

# 基于 VB 6.0 的高斯投影坐标转换的实现

安 卫<sup>1</sup>, 戈 扬<sup>2</sup>, 曹 伟<sup>1</sup>, 宋 波<sup>1</sup>

(1. 天津市测绘院, 天津 300381; 2. 天津市国土资源和房屋管理局西青区国土资源分局, 天津 300381)

**摘 要:** 介绍了高斯投影坐标转换的方法, 包含坐标的正算和反算。具体来说就是经纬度坐标  $(B, L)$  转换为本椭球系的平面直角坐标  $(x, y)$ , 以及平面直角坐标  $(x, y)$  转换为相应椭球系的经纬度坐标  $(B, L)$ 。本文还介绍了转换软件的开发过程、功能及其转换精度的验证。

**关键词:** 坐标转换; 高斯投影; 椭球参数; 经纬度; VB 6.0

**中图分类号:** P226+.3      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1672-5867(2012)01-0205-03

## The Implementation of Coordinate Transformation about Gauss Projection Using VB 6.0

AN Wei<sup>1</sup>, GE Yang<sup>2</sup>, CAO Wei<sup>1</sup>, SONG Bo<sup>1</sup>

(1. Tianjin Institute of Surveying and Mapping, Tianjin 300381, China;

2. The Xiqing Branch of Tianjin Municipal Bureau of Land Resources and Housing Management, Tianjin 300381, China)

**Abstract:** This article describes coordinate transformation about Gauss projection, which contains positive and inverse coordinate transformation, specifically, that is the latitude and longitude coordinates  $(B, L)$  converted to plane rectangular coordinates  $(x, y)$  and the plane rectangular coordinates  $(x, y)$  converted to the latitude and longitude  $(B, L)$  based on the same ellipsoid. This paper also describes the development of the conversion software, its functions, and the verification of its conversion accuracy.

**Key words:** coordinate transformation; Gauss projection; ellipsoid parameters; latitude and longitude; VB 6.0

### 0 引 言

在日常的测量工作中, 外业测量的坐标一般为 WGS-84 坐标, 也称经纬度坐标, 而最终的测图成果均为平面直角坐标系, 因此这就涉及经纬度坐标与平面直角坐标相互转换的问题, 也就是高斯投影坐标转换的问题。以下详细介绍高斯投影的理论、高斯投影正反算公式及高斯投影正反算的验证。

### 1 基本原理

说到高斯投影就不得不说为什么投影, 因为我们需要把测量椭球面上的坐标、方位、距离等转换到平面上, 才有一定的用途, 这就涉及投影。所谓的地图投影, 简略地说就是将椭球面上的元素(包括坐标、方位、距离等)按照一定的数学法则投影到平面上。研究这个问题的专门学科叫做地图投影学。这里所谓的数学法则, 可以用下面两个方程式概括:

$$\left. \begin{aligned} x &= F_1(L, B) \\ y &= F_2(L, B) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中,  $L, B$  是椭球面上某一点的大地坐标;  $x, y$  是该点投影后的平面直角坐标。这里所说的平面, 也即是通常所说的投影面, 很显然, 投影面必须是可以展成平面的曲面, 比如椭圆(或圆)柱面、圆锥面以及平面等。投影的方法很多, 高斯投影仅仅是其中的一种。在我国大地测量中, 采用的横轴椭圆柱面等角投影, 就是所谓的高斯投影。为了控制测量而选择地图投影时, 应根据测量的任务和目的来进行, 为此, 对地图投影提出了以下要求, 首先得采用等角投影(又称为正形投影); 其次, 在所采用的正形投影中, 还要求长度和面积变形不大, 并能够应用简单公式计算由这些变形带来的改正数。一般情况下, 从理论上来说, 不管投影变形有多大, 都是可以计算出来的。但是计算很大的变形, 比起直接在椭球面上进行数据处理要复杂得多, 从而也失去了投影的意义。因此, 为了测量目的的地图投影应该限制在不大的投影范围内,

收稿日期: 2010-12-22

作者简介: 安 卫(1984-), 男, 彝族, 贵州大方人, 助理工程师, 学士, 主要从事城镇地籍测量及 CAD 与 GIS 方面的二次开发工作。

从而控制变形,并能以简单公式计算由它引起的改正数;最后,对于一个国家乃至全世界,投影后应该保证具有一个单一起算点的统一的坐标系,显然这是不可能的。因为如果这样的话,变形将会很大,并且难以顾及,这就同上面的要求相矛盾。为了解决这个矛盾,测量上往往将这样大的区域按照一定的规律分成若干小区域(或带)。每个带单独投影,并组成本身的直角坐标系,然后再将这些带用简单的数学方法连接在一起,从而组成统一的系统,高斯投影就是在这些要求之上建立起来的。

什么是高斯投影?可以想象一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面,并与某一条子午线(此子午线称为中央子午线或轴子午线)相切,椭圆柱的中心轴通过椭球体中心,然后用一定的投影方法,将中央子午线两侧一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面上,再将此圆柱展开即成为投影面。

我国规定按经差 6°和 3°进行分带,一般情况下,在进行大比例尺测图和工程测量时采用 3°带投影。在特殊的情况下,工程测量控制网也可以采用 1.5°带或任意带。但是为了测量成果能够通用,需要同国家 6°带或 3°带相联系。

在投影面上,中央子午线和赤道的投影都是直线,并且以中央子午线和赤道的交点作为坐标原点,以中央子午线的投影为纵坐标轴,以赤道的投影为横坐标轴,这样即可变形成高斯投影直角坐标系。在我国  $x$  坐标都是正的, $y$  坐标的最大值(在赤道上)约为 330 km。为了避免出现负的横坐标,需在横坐标上加上 500 000 m,此外还应该在坐标前面再冠以带号,这种坐标称为国家统一坐标。

由于高斯投影正反算的推算比较复杂,还要计算子午线弧长、迭代计算,等等,这里就不多作说明。

## 2 高斯投影正反算公式

### 2.1 正算公式

由大地坐标(大地纬度和大地经度:  $B, L$ ) 计算高斯平面坐标( $x, y$ )的正算公式如下:

$$x = l(B) + \frac{t}{2}N \cos^2 B l^2 + \frac{t}{24}N \cos^4 B (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) l^4 + \frac{t}{720}N \cos^6 B (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2) l^6 + \frac{t}{40\ 320}N \cos^8 B (1\ 385 - 3\ 111t^2 + 543t^4 - t^6) l^8 + \dots \quad (2)$$

$$y = N \cos B l + \frac{1}{6}N \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) l^3 + \frac{1}{120}N \cos^5 B (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) l^5 + \frac{1}{5\ 040}N \cos^7 B (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) l^7 + \dots \quad (3)$$

式中:  $l(B)$  为从赤道到投影点的子午线弧长;  $N$  为卯酉圈半径。其中:

$$t = \tan(B) \quad (4)$$

$$\eta^2 = e^2 \cos^2 B \quad (5)$$

$$l = L - L_0 \quad (6)$$

$l$  为经差,  $L_0$  为中央子午线经度。  $l(B)$  的计算公式如下:

$$l(B) = \alpha [B + \beta \sin 2B + \gamma \sin 4B + \delta \sin 6B + \varepsilon \sin 8B + \dots] \quad (7)$$

其中:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{a+b}{2} \left( 1 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{64}n^4 + \dots \right) \\ \beta = -\frac{3}{2}n + \frac{9}{16}n^3 - \frac{3}{32}n^5 + \dots \\ \gamma = \frac{15}{16}n^2 - \frac{15}{32}n^4 + \dots \\ \delta = -\frac{35}{48}n^3 + \frac{105}{256}n^5 - \dots \\ \varepsilon = \frac{315}{512}n^4 + \dots \end{cases} \quad (8)$$

$$n = \frac{a-b}{a+b} \quad (9)$$

采用式(2)~式(9)即可计算出高斯投影的正算坐标。

### 2.2 反算公式

为了检验程序的正确性,必然要进行反算以进行检验。高斯平面坐标( $x, y$ ) 计算大地坐标(大地纬度和大地经度:  $B, L$ )的高斯反算公式如下:

$$B = B_f + \frac{t_f}{2N_f}(-1 - \eta_f^2) y^2 + \frac{t_f}{24N_f} (5 + 3t_f^2 + 6\eta_f^2 - 6t_f^2\eta_f^2 - 3\eta_f^4 - 9t_f^2\eta_f^4) y^4 + \frac{t_f}{720N_f} (-61 - 90t_f^2 - 45t_f^4 - 107\eta_f^2 + 162t_f^2\eta_f^2 + 45t_f^4\eta_f^2) y^6 + \frac{t_f}{40\ 320N_f} (1\ 385 + 3663t_f^2 + 4\ 095t_f^4 + 1\ 575t_f^6) y^8 + \dots \quad (10)$$

$$L = L_0 + \frac{1}{N_f \cos B_f} y + \frac{1}{6N_f^3 \cos B_f} (-1 - 2t_f^2 - \eta_f^2) y^3 + \frac{1}{120N_f^5 \cos B_f} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8t_f^2\eta_f^2) y^5 + \frac{1}{5\ 040N_f^7 \cos B_f} (-61 - 662t_f^2 - 1\ 320t_f^4 - 720t_f^6) y^7 + \dots \quad (11)$$

其中下标为  $f$  的要由底点纬度  $B_f$  来计算。底点纬度则可以采用下面的级数展开式进行计算:

$$B_f = \bar{x} + \bar{\beta} \sin 2\bar{x} + \bar{\gamma} \sin 4\bar{x} + \bar{\delta} \sin 6\bar{x} + \bar{\varepsilon} \sin 8\bar{x} + \dots \quad (12)$$

式中:

$$\begin{cases} \bar{\alpha} = \frac{a+b}{2} \left( 1 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{64}n^4 + \dots \right) \\ \bar{\beta} = \frac{3}{2}n - \frac{27}{32}n^3 + \frac{269}{512}n^5 + \dots \\ \bar{\gamma} = \frac{21}{16}n^2 - \frac{55}{32}n^4 + \dots \\ \bar{\delta} = \frac{151}{96}n^3 - \frac{417}{128}n^5 + \dots \\ \bar{\varepsilon} = \frac{1\ 097}{512}n^4 + \dots \end{cases} \quad (13)$$

且

$$\bar{x} = \frac{x}{\alpha} \quad (14)$$

利用式(10)~式(14)即可算出大地经度和纬度。

### 2.3 注意事项

不论正算还是反算,在编程计算过程中,特别要注意弧度与度、分、秒之间的换算,在上述的公式中,什么时候用弧度,什么时候用度、分、秒,要特别清楚。一般在界面上输入的都是用度、分、秒表示的,在电脑计算的过程中一般都采用弧度,在以上公式中,都是采用弧度进行计算的,所以要先将输入的度、分、秒转换为弧度后再进行计算。

## 3 程序的实现过程及转换精度的验证

### 3.1 程序的实现过程

程序的开发是基于 VB 6.0 平台实现的。Visual Basic 是 Microsoft 公司开发的可视化软件开发工具,具有简单、高效、功能强大等特点,是 Windows 环境下优秀的程序设计工具之一。Visual Basic 继承了早期 Basic 语言的优点,采用面向对象的程序设计技术,提供了开发 Windows 应用程序的最简捷、有效的方法。Visual Basic 功能强大、使用人数众多,目前全世界有上百万的程序设计人员正在使用 Visual Basic 开发各种类型的软件。

鉴于 Visual Basic 设计界面简单的优点,所设计的高斯正反算程序界面如图 1、图 2 所示。



图 1 高斯投影正算窗口

Fig. 1 Positive coordinate transformation of Gauss projection



图 2 高斯投影反算窗口

Fig. 2 Inverse coordinate transformation of Gauss projection

### 3.2 程序的功能介绍

用户可以选择椭球系,程序中有三个椭球系可供用户选择,即克拉索夫斯基椭球系、1975 国际椭球系、WGS-84 椭球系,除此之外用户还可以自己定义椭球系(如图 3 所示)。

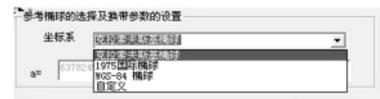


图 3 参考椭球的选择及换带参数的设置

Fig. 3 The selection of ellipsoid and the setting of parameters for transformation

然后选择投影带和输入中央子午线经度,导入所要计算的数据即可进行坐标的转换。

### 3.3 转换精度的检验

本程序的验证数据是采用天津市西青区范围的 1980 西安坐标系空间直角坐标数据。1980 西安坐标系采用的椭球参数是 1975 国际椭球,其长半轴为 6 378 140 m,短半轴为 6 356 755.288 157 53 m。由于天津市西青区的经度范围介于 116°~118°之间,故在采用 3°带进行计算时其中央子午线为 117°。现打开高斯投影反算的界面,导入表 1 的数据,选择 1975 国际椭球系,输入中央子午线 117°,点击“转换计算”按钮,得到的大地坐标成果见表 2。

表 1 用于反算的空间直角坐标表

Tab. 1 The space rectangular coordinates for inverse calculation

点号	纵坐标(X) / m	横坐标(Y) / m
1	4 334 844. 832	501 983. 043
2	4 334 917. 794	502 655. 541
3	4 334 916. 390	502 655. 716
4	4 334 901. 461	502 657. 698
5	4 334 615. 432	502 695. 700

表 2 反算后的经纬度坐标表

Tab. 2 The latitude and longitude coordinates after inverse calculation

点号	纬度(° ' ")	经度(° ' ")
1	39.084 981 912 8	117.012 258 215 3
2	39.085 217 862 5	117.015 058 879 0
3	39.085 213 309 6	117.015 059 605 8
4	39.085 164 897 0	117.015 067 838 7
5	39.084 237 346 6	117.015 225 686 7

打开正算界面,导入表 2 的数据,仍选择 1975 国际椭球,投影带选择 3°带,之后点击“转换计算”按钮,得到如表 3 的结果。

(下转第 210 页)



图 2 按控制点等级查询

Fig. 2 Query by the grade of control point



图 3 按图幅编号查询

Fig. 3 Query by the number of map

统的不足之处在于没有实现控制点查询和更新的可视化,即没有实时将控制点与相关的地形图联系起来,实现

控制点与地形图的结合,从而使用户的操作更加直观明了。



图 4 控制点更新及修改

Fig. 4 Update and modification of control points

### 参考文献:

- [1] 柳锦森,高飞,过家春,等.基于 MapInfo 的测绘标志普查信息管理系统的设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2008,31(6):146-148.
- [2] 李军国,翁丰惠.基于 GIS 的测量控制点管理系统的设计与开发[J].广东水利电力职业技术学院学报,2005,3(1):45-48.
- [3] 栾乔木,黄朝明,董强,等.基于 MapInfo 的国土资源信息浏览系统的设计与实现[J].矿山测量,2004(4):46-49.

[编辑:宋丽茹]

(上接第 207 页)

表 3 采用表 2 坐标计算得到的空间直角坐标表

Tab. 3 The space rectangular coordinates calculated from the coordinate in Tab. 2

点号	纵坐标 (X) /m	横坐标 (Y) /m
1	4 334 844. 832 002 5	501 983. 043 003 3
2	4 334 917. 793 999	502 655. 541 001 6
3	4 334 916. 390 015 1	502 655. 716 001 5
4	4 334 901. 460 997 5	502 657. 698 005 2
5	4 334 615. 431 991 1	502 695. 700 008 9

对表 1 和表 3 进行比较作差,结果见表 4。

表 4 表 1 与表 3 的误差统计表

Tab. 4 The statistics of differences between Tab. 1 and Tab. 3

点号	X 坐标差 /mm	Y 坐标差 /mm
1	0.002 5	0.003 3
2	-0.00 1	0.001 6
3	0.015 1	0.001 5
4	-0.002 5	0.005 2
5	-0.008 9	0.008 9

### 4 结束语

本文论述了高斯投影的原理以及进行高斯投影坐标转换的公式,在实际的工作中有很多的用途,比如在进行图幅计算的时候,需要把 1980 西安直角坐标转换为相应的经纬度坐标,然后根据国家图幅分幅原则,计算出相应的图幅号。是在软件 VB 6.0 平台上进行开发的,能进行批处理,提供友好的输入输出界面,操作简单,而且处理的精度达到国家或地方坐标转换误差的要求,在天津市西青区得到很好的应用。

### 参考文献:

- [1] 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,2004.
- [2] 李征航,黄劲松.GPS 测量与数据处理[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
- [3] 李延文.Visual Basic 6.0 控件高级编程[M].北京:人民邮电出版社,2002.
- [4] 求是科技.Visual Basic 6.0 程序设计与开发技术大全[M].北京:人民邮电出版社,2004.

[编辑:宋丽茹]