引文格式：徐益峰, 张蒙. 基于 CGCS2000 的苏州平面坐标系建立[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 120-122. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.030

基于 CGCS2000 的苏州平面坐标系建立

徐益峰[1]，张　蒙[1]
（1. 苏州市测绘院有限责任公司，江苏 苏州 215000）

摘　要：苏州市及其各区（市）均建立了基于克拉索夫斯基椭球的城市平面坐标系，在国家全面推广使用 CGCS2000 和苏州市域一体化建设的背景下，亟需建立 CGCS2000 椭球下全市统一的坐标系。通过分析 CGCS2000（国家标准 3°带高斯投影）和现行苏州城市平面坐标系在苏州地区的适宜性后，研究了结合苏州市地理位置和地形地貌特征，以“中央子午线和参考椭球面为最佳选取”的坐标系建立综合比选方案。在此基础上，建立了苏州 2000 坐标系，并实现了将 CGCS2000 引入苏州以及现行苏州城市平面坐标系与 CGCS2000 的联系，可为国内建立基于 CGCS2000 的城市相对独立平面坐标系提供参考。

关键词：CGCS2000；投影变形分析；城市平面坐标系；高斯投影；中央子午线
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0120-03

Establishment of Suzhou Plane Coordinate System Based on CGCS2000

XU Yifeng[1], ZHANG Meng[1]
(1. Suzhou Surveying and Mapping Institute Co., Ltd, Suzhou 215000, China)

Abstract: Suzhou and its districts(cities) have established the urban plane coordinate system based on Krasovsky ellipsoid. Against the background of comprehensive promotion and use of CGCS2000 in China and the urban integration construction in Suzhou, it’s urgent to establish a coordinate system used by the whole city under the CGCS2000 ellipsoid. Firstly, we analyzed the suitability of CGCS2000(Gauss projection of national standard 3°) and the existing Suzhou urban plane coordinate system. Then, combined with the geographical location and topographic characteristics of Suzhou, we established a comprehensive comparison scheme with the coordinate system of “central meridian and reference ellipsoid as the best selection”. Finally, we established the Suzhou 2000 coordinate system, and introduced CGCS2000 into the existing Suzhou coordinate system to realize their relations, providing a reference for the establishment of urban coordinate system based on CGCS2000 in China.

Key words: CGCS2000, projection distortion analysis, urban plane coordinate system, Gauss projection, central meridian

根据国务院关于推广使用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）的有关要求，自然资源部《关于加快使用 2000 国家大地坐标系的通知》(国土资发[2017]30 号)明确：2018 年 7 月 1 日起，将全面使用 2000 国家大地坐标系。CGCS2000 的全面使用适应国家经济建设、国防建设、社会发展和生态保护的新需要。

鉴于历史和技术等原因，苏州市及下辖区（市）各自建立了相对独立的城市平面坐标系统。这些城市平面坐标系下生产的地理空间数据，对全市统一的使用管理、共享交换带来不便。另外，这些坐标系均基于克拉索夫斯基椭球，不满足当前国家要求。因此，研究并建立了 CGCS2000 椭球框架下，既满足地方需求、又能够符合国家要求的，苏州全市统一的相对独立平面坐标系统（苏州 2000 坐标系），具有十分重要的意义。2020 年 6 月 15 日，经自然资源部批准，苏州 2000 坐标系为苏州市唯一合法的相对独立的平面坐标系统；同年 7 月 17 日，苏州市人民政府发布公告，自 2020 年 8 月 1 日起启用苏州 2000 坐标系。

城市平面坐标系统的定义包括了参考椭球、中央子午线、投影面高程的选择，以及坐标系原点与定向的确定；在进行选择和确定时，以综合长度变形值不大于限差 2.5 cm/km 为原则，并根据城市地理位置和平均高程确定[1,2]。国内部分城市可直接采用 CGCS2000（国家标准 3°带高斯投影），如常州市[3]；然而，大多数城市需要在 CGCS2000 椭球框架下对城市平面坐标系统进行重新定义，一般以中央子午线和投影面高程的选取为主要研究内容[4-11]。

收稿日期：2022-05-17。
项目来源：2019 年度江苏省测绘地理信息科研资助项目（JSCHKY201913）。
第一作者简介：徐益峰（1980—），硕士，注册测绘师，高级工程师，主要研究方向为城市基础测绘、工程测量及变形监测等技术工作，E-mail：40135860@qq.com。

1　坐标系适宜性分析

1.1　CGCS2000的适宜性分析

苏州市位于119°55′~121°20′E之间，采用CGCS2000高斯-克吕格投影，属于3°分带的第40带，其中央子午线为120°E。经分析，CGCS2000（120°E高斯投影）综合投影变形值最大为14.1 cm/km，有87.5%的区域投影变形均不满足要求。从分析结果可知，直接采用CGCS2000（120°高斯投影）不能满足苏州市的使用要求。

1.2　苏州独立坐标系的适宜性分析

建于上世纪80年代的苏州市独立坐标系是当前苏州市使用最广泛、覆盖范围最大的平面坐标系。其投影面（克拉索夫斯基椭球面）比苏州城市平均高程面低65 m左右，导致综合长度变形存在约1.0 cm/km的系统误差，且从苏州全市域范围来看中央子午线（120°35′E）略偏西，引起苏州全市域（特别是昆山东部和太仓）的综合投影变形总体偏大。具体统计详见表1。

表1　苏州独立坐标系综合长度变形区间统计

投影变形值/（cm/km）	覆盖面积/km²	占比/%
[0.0,0.5)	1 340.7	20.7
[0.5,1.0)	3 647.0	56.2
[1.0,1.5)	785.2	12.1
[1.5,2.0)	253.0	3.9
[2.0,2.5)	182.5	2.8
[2.5,5.6]	277.9	4.3

通过对苏州独立坐标系的综合投影变形分析可知：苏州全市域范围内存在显著性的投影变形（大于0.5 cm/km的地区占79.3%），不能满足苏州市的使用要求，需要采用任意带投影坐标系方案研究建立CGCS2000椭球框架下的相对独立平面坐标系统。

2　苏州2000坐标系确定及应用

2.1　苏州2000坐标系定义的确定

苏州市陆地经度范围西起120°11′~121°20′E，以平原为主，大部分区域的高程介于3.0~5.0 m。因此，选取中心区域（120°45′~120°48′E）范围内的子午线为中央子午线较最佳选择。

通过平均高程法初选、格网占比法优选、离散点占比法补充分析的综合比选方式[12]，结合苏州地形地貌特征和高程分布情况，对全市陆域综合长度变形进行统计分析，确定了中央子午线及投影面的最佳选取。

1）平均高程法初选。在5种方案下选取合理的中央子午线及投影面参数（详见表2），并采用苏州市平均大地高12.5 m进行全市陆域综合长度变形概算统计。经初步分析：当选取中央子午线120°47′E，120°48′30"E（步长30″）的任意带坐标系方案时，超限区域占总比最小（约3%左右，分布于山区及沿江滩涂）。该方案是保重点大范围、兼顾边缘小区域的方案。同时，选择参考椭球面为投影面能够较好的与CGCS2000无缝衔接。

表2　中央子午线及投影面参数选取

坐标系方案	中央子午线	投影面
标准坐标系	120°E	参考椭球面
抵偿坐标系		高程抵偿面
任意带坐标系	[120°45′30"E,	参考椭球面
抵偿任意带坐标系	120°49′30"E]	高程抵偿面
多任意带坐标系	经度步长30"	参考椭球面

2）格网占比法优选。利用苏州市DEM和似大地水准面精化模型获取陆域250 m方格网平均大地高后，计算在（1）中确认方案下各格网综合长度变形并汇总统计。经分析：当选择中央子午线为120°46′30"E、120°47′E、120°47′30"E时，超限区域占总比最小（分别为0.68%、0.66%、0.64%），可视为较优方案，作为后续离散点占比法的分析方案。

3）离散点占比法补充分析。选择苏州市的91个镇（街道）驻地为分析的点位，计算在（2）中确认方案下的各点位综合长度变形（均小于限差）并比较分析，确定中央子午线为120°46′30"E、120°47′E的方案为较优方案，将作为确定最优方案的分析方案。

4）综合分析。结合有效抵偿地带占比、超限点位、超限区域地理位置分布等进行分析，确定了以中央子午线为120°47′E的任意带坐标系方案为最优方案。

最终，确定了苏州2000坐标系定义：参考椭球为CGCS2000坐标椭球，中央子午线为120°47′E，投影面为CGCS2000参考椭球面。

根据苏州2000坐标系的定义，除少量局部地区（西山岛部分山区、太仓沿江滩涂）外，苏州市绝大多数地区（99.3%）投影变形均满足城市平面坐标系统综合变形值不大于2.5 cm/km的要求。具体统计详见表3。

与苏州独立坐标系相比，苏州2000坐标系的综合投影变形得到了明显的优化，大于0.5 cm/km的区域由79.3%降低到了30.3%，大于2.5 cm/km的区域由4.3%降低到了0.7%。

表3 苏州2000坐标系综合长度变形区间统计

投影变形值/（cm/km）	覆盖面积/km²	占比/%
[0.0,0.5)	4518.3	69.7
[0.5,1.0)	1044.9	16.1
[1.0,1.5)	538.6	8.3
[1.5,2.0)	234.9	3.6
[2.0,2.5)	105.5	1.6
[2.5,4.2)	44.3	0.7

2.2 与CGCS2000联系的建立

1）通过省、市、区（市）三级逐步扩展加密的方式将CGCS2000引入苏州市。以JSCORS作为基准，通过均匀分布于苏州及周边区域分布均匀的JSCORS基准站点与苏州市空间定位信息服务系统(SZGNSS-CORS)基准站点联测的方式将CGCS2000引入苏州，进一步通过大市范围内B级GNSS控制网的拓展以及各区（市）C级GNSS控制网的加密，形成“框架网-基本网-加密网”分级分类的、覆盖苏州市全市域的空间框架，如图1所示。

2）通过控制点联测、转换模型选取、平台研发等实现了现有坐标系与CGCS2000的联系，并提供了坐标转换服务，如图2所示。



图1 引入CGCS2000方式

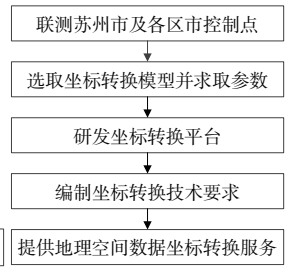


图2 技术流程

图2中：①联测苏州市和各区（市）40余个控制点并完成数据处理及平差计算，通过分析不同类型地理空间数据的坐标转换精度指标，选取了四参数、平面七参数转换模型并求取转换参数，建立了苏州独立坐标系等7套坐标系与CGCS2000（及苏州2000坐标系）48种转换关系的联系。②在此基础上，基于ObjectArx、ArcEngine等二次开发包，研发了坐标转换平台，实现了点（云）、矢量、栅格等20余种格式的数据转换。该平台通过了国检中心的功能、精度和性能测试。同时，采用“一机一码、软硬结合”的方式对转换参数、程序文件进行了保密处理。③进一步编制了坐标转换技术要求，明确了技术流程，统一了技术标准，确保转换成果精确可靠。

目前，已完成了苏州市本级和张家港、太仓、常熟的地形、管线、影像、全景等地理空间数据的坐标转换，并为自然资源和规划、住建、水务等相关领域提供坐标转换平台和服务。

3 结 语

1）分析了坐标系在苏州市应用现状和适宜性后，以“中央子午线和参考椭球面为最佳选取”的坐标系建立综合比选方案，研究建立了苏州2000坐标系。

2）统一了全市域测绘基准，实现了与省级现代测绘基准的联系，满足了苏州市地理空间数据与国家、省的交换共享需要。

3）苏州2000坐标系的全面推广使用，对苏州市地理空间数据坐标转换和自然资源管理、城市治理更新以及智慧城市、时空大数据等平台建设具有极其重要意义。

参考文献

[1] 城市坐标系统建设规范:GB/T 28584-2012 [S].

[2] 城市测量规范:CJJ/T 8－2011[S].

[3] 贺卫中,刘军,史惠春,等. 常州市2000国家大地坐标系确定研究[J]. 现代测绘,2016,39(2):5-8

[4] 刘旭. 基于CGCS2000建立独立坐标系[J]. 地理空间信息,2021,19(8):48-51

[5] 李晓华,安艳辉. 基于DEM的CGCS2000城市平面坐标系建立关键技术研究[J]. 测绘地理信息,2020,45(5):150-152

[6] 陈立民,马雪萍,凌祥安. 基于CGCS2000的镇江相对独立平面坐标系的建立[J]. 城市勘测,2019(3):135-137

[7] 周明,黄涛,刘海兵,等. 基于CGCS2000的潜江市相对独立坐标系建立[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(11):201-204

[8] 欧海平,秦亮军,喻永平,等. 广州2000坐标系建立技术及应用[J]. 工程勘察,2018,46(11):55-58

[9] 高春辉,李秀龙,王东阁. 基于CGCS2000的珠海市地方坐标体系技术探讨[J]. 城市勘测,2018(3):65-68

[10] 杨坤,王礼江,丁孝兵,等. 基于区域似大地水准面及DEM的佛山市2000坐标系建立方案优选[J]. 城市勘测,2018(2):108-110

[11] 佘佐明. 基于2000框架下贵阳市独立坐标系统建立与变形分析[J]. 城市勘测,2017(2):134-136

[12] 王建辉,史纲,杨胜万,等. 苏州2000坐标系建立方案比选与研究[J]. 城市勘测,2020(4):5-11