CAXA 实体设计讲座

第 7 讲　基于 CAXA 实体设计平台的装配干涉检查二次开发

北京航空航天大学华正软件工程研究所　（北京　100083）　韩承祥　雷　毅

产品的虚拟现实装配过程，主要包括产品的实体建模和产品的虚拟装配两个阶段。实体建模过程一般有两种途径：采用外部的 CAD 建模软件或者利用虚拟环境中开发的 CAD 功能进行建模。虚拟装配过程主要包括：零件的碰撞干涉检查、零件几何形状的修改以及装配路径的生成等。

仅就产品实体建模而言，通用的 CAD 软件都可以完成，但是为了满足产品虚拟装配过程中其他阶段的要求，同时方便实体零件的及时修改任务，那么对现有的实体设计系统进行二次开发就十分必要。通过 CAD 系统进行二次开发，可以实现零件装配过程中的干涉检查、路径生成以及装配过程的评价和优化等任务。

1. 二次开发接口功能和特性的介绍

CAXA 实体设计软件提供了很好的零件装配功能，主要包括实体的造型设计、实体模型的可视化装配（可以输出装配的动画过程）、装配路径的生成、装配树的显示等。但是，它现在还不支持装配过程零件的干涉检查以及装配过程的评价和优化；这样就限制了装配过程的虚拟实现。因此，对 CAXA 实体设计的二次开发就非常必要了，这些功能的实现都要依赖于 CAXA 实体设计软件提供的功能强大、方便易用的二次开发接口。CAXA 实体设计二次开发接口（简称 ICAPI）的设计思路主要遵守以下几项原则：健壮性、易用性、功能性。自顶向下的设计方法（Top-down）是 CAXA 二次开发接口（ICAPI）建立过程中普遍使用模型。CAXA 实体设计二次开发接口的主要特点有：

（1）健壮的开发平台：开发平台可以保证在每一个二次开发接口函数调用后数据状态仍然是正确的。如果调用失败，它可以自动清除所有的中间数据。

（2）良好的使用性：合理而严格的命名规范和设计层次清晰的二次开发接口，使得 CAXA 二次开发程序员基本可以做到“望文生义”，凭借直觉就可以正确调用相关的接口函数。

（3）丰富的接口函数提供了强大的功能支持：CAXA 二次开发接口不仅提供了强大的功能支持而且可以让用户快速增强接口函数的功能。所有的接口都实现了 IUnknown 接口和自动化接口 IDispatch。

（4）容易执行的回调函数：四大类事件回调函数（应用事件、文档事件、交互事件、拾取事件）易于执行。

（5）扩展数据对象（EDO）可以让用户增加自己的事件及其数据。一个简单的 EDO 对象可以是仅仅为一个设计元素扩充一些数据，而一个复杂的 EDO 对象可以完全控制一个设计元素。

（6）功能强大的二次开发接口向导：向导的使用就像 MFC 的使用一样简单。

2. CAXA 实体设计在装配干涉检查中的二次开发功能研究

可以使用 C/C++ 或 VB 等语言进行 CAXA 实体设计的二次开发，将生成的功能组件加载到软件中运行即可。

通过 CAXA 实体设计软件自带的二次开发向导 ICAddinAppWizard 或者利用 Microsoft Visual C++ 的 ATL 工具都能够方便地建立起功能齐全的二次开发环境。按照二次开发接口的命名方式和接口层次模型，可以很快找到有关装配过程的各个重要接口、相关的查询函数以及状态结构体的信息。

从装配过程中二次开发接口的层次关系看出，所有的实体零件都是通过接口 IZSceneDoc 管理的，用一条主线可以描述它们之间的关系：IZSceneDoc→IZAssembly→IZPart，其中所有的装配接口都是由基类 ZAssembly 派生出来的，同理，所有零件接口都是由基类 ZPart 派生出来的。所有的实体模型（包括零件和装配体）对象都支持接口 IZElement、IZBoxsize、IZParameterMgr、IZCon-

nectorMgr。对装配体的相关属性的管理是由 IZAssemblyProperty 完成的。相关属性的查询使用通用的查询函数 Get×××()、Is×××() 来得到。

(1) 装配中二次开发的基本步骤　通过上面的介绍，要完成装配过程中的干涉检查、评价和优化的二次开发需要按顺序处理好以下几方面的事情：

① 从基类 CZAppEventsSink、CZDocEventsSink、CZCommandEventsSink、CZInteractorEventsSink 和 CZSelectEventsSink 中分别派生出一个自己工程的类，重载基类中的虚函数，可以通过使用函数 Advise() 和 Unadvise() 来注册事件和取消事件的注册。

② 添加相应的命令按钮（或者菜单），可以在 CProjectNameAddin:: InitSelf (IZAddinSite * piAddinSite) 函数中初始化按钮控件。接口的调用过程基本上是按照自顶向下（Top-down）的接口层次顺序完成的。IZEnvironmentMgrPtr spiEnvMgr→IZEnvironmentPtr spiEnv→IZControlsPtr spiControls→IZControlPtr spiControl→IZControlDescriptorPtr spiDescriptor。

③ 按钮事件的响应。这些功能的实现可以在函数 HRESULT STDMETHODCALLTYPE CProjectnameCommandEventsSink:: OnClick() 中完成。用户自己的代码主要在这里添加，比如完成干涉检查的算法、装配过程的评价和优化算法等等。

④ 装配过程中零件或者装配体的拖放操作，可以在函数 HRESULT STDMETHODCALLTYPE CProjectnameDocEvents:: OnPostprocessDroppedObj (IUnknown * pDroppedObj、IUnknown * pDroppedOnObj、IZRayTestResult * piHitResult, long keyState、VARIANTBOOL * bOverride) 中实现。

⑤ 最后一步，添加自定义的功能函数的实现代码，通常可以把它们作为全局函数进行编程，以方便组件的开发。

以上就是装配过程中二次开发所涉及的主要操作步骤，通过 CAXA 实体设计功能丰富的二次开发接口函数，就可以完成整个虚拟装配过程中的所有任务。

(2) 装配中的干涉检查算法及实现　产品的虚拟装配过程中，各个部件之间的干涉检查是至关重要的环节，它直接决定了整个装配流程的可行性。而影响干涉检查算法选取的重要因素是干涉检测算法的效率：即如何降低干涉检查的时间复杂性。通常有两种方法解决这个问题：一种方法是减少精确干涉检测元素的个数即 $O(m^2)$，这类算法包括八叉树方法和包围盒方法等；另一方面是减少精确检测两个物体是否重叠的计算量即 $O(n^2)$，这类算法主要是基于 Voronoi 区域的干涉检测方法，它将检测两个凸多面体是否碰撞的平均时间复杂性减少到了 $O(1)$。

CAXA 实体设计是一种基于特征的实体造型系统，每一个实体都会自己生成一个包围盒，针对它的这一特点，本文设计了如下的干涉检查算法：

① 使用包围盒算法进行初步判断。这样可以尽量减少需要精确干涉检查的物体个数，从而降低干涉检查的时间复杂性。

基本原理：将 CAXA 实体设计环境（Scene）中的每一个零件或装配体（注意是 Assembly 或 Part 对象）的包围盒投影到设计环境 Scene 的绝对坐标轴（全局坐标系）上。利用这些包围盒只有在三个坐标轴上同时有重叠部分才可能发生碰撞的原理，完成实体干涉的初步判断，达到减少精确检测物体个数的目的。其实现的流程图见图 1，实现的伪代码如下：

```
if (Scene 中存在 object)
{
  for (object = Scene 中的第一个物体;
object 存在; object = Scene 中的下一个物体)
    存储 object 的三个绝对坐标轴的覆盖范围
object.coorbinates;
    for (object1 = Scene 中的第一个物体; object1
存在; object1 = Scene 中的下一个物体)
      for (object2 = Scene 中剩余物体中的第一
个物体; object2 存在;
object2 = Scene 中剩余物体中的下一个物体)
        if (两个物体的三个绝对坐标轴的覆盖
范围有重叠部分)
          把两个物体存储;
}
```

② 对需要进行精确检查的所有物体两两之间进行如下的集中式干涉检查控制结构，其实现的流程图见图 2：

for (element1 = object1 中需要精确检查的第一个体元（点、线、面）; element1 存在; element1 = object1 需要精确检查的下一个体元)。

for (element2 = object1 中需要精确检查的下一个体

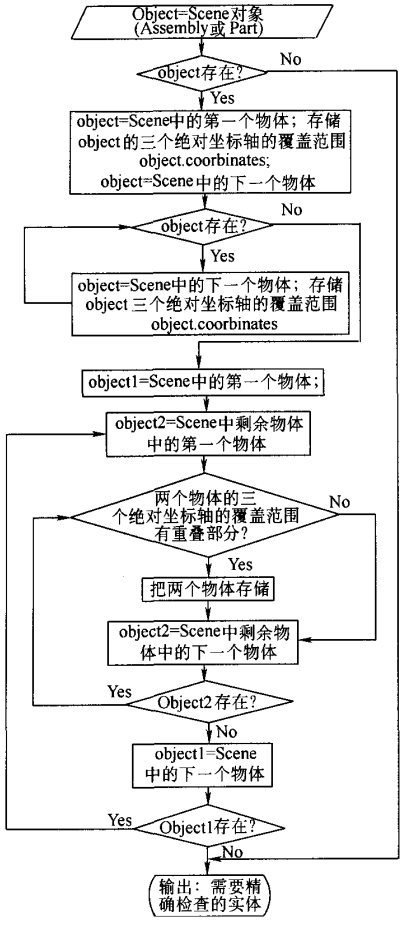


图 1　包围盒算法的流程图

元；element2 存在；element2 = object2 中需要精确检查的下一个体元）。

检查 element1 与 element2 是否干涉（接触和重叠）。

图 3 展示的就是通过对 CAXA 实体设计的二次开发完成的一个飞轮的虚拟装配模型，本文利用上述的干涉检查算法对它实现了装配过程中的干涉检查。

3. 结论

总之，通过对 CAXA 实体设计软件在装配中的二次开发能力的研究和应用，得到如下结论：

（1）CAXA 实体设计软件实体造型功能强大，它直接支持特征造型。

（2）CAXA 实体设计软件提供了功能完善、层次清晰、简单易用而且使用安全的二次开发接口，对装配体的二次开发接口功能非常强大，可以顺利地完成虚拟装配过程中的各种任务。

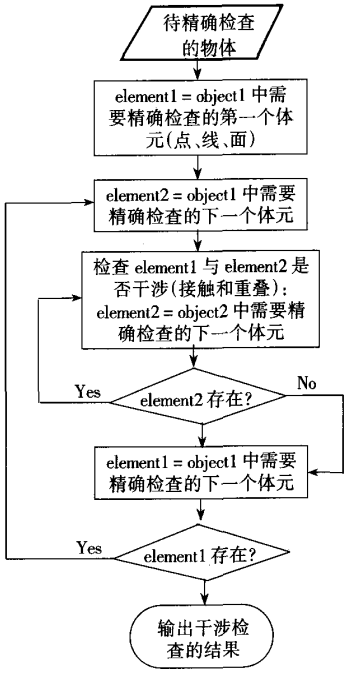


图 2　精确干涉检查的流程图

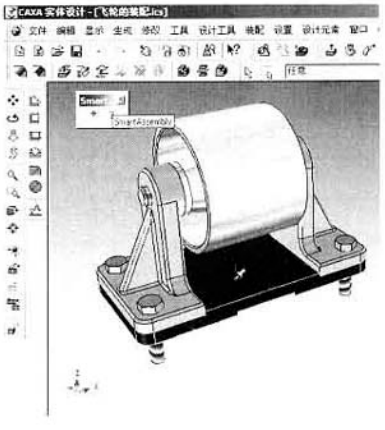


图 3　对飞轮装配体的装配过程干涉检查

（3）通过在装配过程中对零件边界元素信息的操作，利用包围盒算法进行初步干涉判断，以便减少需要精确判断的物体个数，降低干涉算法的时间复杂度；然后利用基本的干涉检查算法进行精确的干涉检查，从而完成装配过程中的干涉检查。

（收稿日期：20050720）

下期预告：

第 8 讲主题——CAXA 实体设计 2006 新增功能（上）