

# 用 ArcGIS 绘制一幅完整的地图

青岛海洋地质研究所 戴勤奋

这几年 ArcGIS 商业运作不错，培训费用也高得可以，可是观望一下我们地质行业，虽然都购买了最新的正版 ArcGIS，但基本上还是在用 MAPGIS（中地软件）画图，真正用 ArcGIS 的不多。去年下半年参加了一个编制全球各大区底图的项目，由于项目最后要求用 ArcGIS Geodatabase 建库，我极力推动我们年轻的项目负责人用 ArcGIS 来制图，并亲自作图示范，人家看我这么热情都不忍心打击我积极性，但好玩的是最后的问题演变成为如何将 ArcGIS 转换到 MAPGIS 的问题，因为人家的专业图都要求在 MAPGIS 上画，作为最基础的底图岂能标新立异？最后，项目就在 ArcGIS 到 MAPGIS 转换中告终，转的过程中发现 MAPGIS 的方位等面积投影误差有近二十公里，去年年底我们把问题报告给中地了，不知道他们现在改了没有。

我算是 MAPGIS 的最早一批用户之一，当时（上世纪 90 年代初）MAPGIS 叫 MAPCAD，MAPGIS 在画图与出图上有很多优势，我深有体会，在画图方面，尤其对于地质类复杂图件的成图，它的地位至今还是难以替代的。相比之下，我个人认为 ArcGIS 的优势不在画图上，主要在数据的规范化组织与管理上，如果说 MAPGIS 是直奔目标式的为出图而画图的话，ArcGIS 则是以数据为中心的画图，更有利于成图数据的质量保证与重利用，两者的境界是不同的。如果纯粹是为了成图，我认为 MAPGIS 是首选；如果既要成图又要建库，那么 ArcGIS 是实现制图与数据库建库一体化，即数据库协同地图同期完成的最佳选择。

用 ArcGIS 制图关键是前期的设计，前期把图中需要表达的各要素类以及每个要素类中的要素分类考虑清楚，建好模板，后面的画图基本上是批量生产，只要数据准备好往里一倒就行了，其实并不麻烦。如果前期考虑得不是很清楚也没关系，只要最基本的必选项能保证，其它的只要改模板就行，并不影响大局。下面以小比例尺的地理底图为例具体描述 ArcGIS 从设计、制图、质量检查到地图输出的全过程，希望对大家有用。

## 1. 设计

定义要素类 → 要素分类编码 → 创建数据库 → 创建样式库 → 创建地图模板

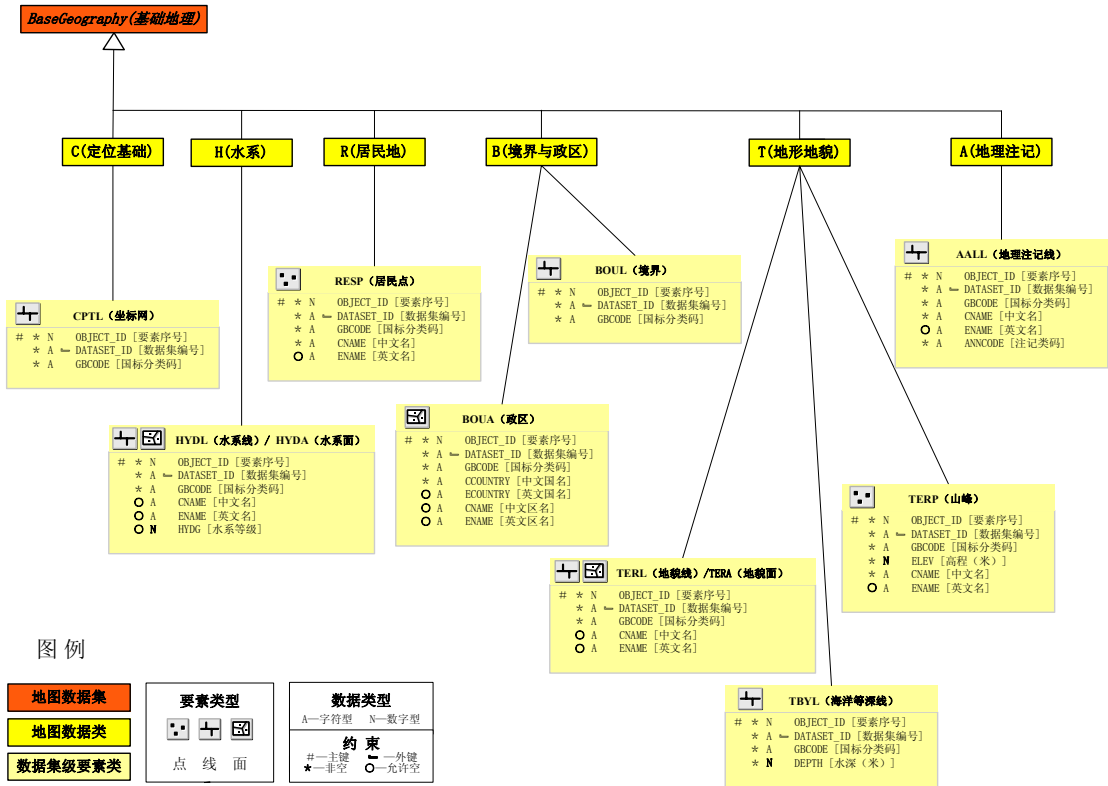
### 1.1 定义要素类

定义要素类就是考虑一下你的图要画哪些内容，要素类是数据存储范畴的称谓，在数据显示范畴要素类对应地图图层，不过要素类与图层不完全是一一对应，一个要素类可以表现为多个图层。根据小比例尺（小于 500 万）地理底图的编图要求，选择表 1 中的基础地理要素类作为成图图层，图 1 为相应的基础地理要素实体关系图。

表 1 地理底图要素类及代码

数据集	数据类	要素类	要素类名	几何类型	内容
基础地理	定位基础 (C)	坐标网	CPTL	线	内外图廓线、坐标网线、南北回归线、南北极圈线
	水系 (H)	水系线	HYDL	线	单线河流、运河、干渠
		水系面	HYDA	面	湖泊、水库、双线河、沼泽
	居民地 (R)	居民点	RESP	点	国家首都、重要城市、一般城市
	境界与政区 (B)	境界线	BOUL	线	洲界、国界、海岸线、浅滩暗沙边线
		政区面	BOUA	面	陆域与岛屿
	地形地貌 (T)	山峰点	TERP	点	山峰、火山
		地貌线	TERL	线	大陆冰界、陆缘冰界、海洋冰界
		地貌面	TERA	面	沙漠
		海洋等深线	TBYL	线	海洋等深线
	地理注记 (A)	地理注记线	AALL	线	海洋、海峡、海湾、河口、半岛、山脉、沙漠等无实体对应的地理名称沿走向注记线

图 1 基础地理要素实体关系图







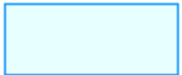


## 1.2 要素分类编码













要素分类编码就是考虑一下每一个要素类包含哪些要素,然后给那些要素编上码以便规范化。要素也是数据存储范畴的称谓,在数据显示范畴要素对应地图图层中的图元,要素分类编码与图元的图式是一一对应的。

基础地理要素分类与代码有国家标准(GB/T 13923-2006),这里直接套用不需要另行编码了,表2列出了小比例尺地理底图中用到的要素分类编码,其中图式是我自己加上的仅供参考,地理底图的注记比较杂,其中注记类码也是我自己定义的仅供参考。

对于其它专业领域要素的分类编码,如果分类比较多的话我个人还是倾向英文缩略编码,因为简便。去年年底看到有编10位层次码的,给每个要素送10位码,而且要求准确无误肯定是一件令人痛苦的事情。我个人认为规范化的结果应该是简化,如果越规范越复杂还不如不规范。

表2 基础地理要素分类代码及图式

序 号	分类代码	名 称	几何特征	定 义	要素类	图 式
C.1	CPT (定位基础)					
1	120100	内图廓线	线		CPTL	
2	120200	坐标网线	线		CPTL	线粗 0.1mm, 线色 0/169/230
3	120401	南北回归线	线		CPTL	
4	120402	南北极圈	线		CPTL	线粗 0.1mm, 线色 0/169/230
5	120500	外图廓线	线		CPTL	 线粗 0.1mm, 线色 0/169/230
C.2	HYD (水系)					
1	210100	常年河	上游至下游 有向线		HYDL	 线粗 0.12mm, 线色 0/169/230
			范围线构面		HYDA	 边线粗 0.12mm, 边线色 0/169/230 填充色 210/232/255
2	210200	时令河	上游至下游 有向线	季节性有水的河	HYDL	 线粗 0.12mm, 线色 0/169/230
			范围线构面		HYDA	 边线粗 0.12mm, 线色 0/169/230 填充色 210/232/255

序 号	分类代码	名 称	几何特征	定 义	要素类	图 式
3	220100	运河	线	人工修筑的航运设施	HYDL	 线粗 0.12mm，线色 0/169/230
4	220200	干渠	线	人工修筑的输水设施	HYDL	 线粗 0.15mm，线色 0/169/230
5	230100	常年湖	范围线构面		HYDA	同常年河
6	230200	时令湖	范围线构面	季节性有水的湖	HYDA	同时令河
7	240100	水库	范围线构面		HYDA	同常年河
8	261200	沼泽	范围线构面	经常湿润、泥泞或有积水的地段	HYDA	 透明无边线填充区， 花纹色 0/169/230
C. 3	RES（居民地）					
1	310101	首都	点		RESP	
2	310103	重要城市	点	属于一个地区的政治、经济、文化、交通中心的城市	RESP	
3	310104	一般城市	点		RESP	
C. 4	BOU（境界与政区）					
1	610100	行政区域	范围线构面		BOUA	无边线区
2	610201	已定国界	线		BOUL	 线粗 0.4mm，线色 76/0/115
3	610202	未定国界	线		BOUL	 线粗 0.4mm，线色 76/0/115
4	610301	军事分界线	线	如 1949 年巴勒斯坦地区以色列和阿拉伯国家的停战界线	BOUL	 线色 76/0/115
5	610302	特种地区界	线	如香港特别行政区界	BOUL	 线粗 0.4mm，线色 76/0/115
6	610303	洲界线	线	世界各大洲界线	BOUL	
7	250200	海岸线	线	平均大潮高潮时水陆分界线	BOUL	 线粗 0.3mm，线色 0/132/168

序 号	分类代码	名 称	几何特征	定 义	要素类	图 式
8	250672	浅滩、暗沙	线	暗沙是由沙和珊瑚碎屑堆积体，略高于高潮线或与高潮线持平	BOUL	 线色 0/169/230
C. 5	TER（地形地貌）					
1	751101	大陆冰界	线	指长期覆盖在陆地上的冰域	TERL	 线粗 0.12mm，线色 0/132/168
2	751102	陆缘冰界	线	指位于极地大陆边缘、与大陆相连的浮动冰层，如南极冰架	TERL	 线色 0/77/168
3	751201	海洋永冰界	线		TERL	 线色 0/169/230
4	751202	海洋浮冰界	线	自由漂浮于海面、能随风和海流漂移的冰	TERL	 线色 0/169/230
5	730200	等深线	线	海洋等深线	TBYL	 线色 0/255/197
6	750100	山峰	点		TERP	
7	750400	火山	点		TERP	
8	750801	沙漠	范围线构面		TERA	 透明无边线填充区， 花纹色 115/0/0

序 号	分类 代码	名 称		注记 类码 <sup>1</sup>	图 式				
					字体	字号 <sup>2</sup> （磅）	字形	字色	图 示
C. 6	ANN （注记）								
1	609000 (B)	行 政 区	大洲	BC11	隶书	36	正	黑	亚洲
			国家	BN11、BN21	隶书	20	正	红	中国
				BN12、BN22		16			英国
				BN13、BN23		12			比利时
2	319000 (R)	居 民 地	首都	RC00	黑体	10	正	红	北京
			重要城市	RP00		7		黑	台北
			一般城市	RT00		6			青岛
3	209000 (H)	水 系	江、河、湖 渠、水库	HH11	宋体	9	斜	蓝 0/132/168	长江
				HH12		8			珠江
				HH13		7			日月潭
4	259000 (S)	海 洋 要 素	大洋	S011	华文 中宋	28	斜	蓝 0/132/168	太平洋
			海洋	SS11、SS21	宋体	18	斜	蓝 0/132/168	阿拉伯海
				SS12、SS22		16			南海
				SS13、SS23		14			黄海
			海峡 海湾 河口	SB11、SB21	宋体	12	斜	蓝 0/132/168	台湾海峡 孟加拉湾
				SB12、SB22		10			巴士海峡 北部湾
				SB13、SB23		7			巴布延海峡 杭州湾

<sup>1</sup> 注记类码由一个注记要素类字符(如:行政区注记要素类代码为B)、一个注记名称的英文首字符(如:大洲的注记名称代码为C)、1位数字的文字排列方式(0无排列方式、1沿线横排、2沿线竖排)、及1位数字的字号大小组成(0不分字号、1大号字、2中号字、3小号字)。

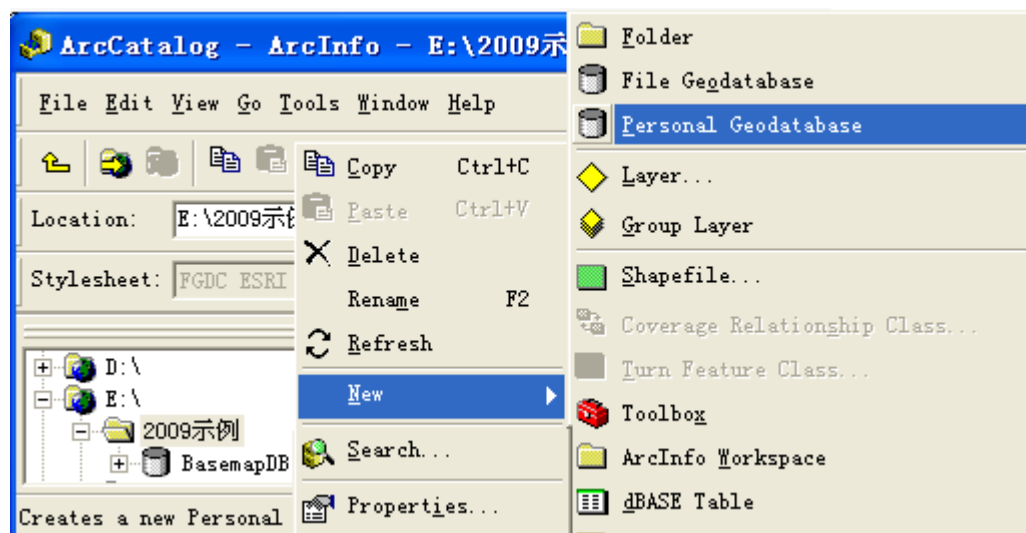
<sup>2</sup> 字号可根据实际需要整体调整,1磅 ≈ 0.353mm。

序 号	分类 代码	名 称		注记类码	图 式				
					字 体	字号 (磅)	字 形	字 色	图 示
4	259000 (S)	海 洋 要 素	海沟 海槽 海盆	ST11、ST21	宋体	14	斜	蓝  0/132/16 8	马里亚纳海沟
				ST12、ST22		12			冲绳海槽
				ST13、ST23		10			中央海盆
			海岭 海脊 海山	SM11、SM21	黑体	15	斜	蓝  0/132/16 8	中大西洋海岭
				SM12、SM22		13			九州-帕劳海岭
				SM13、SM23		10			黄岩海山
			半岛 岛弧	SP11、SP21	宋体	15	正	黑	阿拉伯半岛
				SP12、SP22		13			琉球岛弧
				SP13、SP23		11			朝鲜半岛
			岛屿 礁石 岬角 浅滩暗沙	SI11	宋体	10	正	黑	台湾岛
				SI12		8			澎湖岛
				SI13		6			火烧岛
			群岛 列岛 诸岛 群礁	SA11、SA21	黑体	12	正	黑	大巽他群岛
				SA12、SA22		10			东沙群岛
				SA13、SA23		8			澎湖列岛
5	709000 (T)	地 貌	山脉	TM11、TM21	黑体	13	斜	棕  115/0/0	喜马拉雅山脉
				TM12、TM22		11			昆仑山脉
				TM13、TN23		9			长山山脉
			山峰 和高程	TP00、TE00	黑体	6	正	黑	莲花山 1357
			水深值	TB00	黑体	6	正	白底蓝字 0/132/1 68	1370
			沙漠	TD11、TD21	宋体	13	正	棕  115/0/0	撒哈拉大沙漠
				TD12、TD22		11			鲁卜哈利沙漠
				TD13、TD23		9			塔克拉玛干沙漠
6	129000 (C)	图 廓	经纬度	CD00	宋体	10	正	蓝 0/132/1 68	70°
			经纬线	CL00	黑体	9	正	蓝 0/132/1 68	北极圈

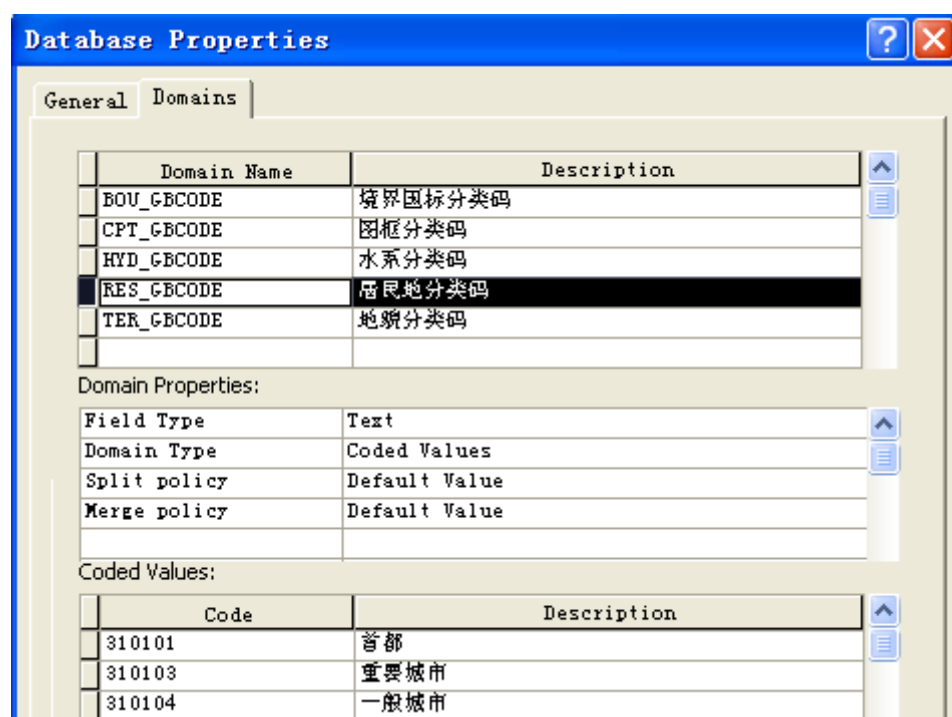
### 1.3 创建数据库

数据库用 ArcCatalog 创建, 后台数据库用 Access 就行, 也就是创建 Personal Geodatabase。如果数据量比较大的话也可以选择 File Geodatabase, File Geodatabase 是 ArcGIS 9.2 引入的新特征, 估计是 ESRI 公司想摆脱 Access 的局限性。File Geodatabase 在一个文件夹里存放数据集, 每个数据集占用的磁盘空间可以达到 1 TB, 而且 File Geodatabase 可以跨平台, 可以压缩, 可以加密。这里仅以 Personal Geodatabase 为例, 创建步骤如下。

(1) 创建地理数据库: 启动 ArcCatalog, 在既定目录下点击鼠标右键, 选择 New, 再选择 Personal Geodatabase, 创建示例数据库 BasemapDB.mdb。

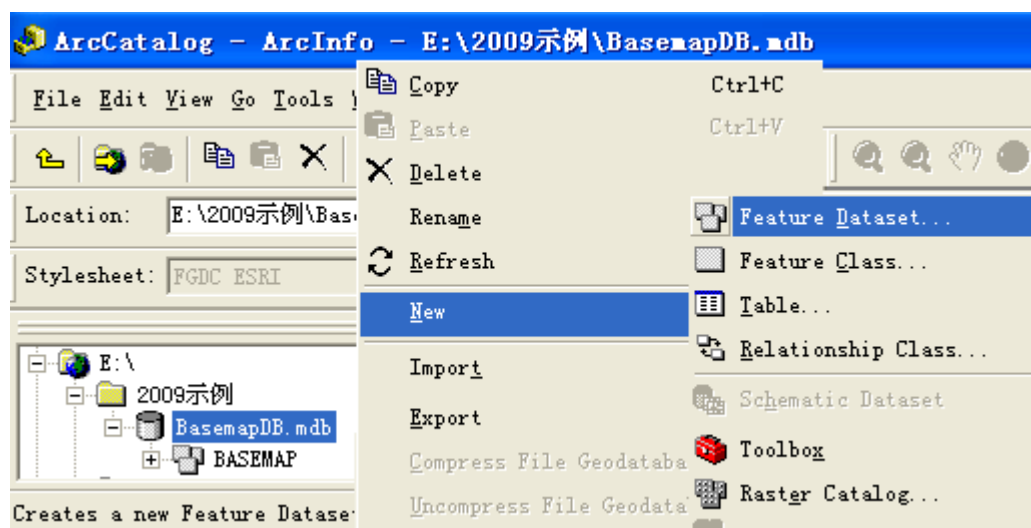


(2) 创建域: 在已创建的地理数据库 BasemapDB.mdb 下点击鼠标右键, 选择 Properties, 打开数据库属性的 Domains 页, 然后按照已定义的分类代码 (表 2), 在 Domains 页输入数据库的属性域。

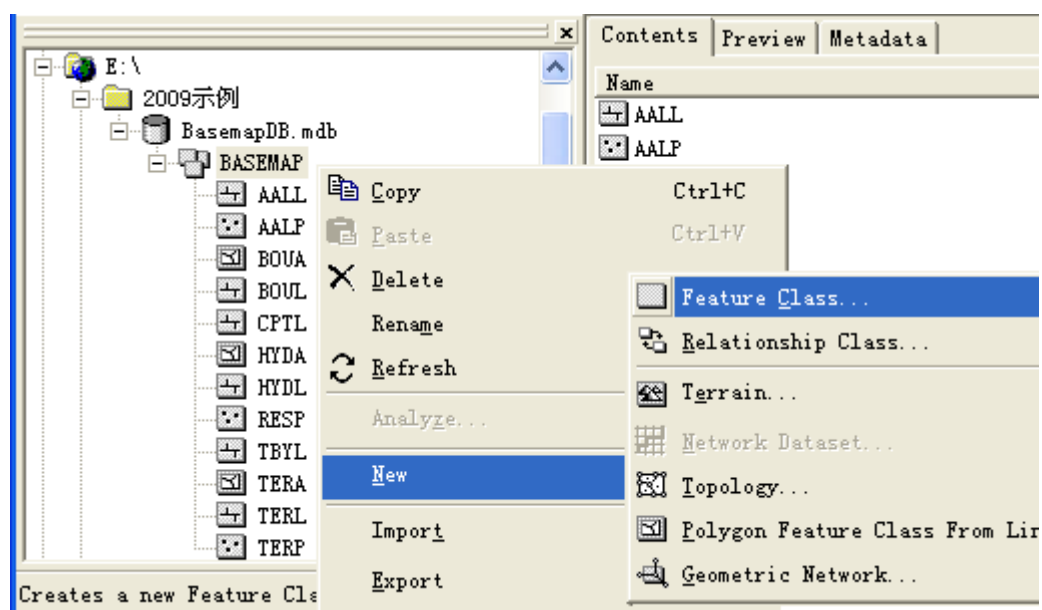


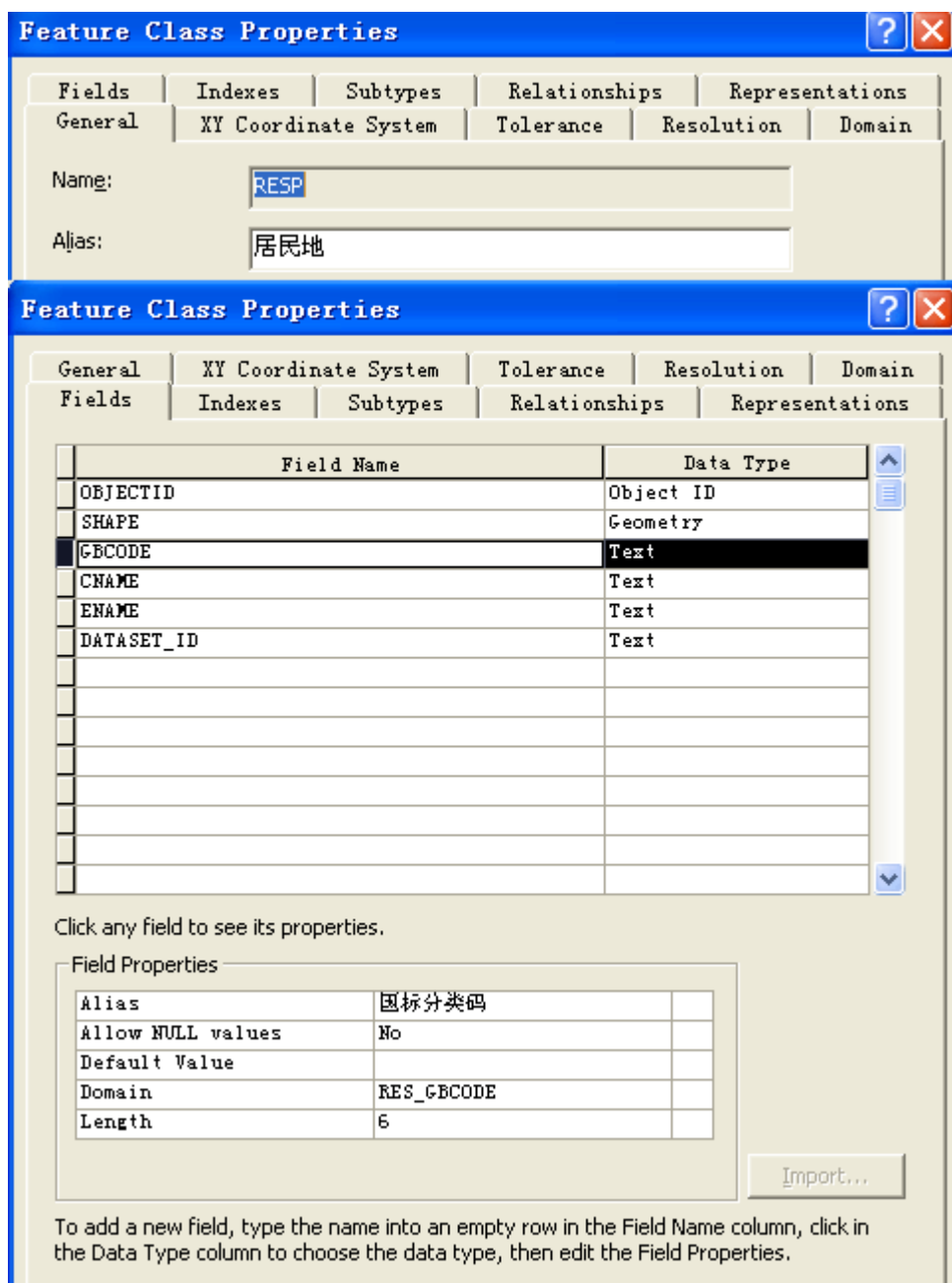


(3) 创建要素集: 在已创建的地理数据库 BasemapDB.mdb 下点击鼠标右键, 选择 New, 再选择 Feature Dataset, 创建地理底图要素集 BASEMAP。然后在随后出现的对话框里定义要素集的坐标系及其投影, 这里选择用经纬度存储地理坐标数据, 具体选择 “Geographic Coordinate Systems” 下的 World WGS 1984。投影是数据显示时的选择, 因此留待地图模板中定义。在要素集中定义空间参照系是为了让同一要素集中的要素类享有同一空间参照系, 这样要素集内的要素类之间才可以建立拓扑关系。



(4) 创建要素类: 在已创建的要素集 BASEMAP 下点击鼠标右键, 选择 New, 再选择 Feature Class, 然后按照已经定义的要素类及其属性 (表 1 和图 2), 分别定义点、线、面各要素类, 并在各要素类的属性页面输入要素类的属性, 同时按设计要求选择属性的约束条件 (是否可以为空、确省值以及属性的域)。



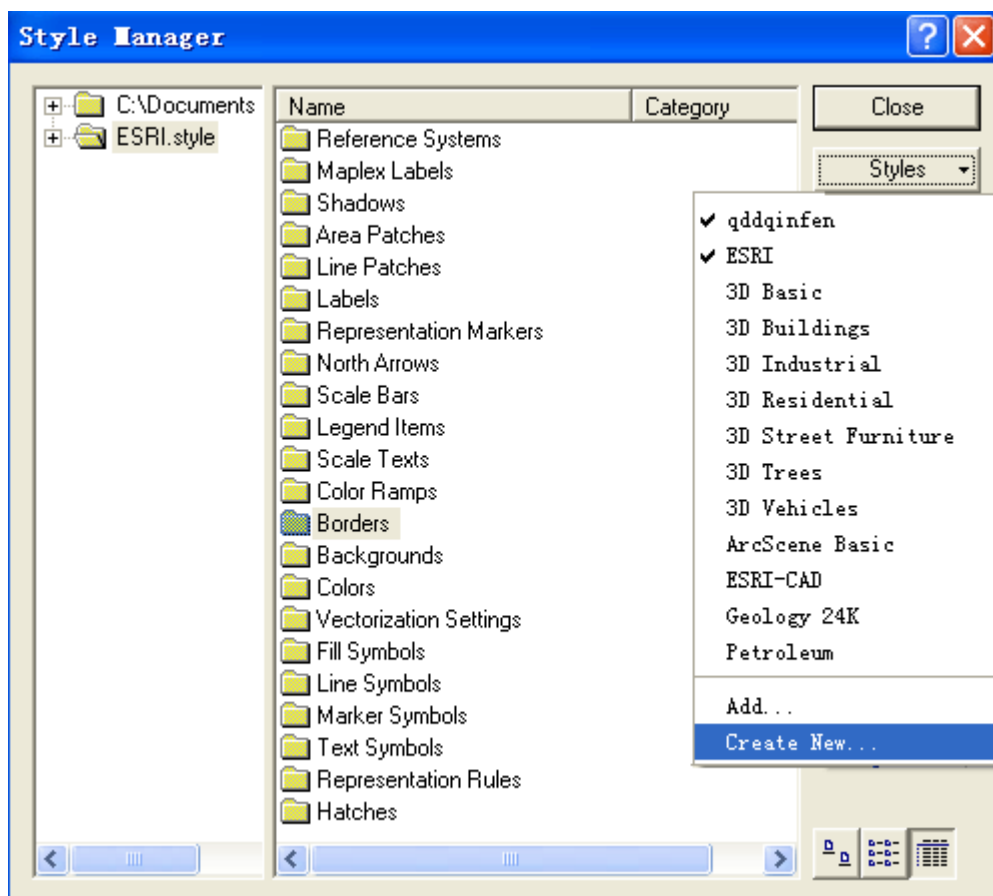
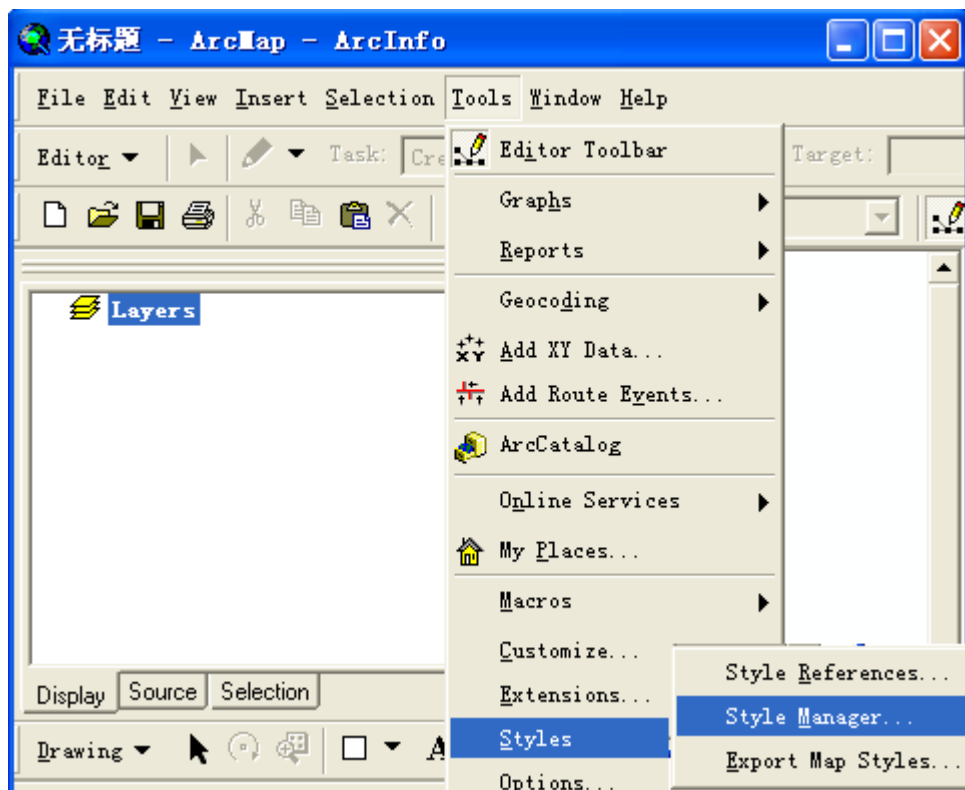


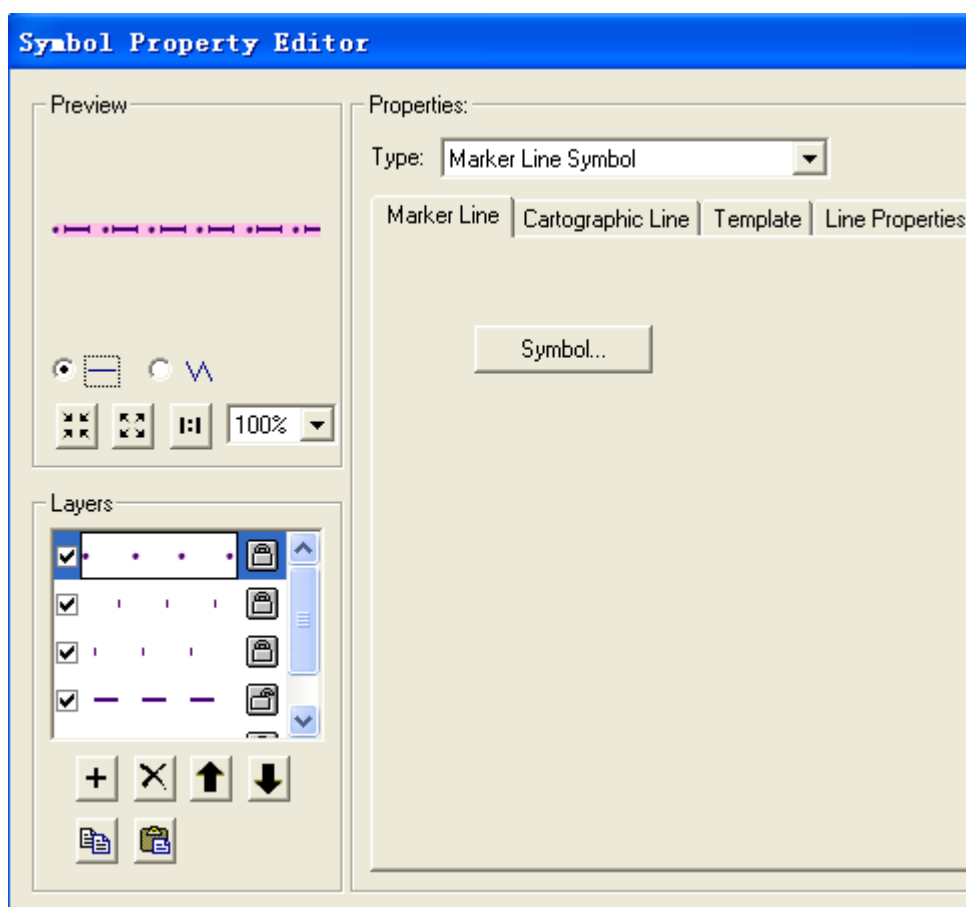
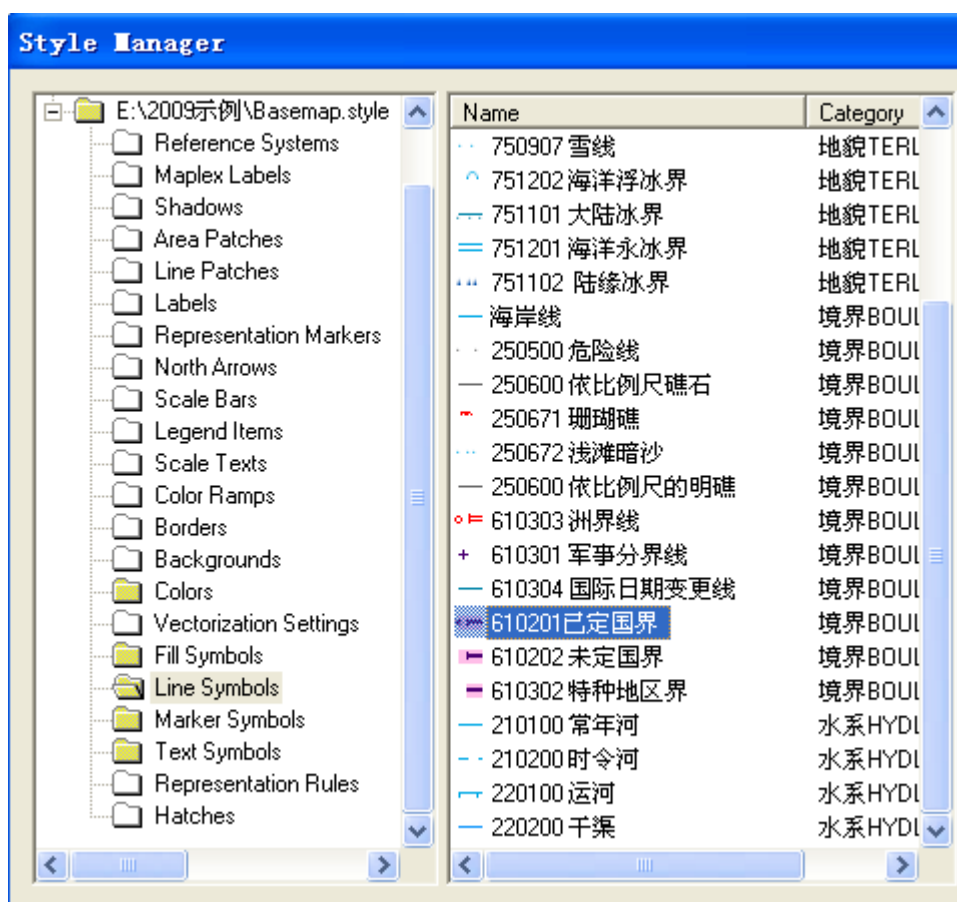
## 1.4 创建样式库

样式库是一个 ESRI Style 类型的文件，你可以把你需要用到的图元图式集中起来放到一个 ESRI Style 文件中，以便统一管理及分发。创建样式库的工具是 Style Manager，可以通过 ArcMap 调用。

启动 ArcMap，点击菜单 Tools，选择 Styles 下的 Style Manager。在 Style Manager 页面下点击 Styles 按钮，选择 Create New 就创建了一个空的样式库，这里命名为 Basemap.style。

参照已经定义的样式（表 2），分别在样式库的 Fill，Line，Marker，Text 等目录中创建填充、线型、符号、文本等图元样式。实际上你没必要每一个都亲自画，你可以从其它样式库中拷贝已有的，或相近的，修改一下就行。样式可以作分类标示（Category），以后使用时便于查找。

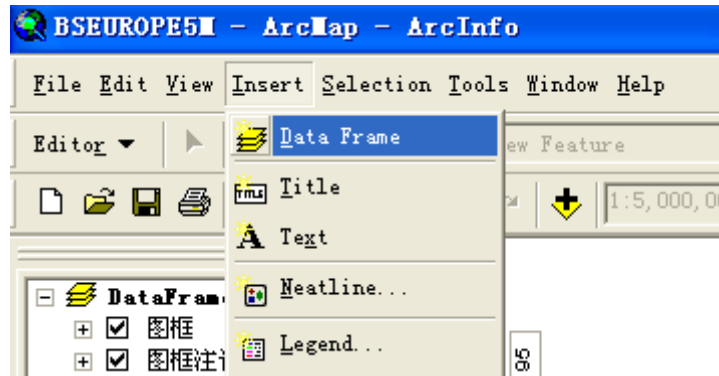




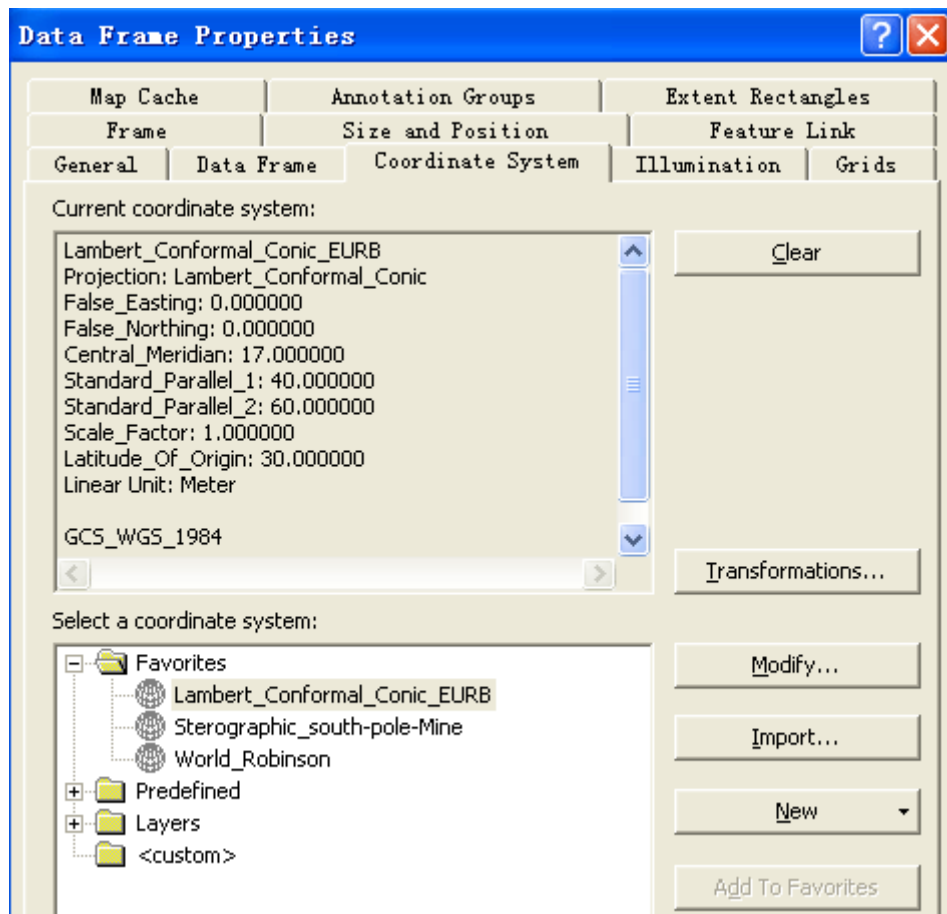
## 1.5 创建地图模板

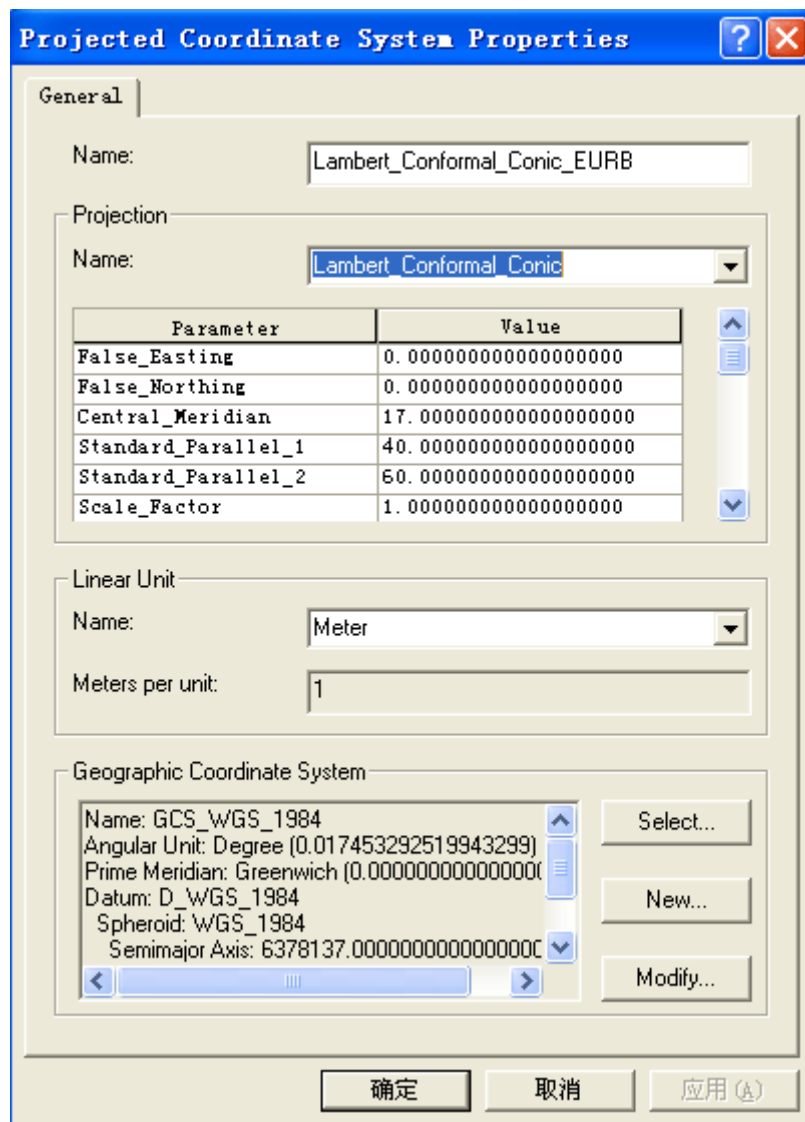
万事俱备，现在可以在 ArcMap 下创建地图模板了，地图模板是一个 ESRI mxd 文件。创建地图模板前，地图的比例尺以及地图投影必须是已知的。

(1) 创建数据框：启动 ArcMap，选择菜单 Insert，点击 Data Frame，创建一个新的数据框。如果有图外图或图中图，例如中国行政区划图中常见的南海诸岛，或地质图中常见的剖面图、综合柱状图，就需要创建多个数据框。

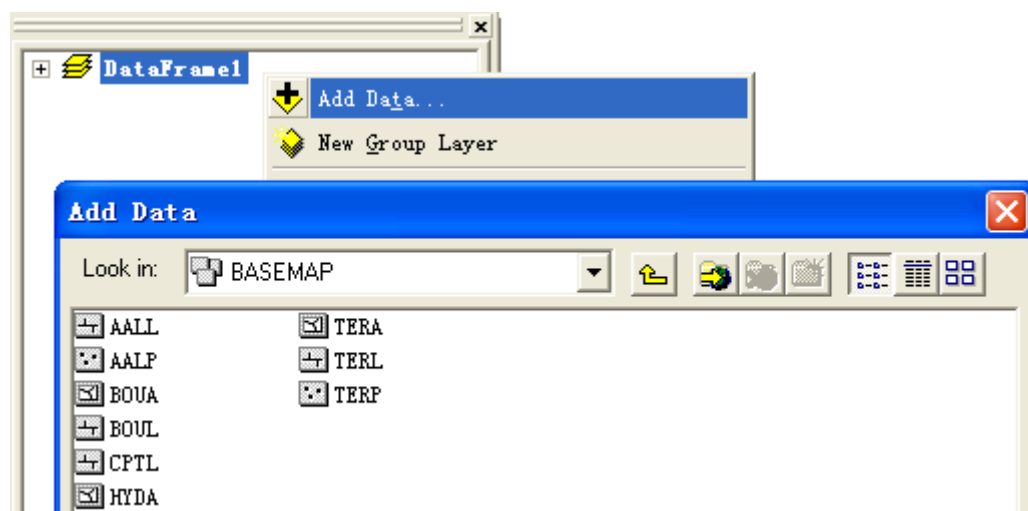


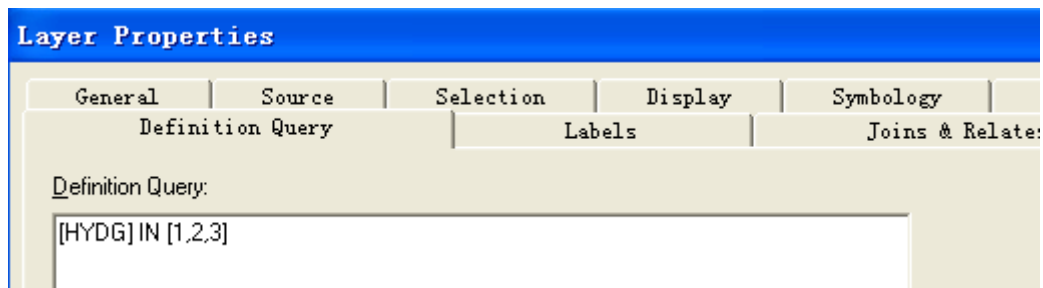
(2) 定义地图投影：在已创建的数据框下点击鼠标右键，选择 Properties，在数据框属性的坐标系页（Coordinate System）定义当前数据框的地图投影。地图投影分两部分，其一是大地基准面，例如示例中的 GCS\_WGS\_1984；其二是平面投影方式，例如示例中的兰勃特等角割圆锥投影 Lambert\_Conformal\_Conic。所定义的地图投影可以添加到 Favorites 中，以后用起来方便。



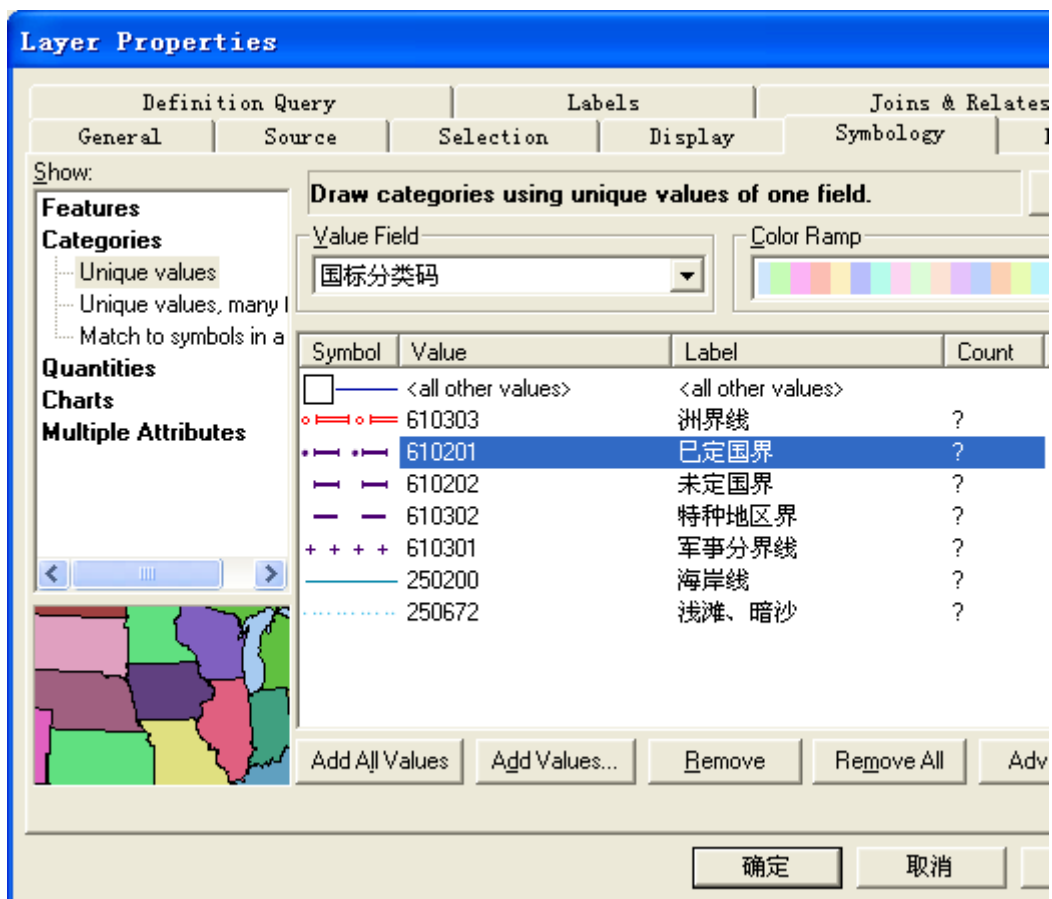


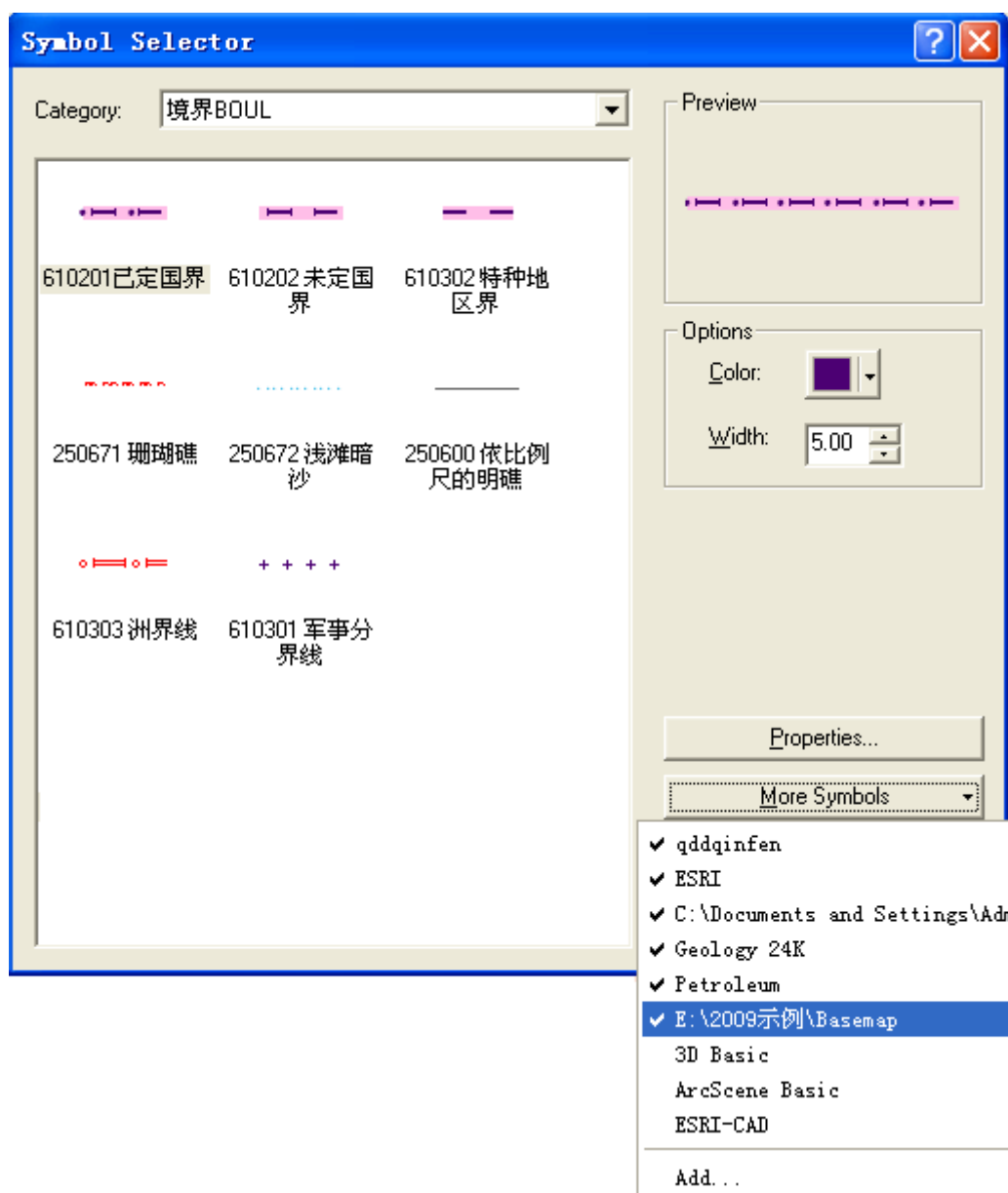
(3) 添加地图图层：将数据库中的要素类按叠盖次序先后添加到数据框中。一个要素类可以表现为多个图层，同一个要素类的图层显示内容通过图层属性页中的 Definition Query 限定，例如在水系图层中只显示 3 级以上的河流。





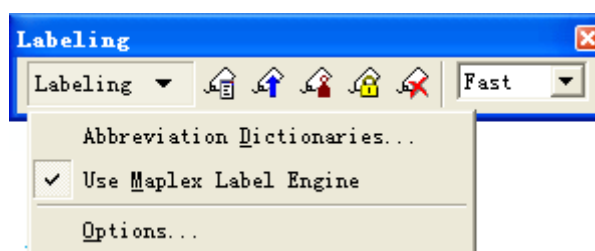
(4) 定义各图层的显示方式：在图层下点击鼠标右键，选择 Properties，在图层属性的 Symbology 页面选择需要图示的数据字段，这里是“国标分类码” GBCODE；以及图示方法，这里选择单值分类显示，显示样式从前面创建的样式库中提取。样式库通过 Symbol Selector 页面的 More Symbols 按钮添加到样式中供选用。



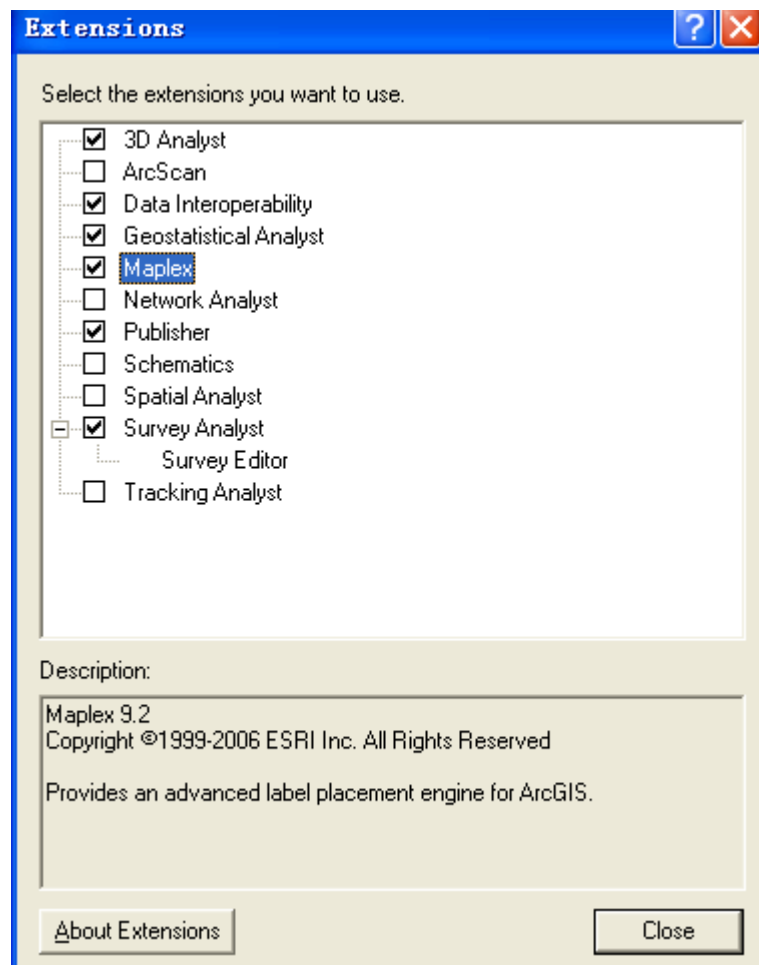


(5) 定义地图标注类： ArcGIS9.2 在注记方面有较大的改进，添加了标注扩展模块 Maplex、标注类、以及标注管理器 (Label Manager)，用于比较复杂的地图注记。

Maplex 作为 ArcGIS 外加模块安装，Maplex 安装后还需要一系列操作将 Maplex 引擎激活后方可使用。Maplex 安装后，先点击 Tools 菜单的 Extensions，在 Extensions 页面中选上 Maplex，然后点击 View 菜单下的 Toolbars，在工具列表中点击 Labeling，再在随之弹出的 labeling 浮动菜单中选上 use maplex Label Engine，这样 Maplex 就可以使用了。



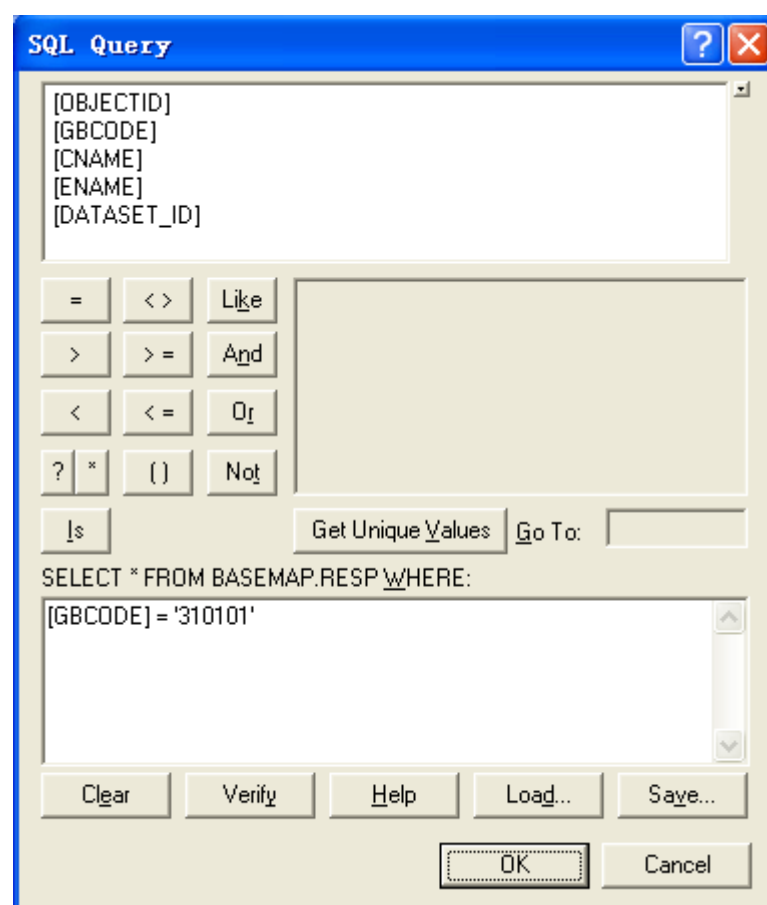
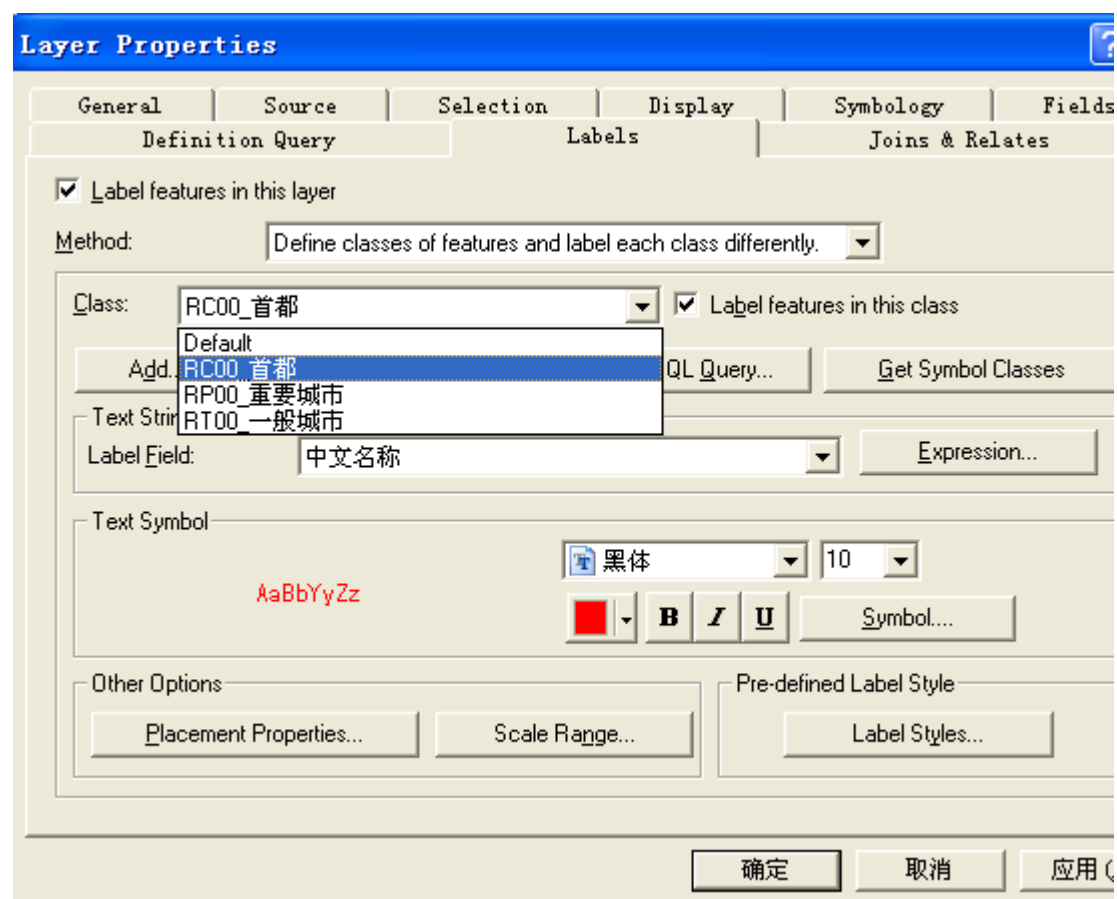


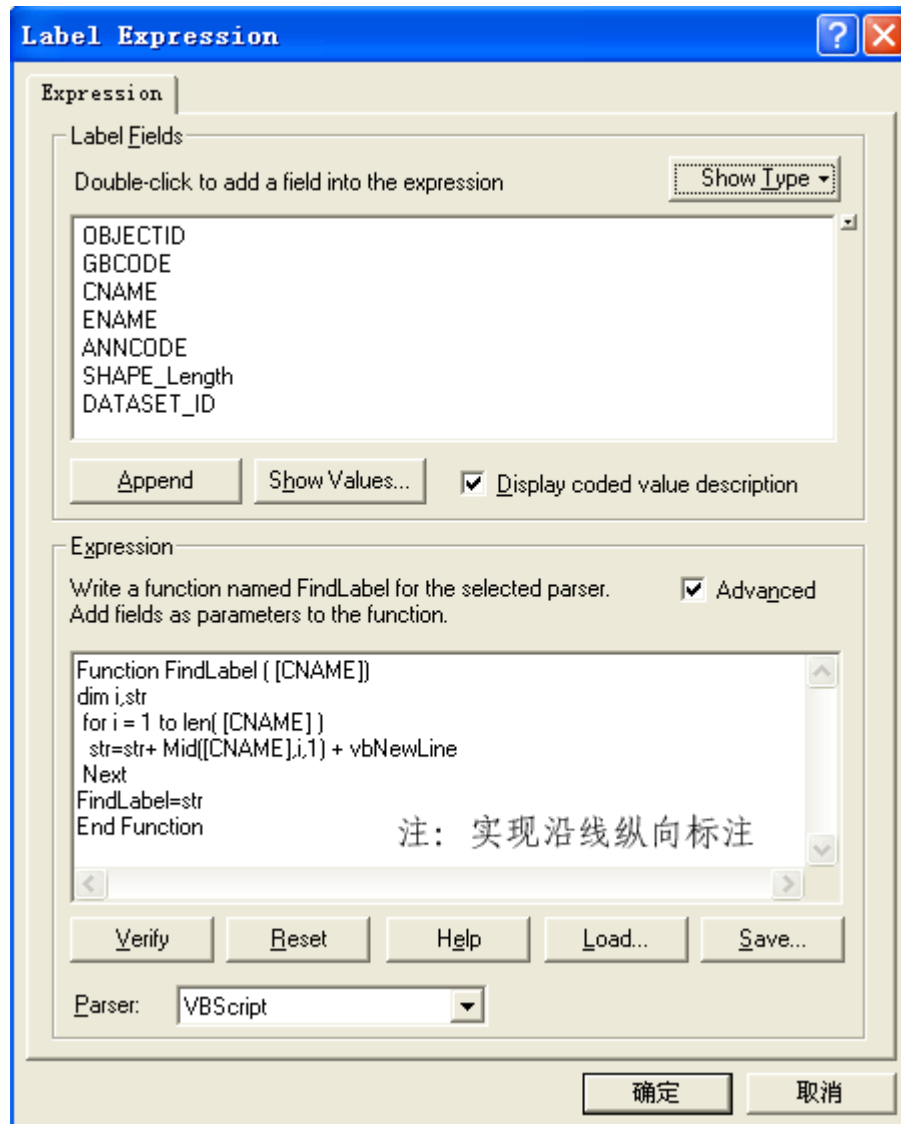


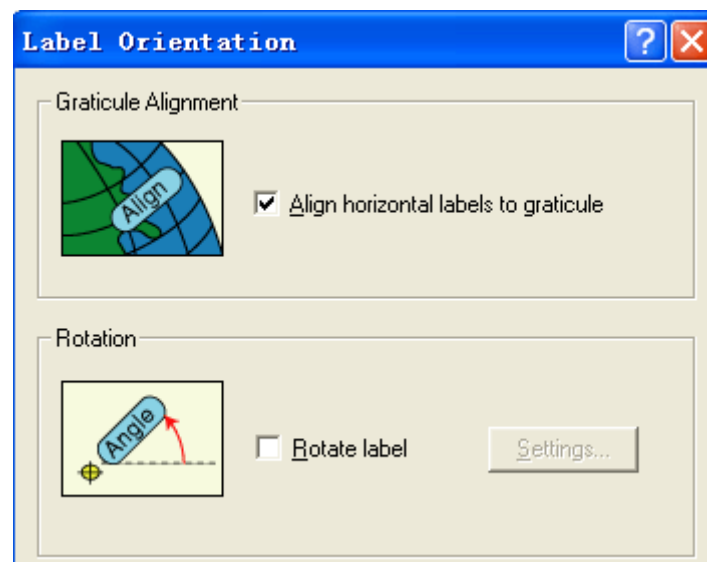
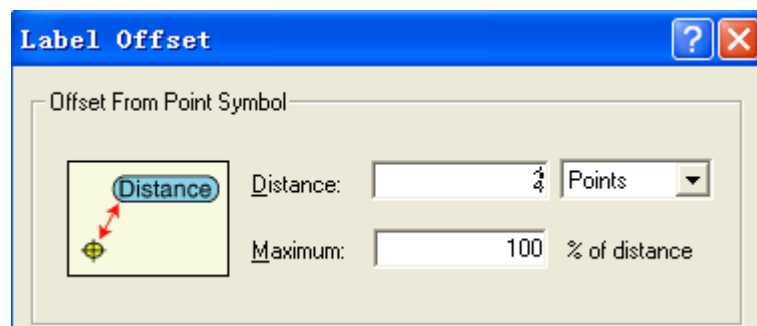
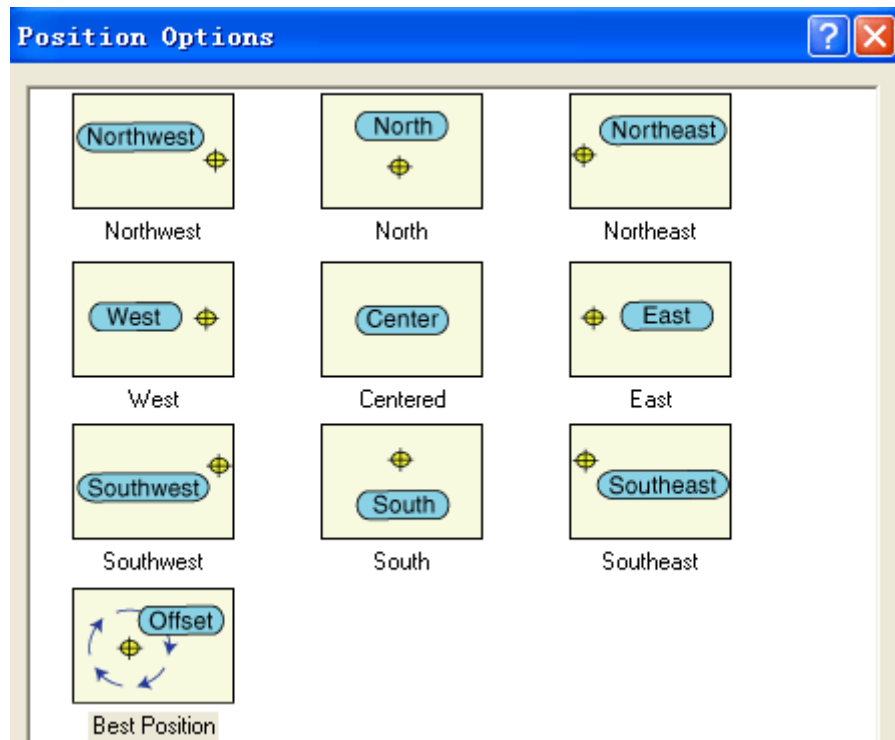
地图模板中定义的地图标注类用于同一图层不同类别图元的分类标注，这里以居民地为例说明居民地标注类的定义方法。按照表 2 中的定义，居民地标注类码为 RC00、RP00、RT00，分别用于国家首都、重要城市和一般城市的标注。下面在地图模板中定义这三类地图标注。

在居民地图层下点击鼠标右键，选择 Properties，然后选择图层属性的 Label 页。

- a) 先在 Method 文本框选择“Define classes of features and label each class differently”，表示分类标注；
- b) 点击 Add 按钮输入标注类名，例如 RC00\_首都；
- c) 点击 SQL Query，限定标注类的标注要素，例如[GBCODE] = '310101'，其中 310101 是首都的国标分类码；
- d) 在 Label Field 文本框选择作为标注内容的数据字段，例如“中文名称”，如果标注涉及多个字段，或包含上、下标等标注格式，或需要沿线纵向标注，可点击 Expression 按钮，在 Label Expression 页面输入 VB Script 代码；
- e) 在 Text Symbol 框中分别选择 RC00\_首都标注类的字体、字号、字形、字色；
- f) 点击 Placement Properties 按钮，在 Placement Properties 页面选择标注位置与方向，其中 Position 按钮用于定义标注的位置；Label Offset 定义标注的偏移距，对居民地，偏移距就是标注文字与居民地点符号中心的距离，例如 2 个像点；Orientation 定义标注的方向，如果经纬网不是横平竖直的话，标注方向要选择 Graticule Alignment，也就是平行经纬网标注，当然极地区域是个例外。

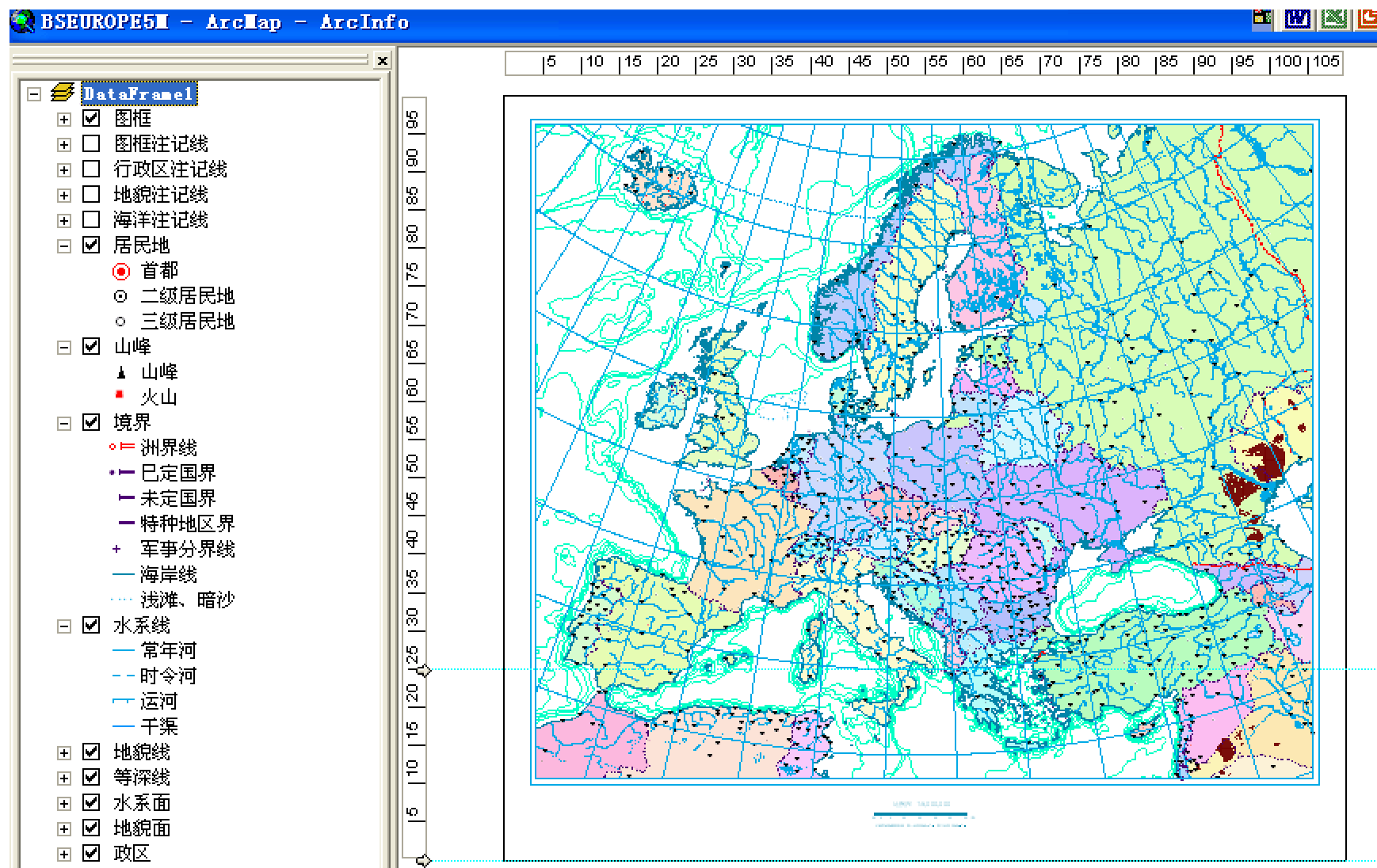






模板创建完成，可以提供制图人员使用，如果后期有改动也没关系，因为只要模板替换一下就行了，客户端的原始数据不需要改动。

后面是欧洲大区的 1/500 万数据在定义模板下的显示结果。



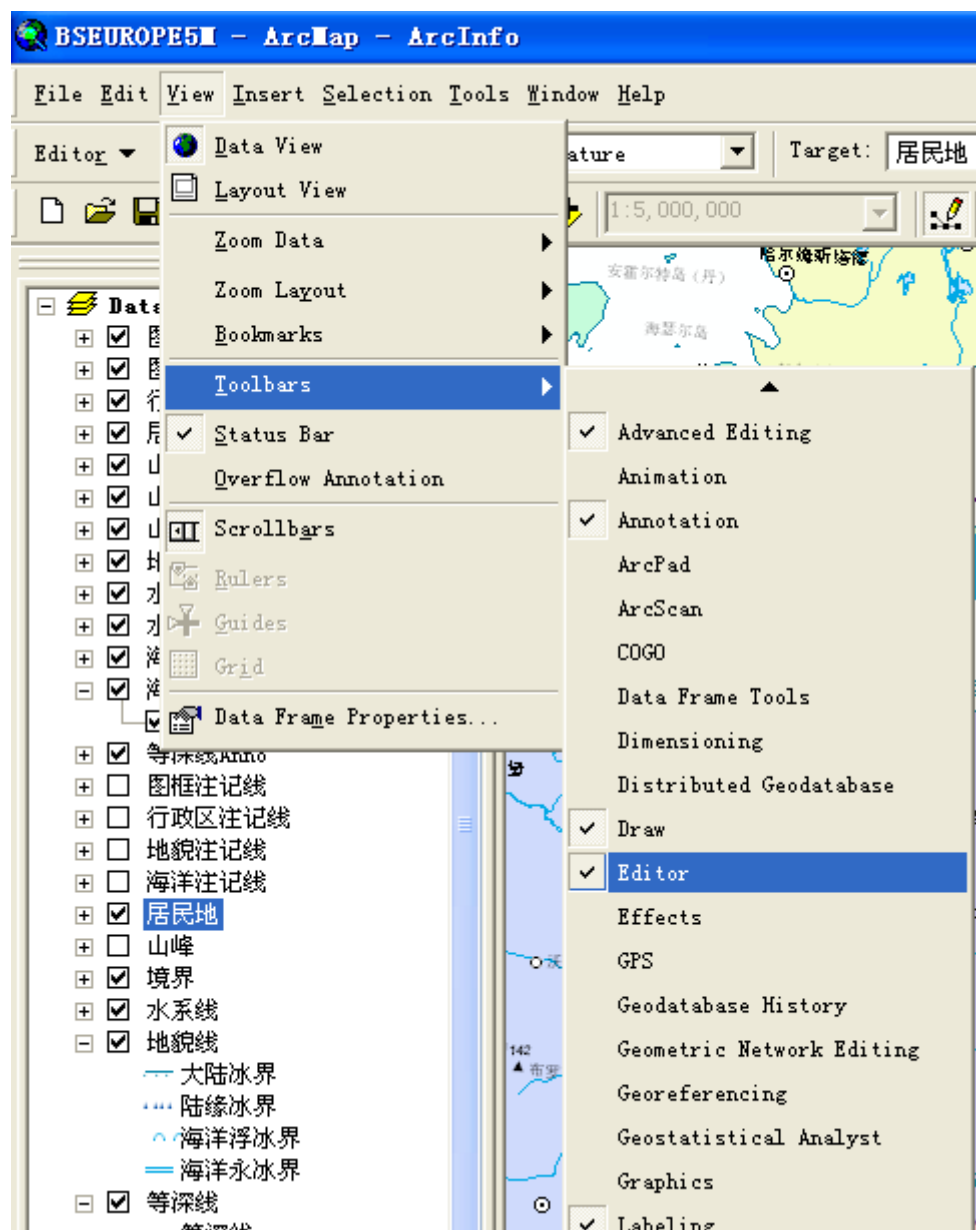
## 2. 制图

图形编辑 → 数据入库 → 挂接模板 → 标注转注记 → 添加图外要素

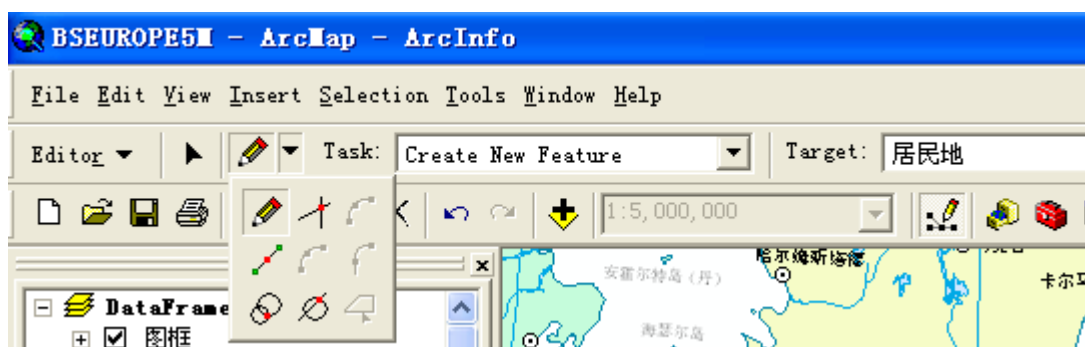
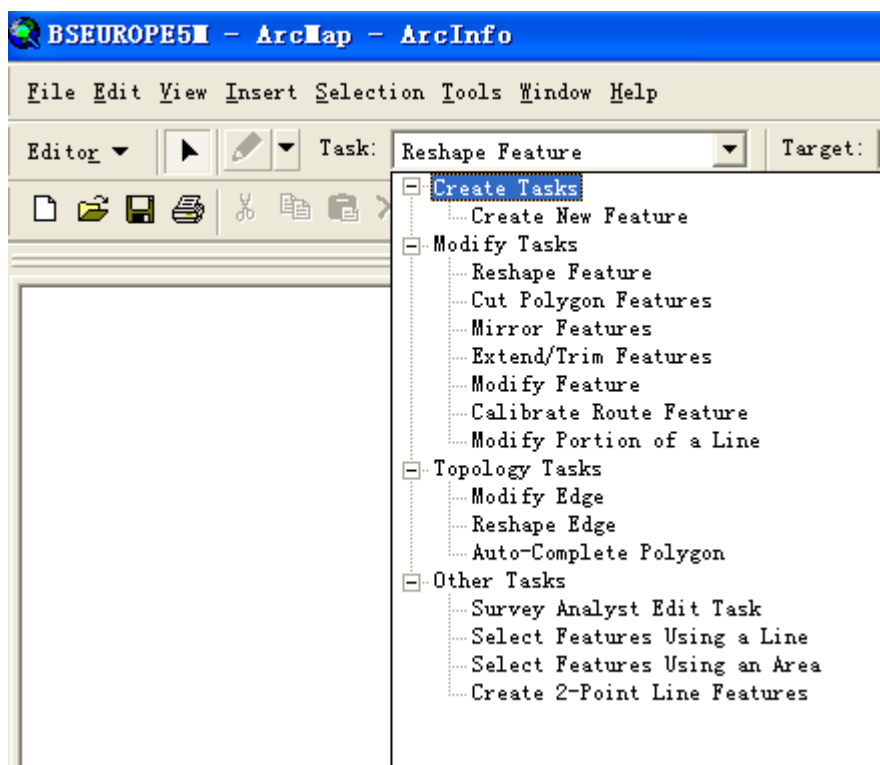
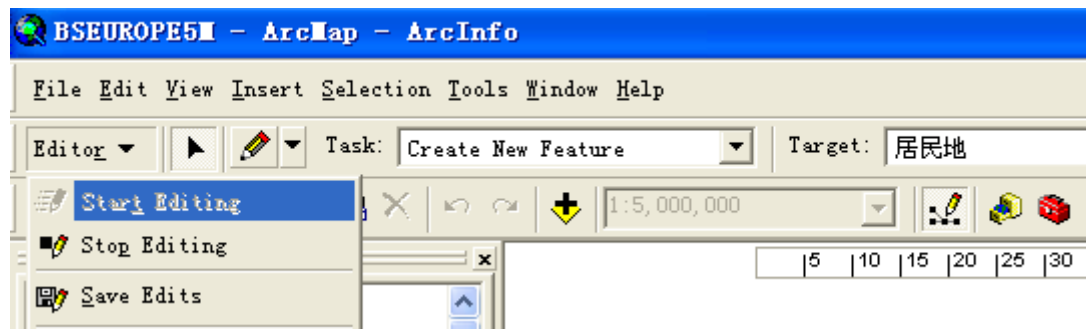
### 2.1 图形编辑

ArcGIS 的图形编辑功能很全面，但我个人认为用起来不是很方便，可能是熟悉程度不够，所以我经常是用别的软件做图形编辑，然后转成 shp 格式文件装载到 ArcGIS 中，在 ArcGIS 中只是作一些修补型的编辑。

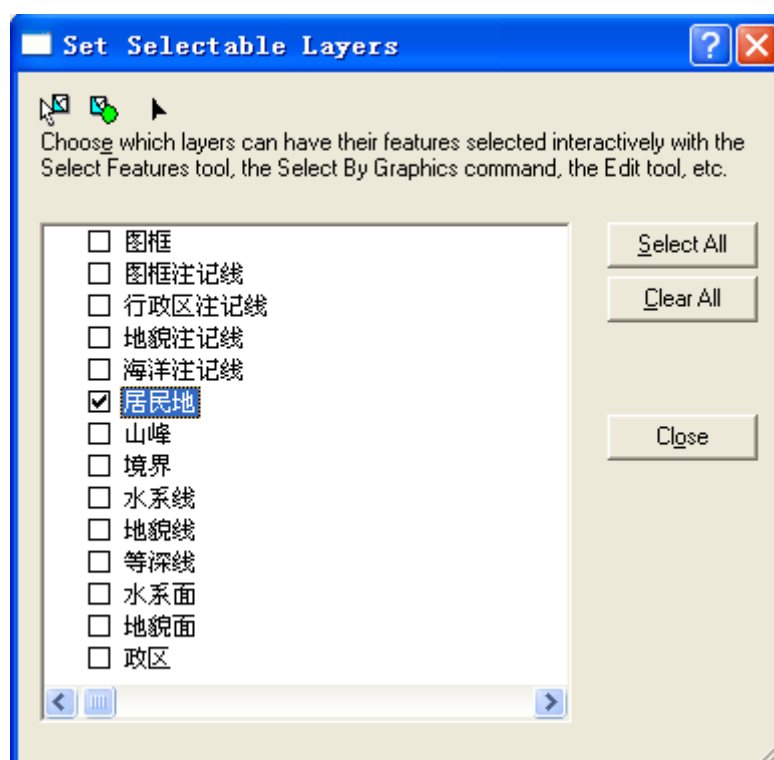
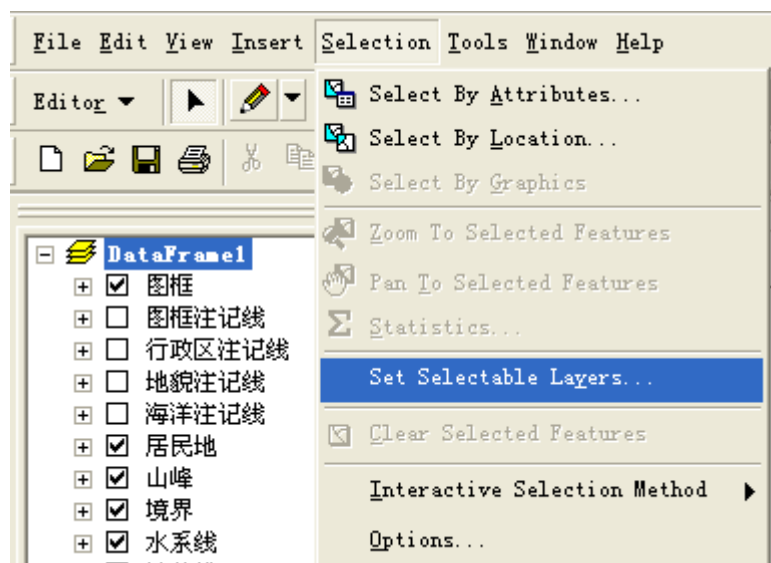
ArcGIS 的图形编辑工具可在 View 菜单的 Toolbars 下选择，包括编辑工具 Editor、高级编辑工具 Advanced Editing，以及注记编辑工具 labeling 和拓扑编辑工具 Topology 等。



在图形编辑前需要在 Editor 浮动板的下拉菜单下点击“Start Editor”进入编辑状态，然后在 Task 的下拉框中选择操作类型，在 Target 下拉框中选择需要编辑的图层，才可以开始编辑，编辑完毕点击“Stop Editing”退出编辑状态。



为了避免图层之间的干扰，可以在 Set Selectable Layers 页面将某些层设置为可视、不可选。

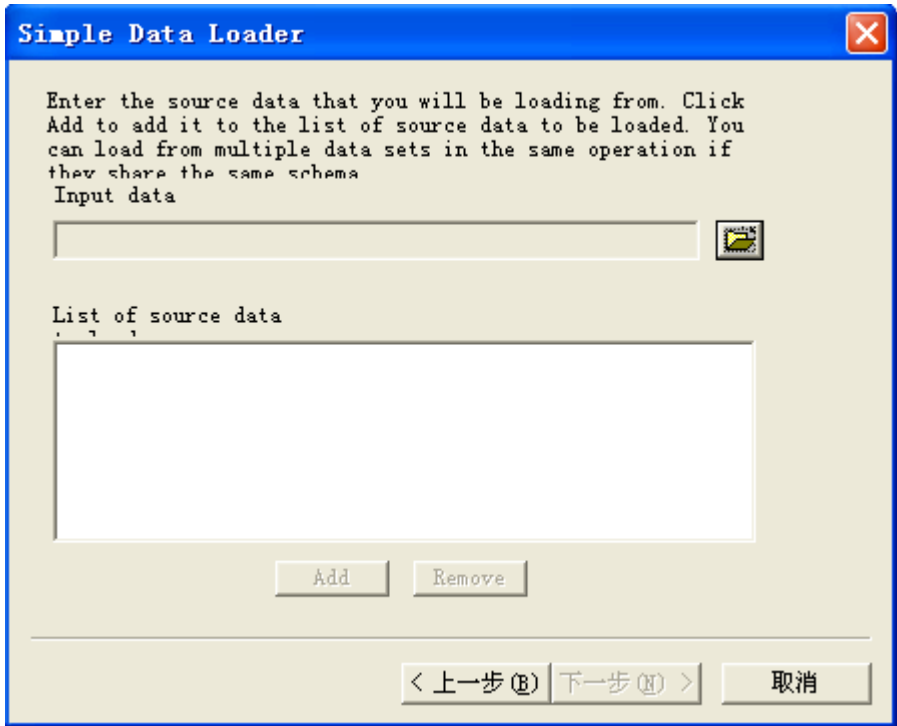
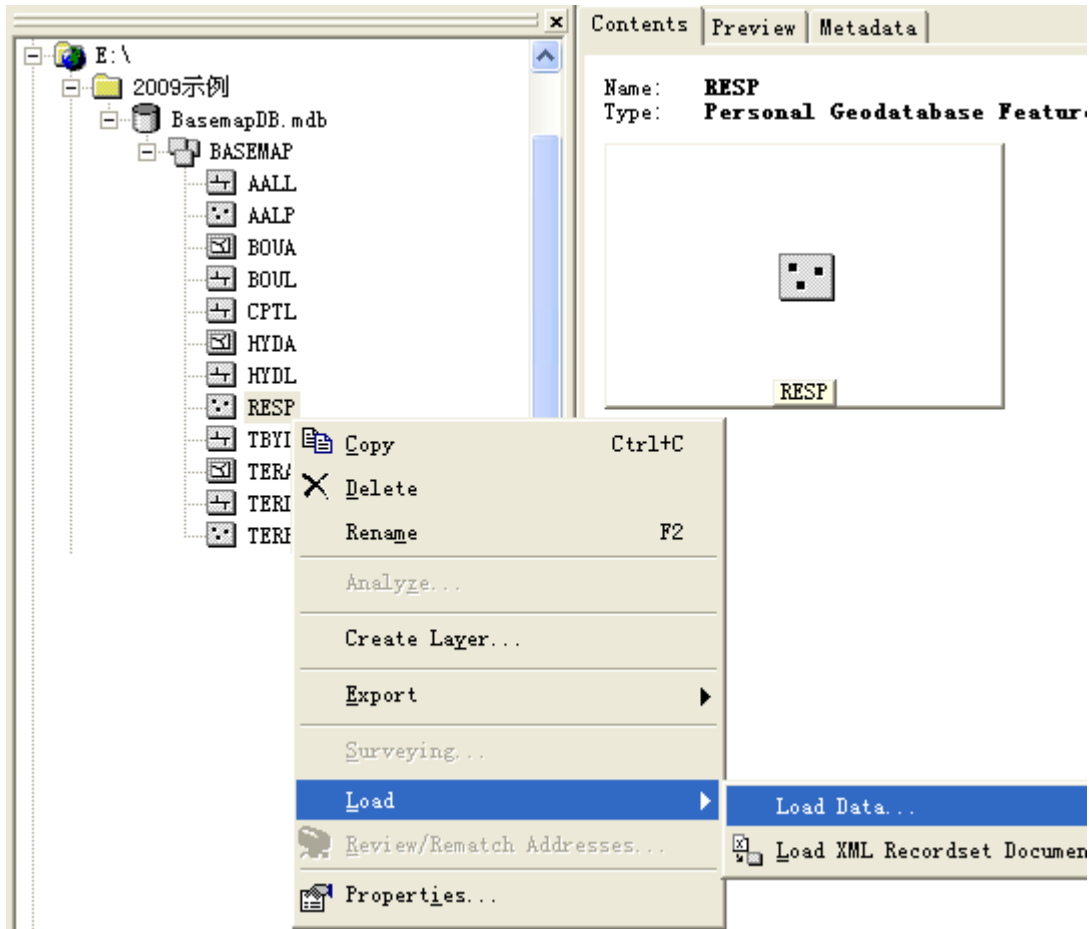


## 2.2 数据入库

数据编辑完成后，即可通过 ArcCatalog 装载到数据库中，当然在数据库下也可以进行数据编辑，不过数据库下的数据编辑速度比较慢，因为前台一个操作可能涉及后台多个数据库操作，所以一般情况下最好是单个文件的图层编辑完成后再导入到数据库中去，尽量减少数据库下的编辑工作量。

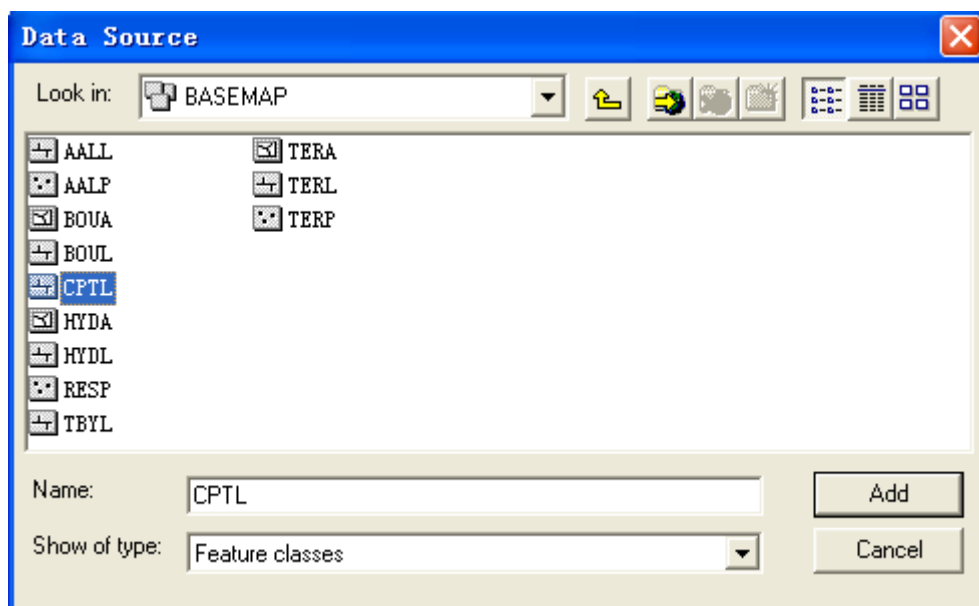
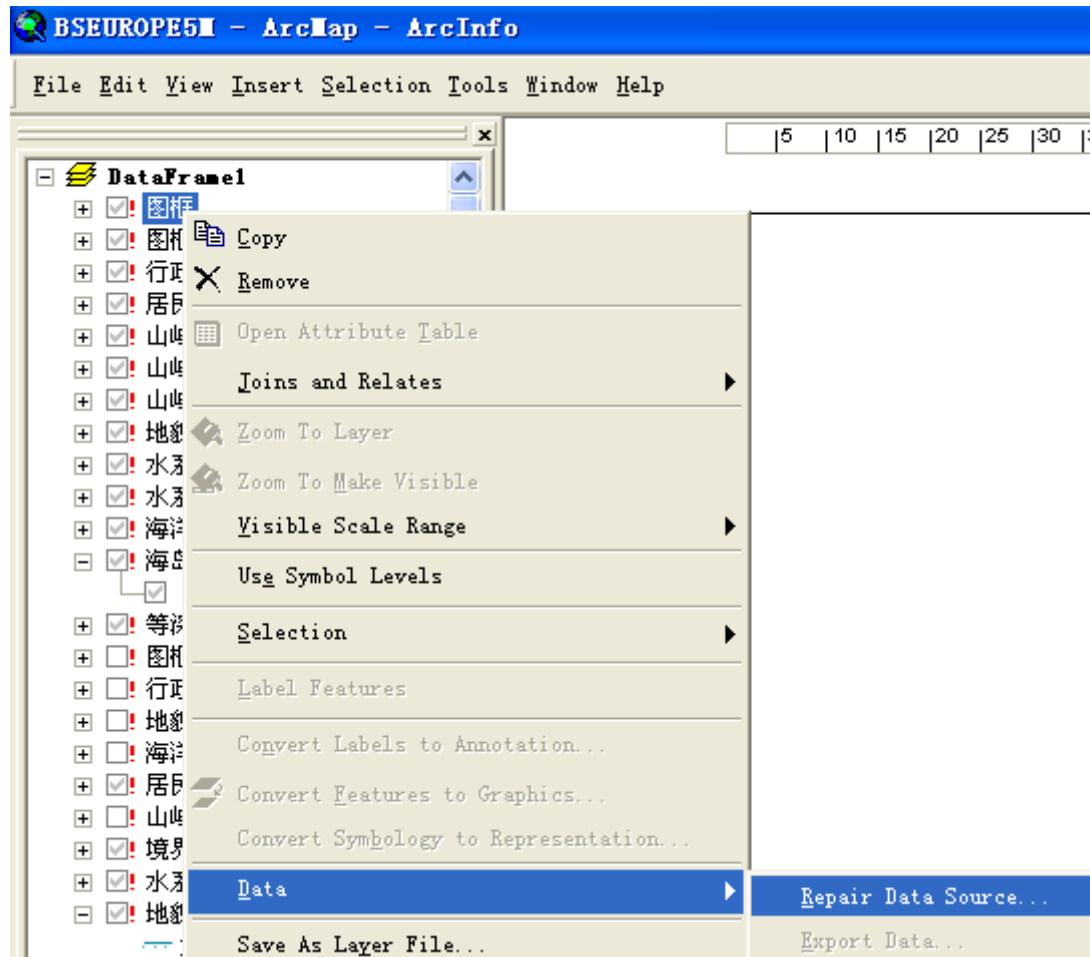


ArcCatalog 下的数据装载过程很简单，在需要装载数据的要素类下点击鼠标右键，在出现的菜单中选择 Load 并 Load Data，随后按界面提示将数据导入即可。



## 2.3 挂接模板

用 ArcMap 打开地图模板，在任一地图图层点击右键，在随之出现的菜单中选择 Data 并点击 Repair Data Source，然后在出现的 Data Source 对话框中选择图层所对应的数据库要素类，数据自动载入，红色惊叹号消失，模板挂接就告完成。



模板挂接完成后，可以检查一下各图层的显示情况，如果某些要素没有显示出来，那就是这些要素的分类编码（GBCODE）输入有误，打开要素属性表修改一下就行了。

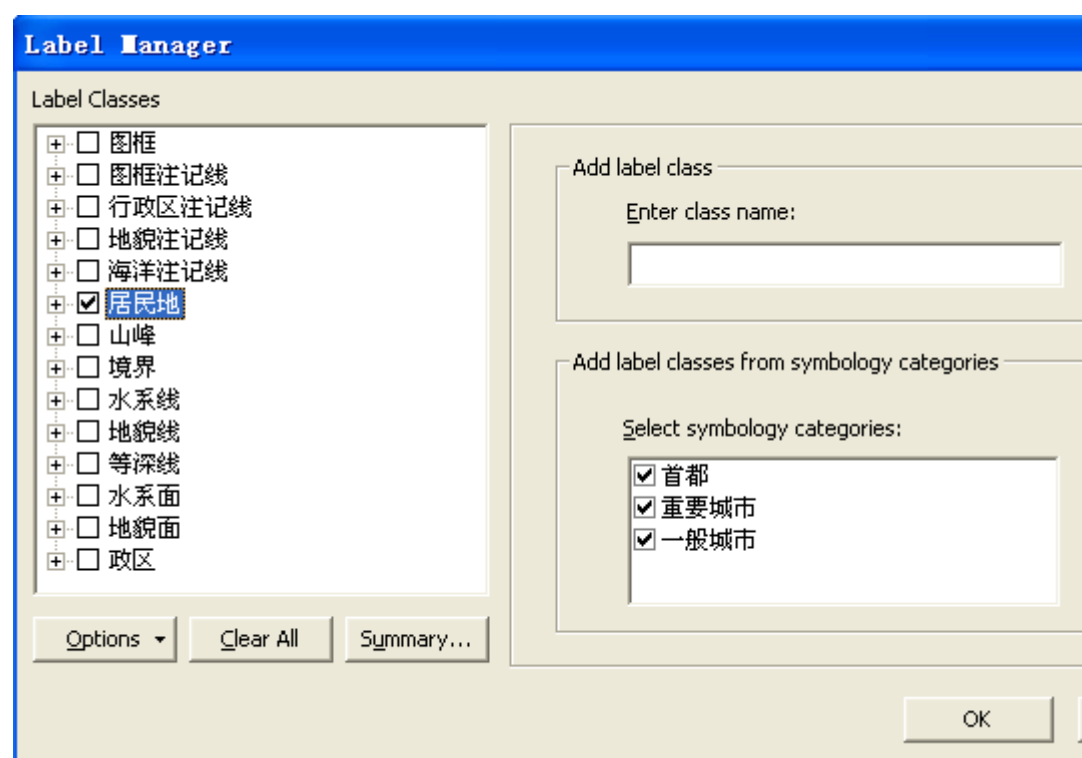
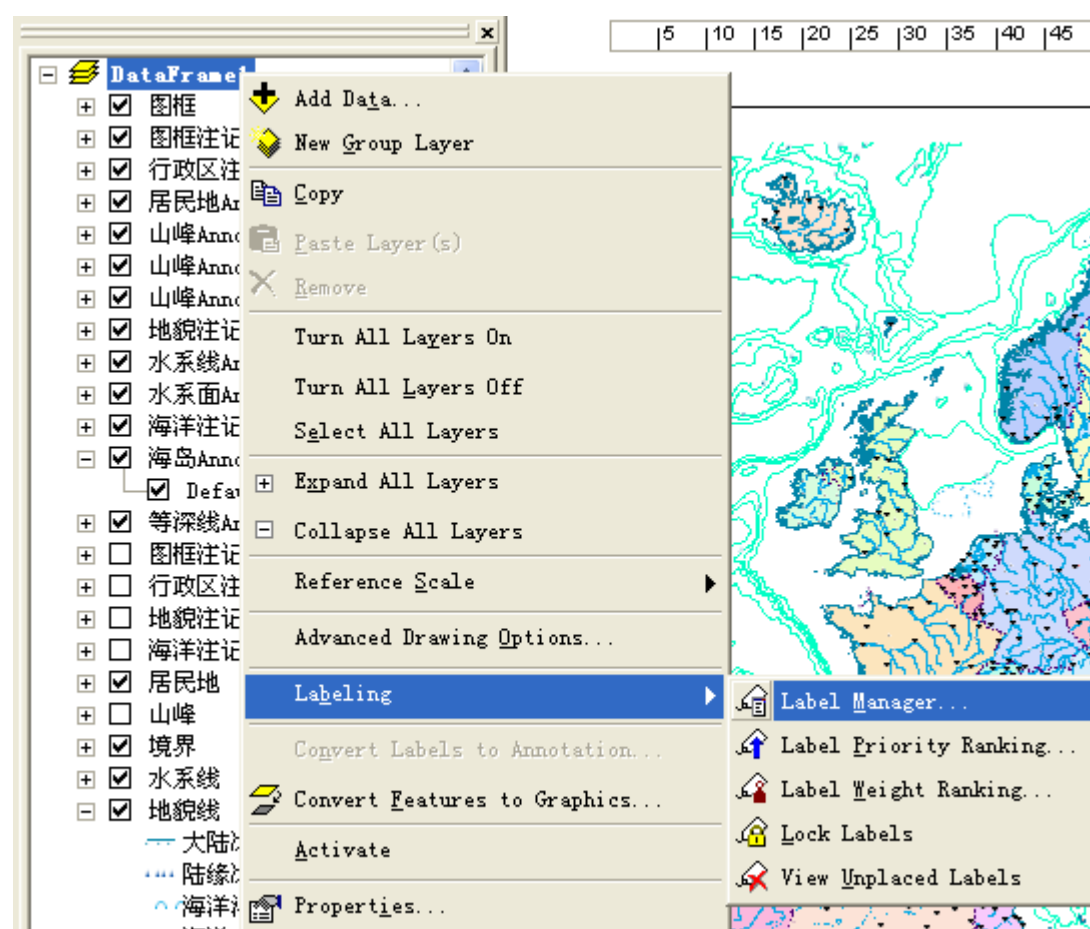
Attributes of 山峰							
	OBJECTID	SHAPE *	GBCODE	ELEV	CHNAME	ENNAME	数据集名
	1	Point	山峰	4165	图卜卡勒山	Djebel Toubkal	BSEUROPI
	2	Point	山峰	3478	穆拉森山	Cerro de Mulhacen	BSEUROPI
	3	Point	山峰	1041	卡伦图厄尔山	Carrantuohill (Carrauntoohil)	BSEUROPI
	4	Point	火山	1491	海克拉火山	Hekla	BSEUROPI
	5	Point	火山	2119	华纳达尔斯火	Hvannadalshnukur	BSEUROPI
	6	Point	火山	1460	特勒格拉火山		BSEUROPI
	7	Point	山峰	1085	斯诺登山	Snowdon (Yr Widdfa)	BSEUROPI
	8	Point	山峰	1344	本尼维斯山	Ben Nevis	BSEUROPI
	9	Point	山峰	977	斯科费尔峰	Scafell Pike	BSEUROPI
	10	Point	山峰	1885	桑西山	Mont Dore (Puy de Sancy)	BSEUROPI
	11	Point	山峰	2328	谢利亚山	Djebel Chelia	BSEUROPI
	12	Point	山峰	3841	维索山	Monte Viso (Monviso)	BSEUROPI
	13	Point	山峰	4634	杜富尔峰	Dufourspitze (Monte Rosa)	BSEUROPI
	14	Point	山峰	4274	芬斯特拉峰	Finsteraarhorn	BSEUROPI
	15	Point	山峰	3797	大格洛克纳山	Grossglockner	BSEUROPI
	16	Point	山峰	2914	科尔诺山	Corno Grande	BSEUROPI
	17	Point	火山	1277	维苏威火山	Vesuvio (Vesuvius)	BSEUROPI
	18	Point	火山	3340	埃特纳火山	Monte Etna (Aetna)	BSEUROPI
	19	Point	山峰	2117	凯希纳山	Kebnekaise	BSEUROPI
	20	Point	山峰	2655	格尔拉赫峰	Gerlach Peak (Gerlachovka, G	BSEUROPI
	21	Point	山峰	2917	奥林波斯山	Mount Olympus	BSEUROPI
	22	Point	山峰	2169	米朱尔山	Midzor	BSEUROPI

Record: 5 Show: All Selected Records (0 out of 119 Selected)

## 2.4 标注转注记

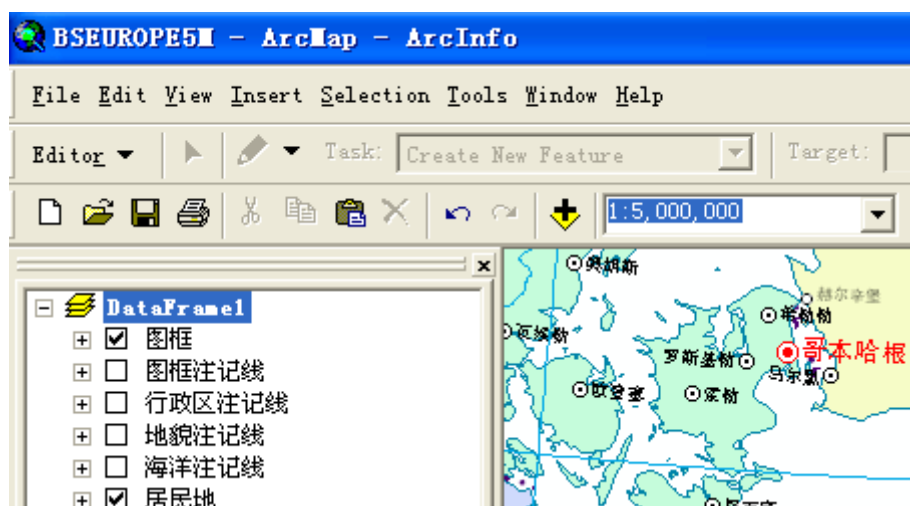
地图上的文字或符号注记虽然不是地图中的主角，但是在成图过程中占用较大比例的制图工作量。对于有空间要素对应的注记，如居民地，可直接利用要素的属性；没有空间要素对应的地理名称，如山脉、海洋、海湾、海峡、海沟、海槽、海岭、海山、海台、海盆等等，可通过注记线解决，采集注记位置线，归入注记线类，注记内容赋入属性项，因为一个一个字往图上放不仅工作量大而且注记的位置也不容易确定。

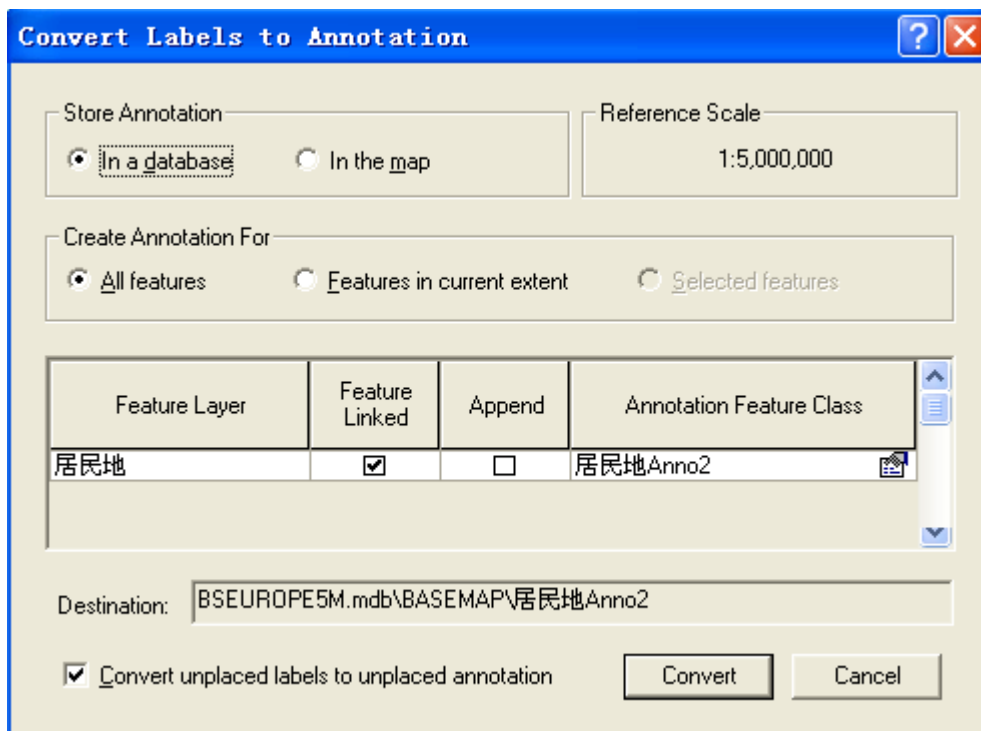
地图标注（Label）的显示可通过 Label Manager 统一管理，在数据框上点击右键，在 Labeling 菜单中选择 Label Manager 即可显示标注管理对话框。



Label（标注）是地图的动态标注，如果要让动态 Label 成为固定比例尺下的地图标注，必须将 Label 在一定比例尺下转换为 Annotation（注记），Annotation 才是固定比例尺下的地图静态标注。

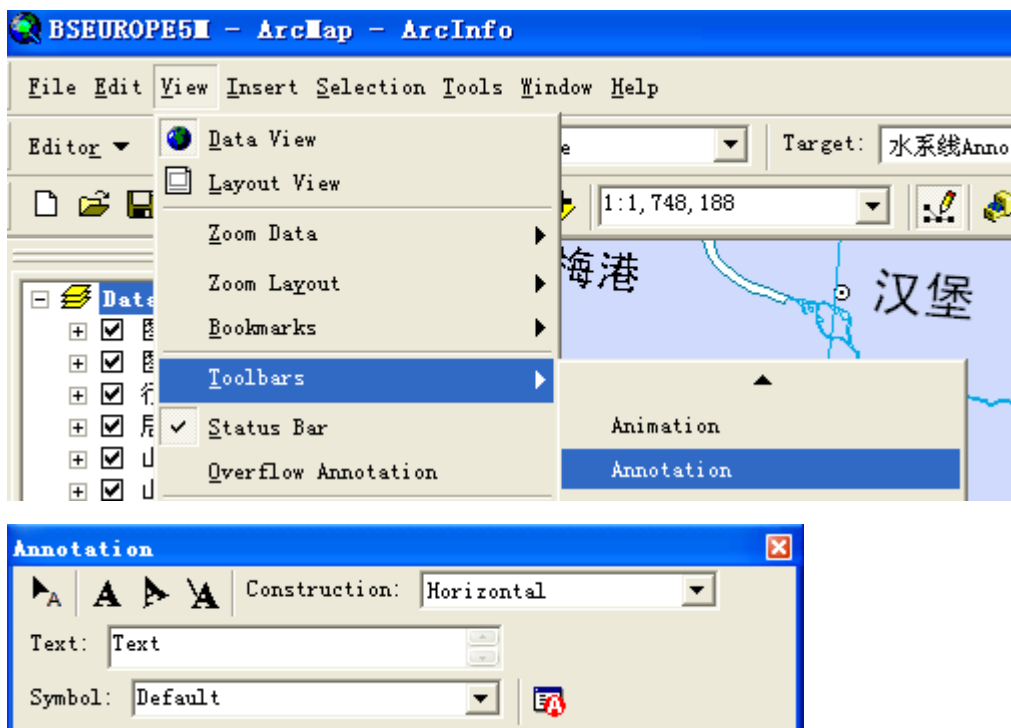
Label 到 Annotation 转换过程如下：先将地图显示比例尺定义到地图出图比例尺，例如 1:5000000，在需要转注记的图层下点击鼠标右键，在出现的菜单中选择“Convert Labels to Annotation”，然后在 Convert Labels to Annotation 对话框中选择将 Annotation 保存到数据库中，系统会在数据库中创建一个地图注记类，将地图注记保存下来。

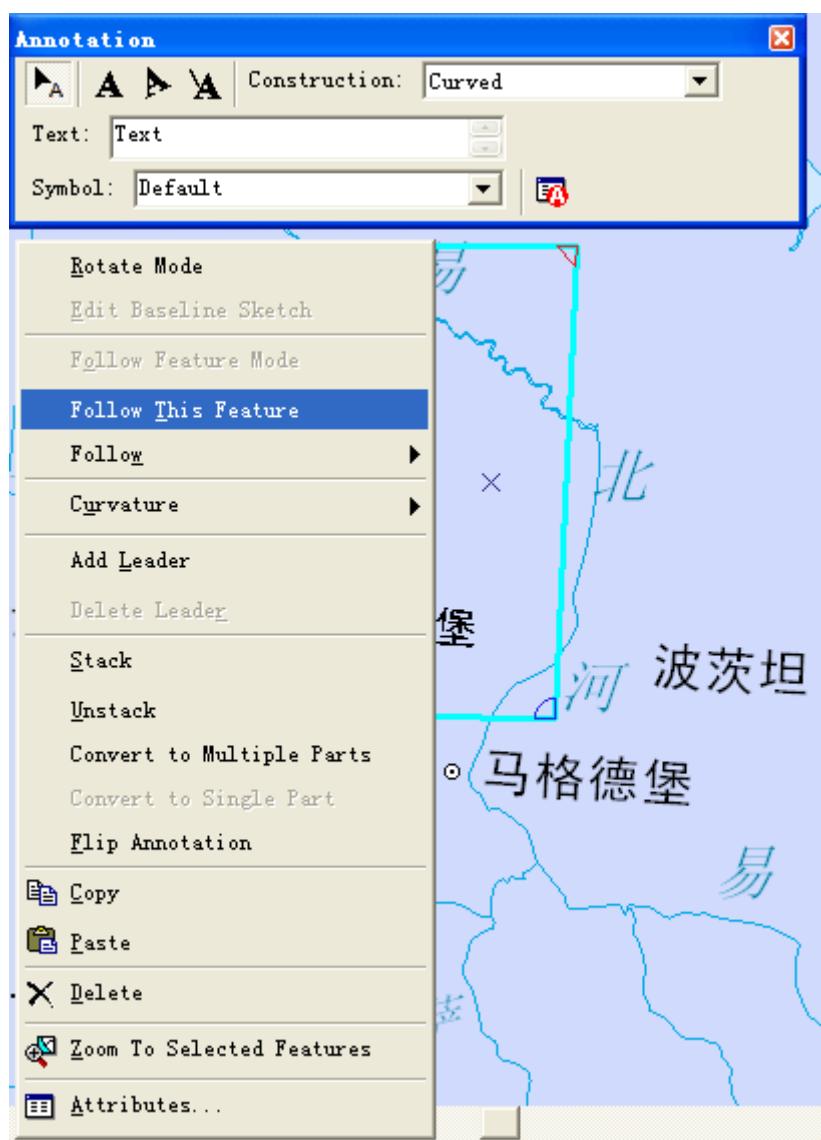




地图注记保存到数据库后，就可以对地图注记进行编辑了，你可以调整注记位置避免不同图层注记的压盖；可以修改注记文字的字体或大小，让注记文字大小比例与整幅地图协调等等；你还可以通过注记编辑工具的右键菜单让注记沿地图要素标注。注记编辑工具通过 View Toolbar 的 Annotation 打开。

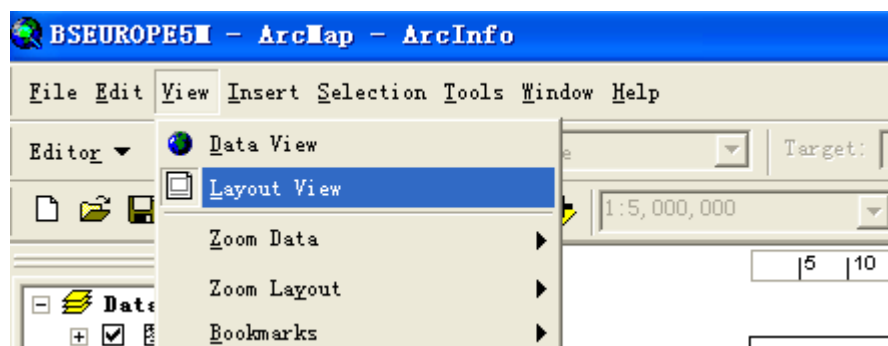
由于 Annotation 是在数据库下编辑，所以编辑速度可能会比较慢。



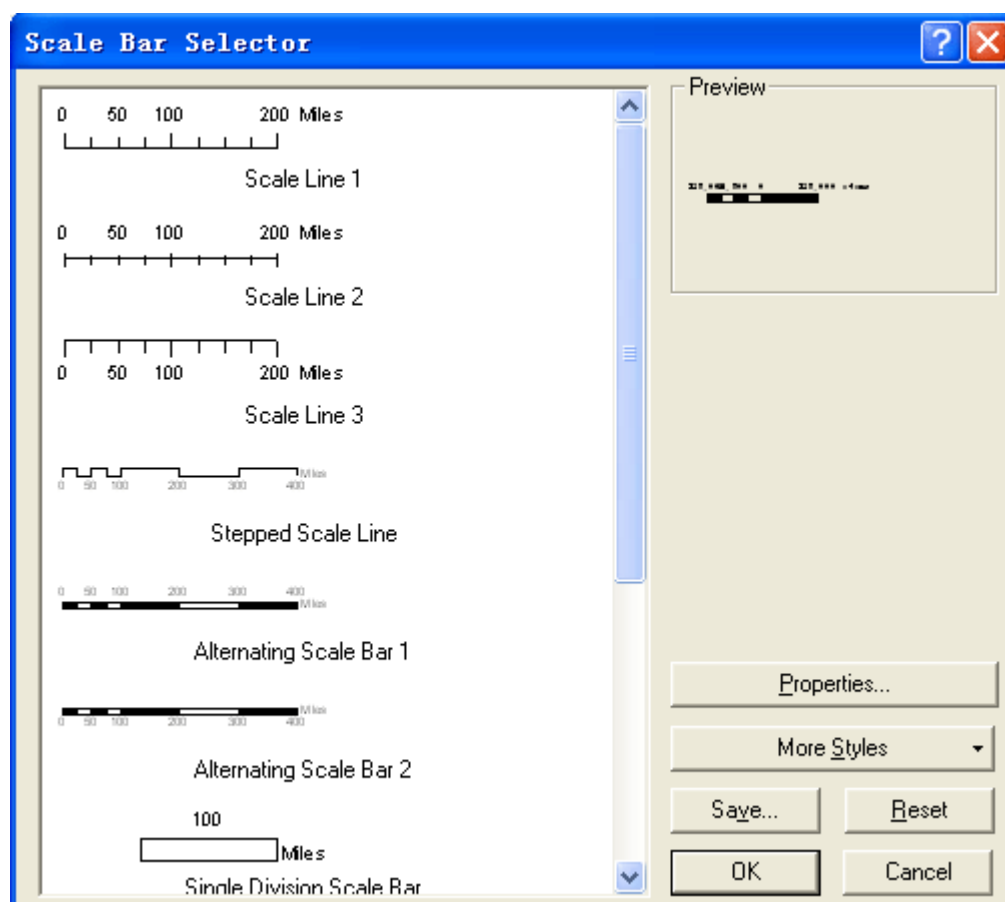
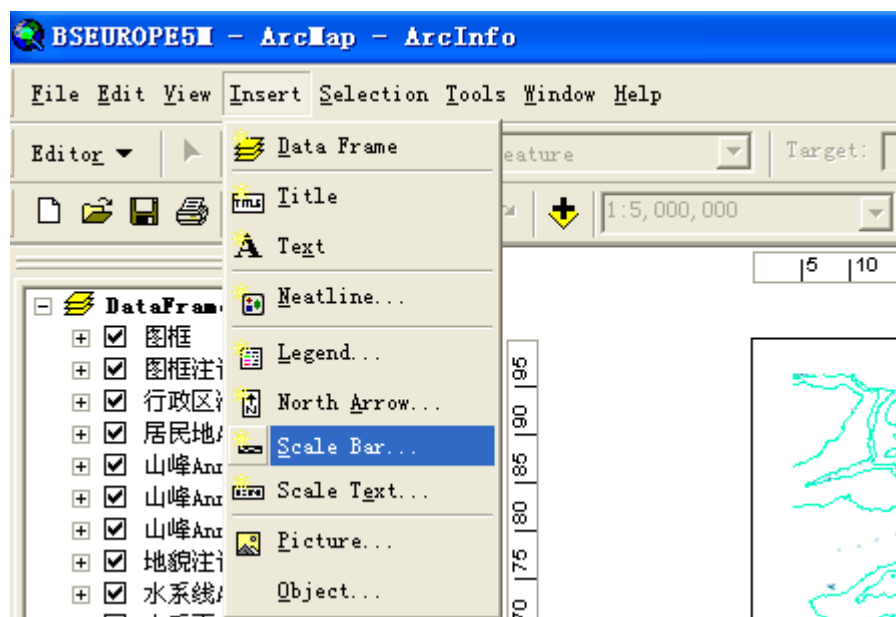


## 2.5 添加图外要素

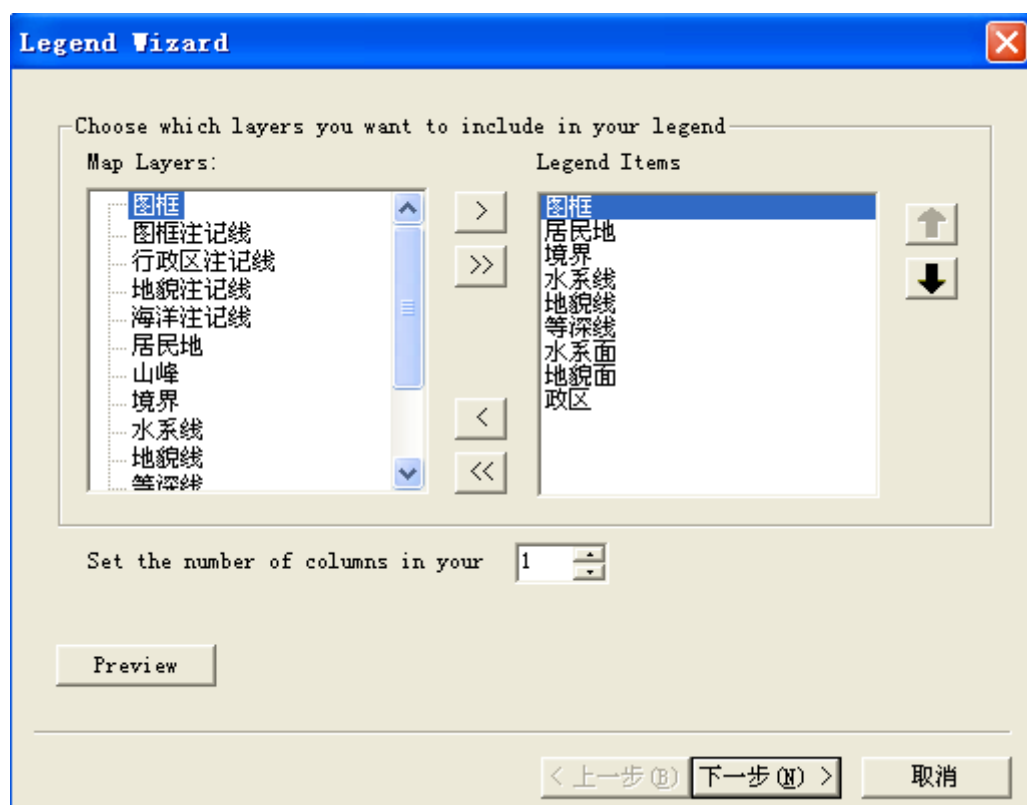
所谓图外要素就是图名、图例、比例尺等地图元素 (Element)，图外要素添加在地图布局视图中完成，而不是在数据视图中完成，因此添加图外要素前需要通过 View 菜单下的 Layout View 将地图视图切换到布局视图。



图外要素添加通过 Insert 菜单中的 Title（加图名）、Legend（图例）、North Arrow（指北针）、Scale Bar（比例尺）等完成。



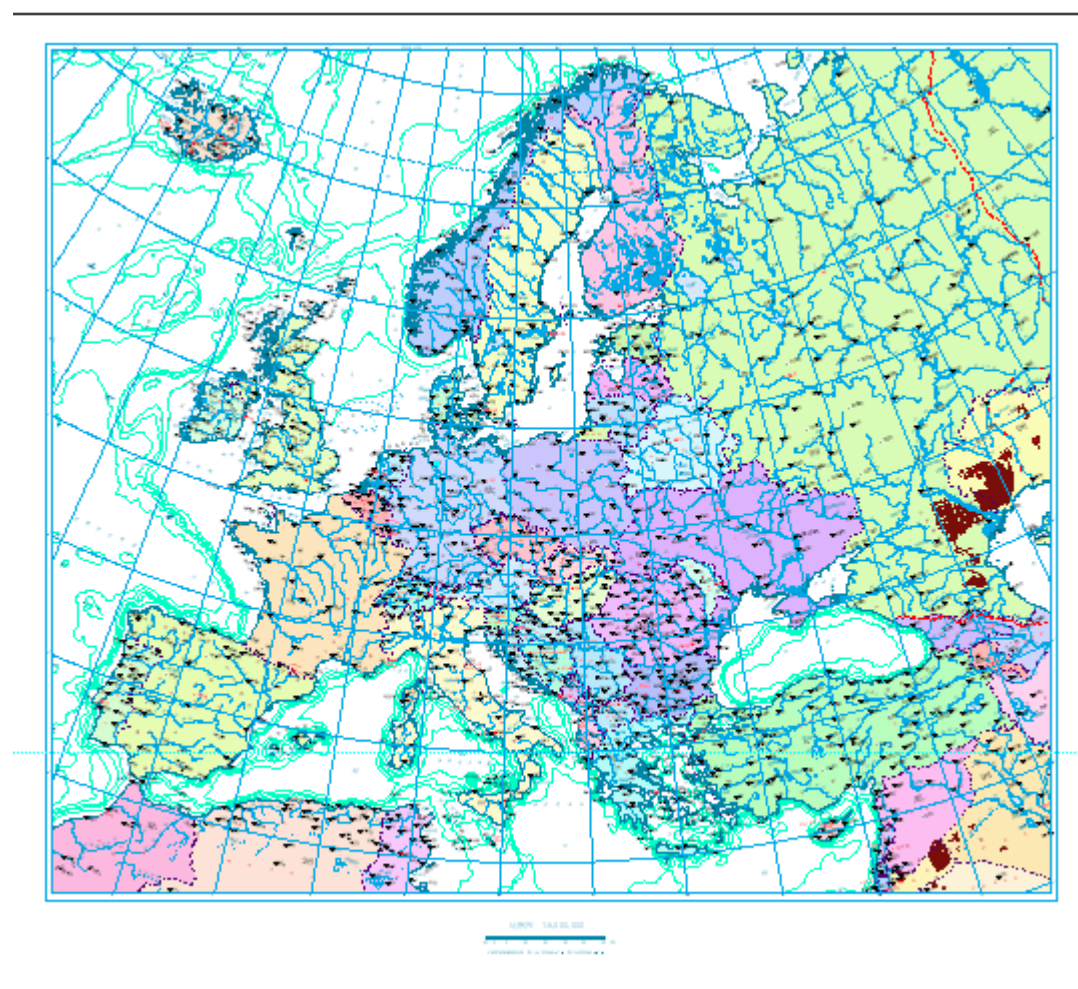




## 2.6 地图示例

### 1) 欧洲大区 1: 500 万底图

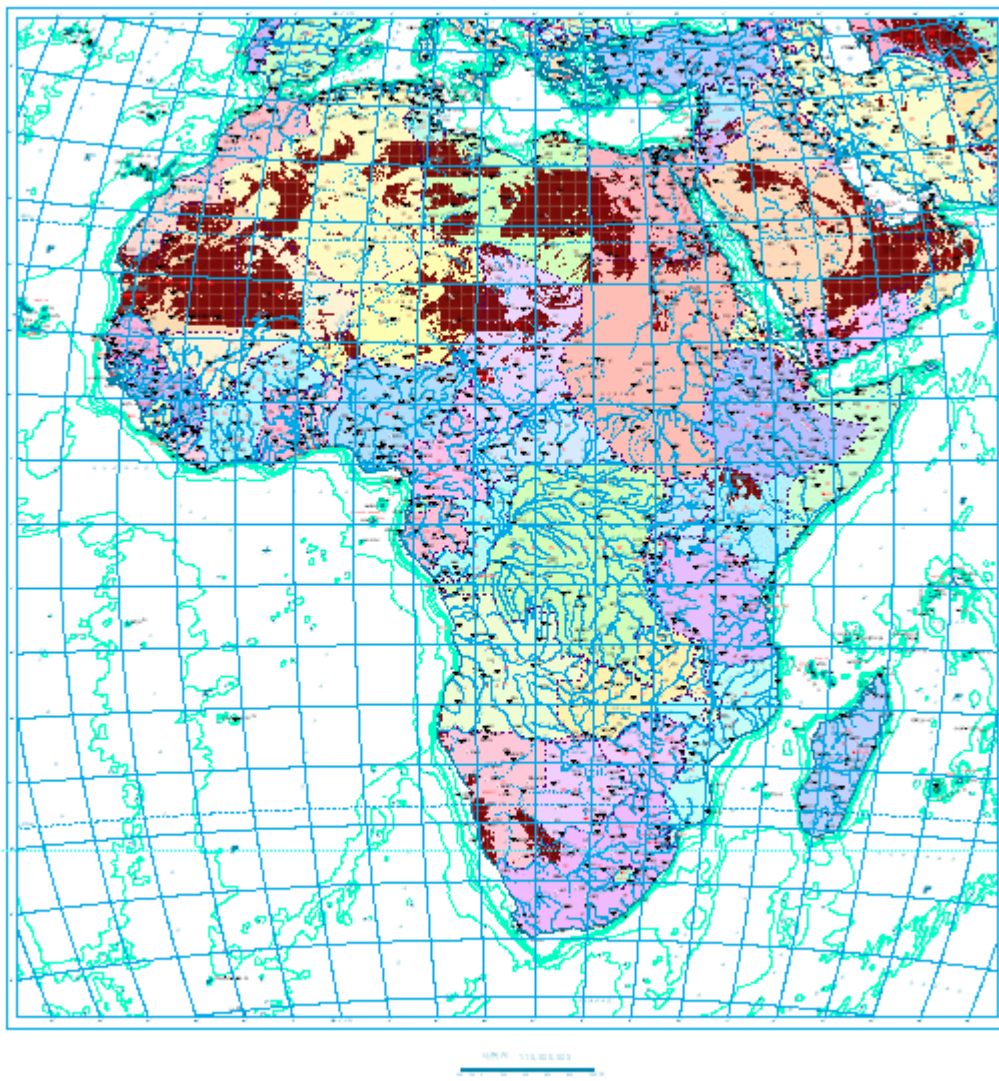
欧洲大区 1: 500 万地理底图的电子地图根据美国 VMap0 数据简化整理而成，地理坐标范围：纬度  $30^{\circ}\text{N}\sim 63^{\circ}\text{N}$ ，经度  $8^{\circ}\text{W}\sim 73^{\circ}\text{E}$ 。电子地图数据以 WGS84 经纬度格式存储在 ArcGIS Geodatabase 中，平面投影方式为正轴等角割圆锥投影(兰勃特等角)，第一标准纬度  $40^{\circ}\text{N}$ ，第二标准纬度  $60^{\circ}\text{N}$ ，中央经度  $17^{\circ}\text{E}$ ，原点纬度  $30^{\circ}\text{E}$ 。地理底图要素类包括：图廓、居民地、水系、境界与政区、地形地貌和注记。地图要素分类编码按标准 GB/T 13923-2006《基础地理信息要素分类与代码》执行。



注：1991~1993 年美国国家测绘局 (NIMA) 为美国军方建立了全球地图数据库 (Digital Chart of the World—DCW)，DCW 数据经更新扩充后形成 VMap0，数据精度为 1: 100 万，现势性达到 2006 年。

## 2) 非洲大区 1: 1000 万地理底图

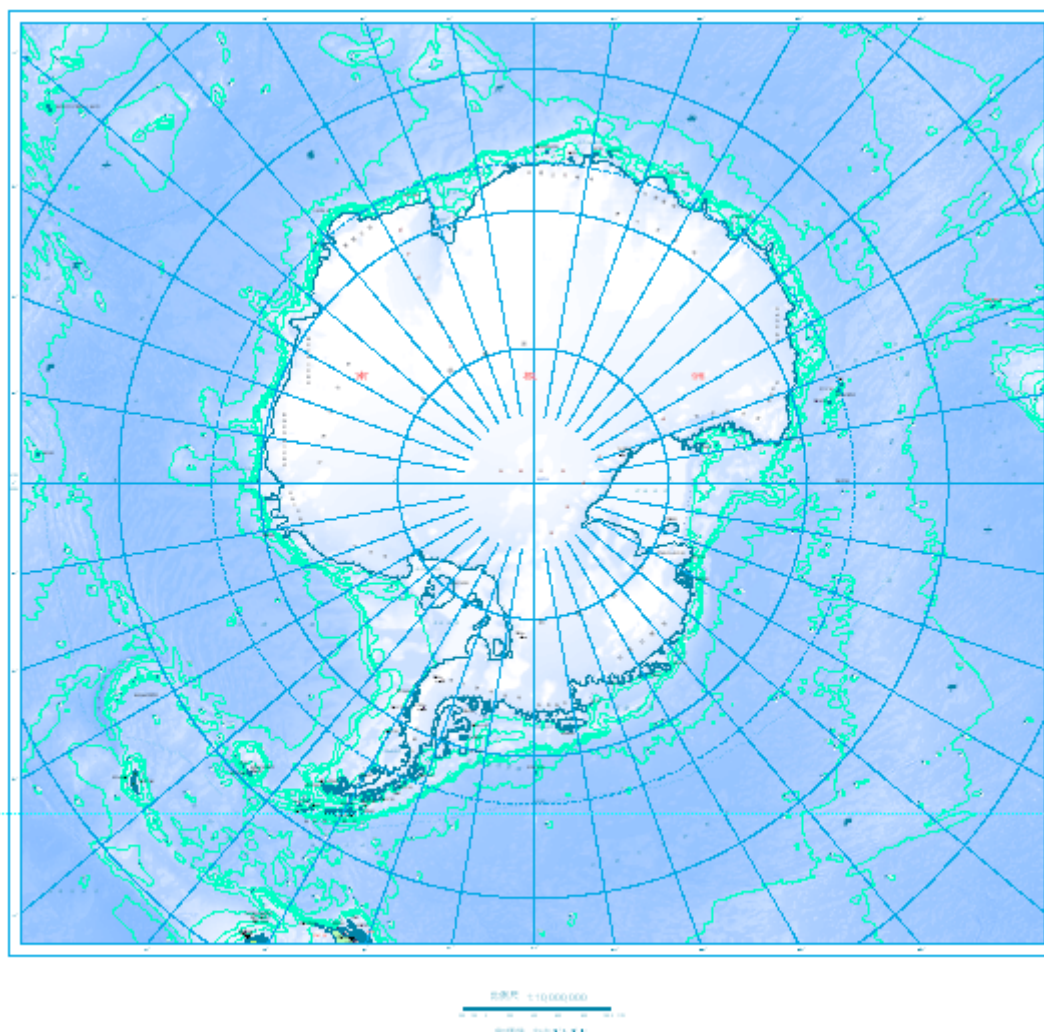
非洲大区 1: 1000 万地理底图的电子地图根据美国 VMap0 数据简化整理而成，地理坐标范围：纬度  $37.7^{\circ}\text{S}\sim 39.5^{\circ}\text{N}$ ，经度  $33.7^{\circ}\text{W}\sim 68.7^{\circ}\text{E}$ 。电子地图数据以 WGS84 经纬度格式存储在 ArcGIS Geodatabase 中，平面投影方式为方位等面积投影，投影中心 ( $0^{\circ}$ ， $20^{\circ}\text{E}$ )。地理底图要素类包括：图廓、居民地、水系、境界与政区、地形地貌和注记。地图要素分类编码按标准 GB/T 13923-2006《基础地理信息要素分类与代码》执行。



这里就方位等面积投影作个补充说明，方位等面积投影中的经线只有一条是直的，也就是中央经线是直的，其它都是弯的，因此在选取投影参数时必须注意，尽量让中央经线能在地图上画出来。这里选择中央经线为  $20^{\circ}$ ，经纬网每隔  $5^{\circ}$  画一根，这样中央经线就能在图上画出来了。

### 3) 南极大区 1: 1000 万地理底图

南极大区 1: 1000 万地理底图的电子地图根据美国 VMap0 数据简化整理而成, 海区地形阴影背景根据美国地质调查局 (USGS) 数字高程模型 (DEM) ETOPO2 生成。地理范围覆盖纬度 42° S 以南的地区。电子地图数据以 WGS84 经纬度格式存储在 ArcGIS Geodatabase 中, 平面投影方式为极地投影, 投影中心 (90° S, 90° E) 。地理底图要素类包括: 图廓、居民地、境界与政区、地形地貌和注记。地图要素分类编码按标准 GB/T 13923-2006《基础地理信息要素分类与代码》执行



注: 极地投影在 ArcGIS 中选择 **Stereographic projection** (球面投影, 方位等角球面投影)。DEM 数据的投影转换及图面裁剪通过 ArcToolbox 中的工具完成, 其中 Data Management Tools 工具包的 Projections and Transformation 下的 Project Raster 用于 DEM 数据的投影转换; Data Management Tools 工具包的 Raster 下的 Clip 用于图面影像的裁剪。



### 3. 质量控制

#### 3.1 拓扑检查

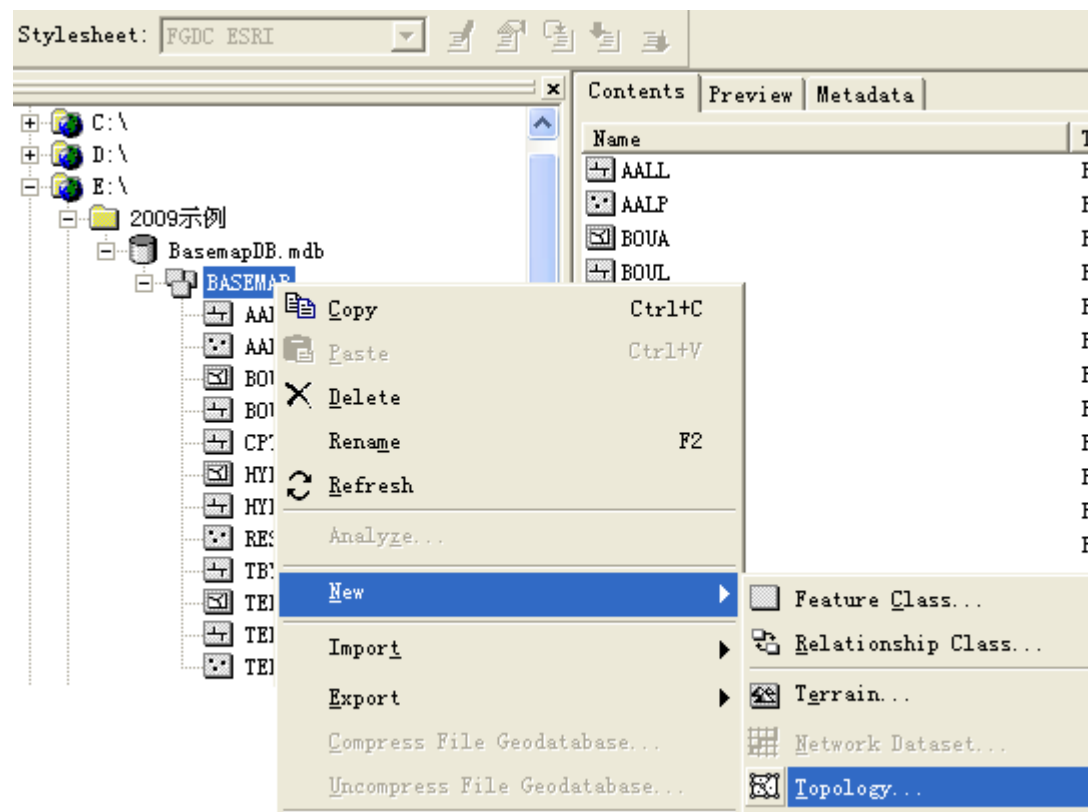
地图的质量检查包括地图数据精度、数据完整性与正确性、逻辑一致性、属性精度、整饰精度、附件质量等多方面的内容，在 ArcGIS 中需要完成的主要是地图要素的拓扑检查，因此这里只谈在 ArcGIS 中如何进行地图拓扑检查。

GIS 中拓扑是用来描述要素间或要素类间几何关系的规则，使得地理数据库能更真实合理地模拟现实中的地理要素，同时也是数据质量控制的手段，保证地理要素的几何完整性。过去拓扑是作为一种空间数据结构融合到数据中的，随着面向对象 GIS 的发展，拓扑从数据结构中独立出来，作为要素行为和规则来实现。ArcGIS 中的拓扑规则在数据库的要素集中进行管理，要素集外部的要素类不能参与到同一个拓扑中。此外，参与拓扑的要素必须属于简单要素类（点、线、面），而且每个要素类只能处在一个拓扑中。

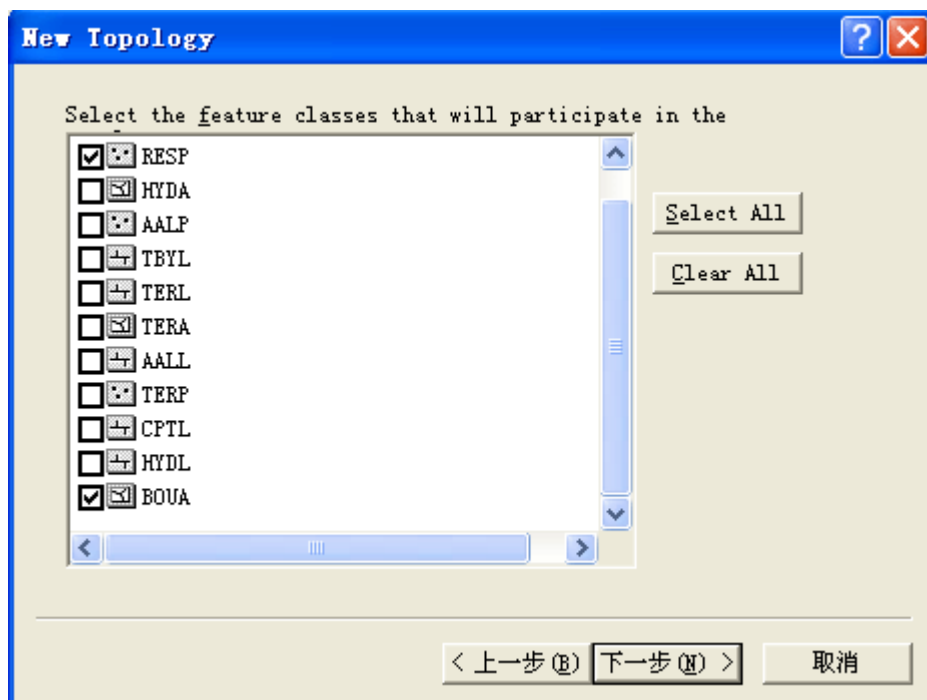
拓扑需要在数据库设计阶段考虑，根据数据建模需求，明确一系列要素类中要素之间的空间关系，然后定义相应的拓扑原则。拓扑中定义的规则可以控制同一要素类中要素间的关系、不同要素类间要素间的关系、以及要素子类之间的关系。ArcGIS 系统允许定义的拓扑规则可以查看 ArcGIS 相关文档，例如面之间不许重叠（如：行政边界不允许重叠）、线之间不能交叉（如：等高线之间不能交叉）、线状要素的端点必须被另一要素类中的点状要素覆盖（如：管线与管线节点）等。

下面创建一个拓扑规则，让居民点必须位于陆地上：

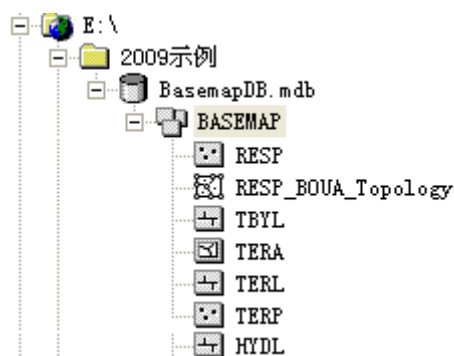
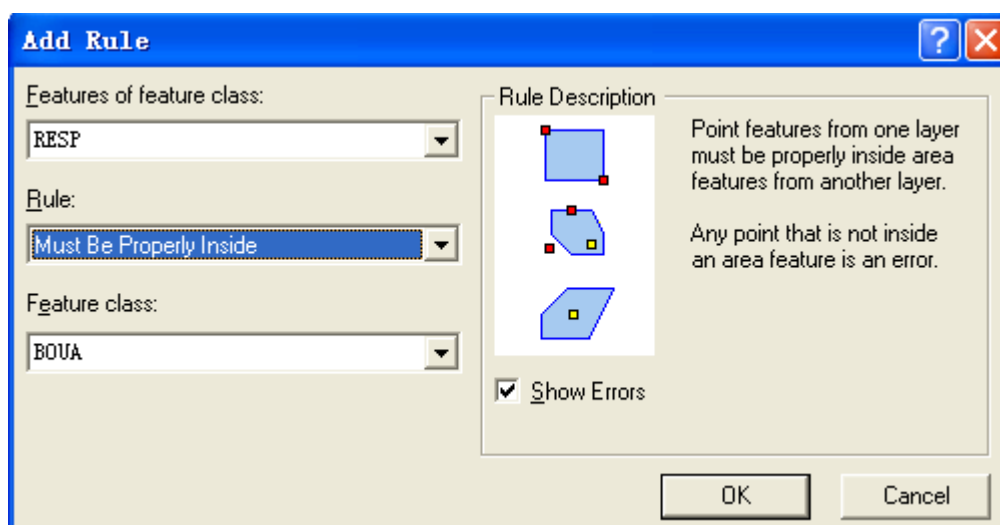
1) 在要素集的右键菜单下点击 New，选择 Topology；



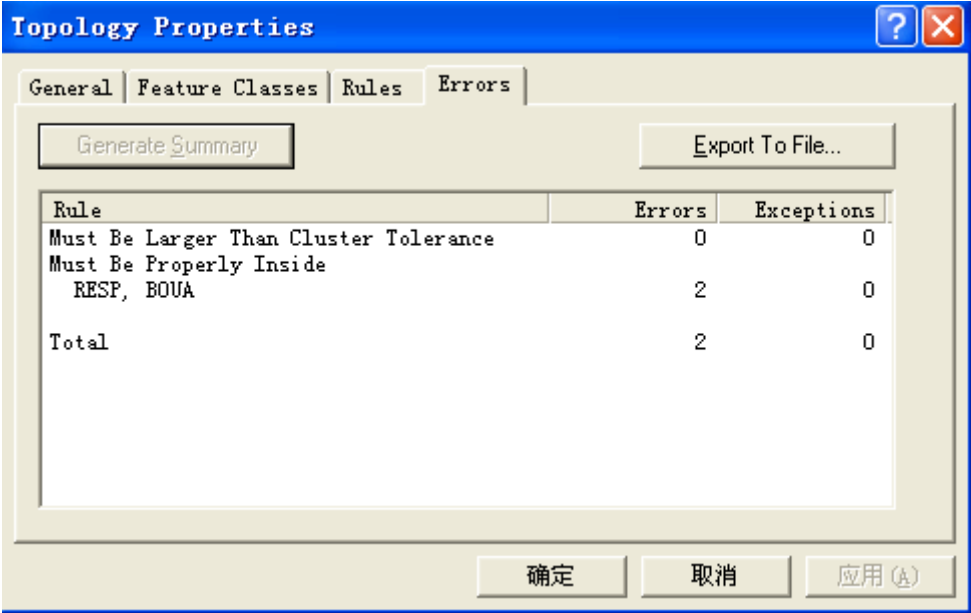
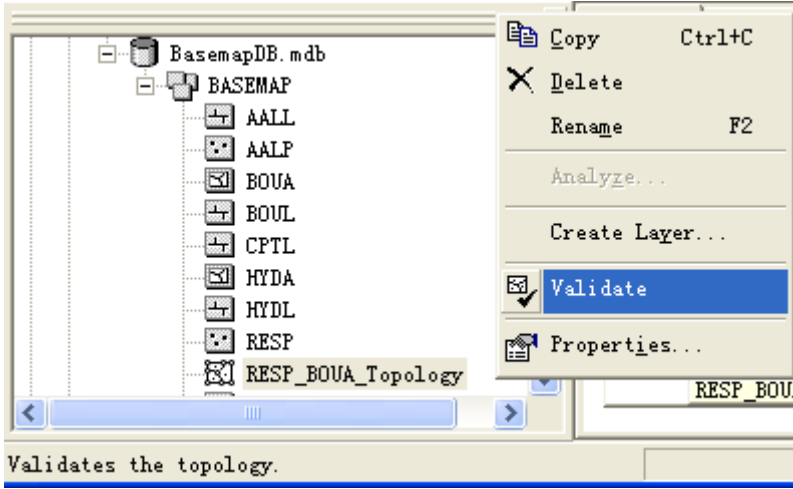
2) 在随后出现的对话框中选择参与拓扑的要素类，这里选择居民点和政区；



3) 在下一步出现的对话框中选择拓扑规则，这里是 RESP “Must Be Properly Inside” BOUA，该拓扑规则就在要素集中建立了；

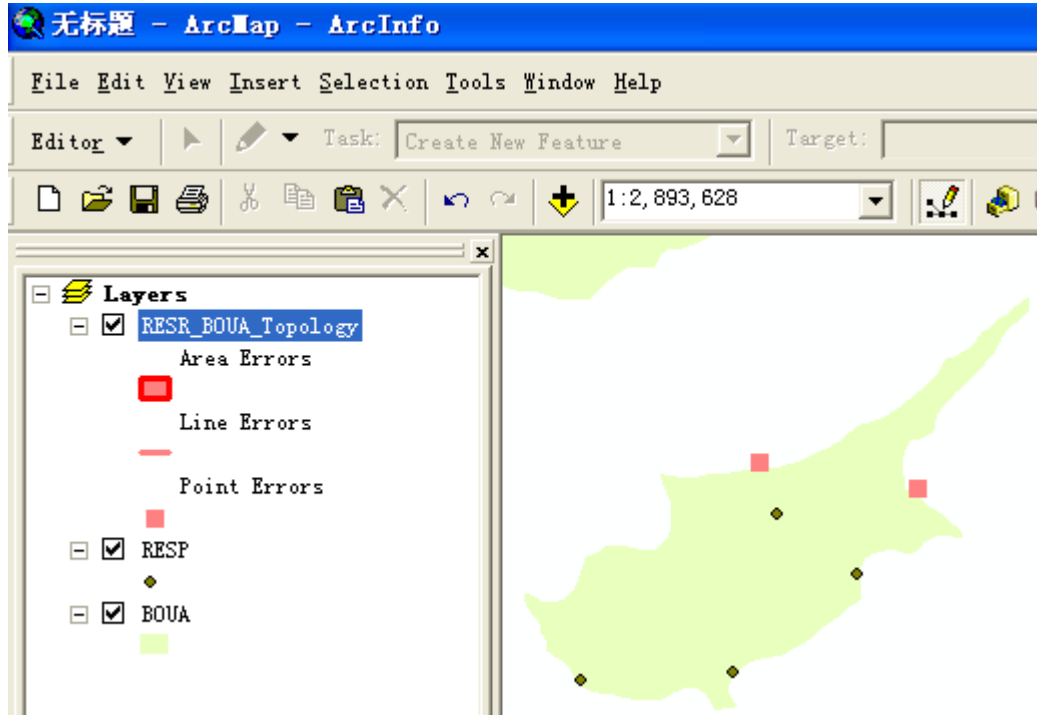


拓扑检查只要在拓扑的右键菜单中选择 Validate, 然后点击 Properties 打开拓扑的属性页, 在属性页的 Errors 对话框中查看拓扑检查结果, 示例显示有两个拓扑错误。



错误修改需要将拓扑调入 ArcMap, ArcGIS 用红点表示有拓扑异常的居民地。拓扑编辑工具为 Topology, 通过 View 菜单 Toolbars 的 Topology 打开。

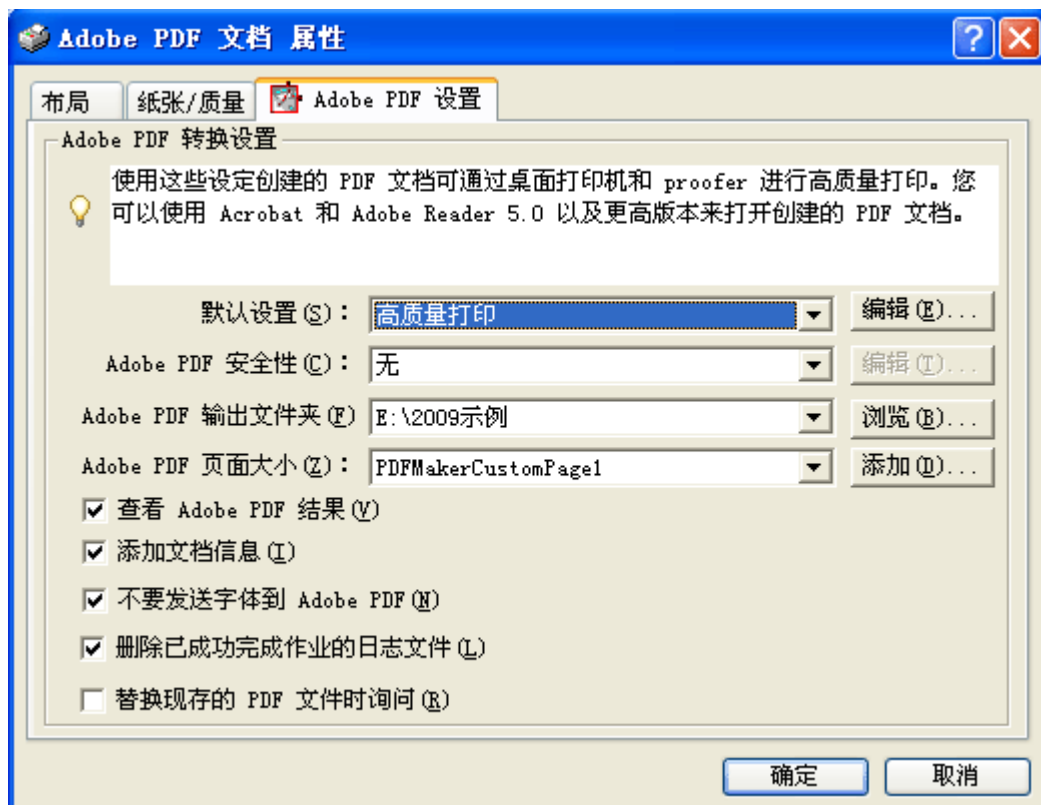
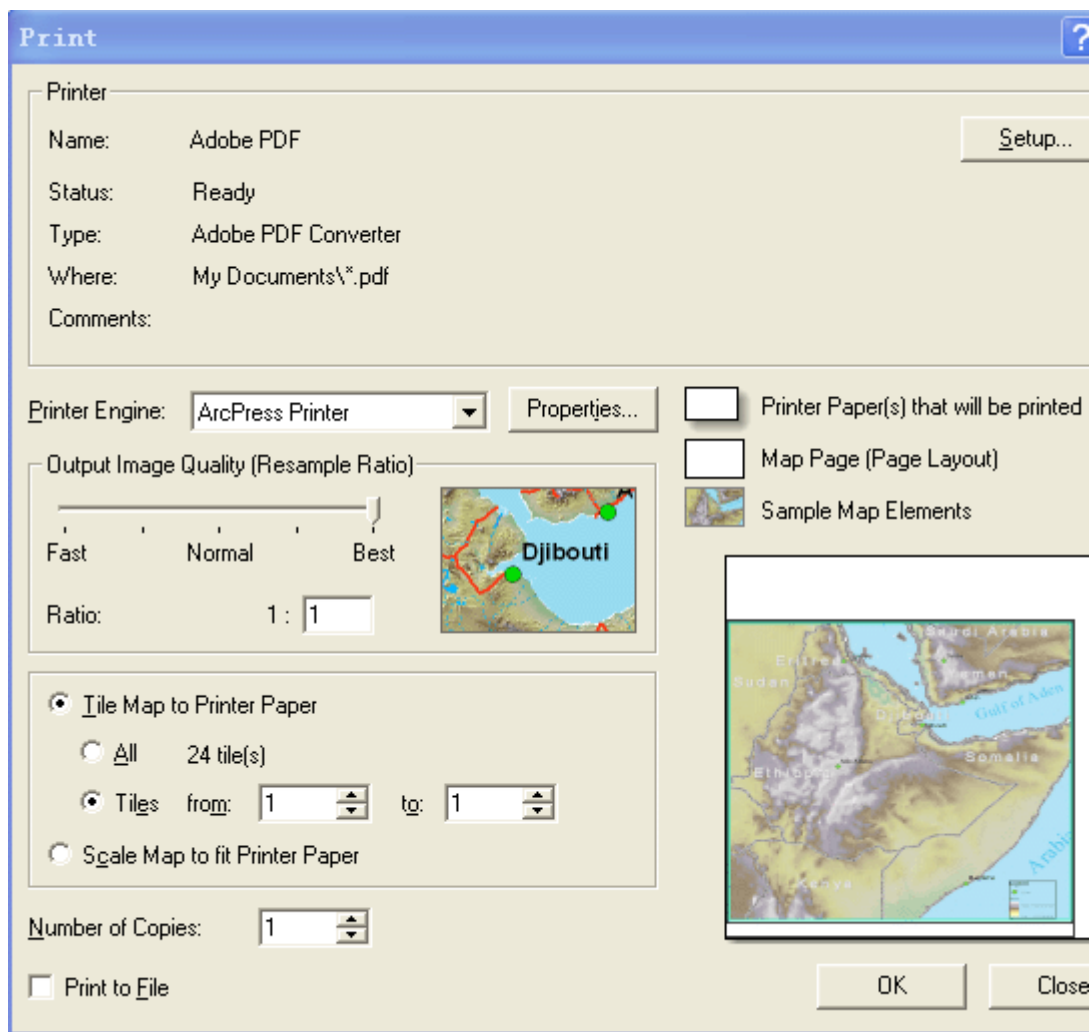




## 4. 地图输出

ArcGIS 地图的输出有三种方式，一种是输出到位图，第二种是输出到 PDF 文件中，第三种是通过 ArcPress 直接打印，如果地图不是很复杂采用 PDF 的高质量打印能得到高质量的地图输出。如果地图比较复杂，例如地图要素的填充方式比较复杂，用 PDF 就可能无法输出，在非洲由于沙漠填充面积比较大就出现了这种情况，南极大区如果叠加 DEM 地形影像也无法输出到 PDF 文件中，此时可采用 ArcPress 在打印机上直接打印地图。





下面是用 PDF 输出的地图一角：



## 5. 结束语

ArcGIS 比较庞大，功能比较多，菜单也埋得比较深，因此不大容易上手，但只要熟悉 ArcGIS 的技术人员将底层基础工作打点好，后期的制图工作并不麻烦，而且工作流程很规范，数据质量也有一定保障。

此外，在 ArcGIS 制图过程中也发现了一些问题，例如在极地区域出现注记的无规律飘飞现象，在这些地区作地图编辑时不敢轻易移动要素，移动一下，这些要素可能就不见了，不知道是什么原因造成的。另一个关键问题就是 ArcGIS 占内存比较大，如果机器配置比较低的话，做图形编辑时速度比较慢，如果编辑数据库中数据，例如编辑地图的 Annotation，速度就更慢。

2009 年 4 月 13 日完稿