影返回原复杂曲面，即得上点的投影。

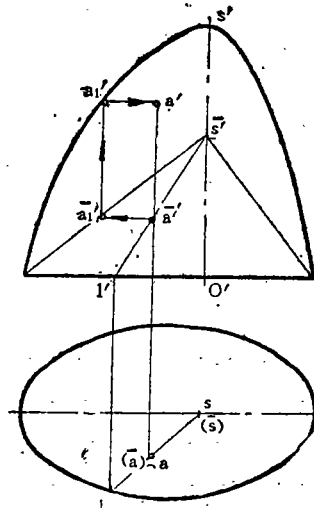


图2 用拓扑变换法在复杂曲面上取点

## 2 吸尘器外壳曲面(复杂曲面)型线图的绘制

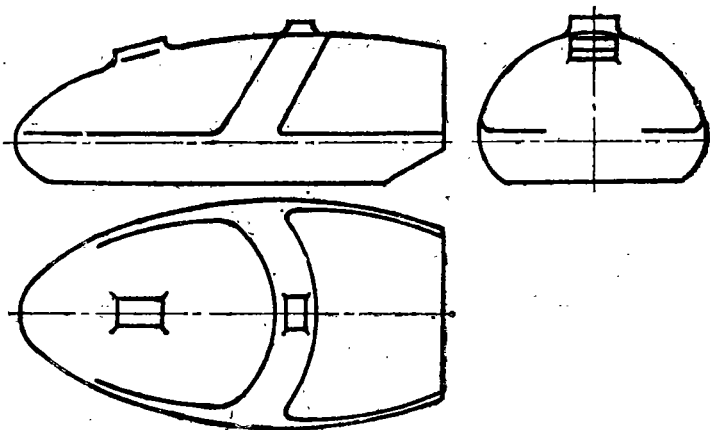


图3 吸尘器外形曲面三面投影图

某型号吸尘器外壳形状如图3，现抽象其轮廓曲线作为实例，利用上述拓扑变换作图方法，绘制曲面型线图。根据曲面轮廓线的特点，选用锥面为原始曲面(一般选用直纹曲面)，经拓扑变换作图求派生曲面(复杂曲面)上点是投影，即可绘制出曲面型线图。为了使所作图形与吸尘器自然状态位置相一致，所以作图时把曲面轴线水平放置。其绘制过程如下：

a. 画出选定的原始曲面——锥面 根据曲面轮廓线的三面投影，在适当位置画出原始曲

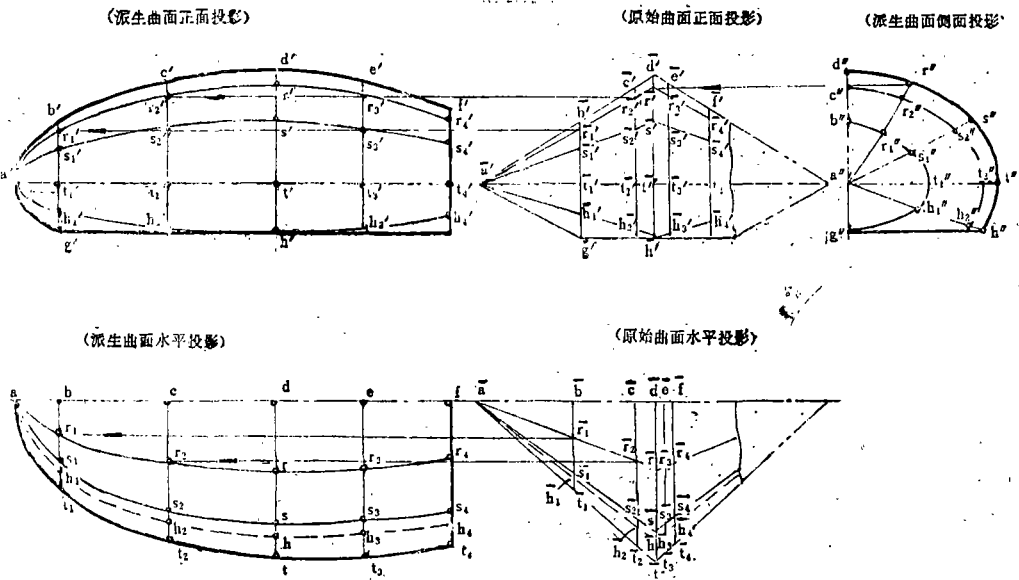


图4 用拓扑变换法作吸尘器外型曲面型线图

面——两个同底的锥面(见图4)。锥底面的正面投影和水平投影分别为  $\overline{d'h'}$  和  $\overline{dt}$ ，与原复杂曲面之间分别存在  $\overline{d'h'} = d'h'$  和  $\overline{d't'} = dt$ ，但锥顶  $\overline{a'}$  和  $\overline{a}$  并不要求两者存在对应的投影关系。

b. 在原曲面(派生曲面)轮廓侧面投影  $\overline{d''t''h''}$  上取点  $r''$ 、 $s''$ ，并作出它们的正面投影  $r'$ 、 $s'$  和水平投影  $r$ 、 $s$ 。再作出它在原始曲面——锥面上的对应投影点  $r'$ 、 $s'$  和  $r$ 、 $s$ ；在锥面投影上连直线  $\overline{a'r'}$ 、 $\overline{a's'}$ 、 $\overline{a't'}$ 、 $\overline{a'h'}$  和  $\overline{ar}$ 、 $\overline{as}$ 、 $\overline{ah}$ 、 $\overline{at}$ 。同时在与此对称的锥面上，进行同样的作图。

c. 在派生曲面的正面投影和水平投影的适当位置  $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  作垂直于曲面基本轴线的截面，并在原始曲面上画出与这些截面相对应的截面正面投影  $\overline{b'g_1'}$ 、 $\overline{c'h_2'}$ 、 $\overline{d'h'}$ 、 $\overline{e'h_3'}$  和水平投影  $\overline{bt_1}$ 、 $\overline{ct_2}$ 、 $\overline{dt}$ 、 $\overline{et_3}$ 。

d. 由原始曲面上截面与过锥顶的素线的交点返回到派生曲面上相应的截面投影线上。如过原始曲面正面投影上交点  $r_2'$  作水平线向左交派生曲面上截面投影线  $\overline{c'h_2'}$  于  $r_2'$ ，则  $r_2'$  为所求曲面型线上点的正面投影；过原始曲面水平投影上交点  $r_2$  作水平线向左交派生曲面上截面投影线  $\overline{ct_2}$  于  $r_2$ ，则  $r_2$  为所求曲面型线上点的水平投影。曲面型线的其它各点的投影用同样方法求得(见图4，作图过程从略)。

按次序光滑连接  $\overline{a'r_1'r_2'r_3'r_4}$ 、 $\overline{a's_1's_2's_3's_4}$ 、 $\dots$ ，即为所求曲面一系列型线的正面投影；按次序光滑连接  $\overline{ar_1r_2r_3r_4}$ 、 $\overline{as_1s_2s_3s_4}$ 、 $\dots$ ，即为所求曲面一系列型线的水平投影。

按照投影原理，再画出曲面线的侧面投影  $\overline{a''r_1''r_2''r_3''r_4''}$ 、 $\overline{a''s_1''s_2''s_3''s_4''}$ 、 $\dots$ 。

此作图方法与上述拓扑变换原理相同，仅把曲面轴线改为水平和把原始曲面(锥面)画在派生曲面(复杂曲面)图形之外，使图面保持清晰。

用上述方法画出吸尘器外壳曲面的型线图，再用网格法标注尺寸(本文从略)，这就明确了曲面上各点的尺寸；可按此为依据绘制吸尘器外壳的设计图纸。

### 3 结束语

a. 在新产品的造型设计中, 复杂曲面的应用越来越多。利用拓扑变换方法绘制这类曲面的型线图, 比较简捷可行。对于各种不同形状的复杂曲面, 可以根据具体形状, 选取与所设计曲面同胚并利于作图的原始曲面, 再进行作图。

b. 拓扑变换作图作为画法几何的一种解题方法, 比其他几何变换作图方法更有一般性和灵活性, 但结合生产实际的研究还不多, 有必要广泛而深入的研究, 以利于拓扑变换作图法更多地为生产服务。

#### 参 考 文 献

- 1 龙泽斌. 几何变换. 湖南科学技术出版社, 1984
- 2 野口 宏[日]. 拓扑学的基础和方法. 科学出版社, 1986
- 3 张云鹤. 画法几何. 高等教育出版社, 1987

## An Application of the Topology Conversion Principle in the Design of Complex Curved Faces

Rui Weicheng

(Dept. of Mech. Eng.)

**Abstract** In this paper, a new method is developed to lines of complex curved faces in accordance with the topology conversion principle. The approach is of great worth in making practical application of the topology conversion principle in engineering.

**Keywords** Complex Curved Faces; Lines drawing; Topology conversion; Practicality.