

# 凸包围多面体生成算法及应用

(申请清华大学工学硕士学位论文答辩报告)

学 生：唐 磊

指导教师：雍 俊 海 教授



计算机辅助设计图形学与可视化研究所  
二〇一五年六月

# 目录

## 1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

## 2 总结与展望

## 3 主要参考文献

## 4 感谢

# 背景

## 凸包围体技术

在计算机图形学领域里的各种算法中发挥着重要作用，如优化渲染和建模过程，加速求交、碰撞检测等算法。

## 碰撞检测问题

计算机图形学、虚拟现实等领域中的研究热点，是计算机模拟真实环境中不可或缺的技术，在物理仿真及游戏领域里应用十分广泛。

# 目录

## 1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

## 2 总结与展望

## 3 主要参考文献

## 4 感谢

## 凸包围体的种类

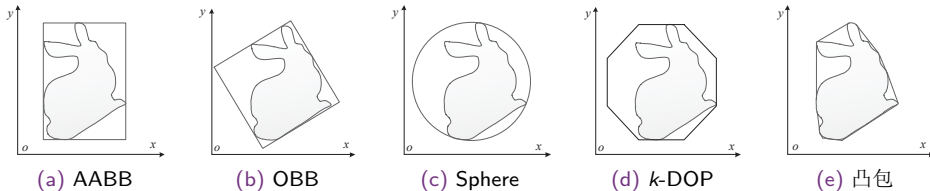


Figure 1: 不同种类的包围体

其他: Tribox、Swept-sphere、Sphere-shell、Zonotopes、圆柱形、圆锥、椭球形等等。

# 本文目标

$k$ -DOP<sup>1</sup>的局限性：方向固定且为有限的偶数，不同模型其截面方向一致，不够紧致；  
而凸包很（最）紧致，但面片数量太多，构造复杂度  $O(n \log n)$ 。

## 本文凸包围体的目标

- 紧致：能够自适应模型，根据模型形状特点有不同的方向；
- 快速：生成凸包围体的速度要快，利用 GPU 加速；
- 灵活：通过参数  $k$  调节凸包围体的简单性和紧致程度。

---

<sup>1</sup>James T Klosowski et al. "Efficient collision detection using bounding volume hierarchies of k-DOPs". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 4.1 (1998), pp. 21–36.

# 目录

## 1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

## 2 总结与展望

## 3 主要参考文献

## 4 感谢

# 碰撞检测算法

## 碰撞检测算法

许多应用的基础，例如在 3D 游戏，物理仿真，机器人，虚拟现实等领域中<sup>2</sup>。

## 分类

**加速结构：** SPT（如四叉树、KD 树等） v.s **BVH**（OBB 树、*k*-DOP 树等）

**表现形式：** 刚体 v.s 可变形，凸体 v.s 凹体，CSG v.s 参数曲面 v.s 多边形网格

**碰撞环境：** 成对 v.s 多体，静止 v.s 运动，离散 v.s 连续

<sup>2</sup>Christer Ericson. *Real-time collision detection*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.



# 基于 BVH 的碰撞检测算法

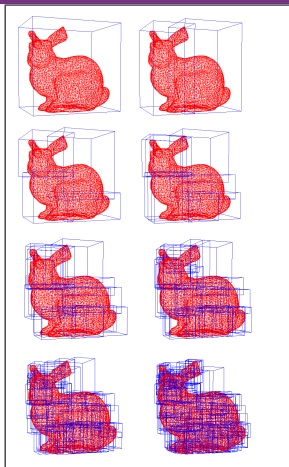


Figure 2: 八层 BVH 示例

## 算法 1 自顶向下层次遍历 BVH

输入: 两个 BVH 树的根节点  $node_1$ ,  $node_2$

输出: 模型是否相交

```

1: function TRAVERSEBVHTREE( $node_1$ ,  $node_2$ )
2:   if  $node_1.bv \cap node_2.bv = \emptyset$  then
3:     return False // 包围体重合测试, 包围体不相交直接返回
4:   else
5:     if  $node_1.children = \emptyset$  then
6:       if  $node_2.children = \emptyset$  then
7:         // 最底层叶子节点原生几何相交测试
8:         return CHECKINTERSECTION( $node_1.primitives$ ,  $node_2.primitives$ )
9:       else
10:        for all  $child \in node_2.children$  do
11:          TRAVERSEBVHTREE( $node_1$ ,  $child$ ) // 递归调用
12:        end for
13:      end if
14:     else
15:       for all  $child \in node_1.children$  do
16:         TRAVERSEBVHTREE( $child$ ,  $node_2$ ) // 递归调用
17:       end for
18:     end if
19:   end if
20: end function

```

代价函数:  $T_{cost} = n_v * C_v + n_p * C_p + (n_u * C_u)$ (运动)

# 目录

- 1 背景
  - 凸包围体
  - 碰撞检测算法
- 2 总结与展望
- 3 主要参考文献
- 4 感谢

# 总结与展望

## 总结

- ❶ 提出了一种构造紧致凸包围多面体- $k$ -CBP 的算法；
- ❷ 构造  $k$ -CBP 速度上比现有算法快 3~8 倍；
- ❸ 构造的  $k$ -CBP 紧致程度比现有的  $k$ -DOP 紧致 10% ~ 40%；
- ❹ 提出了一种基于  $k$ -CBP 的碰撞检测算法，该算法较  $k$ -DOP 树算法初始化时间快 8 倍以上，静止场景快 0.8 ~ 3.2 倍，运动场景快 0.8 ~ 5.6 倍。

## 展望

- ❶ 碰撞检测算法如何摆脱对 AABB 树的依赖；应用于近似碰撞检测算法；应用于可变形的模型连续碰撞检测，如何快速更新  $k$ -CBP ；
- ❷ 如何将  $k$ -CBP 应用于如机器人抓取、路径规划等其他应用领域中。

## 主要参考文献 I

- [1] James T Klosowski et al. "Efficient collision detection using bounding volume hierarchies of k-DOPs". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 4.1 (1998), pp. 21–36.
- [2] Christer Ericson. *Real-time collision detection*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

# 感谢

## 致谢

- ❶ 导师雍俊海老师的精心指导；
- ❷ 施侃乐老师帮助；
- ❸ 研究所各个项目的历练；
- ❹ 王斌老师、陈莉老师的评审及意见，答辩委员会老师聆听和指导。

## Q & A

Questions?

Thank you!