

基于 Oracle Spatial 的配电网 GIS 数据存储方法

聂 独, 李晓明, 田 雪, 夏俊峰

(武汉大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 针对配电网地理信息系统(GIS)数据存储技术方面目前存在的数据不一致、存取速度慢等问题,提出了一种基于 Oracle Spatial 的数据存储方法。对比目前主要的数据存储方式,介绍了对象关系型数据库在空间数据存储方面的优越性,分析了利用 Oracle Spatial 组件存储 GIS 空间数据的原理,并且提供了一个该方法的应用实例。该实例的程序使用 Java 语言编写,而且采用了面向 GIS 应用的开源代码。程序的运行结果表明实例所采用的数据存储方法能够在配电网 GIS 中实现空间数据和属性数据的一体化存储。

关键词: 配电网; 地理信息系统; Oracle Spatial; 数据存储; Java

中图分类号: TP392; TM72

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)05-0042-04

配电网地理信息系统即配电网 GIS^[1-2],以供电区域的电子地图为背景,综合管理变电站、主干线路、分支线路、杆塔、变压器等设备。它将供电区辖地理信息和供电网的基础数据相结合,所涉及的数据量非常庞大且类型复杂,既包括大量的电网图形信息,又包括各种设备的技术参数信息。为了保障数据的一致性和存取速度,提高整个系统的稳定性和效率,必须采取有效的方式管理这些数据。Oracle 的空间数据组件 Oracle Spatial 实现了空间数据和属性数据的一体化存储和管理,从而能够在配电网 GIS 中有效地解决数据的存储问题。

1 配电网 GIS 数据的存储

配电网 GIS 数据的存储方式关系到整个系统的稳定性和效率。因此,在建立一个完整的配电网 GIS 应用系统之前,必须选择一种合理的方式有效地管理系统的各种数据。

1.1 配电网 GIS 的数据类型

与一般的地理信息系统相同,配电网 GIS 的数据类型可分为空间数据和属性数据 2 种^[3-4]。

空间数据是用于表现点、线、面等地理元素的空间位置与空间关系的数据,是其对应空间实体的地理编码,例如变电站的地理位置、杆塔与线路的关系、线路的走向等。

属性数据是描述系统中地理元素的非空间信息的数据,通常反映与空间实体相对应的属性,例如变压器的额定容量、杆塔类型、线路长度等。

1.2 配电网 GIS 数据存储方式

目前,国内主要的 GIS 应用系统中,在数据存储方式上,通常做法是将空间数据和属性数据分别存

储^[4]。属性数据利用关系型数据库存储,对于空间数据,由于其特殊性,则保持原有文件结构不变,以文件形式存储。采用这种存储方式构建 GIS 应用系统需要通过在空间数据文件和关系型数据库中的属性数据之间建立关联。这种两类数据分开存储的方式可较简单地实现地理图形和数据库的连接,一般适用于静态的、单机的地学领域应用。但是,在配电网 GIS 中,地理图形和配电设备的信息数据量大而且经常变化,如果空间数据和属性数据分离,应用系统对每个空间实体的操作都要同时与关系数据库和文件系统进行复杂的交互,这样势必影响系统的执行效率和可靠性,对系统数据的完整性和一致性的维护也造成了很大的困难。而且,随着 GIS 应用向分布式管理系统发展,这种数据管理模式在实现数据共享、网络通信、并发控制及数据的安全恢复机制等方面出现的困难也限制了 GIS 应用的发展。

为解决上述问题,必须在 GIS 中实现空间数据和属性数据的一体化存储。

在 GIS 应用中,传统的关系型数据库管理系统(RDBMS)的数据类型及关系模型较简单,难以处理结构复杂的数据,例如几何实体数据,而这类数据正是 GIS 数据中最为关键的部分。随着面向对象技术的发展,面向对象型数据库(OODB)的出现为 GIS 数据管理提供了新的解决思路。OODB 利用类描述复杂对象,使用类中的封装方法模拟对象的复杂行为,用继承性实现对象的结构和方法的重用,从而能够通过对象模型处理非结构化的空间数据。但是,OODB 不支持 SQL 语言,在通用性方面失去了优势,因而其应用领域受到较大局限^[5-6]。

对象关系型数据库(ORDB)在技术发展成熟的关系型数据库的基础上加以扩展,并且增加了面向对

象特性,实现了关系型数据库和面向对象型数据库两方面的优势结合,它是目前数据库技术的一个重要发展方向^[4-5]。ORDB 具有扩展数据类型和函数的机制,支持对非结构化的复杂数据类型的面向对象管理,同时,它又与纯关系型数据库的数据兼容,提供了通用、高效的结构化查询语言,并具有自身独特的 SQL 语句扩展。而且在 ORDB 中,空间数据表示为一个对象类型的列,它可以很好地和其他类型的关系数据有效地结合在一起。因此,可以利用 ORDB 的上述优点对配电网 GIS 的属性数据和空间数据进行一体化管理。

下面将提出一种使用 ORDB 存储 GIS 数据的有效方法,并对方法的原理作分析。

2 Oracle Spatial 存储 GIS 空间数据原理

作为一种优秀的对象关系型数据库,Oracle 9i 提供的空间数据组件 Oracle Spatial 具有对空间数据能迅速有效地存储、查询及分析的一系列函数和过程,因此,可利用 Oracle Spatial 把空间实体的空间数据和属性数据存入同一个数据库中,同时建立空间数据索引,从而实现 GIS 数据的一体化存储和管理。

Oracle Spatial 由以下组件构成^[5-7]:

- a. 一种用于规定 Oracle 所支持的空间数据类型的存储、语法、语义的模式(Schema),称为 MDSYS;
- b. 一种空间索引机制;
- c. 一组用于处理空间区域的交叉、合并和联接的操作符和函数集;
- d. 一组实用管理工具。

在 Oracle Spatial 的对象关系模型下,同一图层的空间实体存储在同一数据库表中,一个空间实体存储为表的一行记录,其空间属性用 SDO_GEOMETRY 类型的字段存储。空间索引的创建和维护由基本的 SQL 数据定义语言和数据操纵语言完成。此处 SDO_GEOMETRY 是 Oracle Spatial 存储空间数据的一种数据类型,该类型可和其他数据类型一样单独存储于数据库表的某一列中。Oracle Spatial 是这样定义 SDO_GEOMETRY 这种抽象数据类型的:

```
CREATE TYPE SDO_GEOMETRY AS OBJECT (
    SDO_GTYPE NUMBER,
    SDO_SRID NUMBER,
    SDO_POINT SDO_POINT_TYPE,
    SDO_ELEM_INFO MDSYS.SDO_ELEM_INFO_
    ARRAY,
    SDO_ORDINATES MDSYS.SDO_ORDINATE_
    ARRAY);
```

可以看出,这种对象类型的字段由以上 5 种对象属性组成,一个空间实体的所有空间信息全部存储在这 5 个属性中。这些对象属性的含义如下:

a. SDO_GTYPE 代表空间实体的类型,不同的数值代表不同的类型,例如 d 001 表示点,d 002 表示线字符串,d 003 表示多边形区域等;

b. SDO_SRID 用于标识与几何对象相关的空间坐标参考系,它决定了一个空间实体是否具有唯一的空间编号,一般将它作为空间索引的编号;

c. SDO_POINT 是一个包含 X,Y,Z 数值信息的对象,用于表示几何类型为点的几何对象,如果 SDO_ELEM_INFO 和 SDO_ORDINATES 数组都为空,则 SDO_POINT 中的 X,Y,Z 为点对象的坐标值,否则,SDO_POINT 的值可以忽略(用 NULL 表示);

d. SDO_ELEM_INFO 定义为一个可变长的数组,用于解释坐标是如何存储在 SDO_ORDINATES 数组中的;

e. SDO_ORDINATES 也是一个可变长的数组,用于存储几何对象的真实坐标,该数组的类型为 NUMBER,它必须与 SDO_ELEM_INFO 数组配合使用才具有实际意义。

Oracle Spatial 主要通过元数据表、空间数据字段(即 SDO_GEOMETRY 字段)和空间索引管理空间数据,并在此基础上提供一系列空间查询和空间分析的函数,让用户进行更深层次的 GIS 应用开发。Oracle Spatial 使用空间字段 SDO_GEOMETRY 存储空间数据,用元数据表管理具有 SDO_GEOMETRY 字段的空間数据表,并采用 R 树索引和四叉树索引技术^[7-8]提高空间查询和空间分析的速度。

3 应用实例

配电网 GIS 应用系统采用 JBuilder 9 和 Oracle 9i 作为开发平台。不同于建立在 ArcGIS 或 Mapinfo 等 GIS 专用软件平台上的系统,本系统使用 Java 语言建立,因而为了简化程序的编写,有必要采用一些面向 GIS 的 Java 类库。GeoTools 是英国 Leeds 大学开发的一种免费的、开放源代码的 GIS 工具包,由 Java 语言编写,它提供了大量用于空间数据读写的类和接口。本系统中与 Oracle Spatial 相关的功能都由它们实现,从而避免了复杂的空间数据操作。在下面的实例中将使用这些类和接口完成配电网线路的空间数据存储。

3.1 供电区域地理背景图存储

实例采用的地理背景图文件格式为 Shapefile。Shapefile 是美国 ESRI 公司提供的存储地理数据的矢量格式,是一种常见的交换格式,支持点、线、面等地理要素。Oracle 公司发布了一个免费的公用程序 SHP2SDO^[7-9]用以实现将 Shapefile 导入 Oracle 数据库。使用 SHP2SDO 可从 Shapefile 中读取几何结构和属性,然后创建相应的 Oracle 表及 SDO_GEOMETRY 列所需的相关元数据。该程序已经通过了广泛测试。

使用 SHP2SDO 将 Shapefile 导入 Oracle 数据库

的具体过程如下:

实例使用的地理背景图文件名为 geo.shp, 在 DOS 下运行 SHP2SDO.EXE,

```
C: \>shp2sdo
```

之后将生成 geo.sql 和 geo.ctl 2 个文件,

然后运行 SQL 脚本文件 geo.sql,

```
C: \>sqlplus user/passwd@instance
```

```
SQL>@geo.sql
```

```
SQL>QUIT
```

user,passwd,instance 分别是用户名、口令、服务名, 再将控制文件 geo.ctl 导入数据库,

```
C: \>sqlldr user/passwd@instance geo
```

最后创建索引,

```
C: \>sqlplus user/passwd@instance
```

```
SQL>CREATE INDEX geo_idx ON geo (GEOM)
```

```
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

这样就完成了地理背景图的存储。

3.2 配电网线路图存储

对于配电网线路图,通常采取按设备分图层存储的方法。线路、变压器、杆塔及其他配电设备,分别按其类别存储在同一图层,每个图层的属性数据和空间数据处于同一数据库表中,表中的每条记录代表一个设备。

以变压器为例,为了将变压器的相关参数和地理位置保存到数据库,首先在 JBuilder 工程中创建一个变压器类 Transformer,在这个类中,除了定义变压器的运行编号、额定容量等相关属性所对应的各个变量以外,还要定义一个方法^[10]createFeature()用以响应绘制配电网线路图时的操作:

```
public Feature createFeature(){
    Feature transformer=null;
    AttributeType[]types = new AttributeType[3];
    //设置变压器属性
    types[0]=AttributeTypeFactory.newAttributeType
("NAME",String.class);
    types[1]=AttributeTypeFactory.newAttributeType
("CAPABILITY",String.class);
    types[2]=AttributeTypeFactory.newAttributeType
("GEOM",Point.class);
    FeatureType pointType=FeatureTypeFactory.new-
FeatureType(types,"transformer");
    GeometryFactory geomFac=new GeometryFactory
();
    Point point1=geomFac.createPoint(Coordinate);
    //指定对象坐标
    transformer=pointType.create(new Object[]{Name,
Capability,point1}); //生成变压器对象
    return transformer;
}
```

在地理背景图上绘制配电网线路图后必须将线路设备的数据保存到 Oracle 数据库,例如变压器相关数据的存储可以用下面的方法实现。

```
public void saveFeaturesToOracle(){
    MemoryDataStore temp = new MemoryDataStore
();
    OracleDataStoreFactory factory=new OracleData-
StoreFactory();
    Map params=new HashMap(); //设置连接 Ora-
cle 数据库参数
    params.put("instance","server");
    params.put("schema","data");
    params.put("dbtype","oracle");
    params.put("host","202.114.103.130");
    params.put("port","1521");
    params.put("user","guest");
    params.put("passwd","guest");
    DataStore dataStore = (OracleDataStore) factory.
createDataStore(params); //连接数据库
    FeatureStore featureStore = (FeatureStore) (data-
Store.getFeatureSource)
("TRANSFORMER_GEOM")); //连接表
    Feature featurePoint = createFeature(); //调用
createFeature()创建一个对象
    FeatureReader featureReader=DataUtilities. reader
(new Feature[]{featurePoint});
    featureStore.addFeatures(featureReader); //保存
对象
}
```

变压器数据存储完成后,可在 Oracle Enterprise Manager 中看到变压器的空间数据和属性数据处于同一个表中,空间字段 SDO_GEOMETRY 位于表的 1 列,而且 1 条记录包含 1 台变压器的所有信息,这样就达到了 GIS 数据一体化存储的目的。类似地,可实现杆塔、线路等其他配电设备的数据存储。

值得提出的是:上述代码片段中用到了很多 GeoTools 提供的类和接口,例如 Feature,GeometryFactory,DataStore,OracleDataStoreFactory 等。调用 JDBC (Java Database Connectivity)连接数据库、发送 SQL 语句、利用 Oracle Spatial 创建空间对象等功能都由 GeoTools 实现。GeoTools 特别适用于基于 Java 的 GIS 开发,有着很好的应用前景。具体的源代码、例程及相关特性的介绍文档可参考链接: <http://www.geotools.org>。

4 结语

利用 Oracle Spatial 组件提供的空间数据类型、空间索引机制及一系列函数和过程,能够在配电网

GIS 中实现空间数据和属性数据的一体化存储,从而使数据的操作和管理更加方便,提高了系统的可靠性和执行效率。实例充分利用 GeoTools 提供的开源代码简化程序的编写,这也为配电网 GIS 的开发提供了一个新的思路。本文提出的基于 Oracle Spatial 的配电网 GIS 数据存储方法已经在某市供电公司的配电网业扩报装系统的开发中得到应用,并取得良好成效。

参考文献:

- [1] 孙才新,周浪,刘理峰,等. 电力地理信息系统及其在配电网中的应用[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 邱家驹,李军. 配电网地理信息系统[J]. 电力系统自动化,1997,21(3):13-16.
- QIU Jia-ju,LI Jun. The geographic information system in distribution networks[J]. **Automation of Electric Power Systems**,1997,21(3):13-16.
- [3] 伏玉琛,周洞汝. 地理信息系统技术及其在配电管理中的应用[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1999.
- [4] 潘农菲. 基于 Oracle spatial 的 GIS 空间数据处理及应用系统开发[J]. 计算机工程,2002,28(2):278-280.
- PAN Nong-fei. The spatial data access technology and application development of GIS based on oracle spatial [J]. **Computer Engineering**,2002,28(2):278-280.
- [5] 东凯,方裕. 空间数据库模型概念与结构研究[J]. 地理信息世界,2004,2(2):8-16.
- DONG Kai,FANG Yu. Concept of spatial database model and its architecture research [J]. **Geomatics World**, 2004, 2(2):8-16.
- [6] 姜永刚,成枢,田茂义,等. 矢量图形数据的空间数据库存取方法的研究[J]. 测绘与空间地理信息,2004,27(4):7-10.
- JIANG Yong-chan,CHENG Shu,TIAN Mao-yi,et al. Study on access method of spatial database of vector figure data[J]. **Geomatics & Spatial Information Technology**, 2004,27(4):7-10.
- [7] Oracle Corporation. Oracle spatial user's guide and reference 9.0.1[EB/OL]. (2002-11-25)[2005-09-09]. <http://www.oracle.com/technology/documentation/spatial.html>.
- [8] 伏玉琛,郭薇,周洞汝. 空间索引的混合数结构研究[J]. 计算机工程与应用,2003(17):41-42.
- FU Yu-chen,GUO Wei,ZHOU Dong-ru. Hybrid-tree:an indexing structure of spatial database [J]. **Computer Engineering and Application**,2003(17):41-42.
- [9] 任海军,李见为,文俊浩. 基于 OpenGIS 空间数据转换系统设计及实现[J]. 计算机工程与应用,2004(26):172.
- REN Hai-jun,LI Jian-wei,WEN Jun-hao. Design and implementation of geo-spatial data transfer system based on OpenGIS[J]. **Computer Engineering and Application**, 2004(26):172.
- [10] 马素霞,齐林海,孙利辉,等. 基于网络的电厂地理信息系统研究[J]. 中国电力,2000,33(8):64-66.
- MA Su-xia,QI Lin-hai,SUN Li-hui,et al. A study of power station geographic information system based on Internet[J]. **Electric Power**,2000,33(8):64-66.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

聂 独(1979-),男,湖北洪湖人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制(E-mail:niedu123@126.com);

李晓明(1955-),男,湖北应城人,教授,从事电力系统运行与控制方面的科研与教学工作;

田 雪(1981-),女,河北沧州人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制;

夏俊峰(1979-),男,湖北咸宁人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制。

Data storage method of power distribution GIS based on Oracle Spatial

NIE Du,LI Xiao-ming,TIAN Xue,XIA Jun-feng

(School of Electrical Engineering,Wuhan University,Wuhan 430072,China)

Abstract: Aiming at the data inconsistency and low access rate in data storage of PDGIS (Power Distribution Geographic Information System),a data storage method based on Oracle Spatial is proposed. Compared with current major methods of data storage,the advantage in spatial data storage of the ORDB (Object Relational DataBase) is presented. The principle of GIS spatial data storage with Oracle Spatial is analyzed with an application example. Its program is written in Java,importing some open source codes designed for GIS applications. The result shows that the data storage method adopted in the example realizes the integrative storage of attribute data and spatial data of PDGIS.

Key words: distribution network; GIS; Oracle Spatial; data storage; Java