

## 面向对象技术在机械系统运动图形仿真中的应用<sup>①</sup>

毛恩荣<sup>②</sup> 杭 伟 周一鸣

(中国农业大学车辆工程学院)

**摘 要** 提出了用面向对象技术建立机械系统几何模型的方法。用这种方法建立的几何模型易于扩充,可以构造任意复杂的机械系统几何模型,而且具有高效、易实现等优点。

**关键词** 机械系统; 图形仿真; 几何模型; 面向对象技术

**分类号** TP 391.72; TH 122

### Application of Object-Oriented Technique to Graph Simulation of Mechanical System Motion

Mao Enrong Hang Wei Zhou Yiming

(College of Vehicle Engineering, CAU)

**Abstract** The method using Object-Oriented Programming Technique to build the geometric model of mechanical systems is introduced. There are two kinds of objects in the geometric model of a mechanical system: the graphs and the joints (that is, constraints). The basic graph class which has the common attributes of all graphs is constructed. Then, different graph classes, such as the box class, the cylinder class, the circle class, and so on, are derived from the basic graph class. These classes inherit all the attributes belonging to the basic graph class. The joints are special graphs, so the basic joint class also can be derived from the basic graph class. All joint classes inherit all the attributes of the basic graph class and the basic joint class. This method is highly efficient, and easy to realize and to expand.

**Key words** mechanical system; graph simulation; geometric model; object-oriented programmig technique

机械系统运动仿真已成为运动学与动力学分析的一种重要手段和方法。仿真的方法有物理仿真和数字仿真。数字仿真是利用计算机对机械系统的运动进行数值仿真和图形仿真。其中图形仿真就是将数值仿真的结果数据转换为直观的、随时间和空间变化的图形,以提高仿真的真实感、可信度及仿真效率。如何建立系统模型是实现机械系统运动图形仿真的关键问题。本文介绍采用面向对象技术来建立机械系统几何模型的方法。

#### 1 面向对象技术

面向对象方法学的基本原理是对问题领域实行自然分割,按照人们通常的思维方式建立

收稿日期:1999-04-05

①高等学校博士点专项科研基金资助项目

②毛恩荣,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)47信箱,100083

问题领域模型,设计尽可能直接、自然地表现问题的软件<sup>[1]</sup>。

面向对象技术就是将一个复杂的问题领域抽象为一些具有一定信息和交互能力的对象,这里对象指的是问题领域或者其实现中一些东西的抽象,它反映系统为之保存的信息和(或)与它交互的能力,它是一些属性及其专用服务的一个封装体<sup>[2]</sup>。面向对象技术追求的是现实问题空间与软件系统解空间的近似和直接模拟,运用对象和消息对自然界进行良好的模拟<sup>[3]</sup>。这种方法有封装性、继承性、多态性等特点。

## 2 机械系统几何模型的建模方法

机械系统运动图形仿真中,系统几何模型由2类对象组成:一类是图形对象,即构成系统几何模型的几何形体对象;另一类是约束对象,即连接各构件且约束其运动的对象。建立机械系统几何模型的主要工作就是实现对图形对象和约束对象的表示。运用面向对象技术能够很好地解决这个问题。

### 2.1 图形对象的表示

机械系统几何模型是由各种各样的图形对象构成的,所有这些图形对象都具有一些共同的属性和服务,同时每一类图形对象又具有各自特有的属性和服务,这种分析问题的方法正好符合面向对象建模方法。首先,运用面向对象技术的封装性,将所有图形对象所共有的基本属性及其相应操作服务封装为一个图形基类;然后,利用面向对象的派生机制,派生出各种不同类型的图形类,如图1所示。

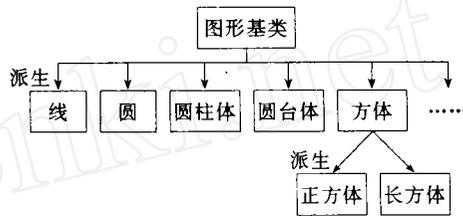


图1 图形对象派生类

图形基类的数据结构由各种图形对象共有的数据和方法构成。具体定义如下。

```

class BaseFigure          // 图形基类
{
    数据成员:
    Part_id;              // 所属构件的标识号
    Cmarker_id;          // 中心标志点标识号
    Graph_id;             // 图形标识号
    Graph_TYPE;          // 图形类型标志
    ColorRef;             // 图形颜色
    FillStyle;           // 填充类型
    ...                   // 其他扩充属性

    函数成员:
    BaseFigure(){};      // 构造函数
    Initialize();        // 初始化
    Show();              // 显示图形
    RotateXAxis();      // 绕 X 轴旋转变换
    RotateYAxis();      // 绕 Y 轴旋转变换
}
  
```

```

RotateZAxis();      // 绕 Z 轴旋转变换
Move();             // 平移变换
Update();           // 修改图形
...                 // 其他扩充功能
};

```

在定义各种派生图形类时,可以继承基类中的属性和功能,同时扩充各自的属性和功能;但是对如显示(Show)等功能则在具体实现时附以不同的响应,这就保证了图形对象对外具有相似的接口,同样的消息发送到不同的对象时产生不同的行为动作,体现了多态性的特点。以方体为例,其定义如下。

```

class Box:public BaseFigure
{
    数据成员:
    Length;          // 方体长度
    Width;           // 方体宽度
    Height;          // 方体高度
    ...              // 其他扩充属性
    函数成员:
    Box();           // 构造函数
    ...              // 其他扩充功能
};

```

## 2.2 约束对象的表示

机械系统运动中的约束对象既具有运动学与动力学属性,又具有几何属性,即有一定的几何形状。本文在机械系统运动图形仿真中所提到的“约束对象”仅指其几何属性,因此,这里的“约束对象”亦属于一类图形对象,也应该从图形基类中派生,继承其所有属性和功能。首先,从图形基类中派生出一个约束基类,它的数据结构由所有约束对象共有的属性和功能组成;然后,在此基础上派生出不同的约束类,如图 2 所示。

约束基类的数据结构可定义如下。

```

class BaseConstraint:public BaseFigure
{
    数据成员:
    FigureList;      // 构成约束的图形对象链表
    ConstraintType;  // 约束类型
    Constraint_id;   // 约束标识号
    PartI_id;        // 该约束所连接的 I 构件
    PartJ_id;        // 该约束所连接的 J 构件

```

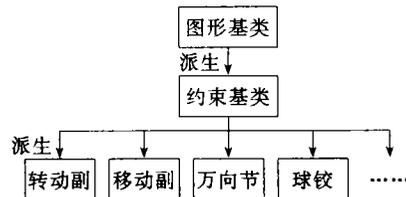


图 2 约束对象派生类

```

PointI;           //约束连接I点
PointJ;           //约束连接J点
...               //其他扩充属性

    函数成员:
BaseConstraint(){}; //构造函数
...               //其他扩充功能
};

```

在此基础上定义由其派生的约束类时,可以扩充各自特有的属性,如转动副中加入转动角度、方向等属性,移动副中加入移动距离、方向等属性。这样,所派生的约束类既继承了图形类和约束基类的属性,又具有自身特有的属性。

### 3 实 例

应用这一技术,笔者开发了机械系统运动仿真结果动画演示软件系统。图3所示的是用面向对象技术建立的一个用于演示汽车碰撞过程中乘员运动响应的座椅-人体模型。

### 4 总 结

面向对象技术应用于机械系统运动图形仿真中,极大地提高了软件的开发速度和质量。它具有以下几个特点:

1)按照人们一般的思维方式建立机械系统几何模型,直观、自然地表示图形对象和约束对象。

2)采用面向对象技术的继承性,可以派生更多的图形类和约束类,以实现复杂系统运动图形仿真,这对软件的扩充十分有利。

3)利用面向对象的封装性,可以进一步完善或修改某类图形对象或约束对象,且只局限在对象内部。如果某类对象发生了错误,也只局限于该对象的内部,不会向外传播,因而便于对错误定位,这样就提高了软件的可维护性。

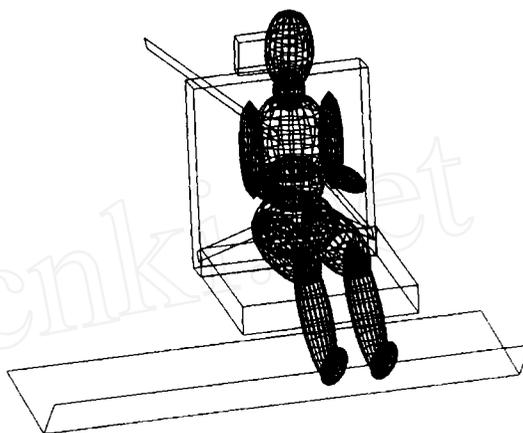


图3 座椅-人体模型

### 参 考 文 献

- 1 史 扬,张晨曦,汪诗林. 基于面向对象思想的动画实现技术. 计算机工程与设计, 1996, 17(3): 16~21
- 2 Coad P, Yourdon E 著. 面向对象的设计. 邵维忠等译. 北京: 北京大学出版社, 1994. 4~16
- 3 林 建,周一鸣. 面向对象技术在人机工程学研究中的应用. 见: 龙升照主编. 人-机-环境系统工程研究进展(第3卷). 北京: 北京科学技术出版社, 1997. 291~294