

基于 ORACLE 的渤海工程地质 数据库结构的分析和设计*

苏天赞¹, 刘保华¹, 梁瑞才¹, 郑彦鹏¹, 王 勇¹, 孙 剑²

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 青岛吉泰海洋科技有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要: 从需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计以及安全性设计等几个方面, 详细阐述了基于 ORACLE 的渤海工程地质数据库结构的设计方案。在分析过程中, 采用面向对象的标准建模语言 UML 对数据库的概念结构进行建模, 利用面向对象的关系数据库 ORACLE 提供的强大的数据管理功能对数据的存储空间和安全性进行分析, 使该数据库能够提供快速、高效的数据存储、维护和检索功能, 满足渤海油田示范区信息系统的应用需求。

关键词: 渤海; 工程地质; ORACLE; UML; 面向对象; 关系数据库

中图分类号: TP392; TE5

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2003)01-0060-08

渤海是我国唯一的内海海域。早在 20 世纪 50~60 年代我国就开始了海上油气勘探与开发工作。各家石油单位在长期的油气勘探开发过程中, 积累了丰富的物探、钻孔、底质属性等各类海洋工程地质资料和基础数据。这些油气勘探资料和数据时间空间跨度大, 结构复杂, 数据量庞大, 标准不统一。因此, 如何有效地组织、管理这些数据信息体, 使其更好地为油气勘探工作服务, 从而提高油田数据信息的管理和应用效率, 是我们长期以来一直努力探讨和解决的问题^[1~3]。

本文针对油田用户的需求, 利用面向对象的建模方法, 采用标准建模语言(UML)对渤海工程地质数据进行分析建模, 提出一套基于 ORACLE 的渤海工程地质数据库的解决方案, 为渤海油田示范区信息系统的建设提供数据库平台基础, 满足各种用户的应用需求, 提高油田数据信息的管理和应用效率。

1 需求分析

通过对中海石油研究中心、中国石油股份公司辽河油田分公司和中国石化胜利油田有限公司等几家油田单位的调研, 收集了有关海洋工程地质的资料和相关数据。这些工程地质原始数据具有如下特点:

- (1) 资料所涉及到的部门和单位较多, 地域跨度大, 海底信息资料保存较为分散;
- (2) 由于在勘探开发过程中, 勘察单位、勘察时间、勘察方法、使用的仪器设备以及成果资料和报告的提交形式各不相同, 而造成相关数据资料的标准、格式、内容和存储方式各不相同, 甚至有相当一部分的资料以纸介质的形式保存, 因此渤海海底数据信息具有多来源、多期次、多存储格式和多标准的特点;
- (3) 随着越来越多的高科技仪器设备的出现以及相关信息技术的应用, 油气勘探所采用的方法也越来越多, 生成的数据资料也日益庞大, 而且数据的结构体系和组织关系复杂, 因此, 海底数据信息具有数据量巨大、组织结构复杂的特征。

目前, 对这些海底工程地质资料的录入、管理、查询、显示以及综合分析是海上平台场址调查和管线路由

* 收稿日期: 2002-11-09

基金项目: 国家高技术研究发展计划——数字海底技术渤海油田示范区的建设(2001AA 602019)资助项目

作者简介: 苏天赞(1977-), 男, 山东安丘人, 硕士研究生, 主要从事地球物理和地理信息系统研究。

(责任编辑 武建平)

调查的基础, 它为油气勘探工作提供了安全保障。但是, 如上所述, 这些海底工程地质资料具有其自身的特点, 而这些特点给油气勘探工作带来了相当大的困难和不便。因此, 需要一个功能强大的数据库系统来有效地组织、管理这些在时间空间上跨度大、结构复杂、海量的数据信息体。

ORACLE 数据库是一种对象关系型数据库管理系统 (ORDBMS), 提供了强大的数据管理功能、分布式功能和网络功能, 具有良好的开放性和可移植性^[4]。它在关系模型中引入面向对象模型, 有效地结合二者的优点, 解决了关系范式和面向对象范式之间的失配问题, 被广泛的应用于复杂对象的表达及空间关系的处理^[5]。因此, 本设计采用 ORACLE 数据库来组织和管理这些结构复杂的海量数据, 提供快速高效的数据存储、维护和检索的功能, 使应用系统可以方便、及时、准确地从数据库中获得所需的信息, 满足油田用户的应用需求。

2 概念结构设计

海洋工程地质资料涉及专业广, 结构复杂, 因此首先要对这些数据进行分类, 分析各类数据实体之间的关系, 设计出数据库的概念结构。本文通过对前期调研获得的资料进行整理和分析, 做出工程地质勘探的基本工作流程图, 并对各阶段产生的数据进行分类 (图 1)。

传统的数据库建模方法使用 E-R (Entity-Relationship) 模型, 主要是一种面向记录的建模方法。尽管该模型被不断地进行修改和扩充, 但都无法掩盖其在灵活地表达具有复杂结构的数据对象及其关系上的缺陷。

在面向对象的设计方法中, 用类来表示具有相似属性特征的数据实体的集合, 对数据实体进行抽象建模, 封装数据对象的属性和行为操作。每一个数据对象是类的一个实例, 具有自己的属性和行为。同一类的不同数据对象有一个唯一的标识, 数据实体之间的关系可以通过对象之间的关系来表达, 这些关系包括对象间的聚集关系, 关联关系和继承关系等^[6]。

在渤海工程地质数据库中, 数据对象较多, 数据实体之间的关系复杂, 需要借助有效的数据模型设计手段来辅助分析数据实体之间的关系。标准建模语言 UML (Unified Modeling Language) 是一种基于面向对象技术的建模语言。UML 统一了面向对象建模的基本概念、术语及其图形符号, 可以很方便地分析和描述对象之间的各种关系^[7]。本设计采用 UML 语言来对各类数据对象及它们之间的关系进行分析并建模。在设计过程中, 根据渤海工程地质勘探工作流程图 (图 1) 将综合数据库按照调查方法的不同对数据进行分类, 各类数据体之间以项目为纽带进行关联。其中, 各数据对象的属性类型按照 ORACLE 数据库提供的数据类型来定义。然后, 将各类实体间的关联关系用 UML 语言中的类图关系来描述, 图 2 是部分数据实体的概念模型。

在图 2 中, 每一类工程地质数据作为一个子类进行数据的概念模型设计。矩形框的最上部分代表数据对象的名称, 如上图中的数据对象分别为: 任务基础数据, 项目基础数据和调查作业基础数据等; 矩形框的中间部分代表数据对象所拥有的属性, 在上图中项目基础数据对象拥有的属性有: 项目代码, 项目名称和项目类型等。矩形框的最下部分定义数据对象上可以拥有的行为操作, 由于本文只是针对数据结构进行设计研究, 因此, 上图中没有为任何一个数据对象定义行为操作。

在图 2 中, 任务基础数据与项目基础数据之间的关系是单向关联的关系, 即通过项目的基础信息可以得知其所属的调查任务。关系连线上的数字表示数据对象之间的对应关系, 如任务基础数据与项目基础数据是一对多的关系, 即一个调查任务包含若干个项目。同样, 每一个项目包含不同的调查作业。项目基础数据与项目的数学基础数据、调查船数据和调查设备数据的关系是聚集关系, 即整体和部分的关系。一个项目只能有一套数学基础信息, 但可以有若干的调查船和调查设备。调查作业基础数据与其他各个不同专业的具体调查作业的关系是继承的关系, 即子类 and 父类的关系, 子类继承父类的属性。

3 逻辑结构设计

数据库的概念模型设计完后, 要将数据实体之间的联系转换成关系模式, 设计数据的逻辑结构, 确定关

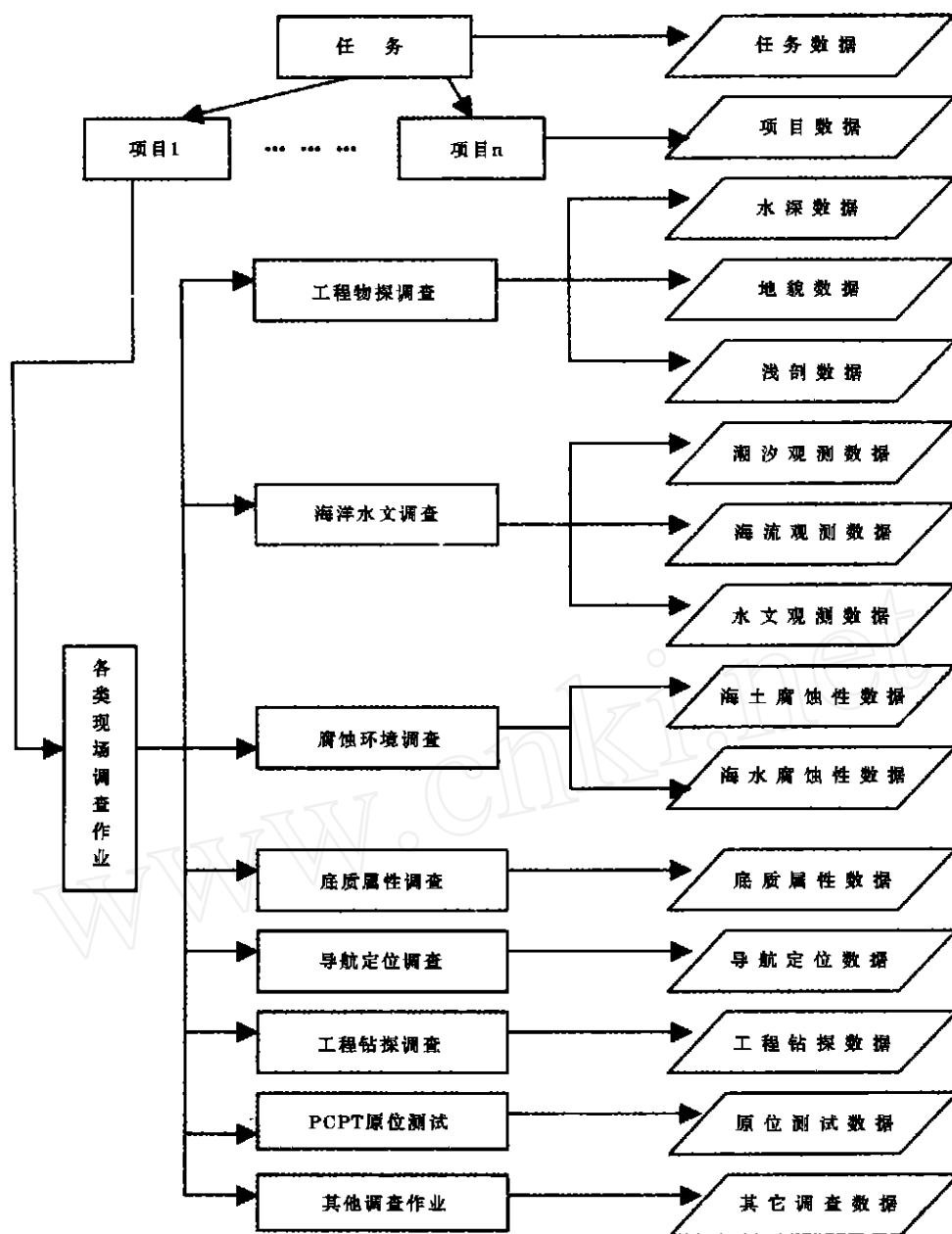


图1 渤海工程地质勘探工作流程图

Fig. 1 Engineering geology exploration work flow chart for the Bohai Sea

系模式的属性和码。在具体实施过程中, 每一个类图转换为一个关系模式, 即数据库中的表(Table), 实体的属性就是关系模式的属性字段(Field), 实体的码就是关系模式的关键字。每一个数据实体对象在数据库中表现为一条记录(Record), 即一行。不同的数据对象之间要有一个标识其唯一性的关键字, 即主键(Primary Key)。主键可以由一个属性字段或多个属性字段的组合来表示。当数据实体之间的关系是关联关系时, 用外键(Foreign Key)来连接其对应的关系模式, 如在图2所对应的关系模式中, 项目基础数据对象和任务基础数据对象是关联关系, 他们分别转换为项目基础数据表和任务基础数据表, 其中, 项目基础数据表中的“所属任务”属性字段作为外键与任务基础数据表中的“任务代码”相对应。当数据实体之间是继承的关系时, 只需将子类转换为关系模式, 它继承父类的属性, 而不创建父类的关系模式, 如在图2所对应的关系模式中, 只创



图 2 数据实体之间的概念层关系类图

Fig. 2 Conception-layer relation class diagram of data entities

建潮汐观测基础数据表、水深调查基础数据表和海水腐蚀性调查数据表等子类的关系模式, 而不创建调查作业基础数据表等父类的关系模式。当数据实体之间的关系为聚集关系时, 部分数据实体既可以转换为各个独立的关系模式, 以整体数据对象的主键为外键进行相互关联, 也可以将部分数据实体的属性合并到整体数据对应的关系模式中。根据图 2 做出与项目相关的数据对象的逻辑结构关系(图 3)。

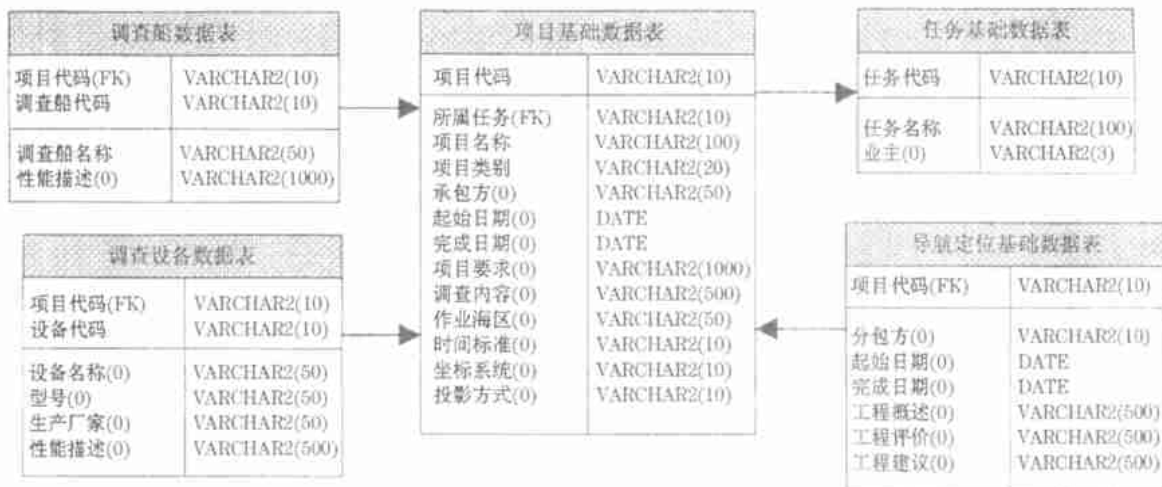


图 3 数据库的逻辑结构关系图

Fig. 3 Logical structure relation diagram of database

在图 3 中,不同的数据表表示由不同数据对象转换来的关系模式。矩形框的最上方是数据表的名称,在竖线的左边是数据表的属性字段,右边为属性字段的类型。在横线上面的属性字段为数据表的主键,用以区别不同的记录,即不同的数据对象,如图中的“项目代码”和“任务代码”。标有“FK”的字段为外键,用于数据表之间的关联,如项目基础数据中的“所属任务”属性字段,它作为外键与任务基础数据表中的“任务代码”属性字段相对应,通过它可以得知一个项目所属的任务的基础信息。图中标有“O”的属性字段表示可选,即它的值可以为空。该图中,项目基础数据表合并了具有聚集关系的项目数学基础数据实体的属性,提高了检索速度,节省了存储空间。同样,与项目基础数据实体具有聚集关系的调查设备数据实体和调查传输具实体则单独作为一个关系模式,通过外键“项目代码”与项目基础数据表关联。导航定位基础数据表继承了它的父类调查作业基础数据对象的属性,如分包方、起始日期和完成日期等。

通过对数据库逻辑结构的分析,得到一系列数据对象的逻辑结构表。根据这些数据的逻辑关系及其属性结构,制定相应的数据逻辑结构的填写规定,规定数据逻辑结构表的每一字段的类型以及相应的约束条件(图 4)。

序号	数据项名称	代码	类型	宽度	小数位	单位	主键	外键	是否为非空	约束条件
1	任务代码	RWDM	VARCHAR2	10			Y			
2	任务名称	RWMC	VARCHAR2	100					Y	
3	业主	YZ	VARCHAR2	3					Y	

图 4 任务基础数据逻辑结构的填写规定

Fig. 4 Written regulation for task basic data's logical structure

同时,针对数据逻辑结构的特点以及应用需求,将数据分为属性数据和空间数据两类,并分别以不同的方式存储在 ORACLE 数据库中。其中,属性数据根据其逻辑结构在数据库中建立相应的关系表,利用数据库关系模型成熟的语言(SQL)和相关算法对属性数据进行存储和管理;而空间数据则采用 ORACLE 提供的空间数据插件技术,应用 SDO. GEOMETRY 的对象数据类型进行存储^[5],通过唯一的 ID 表示与外部的相应的属性数据逻辑关系表进行关联。这样,渤海工程地质数据库既能提供高效快速的空间查询检索功能,又能管理结构复杂的空间数据对象,实现空间数据对象的属性信息和空间信息的无缝存储,提高数据库的存取效率和数据的完整性。

4 物理结构设计

数据库的物理结构设计主要是规定数据库的存储结构和存储方式,使得在数据库上运行的各种事务响应时间少,存储空间利用率高,事务吞吐量大,数据安全性高。

本设计在存储外设上采用 RAID-1 磁盘阵列,实现数据的同步复制,确保数据库在出现故障时能够完全恢复。

在数据的存储管理上,采用 ORACLE 数据库提供的表空间的管理模式,将属于不同调查方法的数据对象(图 2)分别放在独立的表空间中进行管理。例如,本设计中设置了项目表空间、导航定位表空间和水深调查表空间等 14 个表空间。每个表空间对应一个或多个数据文件,并且根据各类数据的大小和读写频率设计相应的数据段、回滚段和索引段,规定每个段中数据块的参数值。其中,数据段存放数据表的数据,回滚段存放被每个事务修改的数据的旧值,用于回滚事务和恢复数据库,索引段存放索引的数据,用于快速查询数据。对于经常在查询条件中出现的属性字段建立索引,加快对数据的查询操作。对于经常在一起进行连接的数据表建立聚簇关系,通过聚簇码来进行连接访问,对于含有聚簇码的 UNION, GROUP BY 和 GROUP BY 等子句或短语的数据操作特别有利。下面针对与项目有关数据的存储空间分配及相应的参数设置,给出具体的 SQL 语言实现代码:

```
create tablespace bh_xm          /* 为项目的相关数据创建项目表空间, bh_bj 为表空间的名称 */
datafile 'e:\oradata\bh\bh_xm.dbf' /* 为表空间指定数据文件 bh_bj.dbf */
```

```

size 32m                                /* 表空间的初始大小 */
reuse
autoextend on                          /* 可自动扩展 */
next 4m                                /* 每次扩展 4m */
maxsize unlimited;                     /* 可无限制的扩展 */

create table xm_rw                      /* 创建任务基础数据表 xm_rw */
(
  rwdm      varchar2(10),
  rwmc      varchar2(100),
  yz        varchar(3),
  constraint pk_xm_rw primary key       /* 为字段 rwdm 创建主键约束 */
  (
    rwdm
  )
  using index                          /* 为该主键建立索引, 并规定索引段的相关存储参数 */
  pctfree 10
  storage
  (
    initial 2m
    next 2m
    minextents 1
    maxextents unlimited
    pctincrease 0
  )
  tablespace bh_xm                     /* 将该索引段放入项目表空间中 */
  pctfree 10                          /* 为任务基础数据表创建数据段, 并规定数据段的相关存储参数 */
  pctused 70
  storage
  (
    initial 4m
    next 4m
    minextents 1
    maxextents unlimited
    pctincrease 0
  )
  tablespace bh_xm;                   /* 将任务基础数据表放入项目表空间中 */

create public rollback segment rbs_xm  /* 为项目表空间创建回滚段 rbs_xm */
tablespace bh_xm                      /* 将回滚段放入项目表空间中 */
storage                              /* 设置回滚段的存储参数 */
(

```

```

initial 2m
next 2m
);
alter rollback segment rbs_xm online; /* 将回滚段联机使用 */

```

5 安全设计

数据库的安全设计主要是针对保护数据的安全性和数据的完整性来设计的,用于保护数据库,以防止对其不合法地使用所造成的数据泄漏、更改或破坏。本设计主要针对不同级别的用户授予相应级别的访问特权,对用户的数据库访问权限进行控制,控制粒度限制到关系模式的每一列,即每一条记录。经过分析,本设计将数据库系统的用户分成 2 大类 5 小类(图 5)。

其中,数据库管理员具有管理员特权,可以为用户提供无限的特权,对数据库做任何事;单位领导通过对相关信息的查询和分析,对工程项目进行管理、计划和决策;专业工程师负责相应专业工程调查数据的维护和管理;应用程序开发人员具有对特定对象的创建权力,用于对数据库应用程序的开发,一般将其限制在测试数据库中,而不具有生产数据库的权限;普通用户只具有对相关对象的查询浏览等基本访问权限。未注册用户需要进行特权申请,由管理员授予相应级别的特权。

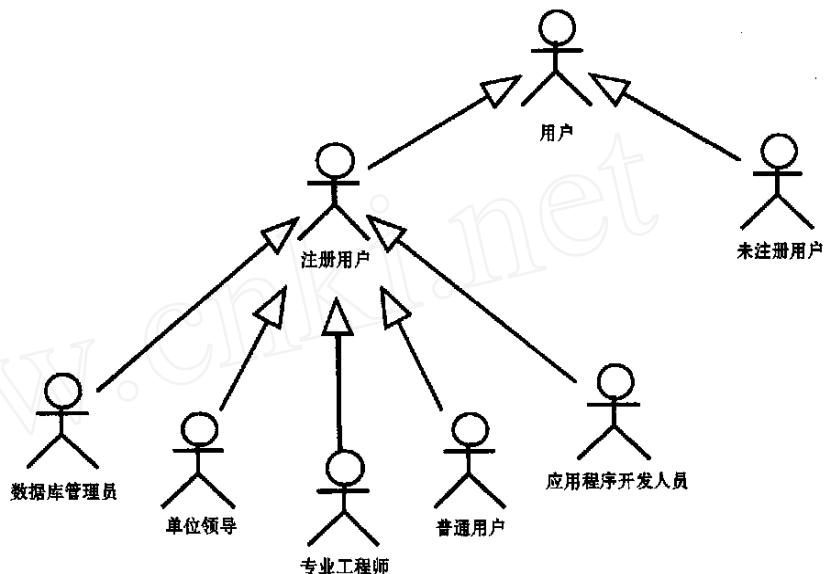


图 5 数据库的用户组成结构

Fig 5 User's organization structure of database

本设计采用角色的概念,先将不同级别的特权授予不同的角色,再将角色分配给级别相同的用户,使得对用户特权的管理更高效和简单。例如,将创建表和索引的特权授予角色 role_bh,然后将该角色授予用户 bohai:

```

create role role_bh;
grant create table, create index to role_bh;
grant role_bh to bohai;

```

此外,本设计利用 ORACLE 系统提供的审计工具,对某个用户或用户的某种操作进行跟踪,及时发现可疑的用户和可疑的活动。例如对任务基础数据表 xm_rw 的更新操作进行审计:

```
audit update on xm_rw;
```

系统就自动跟踪记录任何对任务基础数据表的更新操作,放入审计日志中,数据库管理员可以利用审计跟踪的信息,重现导致任务基础数据表破坏的操作,找出非法操作的人、时间和内容等。

6 结 语

渤海工程地质数据库采用面向对象的方法对数据库结构进行分析和建模,在现有成熟的关系数据库技术

的基础上加入了面向对象(SDO. GEOMETRY 的对象数据类型)的特征, 即对象—关系数据库。该数据库综合了对象模型与关系模型的优点, 既可以利用对象数据模型有效地表达结构复杂的空间数据实体以及它们之间的继承、聚集和泛化等关系, 同时又能够结合关系模型的成熟的数据库算法和语言, 实现数据库的高效管理和快速查询, 提高数据库的存取效率和数据的完整性, 满足应用需求。但是, 关系模型与对象模型毕竟是两种不同的数据模型, 避免不了两种数据模型之间的转换和兼容问题, 因此, 如何有效地综合应用两种数据模型, 减少两者之间的冲突, 从而提高数据库的管理和应用效率, 是今后在具体实践过程中需要研究和解决的问题。

参考文献(References):

- [1] Pan J P, Wang H and Gan F P. Analysis and design of GIS-based graphic library system of petroleum exploration[J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 2002, 27(1): 59-62 潘继平, 王 华, 甘甫平. 基于 GIS 的石油勘探图形库系统分析和设计[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2002, 27(1): 59-62
- [2] Hu C J, Tong Z Q and Tong Y H. Research on constructing of object-oriented petroleum common data model[J]. *Journal of Software*, 2001, 12(3): 427-434 胡长军, 仝兆岐, 童云海. 面向对象石油管理公共数据模型建立研究[J]. *软件学报*, 2001, 12(3): 427-434
- [3] Wang H M, Hao T Y, Zhang M H, et al. Marine geographic information system for comprehensive prediction of offshore oil and gas resources[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2000, 5A (10): 868-872 王红梅, 郝天珧, 张明华, 等. 面向海洋油气资源综合预测的海洋地理信息系统研究[J]. *中国图形图像学报*, 2000, 5A (10): 868-872
- [4] Ding C. ORACLE8/8i Database System Management[M]. Beijing: People's Post & Telecommunications Publishing House, 2001, 1-5 丁 铨. ORACLE8/8i 数据库系统管理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001. 1-5
- [5] Li Z H. Object-relation model of ORACLE spatial database: Discussion on RDB and OODB application in GIS [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 2002, 27(3): 333-337. 李振华. ORACLE 空间数据库的对象-关系模式初探——兼议关系数据库和面向对象数据库在 GIS 中的应用[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2002, 27(3): 333-337.
- [6] Sa S X and Wang S. An Introduction to Database System[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. 392-406 萨师煊, 王 珊. 数据库系统概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 392-406
- [7] Liu C and Zhang L. Visualization of Object-Oriented Model Techniques[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1999, 1-60 刘 超, 张 力. 可视化面向对象建模技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999. 1-60

Analysis and Design of ORACLE-based Engineering Geology Database Structure for the Bohai Sea

SU Tian-yun¹, LIU Bao-hua¹, LIANG Rui-cai¹, ZHENG Yan-peng¹, WANG Yong¹, SUN Jian²

(1. First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;

2. Qingdao Jitai Marine Technology Company, Qingdao 266000, China)

Abstract: In this paper, the design plan of ORACLE-based engineering geology database structure for the Bohai Sea is described with respect to demand analysis, conceptual structure design, logical structure design, physical structure design and security design. In the analysis process, the object-oriented unified modeling language (UML) was used to model the conceptual structure of database, and the object-oriented relational database ORACLE was used to analyse and design the storage space and security performance of data so that the database can provide rapid and efficient functions for data storage, maintenance and retrieval to meet the application requirements of the Bohai oil field demonstration zone information system.

Key words: Bohai Sea; engineering geology; ORACLE; UML; object-oriented; relational database

Received: November 9, 2002