

# 利用面向对象数据库与关系数据库管理 IFC 数据的比较

陆 宁, 马智亮

(清华大学 土木工程系, 北京 100084)

**摘 要:** 为选择合适的数据库以高效地管理符合 IFC 标准的数据, 分别利用面向对象数据库和关系数据库管理 IFC 数据并进行效率比较。首先介绍 IFC 标准并分析其数据特点, 随后针对利用 IFC 实体对象所表示的简单信息、组合信息及复杂信息, 利用面向对象数据库 Versant Object Database 8 和关系数据库 SQL Server 2005 进行数据管理, 并对其处理效率进行了比较。结果表明: 针对数万实体对象构成的大量 IFC 数据, 面向对象数据库的管理效率更高。本研究对有效管理利用 IFC 数据具有一定参考价值。

**关键词:** BIM(building information modeling); IFC(industry foundation classes); 关系数据库; 面向对象数据库; Versant 面向对象数据库

中图分类号: TU 17; TP 391

文献标志码: A

文章编号: 1000-0054(2012)06-0836-07

## Comparison of managing IFC data using object-oriented and relational databases

LU Ning, MA Zhiliang

(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** A method was developed to compare the performance of object-oriented and relational databases to choose the right database to efficiently manage industry foundation classes (IFC) data. This method analyzes three types of information represented by IFC entities as simple information, combined information and complex information. Versant object database 8 and SQL Server 2005 were used to evaluate IFC data management. The comparison shows that for the management of thousands of IFC objects, an object-oriented database is more efficient. This result is of significant value for promoting the application of IFC standards.

**Key words:** building information modeling (BIM); industry foundation classes (IFC); relational database; object-oriented database; Versant object database

为核心、以面向对象方法表示信息、覆盖项目全生命周期以及遵循开放数据标准。目前 BIM 技术主要通过 IFC(industry foundation classes)标准进行数据交换, 该标准基于面向对象方法定义数据结构。

一般地, 符合 IFC 标准的数据(以下简称 IFC 数据)可通过 IFC 文件进行存储与管理<sup>[1]</sup>或通过 IfcXML 文件进行存储与管理<sup>[2]</sup>; 涉及多专业的综合性 IFC 数据由于其数据量大, 应用复杂, 且需要多专业进行数据模型的协同操作和处理, 文件管理方式难以满足要求, 需采用数据库进行存储与管理。芬兰国家技术研究中心(VTT)采用关系数据库 Access 存储 IFC 数据并开发了 IFC Model Server<sup>[3]</sup>。曹铭用关系数据库存储 IFC 数据并建立 4D 管理系统<sup>[4]</sup>。张洋利用关系数据库 SQL Server 存储 IFC 数据并开发了 BIM 信息集成系统<sup>[5]</sup>。Kang 等分析了如何利用对象关系数据库 Cubrid 存储 IFC 数据<sup>[6]</sup>。Ali 利用面向对象数据库 EDM(express data manager)存储 IFC 数据<sup>[7]</sup>。Faraj 利用面向对象数据库 ObjectStore 存储 IFC 数据并开发了 WISPER 系统<sup>[8]</sup>。Jeong 等针对利用关系数据库和对象关系数据库管理 IFC 数据的效率进行了比较, 指出除简单对象查询外, 对象关系数据库性能占优<sup>[9]</sup>。但是迄今为止, 系统性地比较利用面向对象数据库与其他类型数据库管理 IFC 数据效率的研究还没有见报。

目前对象关系数据库(如 Oracle)使用广泛, 其能够在关系数据库的基础上自定义对象进行管理, 但不能完全支持面向对象数据模型的概念, 如继承、抽象类等; 而面向对象数据库则可以支持相关概念, 如类、对象、继承、抽象类等, 且在相关领域中已

收稿日期: 2010-12-04

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划项目 (2007BAF23B02)

作者简介: 陆宁(1983—), 男(满), 江苏, 博士研究生。

通信作者: 马智亮, 教授, E-mail: mazl@tsinghua.edu.cn

近年来 BIM(building information modeling)技术被广泛应用于建筑设计、能耗分析、4D 模拟等领域。BIM 技术主要具有以下特点: 以三维建筑模型

用于 STEP 文件的存储与管理<sup>[10]</sup>、施工管理成本项和资源的存储与管理<sup>[11]</sup>以及建筑工程设计对象的存储与管理<sup>[12]</sup>。一般而言,与常用关系数据库和对象关系数据库相比,使用面向对象数据库时建模工作量小,存储管理复杂对象效率更高<sup>[13]</sup>。由于与常用面向对象数据相比,IFC 数据中包含大量关系对象(连接对象的对象)的数据,因此有必要针对面向对象数据库管理 IFC 数据的效率进行深入分析。

本研究首先介绍 IFC 标准并分析 IFC 数据特点;然后分别针对利用 IFC 实体表示的简单信息、组合信息和复杂信息对利用面向对象数据库和关系数据库管理效率进行了比较,从而对利用面向对象数据库管理 IFC 数据的效率建立深入的理解。

## 1 IFC 标准概述

IFC 标准是由国际协同工作联盟 IAI(International Alliance for Interoperability)为建筑行业建立的建筑产品数据表达标准,本研究以其最新正式版本 IFC2x3 为分析依据。IFC 标准可依据其信息层次自下而上依次分为资源层、核心层、交换层和领域层,覆盖了建筑、施工管理、暖通空调等 9 个领域。

IFC 标准的核心内容为实体类型(以下简称实体,相当于面向对象程序设计中的类)定义。实体依据其继承关系可划分为 3 类,即对象实体、属性实体

及关系实体。对象实体表示角色、产品、过程等对象;属性实体表示属性和属性集;关系实体表示对象实体之间以及对象实体与属性实体之间的关系。

对于由单一对象实体难以表达的信息,需结合关系实体进行表达。关系实体可分为 5 大类,其父类分别为 IfcRelAssigns(表示非资源层对象实体间的关联)、IfcRelConnects(表示对象实体间基于条件的关联)、IfcRelDecomposes(表示对象实体间的组合关联)、IfcRelAssociates(表示资源层对象实体与其他层对象实体之间的关联)和 IfcRelDefines(表示对象实体与属性实体间的关联)。在实际应用的 IFC 数据中包含大量关系实体对象的数据。

以施工项目任务信息为例,为了完整地表达相关数据,需利用 IfcProject 实体和 IfcTask 实体来表达,并利用关系实体 IfcRelAssignsToProcess 进行关联(其中部分关联通过其父类实体所建立),其 UML(unified modeling language)图如图 1 所示,其中名称为斜体的均为抽象实体。需要说明的是,由于 IFC 标准采用面向对象的表示方法,为了完整地表示出实体所包含的属性,有必要表示出实体的父类实体。本例中的 3 个实体都由 IfcRoot 实体派生,IfcRelAssignsToProcess 实体通过 RelatingProcess 属性关联 IfcTask 实体,同时通过其父类 IfcRelAssigns 实体的 RelatedObjects 属性关联 IfcProject 实体。

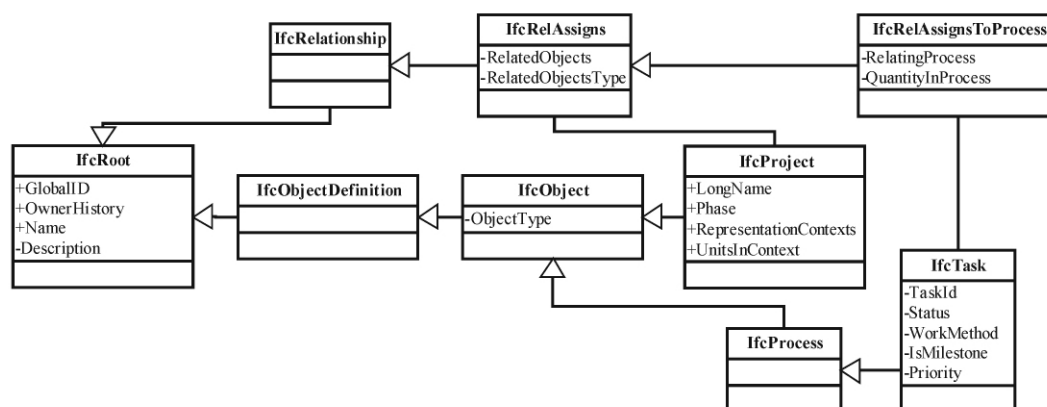


图 1 施工项目任务信息的 UML 图

## 2 管理 IFC 数据的效率比较方法

选用美国微软公司的关系数据库 SQL Server 2005 和 Versant 公司的面向对象数据库 Versant Object Database 8(简称 Versant),采用 C# 语言编程进行比较。前者以关系模型存储 IFC 数据,通过 ADO.NET 接口为程序所访问;后者以面向对象模

型存储 IFC 数据,通过其自带接口为程序所访问。

效率比较主要针对以下 3 种情形进行:

### 1) 简单信息处理效率比较

简单信息为可通过单一 IFC 实体对象所表达的信息。主要可分为简单实体信息与复杂实体信息,前者主要为资源层中无继承关系的对象实体的对象;后者主要为其他对象实体的对象,其继承层

次为2~7层不等。本研究针对这2类实体信息分别比较其插入、查询、更新和删除等基本操作的效率。

### 2) 组合信息处理效率比较

组合信息为由2个及以上IFC实体对象组成,并使用关系实体对象将其关联起来的信息。如图1所示模型即为组合信息,其利用IfcRelAssignsToProcess关系实体将IfcProject实体和IfcTask实体关联起来以表达信息。组合信息的插入、更新和删除可分解为多个实体对象的相关操作。组合信息的查询在关系数据库中通过构建表示组合信息的视图以联合查询方式实现,在面向对象数据库中则通过直接查询关系实体信息得到所关联实体信息进行实现。本研究针对组合信息比较其插入、查询、更新和删除等基本操作的效率。

### 3) 复杂信息处理效率比较

复杂信息为由组合信息组合其他简单信息或组合信息所得到的信息。如将任务和项目的组合信息与属性集信息进行组合所得到的信息即为复杂信息;利用该信息查询任务信息时,可得到该任务所属的项目及其扩展信息。复杂信息的插入、更新和删除也是由多个实体对象的相关操作组成的,其查询也类似于组合信息,但更为复杂。本研究针对复杂信息比较其插入、查询、更新和删除等基本操作的效率。

## 3 管理 IFC 数据的效率比较

### 3.1 简单信息处理效率比较

选取IfcCalendarDate实体对象作为简单实体信息,其UML图如图2a所示,关系数据库结构图如图2b所示(其中GUID表示对象唯一标识符);选取IfcProject实体对象作为复杂实体信息,其UML图如图3a所示,关系数据库结构图如图3b所示。

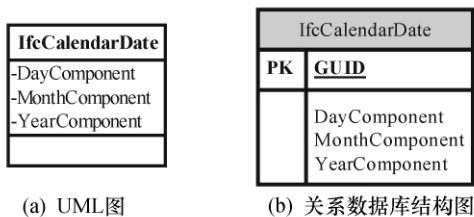
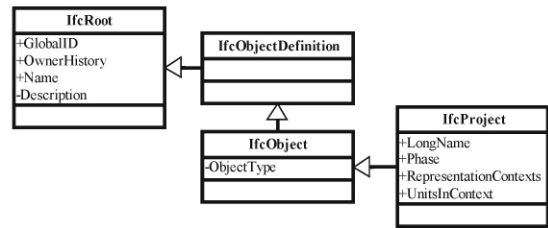
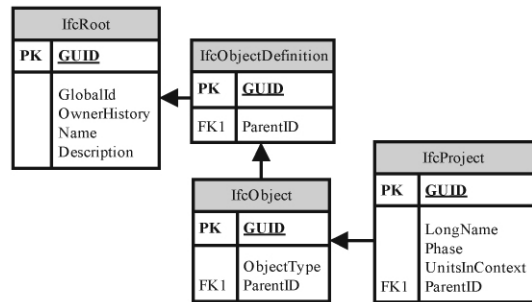


图2 简单实体信息 IfcCalendarDate

利用固定信息(除GUID和GlobalId外,其余属性值均采用IFC实体属性中文名称)生成重复对象,并插入数据库以生成测试数据。随后对其进行查询、更新、删除等操作,并通过程序记录各



(a) UML图



(b) 关系数据库结构图

图3 复杂实体信息 IfcProject

操作所消耗的时间,其中更新对象时,将实体除GUID和GlobalId外所有属性重新赋值。需要说明的是,在关系数据库中,每个实体对应数据表的操作都需要对这些实体的父类实体对应数据表进行操作,如操作IfcProject实体对应数据表时,还需操作IfcRoot实体,IfcObjectDefinition实体,IfcObject实体对应数据表;而在面向对象数据库中,只需对IfcProject实体进行操作,不需对其抽象父类实体进行操作。简单信息处理效率结果如图4所示。

从比较结果可知,关系数据库在处理简单实体对象时性能与面向对象数据库基本相当,但在处理复杂实体对象时,数据量越大(实体对象数大于4~6万),所需时间越多且明显增长,而面向对象数据库相比所需时间增长较小,而且无论是查询简单实体对象还是查询复杂实体对象,面向对象数据库所需的时间随数据量增加基本不变。这是由于面向对象数据库的查询机制为查询单个实体对象;而关系数据库查询简单实体对象时为查询单张数据表,查询复杂实体对象时为查询该实体及其父类实体所形成的视图。总而言之,处理大量简单信息(实体对象数大于4~6万时),面向对象数据库效率更高。

### 3.2 组合信息处理效率比较

选用图1所示组合信息,其关系数据库结构图如图5所示。设定每个项目包含10个任务,并利用关系实体对象将项目与每个任务进行关联。

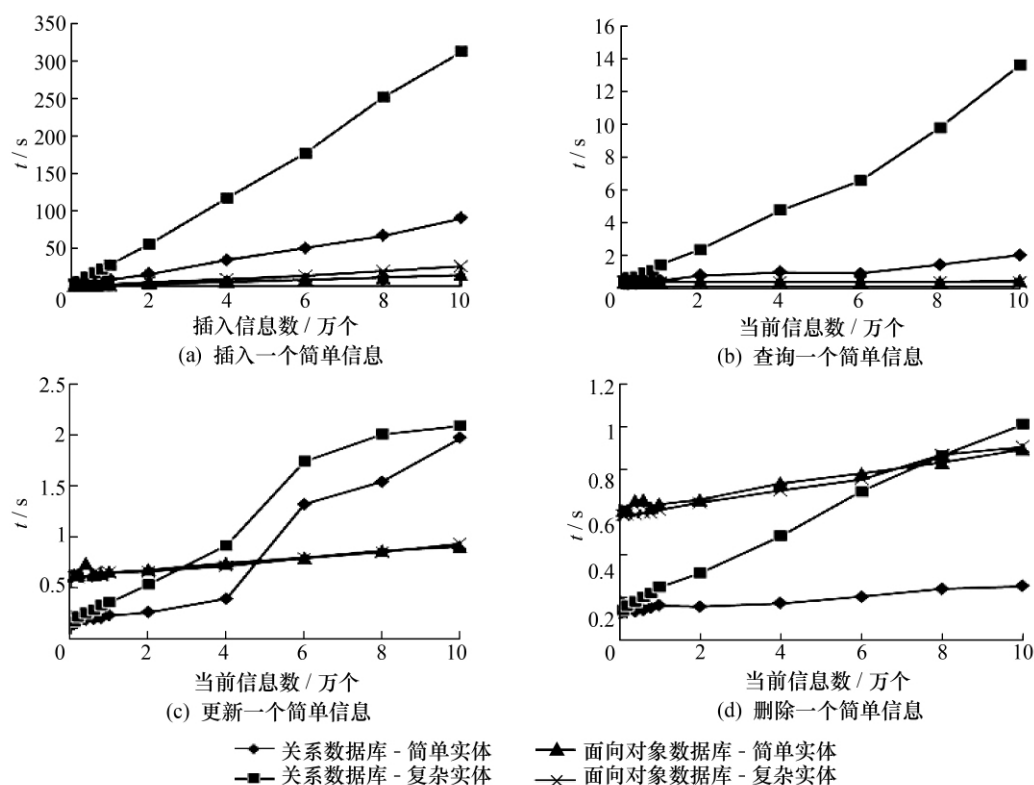


图 4 简单信息处理效率比较

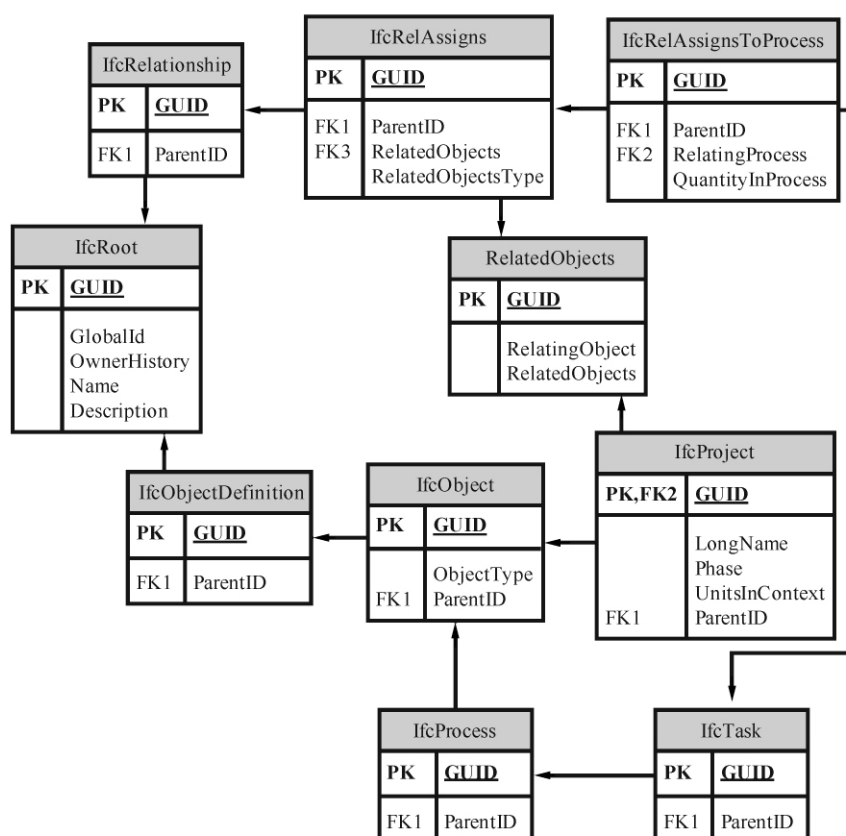


图 5 组合信息的关系数据库结构图

组合信息数据的生成方法采用 3.1 节中生成重复对象的方法,并通过程序记录各操作所消耗时间,其处理效率比较结果如图 6 所示。从图中可知,组合信息数量越多,关系数据库处理所需时间越多且增长明显,而面向对象数据库处理所需时间较少且增长较小。值得说明的是,在查询方面面向对象数据库远比关系数据库要快,这是由

于关系数据库需查询多张数据表构成视图,而面向对象数据库仅需查询该关系实体对象即可。

与一般面向对象数据相比,IFC 数据中存在大量关系实体对象,其实质上相当于简单信息中的复杂实体对象,因此其不同数据库中的效率比较结果也与复杂实体对象相近。本节的测试结果表明,针对组合信息面向对象数据库的效率更高。

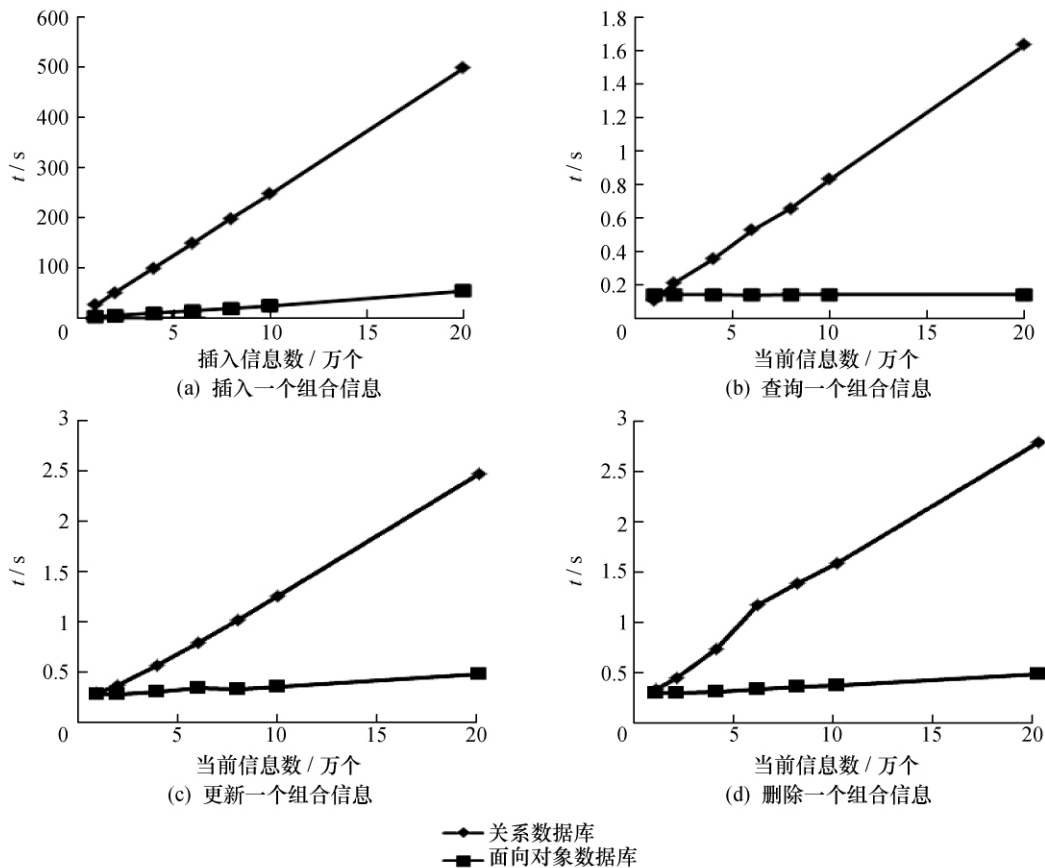


图 6 组合信息处理效率比较

### 3.3 复杂信息处理效率比较

面向对象数据库与关系数据库最大差异在于查询方式不同。在面向对象数据库中查询对象时可得到该对象及其属性所关联的对象,但不能进行对象间的联合查询;而在关系数据库中需进行对象的联合查询,才能查询得到该对象及其属性所关联到的全部对象。

以在复杂信息中查询任务同时显示任务关联项目名称及其属性值为例。该复杂信息的 UML 图如图 7 所示,相当于在组合信息基础上关联了属性集实体 IfcPropertySet。在面向对象数据库中,需首先查询 IfcRelAssignsToProcess 关系实体

得到 IfcTask 实体和 IfcProject 实体的信息,再根据 IfcProject 实体反查得到 IfcRelDefinesByProperties 关系实体,再查询所关联的 IfcPropertySet 实体即可满足要求,其查询流程较复杂且编程工作量较大。

该复杂信息的关系数据库结构图如图 8 所示,在关系数据库中,可通过对 2 个组合信息中的关系实体 IfcRelAssignsToProcess 和 IfcRelDefinesByProperties 的数据进行联合查询(根据关联项目的主键相同)得到全部信息,相比而言只需对 SQL 查询语句进行组合或事先建立视图,相关编程工作量较小。

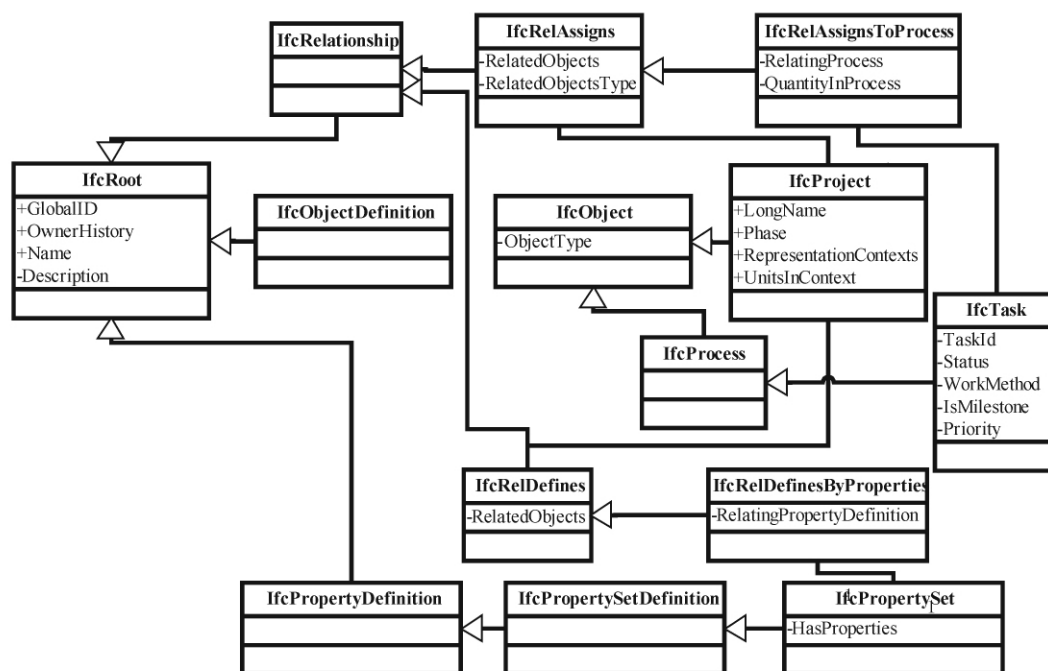


图 7 复杂信息的 UML 图

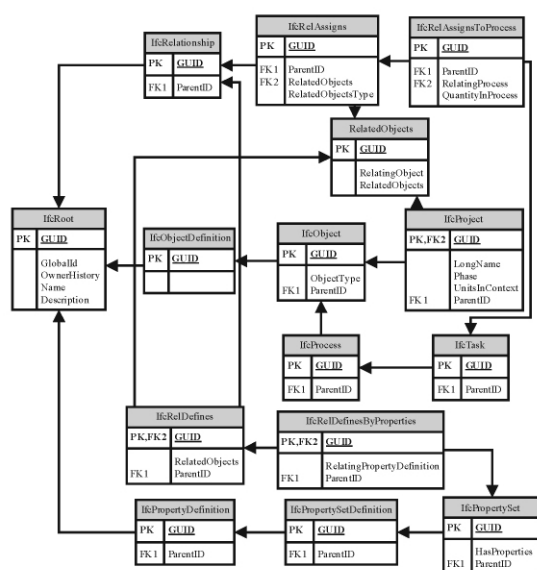


图 8 复杂信息的关系数据库结构图

复杂信息的测试数据生成方法依然遵循 3.1 节中生成重复对象的方法,其处理效率的比较结果如图 9 所示。由图可知,针对插入与查询,面向对象数据库的效率依然比关系数据库要高;但在查询方面,面向对象数据库的优势要比之前 2 种情形要低。这是由于在 IfcProject 实体反查到 IfcRelDefinesByProperties 实体的过程中,该关系实体的 RelatedObjects 是一个对象集合,不能对其包含的对象直接进行查询,需对 IfcRelDefinesByProperties 实体进行遍历以找到匹配的项目信息,

因此降低了效率。而在更新和删除信息中,由于需同样对实体进行遍历,因此面向对象数据库实际效率与关系数据库基本相当。本节测试结果表明,针对复杂信息面向对象数据库的效率略高。

## 4 讨论

不同类型数据库管理 IFC 数据有各自特点。一般而言,关系数据库建模工作量较大,但其管理简单实体信息效率较高,且由于支持联合查询,编程工作量较小;而面向对象数据库建模工作量小,其管理大量信息的效率较高,但由于其不支持联合查询,编程工作量较大,也降低了复杂管理的效率。但是,当需要管理数万以上实体对象所构成的大量 IFC 数据时,面向对象数据库的管理效率更高。

## 5 结论

本研究分析了 IFC 数据的特点,分析了利用 IFC 对象实体表示的简单信息、组合信息和复杂信息,分别利用 2 种数据库进行了模型建立与信息处理效率的比较。结果表明:在管理大量(10 万) IFC 数据时,面向对象数据库的处理效率比关系数据库要高,在 10 万级别数据量上针对非复杂信息局部基本操作能达到 3~5 倍的效率;同时面向对象数据库建模工作量较少,更能支持基于面向对象的应用。本研究对进一步有效管理利用 IFC 数据,建立开发 IFC 相关应用软件具有一定参考价值。

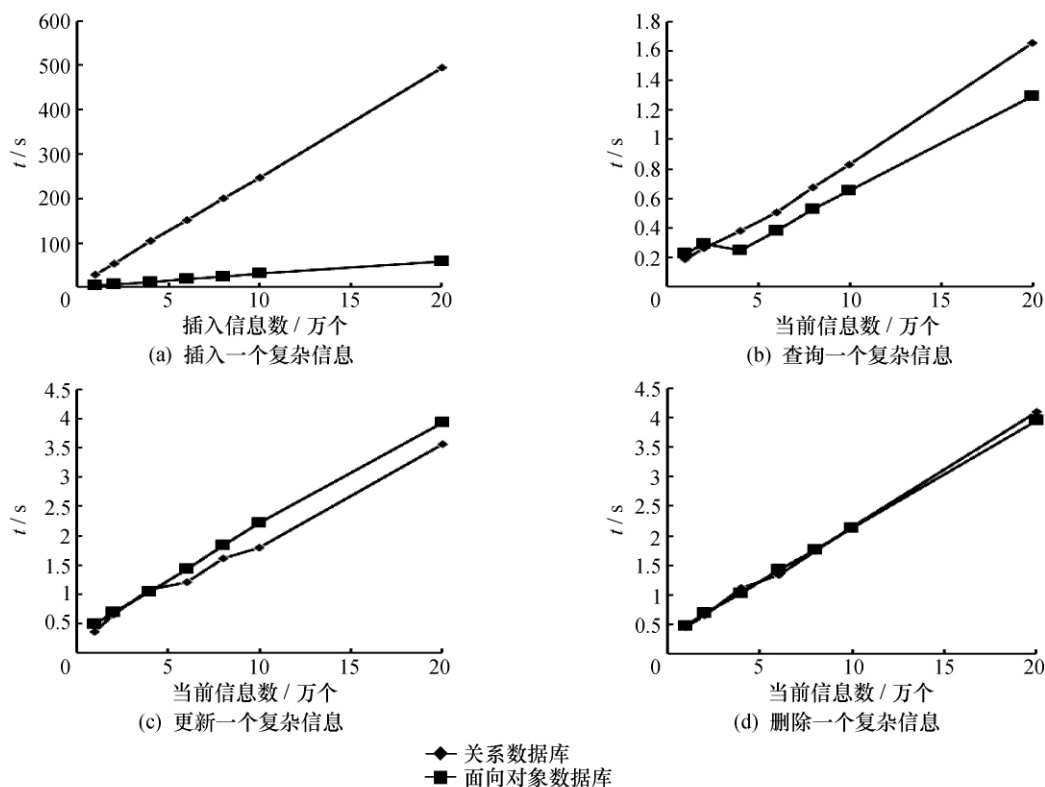


图9 复杂信息处理效率比较

## 参考文献 (References)

- [1] Ma Z, Zhao Y. Model of next generation energy-efficient design software for buildings [J]. *Tsinghua Science and Technology*, 2008, **13**(S1): 298-304.
- [2] Nour M. Performance of different (BIM/IFC) exchange formats within a private collaborative workspace for collaborative work [J]. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2009(14): 736-752.
- [3] VTT Building and Transport. Technical overview of IFC model server. (2010-09-15), <http://cic.vtt.fi/projects/ifcserver/tec/VTT-TEC-ADA-11.pdf>.
- [4] 张建平, 曹铭, 张洋. 基于 IFC 标准的和工程信息模型的建筑施工 4D 管理系统. *工程力学*, 2005, **22**(S): 220-227.  
ZHANG Jianping, CAO Ming, ZHANG Yang. A 4D construction management system based on IFC standard and engineering information model [J]. *Engineering Mechanics*, 2005, **22**(S): 220-227. (in Chinese)
- [5] 张洋. 基于 BIM 的建筑工程信息集成与管理研究 [D]. 北京: 清华大学, 2009.  
ZHANG Yang. Research on BIM-based Building Information Integration and Management [D]. Beijing: Tsinghua University, 2009. (in Chinese)
- [6] Kang H, Lee G. Development of an object-relational IFC server [C]// Proceedings of the International Conference on Construction Engineering and Management/Project Management (ICCEM/ICCPM) 2009. Jeju, Korea: Korea Institute of Construction Engineering and Management Press, 2009: 1346-1351.
- [7] Ali M T, Ghassan A. Moving beyond the fourth dimension with an IFC-based single project database [J]. *Automation in Construction*, 2005, **14**(1): 15-32.
- [8] Faraj I, Alshawhi M, Aouad G, et al. Industry foundation classes web-based collaborative construction computer environment: WISPER [J]. *Automation in Construction*, 2000, **10**(10): 79-99.
- [9] Jeong J, Lee G, Kang H. Preliminary performance evaluation of an ORDB-based IFC server and an RDB-based IFC server by using the BUCKY benchmark method [C]// Proceedings of CIB World Congress 2010. Salford, UK: International Council for Building Press, 2010: 192-201.
- [10] Ma Z M, Wang H. STEP implementation of imperfect EXPRESS model in fuzzy object-oriented databases [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2006, **157**(12): 1597-1621.
- [11] Karshenas S. Cost estimating in the age of 3-D CAD software and object databases [C]// Proceedings of Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives. San Diego, USA: American Society of Civil Engineers Press, 2005: 1233-1240.
- [12] Carnduff T W, Goonetillake J S. Configuration management in evolutionary engineering design using versioning and integrity constraints [J]. *Advances in Engineering Software*, 2004, **35**(3-4): 161-177.
- [13] Leone A, Chen D. Implementation of an object oriented data model in an information system for water catchment management: Java JDO and Db4o Object Database [J]. *Environmental Modelling & Software-Elsevier*, 2007, **22**(12): 1805-1810.