

引用格式:耿 宏,高璐璐. 面向飞机虚拟维修的改进混合层次包围盒碰撞检测算法[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(21): 63—68
Geng Hong, Gao Lulu. Improved hybrid hierarchical bounding box collision detection algorithm for aircraft virtual maintenance[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(21): 63—68

面向飞机虚拟维修的改进混合层次包围盒碰撞检测算法

耿 宏 高璐璐

(中国民航大学电子信息与自动化学院,天津 300300)

摘 要 为提高飞机虚拟维修场景中碰撞检测效率,提出一种混合层次包围盒算法,构建一种新型的双层混合层次包围盒树结构。上层 CAABB 与下层 OBB 相结合,相交测试逐步递进,该结构降低树的遍历和粗略检测的时间消耗,并在 OBB 以分离轴法相交测试前对其相交状态进行预判断,只对相交状态不确定的 OBB 采用分离轴法,减少精确检测计算。实验结果表明,在飞机虚拟维修场景中,该算法比传统混合层次包围盒算法效率更高。

关键词 虚拟维修 碰撞检测 CAABB 包围盒 OBB 包围盒 预判断

中图法分类号 TP391; **文献标志码** A

飞机虚拟维修以培训机务维修人员为目的,侧重训练维修人员熟悉维修过程、规范维修操作,增强维修人员对飞机知识的认知和理解,提高维修技能。飞机虚拟维修场景中含有大量几何模型,通常是由成千上万个三角面片构成的,其几何复杂性使得碰撞检测算法的计算复杂度大大提高,而受训者与维修场景之间的交互需要实时完成,精准且快速的碰撞检测算法对于提高虚拟维修场景的真实性,增强虚拟维修场景的沉浸感,有效培训机务人员操作技能有着至关重要的作用。

目前研究的碰撞检测算法主要有空间分割法^[1]和层次包围盒法^[2,3]。前者主要应用于环境稀疏且物体分布均匀的场景,包括八叉树、k-d 树、BSP 树等;后者适用于复杂环境中的碰撞检测^[4],典型的包围盒有:轴向包围盒(AABB)、方向包围盒(OBB)、离散方向多面体包围盒(K-DOPs)、包围球(Sphere)。另外还有并行、分布式等碰撞检测算法^[5-8]。上述已有的算法并不完全适用于飞机虚拟维修场景^[9,10],原因如下:①场景中所含零件数量庞大,粗略检测阶段若选用相交测试、更新计算复杂的包围盒,会消耗大量时间;②场景中零件多且结构复杂,OBB 包围盒的构造及测试耗时多,降低实时性;③执行维修任务时,运动对象与场景中大多物体都不发生碰撞,若每个时间采样点都完全更新其层次

包围盒树,将会产生不必要的时间损耗。

针对以上问题,将正方体轴向包围盒(CAABB)与近似凸包 OBB 相结合,构成一种改进混合层次包围盒算法。利用 CAABB 的简单性,简化树的遍历和粗略检测过程;利用近似凸包 OBB 构造及相交状态预判断计算量少的特点,缩短精确检测时间;利用混合层次包围盒树的上下层结构,对运动对象的包围盒树进行分层更新,保证受训者与飞机虚拟维修场景的实时交互。

1 算法原理

1.1 算法结构

算法分为两部分:预处理、相交测试。预处理阶段,分别以维修场景中的动态对象、静态对象为根节点,选取 CAABB 和 OBB 两种包围盒建立混合层次包围盒树,对树的结构进行优化。相交测试部分包括粗略检测和精确检测两步,首先通过 CAABB-CAABB 间的相交测试进行粗略检测,快速排除维修场景中完全不可能相交的对象,对剩下可能相交的对象,再用分离轴法进行更精确的 OBB-OBB 间的检测,并在此测试前对 OBB 的可能相交状态简单做出预判断,当不能确定其相交状态时,再通过复杂的分离轴法判断。对象运动后,根据树的上下层递进结构对其更新,先对其上层根节点更新,只有根节点 CAABB 相交时,继续向下更新,测试更新后的子节点;否则不继续更新。

1.2 混合层次包围盒树结构优化

传统混合层次包围盒算法的树结构分层如图

2018 年 3 月 3 日收到 国家自然科学基金重点项目(60832011)、天津市科技攻关计划重点项目(06YFGZGX00700)和中央高校基本科研业务费专项(ZXH2012B001)资助
第一作者简介:耿 宏,硕士,教授。E-mail:785765646@qq.com。

1(a)所示,采用三种包围盒构建二叉树,上层根节点采用内外层结构,内层为 AAB B,外层为包围球,下层子节点、叶节点选用 OBB 包围盒。虽然结合了上层包围盒的简单性和下层包围盒的紧密性,但其根节点内外层两种包围盒都有紧密性差但简单性好的特点,根节点在包围盒相交测试、树的遍历和更新过程中,都会产生重复计算。而飞机虚拟维修场景中包含的对象数量巨大,采用此树结构会导致大量计算冗余,降低碰撞检测实时性,因此对树结构做出优化,如图 1(b)所示,采用两种包围盒构建二叉树,上层根节点选用 CAAB B 包围盒,下层子节点选用 OBB 包围盒。

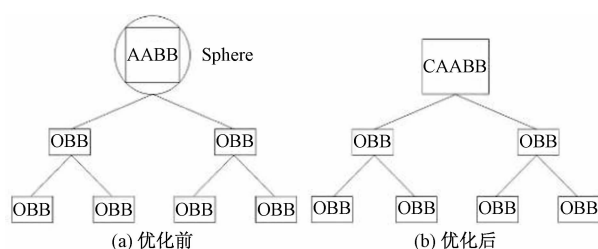


图 1 混合层次包围盒树

Fig. 1 Hybrid hierarchical bounding box tree

优化前后混合层次包围盒树从上到下遍历过程分别为:传统树:根节点 Sphere→根节点 AAB B→子节点 OBB→叶节点 OBB;新树:根节点 CAAB B→子节点 OBB→叶节点 OBB。优化前后根节点相交测试分别为:传统树:包围球 & 包围球→AAB B&AAB B;新树:CAAB B&CAAB B。由此可见,新型树结构缩短了树的遍历路径,简化了遍历过程和根节点相交测试过程。

1.3 包围盒的选取与构造

传统混合层次包围盒树上层根节点采用 AAB B 与包围球相结合的方式,有两个原因:①外层包围球用来快速排除不可能相交的对象,且对象旋转更新时无需重新构造;②内层 AAB B 为 OBB 的特例,更便于进一步分裂。但这种结合方式使得根节点结构太复杂,因此选用 CAAB B 包围盒。CAAB B 包围盒是在 AAB B 的基础上将其正方化,即为边长相等的 AAB B,不仅可以快速分裂为 OBB,且因为它以对象中心点到最远顶点的距离为半边长,对象姿态变换时,CAAB B 只需要变换中心点即可包围对象,无需重新构造。下层根节点采用紧密性好的 OBB 包围盒,但传统的 OBB 包围盒用对象模型的所有三角面片顶点参与计算,而飞机虚拟维修场景中,很多对象组成结构复杂,三角面片数量多且分布不规则,有实验表明,靠近对象模型中心的点对 OBB 的方向影响很小^[11],因此这里采用近似凸包法构造 OBB,去除

距离模型中心距离近的顶点,减少参与计算的顶点数量。

1.3.1 构造 CAAB B 包围盒

CAAB B 用中心-半边长的形式表示,以对象所有三角面片顶点的中心点 O 为 CAAB B 的中心,以三角面片顶点与中心的最远距离为半边长 m ,确定中心与半边长后,以空间坐标系的三个轴向为包围盒的方向,构造 CAAB B。

设参与计算的三角面片数为 m , p_i 、 q_i 、 r_i 分别为第 i 个三角面片三个顶点的三维坐标,其均值为

$$g_i = \frac{p_i + q_i + r_i}{3}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

CAAB B 的中心坐标为

$$O(x_o, y_o, z_o) = (O_1, O_2, O_3) \quad (2)$$

分别计算中心 O 到 n 个顶点的距离,比较得出最大距离 m ,确定为 CAAB B 的半边长。

$$m = \max_i \{ \max [d(p_i, o), d(q_i, o), d(r_i, o)] \} \quad (3)$$

式(3)中, $d(p_i, o)$ 为第 i 个三角面片的顶点 p_i 到中心 O 的距离,同理可知 $d(q_i, o)$, $d(r_i, o)$ 。

1.3.2 构造 OBB 包围盒

从对象模型的总顶点集 S 中,将模型体内的内部顶点剔除,提取距离模型中心较远的外围顶点集 S' ,根据外围顶点集 S' 构造 OBB,减少参与计算的三角面片顶点数量,从而缩短 OBB 的构造时间。近似凸包法构造 OBB 包围盒步骤如下。

确定三个投影区间中最大区间所在的坐标轴。将对象几何模型的三角面片顶点集 S 分别投影到 X 轴、 Y 轴、 Z 轴,找出投影区域最大的坐标轴,这里假设为 X 轴(顶点在坐标轴上的投影即为坐标的三个分量)。

计算总顶点集 S 在 X 轴上的投影区间 T 的最小值。在顶点集中,求出 X 轴坐标的最大值 $F_{x\max}$ 和最小值 $F_{x\min}$,即为所求投影区间最小值。

均分顶点集 S 。

(1)将 X 轴上的投影区间 T 平均分为 k 份,则每个子区间长度为 l : $l = \frac{F_{x\max} - F_{x\min}}{k} (k \in \mathbb{Z}^+)$ 。

(2)根据每个顶点在 X 轴上的投影位置,将顶点集 S 划分为 k 个子集,位于第 f 个子集的点构成顶点子集 S_f :

$$S_f = (x, y, z) \mid F_{x\min} + (f-1)l \leq x < F_{x\min} + fl, \\ f \in (1, k)$$

提取距离对象模型中心较远的外围顶点集 S' 。找出 k 个子集中 Y 坐标最大、最小值对应的顶点及 Z 坐标最大、最小值对应的顶点,组成外围顶点集 S' : $S' = (x, y, z) \mid x, y, z$ 中至少有一个是 f 子集中最

大或最小值。用提取的外围顶点集 S' 构造 OBB 包围盒。

(1) 顶点分布的均值 μ :

$$\mu = \frac{1}{3m} \sum_{i=1}^m (\mathbf{p}_i + \mathbf{q}_i + \mathbf{r}_i) \quad (4)$$

由式(4)得到的外围顶点集的均值 μ 可求出其协方差矩阵 $\mathbf{C}$:

$$C_{jk} = \frac{1}{3m} \sum_{i=1}^m (\overline{\mathbf{p}_{ij} \mathbf{p}_{ik}} + \overline{\mathbf{q}_{ij} \mathbf{q}_{ik}} + \overline{\mathbf{r}_{ij} \mathbf{r}_{ik}}), \quad 1 \leq j, k \leq 3 \quad (5)$$

式(5)中, $\mathbf{C}$ 是一个 3×3 的矩阵; C_{jk} 是矩阵 $\mathbf{C}$ 中的元素; $\overline{\mathbf{p}_i} = \mathbf{p}_i - \mu$, $\overline{\mathbf{q}_i} = \mathbf{q}_i - \mu$, $\overline{\mathbf{r}_i} = \mathbf{r}_i - \mu$; $\overline{\mathbf{p}_{ij}}$ 、 $\overline{\mathbf{p}_{ik}}$ 分别为 $\overline{\mathbf{p}_i}$ 的第 j 、 k 个元素的值,同理可知 $\overline{\mathbf{q}_{ij}}$ 、 $\overline{\mathbf{q}_{ik}}$ 、 $\overline{\mathbf{r}_{ij}}$ 、 $\overline{\mathbf{r}_{ik}}$ 。

(2) $\mathbf{C}$ 是对称矩阵,其特征向量 $\mathbf{d}_1$ 、 $\mathbf{d}_2$ 、 $\mathbf{d}_3$ 相互垂直,将三个特征向量单位化:

$$\mathbf{d}'_1 = \frac{\mathbf{d}_1}{\|\mathbf{d}_1\|}, \mathbf{d}'_2 = \frac{\mathbf{d}_2}{\|\mathbf{d}_2\|}, \mathbf{d}'_3 = \frac{\mathbf{d}_3}{\|\mathbf{d}_3\|} \quad (6)$$

以 $\mathbf{d}'_1$ 、 $\mathbf{d}'_2$ 、 $\mathbf{d}'_3$ 为 OBB 的三个轴向量,从而确定其方向。

(3) 将顶点集投影到 OBB 的三个轴向上,投影区间最大最小值分别为 $P_{x\max}$ 、 $P_{x\min}$ 、 $P_{y\max}$ 、 $P_{y\min}$ 、 $P_{z\max}$ 、 $P_{z\min}$, 计算每个轴向上的投影长度 l_1 、 l_2 、 l_3 , 即为 OBB 的三个边长:

$$\begin{cases} l_1 = P_{x\max} - P_{x\min} \\ l_2 = P_{y\max} - P_{y\min} \\ l_3 = P_{z\max} - P_{z\min} \end{cases} \quad (7)$$

1.4 包围盒相交测试

1.4.1 CAABB-CAABB

由于 CAABB 的轴向与空间坐标系的方向相同,因此其相交测试方法与 AABB 相同,即当且仅当两个 CAABB 在三个坐标轴上的投影均重叠时,包围盒相交。

设 CA_1 、 CA_2 为一对待测 CAABB, 分别将 CA_1 、 CA_2 向三个坐标轴投影, CA_1 在三个坐标轴上投影区间的最大值最小值分别为 $X_{1\max}$ 、 $X_{1\min}$ 、 $Y_{1\max}$ 、 $Y_{1\min}$ 、 $Z_{1\max}$ 、 $Z_{1\min}$; CA_2 在三个坐标轴上投影区域最大值最小值分别为 $X_{2\max}$ 、 $X_{2\min}$ 、 $Y_{2\max}$ 、 $Y_{2\min}$ 、 $Z_{2\max}$ 、 $Z_{2\min}$ 。

$$\begin{cases} a = (X_{1\min} > X_{2\max}) \cup (X_{1\max} < X_{2\min}) \\ b = (Y_{1\min} > Y_{2\max}) \cup (Y_{1\max} < Y_{2\min}) \\ c = (Z_{1\min} > Z_{2\max}) \cup (Z_{1\max} < Z_{2\min}) \end{cases} \quad (8)$$

当投影区间坐标值分别满足 a 、 b 、 c 时, CA_1 、 CA_2 在 x 轴、 y 轴、 z 轴的投影区域发生重叠, 当且仅当投影区间坐标值同时满足 a 、 b 、 c 时, 即满足 $a \cap b \cap c$ 时, 可判断 CA_1 、 CA_2 相交, 否则不相交。

1.4.2 OBB-OBB

分离轴法多用于 OBB 的相交测试, 但其最多需要测试 15 条轴, 才能确定出 OBB 的相交状态, 计算量庞大, 因此在使用分离轴法前先用伪半径法对 OBB 的可能相交状态做出简单快速的预判断, 减少分离轴法的使用, 从而减少 OBB 相交测试计算开销。

(1) 相交状态预判断

预判断有三种结果: 必相交 (Y)、必不交 (N)、不确定 (U)。必相交: 表明两个 OBB 一定相交——可进入后续节点的测试; 必不交: 表明两个 OBB 一定分离——结束当前测试; 不确定: 不能通过预判断得出确切相交状态, 需要用分离轴法进一步测试。

伪半径法: 设 C_1 、 C_2 为两个 OBB 包围盒 O_1 、 O_2 的中心, O_1 、 O_2 各自表面上的点到对应中心 C_1 、 C_2 的最小、最大距离称为 OBB 包围盒的最小、最大伪半径, 用 $R_{1\min}$ 、 $R_{2\min}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2\max}$ 表示, 它们的值分别为对应包围盒最小边长的一半和包围盒体对角线的一半, L 表示中心点 C_1 、 C_2 的距离, 如图 2 所示。

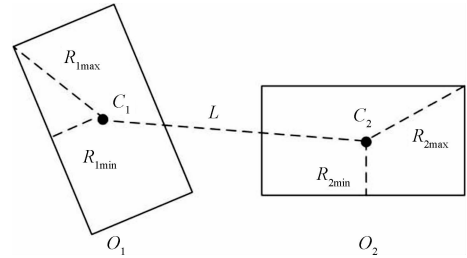


图2 OBB-OBB 相对位置

Fig. 2 Relative position of OBB-OBB

$$L < R_{1\min} + R_{2\min} \quad (9)$$

$$L > R_{1\max} + R_{2\max} \quad (10)$$

$$R_{1\min} + R_{2\min} \leq L \leq R_{1\max} + R_{2\max} \quad (11)$$

如果 O_1 、 O_2 满足式(9), 即中心点 C_1 、 C_2 的距离 L 小于两个最小伪半径之和, 则可判定 O_1 、 O_2 必有重合部分; 如果 O_1 、 O_2 满足式(10), 即中心点 C_1 、 C_2 的距离 L 大于两个最大伪半径之和, 则可判定 O_1 和 O_2 一定没有发生重合; 如果 O_1 、 O_2 满足式(11), 不能确定 O_1 、 O_2 是否有重合。因此, 设定预判断标准, 如表 1 所示。

(2) 分离轴法精确测试

表 1 OBB 预判断标准

Table 1 Pre-judge standards of OBB

满足条件	OBB 相交状态	用分离轴法
式(9)	Y	否
式(10)	N	否
式(11)	U	是

当两个 OBB 的相交状态预判断结果为不确定时,需要采用分离轴法进一步判断。分别将两个 OBB 包围盒投影到某一轴线上,如果两个包围盒的中心间距的投影距离大于两个投影区间的“半径”之和,那么称这条轴线为分离轴,如图 3 所示。若两个 OBB 包围盒之间存在分离轴,则可判定其不相交,否则两个包围盒必相交。需要测试的轴最多有 15 条:分别垂直于两个包围盒某一平面的轴有 6 条,同时垂直于两个包围盒一条边的轴有 9 条。

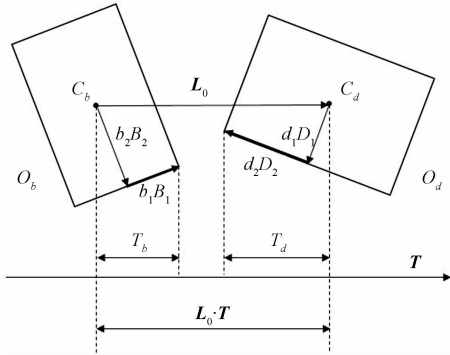


图 3 分离轴法示意图

Fig. 3 Diagram of separation axis method

以图 3 中两个包围盒 O_b 、 O_d 为例, L_0 为 O_b 、 O_d 中心 C_b 、 C_d 距离的方向向量, T 为待测轴线的方向向量, $|L_0 \cdot T|$ 为中心间距在轴线方向上的投影距离, b_h 、 d_h ($h=1,2,3$) 分别为 O_b 、 O_d 长、宽、高的一半, B_h 、 D_h ($h=1,2,3$) 分别为对应长、宽、高的单位向量。 O_b 、 O_d 的中心在轴线上的投影是对应投影区间的中点(投影区间具有对称性),分别将 O_b 、 O_d 长、宽、高的一半投影到轴线上,投影距离为: $|b_h B_h \cdot T|$, $|d_h D_h \cdot T|$, 再将三个投影距离相加,即可得到 O_b 、 O_d 投影区间的“半径” T_b 、 T_d :

$$T_b = \sum_{h=1}^3 |b_h B_h \cdot T| \quad (12)$$

$$T_d = \sum_{h=1}^3 |d_h D_h \cdot T| \quad (13)$$

当且仅当 O_b 、 O_d 与待测轴线满足以下不等式时,当前轴线为分离轴,两包围盒不相交,若 15 条轴线都不是分离轴,则两包围盒相交。

$$|L_0 \cdot T| > \sum_{h=1}^3 |b_h B_h \cdot T| + \sum_{h=1}^3 |d_h D_h \cdot T| \quad (14)$$

1.5 混合层次包围盒树更新

传统树的更新方法是如果物体运动后,更新顺序为:计算树中所有节点包围盒的运动变换→进行新一时间采样点的碰撞。而飞机虚拟维修场景中很

多运动对象的层次树构造复杂,且 OBB 的更新需要分别计算平移量和旋转量,如果同时更新树中所有节点,将产生过多的时间损耗,这里充分利用混合层次包围盒树的上下层结构,采用分层式更新方法,更新步骤如下。

上层的 CAABB 是用来进行粗略检测,即通过简单计算快速排除完全不可能发生碰撞的对象,在对象运动后,只更新根节点 CAABB。

将新 CAABB 与场景中其他对象的 CAABB 进行相交测试。

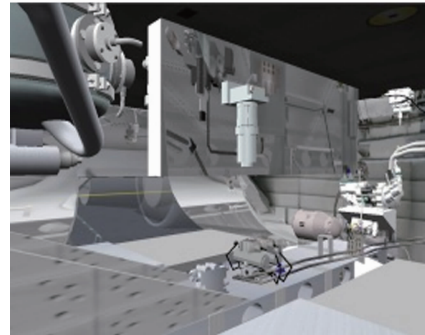
若检测到新 CAABB 发生碰撞,则对其树中下层所有子节点、叶节点的 OBB 进行更新,遍历包围盒树,进入精确检测阶段;若没有检测到新 CAABB 发生碰撞,即可判断对象没有发生碰撞,当前时间采样点的碰撞检测结束。

2 实例验证

为验证本算法的有效性,分别将基于 OBB 的 RAPID 算法、Sphere-AABB-OBB 混合算法(SAO)、AABB-OBB 混合算法(AO)、本文算法(CO)应用到飞机虚拟维修场景主起落架舱和黄系统液压舱 196BB 中,进行拆卸动力转换组件(PTU)和黄液压储压器的维修任务,图 4 为维修场景,图 5 为拆卸后的组件,表 2 为各维修任务对应场景和维修对象所含三角面片数。



(a) 主起落架舱



(b) 196BB

图 4 维修场景

Fig. 4 Maintenance scene

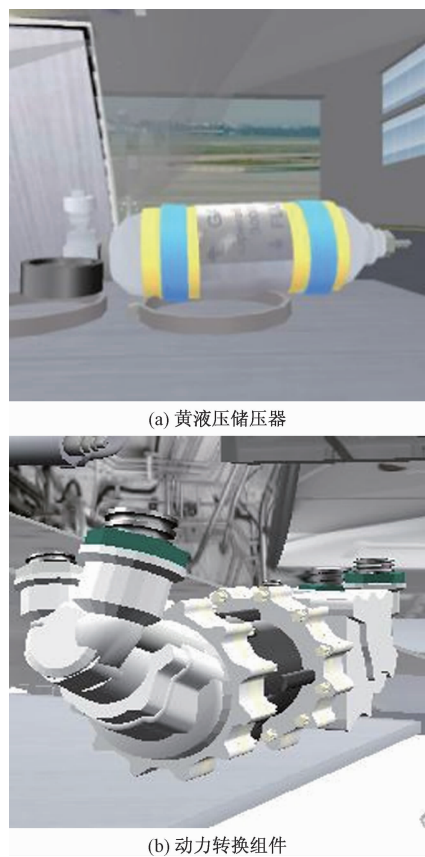


图 5 维修对象

Fig. 5 Maintenance object

表 2 三角面片和顶点数

Table 2 The number of triangles and vertices

维修任务	维修场景		维修对象	
	面片/个	顶点/个	面片/个	顶点/个
拆卸储压器	149 941	76 909	8 701	4 257
拆卸 PTU	497 805	242 042	33 826	19 687

在复杂度不同的两个维修任务中,分别应用四种算法,碰撞检测时间对比如表 3 所示。由实验数据可知,在飞机虚拟维修场景中,进行同一复杂度的维修任务时,改进后的混合层次包围盒算法耗时更短。

表 3 不同算法的碰撞检测时间

Table 3 Collision detection time of different algorithms

维修任务	检测时间/ms			
	RAPID	SAO	AO	CO
拆卸储压器	7. 73	6. 82	6. 51	6. 39
拆卸 PTU	35. 54	30. 49	25. 57	23. 12

3 结论

针对飞机虚拟维修场景碰撞检测时间长、效率低导致的实时性差的问题,提出一种基于 CAABB-OBb 的混合层次包围盒碰撞检测算法,该算法充分

利用树的上下层结构的递进关系及 CAABB 的简单性、OBb 的紧密性,缩短碰撞检测耗时,从而提高了飞机虚拟维修场景中碰撞检测的实时性,保证受训人员与飞机虚拟维修场景的实时交互,提升训练效果。

参 考 文 献

1 孙劲光,吴素红. 基于空间分割与椭球包围盒的碰撞检测算法. 计算机工程与应用,2016;52(4):217—222
Sun Jinguang, Wu Suhong. Collision detection algorithm based on ellipsoid bounding box and spatial decomposition. Computer Engineering and Applications, 2016;52(4):217—222

2 Qu X, Ma L, Yao C. Research of collision detection algorithm based on hybrid bounding box for complex environment. International Conference on Integrated Circuits and Microsystems. New York: IEEE, 2017:248—252

3 郑延斌,郭凌云,刘晶晶. 基于混合包围盒的碰撞检测优化算法. 计算机工程与科学,2013;35(4):87—92
Zheng Yanbin, Guo Lingyun, Liu Jingjing. Collisiondetection optimization algorithm based on mixed bounding volumes. Computer Engineering and Science, 2013;35(4):87—92

4 王晓星,韩 燮,杨晓文,等. 虚拟维修系统关键技术研究. 科学技术与工程,2015;15(17):198—202
Wang Xiaoxing, Han Xie, Yang Xiaowen, et al. The key techniques research of virtual maintenance system. Science Technology & Engineering, 2015;15(17):198—202

5 Yang C Y, Cui J M, Li Q Y, et al. Research of collision detection algorithm based on parallel space dividing. Applied Mechanics and Materials, 2014;(687):1227—1231

6 闫国栋,柯广云,贾丙辉,等. 全冠义齿碰撞检测算法研究与应用. 科学技术与工程,2016;16(27):1—5,19
Yan Guodong, Ke Guangyun, Jia Binghui, et al. Method for calculating pore radius distribution in shale reservoirs from NMR T₂ spectra. Science Technology & Engineering, 2016; 16(27):1—5,19

7 张华忠,侯 进. 基于碰撞检测算法的动态服装仿真研究. 科学技术与工程,2017;17(31):294—297
Zhang Huazhong, Hou Jin. Dynamic clothing simulation study based on collision detection algorithm. Science Technology & Engineering, 2017; 17(31):294—297

8 Zhang M Y, Zhou D, Lü C, et al. Collision detection technology based on capsule model in virtual maintenance. ICRMS 2014-Proceedings of 2014 10th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety: More Reliable Products, More Secure Life. Guangzhou: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2014:1150—1155

9 He Q Q, Chun H Q. A collision detection algorithm in virtual assembly technology. Applied Mechanics and Materials, 2015;3744(713):411—414

10 An X, Li L. A study of collision detection algorithm based on cloud computing model. International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City. New York: IEEE, 2017:55—58

11 甘建红,彭 强,戴培东,等. 基于 OBb 层次结构碰撞检测的改进算法. 系统仿真学报,2011; 23(10):2169—2173
Gan Jianhong, Peng Qiang, Dai Peidong, et al. Improved collision

Improved Hybrid Hierarchical Bounding Box Collision Detection Algorithm for Aircraft Virtual Maintenance

GENG Hong, GAO Lu-lu

(College of Electronic Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

[**Abstract**] In order to improve the aircraft virtual maintenance scene collision detection efficiency, a hybrid hierarchical bounding box algorithm was proposed to construct a new type of hybrid hierarchical bounding box tree structure. It combines the upper CAABB and lower OBB to test intersection one by one, traversal and intersection test process of the structure is more simple. In addition, pre-judge the intersection before the intersection test of OBB by separation axis method, only use separate axis method for uncertainty intersection, it reduce the calculation of accurate detection. The experimental results show that the algorithm is more efficient than the traditional hybrid bounding box algorithm in the aircraft virtual maintenance scene.

[**Key words**] virtual maintenance collision detection CAABB bounding box OBB bounding box prejudgment