



# 2000 国家大地坐标系转换的技术方法

石 昕

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 研究长江航道现行测绘成果向 2000 国家大地坐标系转换的模型, 提出基于采用二维多项式逼近模型的转换技术路线。经检验, 模型平均精度优于 0.15 m, 可满足小于 1:2 000 比例尺航道图转换精度要求, 为长江航道图转换到 2000 系奠定了技术基础。

**关键词:** 2000 国家大地坐标系; 长江航道; 测绘成果; 坐标系转换

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0047-04

## Technical method of 2000 national geodetic coordinate system transformation

SHI Xin

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** This paper studies the transformation model from the Changjiang waterway current surveying and mapping results to the 2000 national geodetic coordinate system. Based on the 2-D polynomial approximation model, transformation technology route is put forward. Upon examination, average model accuracy is better than 0.15 m, which meets less than 1:2 000 scale channel chart transformation precision. The method lays the technical foundation of Changjiang waterway converted to CGCS2000.

**Keywords:** CGCS2000; Changjiang waterway; surveying and mapping results; coordinate transformation

我国现有的坐标系统主要有“1954年北京坐标系”,“1980西安坐标系”和“2000国家坐标系”。1954年北京坐标系(简称“54系”)建于20世纪50年代至70年代,是我国的第一代坐标系统。1980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。在长江航道系统内,现有的测绘成果主要采用1954年北京坐标系。1990年后,国家测绘局、总参测绘局、中国地震局先后组织布设了国家GPS控制网,建立了我国新一代三维地心坐标系统——2000国家大地坐标系<sup>[1-3]</sup>,我国已于2008年7月1日起全面启用2000国家大地坐标系(简称“2000系”),随着2000系的启用,国家及各省市、行业的测绘活动必须在2000系下进行,长江航道目前的测绘成果

大多为54系成果,长江航道测绘成果将会出现新旧测绘成果不统一、不利于使用的问题。本文首次对长江航道已有测绘成果精确地向2000国家坐标系转换的技术方法、模型进行详细研究,提出切实可行的转换技术路线,为长江航道图转换到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<sup>[4-5]</sup>,而求得精确的坐标转换参数则需要以分布均匀、点位稳定且具有一定密度的重合点为前提。当两种不同坐标系进行转换时,坐标转换的精度除取决于坐标转换的数学模型和求解转换参数的公共点坐标精度外,还与重合点的多少、几何分

收稿日期: 2016-04-26

作者简介: 石昕(1981—),女,硕士,高级工程师,从事长江航道测绘成果生产管理。

布有关<sup>[6-9]</sup>。因此，首先需掌握长江干线及其周边区域内 54 系与 2000 系的重合点。其次，由于长江航道区域成狭长的带状分布，为能够较好拟合由于大地网局部性系统误差(或形变)的影响产生的变形差，达到局部精密、整体连续、具有较高转换精度的转换效果，需将整个长江航道转换区域划分成若干个分区，分别对各分区计算转换参数，然后根据各分区的转换参数计算该分区高精度高分辨率格网改正量，最后，对各分区间重叠的改正量进行接边平滑处理，形成整个长江航道区域高精度、高分辨率、连续的格网改正量(图 1)。

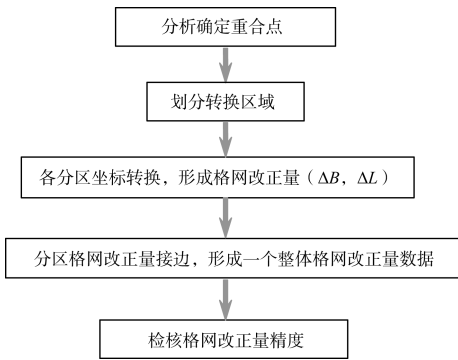


图 1 技术路线

## 2 坐标系转换技术方法

### 2.1 分析确定重合点

由于控制点的精度越高、现实性越好，计算的坐标转换改正量精度就越高，故尽量选取足够数量的高等级、高精度、年代就近且分布均匀的点作为坐标转换的重合点。具体顺序为：

- 1) 与国家三角点重合的“2000 国家 GPS 大地控制网”点；
- 2) 已完成似大地水准面精化的省市与国家三角点重合的 GPS C 级网点；
- 3) “我国天文大地网与高精度 GPS2000 网联合平差”控制点；
- 4) “全国三、四等三角网在 2000 国家大地坐标系下平差”的三、四等三角网点。

长江航道为狭长带状区域，涉及范围较大，利用上述控制点成果，综合考虑重合点分布密度与实际航道图分布因素，选取距长江两岸约 10 km 以内的国家控制点。重合点选取后，对选取重合点进行反复分析、试算、剔除粗差点，直到所选重合点不再含有粗差点。使用平面四参数模型进行试算，查找重合点中的粗差点，当该点残差大于 2~3 倍平均残差中误差时，认为是粗差点。同时顾及重合点分布，不断剔除粗差点，最终确定重合点。

### 2.2 划分转换区域

长江干线航道较长，需要采用分区转换，分区大小直接关系坐标转换精度。经过多次试算分析，最终确定转换区域为 13 个区，整个区域由西向东划分，每个分区经差约 1.5°左右，具体根据重合点分布情况确定分区线，为满足格网数据接边需要，在各分区相邻边缘设置经差为 10' 的重叠区。分区见图 2，转换区域划分见表 1。

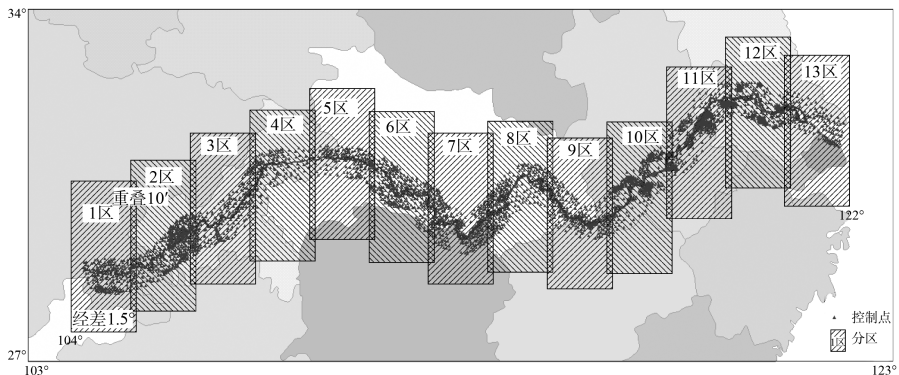


图 2 分区示意图

表 1 转换区域划分

分区名称	分区经度范围	经差
1	104°00'~105°30'	1°30'
2	105°20'~106°50'	1°30'
3	106°40'~108°10'	1°30'
4	108°00'~109°30'	1°30'
5	109°20'~110°50'	1°30'
6	110°40'~112°10'	1°30'
7	112°00'~113°30'	1°30'
8	113°20'~114°50'	1°30'
9	114°40'~116°10'	1°30'
10	116°00'~117°20'	1°20'
11	117°10'~119°00'	1°50'
12	118°50'~120°30'	1°40'
13	120°20'~121°30'	1°10'
合计	104°00'~121°30'	17°30'

2.3 计算格网改正量

1) 计算模型。

采用二维多项式逼近模型<sup>[10-12]</sup>

$$\begin{cases} B_T = B_S + \Delta B \\ L_T = L_S + \Delta L \end{cases} \quad (1)$$

$$\Delta B \text{ 或 } \Delta L = \sum_{i=0}^K \sum_{j=0}^i a_{ij} B_S^{i-j} L_S^j \quad (2)$$

$$\text{即 } \Delta B \text{ 或 } \Delta L = a_{00} + a_{10}B + a_{11}L + a_{20}B^2 + a_{21}BL + a_{22}L^2 + a_{30}B^3 + a_{31}B^2L + a_{32}BL^2 + a_{33}L^3 + \dots \quad (3)$$

式中： $K$ 为拟合阶数； $B_S$ 、 $L_S$ 为参心系大地坐标(rad)； $B_T$ 、 $L_T$ 为地心系大地坐标(rad)； $a_{ij}$ 为系数，通过最小二乘求解。

2) 格网改正量接边处理。

同纬度的相邻格网数据接边，平滑重叠带格网数据，并将左格网数据与右格网数据合并成一个数据文件。

接边算法：

$$X = \frac{p_1 x_1 + p_2 x_2}{p_1 + p_2} \quad (4)$$

$$Y = \frac{p_1 y_1 + p_2 y_2}{p_1 + p_2} \quad (5)$$

$$p_1 = \frac{ii-i}{ii-1} \quad (6)$$

$$p_2 = \frac{i}{ii-1} \quad (7)$$

式中： $p_1$ 为左格网数据权； $p_2$ 为右格网数据权； $ii$ 为重叠总格网个数； $i$ 为左边起数字( $i=0,1,2,3,4,\dots,ii-1$ )。

3) 格网改正量计算及精度检验。

选用多项式模型，首先通过分区转换形成各分区高分辨率格网转换改正量，再经过各分区接边处理，形成覆盖长江两岸约 10 km 范围的高精度高分辨率格网转换改正量。

在转换重合点中均匀选取距长江两岸 5 km 范围以内的点，用高精度高分辨率格网转换改正量内插所选控制点的 2000 系坐标，然后与控制点的已知 2000 系坐标成果进行差值统计，根据差值统计结果检验转换改正量的精度，结果见表 2。

表 2 格网改正量精度检验

分区号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	平均值
平均点位残差/m	0.057	0.078	0.108	0.091	0.073	0.060	0.064	0.066	0.074	0.118	0.150	0.125	0.135	0.092

表 2 表明：各分区平均点位残差均在 0.15 m 以内，完全可以满足小于 1:2 000 比例尺航道图坐标转换精度要求。

3 长江航道 54 系航道图向 2000 系转换流程

长江航道 54 系航道图向 2000 系转换利用高精度高分辨率格网转换改正量，采用逐要素点纠正和空间定位的方法进行转换，转换流程见图 3。此方法具有无缝转换、无需重新接边、转换精度高且不受比例尺及范围限制等优点。

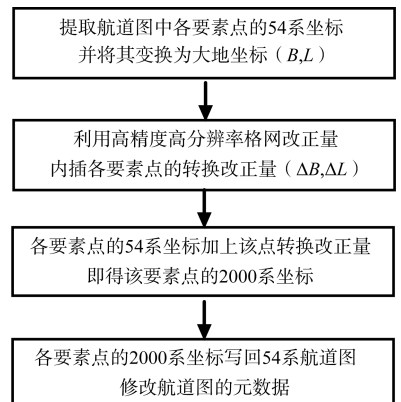


图 3 长江航道 54 系航道图向 2000 系转换流程

### 4 结语

1) 研究得出覆盖长江两岸约 10 km 范围的高精度高分辨率格网转换模型。

2) 经检验, 模型平均精度均在 0.15 m 以内, 可以满足小于 1:2 000 比例尺长江航道图坐标转换精度要求, 为长江航道图转换到 2000 系奠定了坚实基础。

3) 该技术路线相对直接测图节省大量资金, 提高生产效率, 为国家重大工程建设、行业管理以及地理国情监测工作提供测绘基准保障, 具有深远的社会影响。

### 参考文献:

[1] 陈俊勇.对我国建立现代大地坐标系统和高程系统的建议[J].测绘通报, 2002(8): 1-5.

[2] 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, 29(4): 283-288.

[3] 王敏, 张祖胜, 许明元, 等.2000 国家 GPS 大地控制网的数据处理和精度评估[J].地球物理学报, 2005, 48(4): 1817-823.

[4] 熊介.椭球大地测量学[M].北京: 解放军出版社, 1988: 313-318.

[5] 朱华统.常用大地坐标系及其变换[M].北京: 解放军出版社, 1990: 67-75.

[6] 王解先, 王军, 陆彩萍.WGS-84 与北京 54 坐标的转换问题[J].大地测量与地球动力学, 2003, 23(3): 70-73.

[7] 程鹏飞, 成英燕, 文汉江, 等.国家大地坐标系实用宝典[M].北京: 测绘出版社, 2008: 142-143.

[8] 边少锋, 柴洪洲, 金际航.大地坐标系与大地基准[M].北京: 国防工业出版社, 2005: 201-206.

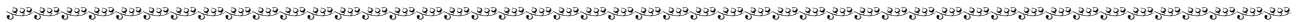
[9] 武继军.不同大地坐标系间坐标转换模型研究[J].河南理工大学学报, 2006, 25(5): 383-385.

[10] 王文利, 程传录, 陈俊英.常用坐标转换模型及其实用性研究[J].测绘信息与工程, 2010; 35(5): 37-39.

[11] 郭春喜, 王文利, 白贵霞, 等.坐标系转换中全国高精度高分辨率格网改正量的确定[J].测绘科学, 2013, 38(2): 5-7.

[12] 朱华统, 吕志平.联系人卫网和地面网的多项式逼近法[J].军事测绘专辑, 1985(31): 103-108.

( 本文编辑 武亚庆 )



## · 消 息 ·

### 中国交建 15 个项目荣获 2016—2017 年度国家优质工程奖

近日, 中国施工企业协会公布了 2016—2017 年度第一批国家优质工程奖评选结果以及突出贡献者名单, 中国交通 15 个工程获奖( 境内 10 项, 境外 5 项)、34 人获得“2016—2017 年度国家优质工程奖突出贡献者”荣誉称号。

中国交建 2 个工程获国家优质工程金质奖, 分别为二航院设计、二航局参建的中国石化武汉 80 万吨/年乙烯及配套工程; 四航院设计、一航局施工总承包的中国海油珠海 LNG 项目一期工程。

中国交建 13 个工程获国家优质工程银质奖, 分别为一航院设计、天航局和一航局五公司参建的唐山港京唐港区 20 万吨级航道工程; 一航院设计、一航局一公司施工总承包、天航局和一航局四公司参建的营口港鲅鱼圈港区 30 万吨矿石码头工程; 一公局六公司参建的塘承高速公路二期工程; 隧道局和二航局二公司参建的南通市江海大道东段快速化改造工程; 二公局参建的杭新景高速公路延伸线( 之江大桥) 工程; 路桥技术设计的新疆维吾尔自治区 G3014 克拉玛依-乌尔禾高速公路项目 KW1 标段; 公规院设计的中国科学院研究生院新园区建设工程; 中咨公司设计的郑州市三环路快速化工程北三环( 南阳路-中州大道) BT 项目桥梁工程; 一公院设计、中咨公司监理、中国路桥施工总承包、隧道局和二公局参建的巴基斯坦喀喇昆仑公路改扩建项目; 四航院设计、中国港湾和四航局施工总承包、四航局一公司和四航局三公司参建的安哥拉 Lobito 港扩建项目; 四航院设计、中国港湾施工总承包、四航院、四航局、广航局、三公局参建的斯里兰卡科伦坡港南集装箱码头工程; 一航院设计、中国路桥施工总承包、一航局参建的毛里塔尼亚友谊港 4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>泊位建设工程; 中国港湾施工总承包的缅甸达贡山镍矿工程。