

文章编号: 0451-0712(2004)12-0145-04

中图分类号: U412.24

文献标识码: B

# VB 语言在公路平面控制测量 换带计算中的算法

刘 苏

(长沙理工大学公路工程学院 长沙市 410076)

**摘 要:** 讨论了 VB 语言在公路平面控制测量换带计算中的算法问题。其中包括: 换带计算界面设置; 平面控制点坐标数据输入; 间接法换带计算程序设计等。这些算法已在高等级公路综合测设软件中得到应用。软件运行结果证明这些算法是可行的。

**关键词:** 公路控制测量; 换带计算; 计算机算法; VB 语言

公路勘测设计野外作业目前仍是公路设计中计算机应用水平较低的领域。近年随着笔记本电脑在长效电池、低功耗 CPU、抗震防潮性能等方面的显著改善以及体积重量的明显减少, 笔记本电脑适应野外作业环境的能力已大为增强。开发基于笔记本电脑和 WINDOWS 操作系统的用于野外公路勘测设计的综合测设软件, 可显著提高公路勘测野外作业的生产效率、大幅度减轻野外技术作业的脑力劳动强度、提高计算精度。其市场应用前景随着笔记本电脑适应野外工作环境性能的进一步改善将愈加看好。

本文结合湖南省计划科研项目《高等级公路综合测设软件研制》的开发实践, 就 VB 语言在公路平面控制测量换带计算中的算法问题进行有关讨论。

## 1 换带计算基本公式

采用高斯投影正、反算公式间接进行换带计算。其计算流程为: 将椭球面上的大地坐标作为过渡坐标, 利用高斯投影反算公式将等待进行换带计算的某高斯投影带内的平面控制点的坐标  $(X'_i, Y'_i)$  换算成椭球面上的大地坐标  $(B, L)$ , 然后再由大地坐标  $(B, L)$ , 通过高斯投影正算公式换算成相邻投影带的同一平面控制点的坐标  $(X_i, Y_i)$ 。

利用间接法进行邻带换算, 理论上简明严密, 精度高, 通用性强。不仅适用 6 度带  $\rightarrow$  6 度带, 3 度带  $\rightarrow$

3 度带以及 6 度带与 3 度带互相之间的邻带坐标换带计算, 而且可进行任意投影带的换带计算。

高斯投影正算公式为:

$$X_0^B = C_0 B - \cos B (C_1 \sin B + C_2 \sin^3 B + C_3 \sin^5 B)$$

$$x = X_0^B + \frac{1}{2} N t m_0^2 + \frac{1}{24} (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) N t m_0^4 + \frac{1}{720} (61 - 58t^2 + t^4) N t m_0^6$$

$$y = N m_0 + \frac{1}{6} (1 - t^2 + \eta^2) N m_0^3 + \frac{1}{120} (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58\eta^2 t^2) N m_0^5$$

$$t = \tan B$$

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

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e'^2 \sin^2 B}}$$

$$m_0 = \frac{l \cos B}{\rho''}$$

我国 1980 年国家大地坐标系采用 1975 国际椭球参数, 以前的国家大地坐标系采用克拉索夫斯基椭球参数。因此在进行换带计算时要确认参与换带计算的国家平面控制点是基于哪一类椭球参数。高斯投影正算椭球参数如表 1 所示。

表 1 高斯投影计算正算椭球参数

元素	克拉索夫斯基椭球	1975 国际椭球
$a$	6 378 245.000 m	6 378 140.000 m
$\alpha$	1 : 298.3	1 : 298.257
$e^2$	0.006 693 421 622 97	0.006 694 384 999 588
$e'^2$	0.006 738 525 414 68	0.006 739 501 819 473
$c$	6 399 698.901 782 7 m	6 399 596.651 988 m
$C_0$	6 367 558.496 86	6 367 452.132 79
$C_1$	32 005.796 42	32 009.857 5
$C_2$	133.861 15	133.960 2
$C_3$	0.703 1	0.697 6

高斯投影反算公式为：

$$B_f^{(0)} = K_0 x$$

$$B_f = B_f^{(0)} + \cos B_f^{(0)} (K_1 \sin B_f^{(0)} - K_2 \sin^3 B_f^{(0)} + K_3 \sin^5 B_f^{(0)} + K_4 \sin^7 B_f^{(0)})$$

$$B = B_f - \frac{1}{2} V^2 t \left(\frac{y}{N}\right)^2 + \frac{1}{24} (5 + 3t^2 + \eta^2 - 9\eta^2 t^2) \cdot V^2 t \left(\frac{y}{N}\right)^4 - \frac{1}{720} (61 + 90t^2 + 45t^4) V^2 t \left(\frac{y}{N}\right)^6$$

$$l = \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N}\right) - \frac{1}{6} (1 + 2t^2 + \eta^2) g \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N}\right)^3 + \frac{1}{120} (5 + 28t^2 + 24t^4 + 6\eta^2 + 8\eta^2 t^2) \frac{1}{\cos B_f} \left(\frac{y}{N}\right)^5$$

$$L = L_0 + l$$

$$t = \tan B_f$$

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

$$V^2 = 1 + \eta^2$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_f}}$$

高斯投影反算椭球参数如表 2 所示。

表 2 高斯投影反算椭球参数

系数	克拉索夫斯基椭球	1975 国际椭球
$K_0$	$0.157\ 046\ 064\ 172 \times 10^{-6}$	$0.157\ 048\ 687\ 473 \times 10^{-6}$
$K_1$	0.005 051 773 759	0.005 052 505 593
$K_2$	0.000 029 837 302	0.000 029 847 335
$K_3$	0.000 000 238 189	0.000 000 241 6
$K_4$		0.000 000 002 2

## 2 换带计算界面设置

采用 PictureBox 图片框控件显示换带计算示意图。PictureBox 图片框控件具有包容其他控件的性能。构成换带计算示意图中直线、曲线及文字说明的分别为若干直线 Line 控件、形状 Shape 控件和标签 Label 控件等。将这些控件嵌入图片框控件，就各自的一些属性进行所需要的设置，就形成换带计算示意

图整体。

采用 4 个 Frame 框架控件形成换带计算界面上的功能分区。分别为投影带选择、椭球参数选择、待换带控制点坐标输入、换带计算及成果显示。

在投影带选择功能区内，采用 2 个 OptionButton 单选框控件表征投影带的选择。两者必选且只能选其一。OptionButton1 单选框控件表征投影带的选择为 3 度或 6 度投影带，选中时，可进行 6 度带→3 度带、3 度带→6 度带以及 6 度带与 3 度带互相之间的邻带坐标换带计算；OptionButton2 单选框控件表征投影带的选择为任意投影带，选中时，可进行 6 度带或 3 度带换至任意投影带的邻带坐标换带计算。

在椭球参数选择功能区内，采用 2 个 OptionButton 单选框控件表征椭球参数的选择。两者必选且只能选其一。OptionButton3 单选框控件表征椭球参数的选择为克拉索夫斯基椭球参数；OptionButton4 单选框控件表征椭球参数的选择为 1975 国际椭球参数。椭球参数的选择为两类，是由于我国目前存在基于这两种椭球参数的坐标投影计算的平面控制点。

在待换带控制点坐标输入功能区内，采用 6 个 TextBox 文本框控件用于与等待换带计算控制点的平面坐标有关的参数输入。详见表 3。利用 TextBox.Enabled 属性值 (True/False) 及相应代码的编写进行以下设置：

当且仅当选 3 度或 6 度投影带时，TextBox5 (换带后投影带号) 文本框输入有效；当且仅当选任意投影带时，TextBox6 (换至任意投影带的中央子午线经度) 文本框输入有效。

表 3 待换带控制点坐标输入功能区

TextBox.Name 与 TextBox.Caption 属性对照

TextBox.Name	TextBox.Caption
TextBox1	控制点名称
TextBox2	换带前 X 坐标
TextBox3	换带前 Y 坐标
TextBox4	换带前投影带号
TextBox5	换带后投影带号
TextBox6	换至任意带的中央子午线经度

在待换带控制点坐标输入功能区内，可输入多组等待换带计算的控制点平面坐标。采用 2 个 Command 控件用于数据输入相关操作。Command1 [输入] 控件用于每输入一组数据后的动态数组变量赋值响应按键。Command2 [确认] 控件用于各组数据

输入完毕后启动[换带计算及成果显示]功能区生效的按键。

在换带计算及成果显示功能区内,采用4个 TextBox 文本框控件用于换带计算后控制点平面坐标显示及浏览。详见表4。采用2个 Command 控件用于相关操作。Command3[换带计算]控件用于启动换带计算。Command4[浏览]控件用于各组换带计算后坐标数据的显示及浏览。

控制点坐标为通用坐标,但换成任意投影带坐标时, $Y$ 坐标= $Y$ 坐标自然值+500 000.000 m。另设4个 Command 控件用于数据保存、打印、清除(界面初始化)和显示帮助文档。

表4 换带计算及成果显示功能区

TextBox.Name 与 TextBox.Caption 属性对照

TextBox.Name	TextBox.Caption
TextBox7	控制点名称
TextBox8	换带后 X 坐标
TextBox9	换带后 Y 坐标
TextBox10	换带后投影带号或任意带中央子午线经度

### 3 换带计算程序算法

#### 3.1 换带平面控制点坐标数据输入

换带平面控制点坐标数据输入算法流程如图1所示。

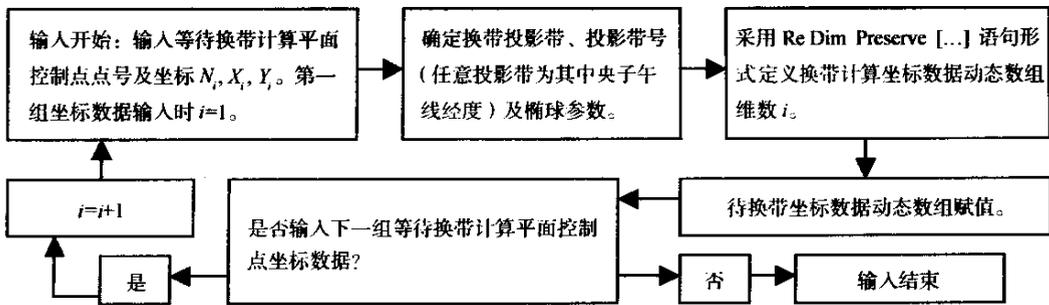


图1 等待换带平面控制点坐标数据输入算法流程

所建立的换带坐标数据文件的数据结构采用按等待换带计算平面控制点数作为循环变量的循环数据结构。以表5所示。

表5 换带坐标数据文件的数据结构及其编码

编码	数据名称
$i1$	换带平面控制点点号
$i2$	换带前所在投影带号
$i3$	换带后所在投影带号
$i4$	换带至任意投影带的中央子午线经度
$i5$	换带前 X 坐标
$i6$	换带前 Y 坐标
$i7$	换带后 X 坐标
$i8$	换带后 Y 坐标

注:换至任意投影带时,换带后投影带号为0;若换带后投影带不是任意带,则任意投影带中央子午线经度设为0。

#### 3.2 间接法换带计算算法

根据国际通用方法,我国投影分带主要有2种:6度带和3度带。对于6度带,我国处于第13带至第23带之间的11个投影带内;对于3度带,我国处于第24带至第45带之间的22个投影带内。因此,当 $13 \leq$ 投影带号 $\leq 23$ 时,投影带为6度带;当 $24 \leq$ 投影带号 $\leq 45$

时,投影带为3度带。在程序设计时,可以投影带号所处的区间范围来判断3度和6度投影带。

建立6度带→6度带、6度带→3度带、6度带→任意投影带、3度带→3度带、3度带→6度带、3度带→任意投影带共6种换带计算模式进行换带计算。由于位于我国境内的6度带与3度带在投影带号上的不重复性和整数连续性,设置3、6度带与任意投影带2种换带计算模式的条件判断转移语句进行投影带的选择即可。

建立克拉索夫斯基椭球正反算参数和1975国际椭球正反算参数的条件判断转移语句,以便进行两类椭球参数条件下的高斯投影坐标正反算。

采用 ReDim Preserve [...] 语句形式定义换带计算坐标数据动态数组维数  $i$ 。以便按照维数  $i$  进行多个待换带计算的平面控制点的换带计算。

间接法换带计算算法如图2所示。

##### 3.2.1 高斯投影坐标反算

高斯投影坐标反算是利用高斯投影反算公式将等待换带计算的某高斯投影带内的平面控制点的坐标 $(X'_i, Y'_i)$ 换算成椭球面上的大地坐标 $(B, L)$ 。其反算流程如下。

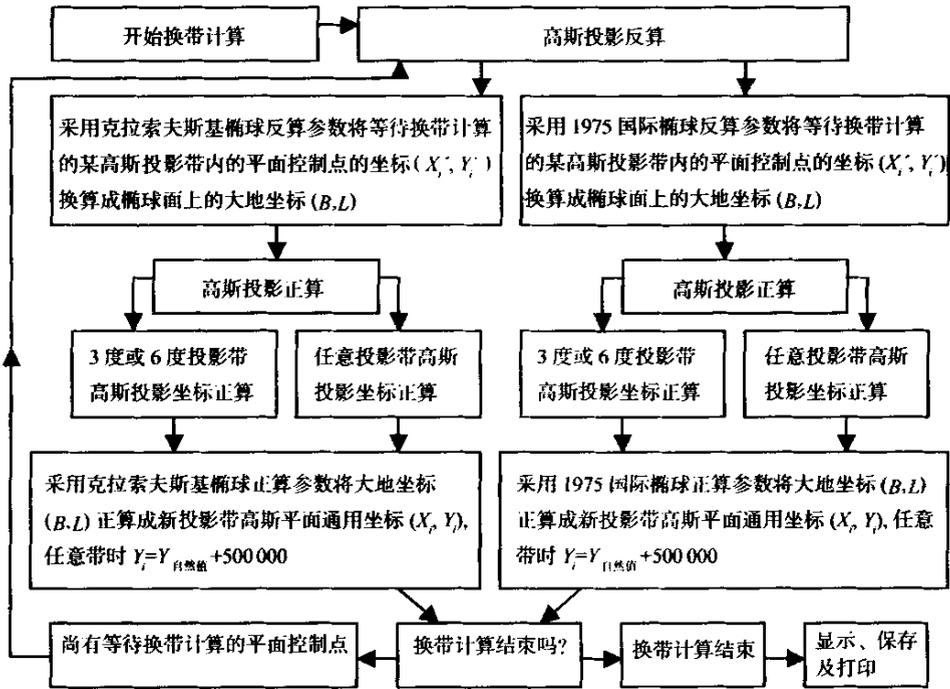


图 2 间接法换带计算算法

(1) 根据平面控制点通用坐标  $(X'_i, Y'_i)$  所显示的投影带号计算所在投影带的中央子午线经度。6 度带中央子午线经度  $L_0 = 6^\circ \times \text{投影带号} - 3^\circ$ ；3 度带中央子午线经度  $L_0 = 3^\circ \times \text{投影带号}$ 。

(2) 依据克拉索夫斯基椭球或 1975 国际椭球反算参数，按照高斯投影坐标反算公式以及平面控制点距中央子午线的经度差值  $\Delta L$ 、距赤道纬度值  $B$ 。

(3) 计算平面控制点在椭球面上的大地坐标  $(B, L)$ 。其中， $L = L_0 + \Delta L$ 。

### 3.2.2 高斯投影坐标正算

高斯投影坐标正算是利用高斯投影正算公式将平面控制点所在椭球面上的大地坐标  $(B, L)$  换算为平面控制点在某高斯投影带内的高斯平面坐标  $(X'_i, Y'_i)$ 。其正算流程如下。

(1) 根据某高斯投影带号计算高斯投影带中央子午线经度  $L_0$ 。若高斯投影带为任意投影带，则确认此

任意投影带的中央子午线经度  $L_0$ 。

(2) 计算平面控制点距中央子午线的经度差值  $\Delta L = L - L_0$ 。

(3) 依据克拉索夫斯基椭球或 1975 国际椭球反算参数，按照高斯投影坐标正算公式以及平面控制点距中央子午线的经度差值  $\Delta L$ 、纬度值  $B$  计算平面控制点在此高斯投影带内的高斯平面坐标  $(X'_i, Y'_i)$ 。

若高斯投影带为 3 度或 6 度带，则  $Y'_i$  通用坐标 = “投影带号” + [y 坐标自然值 + 500 000]；若高斯投影带为任意投影带，则  $Y'_i = y$  坐标自然值 + 500 000。

### 4 算例

上述算法在作者主持的湖南省计划科研项目“高等级公路综合测设软件研制”中得到应用。应用成果表明上述算法是可行的。表 4 为运用“高等级公路综合测设软件”中的换带计算程序进行平面控制点换带计算的算例。

表 4 平面控制点换带计算算例

点号	投影带号	X 坐标	Y 坐标	换带后投影带号或任意投影带中央子午线经度	X 坐标	Y 坐标
D18	20	3 412 776. 998	20 574 523. 776	121°12'32"	3 417 556. 774	171 756. 468
N12	21	3 643 217. 998	21 254 342. 557	120°00'00"	3 640 223. 615	535 096. 414
D103	21	3 642 134. 668	21 211 665. 889	120°00'00"	3 637 929. 230	492 505. 132
D303	20	3 421 776. 998	20 788 654. 998	21	3 421 684. 096	21 214 798. 674
N34	万方数据	345 667. 897	20 765 889. 342	21	2 347 400. 869	21 142 611. 488
N315	20	2 453 665. 765	20 007 998. 543	19	2 446 471. 993	19 627 510. 106

文章编号: 0451-0712(2004)12-0149-06

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

# 泥石流沟岸冲蚀演绎及动力学研究

陈洪凯<sup>1,2</sup>, 陈野鹰<sup>1</sup>, 唐红梅<sup>1</sup>, 金发均<sup>3</sup>, 马永泰<sup>3</sup>

(1. 重庆交通学院岩土工程研究所 重庆市 400074;

2. 重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室 重庆市 400044; 3. 凉山彝族自治州公路局 西昌市 615000)

**摘要:** 我国位于泥石流沟岸的公路里程累计 800 km 左右。沟岸冲蚀是公路泥石流研究的主要方面之一, 是泥石流冲蚀能、岸坡抗蚀能耦合作用的表像。应用地貌学方法将泥石流沟岸冲蚀演绎过程分为 4 个阶段, 即冲蚀槽形成阶段、泥石流顶托底部拉裂阶段、自重顶部拉裂变形阶段和坍塌阶段, 核心是悬岸的产生及失稳。大量调查发现, 沟岸坍塌失稳均主要发生在泥石流暴发期间, 其主要原因是泥石流对岸坡的冲蚀作用使得岸坡产生纵向振动, 增加荷载效应, 减小了悬岸岩土体的刚度, 进而诱发了悬岸体的坍塌。运用动力学方法建立了悬臂体系的纵向振动位移方程, 据此应用牛顿第二定律便可求解获得泥石流振动对岸坡破坏的诱发荷载, 并对护岸结构关键技术进行了探讨。

**关键词:** 公路泥石流; 沟岸; 冲蚀; 演绎; 动力效应; 防治技术

公路泥石流是指发育在公路沿线对公路建构筑物的安全与稳定造成严重影响并导致公路交通中断的泥石流病害, 从公路水毁角度可分为冲淤变动型沟谷泥石流、冲击破坏型沟谷泥石流和淤积破坏型沟谷泥石流<sup>[1,2]</sup>, 尤其是大型及特大型公路泥石流, 如新疆天山境内及川西南美姑河流域的公路泥石流, 通常具有大冲大淤、毁损作用强烈等特点<sup>[3,4,5]</sup>。陈洪凯教授等多年来致力于公路泥石流研究, 建立了比较系统的公路泥石流防治技术, 如速流结构、底埋隧道、翼型墩汇流结构、泥石流沟糙底及固底技术等<sup>[1,6,7,8]</sup>, 取得了比较显著的经济及社会效益。然而, 对于公路泥石流而言, 国内外尚处于初步研究阶段, 相关技术规范对公路泥石流防治尚未具有较强的针对性, 这是迄今公路泥石流病害比较发育的根本原因<sup>[9,10]</sup>。公路泥石流研究应该紧密结合公路建构筑物的特征, 力求从能量角度使公路与泥石流协同组合, 遵循泥石流发育及能量传输突变规律, 因势利导, 实施研究及防治<sup>[1]</sup>。研

究过程中, 应高度重视泥石流与防治结构以及泥石流沟岸坡、沟床等的相互作用, 利用演化的观点认识公路泥石流<sup>[11,12,13]</sup>, 利用泥石流两相流力学、流体力学及泥沙运动力学等<sup>[1,14,15]</sup>建立泥石流能量传输突变理论。

在我国西部地区, 公路穿越泥石流沟的方式主要包括直接纵向穿越和间接纵向穿越两类。对于后者, 主要指公路沿着泥石流沟通行一定距离后在适当位置纵向穿越, 而在泥石流沟岸建造的公路也称沿溪公路, 这种类型的公路在我国累计 800 km 左右, 在泥石流暴发期间极易被毁损。如西昌至木里的干线公路雅砻江小关沟泥石流, 1998 年 7 月的 2 次泥石流, 致使长约 3 km 的沿溪公路全部被毁, 路基冲蚀殆尽 (图 1), 工程恢复所用投资 2 000 万元左右。可见, 作为公路泥石流研究的核心内容之一, 开展泥石流沟岸在泥石流作用下的冲蚀动力学研究, 对于公路建造及养护具有比较重要的指导借鉴价值。本

基金项目: 交通部跨世纪人才专项基金项目 (95050508)、西部交通项目 (200332822047)、交通部重点科技基金项目 (95060233) 及高等学校重点实验室访问学者基金资助项目成果之一

收稿日期: 2004-07-27

## 参考文献:

- [1] 徐绍铨, 吴祖仰. 大地测量学[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996.
- [2] 孔祥元, 梅是义. 控制测量学(下)[M]. 武汉: 武汉测绘

科技大学出版社, 1996.

- [3] 王栋. Visual Basic 程序设计实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.