

基于 MapGIS 的世界地图等差分纬线多圆锥投影的正反解变换

Normal and Inverse Solution of Equivalent Difference Latitude Parallel Polyconic Projection of World Map Based on MapGIS

李勇^① LI Yong; 谭娟^① TAN Juan; 邓新伟^② DENG Xin-wei

(^①大理州国土资源规划研究院, 大理 671000; ^②云南大天地地质勘查有限公司, 昆明 650093)

(^①Dali Land Resource Planning and Research Institute, Dali 671000, China;

^②Yunnan Datian Geological Exploration Co., Ltd., Kunming 650093, China)

摘要: 等差分纬线多圆锥投影解决世界地图投影中需要很好面积对比的问题, 该投影纬线不是等分的, 而是按一定的差分划分纬线的, 即自中央经线起纬线按一定的差分逐渐缩短, 能保持同纬差同经差图上面积相差不大。基于 MAPGIS 世界地图等差分纬线多圆锥投影的利用公式的进行正反解变换, 实现相应程序及误差分析, 具有更好的实用价值。

Abstract: Equivalent difference latitude parallel polyconic projection needs good contrast of area to solve world map projection. The projection of latitude divides latitude is not by equivalent but according a certain difference that from central of longitude, gradually shortening latitude by a certain difference, and can keep the areas being little difference of the same longitude difference and latitude difference. Equivalent difference latitude parallel polyconic projection based on MAPGIS is the use of a normal and inverse solution transformation, to achieve the appropriate procedures and error analysis, has better practical value.

关键词: MAPGIS; 世界地图; 地图投影; 等差分纬线; 多圆锥投影

Key words: MAPGIS; the world map; map projection; equivalent difference latitude parallel; polyconic projection

中图分类号: P283

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2016)16-0214-05

DOI:10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2016.16.082

0 引言

等差分纬线多圆锥投影是任意多圆锥投影的一种。是我国制图工作者根据我国领土的形状和位置, 于 1963 年设计的。该投影在我国编制各种比例尺世界政区图及其他类型世界地图中已得到较广泛的使用, 并获得较好效果。该投影中纬线为对称于赤道的同轴圆弧, 圆心位于中央经线上。中央经线为一直线, 其它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二分之一。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带上其它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。正因为这种投影对于我国国土显示具有的明显的优势, 等差分纬线多圆锥投影在我们地图制作使用比较广泛, 在中学使用的世界地图中的世界的气候类型和洋流图、世界政区图和自然带的分布图都是采用的这种投影图。基于这点, 对于等差分纬线多圆锥投影投影我们就要进行相应的研究, 这在实际中将具有重要的实用价值, 能够很好的解决或者减少我们在制图中的领土变形和相应误差, 提高我们制图的质量和水平。

1 等差分纬线正解变换实现

关于等差分纬线正解变换前人已经对其有了深入的

研究, 导出了相应的公式。我们要在前人基础进行实现。

首先介绍一下本文涉及的一些基本概念:

①中央经线——投影区域内选择的一条投影后为直线, 且作为平面直角坐标系纵轴(或平行于纵轴)的经线。

②参考点经纬度和 X、Y 坐标取值说明:

参考点 经纬度为(150°E), 中央经线与赤道相交点。两者均为直线。投影后原点位置不变且仍为直线。其平面直角坐标为(420.26, 344.33)。

经度取值范围: -30°~330°(自西向东)。

纬度取值范围: -90°~0°~90°北半球为正, 赤道为 0, 南半球为负。

X 均为正值, 从西半球到东半球依次增大。

Y 均为正值, 从北半球到南半球依次增大。

1.1 确定中央经线上各纬线交点的坐标值。

研究在世界地图上, 根据所选参考点(如表 1)来确定函数式系数。(不同世界地图, 函数式系数不确定。)

所选参考点如表 1 所示。

表 1 参考点

点号	经度(°)	纬度(°)	X(mm)	Y(mm)
12	150	66.5667	420.17	170.71
13	150	0	420.26	344.33
14	150	-60	420.28	498.37

求解(x_0, y_0)时的函数式如下:

$$\begin{cases} x_0 = W_{x_0} \\ y_0 = W_{y_0} + W_{y_1} \varphi + W_{y_3} \varphi^3 \end{cases}$$

(*) (注: 纬度 φ 用弧度表示。)

(说明: 纬度 φ 既可用弧度表示, 也可直接用角度表示, 只是在拟合的时候函数式系数不同, 本文中所给系数

作者简介: 李勇(1975-) 男, 云南巍山人, 工程师, 本科, 研究方向为地理信息测绘; 谭娟(1980-) 女, 重庆人, 学士, 工程师, 研究方向为土地测绘和土地规划; 邓新伟(1978-) 男, 辽宁凌海人, 高级工程师, 本科, 研究方向为地质勘探。

是按照用弧度表示 φ 的确定的。)

式中 W_{x_0} 、 W_{y_0} 、 W_{y_1} 、 W_{y_2} 为函数式系数。根据上述三个参考点的坐标值确定上述系数。

从而可解得：

$$\begin{cases} W_{y_1} = \frac{Y_1 - Y_0 - W_{y_0} \varphi_1^3}{\varphi_1^3} \\ W_{y_2} = \frac{(Y_2 - Y_0) \varphi_1 - (Y_1 - Y_0) \varphi_2}{\varphi_2^3 \varphi_1 - \varphi_1^3 \varphi_2} \end{cases}$$

求得 $W_{y_1} = -2.39028$, $W_{y_2} = -4.91828 \times 10^{-5}$ 。

(注: 此处受参考点个数的限制, 可以不作拟合, 直接采取解方程组的方式求得系数。)

1.2 确定边缘经线 ($\Delta\lambda = 180^\circ$) 上各纬线交点的坐标值 (x_n, y_n)

根据所选参考点 (如表 2) 来确定 x_n, y_n 的函数式系数。(不同世界地图, 函数式系数不确定。)

所选参考点如表 2 所示。

表 2 参考点

点号	经度($^\circ$)	纬度($^\circ$)	X(mm)	Y(mm)
1	330	90	583.00	79
2	330	66.5667	684.42	130.10
3	330	60	704.86	144.52
4	330	30	771.22	230.70
5	330	23.4333	781.97	253.57
6	330	0	802.50	341.30
7	330	-23.4333	784.03	428.79
8	330	-30	772.89	451.23
9	330	-60	706.44	538.53
10	330	-66.5667	686.09	553.90
11	330	-90	595.00	608
12	150	66.5667	420.17	170.71
13	150	0	420.26	344.33
14	150	-60	420.28	498.37

采用多项式拟合的方法, 拟合次数可以根据参考点的个数来确定。本文采用二次拟合, 公式如下:

$$\begin{cases} x_n = K_{x_1} + K_{x_2} \varphi + K_{x_3} \varphi^2 \\ y_n = K_{y_1} + K_{y_2} \varphi + K_{y_3} \varphi^2 \end{cases}$$

(注: 纬度 φ 用弧度表示。)

使用最小二乘法进行拟合。选用参考点经度 330 的 11 个点作为拟合的参考点, 借助于矩阵运算进行系数的计算。

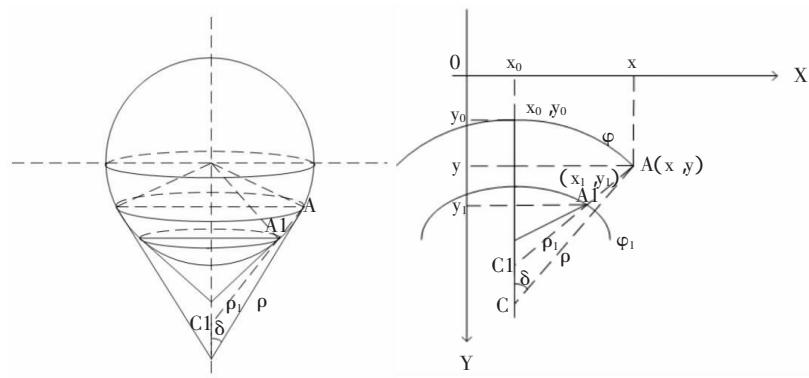


图 1 多圆锥投影的对应关系

1.3 根据多圆锥投影的对应关系 (如图 1), 求解各纬线的极距 (投影半径) ρ

该投影属于多圆锥投影, 可视对地球上每一纬度间隔的纬线作一个切圆锥 (这一系列圆锥的圆心必位于地球旋转轴线上), 然后将这些圆锥系列沿一母线展开, 从而各纬线成为以切线为半径的圆弧。其特点是: 纬线表现为同心圆圆弧, 圆心位于中央经线上, 经线为对称于中央经线的曲线。

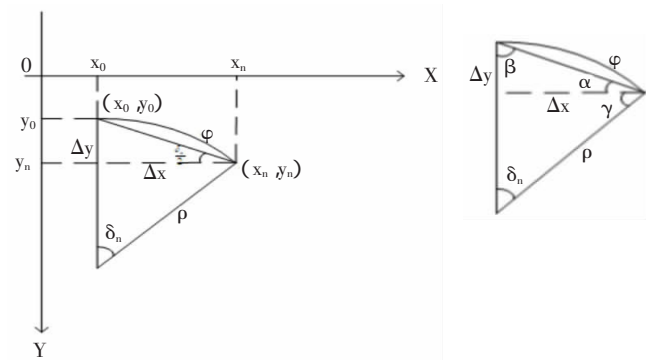


图 2

如图 2, 由几何关系可知 $\rho = \frac{(x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2}{2(y_n - y_0)}$

1.4 求解边缘经线的极角 (边缘经线与各纬线交点的动径角) δ_n

由图 3 可以利用数学几何关系求得 $\delta_n = \arcsin \frac{x_n - x_0}{|\rho|}$

1.5 求解投影之后任一点的动径角 δ

在等分纬线多圆锥投影中, 任一点的动径角 δ 可用下式表示 $\delta = \frac{\delta_n}{180^\circ} \Delta\lambda^\circ$

本投影为了使纬线不等分, 而使所划分的间隔长度值随远离中央经线而逐渐缩短, 拟定本投影时使动径角 δ 成如下的形式 (式中 b, c 为待定参数):

$$\delta = \frac{\delta_n}{180} b(1 - c \Delta\lambda) \Delta\lambda = \frac{\delta_n}{180} (b - bc |\lambda - 150|)(\lambda - 150)$$

式中 λ 为经度。此处给定参数 $b = 1.10$

$$c = \frac{b-1}{180b} = 0.000505050505050505$$

1.6 计算投影后的直角坐标 (x, y) 的公式

如图 4, 由几何关系可知: $\begin{cases} x = x_0 + |\rho| \sin \delta \\ y = y_0 + \rho(1 - \cos \delta) \end{cases}$

由于对正解变换公式的熟悉, 就可以很轻松利用 C++ 实现正解的变化, 主要就是公式的使用。

2 反解变换实现

反解变换是正解变化的逆向过程, 在数学上可以看做是给出正解公式和相应 x, y 值, 进行求根的过程。因此, 我们借助数学上的常见求根方法: 牛顿迭代法。

2.1 初始值设置

按照下式进行计算:

$$\varphi = -90 + \frac{y - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \times 180$$

$$\lambda = -30 + \frac{x - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 360$$

式中 (x, y) 为已知点的直角坐标, Y_{\max}, Y_{\min}

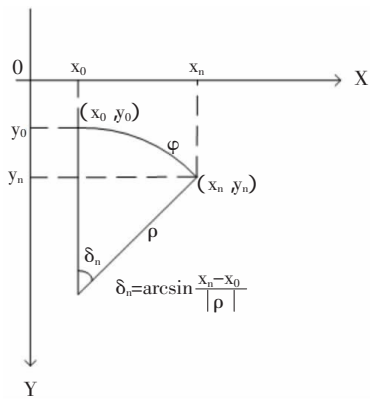


图 3

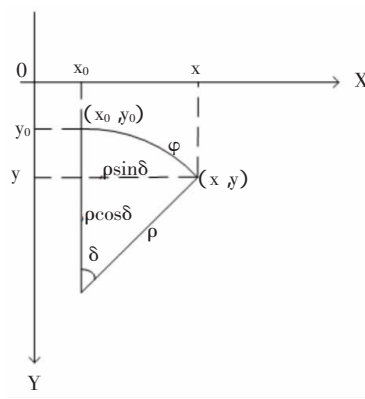


图 4

分别为中央经线上 y 坐标的最大最小值 x_{\max} 、 x_{\min} 分别为赤道点 x 坐标的最大和最小值。对于最大最小值是正解变换之后的极值,我们可以借助 mapgis 上显示,也可以利用计算机 for 循环求解极值,都是很简单方便的。

2.2 利用牛顿迭代法求解纬度

①根据正解变换中计算中央经线上各纬线交点的坐标值 (x_0, y_0) 、纬线在右边经线 $(\lambda=330^\circ)$ 上的坐标值 (x_n, y_n) 、以及各纬线上点的动半径 ρ ;

②计算中央经线上坐标 (x_0, y_0) 的一阶导数

$$\text{对式} \begin{cases} x_0 = W_{x_0} \\ y_0 = W_{y_0} + W_{y_1} \varphi + W_{y_3} \varphi^3 \end{cases}$$

$$\text{求导后,有:} \begin{cases} x_0' = 0 \\ y_0' = W_{y_1} + 3W_{y_3} \varphi^2 \end{cases}$$

③计算纬线在右边经线 $(\lambda=330^\circ)$ 上坐标 (x_n, y_n) 的一阶导数

$$\text{对式} \begin{cases} x_n = K_{x_1} + K_{x_2} \varphi + K_{x_3} \varphi^2 \\ y_n = K_{y_1} + K_{y_2} \varphi + K_{y_3} \varphi^2 \end{cases}$$

$$\text{求导后,有:} \begin{cases} x_n' = K_{x_2} + 2K_{x_3} \varphi \\ y_n' = K_{y_2} + 2K_{y_3} \varphi \end{cases}$$

④计算各纬线上点的动半径 ρ 的一阶导数

$$\rho = \frac{(x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2}{2(y_n - y_0)}$$

对 φ 求导有:

$$\rho' = \frac{(2(x_n - x_0)(x_n' - x_0') + 2(y_n - y_0)(y_n' - y_0'))2(y_n - y_0) - (x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2 2(y_n' - y_0')}{4(y_n - y_0)^2}$$

令 $f(\varphi) = (y_0 - y + \rho)^2 + (x_0 - x)^2 - \rho^2$ 得

$$f'(\varphi) = 2(y_0 - y + \rho)(y_0' - y' + \rho') + 2(x_0 - x)(x_0' - x') - 2\rho\rho'$$

$$\text{从而可以求出 } F = \frac{f(\varphi)}{f'(\varphi)}$$

计算纬度值 $\varphi_{i+1} = \varphi_i - F$ 。当 $|F|$ 的值小于 0.000 000 01 或者 $|f(\varphi)|$ 的值小于 0.000 000 01 时,此时即可求得纬度值 $\varphi_i = \varphi_{i+1}$ 。

2.3 利用牛顿迭代法求解经度

具体步骤如下:

①根据正解变换所列出的步骤(一)~(三)计算中央经线上各纬线交点的坐标值 (x_0, y_0) 、纬线在右边经线 $(\lambda=330^\circ)$ 上的坐标值 (x_n, y_n) 、以及各纬线上点的动半径 ρ 。

②右边经线与各纬度线交点的动径角 δ_n 由此式进行计算 $\delta_n = \arcsin \frac{x_n - x_0}{\rho}$ 。

③计算投影后的动径角 $\delta = \arcsin \frac{x - x_0}{\rho}$ 。

④令 $f(\lambda) = \delta - (\frac{\delta_n}{180} (b - bc |\lambda - 150|)(\lambda - 150))$, $F = \frac{f(\lambda)}{f'(\lambda)}$, 计算经度值 $\lambda_{i+1} = \lambda_i - F$ 。当 $|F|$ 的值小于 0.000 000 01 或者 $|f(\lambda)|$ 的值小于 0.000 000 01 时,此时即可求得经度值为 $\lambda_i = \lambda_{i+1}$ 。

至此等差分纬线正解变换和反解变换都已经实现,提供了两个调用函数:

Orthogonal(float a, float b);

Reverse(float x, float y);

3 结合 mapgis 实现

基于 mapgis 等差分纬线正解变换实现:

3.1 用户交互界面

本算法的设计可以实现对世界地图点、线、区文件的正解反解转换,用户只需选择相应的点、线、面文件及其转换类型即可,正解反应速度比较快,反解要等的时间比较长。

3.2 基于 mapgis 正解变换实现

由于对于正解变换已经利用 C++ 实现, mapgis 也提供了很方便的二次开发包,在搭建完平台环境后,只需要利用 mapgis 中的 api 得到相应的点,调用相应正解变化函数 Orthogonal(float a, float b) 来更新之前的点。

①点文件的正解变换,如图 5。

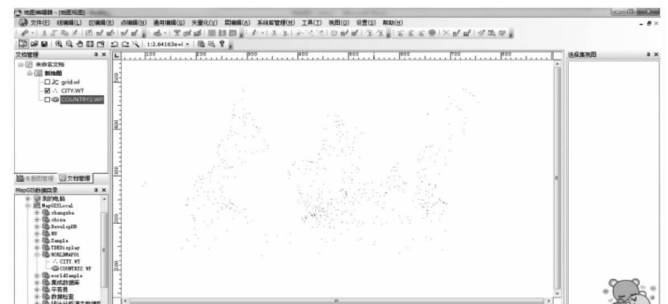


图 5 点的正解变换

在进行点文件投影的时候是比较简单的,只需按顺序读取点文件中的点的经纬度坐标,调用投影变换的正解函数,把各个点的经纬度坐标转换为直角坐标系中的 X, Y 值。

②线文件的正解变换,如图 6。

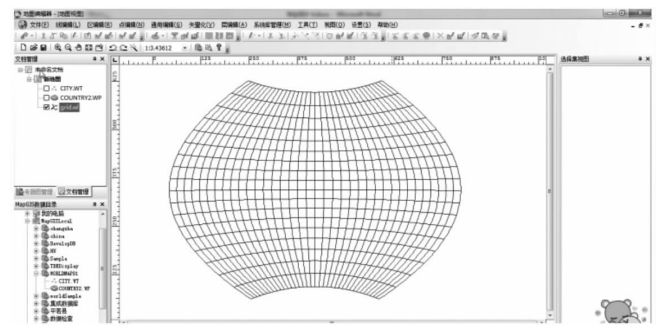


图 6 线的正解变换

相较于点的正解变换,线的正解变换要难些,但是大体思路一致。首先是读取要素类线,再依次读取线中点的经纬度坐标,调用正解变换函数,使经纬度坐标转换为直角坐标系中的 X, Y 值。

③区文件的正解变换,如图 7。

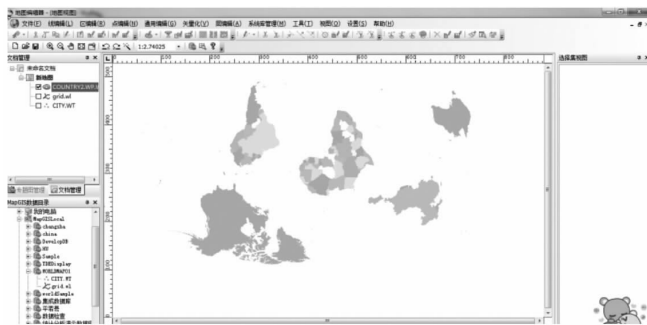


图 7 区的正解变换

区文件的正解变换大致思路是:一个个的区可以看成是一个个的圈组成的,圈又是由点组成的,所以我们首先是取到区中圈,然后再取到圈上点的经纬度坐标,其实这样看来,点、线、区文件的最终目的都是对点的一个操作。取到点的经纬度坐标后,还是调用正解变换函数,把点的经纬度坐标转换为直角坐标系中的 X, Y 值。

点、线、区一起总的演示,如图 8。

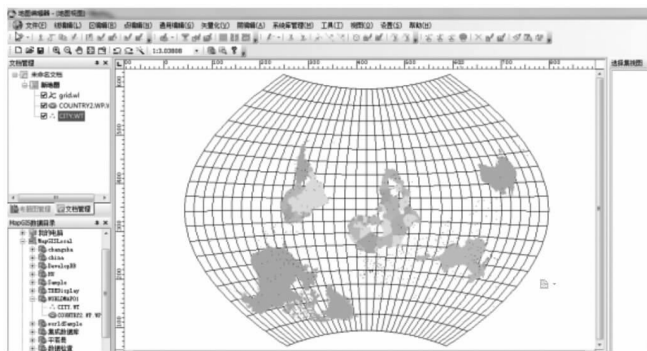


图 8 总的正解变换

值得注意的是 MAPGISK9 中是以 0 度为中央经度,公式中是以 150 度为中央经度,因此在变换的时候取到的经纬度坐标要加上 150 再进行正解的变换。

$dt.x = (a.Orthogonal(x1+150,y1)) \rightarrow getX()$;

$dt.y = (a.Orthogonal(x1+150,y1)) \rightarrow getY()$;

区变换其中需要变换大量的点,因此需要性能相当不错的计算机,保证有充足的内存。

3.3 基于 mapgis 反解变换实现

反解变换的原理和正解变化时原理及方法是一样的,只是调用了反解变换函数 $Reverse(float x, float y)$ 来变换点。

① 点文件的反解变换,如图 9。

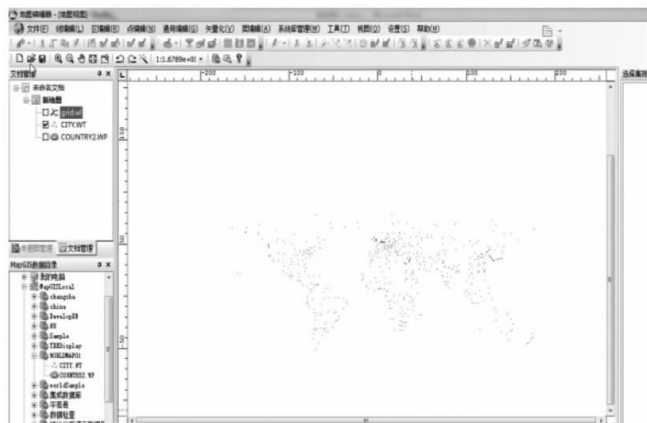


图 9 点的反解变换

点的反解思路与正解思路大致相同,只不过反解时读

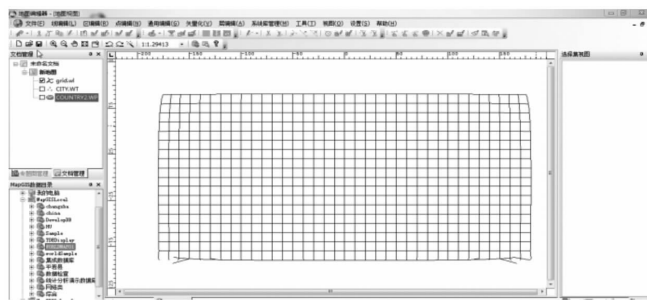


图 10 线的反解变换

取点在直角坐标系中的 X, Y 值,调用反解函数,转换为该点的经纬度坐标。

② 线文件的反解变换,如图 10。

线文件的反解变换同样是读取线上点的 X, Y 值,调用反解函数将其转换为该点的经纬度值。线开始就涉及了内存不足的问题,好在减小了迭代次数后,可以避免该问题。

③ 区文件的反解变换,如图 11。

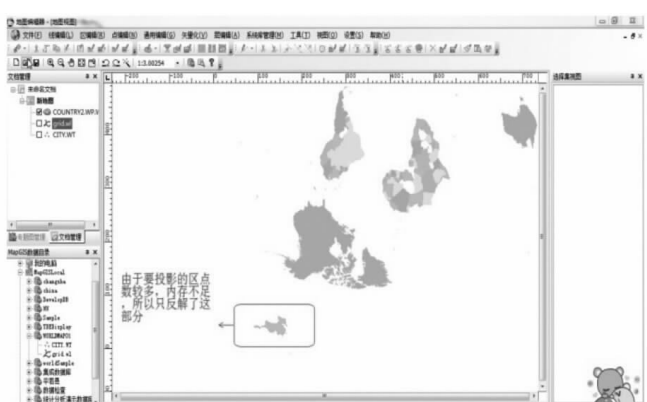


图 11 区的反解变换

区的反解变换也是读取区上的圈,再读取圈上点的 X, Y 值,调用反解函数,实现转换为该点的经纬度坐标。区转换中,内存不足问题尤为严重,笔者已经尽量的减小迭代次数了,最后也只能转换一小部分的区域,笔者琢磨了很久时间,但是该问题还未解决。

点、线、区一起总的演示,如图 12。

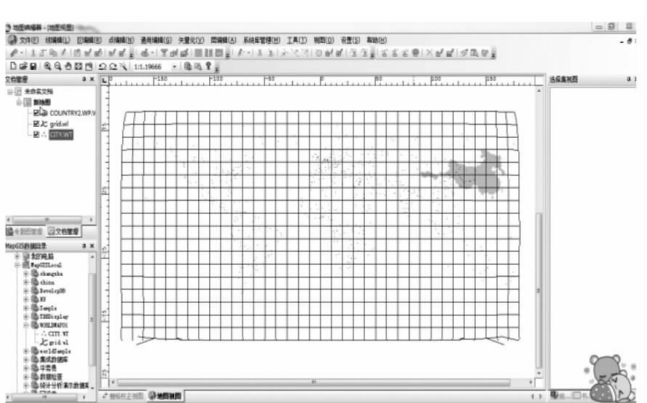


图 12 总的反解变换

反解变换其实和正解具有极其相似之处,只是所需要的函数正解替换为反解,因此能很快的实现。但是其中点的数量一旦提升上去,反解的计算次数会变得非常大,会消耗大量的内存,系统会崩溃了。经过一番的检查调试,发

电子信息工程专业“专业英语”教学方法研究

Research on the Teaching Method for Special English of Electronic and Information Major

苏明敏 SU Ming-min; 李玲 LI Ling; 崔凌 CUI Ling

(衡水学院电子信息工程学院, 衡水 053000)

(College of Electronics & Information Engineering, Hengshui University, Hengshui 053000, China)

摘要: 围绕电子信息工程本科专业的专业外语课程建设, 从课程引入、教材选用、教学内容及手段、教学效果等多方面进行分析, 探讨专业外语教学方法。

Abstract: This paper focuses on electronic information engineering undergraduate professional English course construction, analyzes the Professional English teaching, such as: the introduction of curriculum, textbook selection, content and teaching methods, teaching effects, and discusses the professional English teaching methods.

关键词: 专业英语; 教学现状; 教学内容; 教学方法; 科技英语

Key words: special English; teaching condition; teaching content; teaching method; technical English

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2016)16-0218-02

DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2016.16.083

0 引言

电子技术的快速发展, 促进了技术、产品的不断更新, 许多优秀的仿真软件、前沿学科的研究论文、高性能的仪器仪表均来自国外, 作为电子信息专业的大学生, 要了解科技前沿掌握这些新知识, 就必须不断提高专业英语的阅读吸收能力^[1]。电子信息工程专业一般在大学三年级开设本专业的“专业英语”课程。此时, 学生在日常用语以及阅读理解方面有一定的基础, 但是阅读本专业科技英语书刊以及在学术报告上进行英语交流的能力仍然不足, 如何更好地完成电子信息工程专业英语的教学, 调动学生的积极性参与整个教学过程, 使学生熟练掌握本专业的专业词汇, 并达到良好的文献阅读能力是专业英语课程所要达到的教学目的。

汇, 并达到良好的文献阅读能力是专业英语课程所要达到的教学目的。

1 专业英语课程教学现状

从就业的角度出发, 作为电子信息工程专业学生, 就业单位一般要求英语的四、六级水平并具有相关专业课的学习经历, 许多学生只重视英语学习和专业课学习, 因此对专业英语普遍存在轻视现象。

从课程本身来说, 电子信息专业英语属于专业必修课, 不同于由外语学院承担教学任务的普通英语的教学, 一般专业英语课程的教学任务都是由本专业教研室安排, 一般专业课任课教师非英语专业出身, 与外语学院的教师比较, 英语基础相对较弱, 对于难长句式的分析有时不够专业^[2]。

从教材选择来说, 目前电子信息专业英语一般选用国家规划教材, 规划教材一般多是科技文献, 而对于专业内涵的了解以及电子信息最新研究成果涉及较少, 而电子信息

基金项目: 衡水学院教育教学改革重点课题(jg2014007)项目名称: 地方性本科院校电子信息专业英语课程改革与建设, 审批机构: 衡水学院。

作者简介: 苏明敏(1984-), 女, 河北衡水人, 讲师, 硕士研究生, 研究方向为双语教学、集成电路设计。

现程序存在很大的内存泄露, 在经过一系列排查处理后, 程序就能够正常运行了。但是由于存在一定误差, 在线变换和区变换后, 存在了一定偏差。这也是反解过程中使用牛顿迭代存在了一定误差。

4 结语

地图投影的计算历来被认为是一项较为复杂而繁琐的工作。在地图制图中, 一件中型或大型的投影作品可供选择的投影类型不下十余种, 一般需经过成百上千次的运算, 其中每一个交点的直角坐标及变形值均需经过多次运算才能取得, 何况每一算题的投影点数少则几十多则数百个, 通过本次毕业设计笔者对此深有感触。

本文对等差分纬线多圆锥投影正解和反解两方面进行了深入的研究, 且在实践上对算法进行了不断的实验与修改, 在算法的设计上也考虑了算法的效率和内存释放的问题, 在 MapGIS 应用平台的基础上调用正反解方法, 从而实现实际数据地图的投影转换。

参考文献:

- [1] 摘自: 百度百科.
- [2] 胡毓钜, 龚剑文, 黄伟. 地图投影[M]. 北京: 测绘出版社, 1980.
- [3] 吴忠性. 地图投影[M]. 山西: 测绘出版社, 1980.
- [4] 孙达, 蒲英霞. 地图投影[M]. 江苏: 南京大学出版社, 2005.
- [5] 董曼, 李胜乐. 世界地图等差分纬线多圆锥投影的正反解变换[J]. 大地测量与地球动力学, 2008, 28(2): 95-99.
- [6] 李家, 赵晴晴. 等差分纬线多圆锥投影正解变换的参数和方法[J]. 地理空间信息, 2012(02): 38-40.
- [7] 张贤达. 矩阵分析与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 403-452.
- [8] 钟业勋, 等. 不等分经纬线多圆锥投影的设计与解析计算方法[J]. 测绘学报, 1965, 8(3).
- [9] 李长明. 试论地图投影的分类[J]. 地理学报, 1979, 34(2).
- [10] 吴忠性. 如何从一种地图投影点的坐标变换到另一种地图投影点的坐标问题[J]. 地理学报, 1979, 34(1).