

基于 VB 6.0 的高斯投影坐标转换的实现

安 卫¹, 戈 扬², 曹 伟¹, 宋 波¹

(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 Wei¹, GE Yang², CAO Wei¹, SONG Bo¹

(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,目前全世界有数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)。

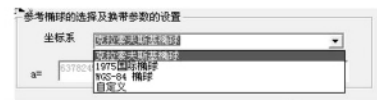


图 3 参考椭球的选择及换带参数的设置

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]