

# 矢量与栅格集成的三维数据模型\*

龚健雅 夏宗国

(武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 39 号,430070)

**摘要** 以矿山地质为背景,深入分析三维空间信息系统所涉及到的空间对象以及它们之间的联系,提出了几种新的空间对象类型。探讨用矢量与栅格混合的数据结构,以及面向对象的数据模型来表达各类三维空间对象,以此作为设计和建立三维地理信息系统的基础。

**关键词** 三维地理信息系统;面向对象;数据模型;矢量;栅格

**分类号** TP311.12

当前的地理信息系统一般只能处理地球表面的信息,通常是将带有地形起伏的椭球表面投影在二维平面上。有些 GIS 软件,再采用建立数字高程模型的方法来处理和表达地形的起伏。但涉及到地底下真三维的自然和人工现象则显得无能为力。地理信息系统在地质矿山、水文、大气等方面的应用已面临着严峻的挑战,许多地理、地质学家以及计算机专家和软件公司都在寻找解决的方案。

研制一个信息系统软件首先需要解决的问题是寻找一种合适的的数据结构和数据模型。GIS 也不例外。人们为了推出三维地理信息系统,对三维空间数据结构和数据模型进行了大量的研究工作。人们最初的研究是集中在栅格或者说体元方面 (Goodchild, 1990)。模仿二维栅格的方法,将一个三维物体按照一定的规则划分成一些体积相等的体元。每个体元是一个三维坐标的变量,不同的体元所含的元素成份不同或元素的含量不同,如铁矿体的含铁量不同。考虑到邻近的体元,常出现元素含量相同的情况,为了减少存贮容量,模仿二维平面的四叉树方法,发展了一种与之相似的八叉树方法。这种数据结构存在两个明显的缺点:其一,它的位置表达精度太低,即使它能表达矿体,也无法精确表达矿体或岩层的界面,以及开采矿山的各种巷道和矿井;其二,它无法表达实体之间的关系,对于一些重金属或贵金属矿山,矿体小而又比较复杂,而且通常矿脉与断层密切联系,这些都是纯体元方法无法表达的问题。对于错综复杂、千丝万缕的各种巷道和矿井,这种结构更显得无能为力。

因而人们又开始重视三维的矢量数据模型的研究 (Molenaar, 1990, 1992)。扩充二维矢量数据结构,将点、线、面要素扩展到体。体由面组成,面由线构成,线性元素通过矢量坐标表达。除了表达各种元素的空间位置以外,还表达它们之间的拓扑关系。Molenaar 教授提出的三维矢量数据模型,对表达比较规则的实体有实用价值,但对于一些特殊的三维现象,如矿井、巷道则无法表达。另外,这种方法把一个三维实体假设成均值,实际上,绝大多数矿体都不是均值的。所以,前述的将三维矿体划分成栅格体元的方法还是必需的。这样,一个功能比较完善的三维空间信息系统,采用矢量与栅格结合的数据结构是适宜的。

三维空间信息系统比二维 GIS 要复杂得多,这不只是增加一个三维坐标和将点、线、面扩展到体的问题。三维现象比二维现象要复杂得多,在数字表达时,三维对象也比二维对象多而复杂,致使目前许多涉及到三维 GIS 的工作进展缓慢,甚至美国最近发布的空间数据交换标准 (SDTS, 1992),都将三维的问题搁置下来。虽然最近有几个系统在三维数据处理和三维目标显示方面表现出比较好的能力,但对三维的数据结构和数据模型远没有达成共识。这一问题已成为三维空间信息系统的瓶颈问题。

这篇文章首先对三维空间现象进行剖析,然后在第三部分抽象、归纳各种空间现象,整理出几种能够用数字表达的空间对象;在第四部分,作者根据三维空间对象设计了一个面向对象的数据模型以及各类对象的逻辑数据结构;最后在第五部分得出一些结论和今后需要开展的工作。

收稿日期: 1996-08-06 龚健雅,男,39岁,教授,博士生导师,现从事地理信息系统理论与软件开发。

\* 国家杰出青年科学基金资助项目,编号 49525101

## 1 三维空间现象及其表达

首先澄清以下几个概念问题:

**a 现象** 它是指现实世界或者经过科学加工处理(如摄影或遥感)的自然或人工现象。例如,一栋大楼、一个县、一条巷道、一个岩层的界面,都可以看作是现象。

**b 对象** 它是现象的数值化表达。一个现象可能直接用一个对象表达,也可能分成几个对象表达。例如,一条巷道通常由若干个横断面表达。在地理信息系统中,通常将空间对象进行有条理的划分和组织,使之比较容易地在计算机世界表达各种现象。

### 1.1 地表现象

我们多数人接触到和熟悉的三维空间现象主要是地表的各种人工和自然地物。我们日常见到的是房子、道路、河流、草地、水田、旱地、菜地、公园等等。这些现象在二维 GIS 中研究得比较透彻,通常把它们归结为点、线、面空间对象进行逻辑表达。余下的几个需要重新考虑的现象是,一栋大楼有许多层,各层的用途和形状布局等不尽相同,当前在二维 GIS 中,只是把它投影在二维平面上,用一个面状地物来表达它的平面形状。在一个真三维的 GIS 中,需要将表达扩展到三维空间。另外,我们在表达许多起伏地形表面的地物时,作了许多近似假设,例如,一条在崎岖山间的道路,它的长度并不等于它在二维平面上的长度;一块斜坡上的小麦地,它的实际面积也远大于它的投影面积。这些现象需要在一个三维的地理信息系统中才能解决。

### 1.2 地质现象

地质现象极为复杂。GIS 涉及到的最主要的现象是地层、断裂、矿体和矿床。地质学家根据地壳运动、火山喷发和海洋沉积等,将地表层分成不同的地层。地层通常是一个不规则的曲面,它不能用数学表达式表达。在三维 GIS 中,也可以采用与数字高程模型类似的方法表示地层的界面。断裂与地层比较接近,但是,它通常有一定的宽度,另一方面它也往往垂直或斜交于地形表面。在 GIS 中,如果采用 DTM 的方法处理,需要考虑它的投影平面和投影角度。矿体是一个三维实体,但是往往极不规则,无法确定它由多少个面组成。一种近似表达的方法是模仿 DTM 的方法,表达它的上顶的数字表面模型和下底的数字表面模型,再考虑它的投影平面和投影的边界。矿体的另一

个显著特征是,矿体各部位矿物质的含量是不相同的,甚至所含元素的个数都不相同。例如,一个铁矿体,它可能还含有金、银、铜、硫等矿物质,各部位的含量不尽相同,甚至相差很大,矿体的边缘部分比中间部位含量要低得多。实际上许多矿体的边界是人为圈定的,它是一个模糊的概念,只是某种或某几种矿物质达到一定的指标,才把它圈定在矿体范围内。所以矿体物质的不均匀性很大。地质统计学的克里格法在处理该问题时是将矿体划分成一定大小的矿块,内插估计出每一块中各种矿物质的品位。这一概念与 GIS 中栅格体元表达的思想一致。可以将克里格估算的结果存贮到栅格体元中,若考虑数据压缩可以采用八叉树方法。一个矿床可能包含若干个矿体,矿床可能有断层等地质现象,所以矿床是多种地质现象的复合现象,可以用复杂地物的方式进行表达。

地下水文与地质现象类似,可以采用相似的方法进行分析表达。

### 1.3 矿山现象

一个开采的矿山实际上可能包含以上所述的各种地质现象。除此之外,它还包含了各种矿山开采时的人工现象,如斜井、竖井、水平巷道、采空区、通风井、矿车铁道、电力与通信线路、安全与休息工作区,还有探槽、钻井等许多矿山勘探与开采的人工设施。这些现象是真三维的,并且它的位置是精确的,栅格的表达显然满足不了精度要求,它们必须用矢量方法表达。但是按照二维 GIS 的思路发展,甚至按 Molenaar 的三维数据模型,许多现象都无法表达。例如,把一个水平巷道作为一个空心的体对象,它又极不规则(图 1 所示),它既不

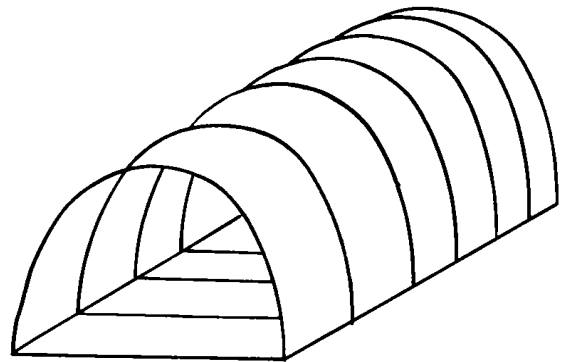


图 1 矿山巷道

Fig. 1 Mine Tunnels

是长方体,也不是圆柱体,甚至四周都极不规则。它不是一个数学表面,也不宜用 DTM 的方式表达。它的位置精度要求很高,特别是水平底板的精

度要求非常高,如何表达这种现象,需要引入新的空间对象。按照矿山测量的思路,引入断面对象和似柱体对象,来专门处理这种三维空间现象。

## 2 空间对象及其定义

与地理空间位置或特征相关联的对象称为空间对象。这里所定义的空间对象是各种空间地物的抽象表达,如点、线、面、体状地物。为了便于空间数据的组织和表达,除此之外,空间对象还包括结点、弧段、断面、柱形地物及复杂地物等。

空间对象有如下几种类型:

a. 纯几何类型 只有几何位置,没有对象之间的关联关系,例如一个独立点状地物、一条等高线。

b. 几何拓扑类型 既有几何位置又有拓扑关系,如结点和公共弧段。

c. 纯拓扑类型 仅有拓扑关联关系,通常用于定义空间分析操作。

d. 空间地物 有属性特征,或者说有确定的地物意义,有对应的地物编码和属性描述记录,如油井、房子、公园等。

e. 非地物类型 没有确定的地物意义,只是为了便于空间数据的表达和组织而设置的中间型对象,如一个纯粹的结点或多边形边界的公共弧段。

前 3 种是以几何概念区分的,后 2 种是以属性概念区分的,它们之间在概念上有交叉。以上划分主要是为了下面叙述的方便。

### 2.1 零维对象

a. 独立点状地物 它是一个纯几何类型,并且是一个空间地物,有对应的属性编码和属性表。

b. 纯结点 它是几何拓扑类型,但是一种非地物类型,这种结点只是用来表达与弧段的关联关系和几何位置。

c. 结点地物 它既是几何拓扑类型,又是空间地物,如电力线之间的结点,往往是一个配电站。

鉴于以上 3 种对象有许多相似性,又有交叉的概念联系,所以在设计数据结构时,把它们作为一类对象处理,称为结点、点状类型并采用特征码将它们区分为不同的对象。

### 2.2 一维对象

a. 弧段 是基本的一维对象,它是几何拓扑类型。弧段没有分支,有起结点和终结点。它可能是线性地物的一部分,也可能是面状地物的边界,

也可能既是面状地物的边界,又是一个或多个线性地物的一部分或全部。弧段本身一般没有属性意义,但是如果一条弧段本身就是一个线性地物,那么它可以直接赋以地物的编码,并连接到属性表。

弧段可能有各种形状,有不光滑弧段、光滑弧段、圆弧甚至直角连接弧段,或长方形与正方形,这些都利用特征码相区分。

b. 无拓扑弧段 它是一种纯几何地物,有些系统称为面条地物,例如等高线,一般不需要考虑它的起结点、终结点、左多边形和右多边形。它比起前面所描述的拓扑弧段要简单得多,但就形状而言,无拓扑弧段也有光滑与不光滑之分。在处理时,可以把两者分开,也可以共用一个数据结构,此时需要用特征码区分。

c. 线状地物 一个线状地物可以由一条或若干条弧段组成。线状地物必定有属性编码和属性表。

### 2.3 二维对象

a. 面状地物 面状地物的概念与二维 GIS 的多边形概念相似,它由周边弧段组成,有属性编码和属性表。它与多边形的一个显著区别是必须考虑到地形的起伏,即这里所述的面状地物是一个曲面,这种曲面可能是不规则的,所以需要将它联接到数字表面模型上。在三维 GIS 中,面状地物的另一个显著特点是它不仅表示地面上的地物,还可以表达地表下面的地层和断层等现象。

b. 面元素 它没有地物意义,不联接到属性表,只是一个三维物体的一个表面,这种表面通常也是不规则的,亦用数字表面模型表达。这种元素的另一个特点是表面模型的投影面并不一定是水平面( $X-Y$ 平面),而可能是其它平面。

以上两种对象都是由边界和数字表面模型组成的,所以在处理方式上亦可以将它们设计成同一数据结构。当不带地物编码时,表明它仅是一个三维物体的表面。当它指向数字表面模型的指针为空时表示一个平面。

c. 数字表面模型 用数字表面模型来表示地球表面和地下地层面状实体的起伏现象,或三维物体的表面形状。数字表面模型可以有格网法和三角网法两种。这里与数字高程模型的区别是需要考虑投影方向问题,亦要说明它是一个物体的上顶板还是下底板。一个面状地物可以表示成一个数字表面模型,也可以多个面状地物共用一个数字表面模型。

d. 断面 断面被用来表示一种特殊的三维

现象,如矿山的斜井、竖井、通风巷道等。矿山测量一般仅获取这种三维实体的断面数据,而不管两个断面之间的顶板、底板及左右两壁的形状,这样实际上就没有用完全的表面来围成一个三维立体。在这种情况下采用断面来解决这一问题,建立一系列断面的数据库,把它们联接起来,就形成了一个柱形的巷道。由于断面并不规则,不能用圆、椭圆元素表示,所以断面通常由不规则的闭合曲线构成。它作为三维柱形实体的基本元素。

e. 栅格影像 栅格影像是一个二维对象,主要用来表达遥感或航空摄影或扫描地图的数字影像。它可能是 8 bit 的灰度或彩色影像,也可能是 16 24 或 32 bit 的影像,并可能有多个波段。

栅格影像可以表示面状地物的专题信息。数字表面模型的结构虽然与栅格影像的结构相似,但在 3D-GIS 中最好将它们分别定义。

f. 像素 栅格影像中的像元值通常直接存于栅格结构的矩阵中,此时像素不单独作为一个空间对象,它的空间特征如位置信息直接隐含在栅格矩阵之中。但是当—个像素具有多个数值,如同—像元位置具有多个专题信息或多个波段的灰度值时,此时可把像素作为一个空间对象,附属多个属性值。

## 2.4 三维对象

a. 均值体状实体 由若干个面元素构成,实体内部的物质成份相同。

b. 空心体状实体 与前面定义类似,但它的内部是空的,如矿山的采空区等。

均值体状实体和空心体状实体虽然本质上意义不同,但是在表达上相似,所以采用同一结构表示。

c. 非均值体状实体 由若干个面元素组成,但实体内部所含物质的成份不同,如一个铁矿体,矿体不同部位所含铁或其它元素的品位不同。这种对象还不能完整表达一个三维实体,还必须联接到一个类似于二维表面模型的三维栅格数字模型。

d. 数字模型 将一个非均值的三维实体划分成大小相等的体元,用  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  或三维数组的行、列以及第三维系列编号表示体元的位置,每个体元对应于一个元素值。从存贮结构上说,由于计算机只能方便地存贮二维表格型数据,所以可以将真三维模型转换成用 Peano 键表达的线性表(龚健雅, 1993)。

e. 体元 一个 Peano 键表示一个体元的位置。体元实际上被看作成一个空间对象,特别是在在

许多情况下,一个体元内含有多种元素,每种元素占用二维表的一列。如果许多相同体元含有相同的物质成份,可以采取线性八叉树的方法,将符合分解规则的相邻体元合并成八叉树的结点。一个八叉树结点包含 8 个或更多的体元,以节省存贮空间(Li, 1995)。

f. 柱状实体 由一系列断面构成。柱状实体一般是空心的,如斜井、竖井、巷道等。这一实体概念可以扩展到高层建筑,将每一层看作一个断面,每一层的布局表示该层的形状,并且可以将它联接接到属性表。

## 2.5 复杂对象

a. 无边界的复杂地物 由若干个地物组成的对象称为复杂对象。复杂对象有二维平面的或三维立体的。如果复杂地物中没有明显封闭的边界将子对象包含起来,称为无边界复杂对象,例如一个矿床包含许多矿体,但通常没有明显的边界。复杂对象可以组成更高层次的复杂对象,即一个复杂对象既包含子对象,又可以是另一复杂对象的子目标。

b. 有边界的复杂地物 复杂对象的子目标由边界圈定,其边界可以由弧段组成。例如土地管理中的宗地,可以作为一个复杂地物,它本身作为一个整体带有属性描述信息,但里面包含的简单地物,如某一建筑物又有自身的属性描述信息。

两种复杂地物可以共享一个数据结构。当指向边界弧段的指针为空时,表示无边界的复杂地物。

## 3 面向对象的三维空间数据模型

空间信息系统的两个最重要的特征是拓扑关系和复杂对象,而拓扑关系和复杂对象的表达要求层次结构和对象嵌套,并且经常涉及到一对多的关系,例如一个面状地物是由多条弧段构成的。这种一对多的对象嵌套关系,显然不能用关系数据模型直接表达,因为它不能满足关系数据模型的基本范式要求。虽然也可以通过变换转换成多对一的关系,用关系联接方法实现对象的聚集(Modenaar, 1994),但用关系方法处理空间数据效率是不高的(Milne, 1993),因而目前大部分商用 GIS 系统都将空间数据直接用文件方式管理。

最近几年出现的面向对象技术,为解决这一问题带来了希望。面向对象数据模型可以直接表达层次结构和一对多的对象嵌套关系。它不仅支持变长记录,而且支持对象的集合,是三维空间信

息系统的理想模型。

经过几年的研究,面向对象技术在地理信息系统中的应用已经取得较大的进展 (Egenhofer 和 Frank, 1987; Gong, 1990; Worboys, 1990)。当前面向对象的思想已广泛用于 GIS 的概念模型、逻辑模型、系统设计和系统实现 (Worboys, 1990), C<sup>+</sup> 作为一种面向对象语言已经成为软件设计的主流语言,面向对象数据库管理系统和面向对象的 GIS 已经开始走向市场

### 3.1 面向对象数据模型的基本概念

面向对象的数据模型有 4 个最基本的概念,它们是:

**分类:** 同类对象的集合,具有相同特征的对象组合在一起形成类,每个对象是该类中的一个实例。例如我们在第三部分三维空间的对象,抽象为 20 种空间对象类型。

**概括:** 将若干种类型中某些具有公共特征的部分抽象出来,形成一种更一般的超类,例如水塔、水井、烟囱等在数据库和图上表示时都具有点的特征,把它抽象出来形成点状地物。

**联合:** 将同一类对象中的若干个对象组合起来,设立一个更高水平的对象,例如由若干个乡镇组合成一个县。

**聚集:** 聚集有点类似于联合,不过它是将不同特征的对象组合成一个更高水平的对象。例如一个矿山可能包含地面建筑、地下矿床、开采巷道和采空区等空间对象,整个矿山可以看作是一个复杂地物。

### 3.2 面向对象的三维空间数据模型

以上 4 个概念可以用来构造三维空间数据模型。在本文的第三部分,我们已经定义了 20 种空间地物,将它们适当合并已归结为 12 种。每一种空间地物是面向对象概念中的一个类,可以用概括、联合、聚集的概念表达这些类之间的关系

不过概括的概念在这里很少用到,因为空间对象主要涉及拓扑关系、对象组合及层次结构,这些关系主要用到聚集和联合的语义概念

在这 12 类空间对象之上,我们设立一个超类,称为空间地物,以便一些公共特征的操作包含

在这里面,它是点状地物、线状地物、面状地物、体状地物、柱状地物、复杂地物的超类。在这种情况下需要用到概括的概念。

为便于表达和处理,我们再设立一个数据结构——位置坐标 (Location)。它与类不同,类中的对象必须有对象标识,位置坐标不带标识,在二维 GIS 中是两个浮点数,在三维 GIS 中是三个浮点数。

这样,我们已经抽象 13 类空间对象和一个数据结构,它们包括结点、点状地物、弧段、线状地物、面状地物、数字表面模型、断面、影像像素、体状地物、数字立体模型、体元、柱状地物、复杂地物和空间地物及位置坐标。它们之间的关系可以用图 2 所示的数据模型表示。

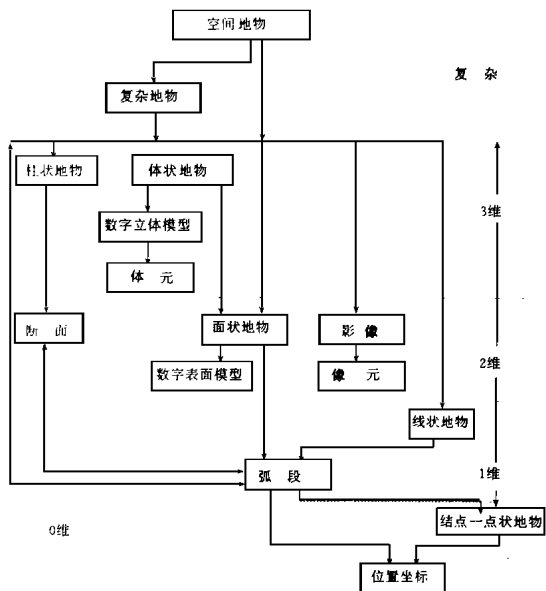


图 2 三维空间信息系统的数据库模型

Fig. 2 Data Model of 3D Spatial Information System

### 3.3 空间对象的数据结构

面向对象数据模型的一个显著优点是一个类使用一个相应的数据结构,无论多么复杂,包含多少对象的嵌套关系,一个对象对应于结构表中的一条记录。当然,对象的记录可能不符合关系模型的范式要求,同一条记录中,一个属性项可能有多个属性值 (变长记录) 或多个对象标识。

表 1 位置坐标结构

Tab. 1 Location Coordinate Structure

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段特征	说明
X	浮点				如果是地理
Y	浮点				坐标经纬度,
Z	浮点				则在 Matedata 说明

表 2 结点-点状地物  
Tab. 2 Node-point Object

字段名	字段类型	字段或描述	字段域	字段域说明	字段特征
NodeID	长整	系统给定的目标标识			
NodeDes	字符	结点的性质	NA NB NC	结点状地物 纯结点 纯点状地物	
UserID	字符	地物的编码			
Position	Location	点的位置			
ARCID	长整	关联的弧段			变长
ComplexID	长整	所属的复杂地物			变长

表 3 弧段结构  
Tab. 3 ARC Structure

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
ARCID	长整	弧段标识			
ARCDes	字段	弧段的性质	AA AB AC TA TB TC TD TE	无拓扑不光滑曲线 无拓扑圆弧(3点) 无拓扑光滑曲线 不光滑拓扑弧段 圆弧拓扑弧段 光滑拓扑弧段 B样条拓扑弧段 直角拓扑弧段	
UserID	字符	用户标识			
StartNodeID	长整	起结点			
EndNodeID	长整	终结点			
LeftSurfaceID	长整	左多边形			
RightSurfaceID	长整	右多边形			
LineID	长整	指向线状地物			变长
ComplexID	长整	指向复杂地物			变长
Shape	Location	弧段上的点			变长

表 4 线状地物  
Tab. 4 Line Object

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
LineID	长整	对象标识			
UserID	字符	地物编码			
ARCID	长整	所包含的弧段			变长
ComplexID	长整	所属的复杂地物			

表 5 面状地物  
Tab. 5 Surface Object

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
SurfaceID	长整	对象标识			
SurfaceDes	字符	对象特征			
UserID	字符	用户标识			
ARCID	长整	边界的弧段			变长
ComplexID	长整	复杂地物			
LeftBodyID	长整	左面体状地物 ID			
RightBodyID	长整	右面体状地物 ID			
DSMID	长整	指向数字表面模型			

表 6 数字表面模型  
Tab. 6 Digital Surface Model

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
DSM ID	长整	对象标识			
DSM Des	字符	模型描述			
			DA	上顶板	
			DC	下底板	
Alpha	浮点	投影面方位	0~ 360°		
Angle	浮点	投影倾斜角	0~ 90°		
Origin	L	原点			
Row	整型	行数			
Column	整型	列数			
<i>Dx</i>	浮点	行方向间距			
<i>Dy</i>	浮点	列方向间距			
Elevation	浮点	高程值			变长

表 7 断面  
Tab. 7 Section Structure

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
SectionID	长整	对象标识			
Angle	浮点	倾斜角	0~ 90°		
Alpha	浮点	断面方位角	0~ 360°		
ARC ID	长整	组成断面的弧段			变长
ColumnID	长整	指向柱状实体的指针			变长

表 8 体状地物  
Tab. 8 Body Object

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
Body ID	长整	对象标识			
Body Des	字符	实体特征	BA	均值实体	
			BB	空心实体	
			BC	非均值实体	
User ID	字符	用户标识			
SurfaceID	长整	周围的面			变长
DBMID	长整	数字立体模型			
Complex ID	长整	指向复杂地物			

表 9 数字立体模型  
Tab. 9 Digital Body Model

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
DBMID	长整	对象标识			
Alpha	浮点	投影面角度	0~ 360°		
Angle	浮点	投影面倾角	0~ 90°		
Origin	Location	原点			
<i>Nx</i>	整型	<i>X</i> 方向的行数			
<i>Ny</i>	整型	<i>Y</i> 方向的列数			
<i>Nz</i>	整型	<i>Z</i> 方向的列数			
<i>Dx</i>	浮点	<i>X</i> 方向间距			
<i>Dy</i>	浮点	<i>Y</i> 方向间距			
<i>Dz</i>	浮点	<i>Z</i> 方向间距			
VatixelID	长整	指针			
Value	浮点	体元的值		VatixelID为时空直接存储体元的值	变长

表 10 体元

Tab. 10 V atixel

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
V atixelID	长整	对象标识			
Address	长整	地址码			
Value1	浮点	元素变量			
Value2	浮点	元素变量			

表 11 柱状地物

Tab. 11 Column Object

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
ColumnID	长整	对象标识			
User ID	字符	用户标识			
Angle	浮点	参考投影面角度	0~ 90°		
SectionID	长整	所包含的断面			变长
Complex ID	长整	复杂地物的标识号			

表 12 复杂地物

Tab. 12 Complex Object

字段名	字段类型	字段描述	字段域	字段域说明	字段特征
Complex ID	长整	对象标识			
User ID	字符	用户标识			
ObjectID	长整	子对象的标识			变长
ARC ID	长整	边界弧段标识			变长

每个空间对象赋有一个系统给定的对象标识,并且约定对象标识包含了类型的标识,这样根据对象标识就可以直接判断该对象属于什么类型。

以上我们已经定义了 11类空间对象及位置坐标的数据结构,剩下的影像和像素的数据结构可以参考其它标准的数据结构如 SDTS等。超类空间地物的数据结构可以定义一些数据描述信息和版本信息。

## 4 结 论

要设计一个全新的三维空间信息系统,就要面对复杂的三维空间现象,比较完整和系统地抽象出有关的空间对象,并且不要作太多的简化和限制条件。本文引入了几种新的空间对象,如数字表面模型、断面、柱状实体以处理复杂和特殊三维空间问题。

对于许多三维空间现象,单独用矢量数据结构不能解决所有问题,如三维实体内部物质不均匀问题,立体表面的不规则问题等。单独用栅格方法同样不能解决问题,因为一个开采矿山信息系统的测量精度和表达精度要求非常高,栅格结构根本无法满足精度要求。本文将矢量与栅格结合

的方法引入到三维空间数据模型中,并且可以根据应用需要分别导出纯矢量的或纯栅格的数据模型。

上面定义的数据结构涉及到大量的对象嵌套关系和变长记录,如果转化成关系数据模型,还要增加许多关系联接表,以符合范式的要求。这里采用的面向对象数据模型表明了一个显著的特点,即无论多么复杂的对象都可以用一个结构表表示,使得理解这一模型非常容易和自然。

当前数据库管理系统已能完全支持这一数据模型(Gong, 1996)。绝大多数面向对象的数据库管理系统不仅支持变长记录,而且支持多对象的嵌套和复杂对象的聚集。最近一些传统关系数据库管理系统也在进行扩展,以支持面向对象的数据模型(如 Ingres)。随着数据库技术和虚拟现实技术的发展,三维空间信息系统的一些问题将会逐步得到解决。

## 参 考 文 献

- 1 Bak P R G, Mill A J B. Three-dimensional Representation in a Geoscience Resource Management System for Minerals Industry. In: Three Dimensional Applications in GIS, 1989. 155~ 182
- 2 Chance A, Newell R, Therault D. An Object-oriented



- GIS Issues and Solutions. In Proceedings European Geographical Information Systems (EGIS) Annual Conference, 1990. 179~ 188
- 3 Egenhofer M J, Frank A. Object-oriented Database Database Requirements for GIS. In Proceedings of the International GIS Symposium The Research Agenda, 1987( 2): 189~ 211
  - 4 Fritsch D. Towards Three-dimensional Data Structures in Geographic Information Systems. In Proceedings EGIS 90, 1990. 335~ 345
  - 5 Gong J, Li D. Object-oriented Models for Thematic Data Management in a GIS. Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying, 1992( 56): 37~ 48
  - 6 Gong J, Li D. An Object-oriented Data Model Based on the Unified Data Structure. In Archives of 17th ISPRS. Washington D C, 1992. 772~ 779
  - 7 Ishikawa H. Object-oriented Database System - Design and Implementation for Advanced Applications. Springer-Verlag Publishing House, 1993.
  - 8 Molenaar M. A Formal Data Structure for Three-dimensional Vector Maps. In Proceedings of the Fourth International Symposium on Spatial Data Handling, 1990
  - 9 Molenaar M. A Topology for 3-D Vector Maps. ITC Journal, 1992( 1): 25~ 33
  - 10 Pigot S. Topological Models for 3-D Spatial Information Systems.: [Technical Papers ]. ACSM-ASPRS Annual Convention, 1991( 6): 368~ 392
  - 11 Raper J F. The 3-dimensional Geoscientific Mapping and Modelling System a Conceptual Design. In Three Dimensional Applications in GIS, 1989. 11~ 19
  - 12 Smith D R, Paradis A R. Three-dimensional GIS for the Earth Sciences. In Proceedings of 9th International Symposium on Computer-assisted Cartography. Auto-Carto 9, 1989. 324~ 325

## An Integrated Data Model in Three Dimensional GIS

*Gong Jianya Xia Zongguo*

( Research Center for Geographic Information System, WTU SM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

**Abstract** Usually current GIS can only deal with 2-D or 2.5-D information on the Earth's surface. A new 3-D data structure and data model need to be designed for the 3-D GIS. This paper analyzes diverse 3-D spatial phenomena from mine and geology and their complicated relations, proposes several new kinds of spatial objects including cross-section, column body and digital surface model to represent some special spatial phenomena like tunnels and irregular surfaces of ore body. An integrated data structure including vector and raster data and object-oriented data model is used to represent various 3-D spatial objects and their relations. The integrated data structure and object-oriented data model can be as a fundament to design and realize a three dimensional geographic information system.

**Key words** 3-D geographic information system; object-oriented data model; vector; raster