



# 明暗效果快速多变的 CSG 实体显示技术<sup>1)</sup>

杨小虎 潘云鹤 何志均

(浙江大学人工智能研究所, 杭州 310027)

## 摘 要

CSG (Constructive Solid Geometry) 是实体造型中一种重要表示方法。传统的 CSG 实体显示方法不仅费时,而且难以控制明暗效果。本文提出的方法以一种新的 CSG 体素表面光强生成模型为基础,结合深度缓冲技术,能快速有效地显示 CSG 实体,方便灵活地控制明暗效果。

**关键词:** CSG, 明暗显示, 实体造型, 计算机辅助设计。

## 一、引 言

CSG 是一种重要的实体造型技术<sup>[1]</sup>,具有精确、简洁、易理解、易修改等优点。传统的 CSG 实体显示方法有边界展开技术<sup>[2]</sup>、光线跟踪方法<sup>[3]</sup>、扫描线方法<sup>[4]</sup>等。这些方法效率低,计算量大,难以达到交互要求。而深度缓冲的 CSG 显示技术<sup>[5,6,7]</sup>,能快速显示 CSG 实体,且易为硬件实现。

传统显示技术的另一缺陷是生成的图象效果死板,难以控制。图形学中的光照模型,如 Phong 模型、Whitted 模型、辐射法等均需大量复杂计算,而且效果机械。基于知识的实体表面光强生成模型,能灵活控制明暗效果,本文以这一模型为基础,结合深度缓冲技术,提出明暗效果快速多变的 CSG 实体显示技术。

## 二、知识基光强生成模型

知识基光强生成模型参照画家运用色调知识绘画的过程,把体素表面光强变化规律抽取成静态知识,在生成光强时,只须运用知识快速生成。

常用体素有立方体、球、圆柱、圆锥、圆环。为表达体素表面光强变化规律,须建立体素表面的参数化模型,如图 1 所示。

对于立方体的每个面建立二维坐标,如图 1(a),参数  $\alpha, \beta$  就是正方形内一点的坐标。

对于其它四种体素,将球面、柱面、锥面、环面沿某一轨迹划分成一组扩展域,如图

本文于1991年11月9日收到。

1) 国家教委博士点基金、浙江省自然科学基金和浙江大学 CAD/CG 国家重点实验室资助研究项目。

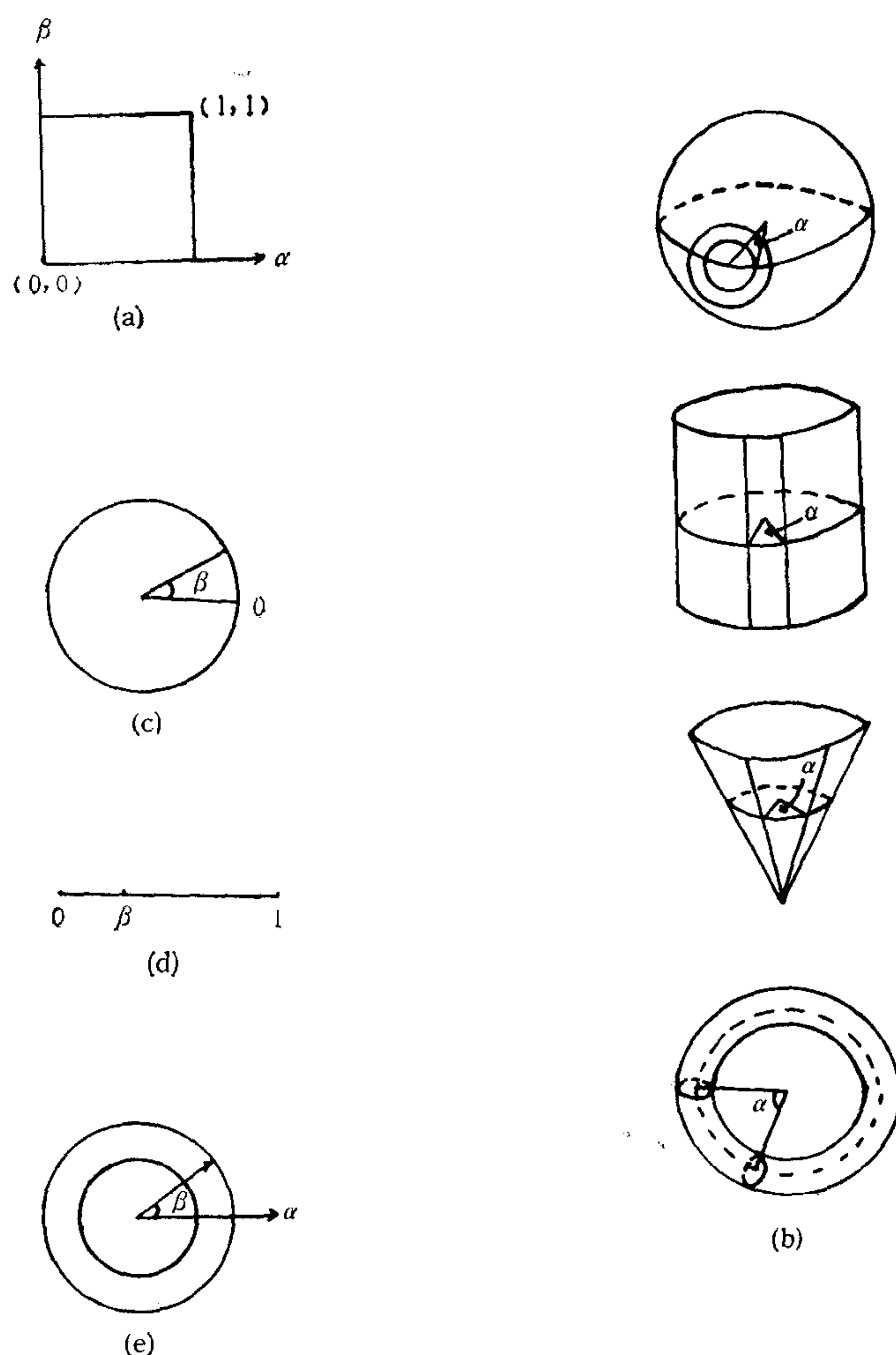


图 1 体素表面的参数化模型

1(b) 所示。球面上的扩展域是从面上一点扩展开来的在球面上的圆,这些圆的圆心均在通过扩展中心的球直径上,由这一直径定义的圆就是扩展轨迹。柱面、锥面上的扩展域是母线,扩展轨迹是一平行于底面上的圆。环面的扩展域是圆环截面的小圆,扩展轨迹是以圆环中心为圆心,中心到小圆圆心距离为半径的圆。这些面的扩展轨迹均是圆,轨迹上一点代表了一个扩展域,而轨迹上一点可以用经过该点的半径和起点半径的夹角  $\alpha$  确定。球面、环面的扩展域是圆,如图 1(c),以夹角  $\beta$  为参数可确定圆上一点。柱面、锥面的扩展域是直线段,如图 1(d) 所示,用  $\beta$  表示点在直线段上的位置。

圆柱、圆锥的底面是圆,如图 1(e) 所示,建立一个极坐标,可用二元组  $(\alpha, \beta)$  确定面上一点。

建立了参数化模型,现考虑光强生成情况。众多光照模型实质上可抽取成如下模型,表面一点的光强:







算法处理结果放在  $CF, DF, F1$  中。

在  $S = A - B$  算法中, 需得到实体  $B$  的不可见表面, 体素的不可见表面容易得到, 而复杂实体较难处理。因此在算法处理之前, 需对 CSG 树作规整化, 使实体  $B$  均是体素。规整化过程是以集合运算等式为变换基础的。

#### 四、CSG 实体显示的明暗效果变化

知识基光强生成模型能快速生成体素图象, 并能灵活控制明暗效果。深度缓冲的 CSG 显示技术能从子实体的图象得到实体的图象。把两者结合起来, 在布尔操作算法的 1), 2) 步生成体素图象时, 使用光强知识, 就实现了明暗效果快速多变的 CSG 实体显示。明暗效果的控制, 通过改变用于各体素的光强知识, 改变体素图象的明暗效果, 从而改变整个实体图象的明暗效果。

#### 五、实 现

这一技术已在 Micro-VAXII 工作站 UNIX 环境下用 C 语言实现。图 2 显示了一实体的两种不同明暗效果, 计算时间为 19.51 秒、19.72 秒。图 3 为另一实体的图象, 时间为 16.51 秒、16.44 秒。

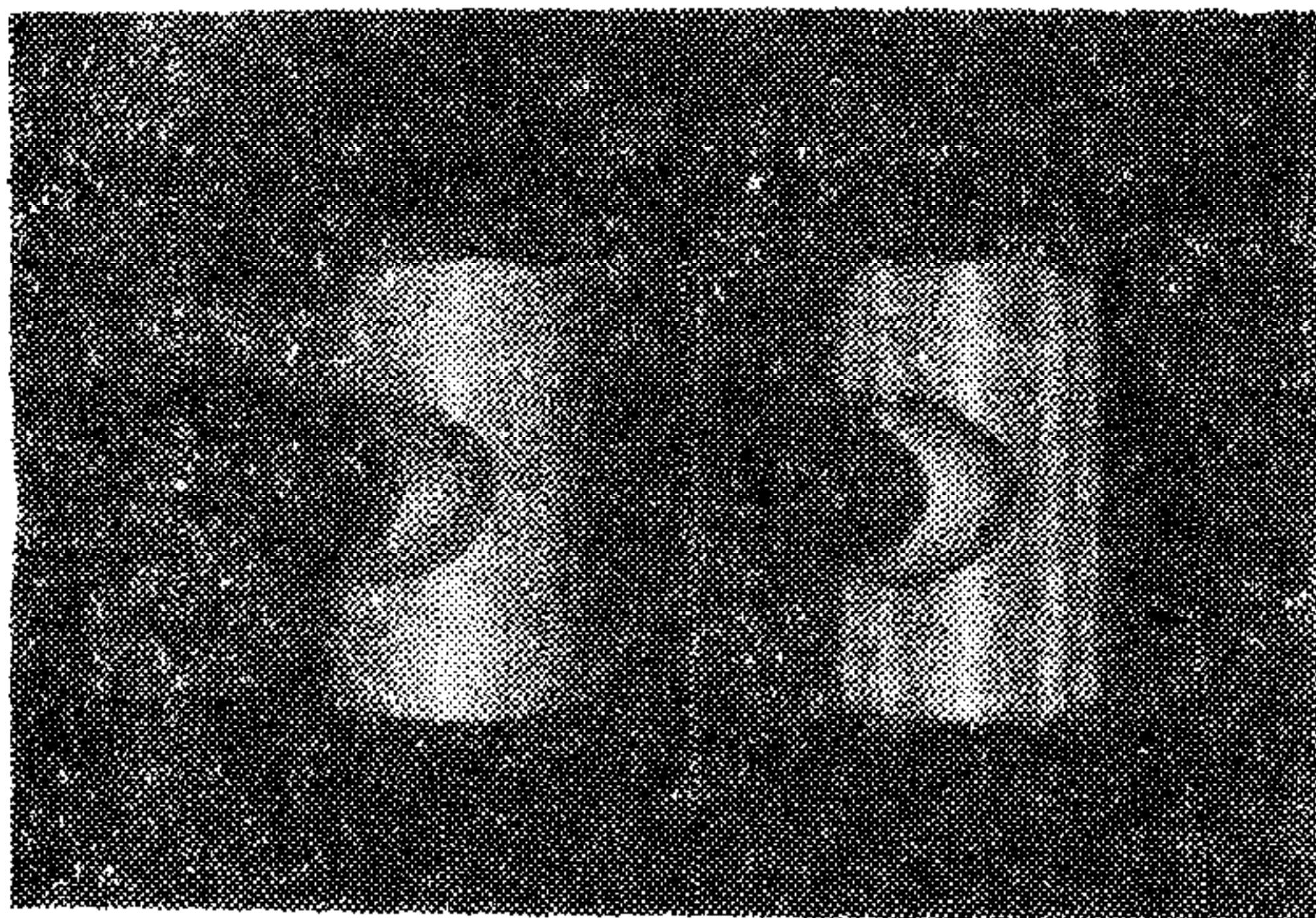


图 2

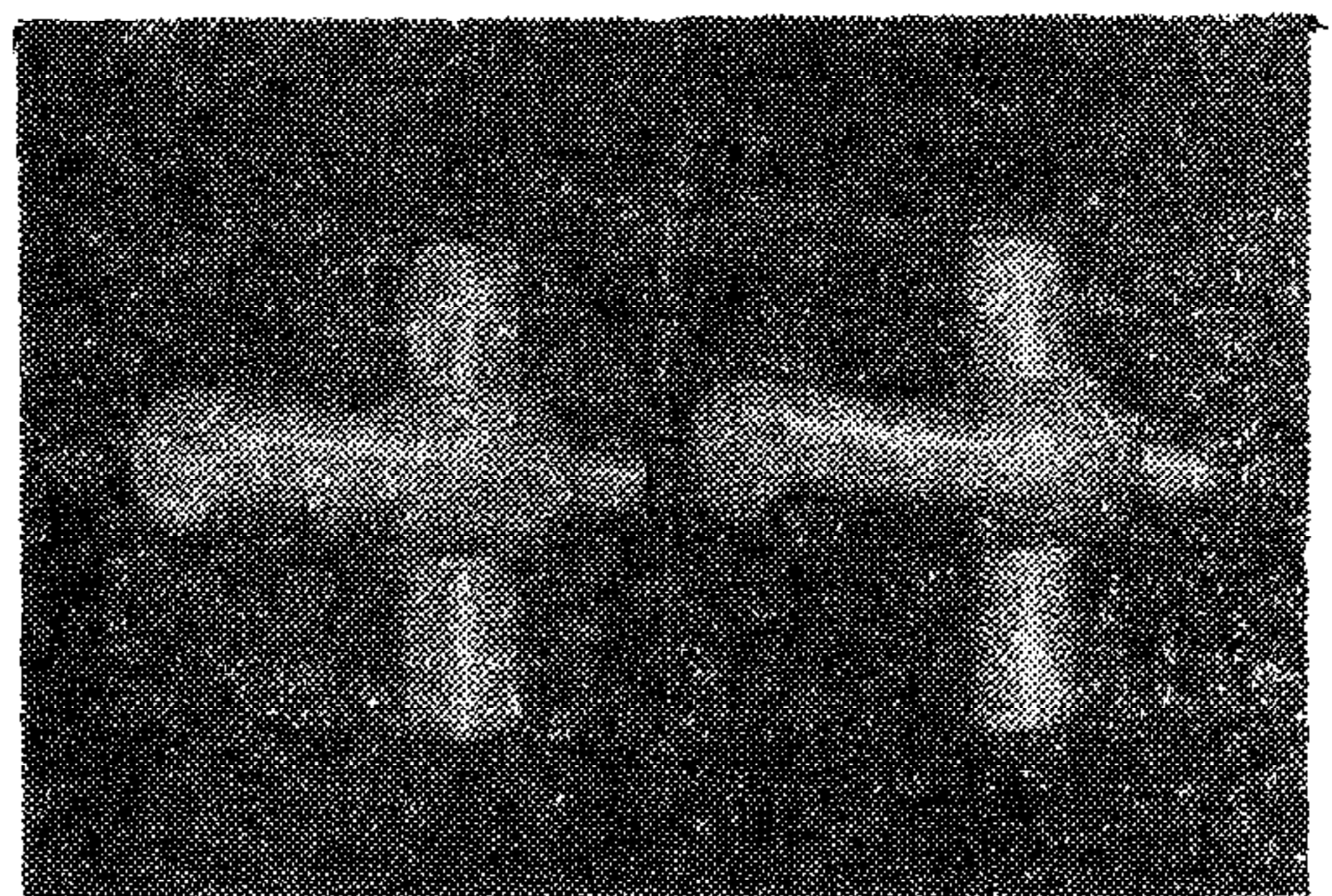


图 3

#### 六、结 论

综上所述, 以知识基光强生成模型为基础, 结合深度缓冲的 CSG 显示技术, 能快速显示 CSG 实体, 灵活控制明暗效果, 产生的图象生动而变化丰富, 图象生成时间不随明暗效果有明显变化。这些优点意味着这一技术具有良好的应用前景。

#### 参 考 文 献

- [1] Requicha, Aristides, A. G., Representations for Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems, *Computing Surveys*, 12(1980), 437—464.



- [ 2 ] Requicha, Aristides, A. G. and Herbert, B., Voelcker, *Boolean Operations in Solid Modeling: Boundary Evaluation and Merging Algorithms*, *Proc. IEEE*, 73(1985), 30--44.
- [ 3 ] Roth, Scott, D., *Ray Casting for Modeling Solids*, *Computer Graphics and Image Processing*, 18(1982), 109—136.
- [ 4 ] Atherton, Peter, R., *A Scan-line Hidden Surface Removal Procedure for Constructive Solid Geometry*, *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH'83)*, 17(1983)3, 73—82.
- [ 5 ] Rossignac, Jaroslaw, R. and Aristides, A. G., Requicha, *Depth-buffering Display Techniques for Constructive Solid Geometry*, *IEEE CG&A*, 6(1986), 9, 29—39.
- [ 6 ] Goldfeather, Jack, Jeff, P. M., Hultquist, and Henry Fuchs, *Fast Constructive Solid Geometry Display in the Pixel-powers Graphics System*. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH'86)*, 20(1986), 4, 107—116.
- [ 7 ] Goldfeather, Jack, Steven Molnar, Greg Tuck, and Henry Fuchs, *Near Real-time CSG Rendering Using Tree Normalization and Geometric Pruning*, *IEEE CG&A*, 9(1989), 3, 20—28.

## FAST AND FLEXIBLE SHADED DISPLAY TECHNIQUES FOR CSG MODELS

YANG XIAOHU    PAN YUNHE    HE ZHIJUN

(*Artificial Intelligence Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310027*)

### ABSTRACT

CSG(Constructive Solid Geometry) is an important solid modeling technique. The traditional shading methods for CSG models are not only costly, but also inefficient to control the shading effects. A new method is presented in this paper. Based on a new light intensity generation model for CSG primitive surfaces, and combined with depth-buffer technique, it can work quickly and control the shading effects flexibly.

**Key words:** Constructive Solid Geometry, shading; solid modeling, computer-aided design.