

文章编号: 1001-1749(2023)03-0399-05

基于七参数实现不动产数据坐标转换的浅析

黄维江, 李伟勋, 许愿

(遂宁市勘察测绘院, 遂宁 629000)

摘要: 自然资源空间数据支撑着各级自然资源部门的业务需求,但是仍然存在大量自然资源空间数据使用 1954 年北京坐标系和 1980 西安坐标系的情况,导致成果基准不统一、资料拼接困难、成果应用受阻等现象,准确快速获取高精度的 2000 国家大地坐标系转换成果是目前迫切需要解决的问题。这里对坐标转换方法展开讨论,以遂宁市不动产登记数据转换为 2000 国家大地坐标系项目为例,选取不同数量和点位分布不同的控制点求解七参数,对坐标转换结果进行对比分析,分析误差来源和对应的削弱误差的措施。实验表明,选取分布均匀且能够较好覆盖整个测区范围的控制点求解七参数进行坐标转换,转换结果能够满足国家标准规定的精度要求。

关键词: 坐标转换; 2000 国家大地坐标系; 七参数

中图分类号: P 226.3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2023.03.15

0 引言

2000 国家大地坐标系是符合我国现代空间科学技术要求的地心坐标系,按照《国土资源部国家测绘地理信息局关于加快使用 2000 国家大地坐标系的通知》(国土资发〔2017〕30 号)要求“从 2008 年 7 月 1 日起全面使用 2000 年国家大地坐标系”。自然资源数据以空间数据为主,支撑着各级自然资源日常监管工作,并为国民经济和社会发展、社会公众提供最广泛的信息。根据实际需要,组织完成支撑自然资源日常管理工作的各种存量数据向 2000 年国家大地坐标系转换。

1 坐标转换方法

1.1 坐标校正法

在范围较小的区域,控制点数量大于等于 2 个,

为了获取目标坐标系下的坐标数据,一般采用坐标校正方法来求取目标坐标数据。具体做法是在该区域中选择两个已知点,用 RTK 在已选的两个点上进行测量,采集固定解。根据两个点的原始坐标和相应 RTK 应用软件中的已知坐标,计算校正参数^[1]。

1.2 四参数法

四参数是属于平面直角坐标系的转换模型,主要是解决不同二维平面直角坐标系之间的坐标转换。一般至少具备两个或更多的已知点,在不同的平面直角坐标系里 4 组 X、Y 坐标数据,就能求解出这 4 个参数。若地面两点之间的距离不超过 10 km,在实际应用中可以不考虑不同椭球参数对转换精度的影响。四参数法所需已知点较少且计算过程较为简便,但是能够有效控制的区域范围不大^[2]。

1.3 七参数法

七参数是三维空间直角坐标系的转换模型,是解决不同的三维空间直角坐标系之间的坐标转换。

通常至少需要 3 个甚至更多的已知点,在不同的空间直角坐标系中的 6 对 X 、 Y 、 Z 坐标数据,方可计算七个参数。若地面两点之间的距离不超过 15 km,我们一定要考虑不同坐标系的椭球参数,为避开不同的椭球参数带来的差异致使目标点位换算后的结果精度受到影响,因此就需要采用七参数来解决不同坐标系的数据转换^[3]。

2 案例分析

2.1 坐标转换思路

以遂宁市市本级不动产数据转换坐标为 2000 年国家大地坐标系项目为案例,通过勘查,范围很大,不宜采用于坐标校正方法和四参数方法,因此,采用七参数法进行转换。具体技术路线为:收集数据覆盖区内的控制点成果,选择三组公共点和一组检验点,分别计算相应的三组坐标转换参数,对转换参数的精度做进一步分析,然后使用不同的转换参数进行遂宁市市本级的不动产数据进行转换,对坐标转换结果进行对比分析,分析误差来源和对应的削弱误差的措施。

2.2 数据整理

收集、分析不动产登记中心提供的数据、资料,数据分布范围(图 1),并对原始数据进行图层清理,抽取矢量图层数据。通过天地图·遂宁数据、遂宁市基础地理信息中心的各类基础测绘数据,核查矢量数据的坐标系。经核查,不动产登记数据为 1980 西安坐标系。

2.3 点位坐标选取与采集

2.3.1 公共点及检验点选取

本次选择三组不同的 C 级控制点作为求解七参数的起算公共点,各组公共点的数量和名称见表 1。选择 3 个 C 级控制点(C27、DMS、GP)作为转换参数精度的检验点。各组公共点和检验点的位置分布图见图 1。

表 1 各组公共点的数量和名称

Tab. 1 Number and name of common points in each group

序号	点位数量	点位名称
第一组	5	C17、C14、WBS、C21、C23
第二组	7	C11、C17、C12、WBS、C31、C26、C21
第三组	13	C10、C11、C12、C14、C17、C20、C21、C23、C24、C26、C31、LBP、WBS

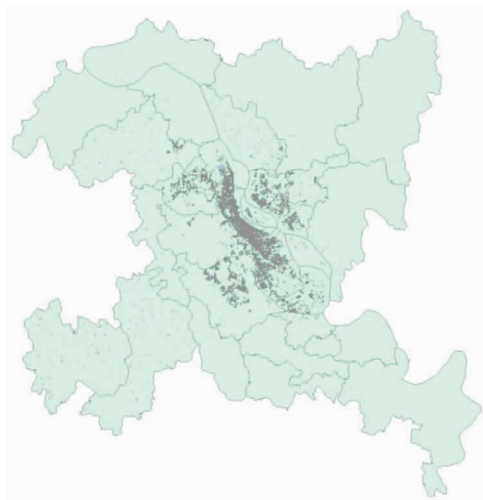


图 1 数据分布范围图

Fig. 1 Data distribution range

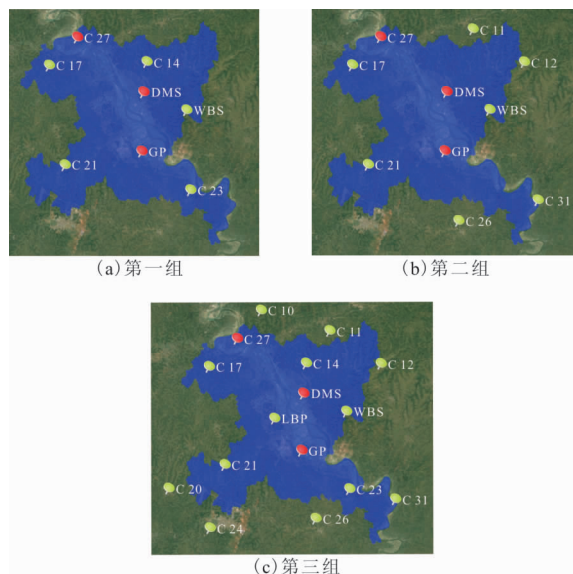


图 2 各组公共点和检验点位置分布图

Fig. 2 Location distribution of common points and inspection points

2.3.2 目标坐标系数据采集

使用多台 GNSS 接收机进行同步静态观测,获取公共点的 2000 年国家大地坐标系成果(外业观测技术指标按《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)中 D 级控制网要求执行)^[4-6]。

2.4 计算转换参数

2.4.1 计算方法

根据测区的实际情况,利用公共点的 1980 西安坐标系坐标数据和 2000 国家大地坐标系坐标数据,使用 COORD 软件,选用布尔莎七参数转换模型求解七参数。

2.4.2 七参数转换精度评估

对转换参数的精度进行评定时,主要参考坐标转换的内符合精度和外符合精度^[7-8],内符合精度由计算参数的公共点转换后的坐标值与原CGCS2000坐标值的残差表示,外符合精度由检验点根据计算参数进行坐标转换后的坐标值与真值的残差表示。本次公共点和检验点的CGCS2000坐标值由遂宁市连续卫星系统(SN-CORS)获取。

坐标转换完成后,需要依据计算坐标转换模型参数的重合点的残差中误差评估坐标转换精度。根据《国土资源数据2000国家大地坐标系转换技术要求》,对于n个点,坐标转换精度估计公式如下:

$$V(\text{残差}) = \text{重合点转换坐标} - \text{重合点已知坐标} \quad (1)$$

平面坐标x残差中误差为式(2)。

$$M_x = \pm \sqrt{\frac{[vv]_x}{n-1}} \quad (2)$$

平面坐标y残差中误差为式(3)。

$$M_y = \pm \sqrt{\frac{[vv]_y}{n-1}} \quad (3)$$

计算得到三组不同的七参数后,利用该参数把三个组公共点的1980西安坐标系数据转换至CGCS2000坐标系数据,再将由遂宁市连续卫星系统(SN-CORS)获取的CGCS2000坐标值进行对比分析,各个组内符合精度的情况如图3~图5所示。经计算,得到转换过后各个组的坐标残差中误差(表2)。同样的方式,利用三组参数把3个检验点的1980西安坐标系数据转换至CGCS2000坐标系数据,再将由遂宁市连续卫星系统(SN-CORS)获取的CGCS2000坐标值进行对比分析,各个组的外符合精度的情况见图6~图8。经计算得到转换过后各个组的坐标残差中误差(表3)。

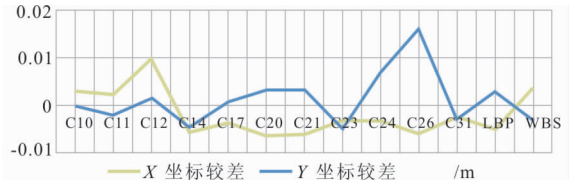


图5 第三组转换后坐标残差(内符合)

Fig. 5 The third group of coordinate residuals after conversion

表2 各组公共点坐标残差中误差

Tab. 2 Mean square error of coordinate residuals of common points in each group

序号	X坐标残差中误差/cm	Y坐标残差中误差/cm
第一组	2.02	2.14
第二组	1.83	1.92
第三组	0.81	1.03

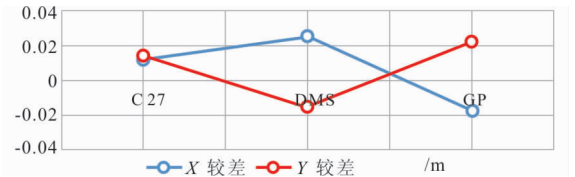


图6 第一组转换后坐标残差(外符合)

Fig. 6 The first set of coordinate residuals after conversion

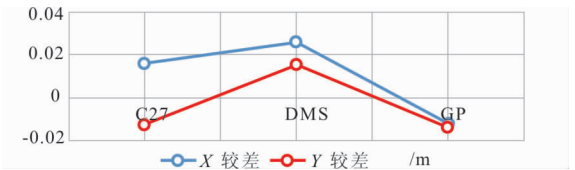


图7 第二组转换后坐标残差(外符合)

Fig. 7 The second set of coordinate residuals after conversion

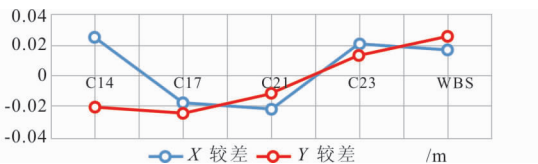


图3 第一组转换后坐标残差(内符合)

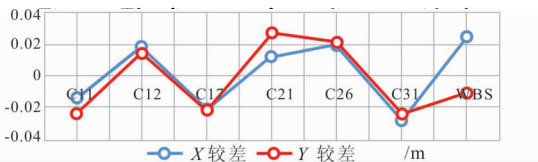


图4 第二组转换后坐标残差(内符合)

Fig. 4 The second set of coordinate residuals after conversion

表3 各组检验点坐标残差中误差

Tab. 3 Mean square error of coordinate residuals of each group of inspection points

序号	X坐标残差中误差/cm	Y坐标残差中误差/cm
第一组	1.92	2.04
第二组	1.64	1.52
第三组	0.47	0.38

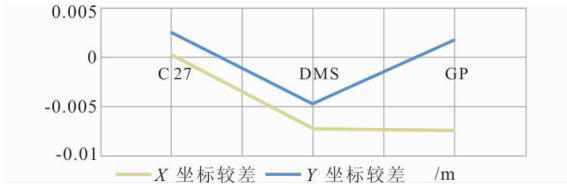


图 8 第三组转换后坐标残差(外符合)

Fig. 8 The third group of coordinate residuals after conversion

表 4 各组的点位误差统计表

Tab. 4 Statistical table of point position error of each group

序号	最小点位 误差/cm	大点位误差 /cm	中误差/cm
第一组	2.56	35.42	25.27
第二组	2.24	39.27	21.35
第三组	1.66	28.8	13.53

通过三个组的内符合、外符合精度以及坐标残差中误差对比分析,第三组的七参数转换精度最好。

2.5 数据转换

利用 Supermap-idesktop 软件,分别采用三组转换参数将数据按图层分别转换到 2000 国家大地坐标系。

2.6 精度检验

选取分布范围较广、具有代表性的矢量数据作为实地校核精度的样本数据。在样本数据范围内抽样选取分布均匀的特征点,本次在样本范围内选取了 45 处区域进行特征点坐标采集(图 9)。通过外业测量 CGCS2000 坐标的方式检核其数据精度,再以此推理分析不动产全部数据精度。根据《地籍测绘规范》(CH 5002-94),地物点相对于邻近控制点的点位中误差不超过图上 ± 0.5 mm,本项目按照 1:500 地籍图计算点位中误差为实地 0.25 m。由于本次外业数据采集使用的仪器为 GNSS 接收机,故本次检核为同精度检核,中误差计算公式为式(4)。

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\Delta\Delta]}{2n}} \quad (4)$$

式中: m 为等精度检测中误差; Δ 为实地坐标与图上坐标的平面位置较差; n 为采集点数量。

基于三组不同参数转换的数据,本次采集相同的房角特征点共计 100 个,计算并统计各个组的最

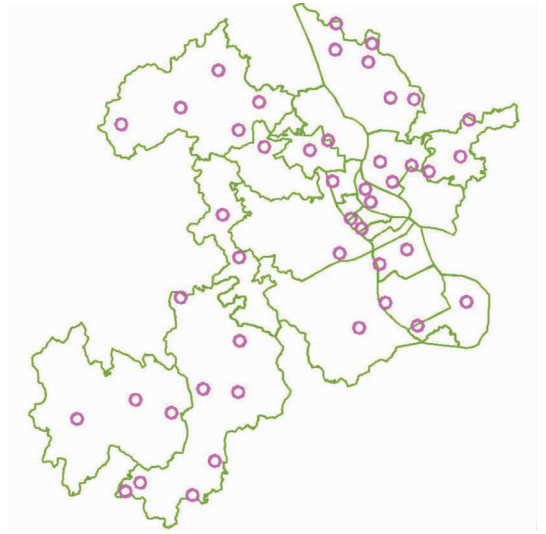


图 9 抽样区域分布图

Fig. 9 Distribution of sampling area

小点位误差、最大点位误差、中误差(表 4)。

通过对比分析各组的点位误差,第三组的最小误差为 1.66 cm,中误差为 13.53 m,均小于前两组,可知第三组的转换结果最好。进一步说明选取分布均匀且能够较好覆盖整个测区范围的控制点求解七参数进行坐标转换,转换结果精度最佳。三个组的最大点位误差均超过限差 25 cm,可知本次的不动产数据存在局部质量不佳的情况。针对局部数据质量不佳的情况,可在图上选取特征点(如房角点、路灯点、道路拐点等),并在 GPS 信号较好的地方采集特征点的 CGCS2000 坐标数据,再计算七参数进行数据转换,从而解决此问题。

3 结语

结合已有案例,通过选取不同数量和点位分布不同的控制点求解七参数,对不同的转换参数进行精度评估,并对坐标转换结果进行对比分析,说明选取分布均匀且能够较好覆盖整个测区范围的控制点求解七参数进行坐标转换,转换结果精度最佳。分析出现最大点位误差的原因是存在局部质量不佳的情况,针对该情况,可选取特征点,并在 GPS 信号较好的地方采集特征点的 CGCS2000 坐标数据,再计算七参数进行数据转换,从而解决此问题。采用该思路完成了不动产数据的坐标转换,取得了较好的效果,满足了工程需求,为测绘工作人员节省了大量的工作时间与精力。同时有望在时空信息云平台、国土空间基础信息平台等信息化平台上,构建相

应的数据转换模块,在平台管理端设置转换参数,便于数据转换管理和成果应用。

参考文献:

- [1] 田贵娥,宋利杰,尹利文.地方坐标系与CGCS2000坐标系转换方法的研究[J].测绘工程,2017,23(8):66—69.
TIAN G E, SONG L J, YIN L W. Research on the transformation method between local coordinate system and CGCS2000 coordinate system [J]. Surveying and Mapping. 2017,23(8):66—69. (In Chinese)
- [2] 林晓静,张小红,郭斐. ITRF2005 与 CGCS2000 坐标转换方法与精度分析[J].大地测量与地球动力学,2010,30(2):117—119.
LIN X J, ZHANG X H, GUO F. Coordinate conversion method and accuracy analysis between ITRF2005 and CGCS2000[J]. Geodesy and Geodynamics, 2010, 30 (2): 117—119. (In Chinese)
- [3] 王文成. CORS—RTK 测量中的坐标转换方法研究[J].科技资讯,2014,12(23):41.
WANG W C. Research on coordinate transformation method in CORS—RTK measurement [J]. Science and Technology Information, 2014, 12 (23): 41. (In Chinese)
- [4] 张海涛,纪敏.平面四参数模型下的城市平面坐标与2000国家大地坐标转换方法研究[J].测绘通报,2018(7):74—77.
ZHANG H T, JI M. Research on transformation
- method between urban plane coordinates and 2000 national geodetic coordinates under plane four parameter model [J]. Surveying and Mapping Bulletin, 2018(7): 74—77. (In Chinese)
- [5] 孔祥元,郭际明,刘宗泉.大地测量学基础[M].武汉:武汉大学出版社,2010.
KONG X Y, GUO J M, LIU Z Q. Fundamentals of geodesy [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2010. (In Chinese)
- [6] 王江林.临泽县国土资源空间数据2000国家大地坐标系转换[J].北京测绘,2019,33(5):550—554.
WANG J L. Linze County Land and resources spatial data 2000 national geodetic coordinate system transformation [J]. Beijing Surveying and Mapping, 2019, 33 (5):550—554. (In Chinese)
- [7] 王晶.西安80坐标系与2000国家大地坐标系转换浅析[J].科技风,2016(19):168—169
WANG J. Analysis on the transformation between Xi'an 80 coordinate system and 2000 national geodetic coordinate system [J]. Science and Technology Wind, 2016(19):168—169. (In Chinese)
- [8] 杜一兵,廖珊珊.国土资源数据2000国家大地坐标系转换方法的研究[J].南方国土资源,2018(7):51—52.
DU Y B, LIAO S S. Research on the transformation method of national geodetic coordinate system of land and resources data 2000 [J]. Land and Resources in the South 2018(7):51—52. (In Chinese)

Real estate data based on seven parameters analysis of coordinate transformation

HUANG Weijiang, LI Weixun, XU Yuan

((Suining Survey and Mapping Institute, Suining 629000, China)

Abstract: Natural resources spatial data support the business needs of natural resources departments at all levels, but there are still a large number of natural resources spatial data using the 1954 Beijing coordinate system and 1980 Xian coordinate system, resulting in inconsistent achievement benchmarks, complex data splicing and blocked achievement application. How to accurately and quickly obtain the high-precision transformation results of the 2000 national geodetic coordinate system is an urgent problem to be solved. This paper discusses the coordinate conversion method. Taking the project of converting the real estate registration data of Suining City into a 2000 national geodetic coordinate system as an example, this paper selects different control points with different numbers and point distribution to solve the seven parameters, compares and analyzes the coordinate conversion results, analyzes the source of error and the corresponding measures to weaken the error. The experiment shows that the control points with uniform distribution and good coverage of the whole survey area are selected to solve the seven parameters for coordinate conversion. As a result, the conversion results can meet the accuracy requirements specified in the national standard.

Keywords: coordinate transformation; CGCS2000; seven parameters