

# 开源GIS与空间数据库 实战教程

陈永刚 编著

清华大学出版社



# 开源GIS与空间数据库 实战教程



陈永刚 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以开源 GIS 软件和开源空间数据库 PostgreSQL 为主要内容,特别是以空间数据库 PostgreSQL 为中心,以 OGC 标准为主线,详细介绍 PostgreSQL、QGIS、GeoServer 等开源软件及其应用案例。全书分为 8 章,第 1 章对空间数据库的发展状况进行介绍和分析;第 2 章简单介绍开源 GIS 软件和空间数据库 PostgreSQL 的初步使用;第 3 章介绍空间数据库的 SQL Geometry 数据类型;第 4 章介绍矢量数据空间 SQL 查询与分析操作;第 5 章介绍栅格数据空间 SQL 查询与分析操作;第 6 章介绍利用 QGIS、ArcMap 对空间数据库进行管理以及利用 GeoServer 发布空间信息;第 7 章分别介绍利用 Java 和 C# 对空间数据库进行管理和操作;第 8 章以案例的方式介绍利用开源软件和开源空间数据库在“智慧林业”中的应用。

本书主要针对于教学科研和工程应用,特别对开源 GIS 和空间数据库的理论推广和工程项目应用具有重要的应用价值;本书主要适合于地理信息系统、林业、交通应用、测绘等与地学相关领域的从业人员。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

开源 GIS 与空间数据库实战教程/陈永刚编著. —北京:清华大学出版社,2016  
ISBN 978-7-302-42872-5

I. ①开… II. ①陈… III. ①地理信息系统—数据库系统—教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 022709 号

责任编辑:袁勤勇

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市中晟雅豪印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.25

字 数:257千字

版 次:2016年3月第1版

印 次:2016年3月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

## 前 言

回忆和总结都是有价值的,在过去十年,我在大学教授 GIS 专业的相关课程,挥汗编写代码追赶项目进度,坐飞机到全国各地去赶场传授 ArcGIS 的知识。这十年中,我经历了从学生到老师、从青涩到成熟、从懵懂到淡定的一系列重要阶段。我相信,无论我的一生中有多少个十年,这十年都是在我生命中举足轻重的十年。

自己过去十年走过的那些路,现在看来是如此的崎岖,又充满了缺憾。对人生如此,对产业技术也如此。不过抱怨和自责都是没有价值的,只有留下文字和书稿,去记录和留住那些过去吧。

作为一名在地理信息产业从业长达 15 年之久的老兵,耳边经常听到的是 ArcGIS、SuperMap、Oracle、SQL Server 等内容。不论是我的学生还是认识的朋友,对开源社区(像 Linux、PostgreSQL、Apache 等,尤其像 Hadoop 或者 Linux Kernel 这些知名度高的社区),多数人知道的少之又少;说起来很惭愧,很多人对地理信息产业的中坚力量 OGC、OSGeo 也没有真正地去深入了解过它,更别说为之贡献些什么了。

我觉得这一切都需要改变!

在写作这本书的过程当中,力求内容精练、方法实用,注重 GIS 和空间数据库的理论与实践密切结合,同时反映地理信息产业界的最新研究成果,适合专业学生、从业人员阅读,为地学从业人员提供理论依据和技术参考。

在书稿即将完成之际,感触颇深。本书虽然只是一个开始,但笔者相信可以为今后的研究奠定一个较好的基础。希望通过本书的出版,使更多的专家、同行和学者关注该领域,进一步推动中国基础地理信息的研究和应用。此外,在撰写过程中,马天午、陈孝银、陈振德、单立刚、孙燕飞等出力颇多,对此书的完成花费了很多心血,对他们的付出表示感谢。

本书的研究和出版得到了国家自然科学基金项目(41201408)、浙江省公益项目(2014C32119)和浙江省自然科学基金项目(LY16D010009)的资助。

最后,当今科技的发展突飞猛进,日新月异,本书虽尽可能力求全面,紧跟时代步伐,但深知该领域应用广泛,笔者才疏学浅,难免有遗漏及不足之处,恳请读者见谅并不吝指正。

陈永刚

2015 年 11 月

# 目 录

第 1 章 初识空间数据库 .....	1
1.1 回顾数据库的相关基础知识 .....	1
1.1.1 数据库的基本概念 .....	1
1.1.2 结构化查询语言 .....	1
1.1.3 数据库访问技术 .....	2
1.1.4 数据库的标准 .....	3
1.2 认识空间数据库 .....	4
1.2.1 空间数据库 .....	4
1.2.2 空间数据库标准简介 .....	5
1.2.3 空间数据模型 .....	6
1.3 空间数据库产品 .....	8
1.3.1 常见的商业空间数据库 .....	8
1.3.2 开源空间数据库 .....	8
1.3.3 PostGIS 简介 .....	11
第 2 章 开源 GIS 软件和空间数据库使用初步 .....	14
2.1 PostgreSQL 的安装与 PostGIS 空间引擎配置 .....	14
2.1.1 PostgreSQL 的安装 .....	14
2.1.2 PostGIS 空间引擎配置 .....	18
2.2 QGIS 与 uDig 的安装与配置 .....	24
2.2.1 QGIS 的安装与配置 .....	24
2.2.2 uDig 的安装与配置 .....	26
2.3 GeoServer 的安装与配置 .....	28
2.4 pgAdmin III 的基本操作 .....	35
2.4.1 主窗体 .....	35
2.4.2 导航菜单功能 .....	36
2.4.3 工具栏的介绍 .....	37

2.4.4	数据库与表的创建 .....	37
2.4.5	数据库的备份与恢复 .....	42
2.5	利用 QGIS 将 shp 数据导入 PostgreSQL 空间数据库 .....	43
2.5.1	利用 QGIS 连接 PostgreSQL 空间数据库 .....	43
2.5.2	导入导出 shp 数据 .....	45
<b>第 3 章</b>	<b>空间数据库的 SQL Geometry 数据类型 .....</b>	<b>48</b>
3.1	空间数据类型继承关系 UML 图 .....	48
3.2	空间数据的 WKT 和 WKB 表现形式 .....	48
3.3	空间数据的坐标系统 SRID .....	50
3.4	在 PostgreSQL 中直接利用 SQL 建立空间数据库 .....	51
3.4.1	利用 SQL 语句在 PostgreSQL 空间数据库中建立空间数据表 .....	51
3.4.2	利用 SQL 语句在 PostgreSQL 空间数据表中插入空间数据 .....	51
<b>第 4 章</b>	<b>矢量数据空间 SQL 查询与分析操作 .....</b>	<b>53</b>
4.1	PostGIS 基本类型 .....	53
4.2	管理函数 UpdateGeometrySRID .....	53
4.3	几何构造函数 .....	55
4.3.1	ST_GeomFromText .....	55
4.3.2	ST_MakePolygon .....	56
4.4	几何读写函数 .....	58
4.4.1	ST_IsClosed、ST_IsRing 和 ST_IsSimple .....	58
4.4.2	ST_EndPoint 与 ST_StartPoint .....	60
4.5	几何编辑函数 .....	62
4.5.1	ST_AddPoint .....	62
4.5.2	ST_RemovePoint .....	63
4.6	几何输出函数 ST_AsText .....	65
4.7	运算符函数 && .....	66
4.8	空间关系与量测 .....	67
4.8.1	ST_Centroid .....	67
4.8.2	ST_ClosestPoint .....	68
4.8.3	ST_Intersects .....	70
4.8.4	ST_Relate .....	71
4.9	几何处理函数 .....	73

4.9.1	ST_Buffer	73
4.9.2	ST_Intersection	75
4.9.3	ST_Union	76
4.10	线性参考函数 ST_LineInterpolatePoint	78
4.11	杂类函数 ST_Point_Inside_Circle	79
4.12	特殊函数 PostGIS_AddBBBox	81
<b>第 5 章</b>	<b>栅格数据空间 SQL 查询与分析操作</b>	<b>82</b>
5.1	栅格数据管理	82
5.1.1	新建栅格数据	82
5.1.2	导出栅格数据文件	83
5.1.3	导入空间数据库	83
5.2	栅格数据属性查询	86
5.2.1	ST_MetaData	86
5.2.2	ST_BandMetaData	86
5.2.3	ST_Histogram	87
5.2.4	ST_Value	88
5.2.5	ST_Resize	89
5.3	栅格数据间的空间关系	91
5.3.1	ST_Intersects	91
5.3.2	ST_Contains	91
5.4	栅格数据处理与分析	92
5.4.1	ST_Clip	92
5.4.2	ST_Union	93
5.4.3	ST_HillShade、ST_Slope 和 ST_Aspect	95
<b>第 6 章</b>	<b>利用 QGIS、ArcMap 和 GeoServer 对空间数据库进行管理、操作和发布</b>	<b>97</b>
6.1	利用 QGIS 对 PostgreSQL 空间数据库进行空间数据管理	97
6.1.1	在 QGIS 中加载 PostgreSQL 空间数据库数据	97
6.1.2	编辑导入的空间数据,并保存在数据库中	99
6.2	利用 ArcMap 对 PostgreSQL 空间数据库进行空间数据管理	101
6.2.1	在 ArcGIS 和 PostgreSQL 中配置相关文件	101
6.2.2	在 ArcMap 设置到 PostgreSQL 的连接	103
6.3	利用 GeoServer 发布 PostgreSQL 中的空间数据	105

6.3.1	发布空间数据 .....	105
6.3.2	预览发布的空间数据 .....	110
6.4	利用 Udig 修饰 PostgreSQL 中的空间数据 .....	111
6.4.1	利用 Udig 美化地图 .....	111
6.4.2	在 GeoServer 中为发布地图添加地图样式 .....	115
<b>第 7 章</b>	<b>利用 Java 和 C# 对空间数据库进行管理和操作 .....</b>	<b>120</b>
7.1	Geotools、JTS 地理信息系统 Java 开源库简介 .....	120
7.1.1	Geotools 简介 .....	120
7.1.2	JTS 简介 .....	120
7.2	利用 Geotools 和 JTS 对 PostgreSQL 空间数据库进行空间数据分析 .....	120
7.2.1	新建 Java 项目 .....	121
7.2.2	代码实现 .....	122
7.3	NetTopologySuite 地理信息系统 C# 开源库简介 .....	127
7.4	利用 NetTopologySuite 对 PostgreSQL 空间数据库进行 空间数据分析 .....	127
7.4.1	新建控制台应用程序 .....	127
7.4.2	代码实现 .....	127
7.4.3	在 QGIS 中查看生成的 Shape 文件 .....	128
7.5	SharpMap 地理信息系统 C# 开源库简介 .....	129
7.6	利用 SharpMap 对 PostgreSQL 空间数据库进行 空间数据分析 .....	130
7.6.1	新建 WinForm 程序,并进行简单布局 .....	130
7.6.2	代码实现 .....	132
7.6.3	实现效果 .....	134
<b>第 8 章</b>	<b>面向“智慧林业”的生态公益林开源应用 .....</b>	<b>136</b>
8.1	数据概况与开源解决方案 .....	136
8.1.1	生态公益林数据 .....	136
8.1.2	开源解决方案的总体思路 .....	136
8.2	QGIS 对公益林数据的管理与操作 .....	137
8.3	PostGIS 对公益林数据的管理与操作 .....	139
8.4	QGIS 专题地图的制作 .....	139
8.5	快速发布网络地图 .....	142



8.5.1 安装 qgis2web 插件 .....	142
8.5.2 qgis2web 的参数设置 .....	144
8.5.3 Apache Server 发布地图并在不同移动终端查看 .....	145
附录 A 两大标准几何对象对比表 .....	147
附录 B Geometry 与 ST_Geometry 定义的空间操作对比表 .....	148
附录 C 函数汇总表 .....	151

## 1.1 回顾数据库的相关基础知识

### 1.1.1 数据库的基本概念

#### 1. 什么是数据库

数据库是由一批数据构成有序的集合,这些数据被存放在结构化的数据表中。数据表之间相互关联,反映了客观事物之间的本质联系。数据库系统提供数据安全控制和完整性控制。

数据库发展阶段大致划分为如下几个阶段:人工管理阶段、文件系统阶段、数据库系统阶段、高级数据库阶段。其种类大概有 3 种:层次式数据库、网络式数据库和关系数据库。

对于数据库的明确定义并未形成,随着数据库历史的发展,定义的内容也有很大的不同,其中一种比较普遍的观点认为:数据库(Database)是一个存储在计算机内的、有组织的、有共享的、统一管理的数据集合。

#### 2. 表

在关系数据库中,数据库表是一系列二维数组的集合,用来存储数据和操作数据的逻辑结构。它由纵向的列和横向的行组成,行被称为记录,是组织数据的单位;列被称为字段,每一列表示记录的一个属性,具有相应的描述信息,如数据类型、数据宽度等。

#### 3. 数据类型

数据类型决定了数据在计算机中的存储格式,代表不同的信息类型。常用的数据类型有整型、浮点型、双精度型、二进制型、日期时间型以及字符串型。表中的每一个字段都有某种指定的数据类型。

### 1.1.2 结构化查询语言

结构化查询语言(Structured Query Language,SQL),SQL 语言的主要功能就是与各种数据库建立联系,进行沟通。SQL 语句可以用来执行各种各样的操作,例如更新数据库中的数据,从数据库中提取数据等。目前,绝大多数流行的关系型数据库管理系统,如 Oracle、Sybase、Microsoft SQL Server、Access 等都采用了 SQL 语言。虽然很多数据库

都对 SQL 语句进行了再开发和扩展,但是包括 Select、Insert、Update、Delete、Create 以及 Drop 在内的标准的 SQL 命令仍然可以被用来完成几乎所有的数据库操作。

SQL 语言包含 4 个部分。

- 数据定义语言(DDL): DROP、CREATE、ALTER 等语句。
- 数据操作语言(DML): INSERT、UPDATE、DELETE 语句。
- 数据查询语言(DQL): SELECT 语句。
- 数据控制语言(DCL): GRANT、REVOKE、COMMIT、ROLLBACK 语句。

下面是一条 SQL 语句,该语句声明创建一个 students 表:

```
CREATE TABLE students
(
    student_id INTEGER,
    name VARCHAR(30),
    sex CHAR(1),
    birth DATE
    PRIMARY KEY (student_id)
);
```

该语句创建一张表,该表包含 4 个字段,分别为 student\_id、name、sex、birth。其中 student\_id 被定义为表的主键。

现在只是定义了一张表,表中没有任何数据。接下来这条 SQL 声明语句将在 students 表中插入一条数据记录:

```
INSERT INTO students (student_id,name,sex,birth)
VALUES (41048101,'Leo Keith','1','1990-07-25');
```

执行完该 SQL 语句之后,students 表中就会增加一行新记录,该记录中字段 student\_id 的值为 41048101,name 字段的值为 Leo Keith,sex 字段值为 1,birth 字段值为 1990-07-25。

再使用 SELECT 查询语句获取刚才插入的数据,语句如下:

```
SELECT name FROM students WHERE student_id=41048101;
```

上面简单列举了常用的数据库操作语句,目的是帮助读者回顾数据库的基础知识,以便更进一步学习数据库的其他技术。

### 1.1.3 数据库访问技术

不同的程序设计语言会有各自不同的数据库访问技术,程序语言通过这些技术,执行 SQL 语句,进行数据库管理。主要的数据库访问技术如下。

#### 1. ODBC

ODBC(Open Database Connectivity,开放数据库互连)技术为访问不同的 SQL 数据

库提供了一个共同的接口。ODBC 使用 SQL 作为访问数据的标准。这个接口提供了最大限度的互操作性：一个应用程序可以通过一组共同的代码访问不同的 SQL 数据库管理系统(DBMS)。

一个基于 ODBC 的应用程序对数据库的操作不依赖于任何 DBMS,不直接和 DBMS 打交道,所有的数据库操作由对应的 DBMS 的 ODBC 驱动程序完成。也就是说,不论是 Access、PostgreSQL 还是 Oracle 数据库,均可使用 ODBC API 进行访问。由此可见,ODBC 的最大优点是能以统一的方式处理所有的数据库。

## 2. JDBC

JDBC(Java Data Base Connectivity,Java 数据库连接)是 Java 应用程序连接数据库的标准方法,是一种用于执行 SQL 语句的 Java API,可以对多种关系数据库提供统一访问,它由一组使用 Java 语言编写的类和接口组成。

## 3. ADO.NET

ADO.NET 是微软在 .NET 框架下开发设计的一组用于和数据源进行交互的面向对象类库。它提供了关系数据、XML 和应用程序数据的访问,允许和不同类型的数据源以及数据库进行交互。

### 1.1.4 数据库的标准

在 1.1.2 和 1.1.3 节中介绍了 SQL 的基本使用,我们可以体会到 SQL 的简洁与强大,但是 SQL 的这些优秀特性并不是一蹴而就的,它的发展和数据库发展有着密切的联系,SQL 之所以强大和为之制定的 SQL 标准有直接的关系。

随着数据库技术的发展和信息化水平的提高,出现了很多数据库厂商和产品,为了在各个数据库厂商之间取得更大的统一性,美国国家标准学会(American National Standards Institute,ANSI)于 1986 年发布了第一个 SQL 标准,并于 1989 年发布了第二个版本,该版本已经被广泛地采用。ANSI 在 1992 年更新了 SQL 标准的版本,即 SQL92 和 SQL2,并于 1999 年再次更新为 SQL99 和 SQL3 标准。在每一次更新中,ANSI 都在 SQL 中添加了新特性,并在语言中集成了新的命令和功能。

对于各种数据库产品,ANSI 标准规范化了很多 SQL 行为和语法结构。随着开源数据库产品(例如 MySQL 和 PostgreSQL)日渐流行并由虚拟团队而不是大型公司开发,这些标准变得更加重要。这些开源数据库作为数据库产品占有重要的地位,后面将详细介绍。

现在,SQL 标准由 ANSI 和国际标准化组织(International Standards Organization,ISO)作为 ISO/IEC 9075 标准维护。最新发布的 SQL 标准是 SQL 2008,下一版本的发布工作已经在进行之中,它将包含 RDBMS 在收集或分发数据方式上的新发展。

## 1.2 认识空间数据库

### 1.2.1 空间数据库

#### 1. 数据库与空间数据库

历经五十多年的发展,数据库技术依然成为对海量数据管理的一种重要手段。那么,空间数据库作为数据库的一个分支,利用空间数据库来存储和管理非结构化的空间数据。随着对地观测技术的迅速发展和社会需求的不断增大,基于空间数据的应用领域(如电子地图、导航服务等)也在不断扩大,空间数据的管理将成为今后信息管理的重要组成部分。此外,空间数据库在整个地理信息系统中占有极其重要的地位,主要体现在:用户在决策中通过访问空间数据库获得空间数据,在决策过程完成后再将决策结果存储到空间数据库中。

空间数据库与一般数据库相比,具有数据量大、数据应用广泛和属性数据与空间数据并存的特点,尤以第三点最为突出。空间数据库不仅有地理要素的属性数据(与一般数据库中的数据性质相似),还有大量的空间数据,它们描述地理要素的空间分布位置,并且这两种数据有着不可分割的关系。

#### 2. 空间数据库的发展历程

空间数据管理技术经历了多年的发展和演变,大体经历了文件系统、文件关系混合系统、对象关系型空间数据库管理系统三个阶段。伴随着每一次空间数据库管理方式的变革,GIS 软件的体系结构也在发生着革命性的变化。图 1-1 是空间数据库体系架构的演变图。

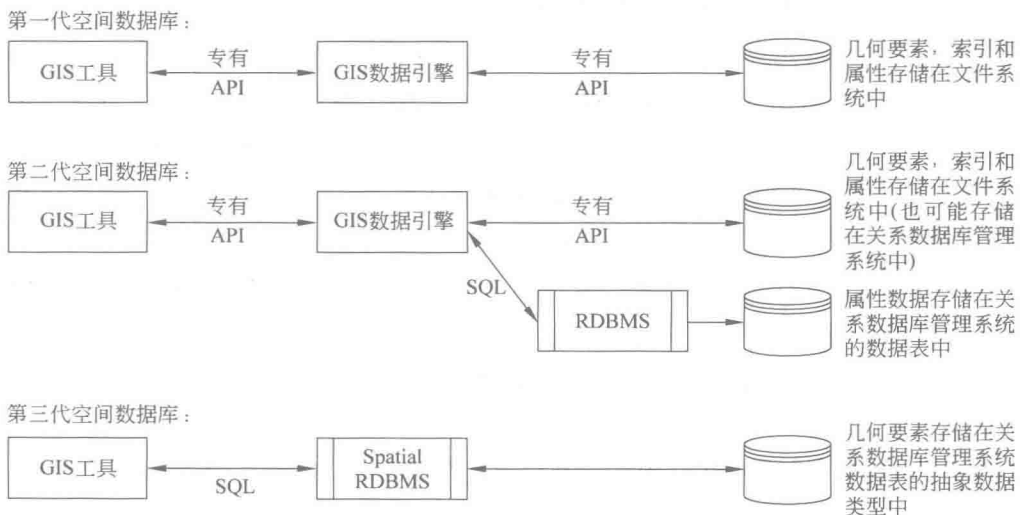


图 1-1 空间数据库体系架构演变图

对于传统的第一代空间数据管理系统,空间数据主要采用文件管理系统,即将空间数据存储在自己定义的不同格式文件中。在这种管理方式下,文件管理系统仍然是操作系统的一部分,所有的空间数据要用特殊的地理信息系统软件进行解释和处理。

随着关系型数据管理技术的发展与成熟,第二代空间数据管理系统将数据存储关系数据库中,通常将空间数据存放在独立文件中,通过 ID 字段实现空间数据和属性数据的关联,但是仍然缺乏灵活地整合属性数据和空间数据的方法。

真正的空间数据库起始于空间要素地位的变化,人们开始尝试把空间要素看作是数据库最重要的对象,空间数据库中的空间数据与对象关系数据库进行全面整合。这也完成了以 GIS 为核心的技术转变为以数据库为核心的导向性转变,就此第三代空间数据库诞生。

## 1.2.2 空间数据库标准简介

### 1. 空间数据库标准的存在意义

和数据库的标准一样,随着 GIS 和数据厂商逐步推出自己的空间数据库产品,为了避免出现大量的空间数据库分散在不同的商业组织、政府部门和企业中,从而导致这些空间数据库处于封闭的状态,为了增强空间数据在管理上的统一性以适应空间数据管理的需要,许多标准化组织开发并完善空间数据存储和 SQL 语言的规范。比较典型的两个代表分别是:开放地理空间信息协会(Open Geospatial Consortium, OGC)推出的地理信息简单要素的 SQL 实现规范(Simple Feature Access SQL, SFA SQL);国际标准化组织/国际电工委员会第一联合技术委员会(ISO/IEC JTC1 SC32)发布的 SQL 多媒体及应用包的第三部分(SQL Multimedia Part3: Spatial, SQL/MM)。一方面,空间数据库标准可以提高空间信息的共享。另一方面,由于标准包含了一些空间数据库相关的明确概念和框架,可作为空间数据库实现的参考。

### 2. OGC 地理信息实现标准——简单要素访问

1994 年开放式地理信息系统联合会(Open Geospatial Consortium)成立,它自称是一个非盈利的、国际化的、自愿协商的标准化组织,它的主要目的就是制定空间信息和基于位置服务的相关标准。其标志如图 1-2 所示,这些标准都是 OGC 的“产品”,而这些标准的用处就在于使不同产品、不同厂商之间可以通过统一的接口进行数据互操作。

在地理信息领域,OGC 已经是一个类似于“官方”的标准化机构,它不但吸纳了 ESRI、Google、Oracle 等业界主要企业作为其成员,同时还和 W3C、ISO、IEEE 等协会组织结成合作伙伴关系。因此,OGC 的标准虽然并没有强制性,但是因为其背景和历史的原因,它所制定的标准天然地具有一定的权威性。OGC 推出的 SFA 定义了函数的访问接口,依据地理几何对象模型,提供在不同平台下(OLE/COM, SQL, CORBA)对简单要素(点、线、面)的发布、存储、读



图 1-2 开放式地理信息系统联合会标志

取和操作的接口规范说明。目前,已被 ISO TC211 吸纳成为 ISO 19125 标准。SFA 的通用体系架构规范,基于分布式环境描述了通用的简单要素地理几何对象模型,以及地理几何对象的不同表达方式和空间参考系统的表达方式。

这个规范不是针对某个特定平台定义的,具有平台独立性。SFA SQL 定义了基于 SQL 平台实现几何对象模型及访问接口函数。目前,它有 3 个版本,分别是 1999 年推出的 SFA SQL1.1 版(Simple Feature Specification for SQL Version 1.1),2005 年修订为 SFA SQL1.1.0 版和最新的 SFA SQL1.2.0 版。

### 3. ISO/IEO SQL/MM 空间数据标准

SQL99 具有支持触发器、集合和抽象数据类型等新特征,其中抽象数据类型提供对象扩展的能力,如继承、多态、封装等。随着 SQL99 对抽象数据类型定义的支持,以及用户对新的数据类型(如全文、空间、图像等)的巨大需求,ISO/IEC 开始考虑把这些数据类型作为标准数据类型,并进行相关的定义,因此,开发了 SQL 多媒体和应用程序包(SQL/MM)标准。

SQL/MM 根据应用领域的不同,分为多个部分:第一部分架构(Framework)提出了在各章中出现的公共概念,并简要地说明了其他各个部分中的定义方法;第二部分全文(Full Text)定义了众多结构化用户自定义类型,以支持文本数据的存储(一般在对象关系数据中库);第三部分空间(Spatial)定义了空间矢量数据存储与检索的有关标准;第四部分通用工具(General Purpose Facilities)指定一些在不同领域类可以通用的抽象数据类型和操作,该部分已经被撤销;第五部分静态图像(Still Image)定义了静态图像数据存储与检索的相关标准;第六部分数据挖掘(Data Mining)定义了有关数据挖掘的标准;第七部分历史(History)扩展 SQL 支持历史数据,这样有利于更新。第三部分 Spatial 定义空间基本数据类型和空间操作,主要是为了解决如何使用存储和处理这些数据类型的空间数据(注:本书主要介绍 SQL/MM 的第三部分,如果没有特别指出,文中的 SQL/MM 均指代 SQL/MM Part3: Spatial)。

## 1.2.3 空间数据模型

空间数据模型是对现实世界的地理现象、实体以及它们之间相互关系的认识和理解,用一定的方案建立起数据组织方式实现计算机对现实世界的抽象与表达。空间数据模型的三要素是:空间数据结构、空间数据操作和空间完整性约束。其中,空间数据类型与空间操作是空间数据模型的主要组成部分,空间数据模型的设计、空间数据库系统的性能与查询语言的效率都与它们密切相关。为了规范空间数据模型及其空间操作,OGC 和 ISO/IEC 国际标准化组织制定了空间数据类型标准以及每一种空间数据类型拥有的空间操作子标准。

目前, SFA SQL 和 SQL/MM 这两个标准公共部分的接口已经相互兼容,但是在两个标准上无论是从内容覆盖面,还是从某些概念的界定上都有一定的差别。这些差别都会在空间数据模型这一节中得到体现,图 1-3 和图 1-4 分别是 SFA SQL 对象模型图和 SQL/MM 对象类型图,这两幅重要的图主要说明了在 OGC 和 ISO/IEC 下几何对象模型之间的层次关系。后面会介绍两套标准的差别,同时将提供两份表格来具体说明这两套标准中空间数据模型表达上的具体差别,主要从两套标准几何对象和空间操作两个方面进行比较,详见附录 A 和附录 B。

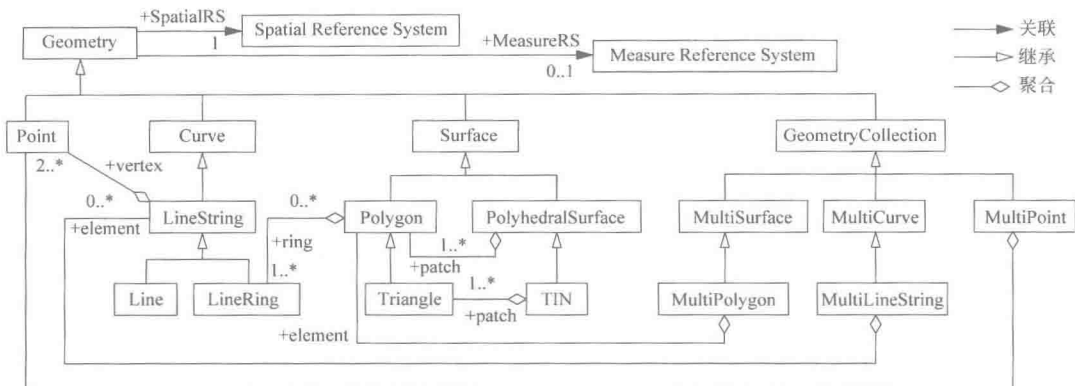


图 1-3 SFA SQL 对象模型图

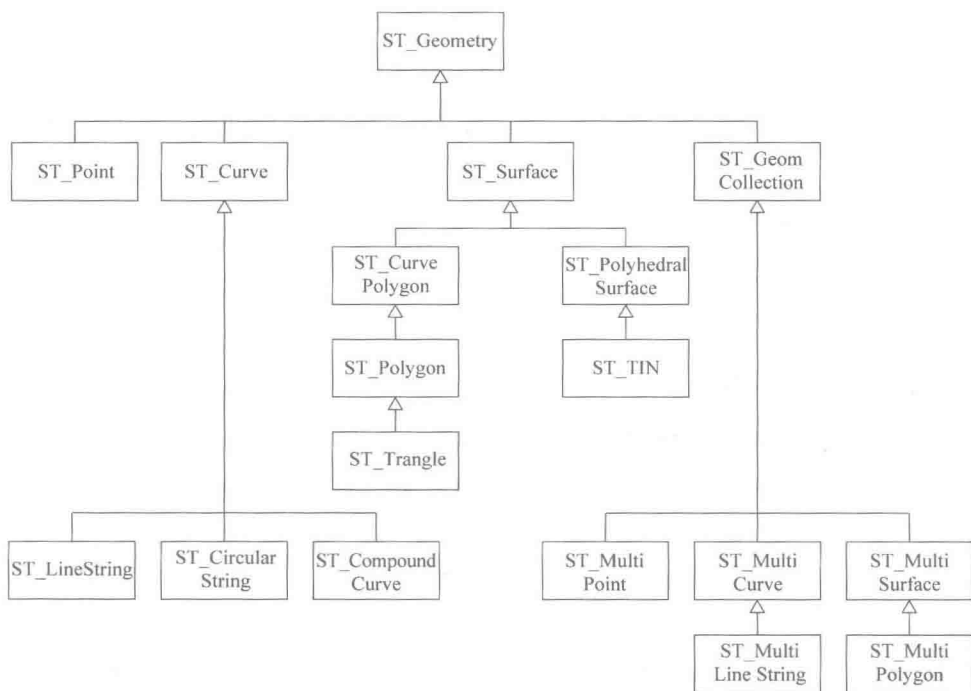


图 1-4 SQL/MM 对象类型图



## 1.3 空间数据库产品

### 1.3.1 常见的商业空间数据库

#### 1. Oracle Spatial

Oracle 是最早实现空间数据管理的数据库管理系统。Oracle 早在 7.2 版本就引入了内嵌式空间扩展技术——MultiDimension(MD);其后,在 Oracle 8 中该产品名称先后被修改为 Spatial Data Cartridge 和 Spatial Data Option(SDO)。由于早期的版本不支持对象的定义,空间几何对象的坐标串主要依靠关联表来存储,因此空间数据的管理效率较低。从 Oracle 8i 起,Oracle 使用新的 SDO\_GEOMETRY 数据类型存储空间数据。截至目前,Oracle Spatial 针对存储在 Oracle 数据库的空间要素,提供了一种 SQL 模式和便于存储、检索、更新、查询的函数集,主要包括一种描述几何数据存储、语法、语义的模式 MDSYS,一种空间索引机制,一组实现感兴趣区域查询和空间联合查询的算子和函数,一组处理结点、边和表的拓扑数据模型,一组网络数据模型以及一个存储、检索、查询、分析栅格数据的工具包(GeoRaster)。

#### 2. SQL Server Spatial 2008

Microsoft SQL Server 于 2008 年提供了对空间数据无缝的支持和整合,支持空间数据标准。其在数据库中整合了地理坐标系和平面坐标系数据模型及其针对该类型的相关操作,同时针对新的空间数据类型提供存储新的操作分析能力,并提供了针对多级网络索引结构来加速查询检索功能。同时为了直观地展示空间数据,可以将查询结果使用管理控制台和相关的前端工具直观地加以显示。

### 1.3.2 开源空间数据库

#### 1. 开源软件

##### (1) 开源软件的概念

开源软件的详细定义比较复杂,简单来说,就是一种源代码可以任意获取的计算机软件,这种软件的版权持有人在软件协议的规定之下保留一部分权利并允许用户学习、修改、增进提高这款软件的质量。并非公开了源代码就算是开源,公开源代码和开放源代码是两回事。

开放源码软件主要被散布在全世界的编程者队伍所开发,但同时一些大学、政府机构承包商、协会以及商业公司也可以开发它。信息技术发展引发了网络革命,网络革命所带来了面向未来的以开放创新和共同创新为特点、以人为本的创新 2.0 模式。源代码开放正是这种创新模式在软件行业的典型体现和生动注解。开放源码需要支持不同的硬件平