

# 3 维 GIS 拓扑关系中“一面三层”的概念 及其在 2 维的推广

李青元<sup>1,2</sup>,常燕卿<sup>2</sup>,曹代勇<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学 教育部煤炭资源重点实验室,北京 100083; 2. 中国测绘科学研究院 政府地理信息系统研究中心,北京 100039)

## Concept of “One Surface with Three Layers” in 3D GIS Topologic Relation and Its Extension in 2D

LI Qing-yuan<sup>1,2</sup>, CHANG Yan-qing<sup>2</sup>, CAO Dai-yong<sup>1</sup>

(1. China University of Mine and Technology The Key Laboratory of Coal Resource, Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Chinese Academy of Surveying & Mapping, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Proposes a new concept of “one surface with three layers” in 3D GIS topological relation. It is a supplement and development for relation of “Surface-Outer Cycle- Inner Cycle- Positive Polyhedron-Negative Polyhedron” in the “five group relations” which was proposed by the author formerly. “One surface with three layers” supposes that one piece of surface has three layers, i. e. positive layer, middle layer and negative layer. Positive layer and negative layer are divided separately, middle layer overlaps the division of positive layer and negative layer. In this way, the integrality of a nature surface is retained, division of positive side and negative side are isolated, but there is some connection through middle layer. Data structure of “One surface with three layers” is designed in the paper. If 3D topologic relation constructed in this way, inquire of one polyhedron's adjacent polyhedrons is very easy. Last, the author expands the concept of “One surface with three layers” to 2D GIS, to deal with the line object like freeway, railway and river, which may be natural boundary of districts.

**Key words:** 3D; GIS; topologic relation; one surface with three layers

**摘 要:** 提出 3 维 GIS 拓扑关系中的一个新概念“一面三层”,它是对笔者所提出的 3 维 GIS 中基于体划分的 5 组拓扑关系中的第 2 组“曲面片-外环-内环-正面多边形-负面多边形”关系的补充与发展。“一面三层”就是假设作为体与体之间分界面的曲面具有三层,即正面层、负面层与中间层,正面层、负面层分别分裂,中间层将正面层与负面层的分裂迭合起来。这样既保持一个自然曲面片的完整性,又使曲面片正、负面的子片划分相互独立,并通过中间层使正、负面子片间建立联系。文中设计了实现“一面三层”的数据结构。采用“一面三层”的概念建立的拓扑关系,可以很方便地查出某个多面体所相邻的多面体。最后,文章将“一面三层”的概念推广到 2 维,以用于高速公路、铁路、河流等作为行政区划自然边界的线状地物的拓扑关系中。

收稿日期: 2001-01-20; 修回日期: 2002-06-23

基金项目: 国家自然科学基金(49771059); 高等学校重点实验室访问学者基金

作者简介: 李青元(1958-),男,四川广元人,研究员,博士,主要从事 3 维 GIS、WebGIS 理论与软件研究。

关键词:3维;GIS;拓扑关系;一面三层

## 1 引言

现实世界在空间上是3维的,但当前的GIS软件一般只能处理地表面的2维或2.5维信息,地质、矿山、环境等领域都需要真3维GIS软件来支持他们大量的真3维信息处理,随着3维可视化工具软件的日趋成熟,3维GIS又成为GIS学科研究的热点。

3维GIS还有很多理论与技术问题没有很好解决,其中之一就是3维GIS的数据模型与拓扑关系。很多学者从不同角度对其进行了研究。MOLENAAR M<sup>[1]</sup>和FRITSCH D<sup>[2]</sup>提出了基于形式化描述的3维矢量模型。韩国建<sup>[3]</sup>、郭达志<sup>[4]</sup>用改进的线性八叉树来表达地下3维体。李荣兴<sup>[5]</sup>用构造性实体几何(CSG)树表达3维实体间的几何关系。M. Pilouk<sup>[6]</sup>、陈晓勇<sup>[7,8]</sup>提出基于Delaunay剖分的四面体体元充填模型。陈军、郭薇<sup>[9,10]</sup>从点集的九交模型研究3维拓扑关系的完备性。龚健雅、夏宗国<sup>[11]</sup>提出矢栅混合的面向对象模型。李德仁、李清泉<sup>[12,13]</sup>提出3维GIS不同数据模型之间的3种点型集成方式。笔者提出基于体划分的矢量结构3维GIS的5组拓扑关系,和“界面引入-体划分”的建立拓扑关系的方法<sup>[14-17]</sup>以及用3维体函数进行3维体插值的方法来表述体内的属性变化<sup>[18,19]</sup>。本文对作者以前所提出的“5组拓扑关系”的第2组“曲面片-外环-内环-正相邻体-负相邻体”可能产生的问题进行讨论,并提出“一面三层”的概念模型及相应的数据结构来解决这些矛盾,并将这一概念引入到2维,用于高速公路、铁路、河流等作为行政区划自然边界的线状地物的拓扑关系中。

## 2 3维GIS的5组拓扑关系

3维矢量模型将3维现实世界抽象为3维空间点、线、面、体的集合。笔者曾提出用下面5组拓扑关系来刻画3维GIS的体、面、环、边、结点之间的关系<sup>[14-17]</sup>:

1. 体-曲面片:体与构成该体的边界曲面片(数组)。
2. 曲面片-外环-内环-正相邻体-负相邻体:曲面片与构成该曲面片外边界的外环(只有一个)、内环(数组)、正相邻多面体、负相邻多面

体。内环是指曲面片上有孔洞时的内边界,可有 $0 \sim N$ 个。

3. 环-边-内邻曲面片:环、构成该环的边(数组)、该环的内邻曲面片。

4. 边-起结点-终结点-环:边、该边的起结点、该边的终结点、通过该边的环(数组)。

5. 结点-始边-终边:结点、以该结点为起结点的边(数组)、以该结点为终结点的边(数组)。

这5组关系主要是从软件实现的角度提出来的,其实软件实现者可以根据自己软件的目的、功用对它们增加或去掉一些成分。

不难看出,“体-曲面片”就是2维GIS中“多边形-边”在3维中的扩展,或者说3维中的“体-曲面片”在2维切面上就退化为“多边形-边”。2维中的边可分出左、右,3维边无法分出左、右,3维中的曲面片相当于2维中的边。曲面片能分出正相邻多面体、负相邻多面体。曲面片的正、负面可以用右手法则确定,即右手握住曲面片的外边界环,四指方向与外边界环方向一致,拇指方向为曲面片的正面,相反面为曲面片的负面。3维GIS中“曲面片-外环-内环-正相邻体-负相邻体”就是2维GIS中“边-起结点-终结点-左多边形-右多边形”在3维中的扩展。

## 3 子片分裂的困惑

3维GIS是2维GIS在3维空间中的扩展,重新检查我们所熟悉的2维GIS拓扑关系有助于我们研究3维GIS,我们常常可以将我们所熟悉的2维GIS的思考方法引伸到3维GIS中去。下面从2维GIS的“边-起结点-终结点-左多边形-右多边形”来考查上面5组关系的第2组“曲面片-外环-内环-正相邻体-负相邻体”。在2维GIS“边-起结点-终结点-左多边形-右多边形”关系中,如果一条边的左多边形或右多边形多余一个,则该边应该被打断,分为几条边,使一条边只有一个左多边形、一个右多边形如图1所示。

同理,在3维GIS的“曲面片-外环-内环-正相邻体-负相邻体”关系中,当曲面片的一面有2个以上的多面体相邻时,这个曲面片就应该分裂成几个子片,使每个子片的正面只有一个相邻多面体,负面也只有一个相邻多面体。例如图2所示的一个简单的地质模型,地上东面是水区、西面

是陆区,地下东面是松散沉积物、西面是基岩体。地形表面似乎应分裂为  $IQTLI$ ,  $QMPTQ$ ,  $MJKPM$  3 个子面。再例如,图 3 的断层面应被地层与断层的交线分裂为 5 个子片。

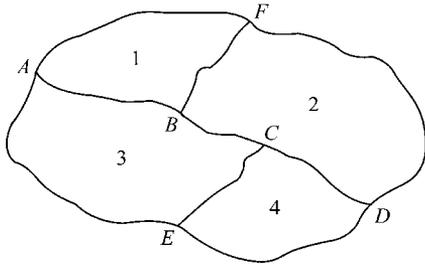


图 1 2 维 GIS 中每条边只有一个左多边形,一个右多边形

Fig. 1 In 2D GIS, an edge only has one left polygon and one right polygon

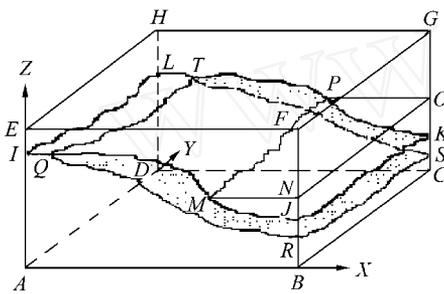


图 2 地面应被分裂为 3 个子片

Fig. 2 The ground surface should be divided into three sub-surfaces

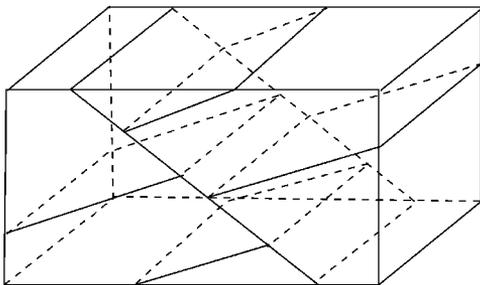


图 3 断层面被分裂为 5 个子片

Fig. 3 A fault surface should be divided into five sub-surfaces

原本一个完整的自然面(地形面、断层面)为了建立拓扑关系硬被分成几个子片,这样合理吗?曲面正面或负面的相邻多边形发生变化都会对整个曲面的分裂产生影响,而实际上曲面的正面与负面的子片划分没有什么关系。我们希望,既要

保持一个自然曲面的完整性,又要保持正面与负面子片划分的独立性,还要使正面与负面的划分保持一定的联系。这就引出了下面的“一面三层”的概念。

#### 4 “一面三层”的概念

“一面三层”就是将一个曲面片看成有三层,即正面层、负面层和中间层。正面层针对正面进行子片分裂,负面层针对负面进行子片分裂,中间层将正、负面的子片分裂线迭合起来进行子片分裂,因而中间层的子面能将正、负面的子片联系起来。

如图 4 所示,正面层分裂为  $A_1, A_2$  2 个子片,负面层分裂为  $B_1, B_2$  2 个子片,中间层将正面层与负面层的分裂迭合起来,分裂为  $A_2-B_1, A_2-B_2, A_1-B_1, A_1-B_2$  4 个子片。

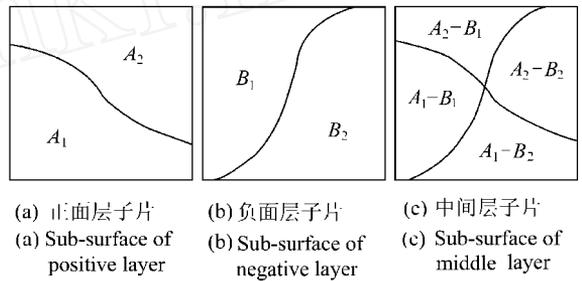


图 4 一面三层

Fig. 4 One surface with three layers

前面图 2 所示的模型中地面 ( $IJKLI$ ) 的正面层被水体的岸线 ( $MP$ ) 分裂为陆区 ( $IMPLI$ ) 和水区 ( $MJKPM$ ) 两个子片,如图 5 所示。

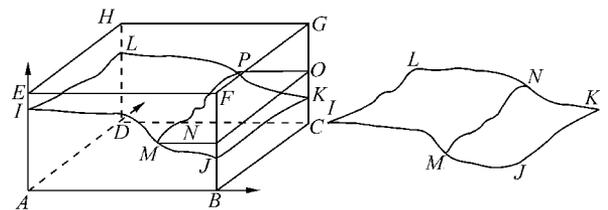


图 5 地面的正面层被水体岸线分裂为岸区与水体区

Fig. 5 Shore line divides positive layer into land area and water area

地面 ( $IJKLI$ ) 的负面层被松散体的底面与地面的交线——不整合面露头线 ( $QT$ ) 分为基岩区 ( $IQTLI$ ) 与松散层区 ( $QJKTQ$ ) 2 个子片,如图 6 所示。

中间层将正面层、负面层的分裂迭合起来,分

裂成  $IQTLI, QMPTQ, MJKPM$  3 个子片, 如图 7 所示。

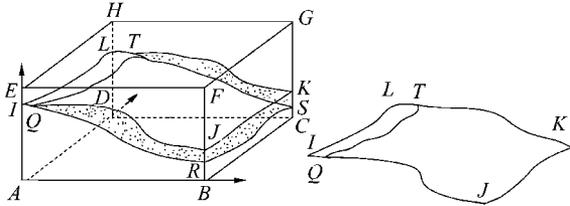


图 6 地面负面层被不整合面露头线分为松散层区与基岩区

Fig. 6 Base rock outcrop line divides negative line into base rock area and loose deposit area

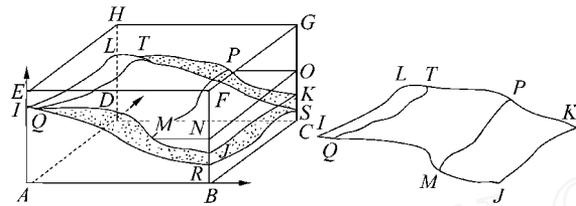


图 7 地面中间层被正负面层分裂线连合分为 3 个子区

Fig. 7 Middle layer of the ground surface is divided into three areas

### 5 “一面三层”的数据结构

为了实现一面三层的概念, 曲面片类的数据结构用 C 语言设计如下, 这里只是列出各个类的数据成员, 省略了各个类的方法。

```

class SURFACE{ // 曲面类
    ContourARC contourArcs[ ]; // 等高线数组
    D3CYCLE *OutCycle; // 外环指针
    D3CYCLE *InnCycle[ ]; // 内环指针数组
    BODY *PositiveBody, // 正面相邻多面体指针
    BODY *NegativeBody; // 负面相邻多面体指针
    D2EDGE *PosiSideSplitEdges[ ]; // 正面分裂线指针数组
    D2EDGE *NegaSideSplitEdges[ ]; // 负面分裂线指针数组
    PosiChildSurface *PosiSideChildSurfaces[ ]; // 正面层子片指针数组
    NegaChildSurface *NegaSideChildSurfaces[ ]; // 负面层子片指针数组
    MidChildSurface *midChildSurfaces[ ]; // 中间层子片指针数组
};

```

};

SURFACE 类中, 也可以不存储中间层子片数组 midChildSurfaces, 而通过正面层子片和负面层子片存取中间层子片。

正面层子片类 PosiChildSurface 负面层子片类 NegaChildSurface, 中间层子片类 MidChildSurface, 和抽象子片类 ChildSurface 以及等高弧起始终止类 ContourArcBeginEnd 是一些辅助类, 它们的定义如下:

```

PosiChildSurface : public ChildSurface { // 正面层子类
    BODY *PosiSideBody; // 正面相邻体指针
    MidChildSurface *MidChildSurfaces[ ]; // 正面层对应的 // 中间层子片指针数组;
NegaChildSurface : public ChildSurface { // 负面层子类
    BODY *NegaSideBody; // 负面相邻体指针
    MidChildSurface *MidChildSurfaces[ ]; // 负面层对应的 // 中间层子片指针数组
};

```

正面层子片和负面层子片都通过其对应的中间层子片指针数组来存取其相反面的相邻多面体。中间层子片的定义是:

```

MidChildSurface : public ChildSurface { // 中间层子片类
    BODY *PosiSideBody; // 正面相邻体指针
    BODY *NegaSideBodys; // 负面相邻体指针
};

```

正面层、负面层和中间层都通过一个公共的基类——抽象子片类来存取它们基片指针 (SURFACE \*BaseSurface)、外环和等高弧的起始位置。

```

class ChildSurface { // 抽象子片类
    SURFACE *BaseSurface; // 基片指针
    D2EDGE *OutCycle[ ]; // 外环指针数组
    ContourFromTo *ContourSegments[ ]; // 等高弧起始点指针数组
};

```

等高弧起止点类主要是为了快速寻找本弧段在基类中的起止点位置而设立的, 它可以避免在子片类中再次储存子片的型值等高弧, 而又能快速地从其基片中取到本子片的型值等高弧。

```

class ConrourFromTo { // 等高弧段
    ContourARC *BaseContour; // 本等高弧段对应的 // 基本等高弧段指针
};

```

```
D2VPOINT *From; // 本等高弧段起点 //
在基本等高弧段中的结点指针
D2VPOINT *To; // 本等高弧段终点 // 在基本等高弧段中的结点指针
};
```

## 6 “一面三层”的应用方向

采用“一面三层”的数据模型建立的拓扑关系,可以使得多面体的相邻查询非常容易,如建筑物楼层住户的上、下、左、右、前、后邻居查询。在矿山水文地质中,查询含水岩层相邻的岩体以及与矿井巷道、开采区的连通情况。另外,正面层、负面层的每一条分裂线其实是与一个面相联系,通过正负面上的分裂线就可查询与正负面分裂线联系的面片。

需要说明的是,在3维GIS中,并不是所有的面状要素都需要建立“一面三层”的拓扑关系,只是地面、断面、楼层面等起分隔作用的界面才需要建立“一面三层”的关系,如果滥用,可能得不偿失。

## 7 “一面三层”在2维中的推广

“一面三层”的概念是笔者借助2维GIS拓扑关系研究3维GIS拓扑关系时提出来的,在2维GIS中是否也有与“一面三层”类似的概念,笔者认为也有。我们再来回来看看前面的图1,如果AD是一条高速公路、铁路或比较大的河流,1,2,3,4分别是行政区划的分区。我们知道,高速公路、铁路或较大的河流等线状地物常常构成行政区划的自然边界,在这种情况下,“一面三层”的概念就可以应用。即对高速公路、铁路、河流等常成为行政区划自然界的线状地物就可以按照类似于3维中“一面三层”的概念建立拓扑关系,即将线状地物分为左、中、右三层。笔者暂且将其称为“一线三层”。“一线三层”的提法欠佳,因在2维中“线”不可能分层,但笔者现在想不出更贴切的名词。在“一线三层”中,左层根据线段的左侧多边形进行分裂;右层根据线段的右侧多边形进行分裂,中层将左右层的分裂迭合起来进行分裂。图1中,线段AD需要建立“一线三层”的拓扑关系。线段AD的左层分裂为AC, CD 2段;线段的右层分裂为AB, BD 2段;线段AD的中层分为AB, BC, CD 3段。显然,中层的线段分裂方案就是传统2维GIS中对线段AD的分裂方案。按照

“一线三层”的概念建立起来的拓扑关系,高速公路、铁路、河流等自然的线状地物的完整性得以保留,线状地物左右两侧区域的划分各不相干,通过中层又能够将左右两侧的区域划分联系起来。

下面是为一线三层设计的数据结构。

```
class LINE{ // 线状地物
    NODE *Begin; // 起结点指针
    NODE *End; // 终结点指针
    VirtualARC *LeftARCs[ ]; // 左弧指针数组
    VirtualARC *RightARCs[ ]; // 右弧指针数组
    ARC MiddleARCs[ ]; // 中弧数组
};

class VirtualARC { // 虚弧
    NODE *Begin; // 起结点指针
    NODE *End; // 终结点指针
    ARC *Arcs[ ]; // 中弧指针数组
    POLYGON *AdjacentPolygon; // 相邻多边形,
    左弧就是左相 // 邻多边形,右弧就是右相邻多边形
};

class ARC { // 实弧
    NODE *Begin; // 起结点指针
    NODE *End; // 终结点指针
    POLYGON *LeftPolygon; // 左相邻多边形指针
    POLYGON *RightPolygon; // 右相邻多边形指针
    POINT Points[ ]; // 弧段型值点
};
```

传统的GIS数据模型是由局部(弧段)到整体(线状目标)的思考方式,而“一线三层”是由整体(线状目标)到局部(弧段)的思考方式。传统的点、线、面结构中,线状地物在数字化的过程中被分成一段、一段的弧,如果要查询一条河段,需将这条河段的所有的弧段赋以相同的标示码(ID号),要查询河段的左多边形在河的右岸相邻哪几个多边形,需取河段的所有弧段的左多边形(如果弧段的方向与线的方向相反,还须将该弧段的左多边形换成右多边形)的集合。如果采用“一线三层”的数据结构,可以直接取左层弧段(虚拟弧段)的左邻多边形,并很容易通过中间层到取河段左侧的某个多边形相邻河岸右侧的哪个多边形,该查询比通过传统结构实现起来简单多了。“一线

三层”将原来一段、一段孤立的弧段串起来,组织成具有有机联系的线状地物,并考虑左右侧不同的相邻性,以很小的索引代价换取更方便的查询操作和更快的查询速度。

## 8 结 语

本文在对笔者以前提出的3维GIS“5组拓扑关系”中“曲面片-外环-内环-正面相邻体-负面相邻体”在应用中可能产生的问题进行分析后提出“一面三层”的概念(笔者以前曾称之为“一片三层”<sup>[14]</sup>),设计了相应的数据结构和可能的应用,并将“一面三层”的概念引伸到2维中,期望对高速公路、河流、铁路等作为行政区划自然边界的线状地物相邻性查询带来方便。其实,“一面三层”就是在原拓扑关系上附加上了一个3维曲面的正面、反面的子片索引,“一面三层”在2维推广就是在原拓扑关系上附加上了一个左侧、右侧的弧段索引。它们都并不是需要普遍建立的关系,但是对一些特定的有分界意义的界面或界线,建立这种附加的关系,对于方便空间拓扑查询是很有帮助的。

“一面三层”的思想与拓扑的思想类似,是在数据结构和算法之间的一个“折中”,或者说是在存储空间换取响应时间。一般说来,如果数据结构复杂些,则存储的数据量就要大一些,查询、检索等的算法就简单直接些,系统响应时间就短一些;反之,算法就要复杂,响应时间增大。事实上,这种“折中”的思想贯穿于整个计算机科学。计算机科学家们总是试图在处理时间与存储空间找到一个合适的平衡点。

## 参考文献:

- [1] MOLENAAR M. Formal Data Structure for Three Dimensional Vector Maps[A]. Proceedings of 5th Int. Symposium on Spatial Data Handling[C]. Zurich:[s. n.], 1990. 830-843.
- [2] FRITSCH D. Three-Dimensional Geographic Information System:Status and Prospects[A]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing[C]. Vienna:[s. n.], 1996. 215-221.
- [3] HAN Guo-jian, GUO Da-zhi, JIN Xue-lin. Octree Store and Index Technique of Ore-body Information[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1992, 21(1): 13-17. (in Chinese)
- [4] GUO Da-zhi, YANG Wei-ping, HAN Guo-jian. A Spatial and Temporal 4-D Data Model for Mine GIS[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1993, 22(2): 33-40. (in Chinese)
- [5] LI Rong-xing. Data Structure and Application Issues in 3-D Geographic Information[J]. Geomatics, 1994, 48(3): 209-224.
- [6] MORAKOT P, TEMPILI K, MOLENAAR M A. Tetrahedron-based 3D Vector Data Model for Geoinformation[A]. Advanced Geographic Data Modelling-Spatial Data Modelling and Language for 2D and 3D Application[C]. Sylvia De Hoop:[s. n.], 1994. 129-140.
- [7] CHEN Xiao-yong, IKEDA K. Raster Dimensional Modeling of GIS Based on Delaunay Tetrahedral Tessellations [A]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing[C]. Munich:[s. n.], 1994. 132-139.
- [8] CHEN Xiao-yong, IKEDA K. Raster Algorithms for Generating Delaunay Tetrahedral Tessellations [A]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing [C]. Munich:[s. n.], 1994. 124-131.
- [9] GUO Wei, CHEN Jun. The Formal Description of Topological Spatial Relationship in 3D Based on Point Set Topology[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1997, 26(2): 122-127. (in Chinese)
- [10] GUO Wei, CHEN Jun. A 3D Topological ER Model Based on Space Partitioning [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1998, 27(4): 308-317. (in Chinese)
- [11] CONG Jiar-ya, XAO Zhong-guo. An Integrated Data Model in Three Dimensional GIS[J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1997, 22(1): 7-15. (in Chinese)
- [12] LI De-ren, LI Qing-quan. Study of a Hybrid Data Structure in 3D GIS [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1997, 26(2): 128-133. (in Chinese)
- [13] LI Qing-quan, LI De-ren. Research on Conceptual Frame of the Integration of 3D Spatial Data Model[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1998, 27(4): 325-329. (in Chinese)
- [14] LI Qing-yuan. 3D Vector Structure Topological Relationship Research[D]. Beijing: CUMT, 1996. (in Chinese)
- [15] LI Qing-yuan, CAO Dai-yong. 3D Vector Structure Topological Relationship Based on Body Partition [A]. Remote Sensing in China-Thesis Collection for China National Remote Sensing Center 15 Anniversary [C]. Beijing: Publishing House of Surveying and Mapping, 1996. 348-353. (in Chinese)
- [16] LI Qing-yuan, CAO Dai-yong. Dynamic Setup and Maintenance of 3D GIS Topologic Relationship [J]. Acta Geodaetica et

- Cartographica Sinica, 1997, 26(3): 235-240. (in Chinese)
- [17] LI Qing-yuan, CAO Dai-yong. 3D Topologic Relation of 3D GIS[A]. Proceedings of International Conference on Modeling Geographical and Environmental Systems with Geographical Information Systems[C]. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong, 1998. 826-831.
- [18] LI Qing-yuan, CAO Dai-yong. 3D Body Interpolation and Application in 3D GIS[A]. Proceedings of International Conference on Modeling Geographical and Environmental Systems with Geographical Information Systems [C]. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong, 1998. 826-831.
- [19] LI Qing-yuan, CAO Dai-yong, ZHU Xiao-di. 3D Topology Model on Body Divided[J]. ISPRS, 1999, 32: 91-98.
- [20] ISO TC211 WG2-2000, Geographic Information- Spatial Schema[S].

## 《测绘通报》2002 年第 11 期要目

### 大地测量学的进展和在新世纪的展望

- 2001 年国际大地测量协会 (IAG) 科学大会札记 ..... 陈俊勇
- 中国空间数据基础设施建设 ..... 李德仁, 等
- 对误差传播定律两个应用问题的探讨 ..... 汪应宏
- 中国沿海 RBN-DGPS 系统的建立及性能评定 ..... 桑金, 等
- 利用 GPS 载波相位观测值建立区域电离层模型研究 ..... 蔡昌盛, 等
- 用灰色模型预测边坡变形的新方法探讨 ..... 马保脚
- 房产勘丈与面积分摊信息系统研究 ..... 徐爱俊, 等
- 数码社区 3 维模型建立方法的探讨 ..... 杨文龙
- 基于 DEM 的洪水淹没分析 ..... 郭利华, 等
- 基于 GIS 的水库库容测量方法的研究与实践 ..... 杨中华, 等
- 具有抵偿面的任意带高斯投影直角坐标系的选取方法 ..... 王继刚, 等
- 流动 VLBI 数据采集系统及其控制软件的设计与使用 ..... 胡国军, 等
- 在超大城市供水管网测量中 GPS 技术的应用 ..... 杨风云, 等
- 建筑物沉降观测的实践及探讨 ..... 温宇斌
- 填挖方量计算的精度评定 ..... 王宝成, 等
- 广州增步桥变形监测与数据分析 ..... 许国辉, 等
- 浅论遥感影像地图的制作 ..... 何宗宜, 等
- 地图出版与基于 PostScript 语言的 RIP 技术 ..... 李铭, 等
- 基于 Map GIS 的公路选线 ..... 王卫红
- 基于 GIS 的机场净空评定方法 ..... 种小雷, 等
- 基于 GIS 的超市网点送货管理系统开发与研究 ..... 张峰, 等
- 石家庄市地下管线普查暨信息系统建设综述 ..... 毛志红, 等
- 利用 Map Info 实现公路管理的自动化 ..... 汪汇兵, 等
- 编写《建筑工程测量》教材的几点体会 ..... 李生平
- 基于 GIS 的水工隧洞开挖断面的自动绘制与量算 ..... 陈秋计, 等