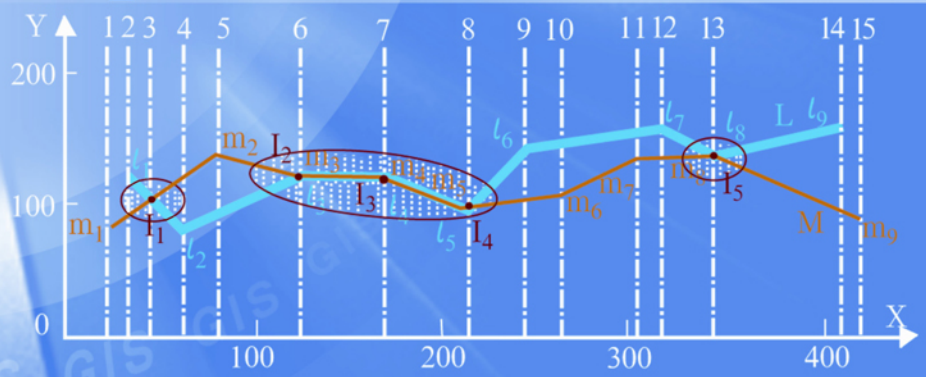
测绘科技专著出版基金资助
CEHUI KEJI ZHUANZHU CHUBAN JIJIN ZIZHU

AUTOMATIC DETECTION OF SPATIAL CONFLICT IN GIS DATABASE UPDATING

GIS 数据库更新中空间冲突自动检测方法

刘万增 著



测 绘 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

测绘科技专著出版基金资助

GIS 数据库更新中空间冲突自动检测方法

Automatic Detection of Spatial Conflict in GIS Database Updating

刘万增　著

测 绘 出 版 社

·北京·

内容简介

本书以地图制图学、拓扑学、计算几何、GIS空间关系为主要理论依据，针对数据库更新中空间冲突检测问题，从GIS数据库建库、更新的实际需求出发，较为系统而全面地介绍了空间冲突检测的主要进展以及线线空间冲突检测的模型与方法，研制开发了空间冲突检测的工具等。

本书为高等学校地理信息系统专业教学参考书，同时也适合从事空间数据处理的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

GIS数据库更新中空间冲突自动检测方法/刘万增著.
北京：测绘出版社，2009.4
ISBN 978-7-5030-1906-7

Ⅰ.G… Ⅱ.刘… Ⅲ.地理信息系统：数据库系统
Ⅳ.T208 TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第037774号

责任编辑	杨蓬莲	封面设计	杨晓明
出版发行	测绘出版社		
社　　址	北京西城区复外三里河路50号	邮政编码	100045
电　　话	010－68531361　68531160	网　　址	www.sinomaps.com
印　　刷	北京建筑工业印刷厂	经　　销	新华书店
成品规格	169mm×239mm	印　　张	7.5
字　　数	140千字		
版　　次	2009年4月第1版	印　　次	2009年4月第1次印刷
印　　数	0001－1000	定　　价	25.00元
书　　号	ISBN 978-7-5030-1906-7/P·419		

如有印装质量问题，请与我社发行部联系

前　言

在GIS数据库更新中，由于不同来源的数据所采用的建模方法不尽相同，精度、时态、尺度、语义存在差异，数据间往往存在空间冲突，表现为目标位置、形状、方向、属性等的不一致，直接影响着数据的可用性。因此，多源空间数据空间冲突的发现与处理是当前地理数据资源整合、开发、利用亟待解决的问题，并逐渐成为国内外GIS学术界研究的热门问题。然而，由于空间冲突的类型多样性、计算复杂性、语义相关性等造成其检测和处理困难。在理论上，虽然国内外学者对此做了大量的研究，取得了一些研究成果，但由于其通用性不强，在生产实践中，有许多类型空间冲突的检测和处理还停留在手工阶段，费时费力，且容易出现错判、漏判。

一般来讲，空间冲突的解决涉及冲突发现和处理等问题。在海量数据中快速检测和定位空间冲突，是空间冲突处理的先决条件。现有的方法主要是通过建立数据库的空间完整性约束，将拓扑错误检测转化为目标间拓扑关系与语义定义的一致性判断，并提出了基于Delaunay三角网、基于矢-栅结合等探测空间冲突的算法，但效率不高，难以应用于海量矢量数据的检测。一些商业GIS软件（如ArcGIS等）提供了部分针对简单目标特定类型的拓扑错误检查功能，同样难以满足实际的应用需求。原因在于，空间冲突是目标间局部拓扑、方向、度量及语义关系的不一致，而以上研究或应用主要是针对数据中的拓扑错误检查，没有综合考虑空间目标间的方向和度量关系。进一步分析认为，以上方法所采用的空间关系模型只能粗略地计算和描述目标间简单的拓扑关系，难以计算和集成表达目标间局部空间关系的细节，同时缺乏针对海量数据的空间关系细化计算的方法，限制了其对空间冲突的检测能力。

针对GIS数据库建库、更新所提出的应用需求与国际学术前沿问题，在国家自然科学基金项目（40337055，40701141）的资助下，作者以地图制图学、拓扑学、计算几何、GIS空间关系为主要理论依据，分析了数据库更新中空间冲突检测存在的主要问题，并重点针对线目标间空间冲突的自动检测方法进行了研究与实验，并取得了一定的研究成果。由于空间冲突检测的复杂性，加上作者水平有限，书中的观点、方法难免有不足之处，敬请提出宝贵意见。

本书在研究和写作的过程中得到了导师陈军教授和邓喀中教授的悉心指导和帮助，国家基础地理信息中心赵仁亮博士、蒋捷博士、王东华高工、商瑶玲高工、刘建军高工等提供了许多指导和帮助，香港理工大学李志林教授、程涛博士提出了许多宝贵意见。对此，谨向他们表示衷心地感谢。

目　录

第一章　绪　论 …… (1)
§1.1　传统地图中的符号冲突 …… (1)
§1.2　GIS数据库中的空间冲突 …… (3)
§1.3　数据库更新中的空间冲突 …… (11)
§1.4　空间冲突检测的需求、现状及问题 …… (14)

第二章　基于空间关系计算的空间冲突检测模型 …… (19)
§2.1　现实世界中的空间关系 …… (19)
§2.2　空间数据库中的空间关系 …… (20)
§2.3　空间冲突与空间关系的映射关系 …… (22)
§2.4　空间冲突自动检测模型 …… (25)
§2.5　线目标间空间冲突检测 …… (26)

第三章　线线空间关系精细化表达的拓扑链模型 …… (30)
§3.1　空间冲突检测需要计算和描述的空间关系 …… (30)
§3.2　现有的空间关系描述模型 …… (32)
§3.3　一种新的线线详细拓扑关系表达模型——拓扑链 …… (36)
§3.4　两线目标空间关系表达模型 …… (42)
§3.5　一线目标与一组线目标间的空间关系表达模型 …… (43)

第四章　线目标间拓扑关系细化计算的分解—组合法 …… (46)
§4.1　线目标拓扑关系类型 …… (46)
§4.2　线目标分解—组合计算 …… (48)
§4.3　直线段拓扑关系计算的改进平面扫描算法 …… (52)
§4.4　基于规则的线线局部拓扑关系推断 …… (59)
§4.5　利用拓扑链模型组合局部拓扑关系 …… (63)

第五章　基于空间关系编码匹配的空间冲突判断 …… (65)
§5.1　空间冲突判断规则 …… (65)
§5.2　空间冲突判断 …… (69)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

§5.3 空间冲突的确认…… (75)

第六章 更新河流与山谷线空间冲突检测 …… (81)
§6.1 现有的山谷线提取方法…… (81)
§6.2 基于矢量投影法提取谷底点的方法…… (82)
§6.3 山谷线与河流不一致的探测…… (87)

第七章 实验与应用 …… (90)
§7.1 实验系统简介…… (90)
§7.2 主要实验结果…… (93)
§7.3 河流与等高线空间冲突检测…… (96)

第八章 总结与展望…… (103)

参考文献…… (105)

CONTENTS

Chapter 1 Introduction …… (1)
§ 1.1 Graphic conflicts of the map …… (1)
§ 1.2 Spatial conflicts of the GIS database …… (3)
§ 1.3 Spatial conflicts emerged in the process of GIS database updating …… (11)
§ 1.4 Survey of spatial conflict detection …… (14)

Chapter 2 The Spatial Conflict Detection Model Based on the Spatial Relation Calculation …… (19)
§ 2.1 Spatial relations in the real world …… (19)
§ 2.2 Spatial relations in the spatial database …… (20)
§ 2.3 The mapping between spatial conflicts and spatial relations … (22)
§ 2.4 The model for spatial conflict automatic detection …… (25)
§ 2.5 The spatial conflict detection of line objects …… (26)

Chapter 3 Topology Chain Model for Describing the Line-Line Topological Relations …… (30)
§ 3.1 Calculation and description of spatial relations for spatial conflict detection …… (30)
§ 3.2 Review of spatial relation description model …… (32)
§ 3.3 A new topology chain model for describing the line-line topological relations …… (36)
§ 3.4 The model for describing the spatial relations between two line objects …… (42)
§ 3.5 The model for describing the spatial relations between a line object and a group of line objects …… (43)

Chapter 4 Line-Decomposed-Assembled Method for Calculating the Complicated Topological Relations between Line Objects …… (46)
§ 4.1 Topological relation types of line objects …… (46)
§ 4.2 line-decomposed-assembled method …… (48)

§4.3 The improved plane sweep arithmetic for calculating topological relations between line segments …… (52)
§4.4 Judging the local topological relations between line objects based on the rules …… (59)
§4.5 Assemblage of the local topological relations by the topology chain model …… (63)

Chapter 5 Judgement of Spatial Conflicts Based on the Spatial Relation Encoding Match Method …… (65)
§5.1 Rules for judging the spatial conflicts …… (65)
§5.2 Judgement of the spatial conflicts …… (69)
§5.3 Confirmation of the spatial conflicts …… (75)

Chapter 6 Detecting the Spatial conflicts between the Updated Rivers and Valleys …… (81)
§6.1 Review of the method for extracting the valley lines …… (81)
§6.2 Extraction of the valley lines based on the vector projection method …… (82)
§6.3 Detection of the spatial inconsistency between the updated rivers and valleys …… (87)

Chapter 7 Experiment and Application …… (90)
§7.1 Introduction to experiment system …… (90)
§7.2 Experiment results …… (93)
§7.3 Detection of the spatial conflicts between the updated rivers and contours …… (96)

Chapter 8 Conclusion and Expectation …… (103)

Reference …… (105)

第一章 绪 论

本章在分析传统地图符号冲突的基础上，结合空间数据的特点提出GIS空间冲突的概念。首先分析了GIS空间冲突与地图符号空间冲突的区别和联系，认为GIS空间冲突是空间数据不确定性的反映。在总结前人对空间冲突分类的基础上，提出了GIS中空间冲突分类方法。以数据库更新为背景分析了更新中空间冲突产生的原因及其检测的需求、现状和问题。

§1.1 传统地图中的符号冲突

1.1.1 地图符号间的约束

地图是按照一定的数学法则，运用符号系统概括地将地球上各种自然和社会现象缩小表示在平面上的图形（廖克 等，1985；王家耀 等，2000）。地图的各种符号、色彩、文字注记等构成地图语言，表示地物的位置、形状、大小等几何特征，数量、质量等属性特征及地图对象间的空间关系。地图符号主要包括点状符号、线状符号、面状符号，具有形状、大小和位置3个基本特性，其中，点状符号的位置由定位点确定，尺寸取决于地图比例尺和图中符号的疏密程度，线状符号具有一定宽度，位置由定位线确定。可见，在地图中，0维的点和1维的线都表示为2维的面，符号间的关系取决于符号的位置和尺寸两个因素。地图符号及其关系遵从地图语言的法则，其包括语法、语义与语用3个要素（廖克 等，1985），共同构成了对地图符号的形状、结构、大小、方向、位置、关系以及色彩、注记等的约束。

（1）地图语法是指地图符号系统组合的结构方式与规则，反映地图符号之间的关系。

（2）地图语义是指地图符号所代表的制图信息的含义，反映地图符号与制图对象之间的关系。

（3）地图语用指地图符号的实用性，研究作为信息表达手段的地图符号的信息价值及用图者的感受，包括辨别性、易懂性、易记性等，反映地图符号与使用者间的关系。

图1-1表示了三者间的关系。可以看出，地图语言的3个要素定义了符号与制图对象，符号与符号以及符号与读图者之间的关系，包括对现实世界地图对象的概括、地图上对地理现象的表达、服务对象的视觉感受等地图产生的整个过程对地图符号及其间关系的约束。

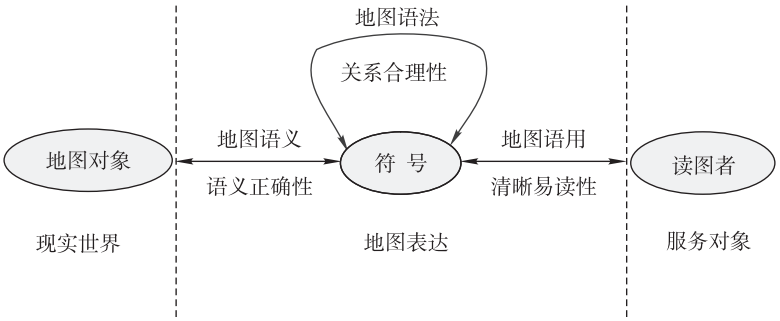


图 1-1 地图语言的 3 个要素及其关系

地图制图是利用地图语言表达现实世界地理现象的过程，制图者将他从现实世界中得到的认识，按照地图语言的法则，将各种符号、图形、颜色、文字等有组织地排列，表达制图对象之间的空间关系和性质。由于制图者个人知识水平、经验、能力的限制，图形要素的选择、分级，地理目标形态抽象概括以及地理要素符号化等操作，可能改变地图符号的位置、形状、方向、大小、颜色以及文字注记等，造成空间目标结构难以分辨，相对关系歪曲等（费立凡，2004），从而破坏地图语言的法则对符号及其间关系的约束，影响了图形可视化，造成地图信息表达错误。

1.1.2 地图符号冲突

地图符号冲突是地图信息表达错误的主要形式，是由于符号间关系约束破坏而产生的一种不合理的图形关系。按照符号冲突对读图所产生的破坏性影响程度的大小，将其分为空间冲突、视觉冲突及关系冲突三类（费立凡，2004）。

（1）空间冲突是指同一制图空间中的不同的要素符号互相重叠。如图 1-2（a）中道路与建筑物正确的关系应当保持相离关系，但图中道路符号压盖建筑物符号，不符合地图语言的语法，破坏了道路符号与建筑物符号间的关系约束，从而产生空间冲突。在制图综合中，符号的放大表示、移位等均可能引起符号间的空间冲突。

（2）视觉冲突是指符号不重叠的制图目标间距离过小，或符号本身的子结构过于琐碎，难以分辨。如图 1-2（b）中三幢建筑物符号距离太近，破坏了建筑物间应保持的度量关系约束，当符号间的距离小于人的视觉变量时，三者界限难以区分，使读图者很难确定三者间的关系，影响了地图语言的语用。

（3）关系冲突定义为不存在空间冲突和视觉冲突的地图符号歪曲了实地要素之间的相对关系，或实地要素自身的基本特征。如图 1-2（c）中，由于道路符号夸大造成与建筑物间距离的缩小，破坏了二者的度量关系约束，不符合地图语言的语法。

综上所述，在传统的地图制图中，冲突的判断是基于地图符号的，其依据是地图符号间的关系是否能够满足地图语言的法则，而这些法则是建立在地图符号空间关系的基础上的。地图制图中的空间冲突仅表示地图符号间的相互叠置关系，

是一种狭义的空间冲突，称之为符号空间冲突。



（a）符号重叠产生的空间冲突　（b）过小距离产生的视觉冲突　（c）道路符号夸大后与建筑物距离关系破坏

图 1-2　地图制图中的图形冲突（费立凡，2004）

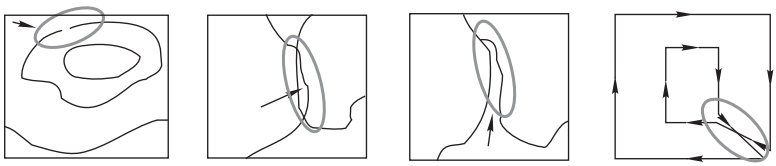
§1.2　GIS 数据库中的空间冲突

1.2.1　数据空间冲突的概念

地理信息系统（GIS）是地图信息的又一种载体，具有存储、分析、显示和传输空间信息的功能。GIS 利用空间数据来描述空间实体的位置、形状、大小及其分布特征。空间数据主要包括几何数据、属性数据、空间关系等，具有定位、定性、时间和空间关系 4 种特性（史文中，2005）。空间数据的精确性、正确性和有效性是空间数据库的数据质量好坏的重要影响因素。空间数据库通过建立并执行空间完整性约束来维护空间数据的精确性、正确性、有效性。然而，在空间数据库建库、更新的过程中，由于数据库中空间目标几何结构破坏、属性值错误及其间关系的改变，破坏了空间完整性约束条件，常常造成数据库对现实世界空间实体及其间关系的表达错误，产生几何结构冲突、属性冲突及空间关系冲突等，从而破坏了空间数据的一致性。

1. 几何结构冲突

指空间目标的几何形状、结构特性不符合数据库中对空间目标的几何、结构的完整性约束，不能正确表达现实世界空间实体的位置及几何形态特征（Servigne et al，2000）。例如，空间数据中结点与结点、结点与弧段，弧段与弧段间的拓扑关系不一致，多边形不闭合、线自交等都属于这类冲突。图 1-3 给出了几种常见的几何冲突类型。



（a）多边形不闭合　（b）碎屑多边形　（c）相邻多边形间的缝隙　（d）复合多边形内外边界连接错误

图 1-3　几何冲突类型

需要全本请访问 www.ertongbook.com

2. 属性冲突

属性冲突是空间目标的属性值与现实世界真实值不符，破坏了目标间的语义约束。主要包括要素分类与代码错误及名称错误等。图 1-4 中，由于属性赋值错误，将新会市的潮连镇与江门市的荷塘镇的名称属性互换，改变了二者的隶属关系，造成属性冲突。

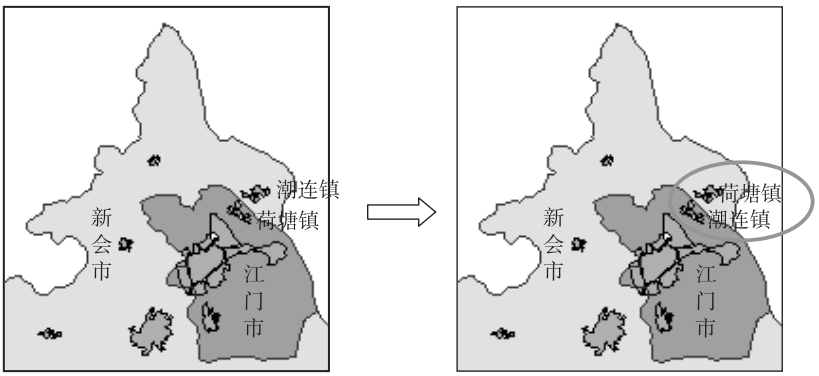


图 1-4　属性赋值错误

3. 空间关系冲突

目标间的拓扑、方向及度量关系应符合数据库的空间完整性约束，否则，就会造成其与现实世界对应空间实体关系的不一致。如图 1-5 中道路与水库的关系在现实世界中不可能存在，因而认为是不合理的空间关系。

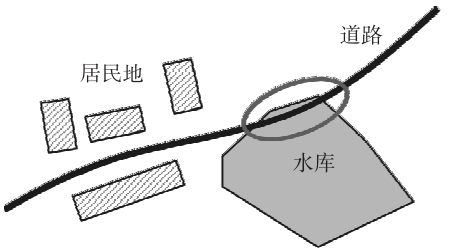


图 1-5　空间关系冲突

以上 3 种冲突都是由空间数据自身的不确定性或错误引起的目标几何、属性及其关系的改变而造成的不合理空间关系。几何结构冲突破坏了空间目标自身的几何约束，不能正确表达现实世界对应空间实体的几何形态，其表现为组成目标的结点与结点、结点与弧段，弧段与弧段间的拓扑关系错误。而图 1-4 标示的属性冲突是一种语义冲突，其实际上也隐含着目标空间关系的改变，即新会市与潮连镇本来是包含关系，由于属性标示错误，二者变为相离关系；同样，荷塘镇与新会市也由相离错误转变为包含关系。此外，数据库中等高线高程值属性错误同样可以导致河流爬坡等不合理空间关系。这些不合理空间关系实际上是现实世界地理实体的几何结构特征及其间的空间关系在数据库中的表达错误。

通过以上分析，我们将数据空间冲突定义为：空间目标及其关系不符合空间数据库的空间完整性约束，造成目标间空间关系与现实世界对应地理实体间的空间关系的不一致，或组成空间目标几何元素间的空间关系不能正确表达现实世界对

应地理实体的结构特征。显然，按照该定义，图 1-3、图 1-4、图 1-5 中的错误类型都属于数据空间冲突。

1.2.2 数据空间冲突与符号空间冲突的区别

1. 内涵不同

符号空间冲突特指地图符号间的相互压盖关系不符合地图符号的语法约束，其是空间实体的位置数据与符号几何形状共同作用的结果，往往不是数据间关系的真实反映。其判断依据是符号间的关系是否符合地图语言的规则。在传统地图中，用于确定地图符号位置的定位点、定位线是严格意义上的空间数据的真实位置表达，而符号的长度、宽度、有效空白、方向、位置、颜色等固定参数，却不随目标定位线之间的度量关系和地图尺度的变化而变化（郑春燕，2003）。随着地图比例尺的缩小，相离的地图目标间距离随之缩小，从数学角度分析，无论比例尺如何小，原来相离的目标间距离总是大于零，不会出现相互压盖，目标间空间关系没有改变，不可能产生空间冲突；但地图符号具有固定的长度（半依比例尺符号除外）和宽度，不随尺度变化而变化，当地图比例尺缩小到一定程度时，地图符号间就出现相互压盖的冲突（符号空间冲突）。

数据空间冲突是由空间数据错误引起的目标及其间的关系违反了数据库的空间完整性约束，从而无法正确反映现实世界的客观现实。数据空间冲突与采用的数据模型和数据结构有关。数据库中不同的数据模型采用的数据结构往往不同。面条模型采用坐标序列法的文件结构，以点、线、多边形为单元组织数据，由于其数据结构中存在的多边形边的冗余存储，岛与多边形自成体系，难以进行邻域处理等缺点，常常影响数据模型对现实世界地理实体的几何表达，造成所表达目标的平面图结构破坏，从而引起几何结构错误。相对而言，平面图模型采用的是拓扑数据结构，具有拓扑编辑功能，可以自动形成封闭的多边形，便于进行拓扑错误检查，减少了拓扑错误（例如多边形不闭合）的发生，但其只能发现连通的几何对象间的部分拓扑错误，无法发现数据库中大量存在的与语义相关的不连通目标间的空间冲突。可见，数据空间冲突只与空间数据有关，不随尺度的变化而变化，与图形可视化没有必然联系。

2. 表现形式不同

符号空间冲突只有符号相互压盖一种表现形式。这与“冲突”一词的含义不符。《辞海》（1989 年版）对“冲突”的解释是几种同时存在并且互相抵触、斗争的状态，具有 3 种表现形式：①向往—向往型，两种事情都想做，但只能做一样；②回避—回避型，两种事情都想回避，但必须做一样；③向往—回避型，同一目标既想做，又想回避。

参照《辞海》中对冲突的定义，根据现实世界地理实体间客观存在的空间关系

类型及语义，将数据空间冲突的表现形式归结为3种类型，即排斥型，依赖型及排斥—依赖型。

(1)排斥型。两个目标不能同时存在，或距离不能由远及近，即不能发生相离→相接→交叉(或叠置)→包含等趋近的关系，例如煤气站与锅炉房在一定区域内不得同时存在。

(2)依赖型。两个目标互相依存，或距离不能由近及远，即不能发生包含关系→交叉(或叠置)→相接→相离等趋远的关系；例如桥梁必须与河流同时存在，加油站必须在公路的一侧，水坝必须与河流或水库同时存在等。

(3)排斥—依赖型。两目标互相依存，但必须保持某种关系，不得由远及近。例如道路与居民地的关系，居民地必须与道路相通，但道路只能与居民地相接或从其一侧通过，不能小面积切割居民地。

可见，数据空间冲突包含了空间数据库中所有的不合理空间关系，是一种广义的空间冲突，在以下的叙述中，空间冲突皆是指数据空间冲突。

1.2.3 空间冲突分类

空间冲突分类是空间冲突检测的基础。不同类型的空间冲突对应着不同类型的空间关系矛盾，其判断规则、空间关系的计算方法、采用的检测手段等都有所区别。根据不同的应用目的，人们提出了多种空间冲突的分类方法，但总的说来，这些分类方法都是基于空间数据实体及其关系，只是类型划分的详细程度不同。

1. 现有的分类方法

Kufoniyi等(1995)、Ruas(1995)根据目标及其组成几何元素间的拓扑关系将空间冲突分为两个层次。①目标几何结构冲突，其与数据库采用的数据模型和数据结构有关；②语义冲突，其是目标间的空间关系在语义约束下的不一致，与数据模型的执行过程有关，如道路落入湖里。数据库中的拓扑关系冲突是语义冲突的子集。

Servigne等(2000)将空间冲突分为3个层次：①结构冲突，即数据结构不能执行数据模型对现实世界空间实体的正确表达。例如，当简单多边形和复杂多边形采用共同的数据结构时，空洞常常作为目标的一部分，并与外部多边形通过两方向相反的隐藏线连接，这样容易受坐标精度的影响而造成目标边界自相交等不一致现象，如图1-3所示。②几何冲突，即数据模型自身不能真实地表达现实世界中的空间实体及其关系。例如，如果数据模型没有定义多边形必须闭合，在数据输入时，就容易产生不闭合多边形。③拓扑语义冲突，它依赖于目标间的拓扑关系，而建立在目标形状基础上的拓扑关系是否合理，依赖于目标语义。

Corkcroft(1997)进一步将拓扑语义冲突细分为：①拓扑关系冲突，主要指数据库更新中常见的空间冲突。例如，多边形的标示点必须位于多边形内，等高线间不能相交等。②语义关系冲突，主要指与地图目标的几何、属性有关的冲突。例

如，一栋楼房被某一段街道分割，其结构、几何以及拓扑关系都是一致的，但考虑到线状目标（街道）与面目标（楼房）所代表的语义及其关系，不难判断这是一种禁止的语义关系。③用户自定义的关系冲突等，是为了满足特定行业的应用需求，用户根据自己的实际需要可以定义一些空间关系规则，如果目标之间的空间关系违反了这些规则就认为是产生了空间冲突。例如，按照相关法律的规定，煤气站不能建在市区范围内，按照环保的相关要求，发电厂必须建在城市的下风向等。

以上空间冲突类型，无论是结构冲突、几何冲突、拓扑语义冲突，还是用户自定义的关系冲突，皆表现为现实世界地理实体及其关系与数据库中表达的目标及其关系的不一致。

2. 考虑方向、度量关系的分类方法

综合以上观点，空间冲突主要取决于目标的存在状态及其间空间关系的合理性。另外，考虑到数据库中出现的许多空间冲突除了与拓扑关系有关外，还与度量、顺序（特别是方向关系）有关，因此，有必要建立一种基于目标几何、结构及其间拓扑、方向、度量、语义关系的完备的分类体系。

从空间冲突的定义可以看出，空间冲突是相对空间约束而言，空间约束可分为定性约束与定量约束。如果目标间关系不符合定性约束，就认为产生了空间冲突，而定量约束一般是用户根据经验或某种特殊的需求设定的一个阈值，如果定量关系的变化大于该阈值，则认为是空间冲突。在 3 种空间关系中，拓扑关系是一种定性关系，其变化就意味着空间冲突的产生；度量关系是一种定量关系，其变化并不一定产生空间冲突，需要将变化量和阈值进行比较确定。而方向关系既可作为定性关系，也可是定量关系，由用户自己设定。目标间空间冲突可依据其所破坏的空间关系约束类型分类，如果目标间关系不符合拓扑关系约束，则为拓扑关系冲突；如果不符合度量关系约束，则为度量关系冲突；如果同时破坏了拓扑关系和度量关系约束，则为拓扑、度量关系冲突，依此类推。

例如，河流支流与干流应锐角相交，该约束包含了两层含义：①河流支流应与干流相交（拓扑关系）；②相交角度应小于 90°（度量关系）。化工厂应处于城市西南方向且距城市边界不小于 2 km，该约束包含了 3 层含义：①化工厂与城市相离（拓扑关系）；②化工厂位于城市西南向（方向关系）；③距城市边界大于等于 2 km（度量关系）。图 1-6(a)表示了城市与化工厂正确的空间关系；图 1-6 (b)违反了二者间的度量关系约束；图 1-6(c)违反了二者间的方向关系约束；图 1-6(d)同时违反了二者间的方向关系和度量关系约束；图 1-6(e)同时违反了二者间的拓扑、方向、度量关系约束。

根据以上分析，将空间冲突分为如图 1-7 所示的 9 种类型：结构冲突，几何冲突，拓扑关系冲突，方向关系冲突，度量关系冲突，以及拓扑、方向、度量关系的组合关系冲突，包括拓扑、度量关系冲突，拓扑、方向关系冲突，度量、方向关系冲突，拓

扑、度量、方向关系冲突 4 类。

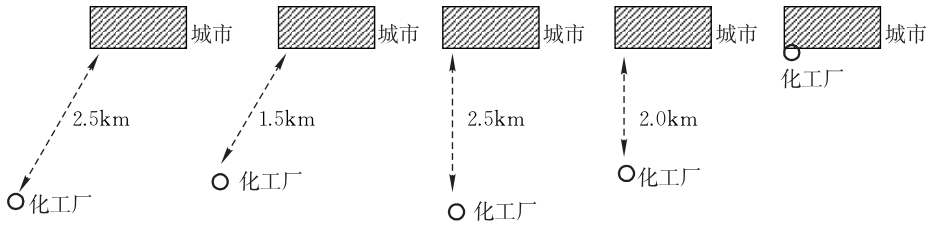


图 1-6 由拓扑、度量、方向关系错误引起的空间冲突

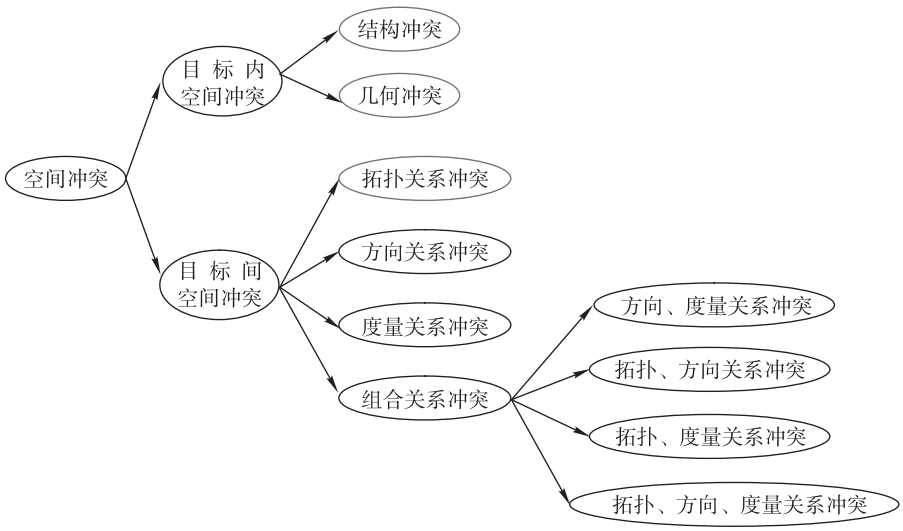


图 1-7 空间冲突类型

1.2.4 空间冲突产生的原因

客观世界是一个复杂多变的、开放的、非线性的巨系统。客观世界的不确定性、人类认知的局限性以及量测手段的限制，导致了作为客观实体载体的空间数据的不确定性（史文中，2005；郭庆胜，1998；郭庆胜 等，2004）。在 GIS 中，不确定性作为衡量空间数据质量的指标，是一种广义的误差，表现为随机性和模糊性（史文中，2005；刘文宝，1995，2001）。现实世界空间目标的不确定性，使得描述空间目标的空间数据及其空间关系也必然是不确定的（刘文宝，1995，1998）。

由于自然界各种应力及人类改造自然活动的共同作用，现实世界地理要素处于不断地发展变化之中（Egenhofer et al，1992），其实质为静态地理信息在时间维上的变化（刘文宝，1998），在几何形态上，则主要表现为目标创建、塑形、移位、旋转、消失等存在状态的改变（Langran，1991）。空间关系是研究地理实体间存在的

具有空间特性的关系，地理要素的变化将引起其与邻近地理要素空间关系的改变，也就是说，现实世界空间关系是一种动态的关系，处于不断地发展变化之中。例如，在雨季，随着湖泊水面的不断升高和扩大，湖泊边界与其邻近相离的居民地的距离不断趋近，直到相接，甚至将居民地完全淹没，二者的关系变为包含关系。

在数据库更新中，空间目标及其空间关系动态性通过数据采集时间、更新时间和频率来体现，实际上表现为空间数据的时间精度。空间关系的不确定性和动态性常常造成数据库中目标间空间关系与现实世界对应地理要素间的空间关系的不一致，是数据库更新中空间冲突产生的主要原因。

1. 由几何位置误差、粗差、边界模糊性引起的空间冲突

在GIS中，不同要素分别采集，分层存储。在数据采集的过程中一般只考虑同层目标间的空间关系，人为割裂了不同要素间的相互关系；即使两个目标更新时间一致，由于不同层目标的几何位置精度不一致、粗差，以及边界模糊性等因素同样可以导致空间冲突的产生。

(1)位置精度，指空间目标的坐标数据相对于现实世界的实体的真实位置的接近程度。包括数学基础精度、平面精度、高程精度、接边精度、形状再现精度等(史文中，2005)。GIS中的点、线、面等基本要素的位置精度通常用误差圆带来表示，例如，点的位置精度采用误差椭圆表示，其长半轴表示在一定概率 P 下观测值可能达到的最大变化范围。线目标的误差圆带是近年来研究的热点。最早由Perkal(1966)首先提出的 ε^- 带模型，其为线目标真值以 ε^- 为半径的Buffer区域。带的宽度处处相等，线元对应的真实线以一定概率落入 ε^- 带中，因而可视为一置信带。针对 ε^- 带表示线元误差的局限性，人们对其进一步扩展，提出 E^- 带模型，误差带的宽度在线段两端点置信区域最宽，中间最窄，形成“哑铃”形区域，表示线两端点误差最大，中间点误差最小(李德仁 等，1995)。此外，刘文宝(1995)建立了一种 G^- 带模型，史文中(2005)将位置和属性的不确定性结合建立了 S^- 带模型。无论哪种误差带模型，实际上都是确定了线目标的一个带状的误差范围，线目标以一定概率落入该区域。

可见，对于一定精度的空间数据，空间目标的位置并不是确定的，而是在一定范围内随机扰动(刘文宝，1995)，导致线状目标几何形状在其误差带范围内随机变化。当两个线目标的误差圆带交集不为空时，其间空间关系就可能发生变化，当这种变化违背了数据库的空间一致性约束时，就会产生空间冲突。

(2)粗差，粗差的存在同样可以导致空间冲突的产生。误差圆带模型表示点、线、面目标的位置精度是建立在随机误差的基础上，没有考虑粗差的存在(李德仁等，1995)，而在数据库更新的各个环节都可能产生粗差。这些粗差一方面是由于疏忽造成的；另一方面与操作人员的经验及知识水平、业务的熟练程度有关，因而很难避免。例如，作业员在数据采集时，对于河流与道路的关系、道路与街区的关

需要全本请访问 www.ertongbook.com