

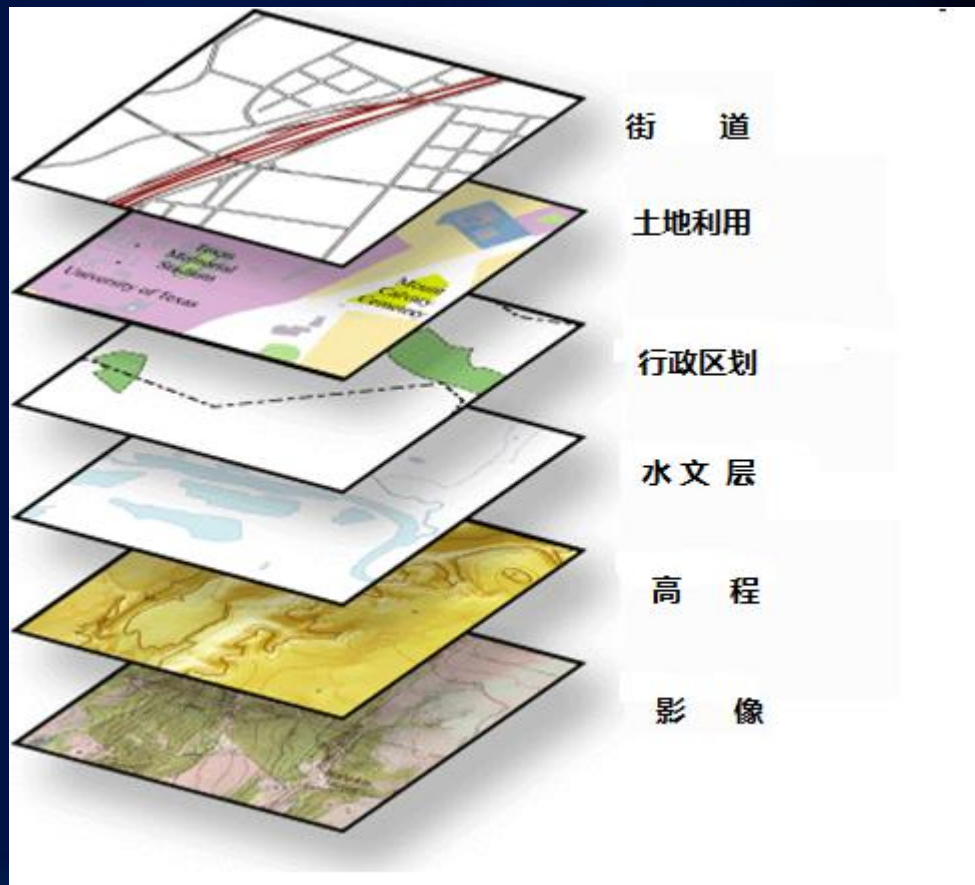
地图投影与坐标系变换

概要

- **基本概念**
 - 地理坐标系和投影坐标系
 - 空间参考
- **ArcGIS中的坐标系变换**
 - 定义坐标系
 - 坐标系变换
- **常见问题讨论**

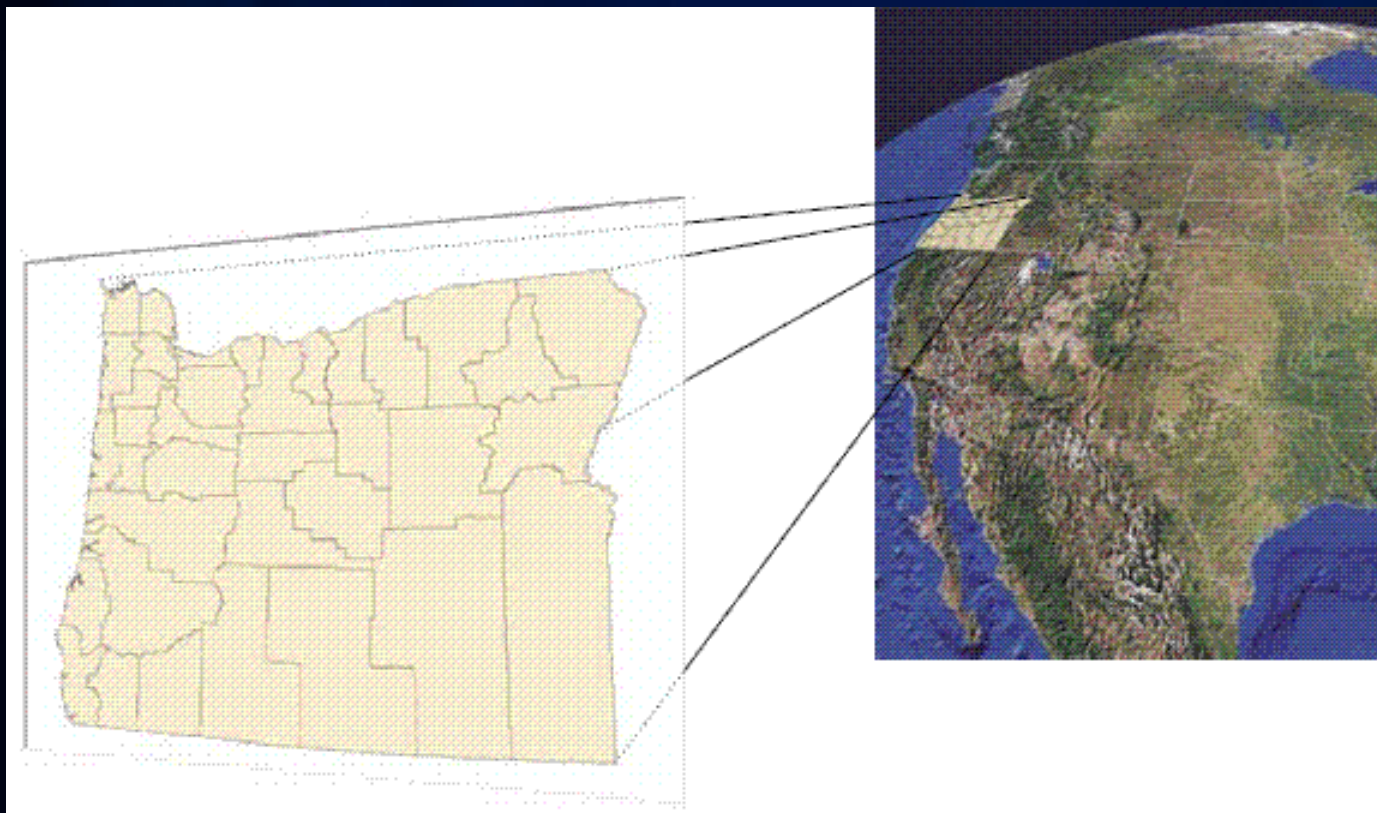
为什么要了解坐标系？

- GIS 利用基于图层的**地理信息模型**来表征和描述世界。
- ArcGIS 通过**叠加**不同的源和坐标系中的数据图层，执行各种可视化及分析操作。
- **精确定位地理要素**对于制图和 GIS 分析来说都至关重要。



坐标系统 Coordinate System

坐标系统



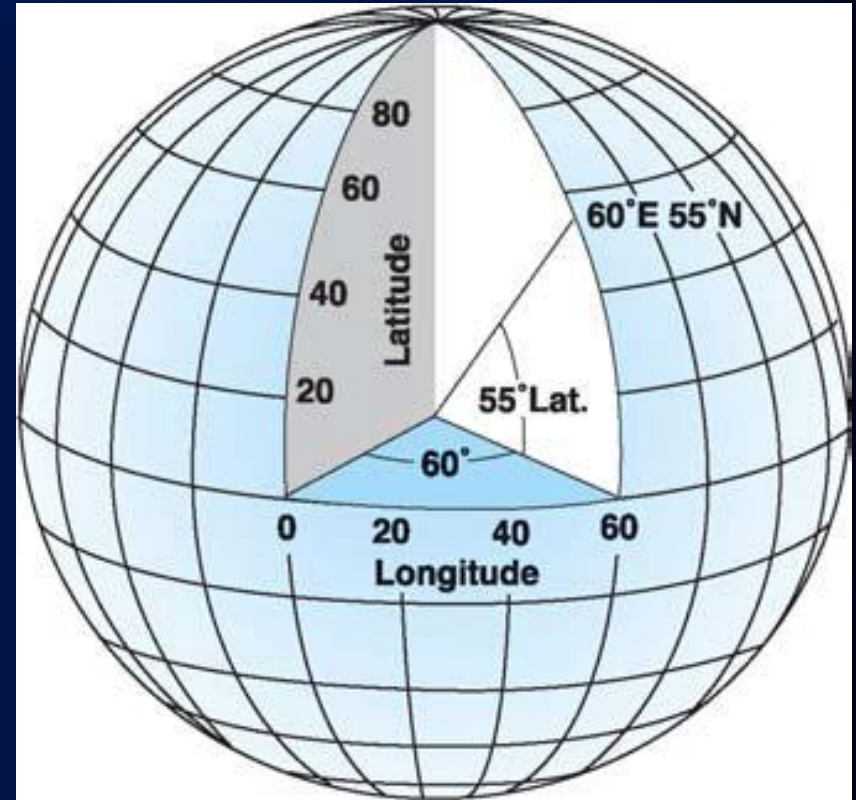
用于定义要素实际位置的坐标框架！

坐标系统

- 地理坐标系 (Geographic Coordinate System)
- 投影坐标系 (Projected Coordinate System)

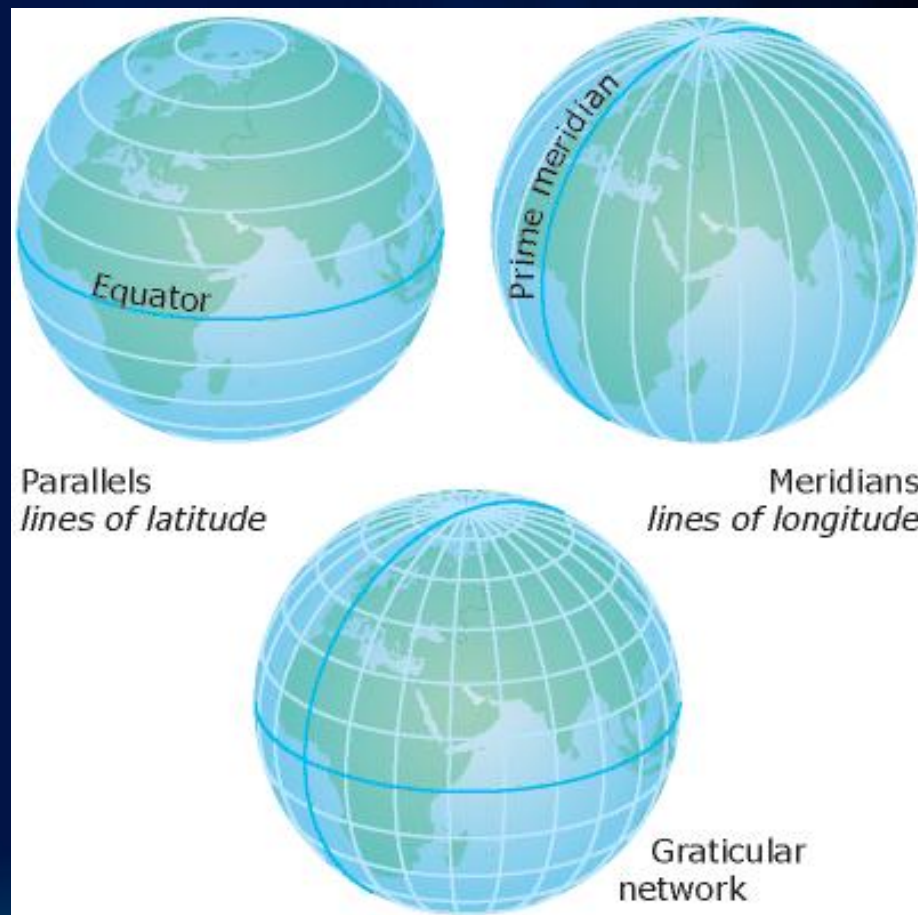
地理坐标系

- 地理坐标系 (GCS) 使用三维球面来定义地球上的位置。
- 经度和纬度是从地心到地球表面上某点的测量角。通常以度或百分度为单位来测量该角度。



地理坐标系

- 纬线 -----水平线/东西线
- 经线 -----垂直线/南北线
- 赤道 -----位于两极点中间的纬线
- 本初子午线-----零经度线
- 经纬网的原点 (0,0) 定义在赤道和本初子午线的交点处。



地理坐标系VS球体、椭球体

- 地理坐标系**表面**的形状和大小由球体或旋转椭球体定义。
- 选择使用球体还是旋转椭球体取决于地图的用途以及数据的精度
 - 小比例尺地图 $< 1:5,000,000$ 可以将地球假设为球体。
 - 大比例尺地图 $> 1:1,000,000$ 或更大,必须使用旋转椭球体表现地球的形状。



同一个地球，同一个球体？

地理坐标系VS基准面

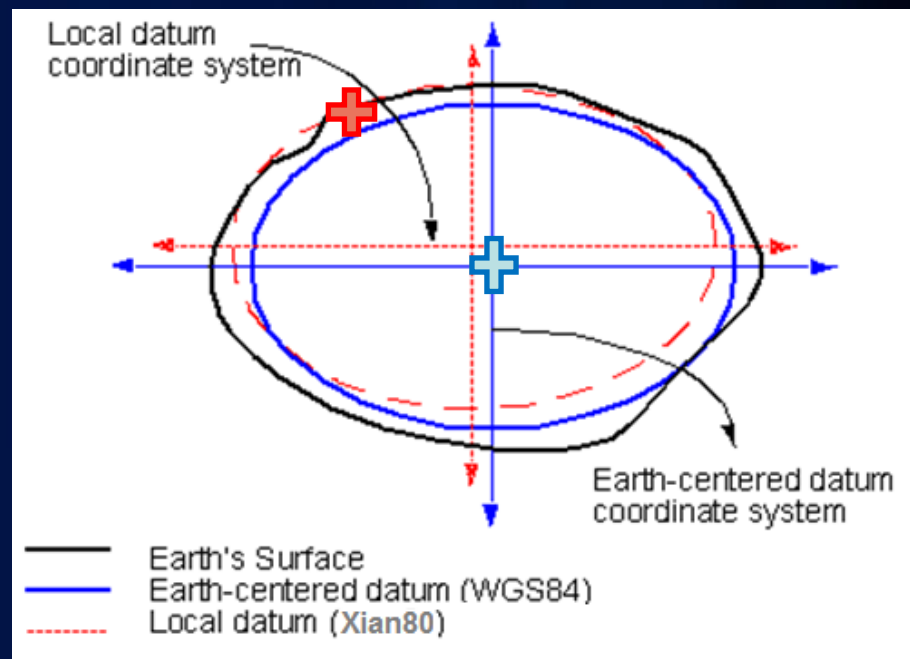
- 基准面用于定义旋转椭球体相对于地心的位置

- 地心基准面

- 由卫星数据得到
- 使用**地球的质心**作为原点
- 使用最广泛的是 WGS 1984

- 区域基准面

- 特定区域内与地球表面吻合
- 大地原点：参考椭球与大地水准面**相切的点**。
- Beijing54 , Xian80



ArcGIS中的地理坐标系

(gcs, geogcs)

- 坐标系名称 (Name)
- 基准面 (Datum)
 - 椭球体 (Spheroid)
- 本初子午线 (Prime Meridian)
- 角度单位 (Angular unit)

要素类属性

子类型	关系	制图表达
常规	XY 坐标系	容差 分辨率 属性域 字段 索引

名称(M): GCS_GDM_2000

详细信息(D):

Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
Datum: D_GDM_2000
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137.000000000000000000
Semiminor Axis: 6356752.314140356100000000
Inverse Flattening: 298.257222101000020000

选择(S)... 选择预定义的坐标系。

导入(I)... 从现有地理数据集(例如, 要素数据集、要素类、栅格数据)导入坐标系以及 X/Y、Z 和 M 属性域。

新建(N) 创建新坐标系。

修改(O)... 编辑当前所选坐标系的属性。

清除(C) 将坐标系设置为“未知”。

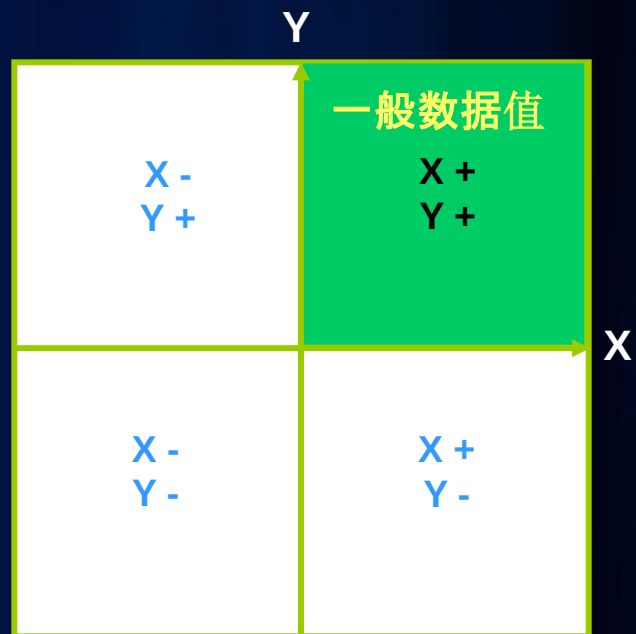
另存为(V)... 将坐标系保存到文件。

确定 取消 应用(A)

投影坐标系

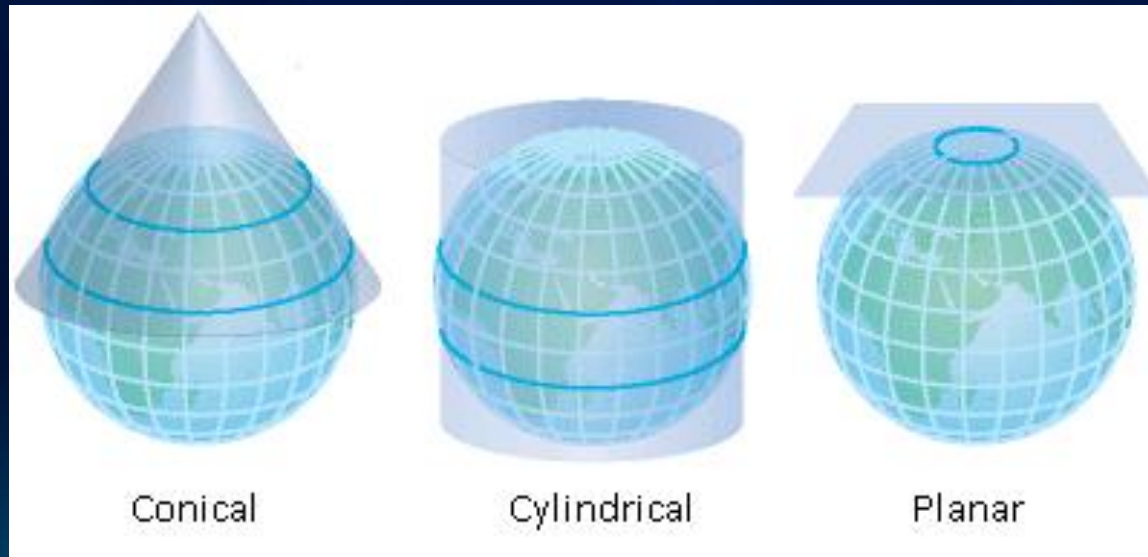
为什么要使用投影坐标系？

- 经纬度无法精确测量距离或面积，也难以在平面地图或计算机屏幕上显示数据。
- 投影坐标系在二维平面中进行定义。
- 根据不同的投影方式，可以得到等角度，等距离或者等面积的投影结果/地图
- 形状，面积，以及距离也可能随之变形



地图投影

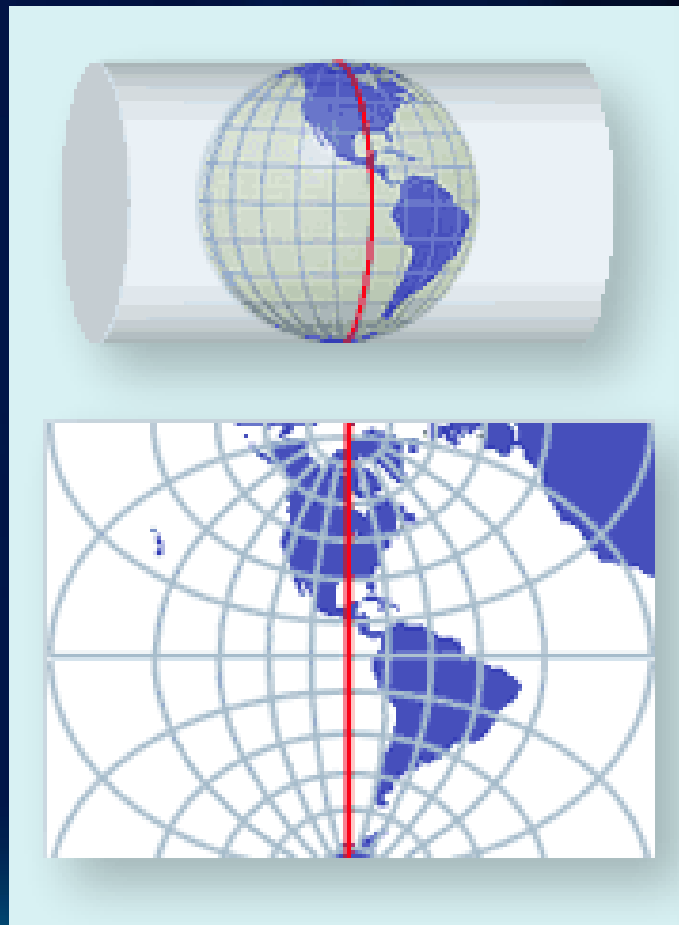
- 如果需要将半个篮球压平，要求不改变形状或是创建出不连续的区域，能否实现？
- 所有地图投影会在某些方面（例如距离、面积、形状或方向）产生变形。
- 主要投影类型：圆锥投影、圆柱投影和平面投影



高斯克吕格投影

多用于我国大于1:50万的地图

- 北京54和西安80投影坐标系的投影方式
- 横轴墨卡托投影
 - 离开中央子午线越远，变形越大
 - 赤道是直线，离开赤道的纬线是弧线，凸向赤道
- 等角度投影
 - 没有角度变形
 - 长度和面积变形很小



高斯克吕格投影

通过分带控制变形

- **6°分带**

- 用于1 : 2.5万 ~ 1 : 50万比例尺地图
- 起始于格林威治，我国范围可分成11个

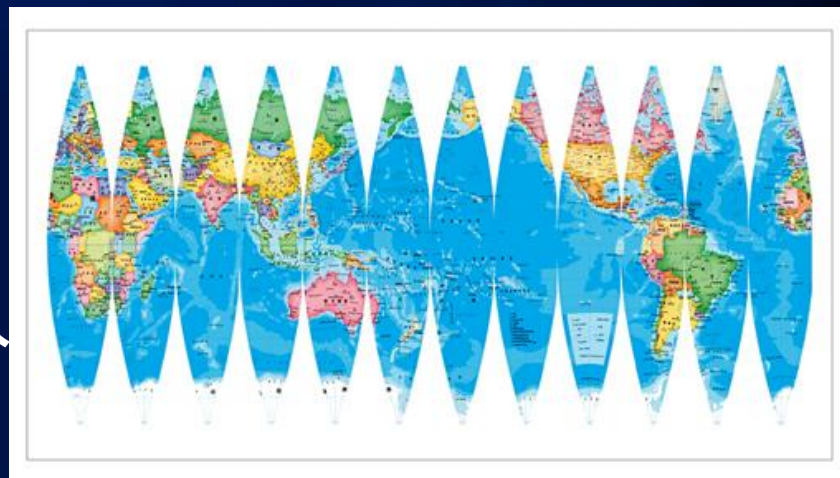
- **3°分带**

- 用于大于1 : 1万比例尺地图
- 始于东经1°30'，我国范围可分成22个三度带

- 坐标系原点为每个投影带的中央经线与赤道交点

横坐标可能出现负值？

如何区分不同的投影带？



高斯克吕格投影

通过分带控制变形

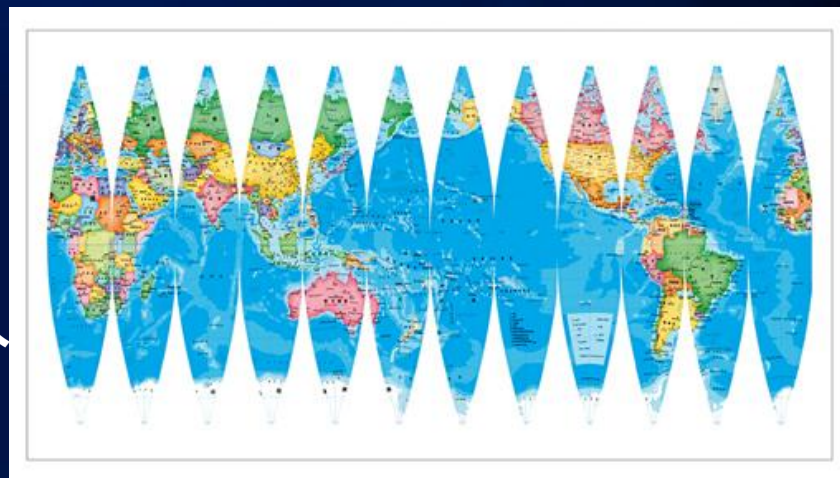
- **6°分带**

- 用于1 : 2.5万 ~ 1 : 50万比例尺地图
- 起始于格林威治，我国范围可分成11个

- **3°分带**

- 用于大于1 : 1万比例尺地图
- 始于东经1°30'，我国范围可分成22个三度带

- 坐标系原点为每个投影带的中央经线与赤道交点
 - 向西偏移 (False Easting) 500km
 - 东西方向坐标值前加上所在带号



ArcGIS中的投影坐标系

Beijing 1954 3 Degree GK CM 102E

北京54 3度带 无带号

Beijing 1954 3 Degree GK Zone 25

北京54 3度带 有带号

Beijing 1954 GK Zone 13

北京54 6度带 有带号

Beijing 1954 GK Zone 13N

北京54 6度带 无带号

ArcGIS中的投影坐标系

(pcs, projcs)

- 名称 (Name)
- 对应地理坐标系/椭球体 (GCS)
- 地图投影
- 投影参数
- 线性单位

要素类属性

子类型		关系		制图表达		
常规	XY 坐标系	容差	分辨率	属性域	字段	索引

名称(M): Xian_1980_3_Degree_GK_CM_117E

详细信息(D):

Projection: Gauss_Kruger
False_Easting: 500000.000000
False_Northing: 0.000000
Central_Meridian: 117.000000
Scale_Factor: 1.000000
Latitude_Of_Origin: 0.000000
Linear Unit: Meter (1.000000)

Geographic Coordinate System: GCS_Xian_1980
Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
Datum: D_Xian_1980
Spheroid: Xian_1980
Semimajor Axis: 6378140.000000000000000000

选择(S)... 选择预定义的坐标系。

导入(I)... 从现有地理数据集(例如, 要素数据集、要素类、栅格数据)导入坐标系以及 X/Y、Z 和 M 属性域。

新建(N) ▾ 创建新坐标系。

修改(O)... 编辑当前所选坐标系的属性。

清除(C) 将坐标系设置为“未知”。

另存为(V)... 将坐标系保存到文件。

确定 取消 应用(A)

空间参考 Spatial Reference

空间参考

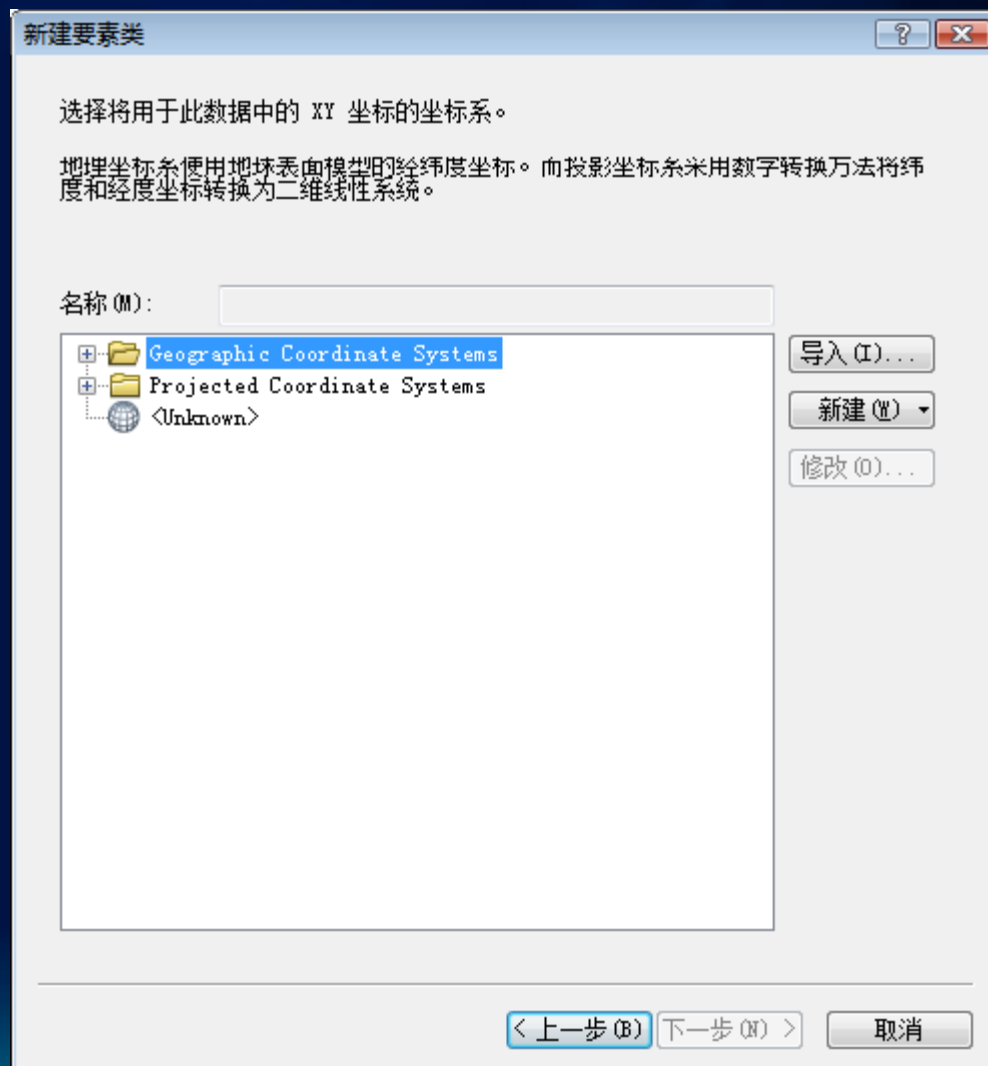
坐标系就是空间参考？

- 空间参考描述要素实际所处的位置，包括x、y、z 值坐标系以及 x、y、z 和 m 值的容差值和分辨率值。
- 坐标系
 - X,Y 坐标通过地理坐标系或投影坐标系进行标识。
 - Z坐标通过垂直坐标系标识。
- 容差
 - 容差值为坐标之间的最小距离，多用于空间查询/选择和拓扑运算
- 分辨率
 - 分辨率表示要素类记录地理要素的位置和形状时所使用的详细程度。

空间参考

- 空间参考包含描述要素实际所处的位置的坐标系和其他空间属性。

- 坐标系



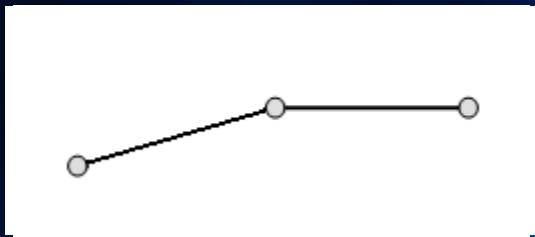
空间参考

- 空间参考包含描述要素实际所处的位置的坐标系和其他空间属性。

- 坐标系

- 容差

- 基于数据的精度设置，非存储精度



新建要素类

XY 容差

XY 容差是指坐标之间的最小距离，如果坐标之间的距离在此范围内，则会被视为同一坐标。计算要素之间的关系时将用到 XY 容差。

0.001| Meter

重置为默认值(R) 关于设置容差(T)

☒ 接受默认分辨率 (推荐)

< 上一步(B) 下一步(N) > 取消

空间参考

- 空间参考包含描述要素实际所处的位置的坐标系和其他空间属性。

- 坐标系

- 容差

- 分辨率

- 默认为容差值的1/10

容差，分辨率越小越好？

新建要素类

存储在要素类中的所有坐标都被捕捉到基础坐标格网中。
分辨率是指此格网的栅格像元大小。减小分辨率虽然可减少数据的存储，但可能会降低坐标精度。

XY
XY 分辨率: 0.0001 Meter

< 上一步 (B) 下一步 (N) > 取消

其他数据...

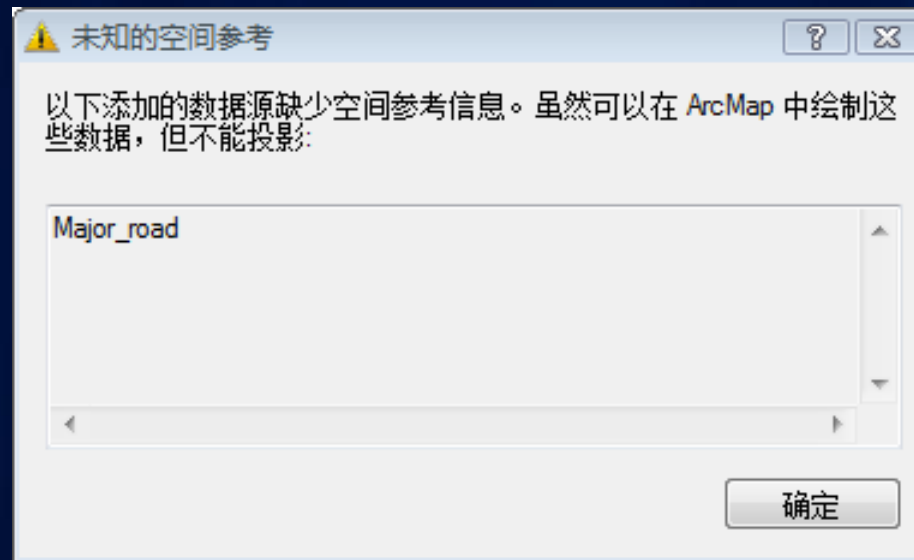
- 栅格和CAD数据也需要空间参考



ArcGIS中的坐标系变换

Unknown coordinate systems

- 向 ArcMap 添加图层时将收到此警告消息：
- 以下添加的数据源缺少空间参考信息



可以 ArcMap 中绘制，不能投影！

Unknown coordinate systems

- 定义数据的坐标系**很重要**！
- 正确的坐标系有利于整个项目
 - 测量单位不知道
 - 地图比例尺未知
 - 数据入库有问题...

必须清楚数据对应的正确的空间参考！

源数据的坐标系未知

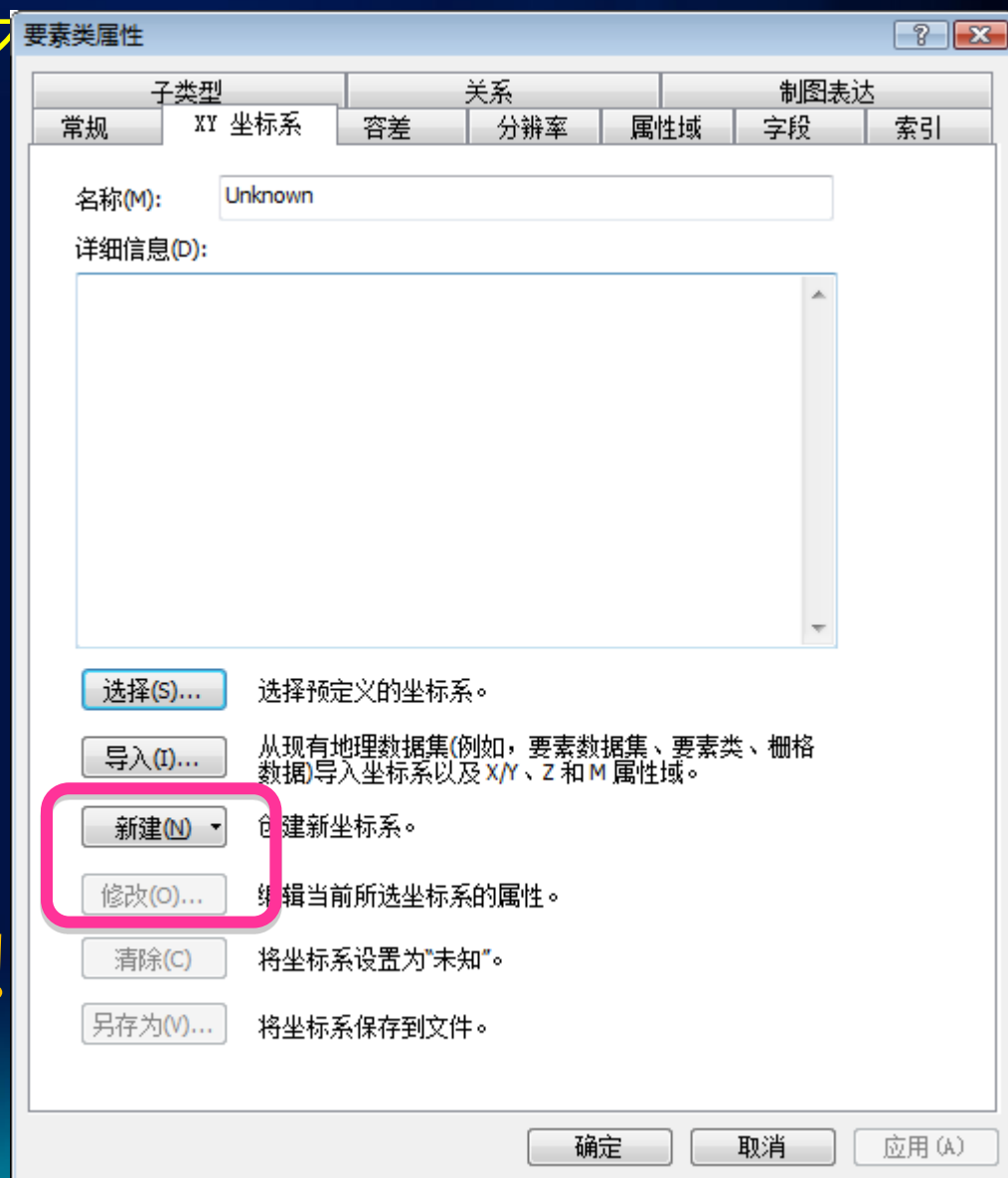
- 向数据供应方索取
- 查找现有的头文件 , Metadata
- 相同区域,已知坐标系的数据

定义坐标系

坐标值正确，坐标系没

- ArcCatalog
- 数据属性 > XY坐标系
 - 选择 (Select)
 - 导入 (Import)
 - 新建 (New)
 - 修改 (Modify)
- GP工具
- 定义投影(Define Projection)

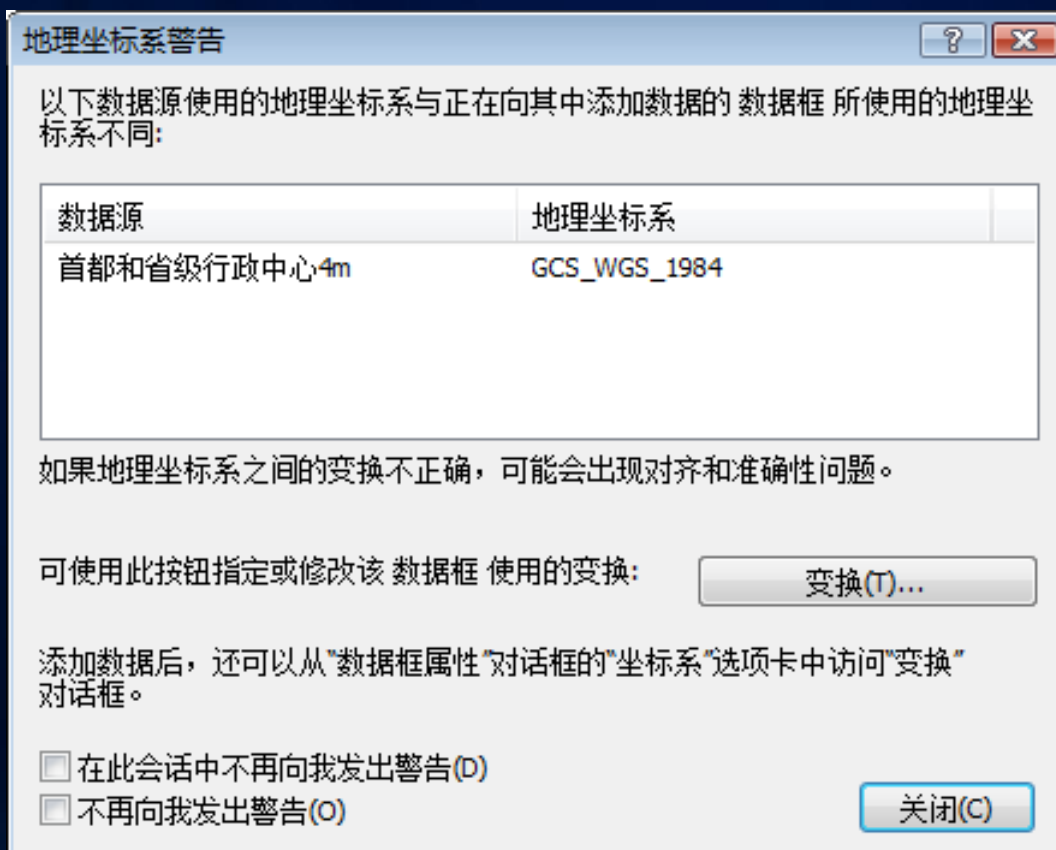
不会修改数据坐标值！



Geographic (datum) transformations

警告：坐标系不一致...

- 向已有数据的ArcMap中添加数据，提示警告：



Geographic transformations

- 地理坐标系转换至地理坐标系
 - WGS84至Xian80
- 坐标值差异明显！

San Diego, California		
地理坐标系	经度	纬度
NAD 1927	-116.6691455°	32.9999533°
NAD 1983	-116.6700000°	33.0000000°
NAD 1983 HARN	-116.6700004°	33.0000000°

坐标系变换

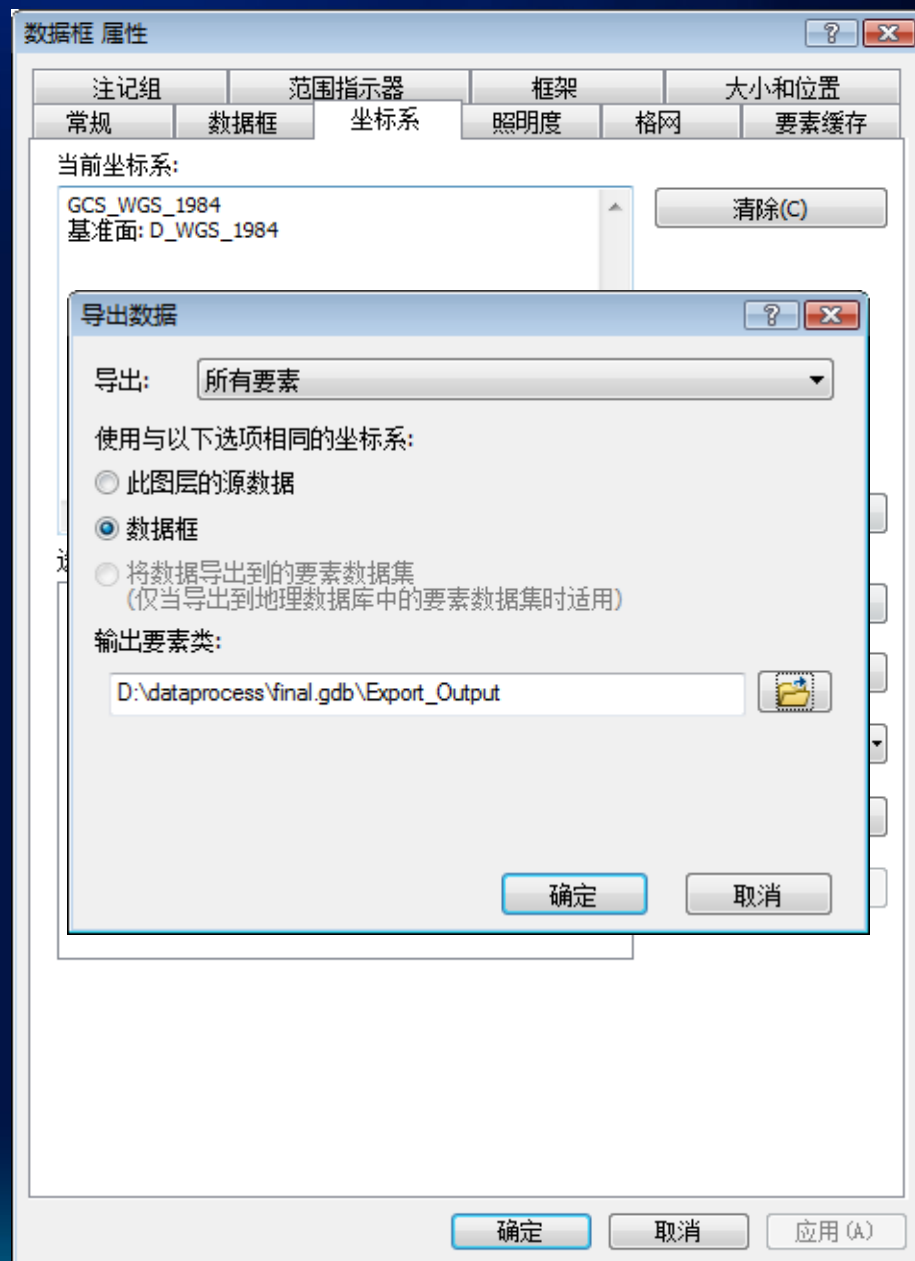
- 使用定义投影(Define Coordinate) /更改属性只更新 metadata
 - 并不会更改数据的坐标值
 - 错误的定义会影响投影/坐标系变换的结果
- ArcGIS中坐标系变换方式定义投影
 - 动态投影
 - 投影(Project)

动态投影

Project on the fly

- 用于同时**显示**不同坐标系下的数据
- **不改变**数据本身的prj信息，也不改变坐标值
- **数据框坐标系**
- 更改数据框的坐标系，所有具有坐标系的图层都将被动态投影

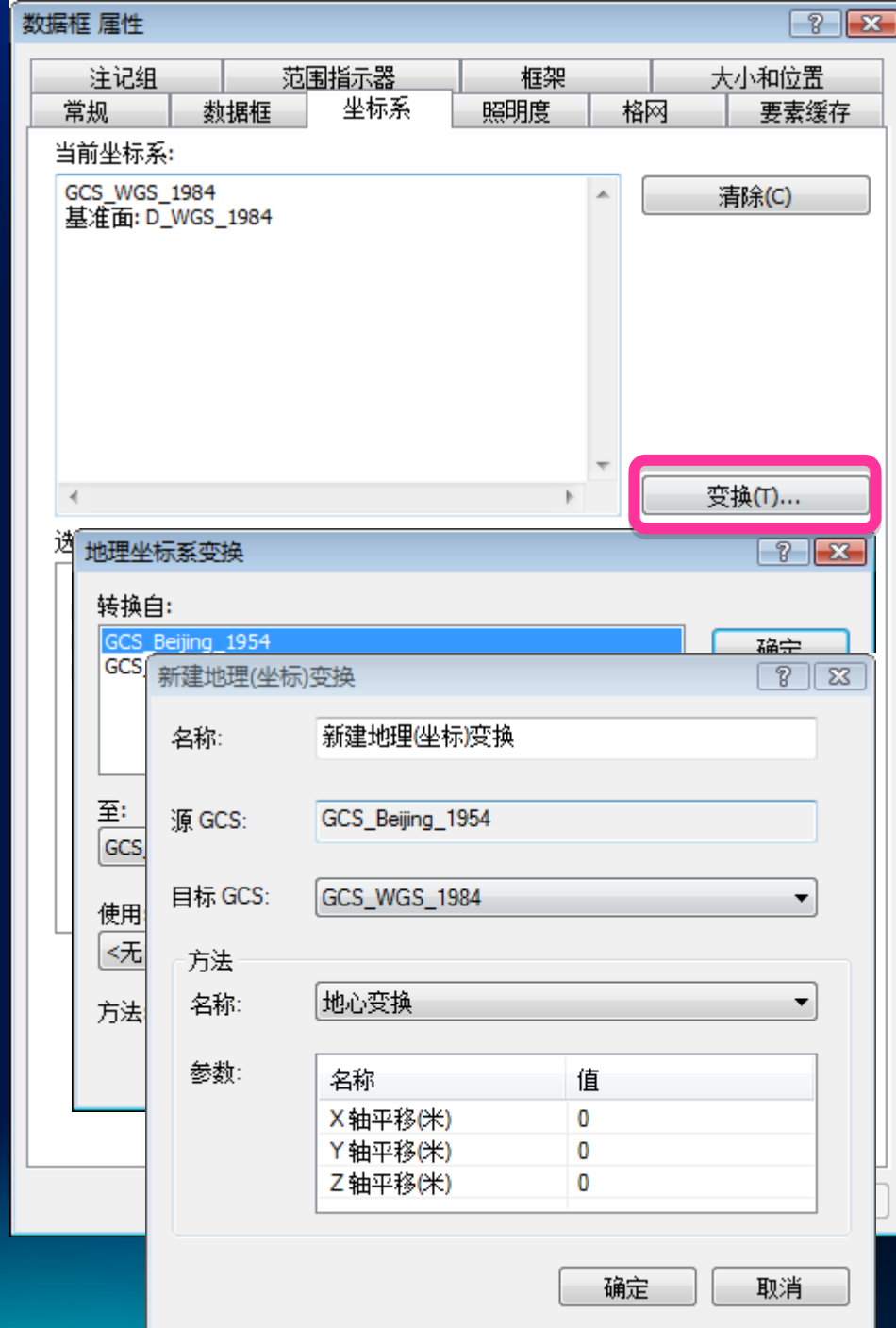
保存动态投影结果？



动态投影

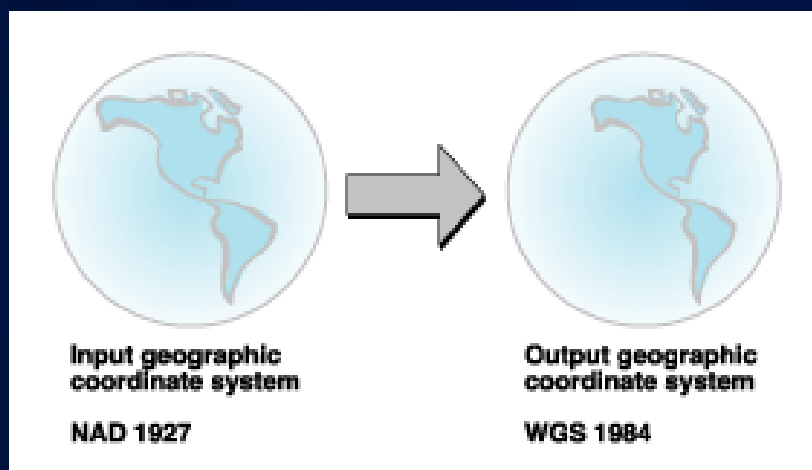
Project on the fly

- 动态投影时不考虑转换参数
- 转换结果粗略
- 误差几十米~几百米
- 精确的动态投影？
- 变换(Transformation)选择带有准确参数的转换方式



坐标系变换

- 核心是不同基准面之间的变换



坐标系变换

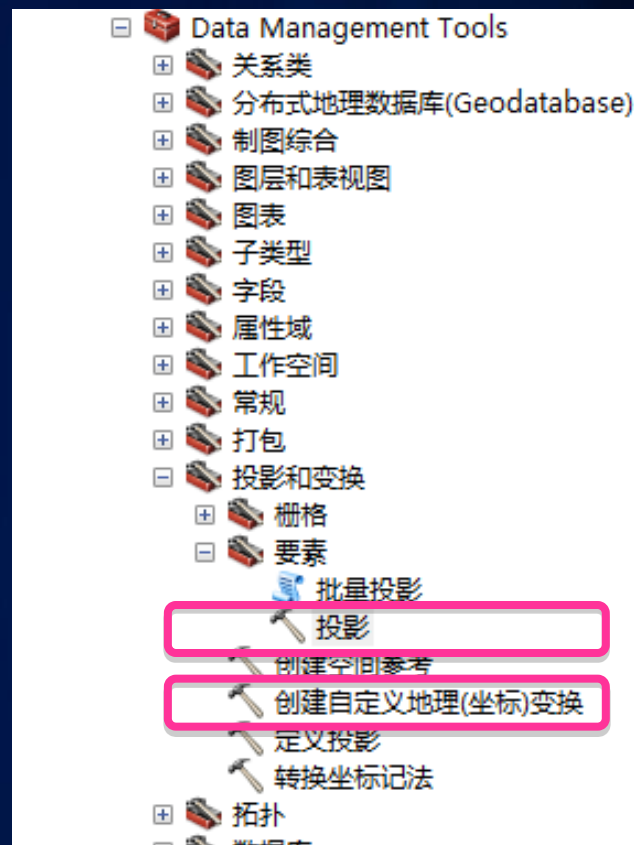
- 常用变换方式
 - 三参数
 - x偏移, y偏移, z偏移
 - 通过一个已知坐标点推算
 - 适用30km范围内的数据
 - 七参数
 - x偏移, y偏移, z偏移, x旋转, y旋转, z旋转, 比例因子
 - 通过三个已知坐标点推算 (布尔莎模型)
 - 严密的转换过程, 结果精确

坐标系变换

ArcGIS中坐标系的转换步骤

- 根据参数定义基准面转换
- 创建自定义地理（坐标）变换
(Create Custom Geographic Transformation)
- 投影(Project)
- 指定目标坐标系
- 选择保存好的基准面变换

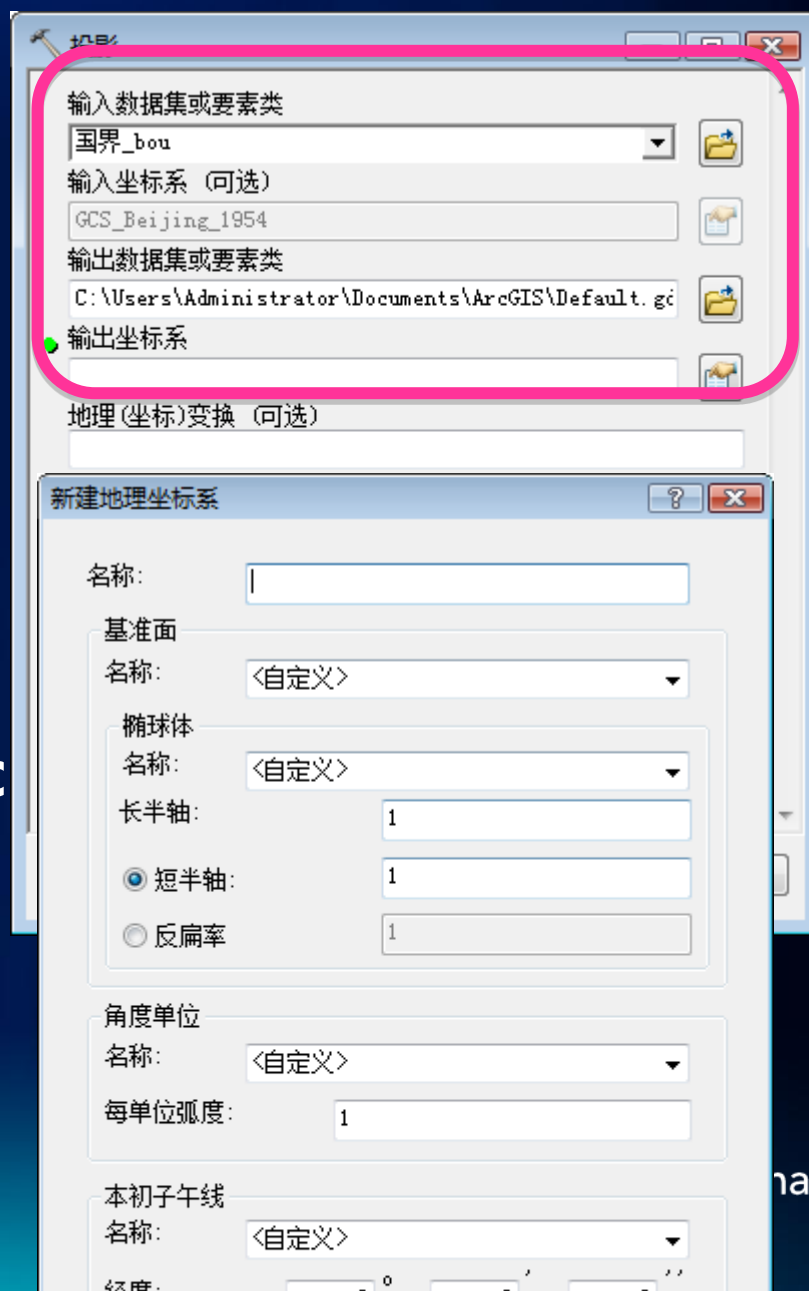
本地坐标系（Unknown）？



坐标系变换

本地坐标系的转换步骤

- 自定义本地坐标系
- 新建地理/投影坐标系(New Geographic /Projected Coordinate System)
- 根据参数定义基准面转换
- 创建自定义地理（坐标）变换(Create Custom Geographic Transformation)
- Project
- 指定目标坐标系
- 选择保存好的基准面变换



常见问题

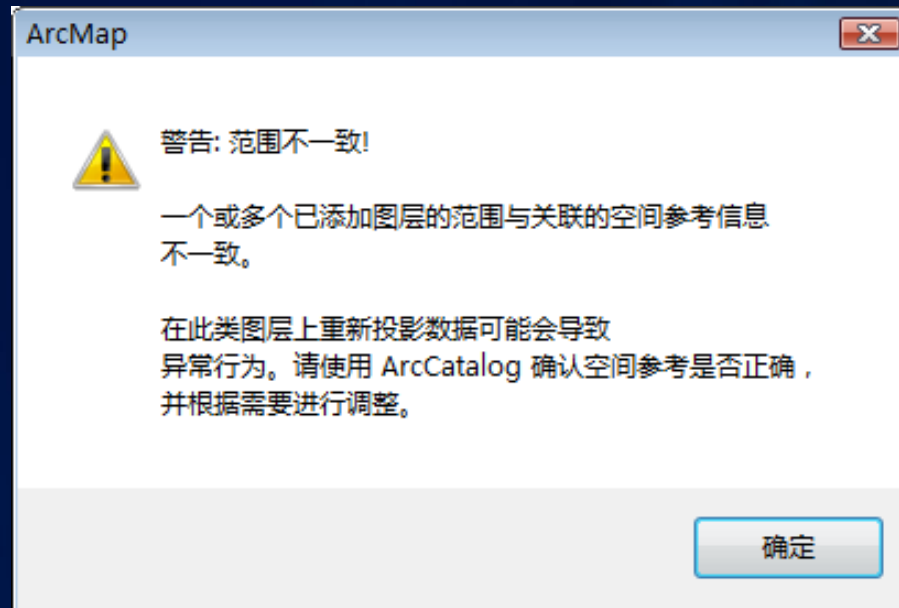
跨带问题

- 数据跨越了好几个投影带，如何处理？
- 显示
- 动态投影至地理坐标系 —— Beijing54/Xian80
- 分析
- 按照需求重新投影
 - 1 : 100万比例尺 —— Lambert投影
 - 省级范围 —— Lambert或者Albers投影

Add XY data

- 定义了正确的坐标系，使用Add XY Data导入点坐标时，
警告：范围不一致

x,y
4570791.25,38399997.38
4577791.25,38399997.38
4577791.25,38394997.38
4570791.25,38394997.38



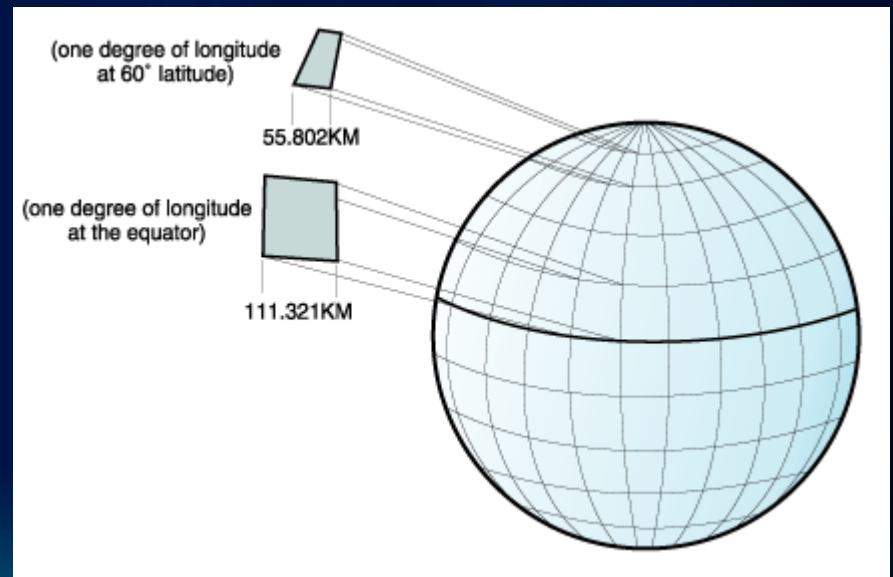
- 将XY坐标值互换
 - ArcGIS中的坐标系是使用的数学坐标系，其中X轴表示东西方向，与测量坐标系相反。

量测面积

- 计算数据的面积时，结果为什么是0？
- 不能再地理坐标系下进计算面积
- 允许较大误差
 - 将数据框(Data Frame)设置为投影坐标系，通过动态投影的方式
- 精确计算
 - 将数据投影至相应的投影坐标系

测量距离

- 使用Measure工具得到地理坐标系下两点间精确的距离？
- 通过大地测量学的方式得到
 - 默认是两点间最短距离；ArcGIS10中可以选择等角航线/大椭圆测量类型
 - 基于数据的椭球体信息
 - 粗略的测量结果
- 等距投影得到精确结果



缓冲区创建

- 生成的缓冲区垂直方向直径与水平方向直径不等？
- 数据为地理坐标系，建立的缓冲区半径为线性单位
- 缓冲区的节点至数据的距离为大地测量学粗略计算结果
- 圆形的缓冲区效果
- 选择与数据坐标系相符的测量单位
- 精确的缓冲区范围
- 进行相应的坐标系变换