



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

ArcGIS 拓扑介绍

ESRI 中国（北京）有限公司
李少华

用户需求（国土）

- 我们数据不标准，必须检查修改，提出N个要求
- 当河流作为国界时，必须保证河流线与国界线一致
- 房屋必须在宗地范围里面
- 宗地边界与界址线相互重合
- 地下管线与道路中心线不能有交叉点
- 宗地与宗地不能相互压盖
- 特殊情况：根据历史资料宗地录入的数据有重叠情况（这些宗地已经有法可依）不能更改。
-



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

Overview (概要)

- 1: 基本拓扑概念
- 2: ArcGIS拓扑介绍
- 3: ArcGIS拓扑构建元素介绍
- 4: ArcGIS拓扑验证结果介绍
- 5: ArcMap拓扑工具介绍
- 6: ArcGIS拓扑存储
- 7: ArcGIS版本与拓扑
- 8: ArcToolbox工具和ArcEngine接口的拓扑应用
- 9: FileGDB的Compress与拓扑



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑的基本概念

拓扑被认为是一种空间数据结构，主要用于保证相互关联的数据能够形成一种一致简洁的结构。

拓扑学采用拓扑几何来描述

- ◆ 单个几何图形构成要素的连接性、多边形区域定义等关系
- ◆ 目标与周围其他对象的邻接性、相离相交、包含等关系研究。
- ◆ 几何网络构成要素的相互关系



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

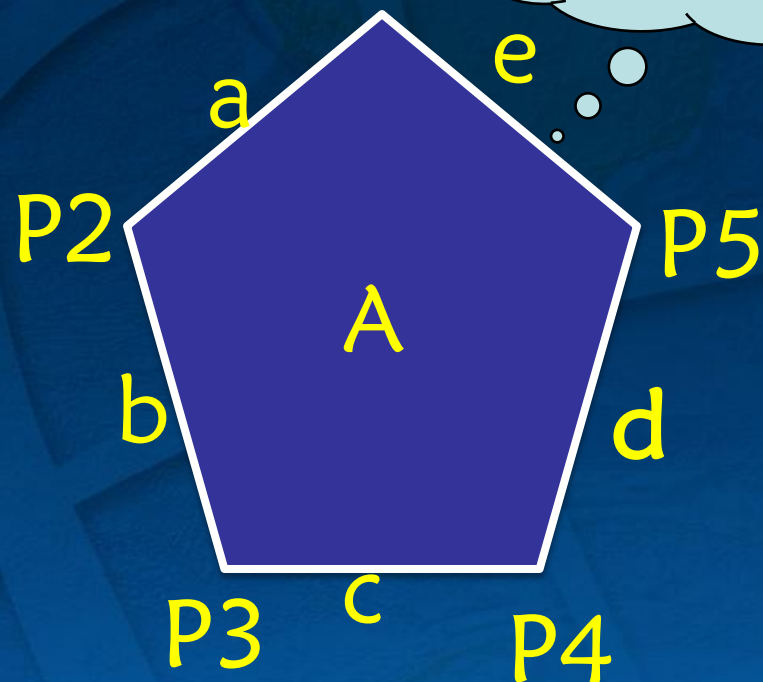
分 享 地 理 价 值

连接性

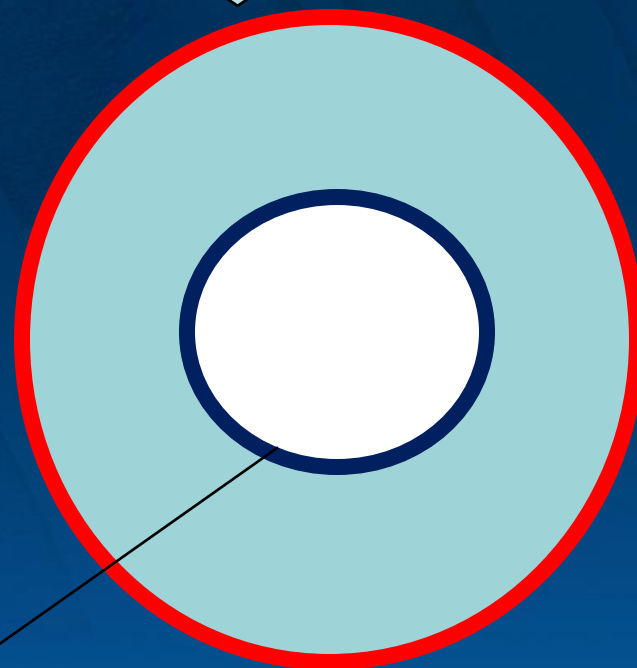
基本单个图形的拓扑

P1

多边形区域定义



外环



内环



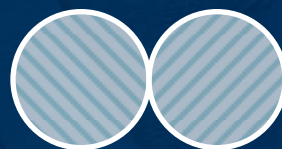
ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分享地理价值

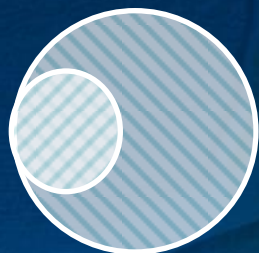
基于多个图形之间的拓扑



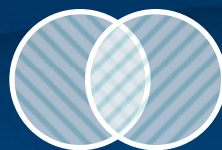
相离



相邻



包含



相交

邻接、包含性



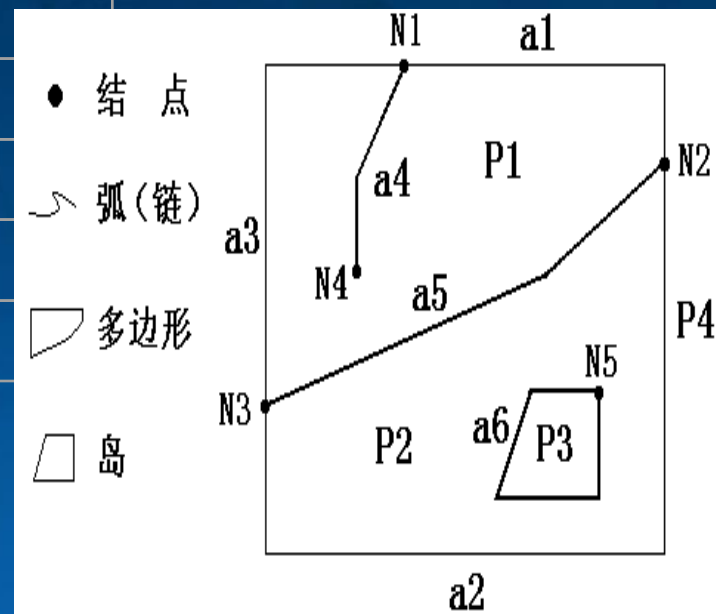
ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分享地理价值

结点	关联的弧	面	弧
N1	a1, a3, a4	P1	a1, a5, a3
N2	a1, a2, a5	P2	a2, a5, a6
N3	a2, a3, a5	P3	a6
N4	a4	P4	图幅外区域
N5	a6		

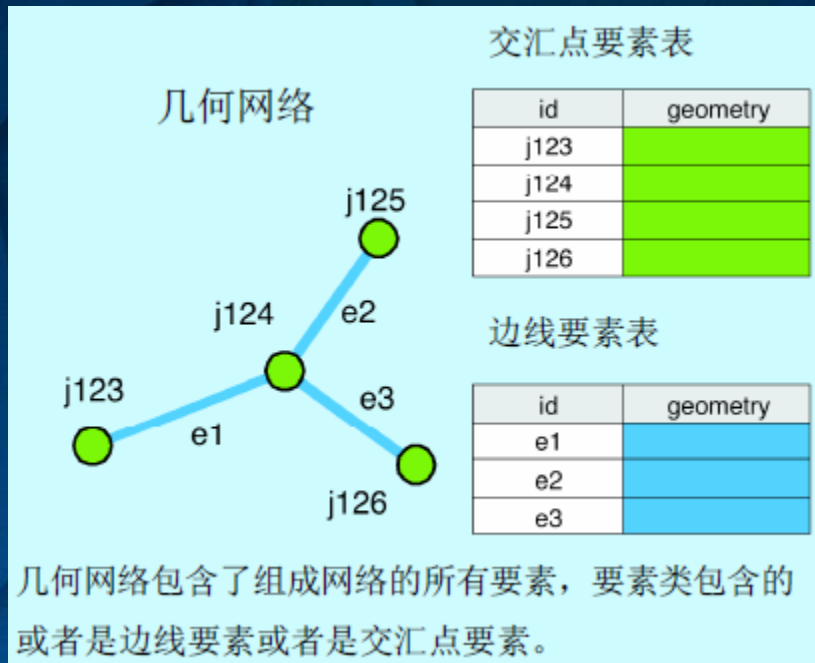
弧 拓 扑

弧	起结点	终结点	左多边形	右多边形
a1	N1	N2	E	P1
a2	N2	N3	E	P2
a3	N3	N1	E	P1
a4	N4	N1	P1	P1
a5	N3	N2	P1	P2



几何网络的拓扑

- 几何网络的核心就是连通属性表，连通属性表描述是网络元素之间是如何相连的



	Junction	Adjacent junction and edge		
	j123	j124, e1		
	j124	j124, e1	j125, e2	j126, e3
	j125	j124, e2		
	j126			

逻辑网络包含了网络的连通性。连通属性记录了给定的所有相邻交汇点以及连接该点与相邻交汇点的边线。

拓扑的应用

- 数据是GIS的核心，GIS数据质量对于评定GIS的算法，减少GIS设计与开发的盲目性，GIS系统的无缝的统计查询、空间分析都具有重要的意义。
- 而在现实生活中，由于数据源的多源性、数据格式多样性、数据生产、数据转换、数据处理标准的不一致性等原因都造成数据的质量无法满足现实的需要。
- 例如GIS在国土应用当中，最常见的是获得一个宗地（面状要素）所包络的界址线（线状要素），界址点（点状要素），如果数据质量不严格就不能获得正确的结果。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑检查

- 入库前的拓扑检查
 - 作用：保证了数据质量（防患于未然），规范标准化，本地文件的检查效率高。（适合于国家级库建设、省级库建设，大数据量）
- 入库后的拓扑检查
 - 作用：对数据库的数据质量进行实时检查，提高了编辑数据的数据质量。（适合于县级及以下库建设，特别是数据编辑、空间分析等功能使用频繁）



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑检查

- 影响数据查询（空间查询方式）
- 影响数据分析
- 影响数据统计
- 影响数据汇总
- 影响数据接口
- 拓扑最基本的用途是：
 - **保证数据质量、提高空间查询统计分析的正确性和效率**，进而为相关行业提供真实有效的指导，同时也使地理数据库能够更真实地反映地理要素。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

ArcGIS拓扑介绍

- ArcInfo的Coverage(8.3)是一个拓扑数据模型

- 数据修改问题
- 不能跨层定义拓扑关系
- 不允许例外
- 不支持多用户并发操作

- Geodataset数据模型的拓扑应用

- 数据修改方便
- 丰富的拓扑规则
- 多个不同要素类同时受拓扑规则约束
- 多用户并发处理
- 高效的拓扑检查



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

ArcGIS拓扑建立方式

- ArcCatalog建立拓扑
- 代码建立拓扑（ArcObject、ArcEngine等）
- ArcToolbox工具建立拓扑
-



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

构建ArcGIS拓扑元素

- 拓扑名称 (Name)
- 拓扑容差 (Tolerance)
- 拓扑要素类 (Featureclass)
- 拓扑级别 (Rank)
- 拓扑规则 (Rules)



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑名称

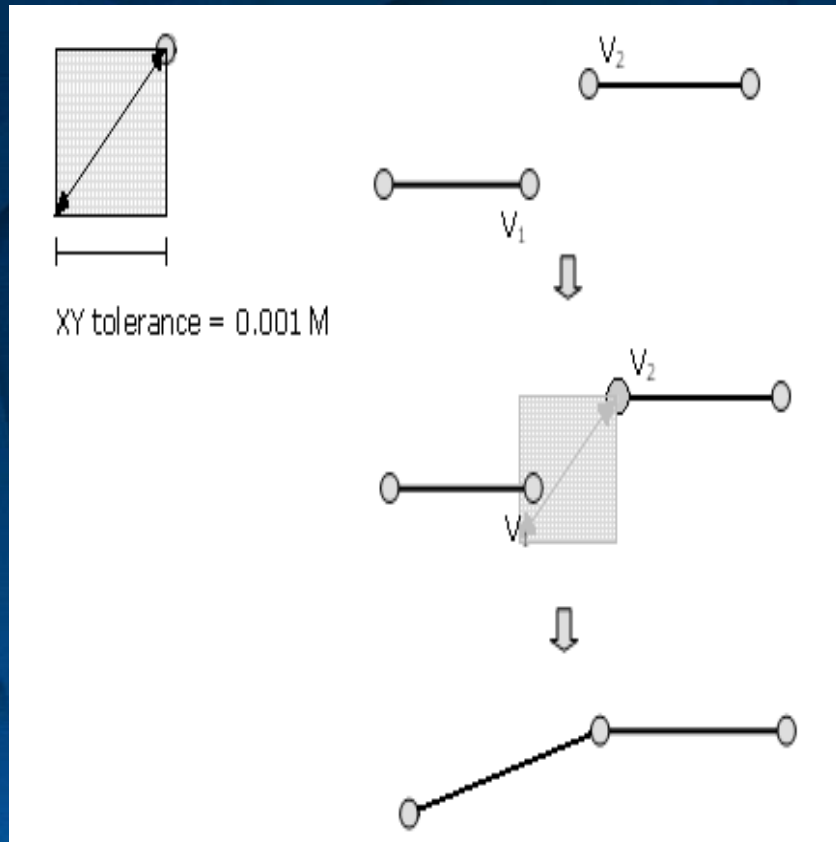
- 在同一个数据集下的拓扑名称 **不能重复**
- 类比同一数据集下不能出现同名的要素类
- 注意：拓扑名称支持中文，不支持数字、非字母的字符开头，但可以包含数字。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑容差



- 默认的容差值为数据集的XY容差
- 拓扑容差不能小于数据集的XY容差
- 包括Z容差

拓扑要素类

- 必须选择在同一数据集下的要素类
- 不支持多维要素类
- 不支持注记要素类
- 不支持MultiPoint要素类、MultiPatch要素类
- 不支持已注册版本数据集建立拓扑
- 如果某个要素类参加了某个拓扑（几何网络），该要素类不能参与创建其他新的拓扑

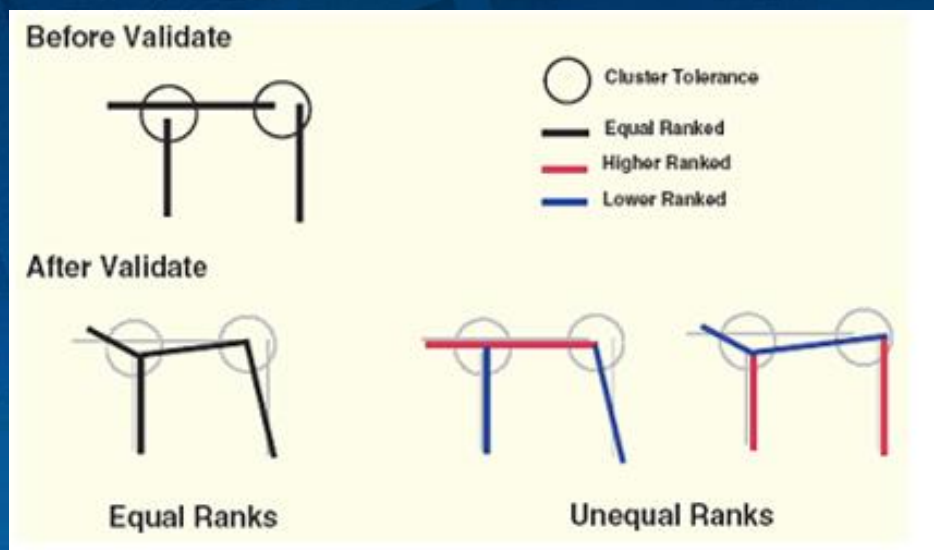


ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

拓扑级别

- 在拓扑验证的过程中，有自动捕捉的过程，要素会移动。
- 在ArcGIS拓扑关系中每一个要素类是根据Rank值的大小来控制移动程度。
- Rank等级越高的要素移动程度越小。



1(最高) ≤ Rank ≤ 50

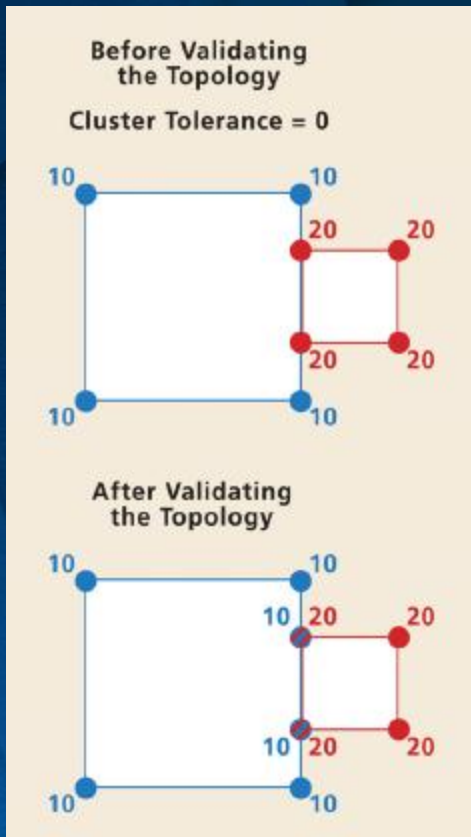
DEMO演示



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分享地理价值

Z簇容限和分级



- 在拓扑校验过程中插入了新的顶点，它们插入到了沿着要素的边界上。如果簇容限为0，Z值就不会发生变化。

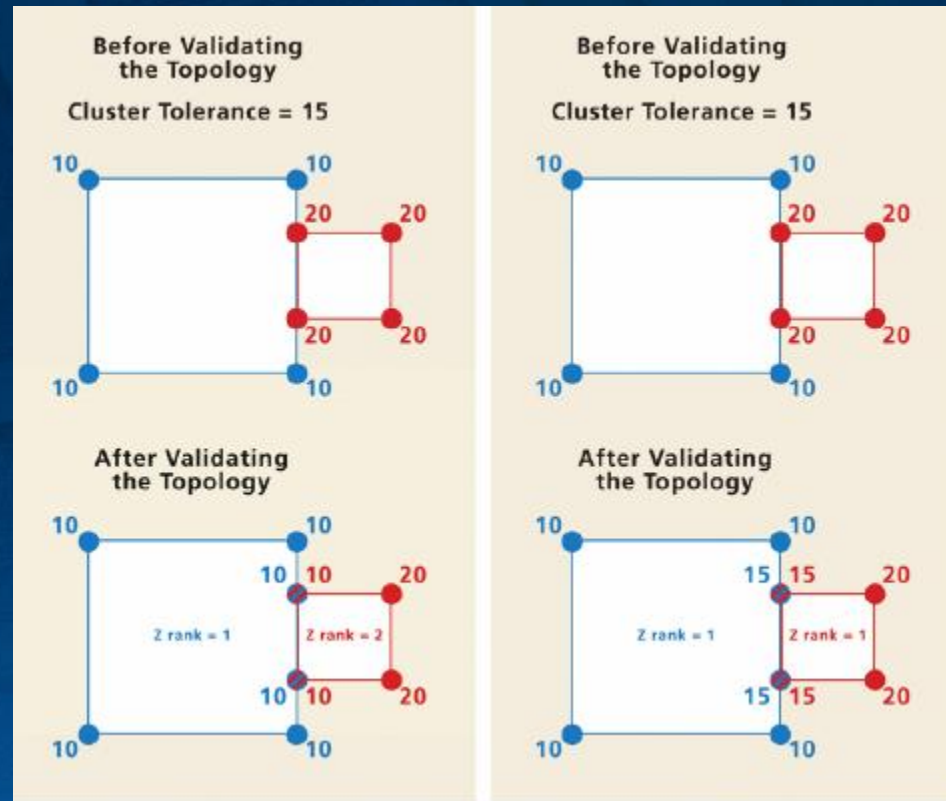


ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分享地理价值

Z簇容限和分级

- 如果两个顶点落入同一Z簇容限，那么低等级的要素类的顶点的Z值将会被捕捉到高等级的顶点的Z值上。
- 如果相同等级的要素类中的顶点落入相同的簇容限，他们的Z值将会被平均。



拓扑规则 (核心)

- 拓扑规则是对地理对象之间的重合、相邻和连通等空间关系的定义。

ArcGIS拓扑规则可作用于

- 同一要素数据集中的不同要素类
- 同一要素类中的不同要素
- 要素子类 (Subtype)



Constant
esriRTAny
esriRTFeatureLargerThanClusterTolerance
esriRTAreaNoGaps
esriRTAreaNoOverlap
esriRTAreaCoveredByAreaClass
esriRTAreaAreaCoverEachOther
esriRTAreaCoveredByArea
esriRTAreaNoOverlapArea
esriRTLLineCoveredByAreaBoundary
esriRTPointCoveredByAreaBoundary
esriRTPointProperlyInsideArea
esriRTLLineNoOverlap
esriRTLLineNoIntersection
esriRTLLineNoDangles
esriRTLLineNoPseudos
esriRTLLineCoveredByLineClass
esriRTLLineNoOverlapLine
esriRTPointCoveredByLine
esriRTPointCoveredByLineEndpoint
esriRTAreaBoundaryCoveredByLine
esriRTAreaBoundaryCoveredByAreaBoundary
esriRTLLineNoSelfOverlap
esriRTLLineNoSelfIntersect
esriRTLLineNoIntersectOrInteriorTouch
esriRTLLineEndpointCoveredByPoint
esriRTAreaContainPoint
esriRTLLineNoMultipart

- 目前的拓扑规则共32个
- ArcGIS9.3.1: (25+1) 个
- ArcGIS10: 6个

- Contains One Point
- Must Not Intersect with
- Must Not Intersect or touch Interior With
- Must Be Properly Inside
- Must Be Coincident With
- Must be Disjoint

拓扑规则演示（以国土行业为例）

宗地（ZD）、界址点（JZD）、界址线（JZX）三者的关系

1: 宗地图形边界与界址线重合

ZD Boundary Must Be Covered By JZX

2: 界址线被宗地图形的边界覆盖

JZX Must Be Covered By Boundary Of ZD

3: 界址点与宗地节点重合

JZD Must Be Covered By Boundary Of ZD

4: 宗地相互不能压盖

ZD Must Not Overlap

5: 界址线不能有悬挂线

JZX Must Not Have Dangles



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

- 宗地与房屋关系

- 宗地包含房屋（不对，宗地可以不含房屋）
- 房屋被宗地包含（有房屋必须被宗地包含）
- 房屋不能相互压盖

- 行政区与地类图斑的关系

- 行政区与所辖的地类图斑相互重合
- 行政区不能相互压盖

- 行政区与行政区界线的关系

-

- 地类图斑与地类界线的关系

-

DEMO演示

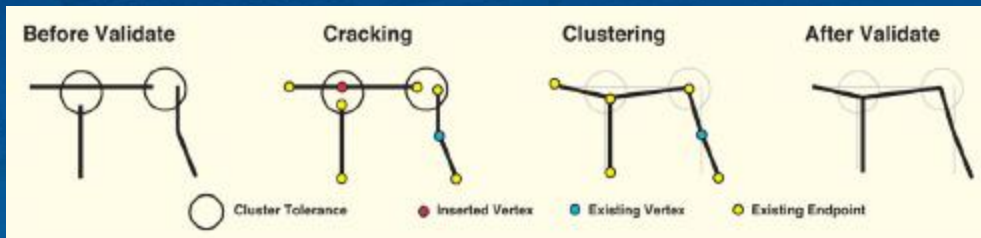


ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

验证拓扑

- 在第一次创建拓扑时，要求检验该拓扑（全部数据）。
- 完成了拓扑校验，以后一般只需在编辑要素的位置进行校验，除非修改拓扑属性。
- 拓扑验证：先拆分后聚类的过程（不可逆）
- 拆分（Cracking）要素
- 沿着边生成一些在已有边、顶点或者断点的簇容限范围内的顶点
- 聚类（Clustering）顶点
- 簇容限中的端点和顶点将会捕捉合并到一起



验证拓扑

- 如果目标数据存在与拓扑规则相悖的情况，即标记显示**拓扑错误（不一定）**。
- 验证时间根据数据量大小而定
- 验证方式
 - ArcCatalog验证（默认全部验证）**速度快**
 - ArcMap验证（三种验证方式）
 - 程序代码验证

验证方式

验证方式	本地文件	SDE（未注册）	SDE版本	其他说明
ArcMap	支持	不支持	支持	打开编辑
ArcCatalog	支持	支持	不支持	无



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

创建拓扑

- 模式锁定

- 在建立拓扑的时候，所有输入的要素类都需要进行模式锁定。如果拓扑中的任意一个要素类有一个共享锁或者独占锁，这个锁会应用到拓扑中所有其它的要素类上

- 创建拓扑DEMO



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

管理拓扑

- 修改拓扑属性 (ArcCatalog)
- 重命名或者其他 (重新验证)
- 删除拓扑
- 删除拓扑不会影响参与该拓扑的要素类；只会删除控制这些要素类间空间关系的规则。
- 复制粘贴拓扑
- 复制拓扑的同时也会复制其中的要素类

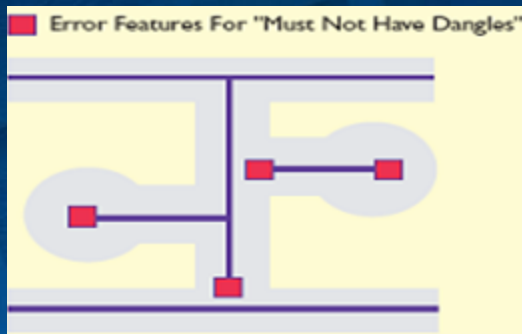


ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

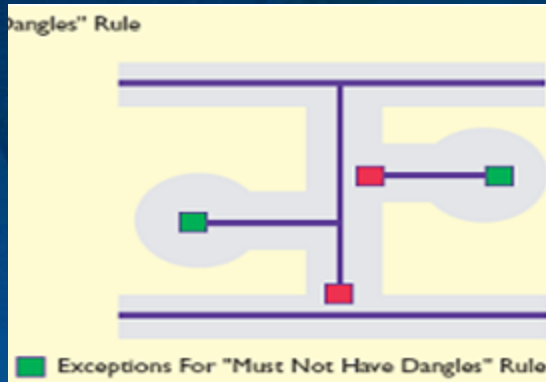
验证拓扑结果

- 验证拓扑结果会作为一个特殊的图层加载到地图文档中供显示，所有存在拓扑关系错误的地方都会在该层中以特定（可自定义）的颜色和符号明显地显示出来。
- **拓扑错误 (Error)**
- 凡是与拓扑规则相悖的会标记为拓扑错误 (Error)



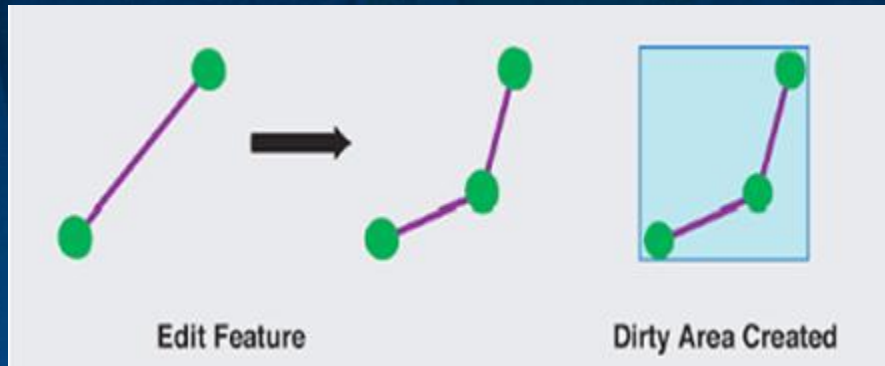
验证拓扑结果

- 拓扑例外 (Exceptions)
- 某些所谓的错误可以指定该处错误为一个特殊情况，可以不受我们定义的拓扑关系规则的约束，不再将其视为错误，把该类型的错误标记为例外 (Exceptions)。



脏区 (Dirty Area)

- 在编辑过的区域内，**可能**会出现该编辑行为的结果违反已有拓扑规则的情况，标记为脏区。



ArcMap (编辑区域)

- ◆ 新建要素或者删除要素
- ◆ 要素的几何属性改变
- ◆ 要素的子类变化
- ◆ 版本一致化 (reconciled)

ArcCatalog (整个区域)

- ◆ 拓扑属性更改

脏区 (Dirty Area)











- 脏区有助于拓扑有效地追踪编辑过程中可能违反了拓扑规则的地方。
- 脏区可以在编辑之后选择部分而不是整个拓扑范围进行校验。
- 脏区存储 (后续介绍)
- DEMO演示

拓扑错误原因

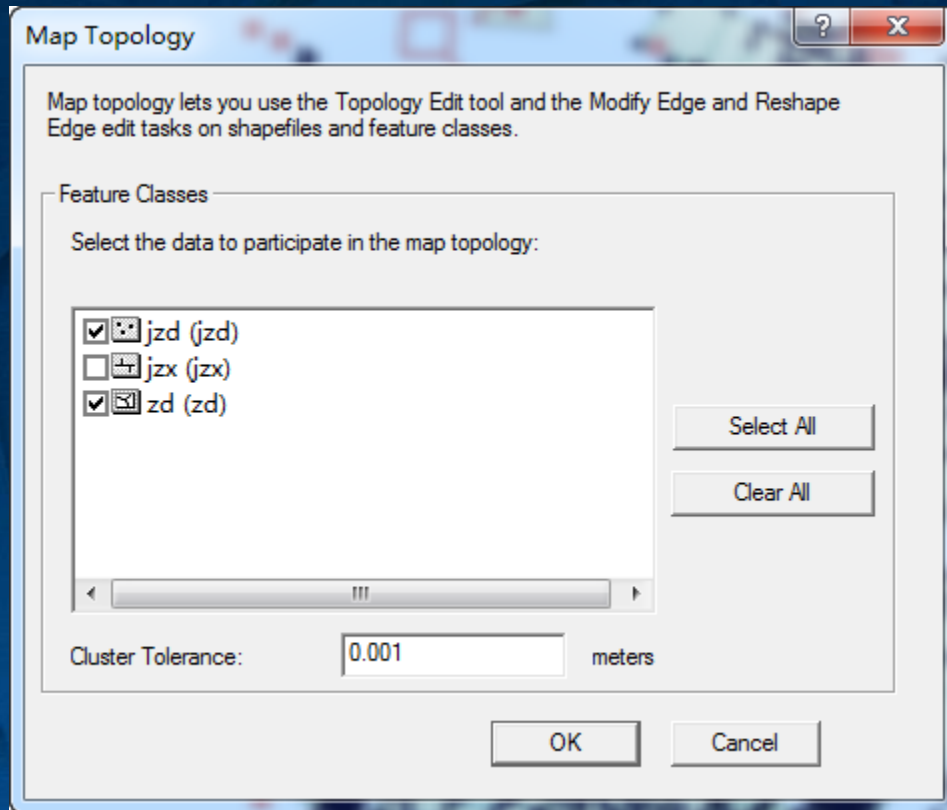
- 1: 与拓扑规则相悖
- 2: 不同级别的Tolerance设置
- 3: 存储方式
 - 应该将参与同一拓扑中的数据集存储在相同的几何存储类型。反之,就会出现因为不同存储类型引起的某些拓扑错误。由于要在不同的存储类型的数据存储的方式的轻微变化。这些差异,是极小(差不多1毫米),但可能会导致违反您的拓扑规则。
 - 例如: 一个面状要素类A的存储为SDO_Geometry, 一个面状要素类B存储为ArcSDE 压缩二进制文件(Long Raw), 如果把拓扑规则设定为要素类 A Must not overlap with要素类 B, 功能在呈现的方式中的微小差异可能导致违反该拓扑规则, 导致拓扑错误。
- 4: 拓扑规则的原因
-



ArcMap拓扑工具介绍

Button	Name	Function
	Map Topology	Allows you to choose which layers form a map topology for integrated editing
	Construct Features	Constructs features from the selection
	Planarize Lines	Planarizes the selected lines
	Topology Edit Tool	Selects and edits topological elements
	Show Shared Features	Shows features that share the selected edge
	Validate Topology In Specified Area	Validates topology in the area specified by the mouse pointer
	Validate Topology In Current Extent	Validates topology in the current extent of the data frame
	Validate Entire Topology	Validates topology for the full extent
	Fix Topology Error Tool	Selects and fixes topology errors
	Error Inspector	Shows/Hides the Error Inspector dialog box

MapTopology工具



- 利用拓扑工具条的拓扑编辑工具时，可以对拓扑编辑图层进行设置
- 该工具仅对拓扑工具起作用。

Construct Features (构造要素)

➤ 线拓扑生成面

目标编辑图层要选择面才能显示为可用

➤ 面拓扑生成线

目标编辑图层要选择线才能显示为可用)

在多个面进行拓扑生成线的情况下，如果有两个相邻面，那么只生成一条公共边。

- 拓扑由线状要素类与面状要素参与



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

线拓扑生成面

- **Create new Polygons from selected features**

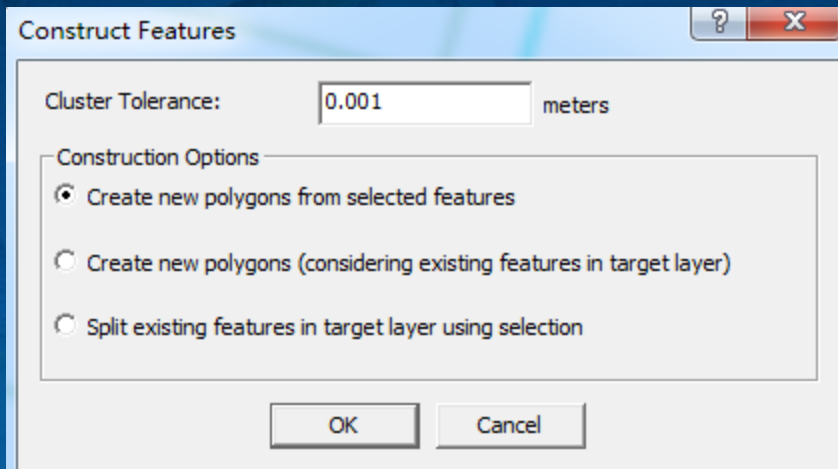
直接产生新的面状要素

- **Create new polygons(considering existing features in target layer)**

如果已存在面状要素不再生成新的面状要素

- **Split existing features in target layer using selection**

根据线直接分割已存在的面状要素



➤ 线拓扑生成面

DEMO演示

➤ 面拓扑生成线

• DEMO演示



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

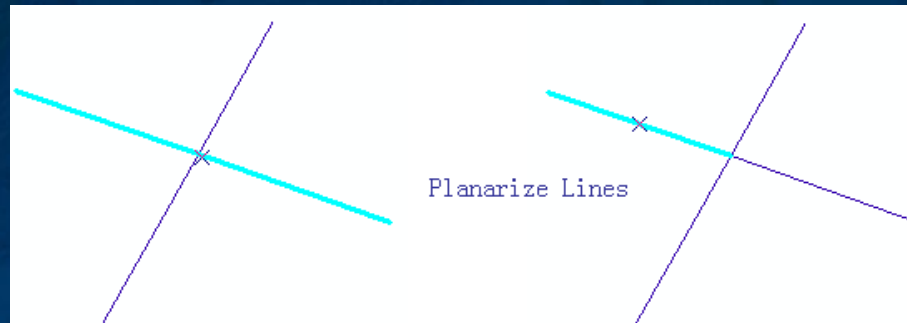
分 享 地 理 价 值

Planarize Lines

- 相交点打断线

只针对相交线

折线无效

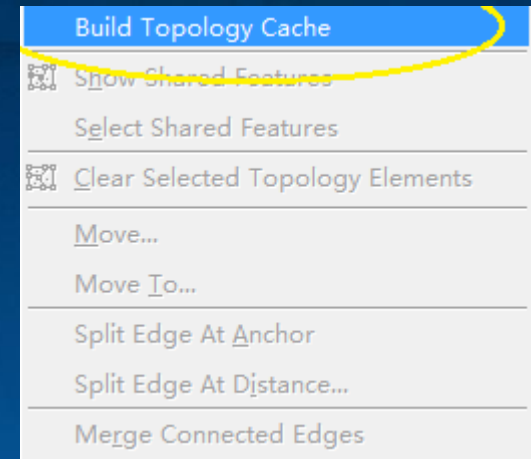


- 删除重复线

- DEMO演示

拓扑编辑

- 建立拓扑缓存???
-
- 1: 编辑状态下是在大比例尺小范围进行
- 2: 当编辑的要素在捕捉环
- 境启动后当前显示范围内的
- 数据密集 (数据量大)
- 3: 数据源为多用户数据库
-



其他工具介绍

- **Show Shared Features(显示共享要素)**
 - 例如选择一条线，该线可能就是一个JZX要素，也可能是一个ZD要素的一条边。
- **Validate Topology (验证拓扑)**
 - ◆ Validate Topology in specified Area
自定义拓扑验证区域
 - ◆ Validate Topology in Current Extent
拓扑验证当前视图区域范围
 - ◆ Validate Entire Topology
拓扑验证所有数据

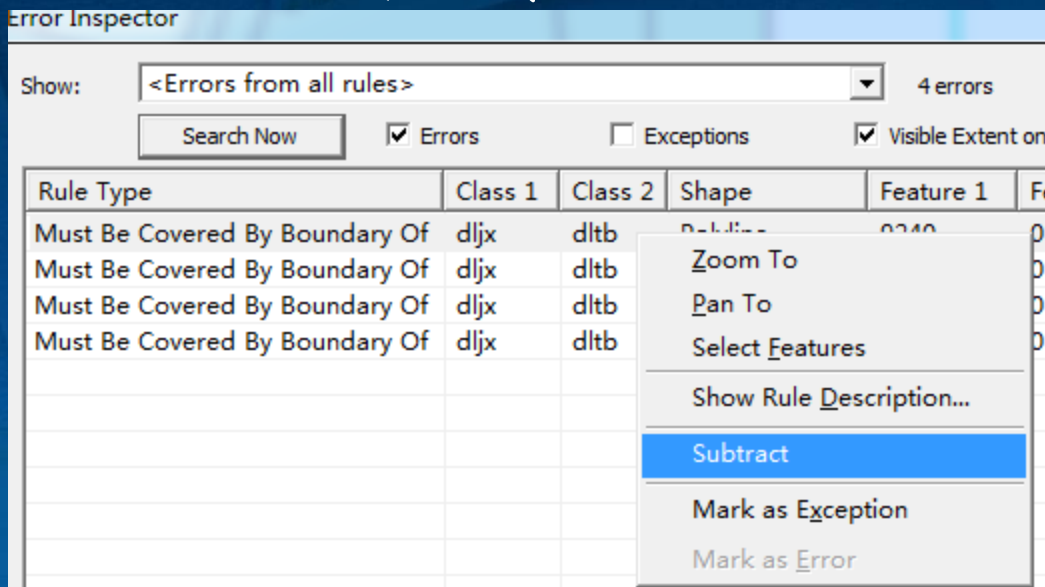


ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

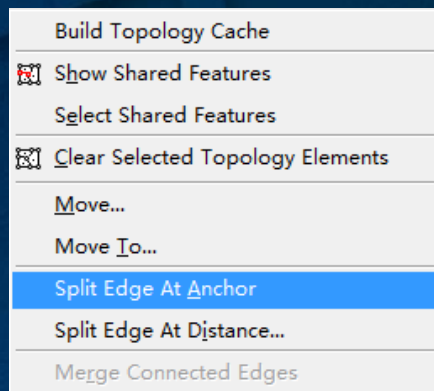
Error Inspector (错误查看器)

- 错误查询 错误定位 错误明细
- 错误处理
- 利用拓扑工具修改拓扑错误
- 视为正确 (Subtract)
- 视为例外 (Make as Exceptions)

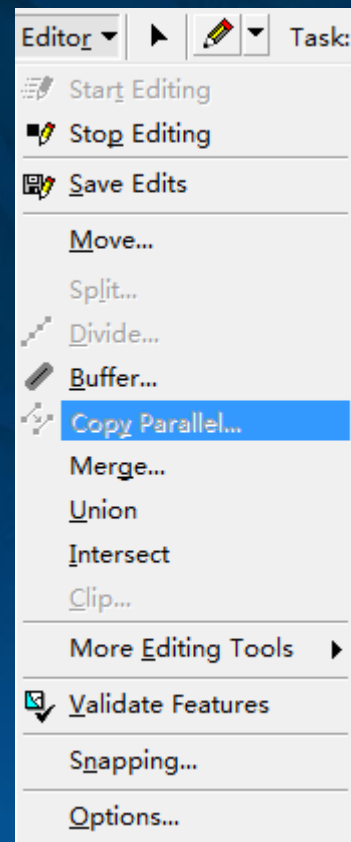


拓扑错误修改方式

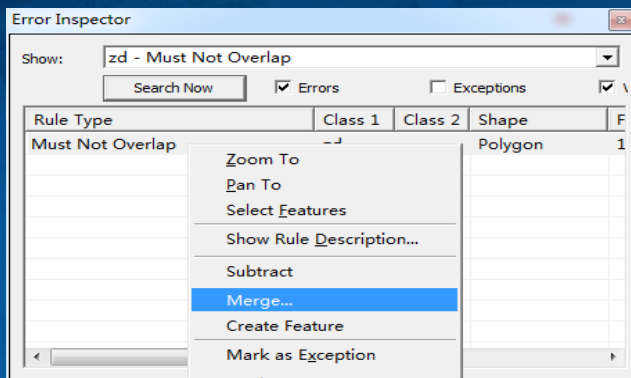
• 拓扑编辑工具



基本编辑工具



• 拓扑编辑查看器



拓扑在Geodatabase的存储

拓扑存储

- GDB_TOPOLOGIES (存储拓扑名称) -ID
- GDB_TOPORULES (存储拓扑规则)
- GDB_TOPOCLASSES (存储跟拓扑相关的要素类的参数设置、Rank)

拓扑错误存储

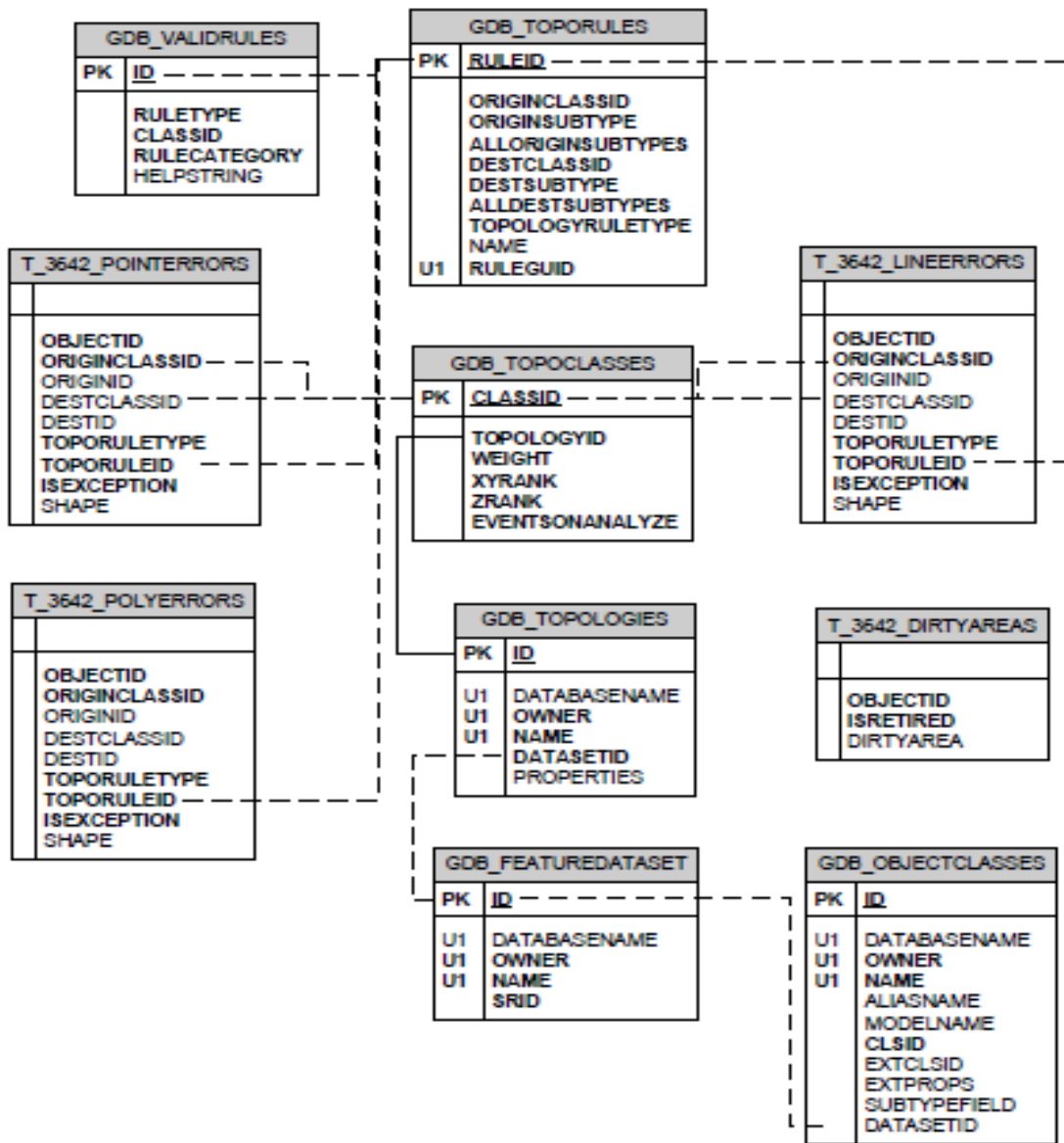
- T_<n>_POLYERRORS(面状拓扑错误)
- T_<n>_POINTERRORS(点状拓扑错误)、
- T_<n>_LINEERRORS(线状拓扑错误)、
- T_<n>_DIRTYAREA (脏区)



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

在Geodatabase里面与拓扑相关表之间的逻辑关系



- 在虚线表示一个隐式表之间的关系。
- 实线表示是明确定义数据库中的表之间的关系。

T_<n>_DIRTYAREA (脏区)

- 脏区在拓扑层中存储为单一的要素，当一个新的脏区区域产生，会联合原来的脏区代替原有脏区的要素。
- 也就是说在脏区存储的面积值，为所有分散的脏区面积总和。

• DEMO演示



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

SDE里面拓扑表的存储

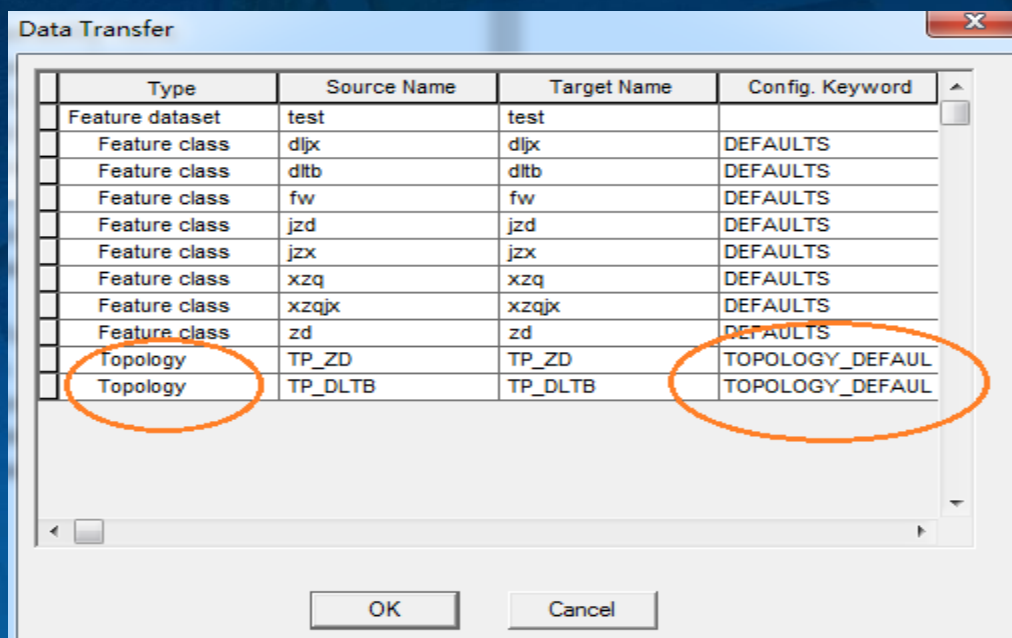
- DBTUNE表

- ◆ TOPOLOGY_DEFAULTS:

控制存储3中拓扑错误的要素类（点、线、面）

- ◆ TOPOLOGY_DEFAULTS::DIRTYAREAS:

控制存储拓扑脏区的要素类



Type	Source Name	Target Name	Config. Keyword
Feature dataset	test	test	
Feature class	djlx	djlx	DEFAULTS
Feature class	dltb	dltb	DEFAULTS
Feature class	fw	fw	DEFAULTS
Feature class	jzd	jzd	DEFAULTS
Feature class	jzx	jzx	DEFAULTS
Feature class	xzq	xzq	DEFAULTS
Feature class	xzqjx	xzqjx	DEFAULTS
Feature class	zd	zd	DEFAULTS
Topology	TP_ZD	TP_ZD	TOPOLOGY_DEFAULTS
Topology	TP_DLTB	TP_DLTB	TOPOLOGY_DEFAULTS

在默认情况下，拓扑表和脏区表在相同的存储位置，但是脏区表是动态变化的，尤其是在版本控制的Geodatabase里面表现非常活跃。

因此对受版本控制数据进行大量的编辑情况下，如果使用拓扑，建议更改DBTUNE关键字为
TOPOLOGY_DEFAULTS::DIRTYAREAS里面的参
数值，将有关脏区的相关要素进行单独存储，效
率会更高。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

版本与拓扑

- 在版本地理数据库中，参与拓扑的要素类没有任何特殊的版本调和或冲突检测和解解决的行为。然而，拓扑自身维护的脏区、错误要素以及异常却在版本调和和冲突检测过程中有特殊的行为，以保证拓扑的完整性。
- 拓扑编辑以及校验过程中对要素几何进行的拆分和聚类修改会在版本调和过程中导致冲突。
- 在规划管理版本拓扑要素类的工作流程时，应该考虑脏区、错误要素以及由拓扑编辑造成的冲突。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

版本与脏区

- 当父子版本进行版本协调时，也有可能产生拓扑错误，即使每个版本的脏区都已经通过验证并且没有拓扑错误。
- 协调两个不包含活动脏区的版本仍可能产生脏区。
- 子版本继承父版本的所有脏区。
- 子版本的要素进行编辑时（新建、删除、修改等）都能产生脏区。



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

ArcToolbox工具介绍

- ArcToolbox由以下工具利用了拓扑的原理

- Data Management Tools-Features

- ◆Feature To Line

新生成的线要素继承原来面要素的属性，而且相邻面要素公共线生成两条线。以属性为主

- ◆Polygon To Line

新生产的线要素为获得左右两边面的FID，而且相邻面要素公共线生成一条线。以空间拓扑关系为主

Construct Features(Topology Tool面生成线)

生成的线属性继承目标线图层的结构，公共边为一条线

- ◆Feature To Point

- Feature Vertices To Points

- ◆Feature To Polygon

- ◆Split Line At Vertices

总结

- 线生成面

- ArcMap拓扑工具 (Construct Features)
- Polygon FeatureClass From Lines
- ArcToolbox工具-FeatureToPolygon
- AO、AE代码完成

- 面生成线

- ArcMap拓扑工具 (Construct Features)
 - ArcToolbox工具-FeatureToLine
 - ArcToolbox工具-PolygonToLine
 - AO、AE代码完成



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

ArcEngine开发与拓扑原理

- ISpatialFilter 空间查询接口
 - SpatialRel (常用)
 - SpatialRelDescription (九交模型)
- ITopologicalOperator 拓扑操作接口
- IRelationalOperator 空间关系接口



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

FileGDB 的 Compress 与 拓扑

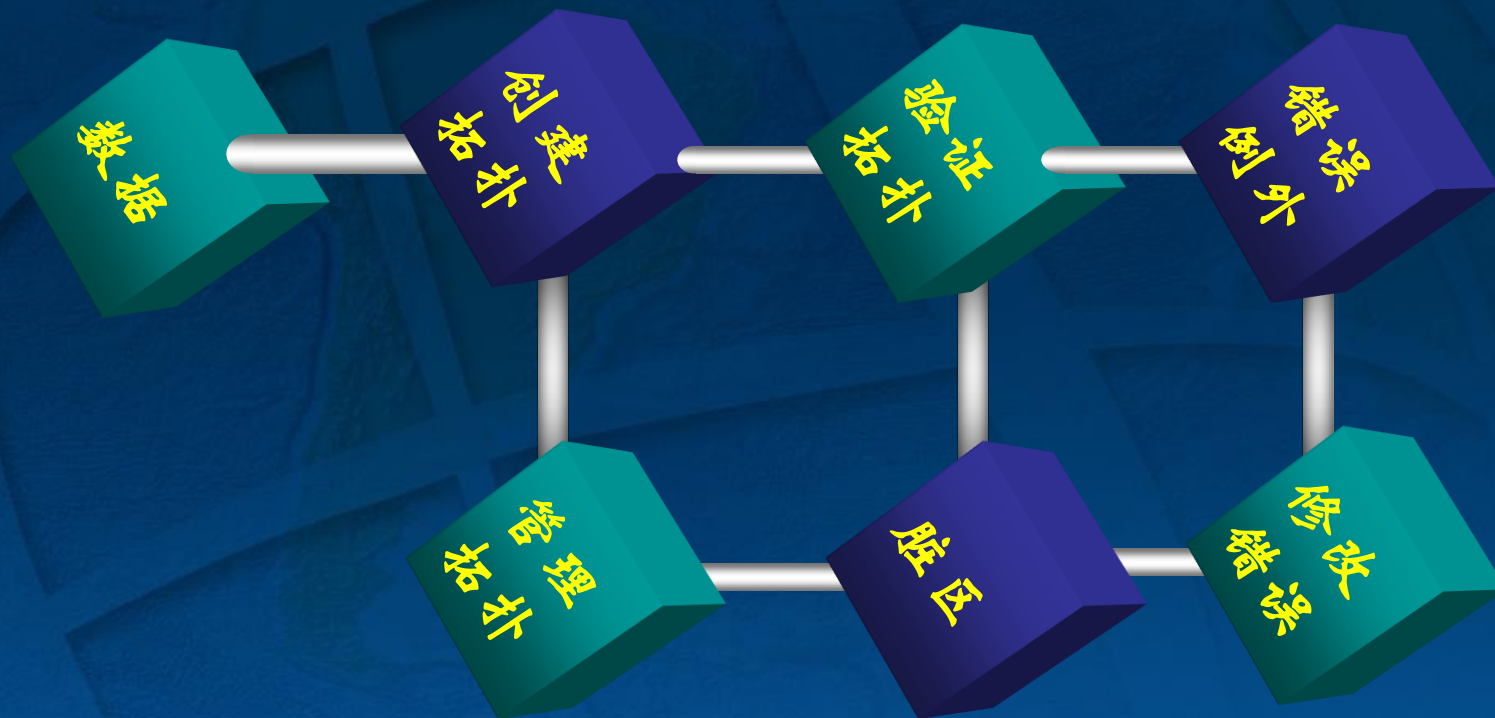
- FileGDB Compress以后 (Read Only)
 - 不能对GDB进行新的拓扑创建
 - 可以修改拓扑名称
 - 不能对已有的拓扑属性 (除拓扑名称) 进行修改
- 如果修改, 提示错误, 拓扑自动删除 (灭失)
- FileGDB UnCompress以后
 - 因修改拓扑属性而灭失的拓扑无法恢复
 - 可以继续创建新的拓扑
 - 没有修改过的拓扑依然存在
- DEMO演示



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

内容回顾



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值

谢谢大家



ESRI China (Beijing)
Geographic Thinking

分 享 地 理 价 值