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

各省、自治区、直辖市国土资源主管部门、测绘地理信息行政主管部门，新疆生产建设兵团国土资源局，中国地质调查局及部其他直属单位，各派驻地方的国家土地督察局：

按照国务院关于推广使用2000国家大地坐标系的有关要求，国土资源部确定，2018年6月底前完成全系统各类国土资源空间数据向2000国家大地坐标系转换，2018年7月1日起全面使用2000国家大地坐标系。现将有关事项通知如下：

一、充分认识使用2000国家大地坐标系的重要性和紧迫性

2000国家大地坐标系是我国自主建立、适应现代空间技术发展趋势的地心坐标系。经国务院批准，我国自2008年7月1日起启用2000国家大地坐标系，到2018年全面完成2000国家大地坐标系转换工作。届时，国家测绘地理信息局将停止提供非2000国家大地坐标系下的测绘成果。

国土资源数据以空间数据为主，支撑着各级国土资源日常管理和监管工作，并为国民经济和社会发展、社会公众提供广泛的信息服务。随着生态文明建设的深化、国土规划和多规合一的全面实施，以及自然资源统一确权登记和用途管制工作的推进，国土资源数据在跨部门共享中的本底作用日益突出。为推进国土资源数据应用与共享，提高国土资源数据服务水平，需要在国土资源系统全面开展2000国家大地坐标系的转换和使用工作。

各级国土资源主管部门要充分认识2000国家大地坐标系转换和推广使用工作的重要性、紧迫性，做好工作部署，采取切实有效措施，按时完成2000国家大地坐标系转换工作。各级测绘地理信息行政主管部门和技术单位要全力配合，做好技术支持工作。

二、明确使用2000国家大地坐标系的目标任务和总体要求

（一）**目标任务**。2018年7月1日起，国土资源系统全面采用2000国家大地坐标系。具体任务如下：

1. 完成存量数据转换。各级国土资源主管部门按照《国土

资源数据2000国家大地坐标系转换技术要求》（见附件，以下简称《技术要求》），根据实际需要，分出轻重缓急，组织完成支撑国土资源日常管理工作的各类存量空间数据向2000国家大地坐标系转换工作。

2. 推广使用2000国家大地坐标系。在各类国土资源调查评价和地质调查工作中，采用2000国家大地坐标系。各级国土资源主管部门受理各类报件申请时，应只接收使用2000国家大地坐标系的数据材料。根据工作需要仍采用相对独立的平面坐标系的地方，要建立与2000国家大地坐标系的有效联系。

3. 开展过渡期实时数据转换。在本级已完成2000国家大地坐标系转换工作而下级单位尚未完成的过渡期内，使用嵌入坐标系转换插件的方法，开展对上报数据2000国家大地坐标系的实时转换工作。

（二）职责分工。按照“统一组织、分级实施、立足实际、全面推进”的原则，各级国土资源主管部门负责组织推进本辖区坐标转换工作，在部署和推进相关业务工作时做好衔接。各国土资源数据采集、管理和使用单位对本单位的坐标转换工作负总责。

1. 国土资源部统一组织和部署全国国土资源数据2000国家大地坐标系转换工作，制订坐标转换技术要求，组织中国地质调查局及部其他直属单位完成部本级数据转换以及与地方上报数据的衔接。

2. 省级国土资源主管部门统筹推进本辖区国土资源数据的2000国家大地坐标系转换工作，在组织完成省本级数据转换工作的同时，指导和督促市、县完成相关工作，并在国土资源空间数据采集和上报工作中向2000国家大地坐标系平稳过渡。

3. 市、县级国土资源主管部门按照部的统一部署和省级国土资源主管部门的具体要求，根据本地实际，组织有关单位完成本级国土资源存量数据的转换工作，在空间数据采集工作中采用2000国家大地坐标系。部分工作仍需采用相对独立的平面坐标系的，要建立与2000国家大地坐标系的有效联系。

4. 国家测绘地理信息局协助国土资源部制订技术要求，对部本级数据转换工作提供技术支持，组织各级测绘地理信息行政主管部门和技术单位对国土资源系统2000国家大地坐标系转换和使用工作提供技术支持和服务。

（三）进度要求。2018年6月底前，全面完成国土资源空间数据2000国家大地坐标系转换工作，具体进度安排如下：

1. 2017年底前，部本级完成各类存量国土资源数据和地质调查数据的转换工作，开发数据在线转换工具软件，实现对上报的非2000国家大地坐标系数据进行实时转换。

2. 2018年6月底前，省级和市、县级分别完成本级存量数据转换工作，数据的上传和下发过渡到全面采用2000国家大地坐标系。

3. 2018年7月1日以后，在全国国土资源数据采集、管理、

应用和服务等各环节，全面采用2000国家大地坐标系。对于2018年7月1日以前已经开展的涉及空间数据采集工作的项目，可仍采用原先设定的坐标系，待项目完成后，再对数据进行统一的2000国家大地坐标系转换。

三、采取有效措施，保障各项工作按时完成

（一）加强组织领导。国土资源数据2000国家大地坐标系转换工作时间紧、任务重。各级国土资源主管部门要精心组织、周密部署，做好无缝衔接和平稳过渡。省级国土资源主管部门要成立相应的组织协调机构，加强本辖区2000国家大地坐标系使用工作的组织实施和督促检查。各级测绘地理信息行政主管部门要组织技术单位，做好坐标转换工作的技术支持与指导。负责坐标转换工作的各相关单位要在人、财、物上予以充分保障，确保坐标系转换工作的顺利实施。

（二）严格质量管理。为保证转换后数据的准确性和完整性，在2000国家大地坐标系的转换工作中，各部门、各单位应严格遵循《技术要求》和相关技术标准、规定，严格质量控制，在测绘地理信息技术单位的协助下完成坐标转换成果的评定和验收。

（三）抓好数据安全。负责坐标转换工作的部门和单位在2000国家大地坐标系转换工作中，要高度重视数据安全，严格遵守相关法律、法规，健全数据安全管理制度，切实保障数据转换处理各个环节的数据安全。

（四）做好培训宣传。各级国土资源主管部门要在测绘地理

信息行政主管部门的支持下，开展多种形式的技术培训与交流。同时，通过报刊、网站等媒体向社会发布公告，做好宣传与引导，加强社会单位、企业和个人对国土资源系统使用2000国家大地坐标系的支持和配合。

附件：国土资源数据2000国家大地坐标系转换技术要求

附件

国土资源数据2000国家大地坐标系转换技术要求

国土资源部

国家测绘地理信息局

2017年2月

目　　录

一、坐标转换的数据内容 ..... - 11 -

二、坐标转换基本要求 ..... - 11 -

三、矢量数据的转换 ..... - 12 -

（一）转换工作流程 ..... - 12 -

（二）转换方法 ..... - 13 -

1.管理单元（以县或者单图幅）转换方法 ..... - 13 -

2.空间数据库转换方法 ..... - 15 -

四、栅格数据转换 ..... - 16 -

（一）分幅转换流程 ..... - 16 -

（二）分景数据转换流程 ..... - 17 -

（三）转换方法 ..... - 17 -

1.文件形式栅格数据转换方法 ..... - 17 -

2.标准分幅栅格数据转换方法 ..... - 18 -

五、相对独立的平面坐标系与2000国家大地坐标系建立联系的方法 ..... - 18 -

（一）相对独立的平面坐标系统控制点建立联系的方法 ..... - 18 -

（二）相对独立的平面坐标系统下空间图形转换 ..... - 20 -

附录A：点位坐标转换方法 ..... - 21 -

附录B：坐标转换改正量计算 ..... - 25 -

附录C：双线性内插方法 ..... - 27 -

附录D：常用坐标转换模型 ..... - 28 -

附录E：高斯投影正反算公式 ..... - 31 -

附录F：子午线弧长和底点纬度计算公式 ..... - 32 -

本技术要求规定了国土资源数据内容、转换基本要求、国土资源存量数据及增量数据由1980西安坐标系到2000国家大地坐标系的技术流程、转换方法及转换步骤，相对独立的平面坐标系与2000国家大地坐标系建立的联系方法等内容。

一、坐标转换的数据内容

全面梳理、合理评估国土资源各项调查、勘界、评价、资源管理等空间数据，根据实际需要，按照“应转尽转”的原则，转换为2000国家大地坐标系。国土资源数据应涵盖实际应用需要的各级各类国土资源空间数据，主要包括遥感影像、土地利用现状、土地利用总体规划、矿产资源总体规划、土地整治规划、农用地分等、基本农田、土地资源批、供、用、补、矿产资源勘查、开发、基础地质、区域地质、地球物理、地球化学等各级各类相关数据。

二、坐标转换基本要求

坐标转换应遵循以下基本要求:

1. 1:5万及以小比例尺数据库转换可利用国家测绘地理信息局提供的1980西安坐标系到2000国家大地坐标系图幅改正量，点位坐标按双线性内插方法（见附录C）进行逐点转换，点位数据及矢量数据也可利用两个坐标系下的重合点

作为控制点计算转换参数，使用此参数实现数据转换（见附录A）。栅格数据按本要求中第四部分介绍的方法实施转换。

2. 1:1万比例尺空间数据的转换采用国家测绘地理信息局提供的1:1万比例尺1980西安坐标系到2000国家大地坐标系图幅改正量通过双线性内插的方法逐点计算改正量。也可采用按（2°×3°）进行分区，逐区计算转换参数，按点位转换方法进行转换。计算模型见附录A。

3. 1:1万以大比例尺下点位数据按点位坐标的转换方法逐点进行坐标转换和转换精度评定，见附录A精度评定（不包括建立相对独立的平面坐标系的各类数据对应的比例尺）。

4. 原1980西安坐标系下建立的相对独立的平面坐标系按与1980西安坐标系建立联系的方法建立与2000国家大地坐标系的联系，模型和方法见第五部分。

5. 1954 北京坐标系下的数据，先转换为 1980 西安坐标系，再转换为 2000 国家大地坐标系。1954 北京坐标系转换为 1980 西安坐标系的方法参照测绘部门发布的技术方法。

三、矢量数据的转换

矢量数据的转换，以 1:1 万比例尺数据为例。

（一）转换工作流程

根据 1980 西安坐标系向 2000 国家大地坐标系转换相应

比例尺地形图坐标转换改正量，采用逐要素逐点转换法进行坐标转换或平移方法进行坐标转换，见图 1。

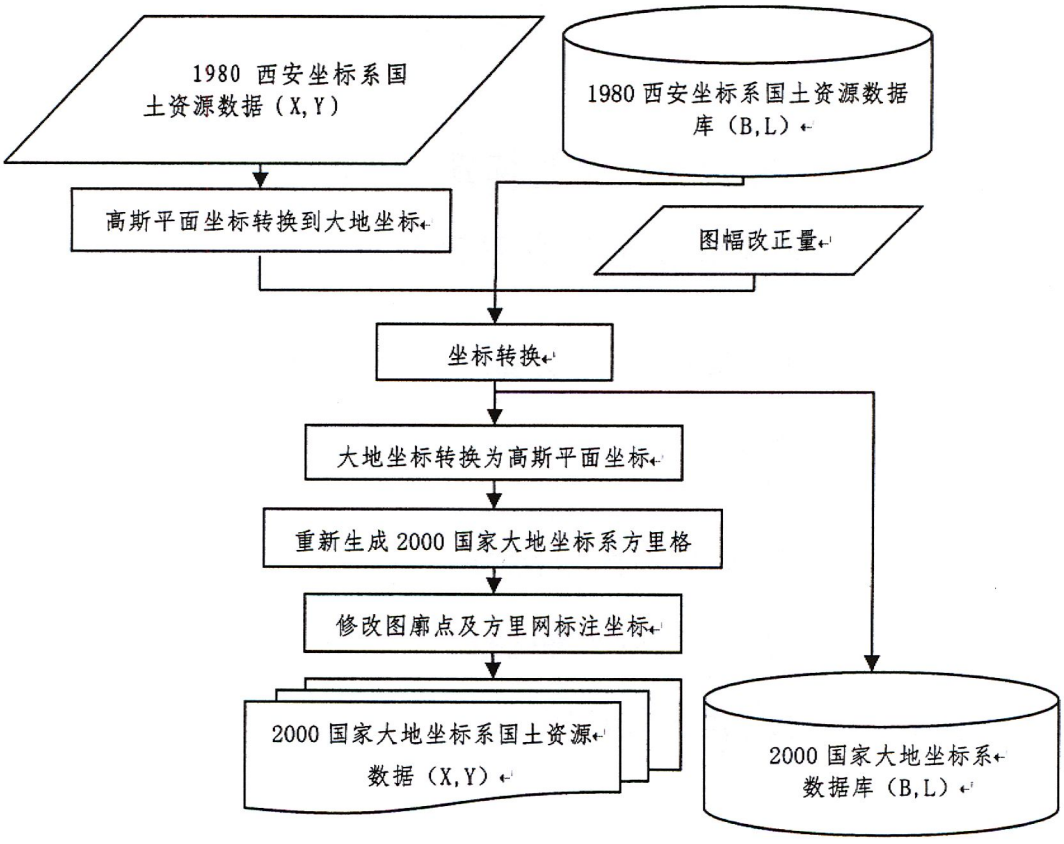


图 1 矢量数据转换技术流程图

（二）转换方法

国土资源数据以空间数据库或管理单元（以县或者单图幅）存放。其存储方式不同，转换到 2000 国家大地坐标系下方法有所不同。

1. 管理单元（以县或者单图幅）转换方法

（1）获取 1980 西安坐标系各要素的坐标，计算其 2000

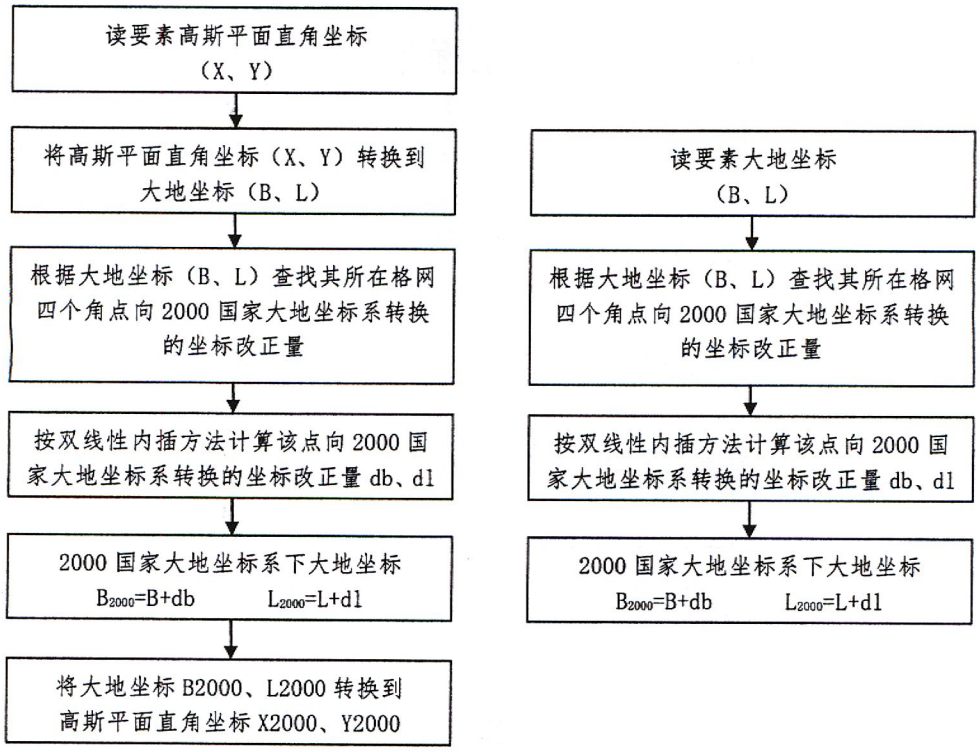
国家大地坐标系下各要素的坐标;

（2）将2000国家大地坐标系下各要素的坐标写回原要素;

（3）添加2000国家大地坐标系下新的方里格网层及标注，删除原方里格网数据层及方里网标注坐标、图廓标注。

该数据成果为 2000 国家大地坐标系，其有效图范围为原1980西安坐标系范围。

计算2000国家大地坐标系坐标流程图见图2,其中1980西安坐标系高斯平面直角坐标转换流程见图(a),1980西安坐标系大地坐标转换流程见图(b)。



（a）高斯平面坐标图　　（b）大地坐标图

图 2 矢量数据转换流程图

2. 空间数据库转换方法

连接后台数据库，加载空间数据库中每个要素类，读取各要素 1980 西安坐标系坐标，逐点计算 2000 国家大地坐标系下各要素坐标，将 2000 国家大地坐标系下的要素存储到空间数据库中新建的要素类，具体方法如下：

（1）新建一个与原要素类结构相同的新要素类；

（2）获取各要素 1980 西安坐标系坐标，逐点计算 2000 国家大地坐标系下各要素的坐标；

（3）将2000国家大地坐标系下要素写入新建要素类；

（4）添加2000国家大地坐标系下新的方里格网层，删除原方里格网数据层；

（5）更新相关字段属性值。

四、栅格数据转换

（一）分幅转换流程

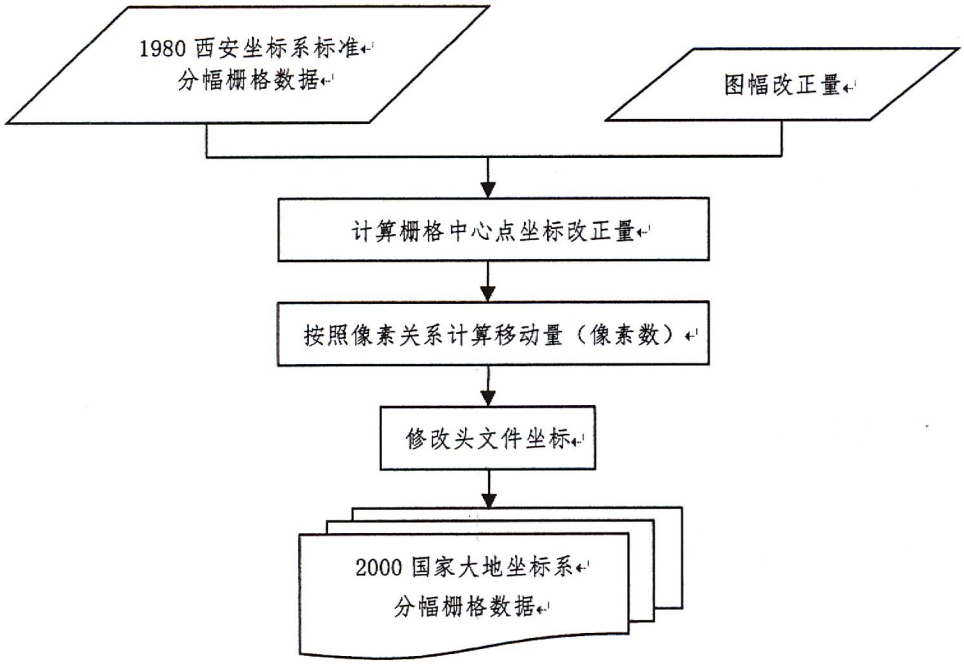


图3 栅格数据转换流程图

（二）分景数据转换流程

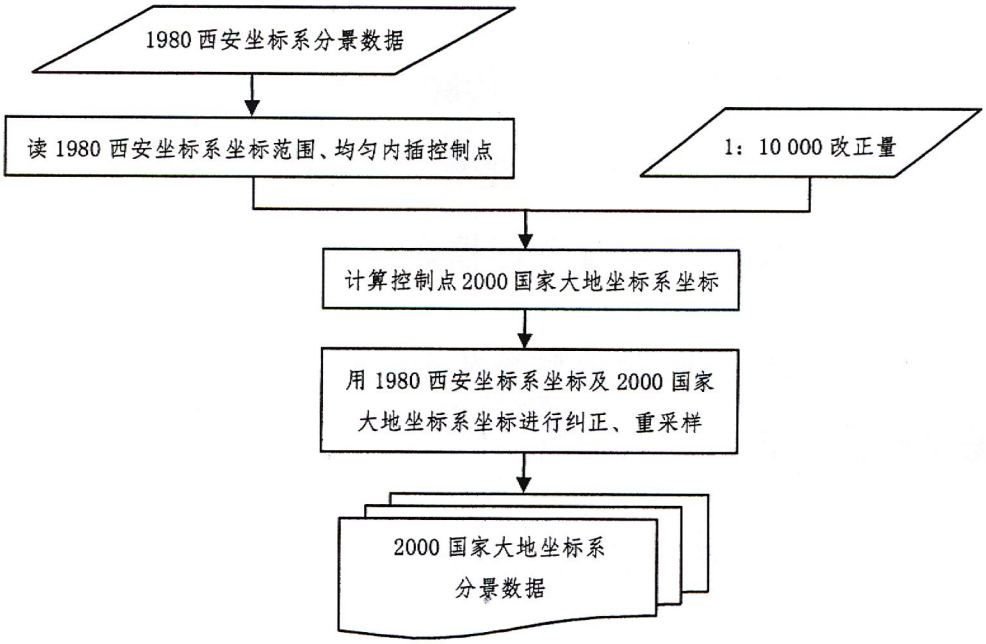


图 4 分景数据转换流程图

（三）转换方法

栅格数据以文件形式和数据库形式存放，其存储方式不同，转换到 2000 国家大地坐标系下方法有所不同。

1. 文件形式栅格数据转换方法

（1）获取 1980 西安坐标系栅格数据坐标范围，可依据区域大小、区域形状、精度要求高低等技术参数均匀内插部分控制点（5 公里），计算其 2000 国家大地坐标系下的坐标；

（2）用 1980 西安坐标系坐标及 2000 国家大地坐标系下坐标，通过工具软件进行配准，完成数据的坐标转换；

（3）更改数据头文件中定位坐标。

2. 标准分幅栅格数据转换方法

对标准分幅栅格数据读取 1980 西安坐标系坐标头文件中定位坐标，计算数据中心点坐标“改正量”，按照像素关系计算移动量（像素数），避免图幅之间接边数据重新采样；

（1）读取 1980 西安坐标系坐标头文件中定位坐标，计算数据中心点坐标“改正量”；

（2）更改数据头文件中定位坐标。

五、相对独立的平面坐标系与 2000 国家大地坐标系建立联系的方法

（一）相对独立的平面坐标系统控制点建立联系的方法

利用坐标转换方法将相对独立的平面坐标系统下控制点成果转换到 2000 国家大地坐标系下。

（1）相对独立的平面坐标系与 2000 国家大地坐标系转换技术流程如图 5。

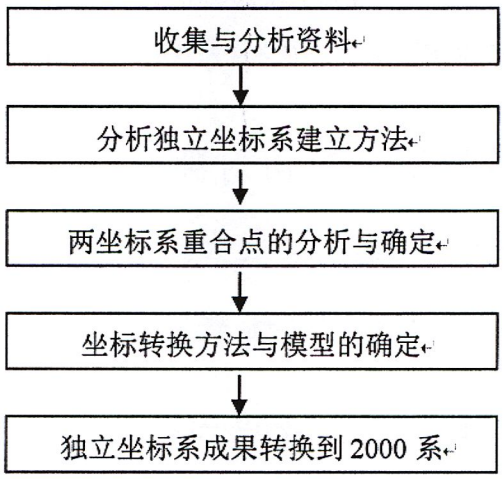


图 5 相对独立的平面坐标系转换技术流程

（2）重合点选取原则

择优选取地方控制网的起算点及高精度控制点、周围国家高精度的控制点，大中城市至少选取 5 个重合点（城外 4 个，市内中心 1 个）；小城市在城市外围至少选取 4 个重合点，重合点要分布均匀，包围城市区域，并在城市内部选定至少 6 个均匀分布的重合点对坐标转换精度进行检核。

（3）转换模型确定

建立相对独立的平面坐标系统与 2000 国家大地坐标系联系时，坐标转换模型要同时适用于地方控制点转换和城市数字地图的转换。一般采用平面四参数转换模型，重合点较多时可采用多元逐步回归模型。当相对独立的平面坐标系统控制点和数字地图均为三维地心坐标时，采用 Bursa 七参数转换模型。坐标转换中误差应小于 0.05 米。

（二）相对独立的平面坐标系统下空间图形转换

采用点对点转换法完成相对独立的平面坐标系统下空间数据数字地形图到 2000 国家大地坐标系的转换，转换后相邻图幅不存在接边问题。具体步骤如下：

- 利用控制点的转换模型和参数，对相对独立的平面坐标系统下数字地形图进行转换，形成 2000 国家大地坐标系地形图。
- 根据转换后的图幅四个图廓点在 2000 国家大地坐标系下的坐标，重新划分公里格网线，原公里格网线删除。
- 根据 2000 国家大地坐标系下的图廓坐标，对每幅图进行裁剪和补充。

附录 A：点位坐标转换方法

1. 坐标转换流程

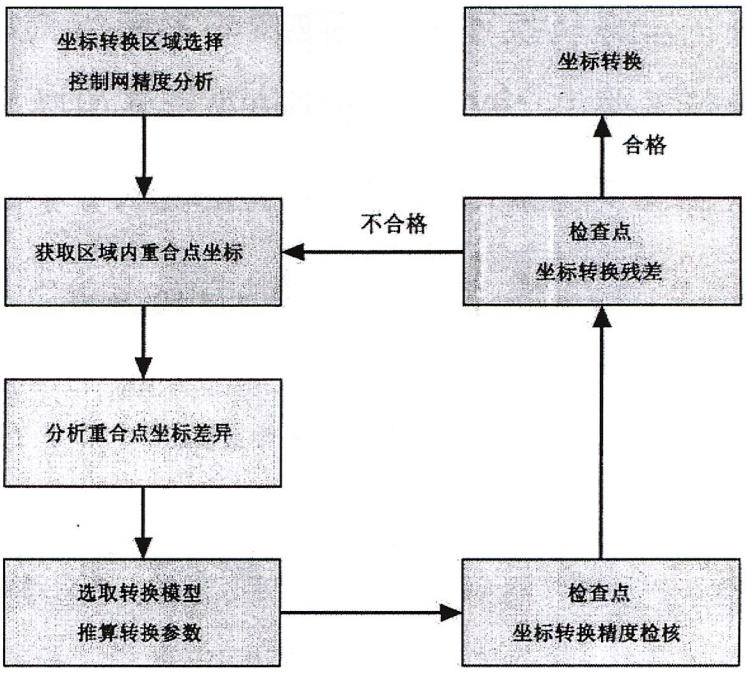


图 6 点位坐标转换流程

2. 坐标转换步骤

（1）重合点选取

坐标重合点可采用在两个坐标系下均有坐标成果的点。但最终重合点还需根据所确定的转换参数，计算重合点坐标残差，根据其残差值的大小来确定，若残差大于 3 倍中误差则剔除，重新计算坐标转换参数，直到满足精度要求为止；用于计算转换参数的重合点数量与转换区域的大小有关，但

不得少于5个。

（2）模型选择

全国及省级范围的坐标转换选择二维七参数转换模型；省级以下的坐标转换可选择平面四参数模型。对于相对独立的平面坐标系统与 2000 国家大地坐标系的联系可采用平面四参数模型或多项式回归模型。模型选取可参照下表1。

表1 点位坐标转换法模型选取表

重合点		转换模型	适用区域范围
所属坐标系	坐标类型		
1980 西安坐标系 1954 年北京坐标系	大地坐标	三维七参数	全国和省级范围 椭球面经纬差≥3°区域
		二维七参数	
		椭球面多项式拟合	
	空间直角坐标	布尔莎模型	全国及省级范围
		莫洛金斯基模型	省级以下范围
		三维四参数	<2°×2°局部区域
	平面坐标	二维四参数	局部小区域
相对独立的平面坐标系	平面坐标	二维四参数	局部小区域
		平面多项式拟合	局部小区域

（3）模型参数计算

用所确定的重合点坐标，根据坐标转换模型利用最小二乘法计算模型参数。

（4）精度检核

选择部分重合点作为外部检核点，不参与转换参数计算，用转换参数计算这些点的转换坐标与已知坐标进行比较进行外部检核。应选定至少 6 个均匀分布的重合点对坐标转换精度进行检核。

3. 精度评定和评估方法

分区转换及数据库转换点位的平均精度应小于图上的 0.1mm。具体:

1:5 万空间数据库坐标转换精度≤5.0m;

1:1 万空间数据库坐标转换精度≤1.0m;

1: 2000 空间数据库坐标转换精度≤0.2m

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。对于 n 个点，坐标转换精度估计公式如下:

①V（残差）=重合点转换坐标-重合点已知坐标

②空间直角坐标 X 残差中误差 $M_X=\pm\sqrt{\frac{[vv]_X}{n-1}}$

③空间直角坐标 Y 残差中误差 $M_Y=\pm\sqrt{\frac{[vv]_Y}{n-1}}$

④空间直角坐标 Z 残差中误差 $M_Z=\pm\sqrt{\frac{[vv]_Z}{n-1}}$

点位中误差 $M_p=\sqrt{M_X^2+M_Y^2+M_Z^2}$

⑤平面坐标 x 残差中误差 $M_x=\pm\sqrt{\frac{[vv]_x}{n-1}}$

⑥平面坐标 y 残差中误差 $M_y=\pm\sqrt{\frac{[vv]_y}{n-1}}$

⑦大地高 H 残差中误差 $M_H=\pm\sqrt{\frac{[vv]_H}{n-1}}$

平面点位中误差为 $M_p=\sqrt{M_x^2+M_y^2}$

附录 B：坐标转换改正量计算

1:1 万格网点坐标转换改正量计算时一般按(2°×3°)进行分区，并对每个分区向外扩充约 20′，分别解算出各分区的转换参数后，利用确定的转换方法与转换模型分别计算全国 1:1 万格网点的 2000 国家大地坐标系坐标 B_{2000}，L_{2000}，进而求出各点的 1980 西安坐标系与 2000 国家大地坐标系的差值 DB_{802000}，DL_{802000}（B_{2000}-B_{80}，L_{2000}-L_{80}），形成全国 1:1 万格网点的 1980 西安坐标系与 2000 国家大地坐标系的转换改正量 DB_{802000}，DL_{802000}。

大地坐标改正量计算公式：

$$dB=-\frac{\Delta x}{M}\sin B\cos L-\frac{\Delta y}{M}\sin B\sin L+\frac{\Delta z}{M}\cos B+\frac{1}{M}[\frac{e^2}{W}\Delta a+\frac{N}{2W^2}(2-e^2\sin^2 B)\Delta e^2]\sin B\cos B$$

$$dL=-\frac{1}{N\cos B}(\Delta x\sin L-\Delta y\cos L)$$

式中：$\Delta a,\Delta e^2$ 分别为 IAG-75 椭球与 2000 国家大地坐标系椭球长半径，第一偏心率平方之差。即 $\Delta a=a_{2000}-a_{80},\Delta e^2=e_{2000}^2-e_{80}^2$

则各个点在 2000 国家大地坐标系中的大地坐标为：

$$B_{2000}=B_{80}+dB\ L_{2000}=L_{80}+dL$$

- 根据转换的 B_{2000},L_{2000}，采用高斯投影正算公式计算相应

的高斯平面坐标X_{2000}, Y_{2000}。

- 求取全国 1:1 万以大比例尺格网点的转换改正量

$$DX_1 = X_{2000} - X_{80}$$
$$DY_1 = Y_{2000} - Y_{80}$$

全国 1954 年北京坐标系向 2000 国家大地坐标系转换改正量计算采用两步法：首先计算 1954 年北京坐标系向 1980 西安坐标系转换改正量，其次计算 1980 西安坐标系向 2000 国家大地坐标系转换改正量，最后将两改正量叠加形成 1954 年北京坐标系向 2000 国家大地坐标系转换改正量。

附录 C：双线性内插方法

以图所示标记说明方法，已知待插点(x, y)周围 4 个邻点的 Z 值，设待插值 Z (x, y)与它们在 x、y 两个方向上均线性相关，则在 x 方向(或 y 方向)内插两次，得到如图中插值 Z(m , y)和 Z (x, n)，再在 y 方向(或 x 方向)内插一次，得到(x, y)点的改正值 Z (x, y)。该方法称为双线性内插。

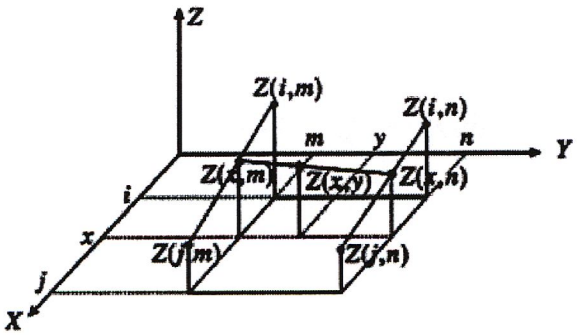


图 7 双线性内插示意图

结合图，双线性内插公式:

$$Z(x,m)=Z(i,m)+[Z(j,m)-Z(i,m)]\times[(j-x)\div(j-i)]$$

$$Z(x,n)=Z(i,n)+[Z(j,n)-Z(i,n)]\times[(j-x)\div(j-i)]$$

$$Z(x,y)=Z(x,n)+[Z(x,n)-Z(x,m)]\times[(n-y)\div(n-m)]$$

附录 D：常用坐标转换模型

1. 二维七参数转换模型

$$\begin{bmatrix}\Delta L\\ \Delta B\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{\sin L}{N\cos B}\rho'' & \frac{\cos L}{N\cos B}\rho'' & 0\\ -\frac{\sin B\cos L}{M}\rho'' & -\frac{\sin B\sin L}{M}\rho'' & \frac{\cos B}{M}\rho''\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta X\\ \Delta Y\\ \Delta Z\end{bmatrix}+$$

$$\begin{bmatrix}tgB\cos L & tgB\sin L & -1\\ -\sin L & \cos L & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\varepsilon_x\\ \varepsilon_y\\ \varepsilon_z\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ -\frac{N}{M}e^2\sin B\cos B\rho''\end{bmatrix}m$$

$$+\begin{bmatrix}0 & 0\\ \frac{N}{Ma}e^2\sin B\cos B\rho'' & \frac{(2-e^2\sin^2 B)}{1-f}\sin B\cos B\rho''\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta a\\ \Delta f\end{bmatrix}$$

其中：

$\Delta B,\Delta L$ 同一点位在两个坐标系下的纬度差、经度差，单位为弧度，

$\Delta a,\Delta f$ 椭球长半轴差（单位米）、扁率差（无量纲），

$\Delta X,\Delta Y,\Delta Z$ 平移参数，单位为米，

$\varepsilon_x,\varepsilon_y,\varepsilon_z$ 旋转参数，单位为弧度，

m 尺度参数（无量纲）。

2. 平面四参数转换模型

属于两维坐标转换，对于三维坐标，需将坐标通过高斯投影变换得到平面坐标再计算转换参数。

平面直角坐标转换模型:

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

其中，x_0，y_0 为平移参数，α 为旋转参数，m 为尺度参数。x_2，y_2 为 2000 国家大地坐标系下的平面直角坐标，x_1，y_1 为原坐标系下平面直角坐标。坐标单位为米。

3. 综合法坐标转换

所谓综合法即就是在相似变换（Bursa 七参数转换）的基础上，再对空间直角坐标残差进行多项式拟合，系统误差通过多项式系数得到消弱，使统一后的坐标系框架点坐标具有较好的一致性，从而提高坐标转换精度。

综合法转换模型及转换方法:

- 利用重合点先用相似变换转换

Bursa 七参数坐标转换模型

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -Z_S & Y_S \\ Z_S & 0 & -X_S \\ -Y_S & X_S & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y \\ \varepsilon_Z \end{bmatrix} + m \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}$$

式中，3 个平移参数 $[\Delta X \quad \Delta Y \quad \Delta Z]^T$，3 个旋转参数 $[\varepsilon_X \quad \varepsilon_Z \quad \varepsilon_Z]^T$ 和 1 个尺度参数 m。

- 对相似变换后的重合点残差 V_X, V_Y, V_Z 采用多项式拟合
- V_X 或 V_Y 或 $V_Z = \sum_{i=0}^{K} \sum_{j=0}^{i} a_{ij} B_S^{i-j} L_S^j$

式中：B，L 单位：弧度；K 为拟合阶数；a_{ij} 为系数，通过最小二乘求解。

附录 E：高斯投影正反算公式

1. 高斯投影正算公式

$$x = \mathrm{X} + Nt\cos^2 B\frac{l^2}{\rho^2}\left[0.5 + \frac{1}{24}(5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)\cos^2 B\frac{l^2}{\rho^2} + \frac{1}{720}(61 - 58t^2 + t^4)\cos^4 B\frac{l^4}{\rho^4}\right]$$

$$y = N\cos B\frac{l}{\rho}\left[1 + \frac{1}{6}(1 - t^2 + \eta^2)\cos^2 B\frac{l^2}{\rho^2} + \frac{1}{120}(5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2)N\cos^4 B\frac{l^4}{\rho^4}\right]$$

公式中子午线弧长 X 及公式中相关变量的计算见附录 F。

2. 高斯投影反算公式

$$B = B_f - \frac{\rho t_f}{2M_f}y(\frac{y}{N_f})\left[1 - \frac{1}{12}(5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2)(\frac{y}{N_f})^2 + \frac{1}{360}(61 + 90t_f^2 + 45t_f^4)(\frac{y}{N_f})^4\right]$$

$$l = \frac{\rho}{\cos B_f}(\frac{y}{N_f})\left[1 - \frac{1}{6}(1 + 2t_f^2 + \eta_f^2)(\frac{y}{N_f})^2 + \frac{1}{120}(5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2)(\frac{y}{N_f})^4\right]$$

式中 η_f、t_f 分别为按 B_f 值计算的相应量，B_f 及公式中相关变量的计算见附件 F。

附录 F：子午线弧长和底点纬度计算公式

1. 常用量定义

a 为椭球长半轴，1980 西安坐标系为 6378140m

b 为椭球短半轴

f 为椭球扁率， 1980 西安坐标系为 1/298.257

$$f = \frac{a-b}{a}$$

$$b = a\sqrt{1-e^2}$$

e—第一偏心率

$$e = \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

e′—第二偏心率

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2 B$$

$$t = tgB$$

$$V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B} \quad V^2 = 1 + \eta^2$$

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$$

B 为纬度，单位弧度

$$c = \frac{a^2}{b}$$

M—子午圈曲率半径 $M = \frac{a(1-e^2)}{W^3} = \frac{c}{V^3}$

N—卯酉圈曲率半径 $\mathrm{N} = \frac{a}{W} = \frac{c}{V}$

2. 子午线弧长 X

设有子午线上两点 p1 和 p2，p1 在赤道上 p2 的纬度为 B，p1、p2 间的子午线弧长 X 计算公式

$$X = a(1-e^2)(A'arcB - B'\sin 2B + C'\sin 4B - D'\sin 6B + E'\sin 8B - F'\sin 10B + G'\sin 12B)$$

式中

$$A' = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{175}{256}e^6 + \frac{11025}{16384}e^8 + \frac{43659}{65536}e^{10} + \frac{693693}{1048576}e^{12}$$

$$B' = \frac{3}{8}e^2 + \frac{15}{32}e^4 + \frac{525}{1024}e^6 + \frac{2205}{4096}e^8 + \frac{72765}{131072}e^{10} + \frac{297297}{524288}e^{12}$$

$$C' = \frac{15}{256}e^4 + \frac{105}{1024}e^6 + \frac{2205}{16384}e^8 + \frac{10395}{65536}e^{10} + \frac{1486485}{8388608}e^{12}$$

$$D' = \frac{35}{3072}e^6 + \frac{105}{4096}e^8 + \frac{10395}{262144}e^{10} + \frac{55055}{1048576}e^{12}$$

$$E' = \frac{315}{131072}e^8 + \frac{3465}{524288}e^{10} + \frac{99099}{8388608}e^{12}$$

$$F' = \frac{693}{1310720}e^{10} + \frac{9009}{5242880}e^{12}$$

$$G' = \frac{1001}{8388608}e^{12}$$

3. 底点纬度B_f迭代公式

$$B_0 = \frac{X}{a(1-e^2)A}, \quad B_{i+1} = B_i + \frac{X - F(B_i)}{F'(B_i)}$$

直到$B_{i-1} - B_i$小于某一个指定数值，即可停止迭代。

式中

$$F(B) = a(1-e^2)[A' arcB - B'\sin 2B + C'\sin 4B - D'\sin 6B + E'\sin 8B - F'\sin 10B + G'\sin 12B]$$

$$F'(B) = a(1-e^2)[A' - 2B'\cos 2B + 4C'\cos 4B - 6D'\cos 6B + 8E'\cos 8B - 10F'\cos 10B + 12G'\cos 12B]$$

公开方式：主动公开

国土资源部办公厅　　2017年3月17日印发