

文章编号: 1006—4362(2019)03—0092—04

改进的高精度 CGCS2000 格网改正量 自动计算模型设计与实现

王谦¹,赵俊三^{1,2,3},王涛²,谷苗²,冯亚飞⁴

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院,昆明 650093;2. 昆明云金地科技有限公司,昆明 650102;
3. 智慧矿山地理空间信息集成创新重点实验室,昆明 650093;4. 昆明市信息中心,昆明 650500)

摘要: 针对目前测绘数据多为 54 系或 80 系,测绘成果出现新旧坐标系不统一、不利于使用的问题。在对现有转换模型的研究基础上,提出了一种改进的高精度 2000 国家大地坐标系格网改正量自动计算模型,该模型通过输入点、线、面控制数据,自动采用平面四参数、Shepard 拟合法或距离加权法与最小二乘相结合的方法进行坐标转换。经检验,经过此转换模型处理后,精度可达到 0.001 m,使 1:2 000 或 1:5 000 比例尺地形图转换精度得到很大提升。

关键词: 2 000 国家大地坐标系;坐标系转换模型;高精度
中图分类号: P22 **文献标识码:** A

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC CALCULATION MODEL FOR CORRECTED GRID CORRECTION OF HIGH-PRECISION 2000 NATIONAL GEODETIC COORDINATE SYSTEM

WANG Qian¹, ZHAO Jun-san^{1,2,3}, WANG Tao², GU Miao², FENG Ya-fei⁴

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;
2. Kunming Yunjindi Geo-Information Co., Ltd., Kunming 650102, China;
3. Key Laboratory of Geospatial Information Integration Innovation of Smart Mines, Kunming 650093, China;
4. Kunming Information Center, Kunming 650500, China)

Abstract: For the current surveying and mapping data, most of them are 54 series or 80 series, and the mapping results show that the new and old coordinate systems are not uniform and are not conducive to use. Based on the research of the existing conversion model, an improved automatic calculation model of the high-precision 2000 national geodetic coordinate system grid correction is proposed. The model automatically adopts the plane four parameters by inputting point, line and surface control data. The Shepard fitting method or the distance weighting method combined with the least squares method performs coordinate conversion. After testing, the accuracy of the conversion model can reach 0.001 m, which greatly improves the conversion accuracy of 1:2 000 or 1:5 000 scale topographic map.

Key words: CGCS2000; coordinate system conversion; high precision

我国现有的坐标系统主要有“1954 年北京坐标系”,“1980 年西安坐标系”和“2000 国家大地坐标

系”。1954 年北京坐标系是我国第一代坐标系统。1980 年西安坐标系是对原有观测数据重新平差并椭球定位后的结果。1990 年后,我国重新组织布设了国家 GPS 控制网,建立了我国新一代三维地心坐标系——2000 国家大地坐标系,并于 2008 年 7 月 1 日起全面启用 2000 国家大地坐标系^[1]。

我国在坐标系转换过程中使用过的转换方法有:平均位移法;即取整个区域公共点的经纬度平均位移量作为整个区域的经纬度位置量;相似变换模型:所谓相似变换就是在欧几里得空间中把图形变成相似图形的变换,诸如平移、旋转以及缩短或伸长等这类变换;多项式变换:所谓多项式变换就是用一个多项式表示两系统之间的变换关系;由于建网过程中存在的局部性系统偏差和地壳构造运动的影响,在全网范围内解算得到的转换参数的坐标转换精度不高,吕志平、许东周等学者提出了分极小法^[2],即通过假设检验的方法动态的为被转换点确定一个最佳的子域,利用子域内的公共点求取转换参数并完成转换;为了更好的顾及天文大地网中存在的系统误差和累积误差,提高坐标转换的精度,除了分级小法以外,杨元喜、徐天河还提出了综合转换法^[3],即在相似变换的基础上使用多项式曲面对剩余的残差进一步的拟合,把精度较低的坐标框架点附合到精度较高的坐标系统的框架点坐标,使统一后的坐标系框架点坐标具有较好的一致性;曾安敏探讨了将 Delaunay 三角网应用于坐标转换的方法^[4],即将基准转换过程中的公共点看成是 Delaunay 三角网的顶点,把转换区域划分成了若干个三角形区域,每个计算点的基准转换仅受所在三角形三顶点的新旧基准下的值所影响,每个顶点的影响通过三角形面积的比率来实现;国外一些国家如美国、加拿大、日本、澳大利亚等国家相继采用了基于格网的坐标转换方法,或称为格网坐标转换^[5]。

针对目前许多测绘数据成果大多为 54 系成果或 80 系成果,测绘成果出现新旧测绘坐标系不统一、不利于使用的问题。本文首先对现有测绘成果精确地向 2000 国家大地坐标系的转换技术路线进行了详细研究,提出一种高精度的转换模型,为 54 系、80 系测绘成果转换到 2000 系奠定了技术基础。

1 坐标系转换技术路线

坐标系转换的关键是求得精确的坐标转换参数^[6]。此模型首先通过确定待转控制数和目标控制数,确定转换范围,生成格网;其次,自动采用平面四参数、Shepard 拟合法或距离加权法计算初步格网

改正量,得到初步转换结果;然后,通过与得到的初步转换结果与真值控制点采用最小二乘进行平差,得到转换参数并转出真值控制点,采用双线性内插法计算出坐标系转换的最终成果;最后,采用计算中误差进行转换精度检验。坐标系转换技术路线如图 1 所示。

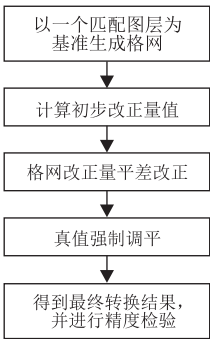


图 1 技术路线

2 坐标系转换技术方法

2.1 生成格网

通过输入点、线、面控制数据,确定待转控制数与目标控制数,确定需要转换的范围,生成 1 : 2 000 或 1 : 5 000 比例尺格网。

2.2 计算初步改正量值

计算格网改正量值时需要确定控制点数。此模型中设置搜索半径为 200 m,进行设置半径内控制点数搜索。然后进行两次判断,第一次判断搜索半径内控制点数,如果控制点数大于等于 2,使用平面四参数的方法计算格网改正量,通过得到的平面四参数转换中误差进行第二次判断,如果中误差在 0.01~0.02 m 之间,则进行下一步流程,如果中误差不在此范围内,重新采用 Shepard 拟合法计算格网改正量;如果第一次判断中,得到的搜索半径内控制点数小于 2,则使用距离加权法计算格网改正量。通过判断后采用的方法进行计算,得到初步的坐标系转换结果。

此模型中采用的计算公式为:

(1) 二维平面四参数转换

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + (1 + m) \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$

式中: x_1, y_1 为源坐标系高斯平面坐标; x_2, y_2 为目标坐标系高斯平面坐标; $\Delta x, \Delta y$ 为平移参数, α 为旋转参数, m 为尺度参数,它们通过最小二乘求得。

(2) 距离加权平均法

以计算点 (B_0, L_0) 为中心,取拟合半径 R 以内 n 个控制点的源坐标系向目标坐标系转换坐标改正量 dB 、 dL 的加权平均数。

$$dB_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (dB_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} dL_0$$

$$dL_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (dL_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} dL_0$$

$$P_i = \frac{1}{(B_i - B_0)^2 + ((L_i - L_0) \cos B_0)^2}$$

其中, $i=1, 2, 3 \cdots n$; dB_i 、 dL_i 为各控制点的源坐标系向目标坐标系转换坐标改正量 dB 、 dL ; B_i 、 L_i 为各控制点的坐标。

(3) Shepard 拟合法是以计算点为中心,取拟合半径 R 以内已知函数值的权中数,数据点上的权按权中数点的不同范围采用不同的权函数确定,使靠近中心点的权增大,远离中心的权迅速减少。规定权:

$$\varphi(r) = \begin{cases} \frac{1}{r}, & 0 < r \leq \frac{R}{3} \\ \frac{27}{4r} (\frac{r}{R} - 1)^2, & \frac{R}{3} < r \leq R \\ 0, & r > R \end{cases}$$

函数模型为:

$$\overline{\Delta Z} = F(x, y) = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \Delta Z_i [\varphi(r_i)]^2, & r_i \neq 0 \\ \sum_{i=1}^n [\varphi(r_i)]^2, & r_i = 0 \end{cases}$$

式中, $r_i = [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}$

2.3 格网改正量平差改正

通过计算初步坐标系转换结果与真值控制点的差,得到 Δx 、 Δy 然后判断搜索半径内控制点数,如果控制点数大于等于 2,把计算得到的 Δx 、 Δy 带入最小二乘其他参数进行平差,如果控制点数小于 2,采用距离加权平均进行平差。

2.4 转出真值控制点并进行精度检验

根据输入的点、线、面数据,自动转出真值控制点,根据输出的真值控制点与计算出的格网改正量,通过双线性内插法计算出坐标系转换的最终成果,然后用高精度高分辨率格网转换改正量所选控制点的 2000 系坐标,与控制点的已知 2000 系坐标成果进行差值统计,计算出两者之间的中误差,根据中误差统计结果检验转换改正量的精度。

3 实验分析

实验数据选取国家下发的某县已知 80 系坐标成果与已知的 2000 系坐标成果,首先输入 80 系坐标成果中的 XZQ 图层与 2000 系坐标成果中的 XZQ 图层,进行格网改正量的计算,并输出真值控制点,通过得到的转换参数用于 80 系坐标成果中 JZD 图层转换到 2000 系坐标,本实验选取 693 个控制点,平均中误差为 0.005 65 m,最小中误差为 0.000 399 m(也可以采用其他数据进行转换,但需有统一字段进行标识)。中误差频数分布见表 1,坐标转换结果见图 2,所有点位中误差计算值见图 3。

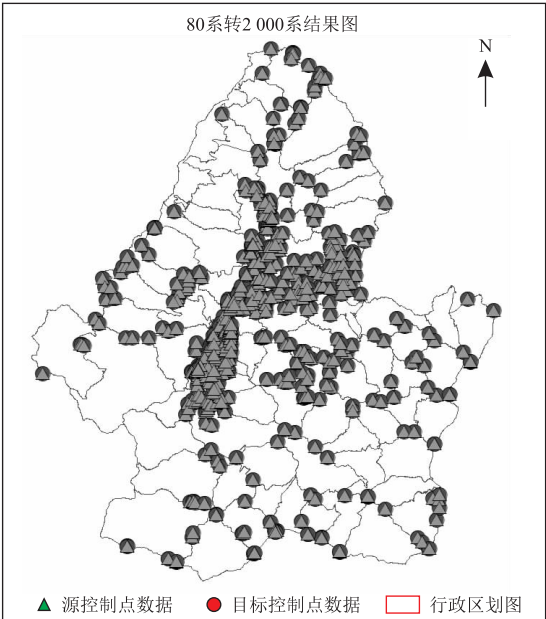


图2 坐标转换结果图

表1 中误差频数分布表

分布区间/m	频数/个	分布区间/m	频数/个
[0.000 399 258, 0.001 359 258]	20	[0.006 159 258, 0.007 119 258]	98
[0.0013 592 58, 0.002 319 258]	50	[0.007 119 258, 0.008 079 258]	85
[0.002 319 258, 0.003 279 258]	62	[0.008 079 258, 0.009 039 258]	63
[0.003 279 258, 0.004 239 258]	85	[0.009 039 258, 0.009 999 258]	54
[0.004 239 258, 0.005 199 258]	94	[0.009 999 258, 0.010 959 258]	12
[0.005 199 258, 0.006 159 258]	70		

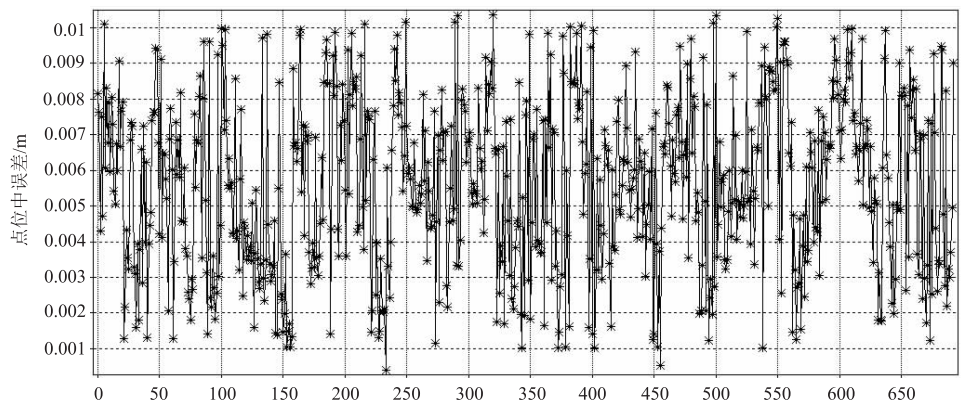


图 3 所有点位中误差计算值

4 结论

本研究为改进的格网改正量自动计算模型,根据输入控制数据及类型,计算出格网范围内控制数据的误差,根据数据质量判断该使用平面四参数法、加权平均算法或 Shepard 拟合法计算出初步的参数值,再通过已经输入的控制数据进行参数平差,将平差后的参数输出,供实际数据转换使用,在实际转换中,还可以通过实际转换范围,设定转换真值,利用该真值进行强制平差转换。这样在对参心坐标系的数据转换到 CGCS2000 坐标系的精度大大提高,经过实际验证,精度可以达到 0.001 m,为国家重大工程建设及地理国情监测工作提供了测绘基准保障,具有深远的社会影响。

参考文献

[1] 石昕. 2000 国家大地坐标系转换的技术方法[J]. 水运工程, 2017, (1): 47-50.
[2] 吕志平, 许东周, 朱华统, 等. 地心坐标转换的分极小法[J]. 测绘学报, 1995, (4): 275-282.
[3] 杨元喜, 徐天河. 不同坐标系综合变换法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2001, (6): 509-513.

[4] 曾安敏. 动态大地测量数据融合有关问题研究[D]. 长安大学, 2008.
[5] 郭充. 面向 CGCS2000 的格网坐标转换方法及应用研究[D]. 解放军信息工程大学, 2009.
[6] 吕志平, 许东周, 朱华统, 等. 我国高精度地心坐标转换参数的建立[J]. 解放军测绘学院学报, 1995, (2): 84-88.
[7] 陈俊英. 参心坐标系测绘成果向 2000 国家大地坐标系转换的研究[D]. 长安大学, 2013.
[8] 陈俊勇, 杨元喜, 王敏, 等. 2000 国家大地控制网的构建和它的技术进步[J]. 测绘学报, 2007, (1): 1-8.
[9] 张训虎, 刘晋虎, 何川, 等. 2000 国家大地坐标系转换常见问题分析[J]. 测绘通报, 2016, (9): 52-55.
[10] 魏子卿, 黄维彬, 杨捷中, 等. 全国天文大地网与空间大地网联合平差[J]. 测绘学报, 2000, (4): 283-288.
[11] 黎舒, 胡圣武. 80 西安坐标系到 2000 国家坐标系转换的研究[J]. 测绘科学, 2009, 34(S2): 50-52+155.
[12] 李东, 毛之琳. 地方坐标系向 2000 国家大地坐标系转换方法的研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(6): 193-196.
[13] 潘元进, 何美琳, 李聪, 等. 2000 坐标系转换模型的试验分析与研究[J]. 测绘工程, 2012, 21(4): 25-28.
[14] 何林, 柳林涛, 许超铃, 等. 常见平面坐标系之间相互转换的方法研究——以 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系、2000 国家大地坐标系之间的平面坐标相互转换为例[J]. 测绘通报, 2014, (9): 6-11.
[15] 贾志强. 1980 国家坐标系向某市地方独立坐标系的转换[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(1): 193-196.

作者简介: 王谦(1994—),男,云南宣威人,昆明理工大学地图学与地理信息系统专业硕士研究生在读,研究方向为国土资源信息化、GIS 的软件技术与开发。E-mail: 1241304284@qq.com
通讯作者: 赵俊三(1964—),男,教授,博士,博士生导师,主要从事 GIS/LIS、国土资源信息化研究工作。
E-mail: junsanzhao@netease.com