

文章编号:1671-8879(2005)05-0034-04

## 公路仿真系统数据库

杨宏志<sup>1</sup>, 许金良<sup>1</sup>, 朱理平<sup>2</sup>

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 河南省交通厅公路管理局, 河南 郑州 450052)

**摘 要:**从公路仿真系统数据驱动的特点出发,对公路仿真数据库的数据模型和实现方式进行了研究。对象-关系数据模型的建立,解决了对仿真资源动态管理、动态连接的问题。提出基于 COM 的客户/服务器体系结构,满足了数据封装及数据共享的要求。给出了仿真实验框架和仿真模型的形式化描述,讨论了仿真模型库构造模式。结果表明,该模式能够解决仿真过程数据共享、模型动态构造、复杂实体处理等基本问题。

**关键词:**道路工程;仿真数据库;对象-关系模型;客户/服务器

**中图分类号:**U412

**文献标识码:**A

## Database of highway simulation system

YANG Hong-zhi<sup>1</sup>, XU Jin-liang<sup>1</sup>, ZHU Li-ping<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Highway Administration Bureau of Traffic Department of Henan Province, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** According to the data driving character of highway simulation system, the data model and implement method are discussed. The construction of object-relational data model solves the problem of dynamic management and the connection of simulation resource. The client/server architecture based on COM is proposed to meet the requirement of data encapsulation and data share. The formalization expresses of simulation model are given and the construction modes are discussed. The architecture and model solved the basic problems of data share, dynamic construction and complex entity management. 5 figs, 6 refs.

**Key words:** road engineering; simulation database; object-relational data model; client/server

## 0 引 言

公路交通的发展,越来越要求对公路设计方案进行科学的评价,从而达到安全、经济、美观、环保的要求。将先进的计算机仿真技术引入公路设计评价过程中,通过仿真建模、仿真实验,得到汽车在虚拟公路环境中的运行特征,从而对公路设计方案进行

科学评价,是目前公路交通的研究热点之一<sup>[1,2]</sup>。

在仿真实验的准备、运行、分析与评价的过程中,存在着仿真实验系统与仿真数据库频繁的数据交换,实验框架、模型、算法、实验数据得到整合、存储和访问,因此仿真系统的高效性决定于对仿真数据的合理、高效的管理,合理设计仿真数据库成为公路仿真系统实现的关键之一<sup>[3,4]</sup>。

收稿日期:2004-11-06

基金项目:陕西省交通科技项目(02-03K)

作者简介:杨宏志(1975-),男,山东昌邑人,长安大学讲师,博士。



## 1 公路仿真数据库特点分析

现代仿真技术的发展已扩展到系统建模、仿真建模和仿真实验等活动中,使传统意义上的仿真概念产生了变革。在应用仿真技术确定实际的模型方面,提出面向对象的建模,在类库的基础上实现模型拼合与重用;在仿真建模方面,采用模型与实验相分离的技术,即模型的数据驱动;在仿真实验方面,将实验框架与仿真运行控制区分开来。因此,Oren 提出了现代仿真的基本概念框架:“建模-实验-分析”。

根据仿真的基本概念框架,结合公路仿真的特殊要求,公路仿真系统的基本结构如图1所示。

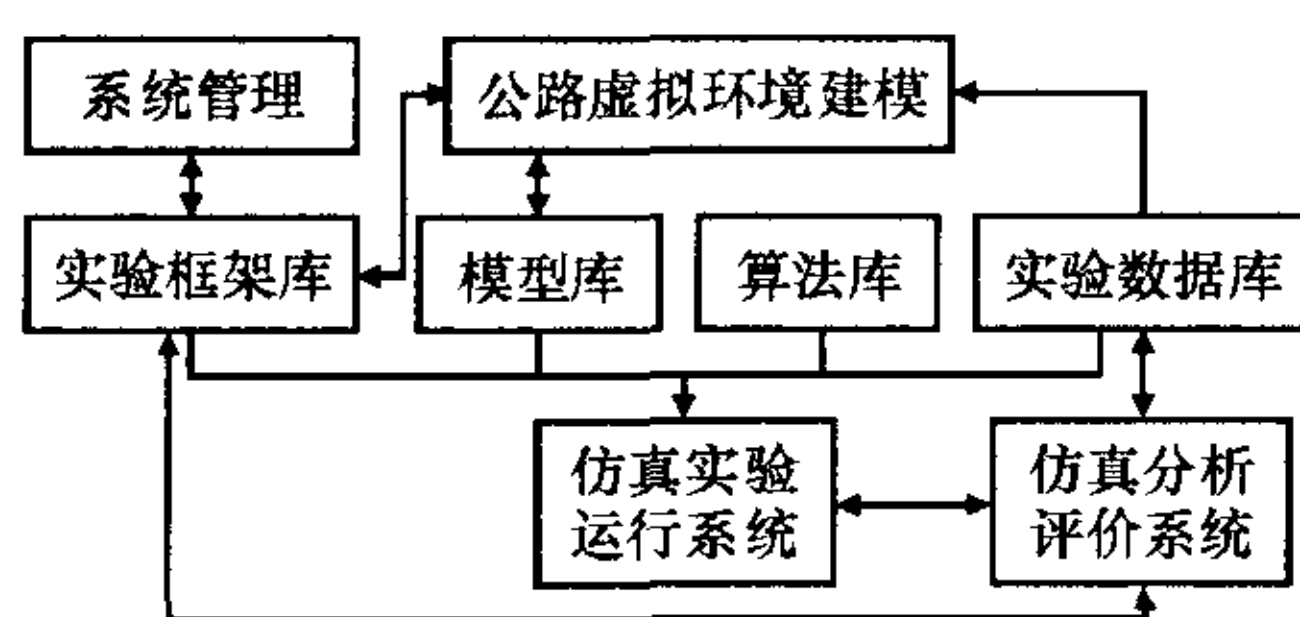


图1 公路仿真系统基本结构

上述仿真系统基本结构中,实验框架库、模型库、算法库和实验数据库共同构成了仿真数据库系统,负责对仿真资源的统一管理。由此也可以看出,在仿真实验的准备、运行、分析与评价的过程中,存在两条主线:仿真数据驱动和控制驱动。

仿真的数据驱动是指仿真过程中仿真实验系统与仿真数据库的数据交换的过程,体现了实验与模型分离、模型与数据分离的原则。仿真的控制驱动是子系统采用开放式结构,子系统间通过事件进行交互。仿真的控制驱动重点体现在仿真实验中,驾驶员、汽车、公路与环境的协同仿真过程中。

由公路仿真系统的数据驱动过程可以看出,仿真数据库与商用数据库、工程数据库存在明显的不同。公路仿真数据库的基本特点为:①复杂实体的处理;②多媒体数据的管理;③变长数据实体的处理;④动态模式的修改与扩展。

## 2 公路仿真数据库的数据模型

### 2.1 对象-关系数据模型的提出

仿真数据库对数据模型的要求表现为:

(1)独特的数据定义和数据操纵语言,能够定义新的数据种类,以便对仿真模型和仿真框架的管理和扩充,以满足仿真关联资源匹配的要求。

(2)具有功能强而且灵活的数据结构,仿真数据库不仅要管理数据,还要管理模型和框架,灵

活的数据结构可以满足数据存储和调用的要求。

(3)必须有几种描述来表示动态客体。

从仿真数据库的特点和前面的分析来看,无论是面向对象的数据模型还是关系数据模型均不能满足仿真数据管理的要求。对象-关系数据模型是对关系数据模型进行扩充,从而提供更为丰富的面向对象的类型系统,并在关系查询语言中增加处理新增数据类型的成分,这样的扩充既要保留关系基础,同时又要提高建模能力。具体来说,对象-关系数据模型对关系数据模型的扩充表现为3个方面:

(1)第一个扩充体现在嵌套关系上,即允许数据库表的属性可以是1个原子也可以是1个关系。这就是NF2(non-first normal form)型,它是1个从结构上扩充的关系数据模型,1个元组在1个属性上的值可能是1个关系,关系可以存储在另1个关系之中。这样,1个复杂的对象就可以表示成嵌套关系的1个元组。

(2)第二个扩充体现在封装上,即允许将数据及对数据进行处理的过程结合起来,其方式是允许用户将过程附加到表上,并允许过程对属性值作运算。

(3)第三个扩充体现在继承上,即允许用户将数据库表按等级进行组织,子表除了定义自己的属性和过程外,同时还继承父表的属性和过程,子表可以有多个父表,表的等级属于带有系统定义的根的有向无环图。

### 2.2 对象-关系数据模型的映射机制

通过对关系数据模型的扩充,使得关系数据模型具有了面向对象的概念特征,但关系模型和对象模型之间存在着“阻抗不匹配”,对象模型是基于软件工程的一些原理,例如聚合和封装;而关系模型则基于数学原理,特别是集合论的原理。因此本文在实现对象-关系数据库系统时,考虑采用一定的映射机制和算法,将利用OMT技术分析的对象模型映射为数据库的概念模型。

一般数据库设计参照ANSI/SPARC关于数据库模式的3层标准结构,最接近物理数据库的内部模式由DBMS提供的SQL来描述。面向对象的数据设计核心在于系统对象模型(概念对象模型)向数据库概念模型的映射。映射过程见图2。

### 2.3 对象-关系数据模型的基本结构

基于上述原则建立的对象-关系模型是由众多关系表构成,它可以表示成如下的1个元组:(Class, Link, Attribute, OF, ML, MF)。其中,Class是用于类定义的1个关系表,它存放的是类的



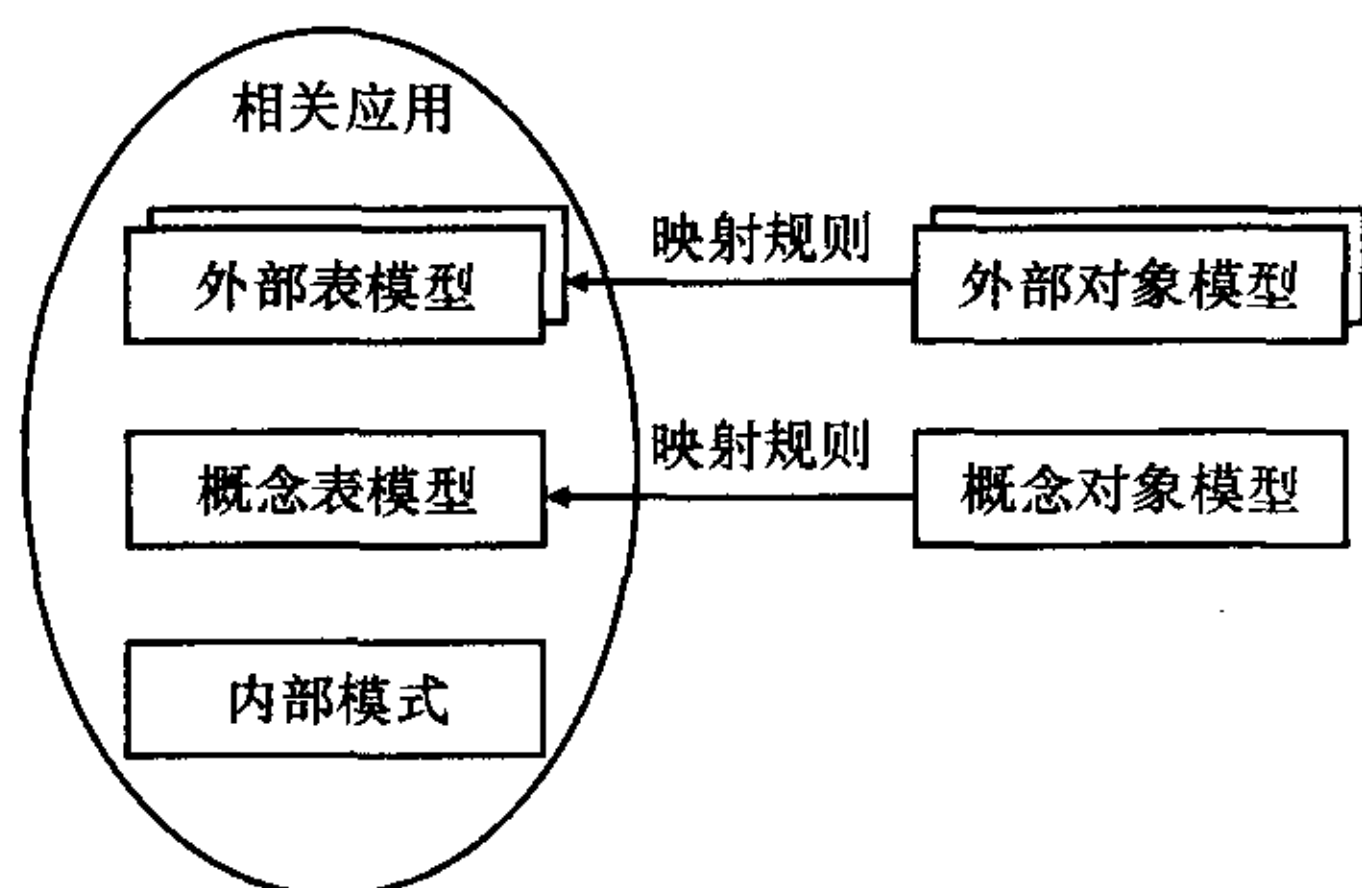


图2 对象模型到关系模型的映射

基本信息,每一条记录对应1个类;Link是用来表示类之间联系的表的集合,每个Link表存储利用OMT分析阶段所确定的类间的关联;Attribute是描述对象属性表的集合,每个对象属性表用于描述某个类的对象属性信息,其一条记录对应该类的1个属性;OF是对象存储关系表(Obj\_File)的集合。

1个Obj\_File用来存放类库所有实例对象的值,其一条记录对应于1个对象;ML是类方法描述关系表(M\_List)集合,1个M\_List表是用于存放某个类的实例方法的有关信息,其一条记录对应于1个方法;MF是方法实现代码文件(M\_File)的集合,1个M\_File文件通常记录的是1个类的方法的目标实现代码。

### 3 公路仿真数据库的体系结构

#### 3.1 基于COM的客户/服务器体系结构

基于COM的3层客户/服务器体系结构,在系统的可扩展性、可维护性、可靠性以及性能等方面占有很大的优势。组件技术的采用和数据的封装满足了公路一体化仿真系统的要求。因此,对公路仿真数据库可采用基于COM的3层客户/服务器体系结构。基于COM的客户/服务器体系结构由组件构成,并将组件所提供的服务分为3种类型:用户服务、业务服务和数据服务,分别对应着客户服务层、业务服务层和数据服务层3个层次,如图3所示。

客户服务包括与用户交互的所有功能,提供可视化的客户界面以便用户观察信息及处理数据。业务服务是针对特定事务的处理以及对相关业务规则

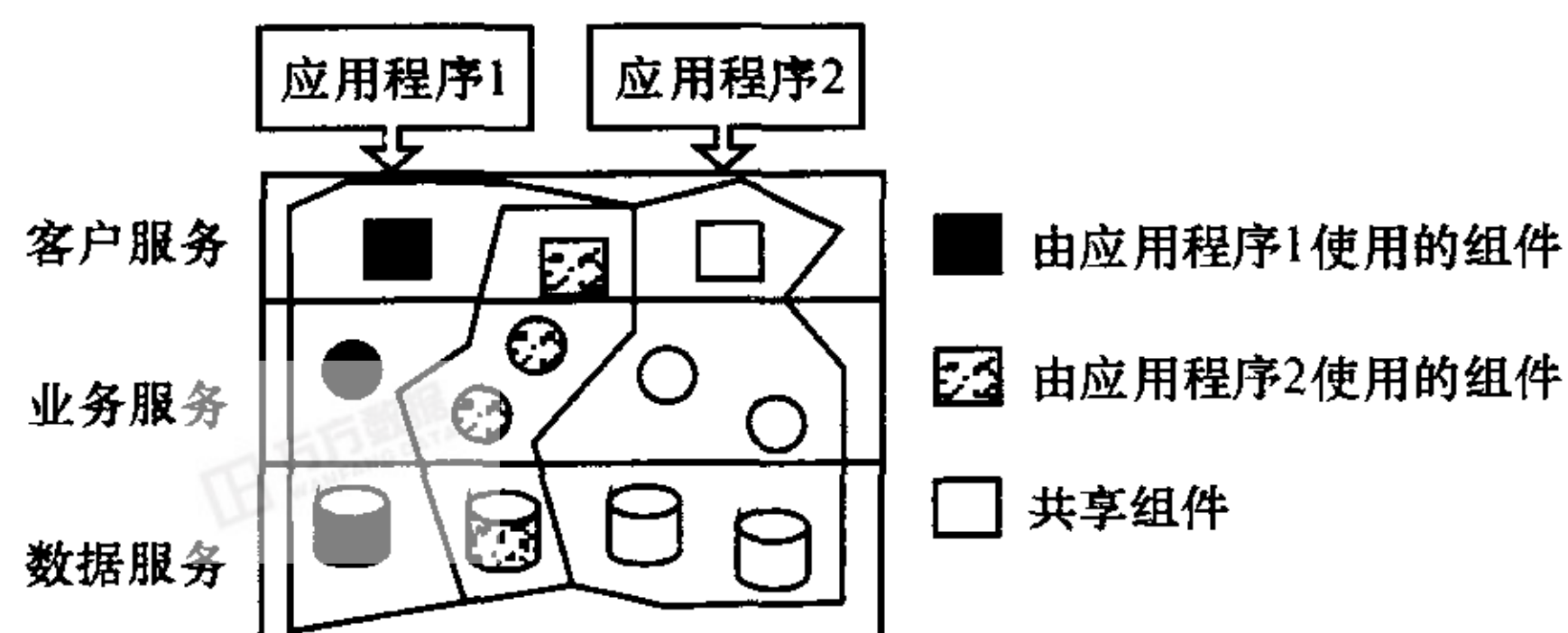


图3 基于COM的客户/服务器体系结构

的体现。将业务规则放到1个专门的层次并进行管理有2个好处:第一,将业务服务独立出来有利于应用程序的维护和扩展,也便于应用程序的其它组件在不同项目之间的共享和重用;第二,使用专门的业务组件,可以大大减少数据库查询的数量。数据服务设计所有典型的数据处理活动,包括数据存取、修改以及与数据库相关的任务<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 公路仿真数据库的体系结构

根据基于COM的客户/服务器体系结构的基本原理,公路仿真数据库的体系结构如图4所示。

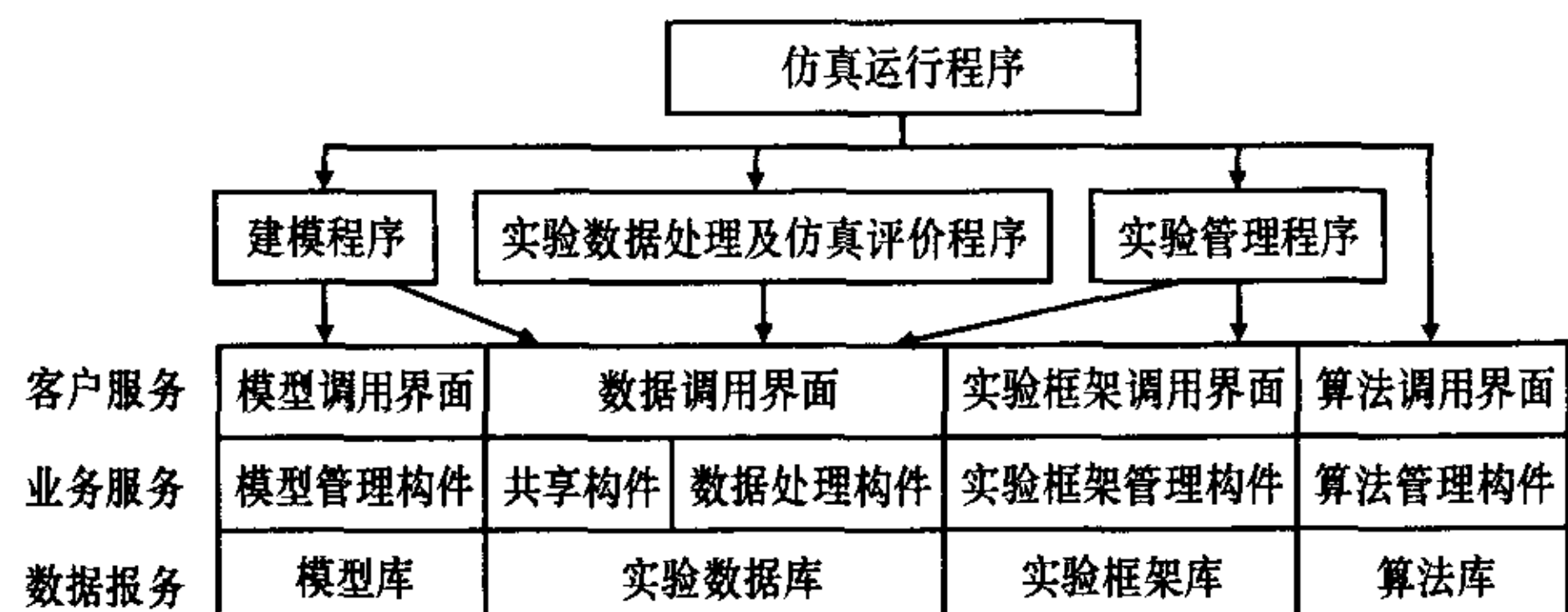


图4 公路仿真数据库的体系结构

在图4中,建模程序和实验管理程序分别通过各自的调用界面对数据进行访问,同时又通过数据调用界面下的共享构件调用仿真的原始资料。例如,在进行公路虚拟环境建模时,视景仿真建模对地形资料和路线设计资料的调用就是通过共享组件完成对实验数据库的访问。

### 4 公路仿真模型库的管理模式

#### 4.1 仿真模型的形式化描述

1个系统(数学模型)可被定义成下面的集合结构

$$S: \langle T, X, \Omega, Q, Y, \delta, \lambda \rangle \quad (1)$$

式中:  $T$  为时间基;  $X$  为输入集;  $\Omega$  为输入段集;  $Q$  为内部状态集;  $Y$  为输出集;  $\delta$  为状态转移函数;  $\lambda$  为输出函数。

由于系统的可分性,构造模型是通过连接组成系统模型的成分模型(子模型)来建造总体模型。如果成分模型由更原始的成分模型构造而成,就形成了模型的层次结构或递阶结构,被称为模块化建模。

根据模块化建模的思想,系统模型可由成分模型拼合而成,因此可以定义系统模型(拼合模型)为

$$N: \langle U, Y, D, \{S_a\}, \{I_a\}, \{Z_a\} \rangle \quad (2)$$

式中:  $U$  为拼合模型的外部输入集合;  $Y$  为拼合模型的外部输出集合;  $D$  为成分模型名称的集合,且  $a \in D$ ;  $S_a$  为成分模型  $a$ ,  $S_a: \langle T, X_a, \Omega_a, Q_a, Y_a, \delta_a, \lambda_a \rangle$ , 见式(1);  $I_a$  为影响模型  $a$  的所有成分模型的集合,  $I_a \subseteq$



$D;Za$  为 1 个函数,成分模型  $a$  的界面映像。

#### 4.2 仿真模型库管理模式

为使模型库中的模型遵循统一的管理,必须制定模型的标准建模规范。模型库中模型的定义为

$\langle \text{Model} \rangle ::= \langle \text{ModelHead}, \text{ModelBody} \rangle$

$\langle \text{ModelHead} \rangle ::= \langle \text{Name}, \text{I/O List}, \text{Variables List}, \text{SubModels List}, \text{Model Function Explanation} \rangle$

$\langle \text{ModelBody} \rangle ::= \langle \text{Executable Program Block} \rangle$

其中,ModelHead 给出了模型的基本说明信息,用于模型的管理与维护;ModelBody 是模型的核心,是参与仿真系统的本质部分;SubModels List 是子模型名的集合。

通过上述模型的定义,可将其封装为类,同样按对象-关系数据模型的映射规则,映射到关系数据库中,实现对模型的存储。模型库区别于一般的模型集合的 1 个重要特征就是其具有统一完备的模型库管理机制,使模型库成为 1 个可扩充、可修改、易于维护的模型系统。

模型库管理功能主要包括模型库结构的管理和库中模型的管理(图 5)。管理功能实现的关键是根据模型的表现形式设计一套模型库索引机制,通过该索引将用户对模型库的操作与真实存储在物理介质的模型相联系<sup>[6]</sup>。

在对象-关系数据模型中,由于实现了对对象的有效管理,通过对象-关系 6 元组可以有效的将模型库的结构与实际存储结构之间一一映射。模型库的管理功能实际也是通过对象-关系数模型(对象-关系 6 元组)来实现的。

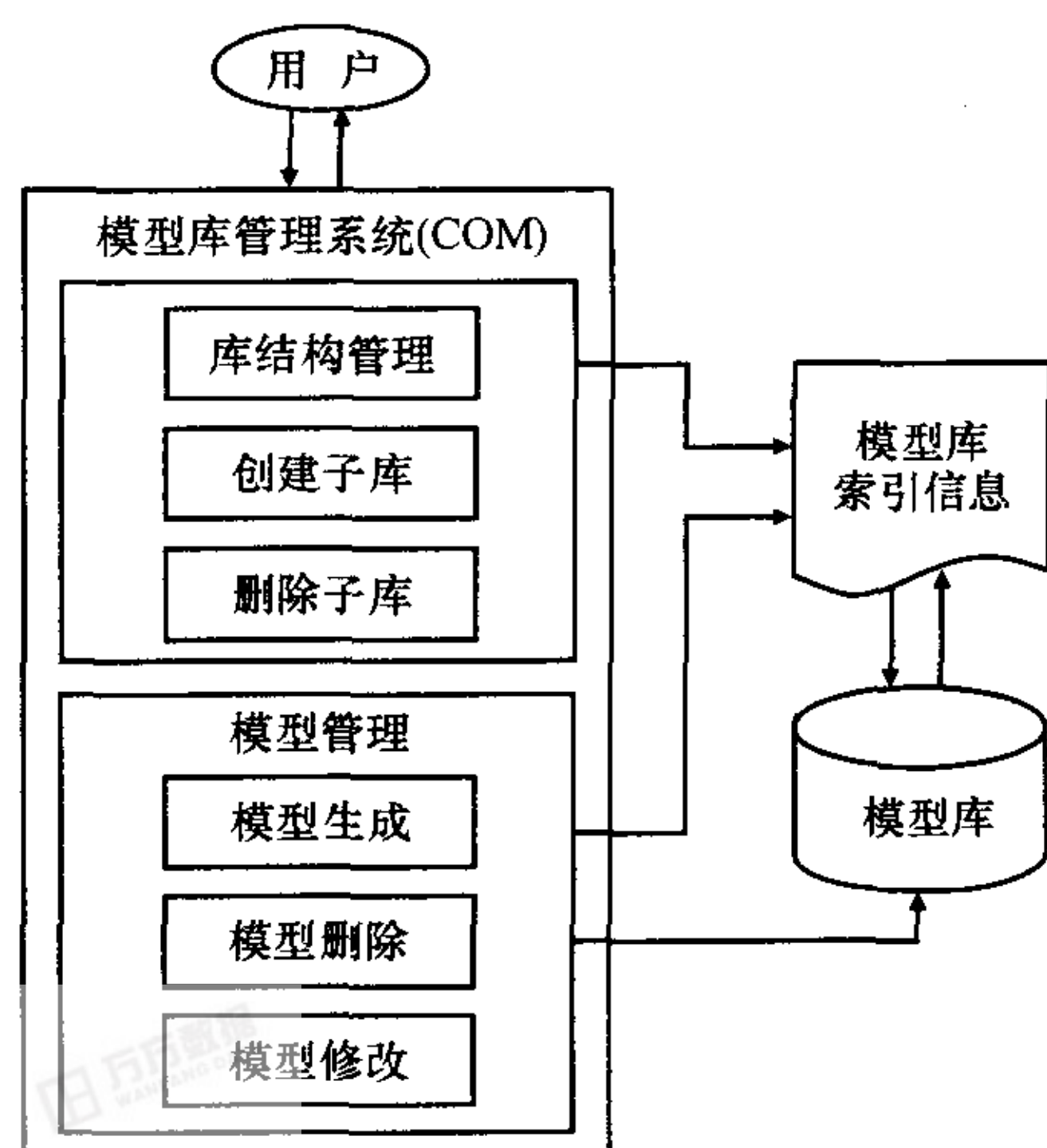


图 5 模型库管理系统索引机制

## 5 结 语

对象-关系数据模型和基于 COM 的客户/服务器体系结构,已在陕西省交通科技项目“公路线形设计仿真技术研究”得到成功的应用,所提出的模块化建模思路和仿真模型管理模式也已应用到公路视景仿真模型的管理和建模过程中。实践表明,上述模型和方法的应用,成功解决了仿真过程中数据共享、复杂实体处理以及模式的动态构造等问题。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 杨宏志,许金良,李建士. 基于计算机仿真的公路线形评价[J]. 中国公路学报,2005,18(1):14-17.  
YANG Hong-zhi, XU Jin-liang, LI Jian-shi. Evaluation of highway route design based on computer simulation[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005,18(1):14-17.
- [2] 许金良,石飞荣,杨宏志,等. 基于计算机仿真的公路安全设计方法[J]. 中国公路学报,2004,17(2):1-5.  
XU Jin-liang, SHI Fei-rong, YANG Hong-zhi, et al. Method for highway safety design on computer simulation[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005,17(2):1-5.
- [3] 邹智军,杨东援. 城市道路交通仿真系统软件设计[J]. 交通运输工程学报,2001,1(3):86-88.  
ZOU Zhi-jun, YANG Dong-yuan. Software design of urban road traffic simulation system[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001,1(3):86-88.
- [4] 邹智军,杨东援. 道路交通仿真研究综述[J]. 交通运输工程学报,2001,1(2):88-91.  
ZOU Zhi-jun, YANG Dong-yuan. A comprehensive review of road traffic simulation research[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001,1(2):88-91.
- [5] 蒲浩,宋占峰,郑顺义,等. 道路三维场景的实时动态显示技术[J]. 交通运输工程学报,2003,3(1):52-56.  
PU Hao, SONG Zhan-feng, ZHENG Shun-yi, et al. Real-time dynamic display technology of road 3D scene[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003,3(1):52-56.
- [6] 许金良,杨宏志. 公路视景仿真模型[J]. 长安大学学报(自然科学版),2004,24(2):37-40.  
XU Jin-liang, YANG Hong-zhi. Highway scene simulation model[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004,24(2):37-40.