

以体系结构为中心的数据库设计方法及应用 *

冯小洁

(青岛滨海学院 信息工程学院, 山东 青岛 266555)

摘要:在软件系统分析和设计过程中,围绕软件体系结构这一中心,利用类图模型和关系型数据库关系模型之间的映射,可以加速数据库设计。文章结合某高校智慧校园建设重点项目“科研管理系统数据库设计”实例,提出了一种综合面向对象的数据库设计方法和UML方法,是以多层软件体系结构为中心的数据库设计方法。文章重点介绍了在多层软件体系结构框架内,类、类的方法到关系型数据库的表、视图、存储过程的映射方法。

关键词:软件体系结构;关系型数据库;映射;面向对象分析与设计;智慧校园

中图分类号:TP311.13

文献标志码:B

文章编号:1673-8454(2020)05-0089-05

数据库设计是指对于一个给定的应用环境,构造数据逻辑模式和存储方式,建立数据库,使其能够满足各种应用对数据的需求^[1]。常用的以数据为中心的方法把数据库设计分为六个阶段:①需求分析;②概念结构设计;③逻辑结构设计;④物理结构设计;⑤数据库实施;⑥数据库运行和维护^[2]。数据库设计方法的选择是决定数据库设计质量的关键因素。目前,常用的数据库设计的方法有新奥尔良方法、基于E-R模型的方法、3NF方法、面向对象方法、UML方法等^[3]。这些方法对数据库设计走向规范化、标准化起到巨大的推动作用,但随着数据库越来越庞大、应用越来越复杂、用户要求越来越高,上述的方法暴露出一些局限性^[4]。以软件体系结构为中心的数据库方法为数据库设计提供了新的思路。该方法综合了面向对象数据库设计方法和UML方法的优点,在面向对象的系统分析和系统设计阶段,突出以软件体系结构为中心,把类分析、类设计和数据库设计过程结合起来,快速进行高质量、规范化的数据库应用系统开发。

一、多层软件体系结构

软件体系结构是软件系统的映射,它定义了软件系统的不同组成部分、它们之间的关系和交互、通信机制、以及如何修改系统组件、如何添加新组件等整体规则^[5]。

依据层模式理论建立的多层软件体系结构广泛应用于软件系统的搭建。在层模式理论指导下,基于微软ASP.NET MVC框架,可以设计出一种通用的多层软件体系结构。这种多层软件体系结构划分为用户接口层(User Interface Layer, UIL)、业务逻辑层(Business Logic

Layer, BLL)、数据访问层(Data Access Layer, DAL)、实体域层(Entity Domain Layer, EDL)和数据存储层(Data Storage Layer, DSL),共五层(见图1)。

这里的用户接口层UIL主要是指用户界面;业务逻辑层BLL实现数据验证、计算、业务规则等^[6];数据访问层主要由数据库、文件系统等组成,通过与数据库交互,数据访问层DAL实现对数据库对象(表、视图、存储过程等)的操作;实体域层EDL集中了对同一类业务实体或概念的抽象描述系统的实体类^[7];数据存储层DSL用来存储系统永久性对象,主要是数据库和文件系统。这种多层软件体系结构对软件系统进行逻辑层次划分,可以将业务逻辑和业务实体分离出来,实现类、组件的重用。

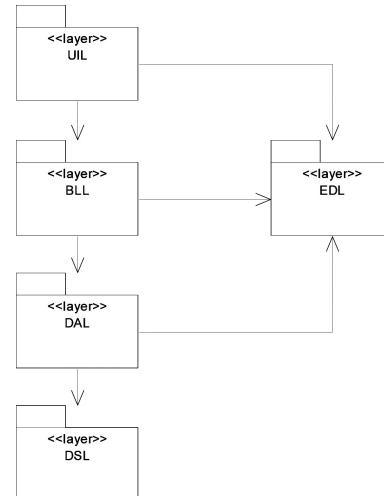


图1 多层软件体系结构模型

* 基金项目:教育部高等教育司 2018 年第二批产学合作协同育人项目“基于红亚科技产学研合作的师资培训项目”(201802046036)。

二、以软件体系结构为中心的数据库设计方法

以软件体系结构为中心进行数据库设计,突出了软件体系结构的核心地位,改变传统的以数据为中心的思想。在软件体系结构框架内,把类的分析和设计与数据库设计结合起来,利用基于UML的面向对象系统分析和设计得到的类图模型映射到关系数据库关系模型,把类的方法映射到关系数据库对象视图或存储过程。

实体域层中的类到数据库表的映射。实体域层中的实体类映射到数据存储层数据库基本表。实体类的属性映射为表的字段(列),而其中实体类的关键属性映射为数据库表的主键,特殊情况如关联类转化来的实体类由属性组合映射为数据库关联表的主键,属性的类型映射为数据库中相应数据类型。数据库表之间联系的设计可通过实体类之间的关系映射得到^[8]。

数据访问层类的方法到数据库视图或存储过程的映射。数据访问层类的方法映射为数据库视图或存储过程,并通过嵌入在方法体中的SQL语句在数据库操作中执行这些视图或存储过程。

三、高校科研管理系统数据库设计应用

山东某高校是一所具有行业特色的综合性普通高等院校。应智慧校园建设工作需要,该校急需开发一套服务于科研管理人员、研究人员和高层领导的可进行项目、成果、科研机构和人员、科研考核、科研信息统计分析、科研资源共享的高质量的科研管理应用软件。

高校科研管理系统的开发包括Web应用开发和数据库设计两部分。该科研管理软件总体架构采用了.NET框架下基于MVC设计模式的多层软件体系结构。数据存储选择利用Microsoft SQL Server 2008企业版数据库系统存储和处理业务数据加文件系统的混合模式方案。在系统开发过程中,考虑到开发质量和效率,数据库的设计方法采用了前边介绍的以多层软件体系结构为中心的数据库设计方法。

1. 高校科研管理系统实体类图

分布于实体域层的实体类主要由业务实体类以及这些业务实体类之间的关系转化来的关联类组成。实体域包中的类主要来自系统分析阶段识别的实体分析类及参与者的映射,包括部门类Department、教师(科研人员)类Teacher、学术会议类AcademicMeeting、学术报告类Lecture、论文类Paper、著作类Book、专利类Patent、成果获奖类Award、纵向项目类VerticalProject、横向课题HorizontalProject、校级项目类InternalProject、项目审核类ProjectAudit、项目中检类ProjectMiddleCheck、项目结题类ProjectComplete、项目费用类ProjectCost、角色类

Actor、用户类SRUser等。图2为高校科研管理系统的
主要实体类之间关系的类图。

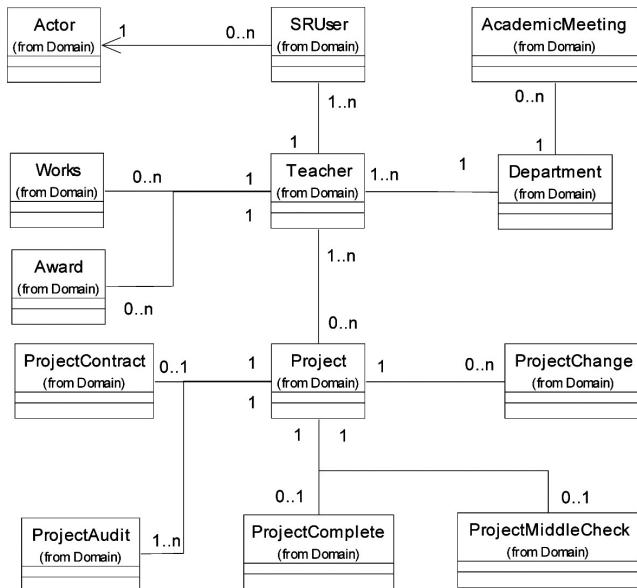


图2 高校科研管理系统主要实体类图

2. 从类图模型到关系数据库数据模型的映射

实体域层Domain包中的类到关系数据库表的映射和数据访问层包中数据访问逻辑类的方法到数据库视图或存储过程的映射是从类图模型到关系数据库数据模型的映射的主要内容。

(1) 实体域层中的类到关系数据库表的映射

由于对象模型侧重于使用包含数据和行为的对象来构建应用程序,而关系模型则主要针对于数据的存储^[9],因此根据实体类的特点和类之间的关系,从实体类到数据库表的映射分为实体类直接到关系数据库数据表映射、存在继承关系的类到关系数据库数据表的映射和存在关联关系的类到关系数据库数据表的映射三种情形。

①实体类直接到关系数据库数据表映射。图3表示实体域层Domain包中的成果获奖类Award类模型到成果获奖表Award模型映射关系图。成果获奖类Award中的属性分别映射为成果获奖表Award的字段(列),属性的类型映射为数据库中相应的数据类型;成果获奖类Award的关键属性即标识符映射为AwardSn映射为成果获奖表Award的主键AwardSn。实体域层的学术会议类AcademicMeeting、学术报告类Lecture、项目审核类ProjectAudit、项目中检类ProjectMiddleCheck、项目结题类ProjectComplete、项目费用类ProjectCost等也直接映射为数据库的表。

②存在继承关系的类到关系数据库数据表的映射。

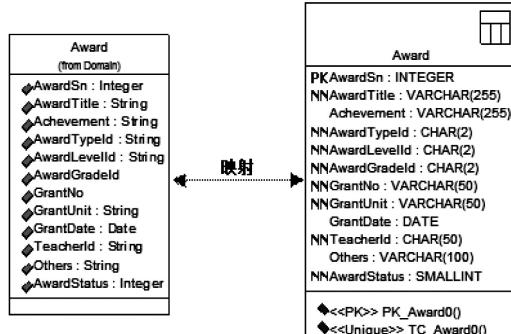


图3 成果获奖类 Award 模型映射为成果获奖表Award 模型

项目类 Project 有三个子类, 分别为纵向项目 VerticalProject、横向项目 HorizontalProject 和校级项目 InternalProject, 如图 4 所示继承关系类图。这四个类中 Project 只是作为抽象父类存在, 因此只需映射它的子类到数据库基本表。存在此类继承关系的还有作品类 Works 和其子类论文类 Paper、著作类 Book、专利类 Patent 等, 映射方法同项目类 Project。

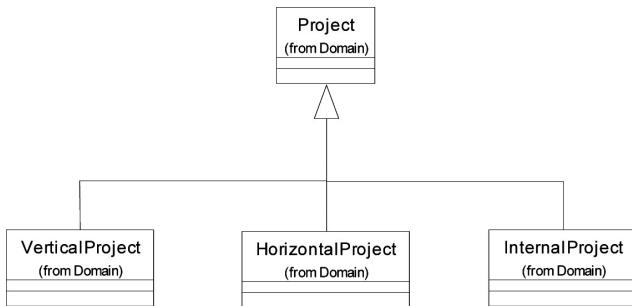


图4 项目类 Project 和其子类的继承关系类图

③存在关联关系的类到关系数据库数据表的映射。科研管理员、科研秘书、教师(科研人员)、校领导用户类、系统管理员等, 这些业务角色可以抽象为角色类 Actor 和科研管理系统用户类 SRUser。角色类 Actor 和科研管理系统用户类 SRUser 之间存在 1 对多的关联关系, 它们分别映射为数据库表角色表 Actor 和科研管理系统用户表 SRUser(见图 5)。

存在关联关系的学院部门类 Department 和教师(科研人员)类 Teacher 等, 它们转化为科研管理数据库表学院部门表 Department 和教师(科研人员)表 Teacher 等。

在完成关系数据库表设计基础上, 可以得到数据库逻辑设计过程中的数据库表关系图(见图 6)。

通过以上过程得到的关系型数据库表模型和表关系图, 结合选定的 SQL Server 数据库管理系统, 可以快速创建出数据库表。如根据成果获奖表 Award 模型得到的成果获奖表 Award(见表 1)。

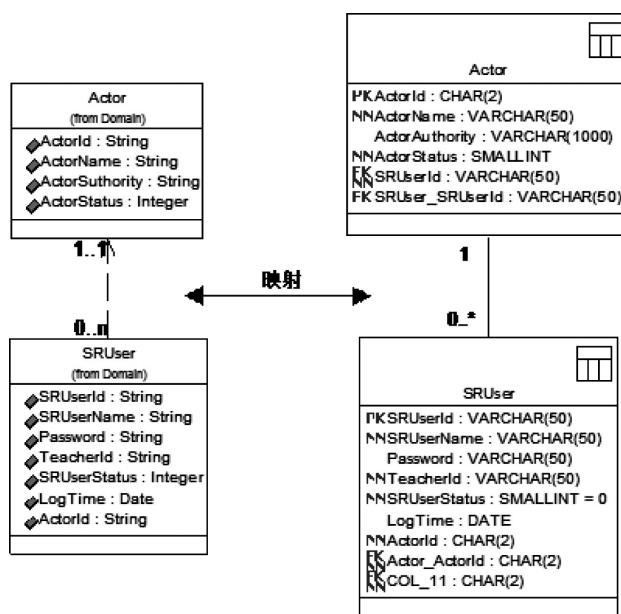


图5 角色类和用户类模型映射为角色表 Actor 和用户表 SRUser 模型

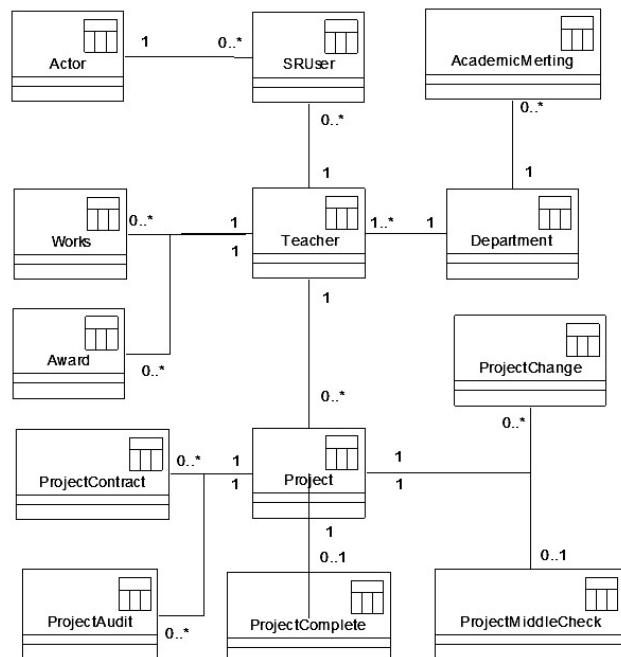


图6 高校科研管理系统数据库表关系图

(2)数据访问层类的方法到关系数据库视图或存储过程的映射

高校科研管理系统的数据库视图和存储过程由数据访问层类的方法映射而来。数据访问层中的类包括部门访问类 DepartmentDA、教师(科研人员)访问 TeacherDA、学术会议访问类 AcademicMeetingDA、报告访问类 LectureDA、论文访问类 PaperDA、著作访问类 BookDA、专利访问类 PatentDA、成果获奖访问类 AwardDA、纵向

表 1 成果获奖表 Award

字段名	数据类型	默认值	是否为空	说明	外键对应表
AwardSn	int		not null	序号,主键	
AwardTitle	varchar(255)		not null	获奖名称	
Achevement	varchar(255)		null	成果名称	
AwardTypeId	char(2)		not null	获奖类别	AwardType
AwardLevelId	char(2)		not null	奖励级别	AwardLevel
AwardGradeId	varChar(20)		null	奖励等级	AwardGrade
GrantNo	varchar(50)		null	获奖编号	
GrantUnit	varchar(50)		not null	授予单位	
GrantDate	date		not null	授予日期	
TeacherId	varchar(50)		not null	第一获奖人	Teacher
Others	varchar(50)		null	其他获奖人	
AwardStatus	tinyInt	1	not null	状态	

项目访问类 VerticalProjectDA、横向课题访问类 HorizontalProjectDA、横向课题合同访问类 HorizontalProjectContractDA、校级项目访问类 InternalProjectDA、项目审核访问类 ProjectAuditDA、项目中检访问类 ProjectMiddleCheDA、项目结题访问类 ProjectCompleteDA、项目经费访问类 ProjectCostDA、角色访问类 ActorDA、用户访问类 SRUserDA 等。

①数据访问层类的方法到关系数据库视图的映射。数据访问层的数据访问逻辑类的方法如果返回值为数据集、字符串等数据类型的结果,可以映射到数据库视图。如数据访问层的论文访问类 PaperDA,它的一个获取成果获奖列表方法 GetPaperList():

```
public DataSet GetPaperList(string c) {
    StringBuilder sb = new StringBuilder();
    sb.Append("SELECT * ");
    sb.Append(" FROM V_Paper ");
    if (c.Trim() != ""){ sb.Append(" WHERE " + c);}
    return DatabaseAccess.Query(sb.ToString());
}

映射为关系数据库的视图 V_Paper:
CREATE VIEW V_Paper
AS
SELECT * FROM Paper
```

根据系统业务逻辑功能,在设计数据访问层类的方法时,可以映射出关系数据库的单个表或多个表关联查询形成的多个视图。

②数据访问层类的方法到关系数据库存储过程的

映射。数据访问层的数据访问逻辑类的方法如果通过其执行插入记录、更新记录、删除记录等对数据库操作,这些方法可以映射到关系数据库存储过程。如数据访问层纵向项目数据访问类 VerticalProjectDA 的更新状态的方法 UpdateVerticalProjectStatus():

```
public int UpdateVerticalProjectStatus(VerticalProject vp) {
    SqlParameter[] parametersVerticalProject = {
        new SqlParameter("@VerticalProjectSn", SqlDbType.Int,4),
        new SqlParameter("@VerticalProjectStatus", SqlDbType.Int,4)};
    parameters[0].Value = vp.VerticalProjectSn;
    parameters[1].Value = vp.VerticalProjectStatus
    try{
        int result = new DatabaseAccess().UpdateProcedure("P_Update_VerticalProject_Status", parametersVerticalProject);catch (Exception e){ throw new Exception(e.Message);}
        return result;
    }
    对应数据库中的存储过程 p_update_VerticalProject_Status
    CREATE PROCEDURE p_update_VerticalProject_Status
    (@VerticalProjectSn_1 int,@VerticalProjectStatus_2 tinyInt )
    AS
    BEGIN
        UPDATE VerticalProject SET VerticalProjectStatus=@VerticalProjectStatus_2
        WHERE VerticalProjectSn=@ VerticalProjectSn_1
    END
```

四、结束语

以软件体系结构为中心的数据库设计方法综合了面向对象的数据库设计方法和 UML 方法,在多层软件体系结构框架内,以清晰的逻辑划分,把位于实体域层的实体类等映射为数据存储层的关系数据库表、把数据访问层包中数据访问逻辑类的方法映射为数据存储层的数关系数据库视图或存储过程进行数据库设计。以软件体系结构为中心的数据库设计方法是面向对象的数据库设计的改进。这种方法实现了面向对象的类图模型到关系型数据库关系模型的映射,保证了设计的连续性和完整性,提高了数据库设计质量。相比传统的以数据为中心的设计方法进行数据库设计需要 6 个阶段,以软件体系结构为中心的方法将数据库设计阶段融入软件系统的分析和设计过程,简化了数据库设计流程,节省了开发时间,有利于提高软件开发的效率。当然,这种数据库设计方法在一定程度上减少了软件系统和数据库系统各自的内聚性,如果业务逻辑发生改变,数据库系统也需要改变,将增加系统维护难度,对软件设计人员提出了更高的技术要求。

参考文献:

- [1]赵相伟,张中喜,王殷行.小型信息系统开发的关键技术探讨[J].山东科技大学学报(自然科学版),2006,25(1):67-69.

- [2] 李运华, 张吉礼. 大型公共建筑运行能耗数据库管理系统初步开发及应用[J]. 建筑科学, 2007, 23(10): 62–66.
- [3] 王珊, 萨师煊. 数据库系统概论(第5版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [4] 陈新安, 鲜波, 张继棠. 面向对象的分析(0OA)方法在数据库系统设计中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2000(5): 124–125.
- [5] 袁晓曦. 软件体系结构 UML 建模[J]. 科技传播, 2010(24): 230–231.

(上接第23页)

游戏化学习作为一种教育中的技术手段, 在间性思维下的师生关系中能够发挥自己的特性, 具有成为师生交往实践中的中介的可能性。其一, 游戏化学习的规则性强调师生通过协商共同制定规则, 这种得到双方共同承认的规则体现了师生之间的现实平等; 其二, 游戏化学习中, 教师与学生之间形成一种“强合作”模式; 其三, 竞争具有双向效应的特点, 通过对竞争目标的调整可以将竞争的异化效应转化为促进师生情感交流的一种手段, 同时竞争中的过程平等也能够为师生实现间性关系提供有效的支持。游戏化学习背景下的间性师生关系如图5所示。

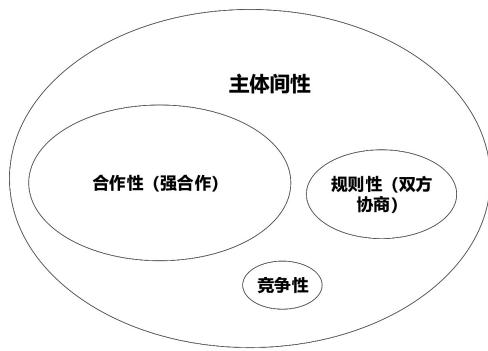


图5 游戏化学习中的师生关系

五、结束语

时代的变迁要求我们的常态教育教学活动作出一定改变, 等级严密的师生关系转向民主自由的师生关系已是当下时代的需求, 主体性转向主体间性即是实现这种变化的一条途径。常态下的师生关系重视规则, 同时也保有一定的合作, 在实现师生间性交往的过程中能够发挥一定作用。而游戏化学习作为技术中介参与到师生关系的构建之中, 能够较好地借用其本身具有的特性实现师生间的间性交往。利用游戏化学习这一新型教学方式构建良好师生关系具有自身的优势, 但在一定程度上也存在不足, 竞争与合作都具有两面性, 对于这种新型的

[6] 周实库. 风电用螺栓热处理工艺设计系统的设计与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.

[7] 冯小洁. Rational 统一过程支持的中小型软件项目开发[J]. 青岛职业技术学院学报, 2017, 30(1): 77–81.

[8] 张莉. 数据库技术在教务管理系统中应用研究[J]. 装备制造技术, 2011(7): 85–86.

[9] 贾晓辉, 夏敏捷, 赵巧萍等. UML 类模式在数据库中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(7): 77–78.

(编辑: 王晓明)

教学方式, 存在着机遇, 也存在着挑战。游戏化学习的研究正是在这种螺旋式的发展中不断上升, 成为真正能够在新型教育中发挥重要作用的教学方式。

参考文献:

[1] 刘建华. 师生交往论: 交往视野中的现代师生关系研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011: 45.

[2] 高鸿. 数字化时代主体间性问题研究[M]. 上海: 上海社会科学院出版社, 2008: 34–38.

[3] 高鸿. 现代西方哲学主体间性理论及其困境[J]. 教学与研究, 2006(12): 53–59.

[4] 李美凤, 李艺. 人的技术化之合理性辩护[J]. 科学技术哲学研究, 2008, 25(1): 66–70.

[5] 颜士刚. 技术的教育价值论[M]. 北京: 教育科学出版社, 2010: 157.

[6] 冯建军. 从主体间性、他者性到公共性——兼论教育中的主体间关系[J]. 南京社会科学, 2016(9): 123–130.

[7] 麦戈尼格尔. 游戏改变世界: 游戏化如何让现实变得更美好[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2012: 21.

[8] 恽如伟. 游戏与青少年的发展: 面向教育的游戏策划[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2013: 102.

[9] 陈维维. 技术生存视域中的学习力[M]. 北京: 教育科学出版社, 2010: 227.

[10] 陈欣. 合作与竞争统一的教育观念[J]. 教育现代化, 2016(21): 1–3.

[11] 胡胜德, 金喜在. 对竞争与合作关系的辩证思考[J]. 当代经济研究, 2003(5): 34–36.

[12] 邵晓枫, 廖其发. 我们究竟需要什么样的师生关系——对我国当代师生关系理论构建的思考[J]. 教育理论与实践, 2007(19): 47–50.

[13] 江芳, 查啸虎. 理解型师生关系及其建构[J]. 教师教育研究, 2006, 18(1): 46–49.

(编辑: 王晓明)