

# 地质矿产空间数据类型和结构

张松林\* 徐振宇

(地质矿产部南京地质矿产研究所, 南京)

**提 要:** 介绍了地质矿产空间数据的几种类型及其结构, 每一种数据结构有它独有的内含几何, 它用于在 3 维空间中定位相关的特征和变量值。一般来说, 原始的观察数据用孔数据结构或地图数据结构存储, 解释结果则用体积数据结构存储, 变量的预测结果存储为 3 维网格数据结构。在孔数据结构中, 每一个特征和观测值的集合与沿着结构的线几何的特定区间相联系。在地图数据结构中, 每一个集合与以地图平面为参考的点、线或多边形相联系。体积数据结构只包含特征的值, 每一个值与一个体积组件有关。3 维数据结构主要包含变量的值, 它们与网格单元的体积有关, 并且位于单元的质心位置。3 维数据结构也可以包含特征的值和作为空间控制用的体积。

**关键词:** 数据分类和组织 孔数据结构 地图数据结构 体积数据结构 网格数据结构

## 1 引 言

计算机技术已经越来越多地被应用于地质解释、地质统计学预测和图形显示, 因此地质矿产空间数据的计算机有效表示非常重要。任何地质工作从一开始就会涉及到对代表原始信息各种类型的数据进行管理、相关和综合。在一个典型的工作方案中, 我们需要处理几十到几千个钻孔的记录, 其中的每一个拥有成百上千个观察和测量, 我们还需要处理无数张图件, 每一张拥有成千上万个数据点。即使我们有先进的计算设备, 如果我们不能在空间对这些信息进行有效的管理和综合, 使它们可以用适当的形式进行检索和显示, 它们的用途将是有限的。为了达到对数据的位置和特性进行有效管理的目的, 我们必须先对这些数据进行合理的分类和组织。这一问题与常规的地理信息系统 (GIS) 面对的问题相同, 除了 GIS 技术局限于二维空间, 而我们将面对三维空间。

## 2 数据的分类和组织

有很多种方法可以用来对各种地质调查信息进行分类。

从数据方面来看, 我们必须处理可以用字符串或整数值表示的观察结果, 以及有实际数值的测量结果。观察与地质特征的信息有关, 如岩石、矿物以及地质构造等, 它们的绝大多数来自肉眼对钻孔的岩芯、地表的露头, 或者是探槽等等的观察。另一方面, 测量通常与变量有关, 比如矿石的品位、地质力学的特征等等。

从应用方面看, 我们可以将信息分为特征和变量。特征构成了我们的解释基础, 而变量则提供了预测空间变化的原始资料。通常特征是可以观察到的地质特性, 我们可以用来限定地下空间。变量是可以测量的特性, 我们可以用来对特性在地下的空间变化进行定量化。

我们还可以对信息从来源的角度进行分类, 但是这样一来类别会很多, 每一类有自己的

\* 张松林, 男, 34 岁, 副研究员, 从事数学、计算机在地质矿产领域的应用研究。邮政编码: 210016

记录格式和惯例，在计算机计算中分别考虑每一类会引起混乱。

我们可以发现，不管信息属于什么数据类型、应用或来源，每一项信息的共同特征是它与三维空间内的一个位置和范围相联系（点、线、区、体积或网格）。在所有的情况下，它的位置和范围的定义都是一个内含的数据几何的函数。因此在计算机方法中，从数据几何的角度对地质矿产数据进行分类是最为有效的，并且也是最恰当的数据组织方法。

从数据几何的角度组织数据，所有的观察和测量可以表示为孔数据或是地图数据，孔数据与沿着具有三维构形的一条路线的点和区间有关，地图数据与以一个具有3维方向的平面为参考的点、线和多边形有关。一个特征的空间范围用体积数据表示，其中特征的值与不规则的体积几何有关。每一个变量的空间变化用三维网格数据表示，其中空间变化的连续测量用网格单元质心处的值来模拟。

为了对各种数据结构进行空间综合，我们需要一种全球坐标约定，以便在其中定位任何的数据目标。为方便起见，我们可以采用大家熟知的 NEL 正交系统，它具有北、东、高程、方位角（平面旋转）和倾角（垂直旋转）等要素。但是，任何数据对象的内部几何通常用局部坐标的形式，即正交的 XYZ 坐标来定义。一个特定数据结构的任何一点的局部坐标可以很容易地变换成全球坐标，反之亦然。各种数据结构均采用这两种坐标约定，它们提供了对所有数据结构进行空间综合必需的框架。

### 3 孔数据结构

在很多地质工作中，大量的调查信息可以存储为孔数据。它们可能来自很多不同的数据源，如钻孔、监测井、探槽等等。孔数据结构的位置被简单地定用它的局部几何的原点（或起始点）的北、东和高程（NEL）坐标确定。

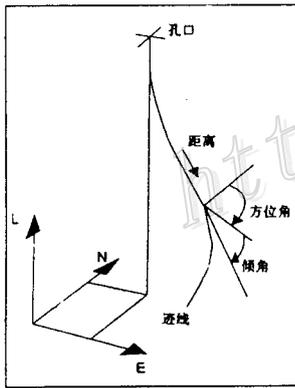


图 1 孔数据结构的几何定义

在钻孔或监测井的情况下，孔口即为这样的原点。孔数据结构的几何定义比较复杂，在通常的情况下，它用一条在其整个长度上具有方向和曲率变化的平滑迹线表示。实践中，方向用沿数据源长度的一定数目的离散点（称为观察点）的方位角和倾角度量（图 1）。观察记录由距离（从原点开始）、方位角和倾角的读数组成。为了获得数据源的一个可以接受的几何表达，两个点之间的方向变化在它们的距离之间的较小增量范围内应该平稳变化。孔数据结构中，观察和采样值与线几何上的区间相联系，这些区间用离原点的距离确定，它们的全球 NEL 位置和范围可以通过将距离映射到线几何获得。要投影孔数据信息到视图平面，可以将所有数据位置变换到视图平面的局部坐标。

### 4 地图数据结构

地图数据结构是地质工作中最为常见的一种数据结构，数据的几何可以用局部坐标空间的特征来定义，如点、线和多边形。地图数据源的位置用它的原点的全球 NEL 坐标以及它的平面的方位角和倾向的旋转确定。这些参数也定义了局部的 XYZ 坐标系（图 2），存储

在此数据结构中的任何一点的全球坐标可以很容易地用坐标转换获得。对于地图数据, 我们可以很方便和有效地在局部坐标系中用数字化一张轮廓图来输入信息。例如, 一个横剖面的地质边界等。然后, 通过坐标变换, 信息可以马上精确定位于三维空间。我们只需要保证我们的视图平面与地图数据结构的位置和方向一致, 地图数据的几何便可定义为局部坐标空间的特征, 诸如点、线和多边形。

地图数据结构中的每一个点用地图平面的  $X$ 、 $Y$  坐标以及一个垂直于地图平面的  $Z$  坐标来定位,  $Z$  值为零说明点位于地图平面内 (图 2)。地图数据结构中, 我们需要很多类型的特征去处理不同的数据源, 一个或多个观察和样本值可以与每一个特征相联系。如果我们处理离散的样

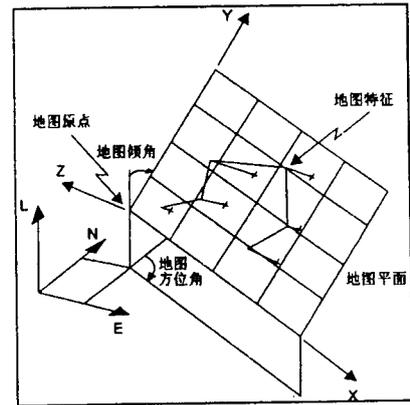


图 2 地图数据结构的几何定义

本点, 它们的位置可以用具有  $XYZ$  坐标的点特征表示, 每一个点可以有許多有关的观察和样本值。在轮廓线或等值线的情形, 每一条线用由具有相同  $Z$  值的一组点组成的轮廓特征表示, 它通常与单个变量的值相联系。另一方面, 一根测量导线可以用由具有不同  $Z$  值的一组点组成的导线特征表示, 它通常与多个特征或变量的值相联系。地质填图用封闭的多边形特征表示, 一个相关的特征隶属于这一封闭区域。所有这些地图数据特征可以用坐标变换定位于全球坐标空间, 然后用逆变换投影到任何视图平面进行显示。

## 5 体积数据结构

体积数据结构的主要目标是, 通过将特征的值赋给离散的、不规则的地质体, 提供描述地下空间的一种手段。体积数据结构对不规则地质体采用图 3 中的几何表示。每一个地质体由成千上万个图中所示的体积元素组成。为方便起见, 一个体积元素被称为一个组件。

在地图数据结构中, 所有的特征以一个地图平面作为参考。与地图数据结构不同, 体积数据结构的每一个组件均有自己的参考平面, 它有自己的位置、方向和局部的  $XYZ$  坐标。这样的安排为表示复杂条件提供了很大程度的灵活性。以最适合于地质复杂程度和现有信息的平面为参考, 我们可以确定一个地质体的每一个组件。因此, 与地图数据结构的形式相似, 我们先通过确定组件平面原点的全球  $NEL$  坐标和它的方向旋转对每一个组件进行空间定位, 组件的几何则随后用它的局部  $XYZ$  坐标确定。

每一个组件的几何由封闭的多边形边界组成, 其中一个中平面 (MP) 的边界与组件平面一致, 两个平行的边界在组件平面的两边垂向展开, 分别称为前平面 (FP) 和后平面 (BP) 边界 (图 3)。这些边界用连接它们的对应点的直线进行连接, 每一个展开边界的  $Z$  坐标值是常数, 由给定的前后厚度值确定。每一个边界的厚度可以独立地修改, 以表达各种不同的几何形态。组件的形状可以自一个简单的三角状到复杂的非常不规则的形状。唯一的限制是, 扩展的边界必须在组件平面的两边, 每一个边界必须是凸的, 即自身不相交, 并且边界之间的连接线不应该由于相邻边界的过度相对扭曲而在第三维相交。每一个边界由一些点以及连接这些点的直线段组成, 点用  $XYZ$  坐标定位。点的多少依赖于地质表示的需要。任何不规则的形状均可以用一定数量的组件来表示, 组件的数目依赖于地质体表达的详细程

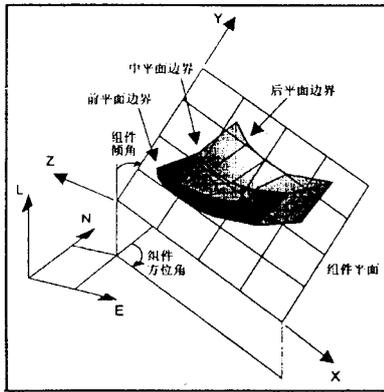


图3 体积数据结构的几何定义

度。通过给每一个组件赋一个适当的特征值，就可以描述被边界包括的地质体。体积数据结构中任何点的全球坐标可以方便地用坐标变换获得，它的关于其它平面（通常是视图平面）的局部坐标可以通过逆变换获得。

## 6 网格数据结构

3维网格数据结构为表达变量的空间变化提供了一种有效的媒介。它通过将值赋给规则区间的固定点去模拟一个变量的空间连续性测量。固定点是每一个3维网格单元的质心，而赋给的值是质心处的预测值。我们将这称为栅格方法，因为数据结构中的每一个点代表一个有限的等体积。

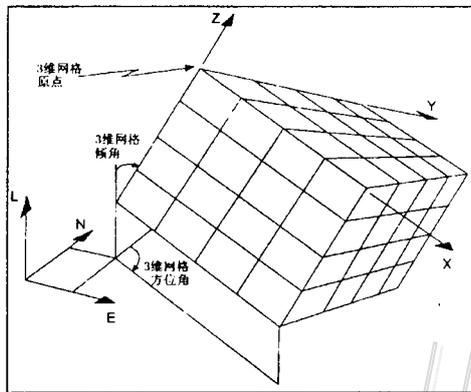


图4 3维网格数据结构的几何定义

3维网格通过它的原点的全球 NEL 坐标和旋转来定位（图4）。3维网格的几何在局部 XYZ 坐标中用每一个方向的单元大小、单元的下标和单元的数目定义。网格中感兴趣的点是单元的质心，因为所有的预测变量值将赋给这些点。质心的全球坐标可以用坐标变换获得，它们反过来可以用逆变换变换到一个视图平面的局部坐标。

为了将空间地质控制应用到变量预测过程，我们必须将3维网格数据结构与体积数据结构进行综合。通常，我们需要知道与网格中与每一单元相交的地质体的特征的值和体积。我们可以通过对每一个单元和代表特征空间分布的体积模型进行体积相交来达到这一目的。因此，在3维网格数据结构中，每一个单元还应该包含一系列体积和特征的值。当我们要预测与特定的特征值有关的变量值时，我们可以查询这一列表以确认这一特征值是否存在于某一单元。只有当存在时，才进行变量值的预测。

## 7 结 语

我们已经介绍了一种方法，去识别和定位地质矿产工作中可能遇到的各种数据类型和结构，并且通过每一种数据结构特有的内含几何，在3维空间中定位相关的地质特征和变量的值。这些值来自于实地调查的观察和采样，来自我们对地质特征空间分布的解释，以及随后对变量空间变化的预测。这一方法为在计算机上表达3维空间的地质矿产信息提供了有效的途径。

## 参 考 文 献

- 1 Simon W. Houlding, 3D Geoscience Modeling: Computer Techniques for Geological Characterization, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994: 71~86.