

基于 GIS 的无参数地图投影转换技术研究

左 伟¹, 王俊友¹, 蒋卫国², 尚于力¹, 王群星¹

(1. 中国地图出版社 教材研究所, 北京 100055; 2. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

Study of No-parameter Map Projection Transformation Based on GIS

ZUO Wei, WANG Junyou, JIANG Weiguo, SHANG Yuli, WANG Qunxing

摘要: 基于 GIS 理论和技术平台, 通过模拟—试验—再模拟—再试验, 较好地解决了无参数地图投影转换这一难题, 这将为地学、生物学等相关领域提供可贵的基础地理底图资料。尤其在教学地图中, 它可以向学生展示全球地貌形态和景观格局, 并可以利用它编制各种专题教学地图, 便于学生学习各种地理知识, 理解、分析复杂的地理现象。

关键词: GIS; 地图投影转换; 无参数

一、问题的提出

随着国家课程教材改革的深化, 地理教材及地理图册在编制设计中需要不断创新。笔者在进行新课标世界地理图册编制设计过程中, 按照课程标准要求, 结合地理课堂调研情况, 需要设计(椭)圆形的全球完整地理区域的地图投影, 以用作全球的地形景观渲染和世界专题图的地理底图。用这种地图投影设计地理教学图, 可以弥补以往图中两极地区范围缺失及变形过大的缺陷, 保证全球地图投影及全球地理环境的整体性, 给学生以全部的地球全貌, 便于学生学习各种地理知识, 理解与分析各种地理现象。

为了保证项目研究的顺利进行, 也为了充分利用和共享已有数据, 确定在现有成果基础上进行此项研究。笔者发现中国地图出版社多圆锥投影(以下简称“中图社多圆锥”)与本研究的需求较为吻合。该投影是 1983 年由方炳炎先生设计的一款全球范围的椭圆形的世界地图投影, 由于方先生的离世, 该地图投影的投影方程及参数难以查找, 无法直接应用, 因此需要进行无参数地图投影转换技术的研究。

二、现有数据状况及投影基础

1. 现有数据状况

现有数据的源数据是 GIS 数据库的正轴等角圆柱投影的世界地形晕渲图, 并带有投影参数, 如图 1 所示。

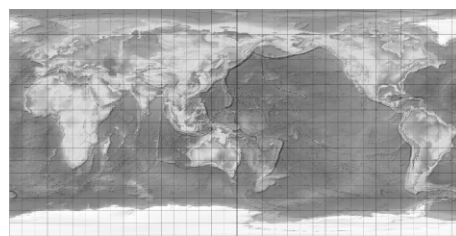


图 1 正轴等角圆柱投影世界地图

现有数据的目标数据是“中图社多圆锥”投影的世界地图, 是图形数据, 不带有投影类型的信息, 如图 2 所示。



图 2 中国地图出版社圆锥投影世界地图

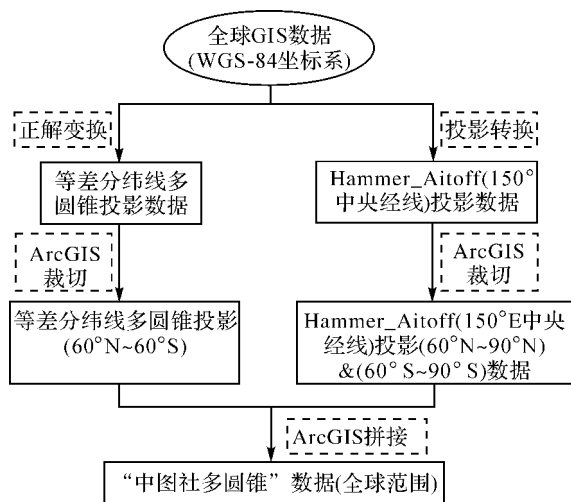
“中图社多圆锥”属于多圆锥投影, 具有多圆锥投影的共有特性, 即中央经线投影为直线, 且保持长度无变形; 纬线投影为同轴圆圆弧, 圆心在中央经线及延长线上, 各纬线都保持投影后无长度变形, 且与中央经线正交; 其余经线为对称于中央经线的曲线。

“中图社多圆锥”与我社早期的等差分纬线多

圆锥投影(以下简称“等差分纬线”)和正切差分纬线多圆锥投影(以下简称“正切差分纬”)同属于世界地图多圆锥投影系列。但两者有着明显的区别,主要体现在南北纬 60° 以上的高纬地区投影形式差异很大,“中图社多圆锥”在这一地区既保持了多圆锥投影的“圆锥母线开切性”,同时也使南北两极全部出全,保证了全球地理区域的完整性。

三、无参数地图投影转换技术路线设计

本文以正轴等角圆柱投影到“中图社多圆锥”的投影转换为例,给出无参数地图投影转换的技术路线,如图3所示。



四、投影转换过程解析

1. WGS-84坐标系下,南北纬 60° 之间“等差分纬线”与“中图社多圆锥”的正解变换

(1) 投影变换计算方法

“中图社多圆锥”与“等差分纬线”在南北纬 60° 之间具有广义多圆锥投影的共性。同时,在其投影参数一致的前提下,用于小比例尺地图出版时两个投影南北纬 60° 之间的区域完全相同,即纬线为对称于赤道的同轴圆圆弧,圆心位于中央经线上。中央经线为一直线,其他经线为对称于中央经线的曲线,且离中央经线愈远,其经线间隔愈成比例地递减;极点表示为圆弧,其长度为赤道投影长度的 $1/2$,经纬网的图形有球形感。我国被配置在地图中接近于中央的位置,使我国面积相对于同一条纬度带上其他国家的面积不因面积变形而有所缩小,图形形状比较正确,图面图形完整,没有裂隙,也不出现重复,保持太平洋完整,可显示我国与邻近国家的

水陆联系。由于该投影的性质是接近等面积的任意投影,因此我国绝大部分地区面积变形小。

等差分纬线多圆锥投影正解变换的原理是将已知点的经纬度坐标转换为平面的直角坐标,投影计算的过程大致分为以下几个阶段。

1) 确定中央经线上的 x_0 坐标公式和边经线上 x_n 、 y_n 坐标公式。

2) 计算各纬线的极距(投影半径) ρ 和边缘经线的极角 δ_n 。

3) 确定不等分纬线的函数式 $\delta\varphi_i$ 和赤道上的 y_0 坐标公式。

4) 计算投影直角坐标 x 、 y 的值。

5) 计算投影变形值。

(2) 矢量投影变换的实现

本过程根据如前所述世界地图等差分纬线多圆锥投影的计算方法,运用Java语言,开发基于ArcGIS Engine的正解变换程序,实现南北纬 60° 之间“等差分纬线”和“中图社多圆锥”投影转换。并利用ArcMap和MapPublisher的制图功能,共同实现投影转换后的世界地图编制与出版。

1) 启动ArcMap,加载全球矢量GIS数据,如图4所示。

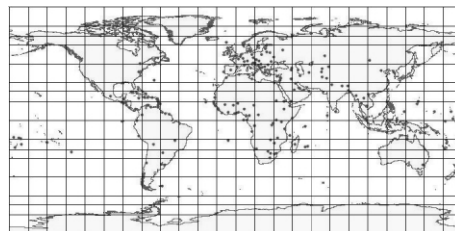


图4 ArcGIS加载的首都(点)、海岸线(线)、大陆(面)矢量数据(WGS-84坐标系)

2) 利用已安装的“等差分纬线”和“中图社多圆锥”正解变换程序,进行投影转换,如图5所示。



图5 正解变换(中央经线 150°)

3) 转换后,利用ArcMap的“按照经纬度裁切”工具,裁取南北纬 60° 之间的要素,如图6所示。

(3) DEM投影变换的实现

基于以上理论及实现过程,利用ArcGIS裁切全球南北纬 60° 之间的全球DEM数据,并利用Global Mapper和CartoShading设计该区域的晕渲样式,如

图 7 所示。

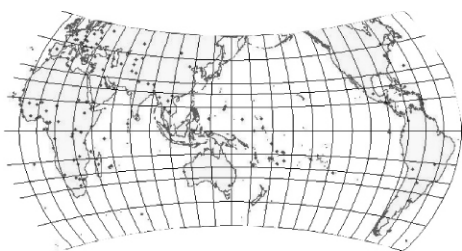


图 6 正解变换并裁切后的首都(点)、海岸线(线)、大陆(面)矢量数据(WGS-84 坐标系)

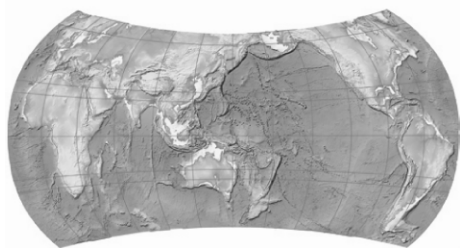


图 7 全球 DEM 数据的正解变换、裁切及晕渲设计

2. 南北纬 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 区域内 Hammer_Aitoff 投影转换为“中图社多圆锥”

(1) 投影匹配

Hammer_Aitoff(哈默-爱托夫)投影是派生投影的一种,是由横轴等积方位投影派生出来的一种投影。这种投影既保持横轴等积方位投影半球图的纵距不变,又将横距放大一倍,构成全球图,呈椭圆形,赤道和中央经线为正交直线,赤道上的经距与中央经线上的纬距均由中心向外缩短,其余经纬线均为对称的曲线。角度等变形线呈菱形,变形值由中心向四周增大。主要用于小比例尺世界图。基本参数如下:

Projection: Hammer_Aitoff

False_Easting: 10.000 000

False_Northing: 24.000 000

Central_Meridian: 150.000 000(中央经线取值与“中图社多圆锥”相同)

Linear Unit: Meter

GCS_WGS_1984

Datum: D_WGS_1984

在基本投影参数一致的前提下,“中图社多圆锥”与 Hammer_Aitoff 投影在南北纬 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 内具有 90% 的相似性,这就为小比例尺世界地图制作提供了足够的精度。因此,可以利用 Hammer_Aitoff 投影下的 DEM 数据转换为“中图社多圆锥”,并与南北纬 60° 之间的“等差分纬线”DEM 数据拼接,完成

全球“中图社多圆锥”的晕渲制作。

(2) 投影变换实现

1) 利用 Global Mapper 和 CartoShading 设计制作 Hammer_Aitoff 投影(中央经线 150°)的晕渲。

2) 利用 ArcGIS 裁切南北纬 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的 Hammer_Aitoff 投影全球晕渲,如图 8 所示。

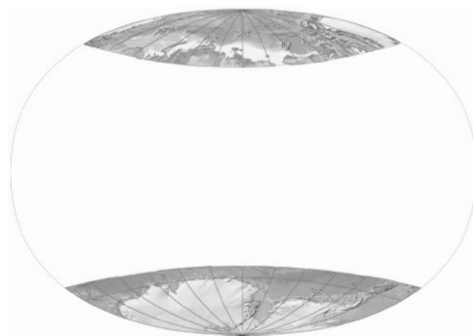


图 8 Hammer_Aitoff 投影下的世界地图晕渲裁切

3. 地图数据拼合

将以上流程转换成的南北纬 60° 之间及南纬 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 和北纬 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的矢量或栅格地图数据,在 ArcGIS 中利用“ArcToolbox——Data Management Tools”进行 Merge 处理,根据需要导出各种比例尺的地图数据,并在 Photoshop、Illustrator 等图形图像软件中进行修整,得到最终结果图。

五、结论与讨论

1. 结 论

基于 GIS 理论和技术平台,本文通过模拟—试验—再模拟—再试验,较好地解决了无参数地图投影转换这一难题,研究成果符合地图出版的规范和要求,如图 9 所示。

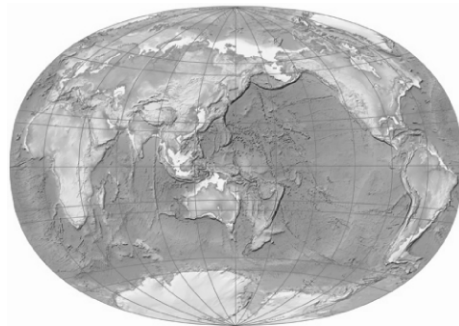


图 9 符合出版规范的最终成图

“中图社多圆锥”是我国出版领域唯一一个展示地球全貌、保持中国及其周边地区变形最小的世界地图投影,该投影的设计与研制不仅符合我国政

(下转第 49 页)

$$\hat{\sigma} = \pm \sqrt{\frac{\hat{V}^T P \hat{V}}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \hat{l})^2}{n}} \quad (2)$$

若进行观测值与已知值的精度比较,而已知点存在误差,且转换参数的误差也包含在观测值当中,则由于这些误差的存在,观测值与已知坐标相比的外符合精度往往不能真实反映出系统的测量精度。

对于检测,设被检点坐标精度为 σ_x ,检测时的精度为 σ_L ,转换参数的精度为 σ_t ,则实际测量的较差中误差 σ 为

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_L^2 + \sigma_t^2}$$

本系统的实时定位精度测试在大量外业和严格的数据处理分析后,得到的系统精度满足设计要求,具体结果如图 3 所示。可见,在个别区域内,FJ-CORS 可以提供合格的定位服务。

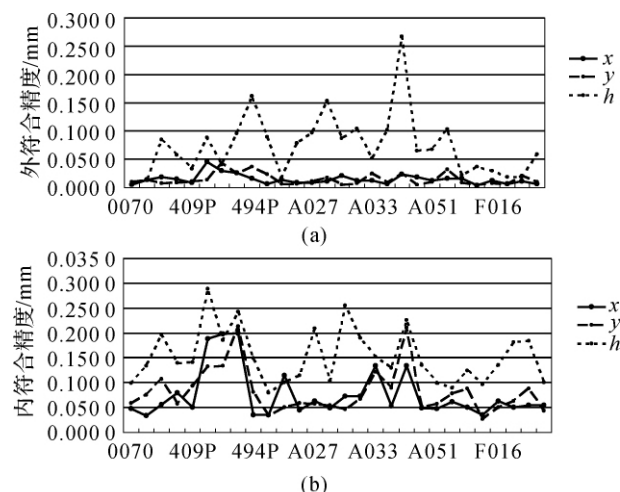


图 3 系统实时定位内外符合精度

(上接第 29 页)

治立场,同时也为地学、生物学等相关领域提供了可贵的研究资料。尤其在教学地图中,它可以向学展示全球地貌形态和景观格局,并可以利用它编制各种专题教学地图,即设计“中图社多圆锥”的单色晕渲作为背景底图,附加各种相关的自然专题要素和人文专题要素,如全球范围的气压带与风带分布图、气候类型图、洋流分布图、水资源分布图、石油带分布图、人口分布图、环境污染分布图等。

由于“中图社多圆锥”的投影参数失传,无法利用 GIS 技术设计制作与相应的晕渲或进行矢量变换。因此,笔者利用多种相关投影进行二次开发、融合、调试,最终确定以南北纬 60° 为分界线,在 60° 以下的低纬区域利用“等差分纬线”,在 60° 以上的高纬区域利用 Hammer_Aitoff 投影的转换投影,进行拼接融合,即

四、结束语

作为空间数据基础设施,CORS 的建设逐渐成为数字城市和信息化建设的重要内容,许多城市已将 CORS 的建设列入政府基础设施计划。FJCORS 的建立为在我国其他城市推广建立 CORS 提供了一个成功的范例。

本系统充分利用了现有站点资源,与省地震局等部门共建共享,不仅节约了成本,也对日后的合作奠定了基础。

总之,FJCORS 的建设推动了国内连续运行参考站系统的建设,其建设经验对于其他系统的建设具有一定的参考意义,但是,进一步加速项目建设,完成原定设计方案,是工程建设单位面临的重要课题。

参考文献:

- [1] 刘经南,刘晖.连续运行卫星定位服务系统——城市空间数据的基础设施[J].武汉大学学报:信息科学版,2003,28(3):259-264.
- [2] 陈俊勇.世纪之交的全球定位系统及其应用[J].测绘学报,1999,28(1):6-10.
- [3] 国家测绘局.CH/T 2008—2005 全球导航卫星系统连续运行参考站网建设规范[S].北京:测绘出版社,2006.
- [4] 张周平,刘忠.城市 CORS 的测试内容与方法研究[J].测绘技术装备,2010(3):7-9.
- [5] 李江卫,肖建华,高光星,等.武汉市连续运行卫星定位综合服务系统(WHCORS)测试与分析[J].城市勘测,2007(1):9-12.

生成了符合出版规范的“中图社多圆锥”。

2. 讨 论

地图编制出版长期以手工作业为主,由于多种因素,存有很多广泛使用的无参数地图投影,需要与现代 GIS 技术及数据作整合使用。本文的研究属于试验性的,有一定的推广意义,有待于在理论上作进一步总结。

参考文献:

- [1] 胡毓钹,龚剑文.地图投影图集[M].3版.北京:测绘出版社,2006.
- [2] 杨启和.地图投影变换原理和方法[M].北京:解放军出版社,1989.
- [3] 李汝昌,王祖英.地图投影[M].武汉:中国地质大学出版社,1992.