

地方坐标系与国家坐标系之间转换探讨

—— 广东省国土资源厅测绘院 吴惠丰

【摘要】 确定地方坐标系与国家坐标系相互之间的转换数学模型及求出坐标系之间的转换参数，为测绘工作提供更广阔的空间，并为今后实现资源共享的目的打下良好的基础。

【关键词】 坐标系 转换 数学模型 精度

一、地方坐标系的建立概况

1、地方坐标系的起算数据一般由国家坐标系（1954年北京坐标系或80西安坐标系）3°带坐标通过数据处理后的数据；或将起算数据换算到地方首级控制网中部某一经线为中央子午线再加数据处理后的数据。

2、地方坐标系的投影面一般有：城市平均高程面；参考椭球面；高程抵偿椭球面；高斯投影面等。

二、解决地方坐标系与国家坐标系之间转换的必要性和方案

1、地方坐标系的建立和对有关起算数据的处理及对投影面的选择，对资料成果的保密和局部范围内直接使用观测数据等方面来说是无可厚非的。随着计算机技术和网络技术的飞速发展，人类社会已进入信息时代，我国国民经济和社会信息化进程的加快；地理信息基础框架的建设；避免相关部门重复投资，克服时间及资金的浪费和资源共享等需要。就迫须建立地方坐标系与国家坐标系之间的转换关系。

2、地方坐标系建立的时间一般比较早，控制面积也不大；这样，原来的控制网已满足不了目前经济发展的需要或有些控制点已破坏或控制点难以使用或原观测资料保存不齐全等因素。所以，在利用改造地方控制网的同时联测足够的国家高级控制点，使该地区的地方坐标系与国家坐标系之间有一定的关系（即有足够数量的共同点）。这样，在保证满足原地方坐标系大比例尺成图转换精度要求的前提下，地方坐标系与国家坐标系之间，就可以采用近似转换法，在尽可能大的范围内求出四个转换参数，从而提高转换的工作效益。以可以根据实际需要，灵活使用相应坐标系数据。

3、地方坐标系和国家坐标系相互转换的数学模型（即转换公式）如下：

$$x = p + K \cos E \cdot X - K \sin E \cdot Y$$

$$y = q + K \cos E \cdot Y + K \sin E \cdot X$$

其中 X 、 Y 为旧坐标系的坐标， x 、 y 为新坐标系坐标， p 为纵坐标（ X ）平移参数、 q 为横坐标（ Y ）平移参数， K 为两个坐标系之间的伸缩参数， E 为两个坐标系之间的旋转参数。

4、两个坐标系之间的转换参数 p 、 q 、 K 、 E 由两个坐标系的共同点应用一定的数学关系求得。其步骤如下：

(1) 分别求出新旧坐标系共同点 (n 个) 的重心坐标

$$X_0 = \sum X \div n$$

$$Y_0 = \sum Y \div n$$

$$x_0 = \sum x \div n$$

$$y_0 = \sum y \div n$$

(2) 分别求出新旧坐标系共同点与相应重心坐标之差值

$$X' = X - X_0$$

$$Y' = Y - Y_0$$

$$x' = x - x_0$$

$$y' = y - y_0$$

(3) 求出相关系数 Q 、 M 、 N

$$Q = [X' \ X'] + [Y' \ Y']$$

$$M = [y' \ X'] - [x' \ Y']$$

$$N = \begin{bmatrix} x' & X' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y' & Y' \end{bmatrix}$$

(4) 求出四个转换参数 K、E、p、q

$$K = (M^2 + N^2) / \sqrt{(M^2 + N^2)} / Q$$

$$E = \arctan(N / \sqrt{(M^2 + N^2)})$$

$$p = x_0 - X_0 \cdot K \cos E + Y_0 \cdot K \sin E$$

$$q = y_0 - Y_0 \cdot K \cos E - X_0 \cdot K \sin E$$

5、新旧坐标系四个转换参数的准确性与改造网的精度、地方控制网所取的投影面、转换范围等因素有关。

三、地方坐标系、国家坐标系之间转换实例精度分析

我们在某地区对地方控制网进行改造，该控制网共布设了 216 个控制点，解算出两套地方坐标成果（控制范围不同）和两套国家坐标成果，在满足原大比例尺地形图转换精度（中误差为 ± 0.25 米）要求的前提下，对该地区各坐标系之间进行不同范围转换，其转换情况和精度如下：

ΔX 、 ΔY 分别为转换前点的坐标减去该点的反算坐标，坐标转换后点位位移为 $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ 。

1、1954 年北京坐标系与 1980 西安坐标系相互转换精度

（面积约 1330 平方公里，共同点 216）

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	216 (100%)			0.1	± 0.06
ΔY	216 (100%)			0.3	± 0.09
点位位移	216 (100%)			0.4	± 0.10

2、1954 年北京坐标系与地方坐标系 (1) 相互转换精度

(1)、面积约 1030 平方公里，共同点 136 个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	116 (85.3%)	20 (14.7%)		7.9	± 3.3
ΔY	119 (87.5%)	15 (11.0%)	2 (1.5%)	11.9	± 3.7
点位位移	90 (66.2%)	43 (31.6%)	3 (2.2%)	12.1	± 5.0

(2)、面积约 300 平方公里，共同点 84 个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	84 (100%)			4.1	± 1.9
ΔY	82 (97.6%)	2 (2.4%)		7.7	± 1.8
点位位移	82 (97.6%)	2 (2.4%)		8.7	± 2.6

3、1980 西安坐标系与地方坐标系 (1) 相互转换精度

(1)、面积约 1030 平方公里，共同点 136 个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	118 (86.8%)	18 (13.2%)		7.9	± 3.5
ΔY	116 (85.3%)	19 (14.0%)	1 (0.7%)	11.6	± 3.6
点位位移	86 (63.2%)	47 (34.6%)	3 (2.2%)	12.1	± 5.0

(2)、面积约 300 平方公里，共同点 84 个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	84 (100%)			4.1	± 1.9
ΔY	82 (97.6%)	2 (2.4%)		7.6	± 1.8
点位位移	82 (97.6%)	2 (2.4%)		8.7	± 2.6

4、1954年北京坐标系与地方坐标系(2)相互转换精度

(面积约300平方公里,共同点82个)。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	62 (75.6%)	20 (24.4%)		9.9	± 4.1
ΔY	76 (92.7%)	6 (7.3%)		9.5	± 2.6
点位位移	52 (63.4%)	30 (36.6%)		9.9	± 4.8

5、1980西安坐标系与地方坐标系(2)相互转换精度

(面积约300平方公里,共同点82个)。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	63 (76.8%)	19 (23.2%)		9.9	± 4.1
ΔY	76 (92.7%)	6 (7.3%)		9.4	± 2.6
点位位移	52 (63.4%)	30 (36.6%)		9.9	± 4.8

6、地方坐标系(1)与地方坐标系(2)相互转换精度

(1)、面积约40平方公里,共同点7个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	7 (100%)			0.5	± 0.26
ΔY	7 (100%)			1.0	± 0.55
点位位移	7 (100%)			1.0	± 0.61

(2)、面积约200平方公里,共同点65个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	56 (86.2%)	9 (13.8%)		8.7	± 3.5
ΔY	56 (86.2%)	8 (12.3%)	1 (1.5%)	11.3	± 3.6
点位位移	48 (73.9%)	14 (21.5%)	3 (4.6%)	11.4	± 5.0

(3)、面积约60平方公里,共同点14个。

	1 cm~5 cm	5 cm~10 cm	10 cm~15 cm	最大值cm	转换中误差cm
ΔX	12 (85.7%)	2 (14.3%)		8.1	± 3.4
ΔY	12 (85.7%)	2 (14.3%)		6.5	± 2.8
点位位移	10 (71.4%)	4 (28.6%)		8.6	± 4.4

以上各坐标系的相互转换精度分析:

从各种误差的传播进行综合分析,四个坐标系之间的相互转换中,最大点位位移为12.1厘米;最大点位位移中误差为 ± 5.0 厘米。因此,其转换数学模型、范围和精度均能满足原大比例尺地形图的精度要求。若对转换误差较大的,还要提高其转换精度,则将转换范围作相应缩小就能提高其转换精度。

四、结束语

为了解决有关的测绘部门对地方坐标系成果资料与国家坐标系成果资料之间的转换问题,使地方的测绘工作在今后使用坐标系统方面既有灵活性又可做到成果资源共享的目的。所以,在满足地方原大比例尺地形图精度要求和使用方便的情况下,根据地方新布设控制网解算得到的几套坐标系成果资料,就可以确定各坐标系之间的转换数学模型及求出其四个转换参数。由于本人专业水平的局限性,提出地方坐标系与国家坐标系之间的转换数学模型及求得的有关参数不一定是最优结果。恳请有关专家提出更优的转换数学模型,从而提高其转换精度和工作效益。