

## 基于 ArcGIS 的空间数据投影坐标转换方法研究

杨 斌<sup>①②</sup>, 顾秀梅<sup>③</sup>, 张 飞<sup>②</sup>, 王 青<sup>②</sup>

(①西南科技大学固体废弃物处理与资源化省部共建教育部重点实验室, 四川绵阳 621010; ②西南科技大学环境资源学院, 四川绵阳 621010; ③西南科技大学保密办公室, 四川绵阳 621010)

**【摘要】**本文在理解投影变换原理的基础上, 运用 Delphi 编程工具设计开发了一套基于不同坐标系下控制点坐标来求取七参数的应用软件, 在 ArcGIS 平台下探讨出从北京 54 坐标系到西安 80 坐标系的投影转换流程, 并结合四川重庆土壤类型分布数据进行了转换实验。结果表明, 该方法能在缺少转换参数的环境下较好地完成不同大地基准面和参考椭球体坐标系之间的投影转换。

**【关键词】**投影变换; 坐标系; 七参数; ArcGIS; 地理信息系统

**【中图分类号】**P226.3      **【文献标识码】**A      **【文章编号】**1009-2307 (2012) 04- -

### Transformation method for spatial data projection coordinates based on ArcGIS

**Abstract:** By full understanding of projective transformations theory, the application software of getting seven-parameter was designed and developed based on different coordinate control points in Delphi in the paper. The processing of projection transformation was built on Beijing 54 coordinates to Xi'an 80 coordinates in ArcGIS, which was used in the soil type distributed data of Sichuan province and Chongqing city. The result showed that the approaches could supply better solution for projection transformation between different datum and ellipsoid coordinates under insufficient information or without conversion parameters.

**Key words:** projection transformation; coordinate system; seven-parameter; ArcGIS; GIS

YANG Bin<sup>①②</sup>, GU Xiu-mei<sup>③</sup>, ZHANG Fei<sup>②</sup>, WANG Qing<sup>②</sup> (①Key Laboratory of Solid Waste Treatment and Resource Recycle, Ministry of Education, Southwest University of Science and Technology, Sichuan Mianyang 621010, China; ②College of Environment and Resource, Southwest University of Science and Technology, Sichuan Mianyang 621010, China; ③Confidentiality Office, Southwest University of Science and Technology, Sichuan Mianyang 621010, China)

## 1 引言

在很多工程进行过程中, 常常会遇到不同坐标系统间转换问题。常用的坐标转换包括各种空间直角坐标系与大地坐标系、地心空间直角坐标系与参心空间直角坐标系以及不同参心空间直角坐标系之间的相互转换。这些空间坐标系作用于空间数据中, 对空间数据附上相应的地理投影坐标, 从而为进一步GIS工程开发奠定基础<sup>[1-2]</sup>。然而, 当转换过程中的坐标系之间不存在明确的函数关系时, 就需要我们采用三参数、四参数、七参数坐标等转换模型来加以实现, 往往有些模型参数很难获取 (涉及到保密数据), 这为项目的进展设置了障碍<sup>[3]</sup>。

结合多年来工程项目经验, 利用Delphi开发工具结合七参数转换公式设计了求其七参数应用程序, 并在ArcGIS Desktop平台下摸索了一套将北京54坐标转换到西安80坐标系下的方法, 能较好地达到预期的目的。

## 2 投影变换的基本原理

### 2.1 北京 54 坐标系和西安 80 坐标系

在进行投影转换之前, 需要熟悉所转换的源投影和目标投影。在本次研究过程中, 源投影为早期所使用的北京54坐标系, 该坐标系采用克拉索夫斯基椭球体, 缺点表现为椭球参数误差较大、定位偏斜大等。目标投影为西安80坐标系, 该坐标系与源坐标系最大区别在于所采用的大地参考椭球体不同。基于此特点表1列举出各种地球椭球体模型参数信息<sup>[4-6]</sup>。分析表明, 西安80坐标系比北京54坐标系更加科学、严密, 但这两种坐标系在地图制图行业中均有使用, 在工程应用过程中, 常遇到将其二者进行转换, 但二者之间的转换需要涉及到严格

的七参数模型,以获取转换的七参数数据。

表1 各种地球椭球体模型

椭球体名称	年代	长半轴(米)	短半轴(米)	扁率
白塞尔(Bessel)	1841	6377397	6356079	1: 299.15
克拉克(Clarke)	1880	6378249	6356515	1: 293.5
克拉克(Clarke)	1866	6378206	6356584	1: 295.0
海福特(Hayford)	1910	6378388	6356912	1: 297
克拉索夫斯基	1940	6378245	6356863	1: 298.3
I. U. G. G	1967	6378160	6356775	1: 298.25
埃维尔斯特(Everest)	1830	6377276	6356075	1: 300.8

## 2.2 地图投影变换

地图投影变换是地图处理和建设空间数据库的重要基础环节。在地理信息空间数据集成过程中,需要将多样化的空间数据进行相互间的坐标统一,尽管一些GIS软件(如ArcGIS)支持动态投影功能,可实现将不同地理坐标系和投影坐标系数据显示在一起,但这并没有真正实现坐标系转换和投影变换,更不能进行空间叠加分析研究<sup>[8-10]</sup>。所以,地图投影变换成为在工程项目应用过程中首要解决的问题之一。

地图投影变换实际上包含两个内容,即地理坐标系转换和投影过程。地理坐标系是投影坐标转换的基础,只有确定了空间实体的地理坐标才能进行地图的投影坐标转化<sup>[11-13]</sup>。因此,在将北京54坐标向西安80坐标转换过程中,需要先求出两个坐标系(如北京54和西安80坐标系)之间的转换参数,然后再对其进行投影操作才能实现两者之间真正的地图投影转换。

## 3 坐标投影转换模型的应用

北京54坐标和西安80坐标分别采用了二种不同的大地基准面和参考椭球体,而在某些软件中的预定义坐标系可能会对用户产生误导<sup>[14]</sup>,例如在ArcGIS软件中的“Beijing 1954”和“Xian 1980”,并不能真正实现1954坐标系和1980坐标系之间的转换。因此,求解出两者之间的转换参数成为真正实现坐标转换的关键所在,两坐标系之间的常用转换方法有七参数法、五参数法和三参数法,本次选取七参数法进行转换研究。

七参数是指不同的两个坐标系之间的旋转、平移和缩放关系函数,在应用研究过程中,可以根据已知两个坐标系下控制点坐标,利用不同坐标系之间的坐标转换公式(式1),反求出这两个坐标系之间的旋转、平移和缩放关系参数值,便可得到所谓的七参数值<sup>[15]</sup>。基于此原理,选用Delphi7.0开发平台,利用其强大的矩阵运算能力,开发设计了一套求取七参数软件。该软件能通过代入已知两个不同坐标系下4个相同位置控制点的不同坐标值,来求取 $\Delta X_0$ 、 $\Delta Y_0$ 、 $\Delta Z_0$ 三个平移参数, $\varepsilon_X$ 、 $\varepsilon_Y$ 、 $\varepsilon_Z$ 三个旋转参数和一个尺度变化参数 $m$ 。

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = (1+m) \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

在程序设计过程中,为了便于计算,将七参数变量修改为 $Dx$ 、 $Dy$ 、 $Dz$ (三个平移参数), $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ (三个旋转参数)和 $\alpha$ (尺度变化参数)。在程序应用过程中,至少需要用户获取两个不同坐标体系下4个相同位置点的不同坐标值,才能反算求出七参数值。

## 4 投影转换的解决思路

投影转换思想实际上是源于GIS空间分析,它的实现过程主要是在ArcGIS中完成的。在

投影转换过程中,主要采用的是正解变换和数值变换方法,正解变换用于获取两个不同坐标系下控制点的数据值,数值变换用于将七参数进行源数据重新投影定义。基于以上分析投影信息转换方法大致可以分为以下6个步骤(图1)。

①在ArcGIS Desktop平台中,分别获取在两个不同坐标系下相同地区对应4个控制点的坐标值;②结合空间直角坐标系转换模型,运用编程工具Delphi7.0开发一套求取不同坐标系之间七参数软件(简称七参数软件);③在七参数软件中,选择相应的源坐标系和目标坐标系,依次代入步骤①中求取的4个控制点坐标值,计算出这两个不同坐标系下的七参数值;④在ArcToolboxs平台中,通过计算出来的七参数,自定义一个新的投影参数体系;⑤在ArcToolboxs平台中,利用自定义新的投影参数体系,对源数据进行投影信息重定义;⑥在ArcGIS Desktop平台中,对投影变换后的数据进行验证,如果出现问题重新选取控制点求取七参数值,进行重新投影变换,直至符合要求进行下一步空间分析。

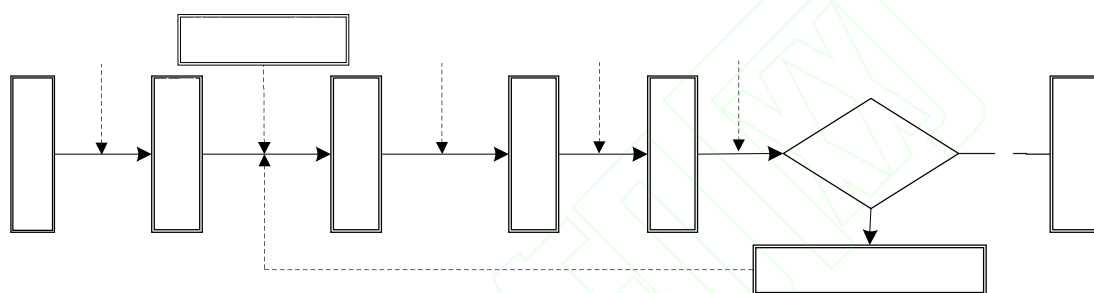


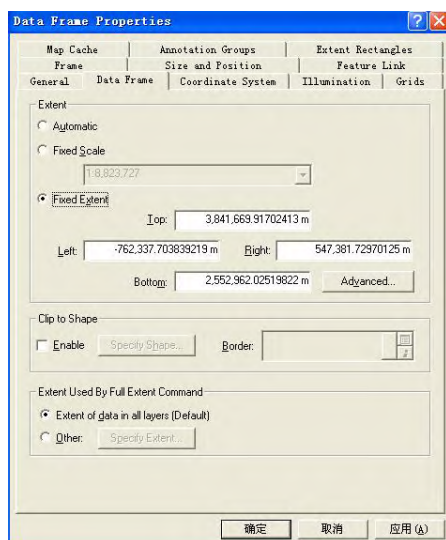
图1 投影转换的流程图

## 5 投影变换的实现过程

### 1) 获取两个不同坐标体系下对应坐标值

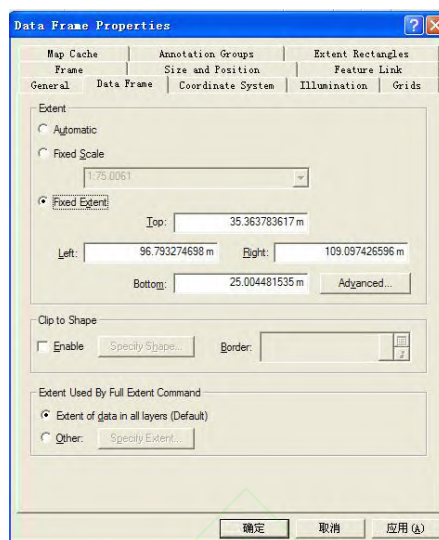
在获取对应控制点坐标值之前,必须先有相同地区在这两个不同坐标系下的数据,例如,我们的目标是将四川重庆土壤分布数据从原始具备的北京54坐标系转换到西安80坐标系下,因此,必须选用四川重庆行政界线数据(西安80)作为参考体系,或者可以选取相同区域地理范围内的其他类型数据(必须是西安80坐标系)。

分别在打开的两个ArcGIS Desktop软件中加载四川重庆行政界线数据(西安80)和四川重庆土壤分布数据(北京54),在这两个打开界面的全局视图下,通过Data Frame Properties属性的Data Frame项可以分别获取研究区在两个不同坐标系下对应4个控制点的坐标值(图2)。



(a) 北京 54 坐标系

(a) Beijing 54 coordinate system



(b) 西安 80 坐标系

(b) Xi'an 80 coordinate system

图 2 两个不同坐标系下的 Data Frame Properties 属性

通过两个不同坐标系下的Data Frame属性项中的Fixed Extent可以提取出对应的4个控制点坐标值(表2)。然后将其获取的4个控制点坐标值对应记录下来,以便在七参数软件中求取相应的七参数值。

表 2 两个不同坐标系下的对应 4 组坐标值

	北京 54 坐标系	西安 80 坐标系
A	(-762337.703839219, 384 669.91702413)	(96.793274698, 35.363783617)
B	(-762337.7038 9219, 2552962.02519822)	(96.793274698, 25.004481535)
C	(547381.72970125, 2552962.02519822)	(109.097426596, 25. 04481535)
D	(547381.72970125, 3841669.91702413)	(109.09 426596, 35.363783617)

## 2) 计算七参数

在开发出来的求取七参数软件中, 首先选择相应的源坐标系和目标坐标系(如北京54坐标系→西安80坐标系), 将获取得到的4个控制点坐标值依次添加到软件中, 如果没有添加到4组坐标值, 系统会提示您参数不够, 至少还需要再添加多少个坐标。当添加完两个不同坐标系下的对应4组坐标值以后, 在计算结果栏中会显示出求取的七参数值(图3)( $D_x$ 、 $D_y$ 、 $D_z$ 、 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ 、 $\alpha$ )。同时还可以根据实际应用情况将计算结果以txt文件格式导出, 供今后保存使用。





图3 七参数值计算结果

### 3) 自定义投影参数

获得七参数值后, 还需要自定义一个新的投影参数体系。在ArcGIS Desktop平台中, 通过ArcToolBox中的Projections and Transformations下Create Custom Geographic Transformation命令, 自定义一个新的投影系统参数, 先在窗口中先输入源坐标系统和目标坐标系统(投影坐标信息), 再选择“Coordinate\_frame”方法, 并将其求取的七参数值依次输入, 最终将其保存名称为“sczh”, 一个新的自定义投影参数体系就生成了。

### 4) 坐标投影转换

坐标投影转换实际上就是将源坐标投影信息删除, 然后重新给其定义与目标投影体系相同的坐标系统。在ArcGIS Desktop平台中, 可以通过ArcToolBox中的Projections and Transformations下的Project命令, 利用第四步求取出来的自定义投影参数给源坐标系统重新定义一个与目标投影体系具有相同参数的地理坐标系统, 因而转换出来的投影系统为目标投影系统下的地理坐标。这在最后使用过程中还需要在ArcCatalog里对转换后的数据进行地理坐标到投影坐标的投影变换。

### 5) 投影转换结果对比

通过对以上方法实际操作, 得到了一个新的图层, 该图层被定义了新坐标系投影信息(西安80坐标)。将新得到的图层与四川重庆行政界线数据(西安80)参考体系图层进行叠加, 发现两者数据吻合情况良好, 没有发现任何变形; 将其和源图层相比发现属性信息没有发生任何丢失, 情况良好。图4表示为该图层在转换前后的对比差异情况。

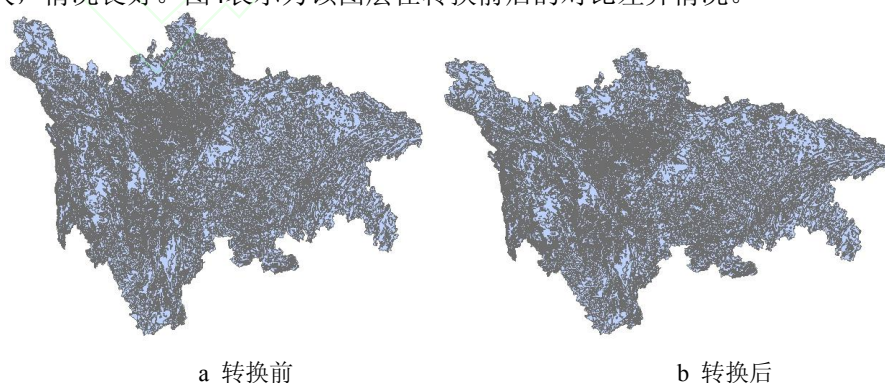


图4 四川省土壤类型分布数据投影转换前后对比图

## 6 结束语

空间数据坐标投影转换已经成为地理信息工程应用领域中的一个常见问题,尤其针对具有不同的大地基准面和参考椭球体的坐标投影转换更是其中的难点。通过对投影变换参数模型的理解分析,运用Delphi开发一套基于4组坐标控制点求取的七参数软件,并在ArcGIS软件平台下采用正解变换和数值变换方法实现由北京54坐标系到西安80坐标系之间的转换。通过对该方法的实践验证,成功地将北京54坐标系下的四川重庆土壤类型分布数据转换到西安80坐标系统下,解决在数据不全或者数据丢失的情况下对不同坐标系之间的转换,为较好地运用数据解决实际工程问题提供了良好的途径。

#### 参考文献:

- [1] 韩雪培, 廖帮固. 海岸带数据集成中的空间坐标转换方法研究[J]. 武汉大学学报, 2004, 29(10): 933-936.
- [2] 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.
- [3] 赵永华. GPS 技术中坐标系的转换[J]. 煤炭技术, 2004, 23(7): 94-95.
- [4] 赵丹. 基于 VC++ 的常用大地坐标转换程序实现[J]. 铁道勘测与设计, 2009, 39(4): 11-17.
- [5] 李炜民, 谢军飞, 李延明. GIS 数据集成中的北京地方坐标系变换研究[J]. 城市勘测, 2007, 32 (5): 51-55.
- [6] 夏浩铭, 毕远溥, 雷利元, 等. 辽宁省海岸带北京 54、西安 80 与 WGS 84 坐标转换研究[J]. 海洋地质动态, 2010, 26 (10): 50~54.
- [7] Bittner T. Approximate qualitative temporal reasoning[J]. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2002, 35(1-2): 39-80.
- [8] Varzi A C. Introduction: Philosophical Issues in Geography[J]. Topoi, 2001, 20(2): 119-130.
- [9] 许辉熙. 空间信息技术在水电开发工程预可研中的决策支持——以黄河玛尔挡水电站为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2008.
- [10] 杨斌. “数字山地”框架下的山地本体及数字化分类研究——以四川省为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- [11] 党亚民, 成英燕, 吴秀娟, 等. 不同坐标系图斑理论面积计算研究[J]. 测绘科学, 2005, 30(6): 23-27.
- [12] 蔡昌盛, 高井祥, 郑南山, 等. 北京 54 坐标转换至 WGS 84 坐标的方法[J]. 四川测绘, 2005, 28(3): 125-127, 134.
- [13] 党亚民, 成英燕, 孙毅, 等. 图件更新北京 54 和西安 80 坐标系转换方法研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(3): 20-22.
- [14] Egenhofer M. Toward the semantic geospatial web, Tenth ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems[M]. ACM Press, New York, NY, USA, McLean, Virginia, USA, 2002, 1-4.
- [15] 成英燕, 李夕银. 适用于不同椭球的高斯平面坐标正反算的实用算法[J]. 测绘科学, 2004, 29(4): 26-27.

---

作者简介: 杨斌 (1979-), 男, 新疆石河子人, 博士, 副教授, 北京师范大学环境工程与科学博士后流动站, 主要从事遥感与 GIS 集成开发技术在国土资源、生态环境等领域的应用研究。

E-mail: xjgis@126.com

收稿日期: 2011-2-15

基金项目: 四川省教育厅彝民族文化研究中心项目 (YZWH1030); 西南科技大学博士基金 (09zx7112)