Transform

使 用 说 明

第 2 版

达恒（中国）有限公司

2007 年 4 月 30 日

概　述

Transform 主要用来帮助您完成一些地学方面的计算。主要包括：

1、二维和三维空间的旋转、平移、缩放计算；

2、经纬度与空间直角坐标的相互变换；

3、投影计算，包括：高斯投影、UTM 投影、兰伯托切/割圆锥投影、墨卡托投影、Albers 投影；

4、使用最小二乘法，对各种参数的求解。包括：高程异常模型参数的求解、平面相似变换参数的求解、七参数的求解。

此外，本程序提供了 COM 服务，您可以在其它程序中调用本程序的一些计算功能。如：在 Excel 中调用本程序完成坐标的批量转换。

本程序完全免费，可以自由复制、传播。如果您在使用中发现了什么问题，请与我们联系。电子邮箱：sea_peak@sina.com

版本说明

2007 年 02 月 11 日：第 1 版

2007 年 04 月 30 日：第 2 版

- 增加了墨卡托投影和 Albers 投影
- 接口类 Geograh 的方法 SetProjParam 被修改

目　录

第一章 具体操作
§1.1 安装 5
§1.2 平面相似变换 5
§1.3 投影计算 6
§1.4 空间直角坐标的转换 7
§1.5 经纬度与空间直角坐标的互换 8
§1.6 求解高程异常参数 8
§1.7 求解平面相似变换参数 11
§1.8 求解七参数 12
第二章 更好地使用程序
§2.1 角度的输入 15
§2.2 角度的输出 15
§2.3 在程序内部复制、粘贴坐标 16
第三章 使用 COM 服务
§3.1 注册/注销 COM 服务 17
§3.2 使用 COM 服务 17
§3.3 Geograh 的成员、方法 19
第四章 理论依据
§4.1 最小二乘约束 23
§4.2 旋转矩阵 23
§4.3 空间直角坐标转换模型 24

第一章 具体操作

§1.1 安装

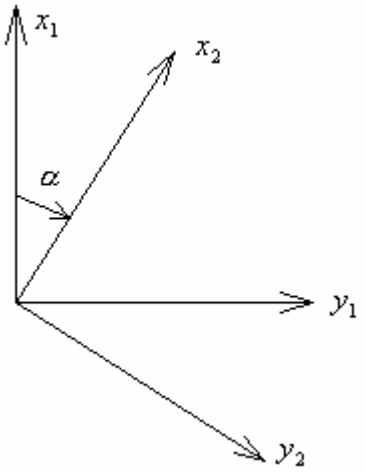
本程序无需安装，可以直接运行。默认情况下也不会在注册表中写任何信息，除非您需要本程序提供的 COM 服务。而 COM 服务是可以通过程序启用/停止的，具体操作请参考第三章§3.1。

§1.2 平面相似变换

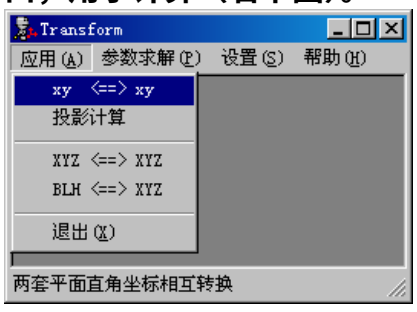
平面相似变换就是旋转、平移、缩放计算。程序里约定 1 ==> 2 的相似变换公式如下：

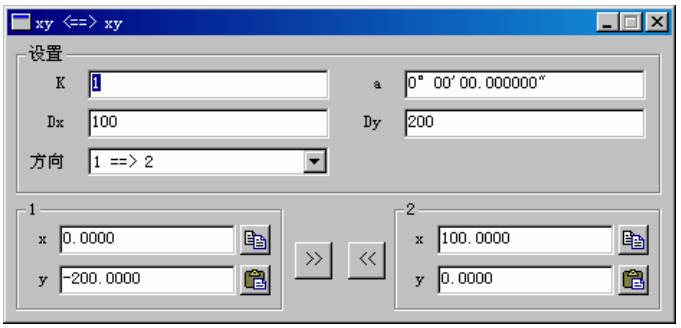
$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} \cos a & \sin a \\ -\sin a & \cos a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Dx \\ Dy \end{bmatrix}$$

这里共有 4 个变换参数：缩放参数 K，旋转参数 α、平移参数 *Dx* 和 *Dy*。其中旋转参数的意义如下：



单击【应用】下的【xy <==> xy】菜单项（左下图）。程序将创建一个子窗口，用于计算（右下图）。





在“设置”组合框中输入 4 个变换参数，并设置好方向。需要注意的是：

1、角度的输入请参考第二章§2.1；

2、注意转换的方向，千万不要设置错了。

此时，单击 表示将坐标 1 转换到坐标 2；单击 表示将坐标 2 转换到坐标 1。

按钮 和 表示复制、粘贴坐标。具体的应用请参考第二章§2.3。

§1.3 投影计算

单击【应用】下的【投影计算】菜单项。

程序将创建一个子窗口，用于投影计算。

这个窗口共有两页：“设置”页和“计算”页。

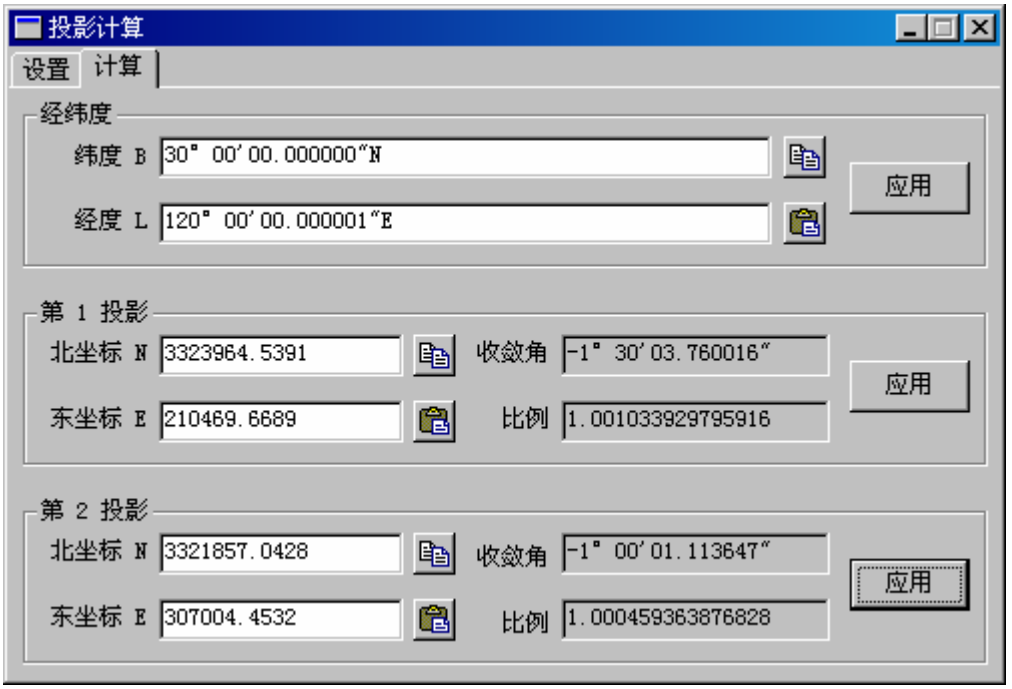
“设置”页用来进行投影设置。可以同时设置两个投影，这样做主要是考虑到换带计算的便利性。如果您只需要一个投影，那么“第 2 投影设置”复选框不选中即可。

北京 54 坐标系采用的参考椭球为“克拉索夫斯基 1940”。西安 80 坐标系采用的参考椭球为“IAG 75”。如果要自己输入椭球长半轴、扁率倒数，请首先在“椭球”后面的下拉列表中选择最后一项“<自定义>”。

选择合适的投影类型后，请在下面的表格中输入投影参数。其中，有必要解释一下“定位纬度、定位经度、定位 N、定位 E”。投影后，一般都会对投影坐标 (N,E) 做平移。程序通过“定位点”来描述这种平移量。定位点的经纬度、投影坐标(N,E)都是已知的，分别对应定位纬度、定位经度……请输入这些值。

有时投影不是在椭球面上进行的，如：在高程面 123 上投影。这时，需要设置投影比例。您可以直接输入，也可以单击“[比例]”，在如下对话框中进行设置：

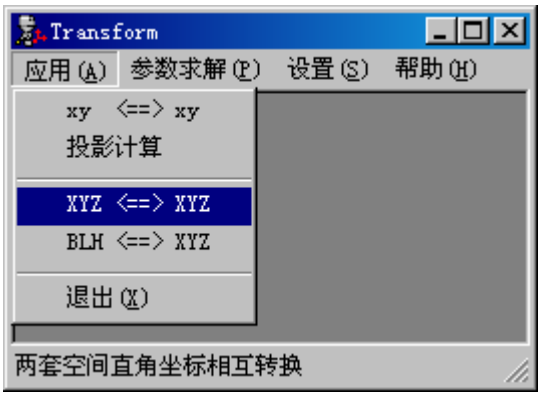
设置好投影参数后，请进入“计算”页（为方便描述，下图中设置了两个投影）：



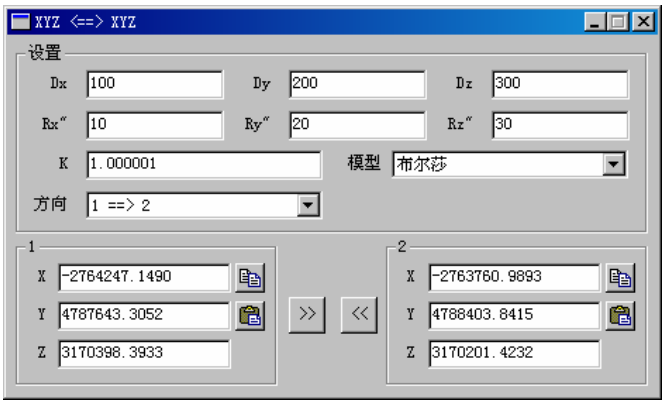
输入相应的几何量，单击“应用”按钮，即可完成投影计算。如：输入经纬度后，单击其右边的“应用”按钮，程序将经纬度投影到“第 1 投影”和“第 2 投影”。又如：输入“第 1 投影”后，单击其右边的“应用”按钮，程序将计算并显示出经纬度和“第 2 投影”（这样，换带计算就是非常简单的事情了）。

§1.4 空间直角坐标的转换

单击【应用】下的【XYZ <==> XYZ】菜单项。



程序将创建一个子窗口，用于计算。见右图：



请在“设置”组合框中输入七参数，并设置模型、转换方向。注意：

1、旋转参数的单位为秒；

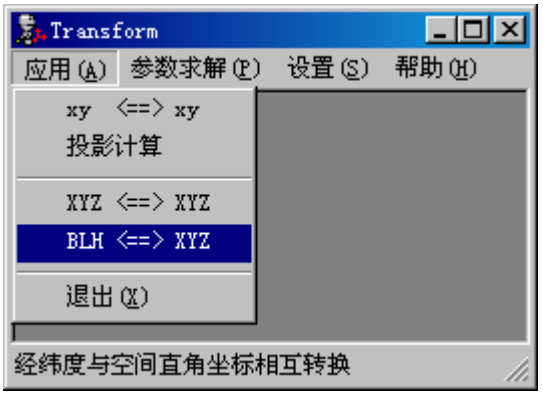
2、模型有布尔莎和 DSNP+，具体的计算公式请参考第四章§4.3。

3、转换方向很重要，千万不要搞错了。

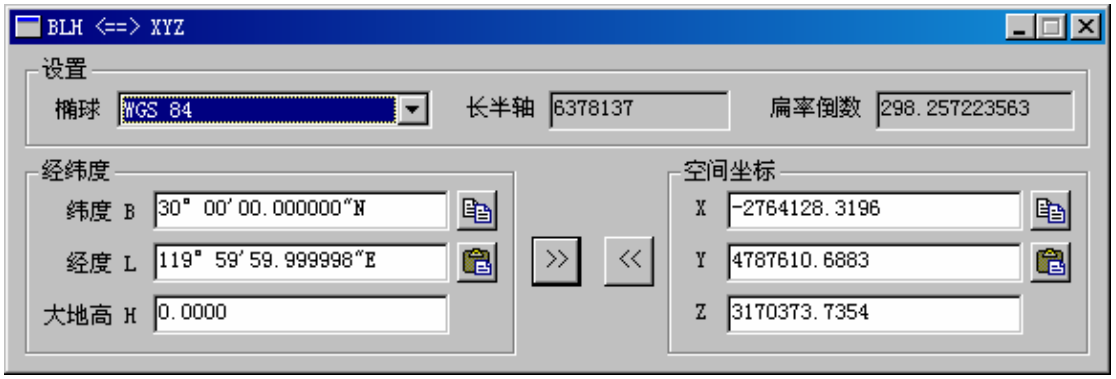
此时，单击 表示将坐标 1 转换到坐标 2；单击 表示将坐标 2 转换到坐标 1。

§1.5 经纬度与空间直角坐标的互换

单击【应用】下的【BLH <==> XYZ】菜单项。



程序将创建一个子窗口，用于计算。



请在“设置”组合框中设置椭球长半轴和扁率倒数。

此时，单击 表示将 BLH 变换为 XYZ；单击 表示将 XYZ 变换为 BLH。

§1.6 求解高程异常参数

GPS 测得的高程为几何高程，即大地高。而应用中常常需要正常高（即海

拔高)。海拔高 = 大地高－高程异常。因此只要确定了高程异常，那么就能根据大地高获得海拔高。

由于地球质量分布的复杂性，高程异常也是非常复杂的，其模型也就多种多样。程序里采用二次多项式模型。

$$dH = a_0 + a_1 dB + a_2 dL + a_3 dB^2 + a_4 dB dL + a_5 dL^2$$

dH 就是待求的高程异常。$dB=B-B_0$，$dL=L-L_0$。B、L 为任一点的纬、经度，B_0、L_0 为一固定点的纬、经度。显然，一般情况下，有了 B_0、L_0 后，只要六组 B、L、dH 就能求出参数 a_0~a_5 。

因此，在程序里求参数 a_0~a_5 需要：

1、输入多组 B、L、dH；

2、设置 B_0、L_0。程序默认求 1 中的中心纬、经度（精确到 0.0001 度），也可以手动输入，即“固定中心”；

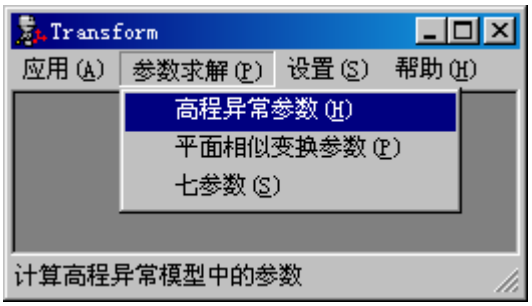
3、设置 a_0~a_5 是否参与解算（如：固定 a_3、a_4、a_5 为 0，那么模型就变成了一次多项式），完成参数的求解。

需要注意的是：

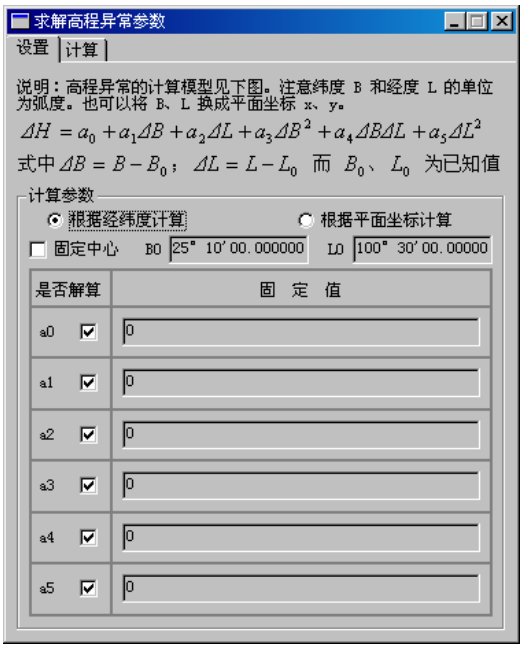
1、经纬度单位为弧度。纬度范围$[-\frac{p}{2},\frac{p}{2}]$，负号表示南纬；经度范围$(-p,p]$，负号表示西经。

2、可以将纬度、经度换成平面直角坐标 x、y。不过要注意经度的特殊性：$dL = L - L_0 + 2np$ ，n 为一整数，保证 $dL \in (-p,p]$。

单击【参数求解】下的【高程异常参数】菜单项。



程序将创建一个子窗口，用于求解参数（右下图）。



根据实际情况，请选择“根据经纬度计算”或“根据平面坐标计算”。

“固定中心”用来确定 B_0、L_0（或 x_0、y_0）。选中它即可输入固定值，不选中它程序将求平均坐标（经纬度精确到 0.0001 度，坐标精确到 0.0001）。

表格用来设置参数是否参与解算。打勾的表示参与解算，否则表示该参数已知无需解算，请在后面的文本框中输入这个已知值。注意：如果不解算 a_0，那么必须输入中心坐标。

设置完成后，请进入“计算”页面：

输入“B、L、大地高、正常高、名称”或“x、y、大地高、正常高、名称”后，单击“增加”按钮，将输入的一组数据增加到下面的表格。

提示：高程异常 = 大地高－正常高。如果您想直接输入高程异常，那么请将这个数值输为大地高，正常高输为 0 即可。

表格中的一行对应一组数据，选中一行，然后单击“修改”按钮，程序将根据输入的数据修改该行。如果选中了多行，那么程序将修改选中的第一行。

单击“提取”按钮，程序将选中的第一行数据提取出来，并显示到文本框中，供您编辑。您也可以直接双击表格中的某一行，完成“提取”功能。

“清空”按钮将清除表格中所有的数据。

“删除”按钮将删除表格中选中的数据。

“载入”按钮将文件中的数据填入到表格。

“保存”按钮将表格中的数据保存到文件。

输入已知点的坐标和高程异常后，单击“计算”按钮，程序将求解出参数，并显示出来，见右图：

坐标已知的点

```
B0  = 10.0000° N
L0  = 10.0000° E
a0  = 2.3295907556772
a1  = 4.2689280275926
a2  = 5.9670597283904
a3  = 4.0000000000000
a4  = 4.9999999999999
a5  = 6.0000000000000
```

单击“切换”按钮，将会在“表格”和“计算结果”之间进行显示切换。

计算完成后，表格中的“残差”列将会被填充：

点号	点名	数据	残差
1	A	0;20;2.7782793586847;	0.0028
2	B	10;20;3.55380959678496;	-0.0067
3	C	20;20;4.54303377071458;	0.0039
4	D	5;10;1.98751824959511;	0.0022
5	E	15;10;2.73258674571669;	-0.0022
6	F	0;0;1;	-0.0039
7	G	10;0;1.47091281831355;	0.0067
8	H	20;0;2.19551957245647;	-0.0028

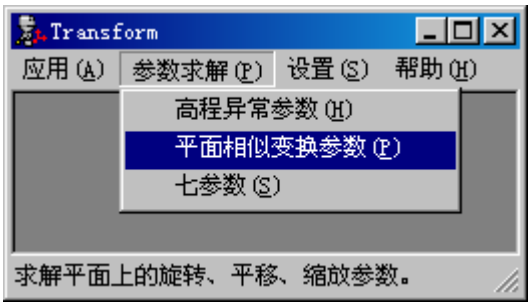
残差 = 高程异常计算值－高程异常输入值。

单击“残差”列，程序将根据“残差”进行升/降排序：

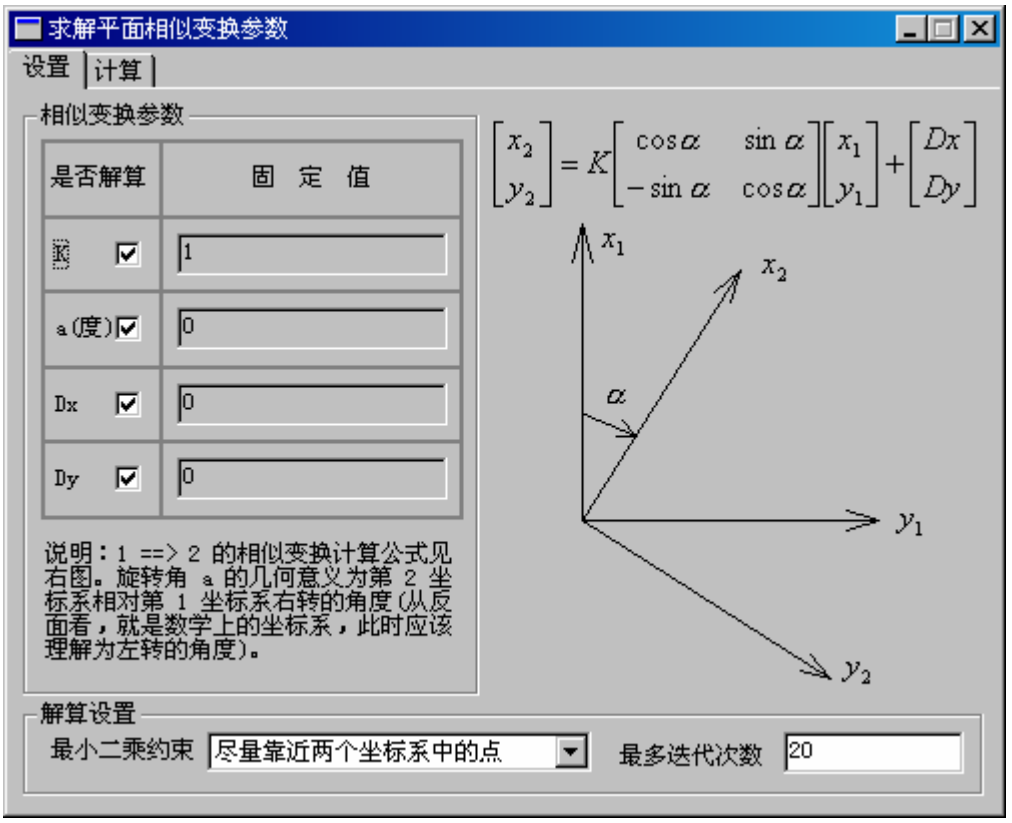
点号	点名	数据	残差 △
2	B	10;20;3.55380959678496;	-0.0067
6	F	0;0;1;	-0.0039
8	H	20;0;2.19551957245647;	-0.0028
5	E	15;10;2.73258674571669;	-0.0022
4	D	5;10;1.98751824959511;	0.0022
1	A	0;20;2.7782793586847;	0.0028
3	C	20;20;4.54303377071458;	0.0039
7	G	10;0;1.47091281831355;	0.0067

§1.7 求解平面相似变换参数

单击【参数求解】下的【平面相似变换参数】菜单项。



程序将创建一个子窗口，用于求解参数。

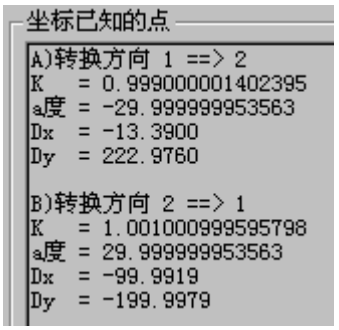


“最小二乘约束” 的含义请参考第四章§4.1。

设置完成后，请进入“计算”页面：

该界面下的操作与 §1.6 **的计算界面操作大致相同，这里就不再赘述了。**

输入已知点坐标对后，单击“计算”按钮，程序将求解出参数，并显示出来：



可以看到，一共有两套参数。一套是 1 ==> 2 **的，名称为** *A*；**另一套是** 2 ==> 1 **的，名称为** *B*。

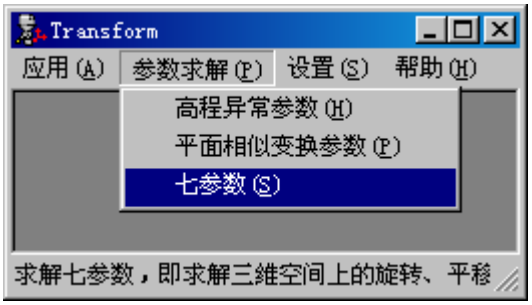
表格中有四套残差：

点号	点名	坐标	残差A1	残差A2	残差B1	残差B2
1	1	3700000;340...	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
2	2	3800000;350...	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
3	3	3700000;350...	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354

“残差 *A*1**”采用的参数是** *A*，1 **表示坐标** 1 **的残差。具体的就是采用参数** *A*，**由坐标** 2 **计算出坐标** 1。**残差就是坐标** 1 **的计算值与输入值之间的距离。**

§1.8 求解七参数

单击【参数求解】下的【七参数】菜单项。



程序将创建一个子窗口，用于求解参数。

“最小二乘约束” 的含义请参考第四章§4.1。

设置好后，请进入“计算”页面：

该界面下的操作与 §1.6 的计算界面操作大致相同，这里就不再赘述了。

输入已知点坐标对后，单击“计算”按钮，程序将求解出参数，并显示出来：

A)**布尔莎模型(转换方向** 1 ==> 2)
K = 1.000995523583
Dx = -52.5395
Dy = -194.2726
Dz = -276.1580
Rx" = 399.803320
Ry" = 501.810540
Rz" = 599.611647

B)**布尔莎模型(转换方向** 2 ==> 1)
K = 0.998994532494
Dx = 147.3273
Dy = 206.1071
Dz = 324.1119
Rx" = -398.734611
Ry" = -499.352523
Rz" = -599.415261

C)DSNP+ **模型(转换方向** 1 ==> 2)
即 DSNP **模型(转换方向** 2 ==> 1)
K = 1.001001001521
Dx = -99.9555
Dy = -200.4842
Dz = -300.1736
Rx" = -398.544245
Ry" = -501.160610
Rz" = -599.031232

D)DSNP+ **模型(转换方向** 2 ==> 1)
即 DSNP **模型(转换方向** 1 ==> 2)
K = 0.998999999481
Dx = 100.0018
Dy = 199.9935
Dz = 300.0183
Rx" = 399.999200
Ry" = 500.000114
Rz" = 600.000216

可以看到，一共有四套参数。
表格中有八套残差，各个残差的意义见 §1.7 **的描述。**

第二章 更好地使用程序

§2.1 角度的输入

程序里角度、经纬度的输入是非常灵活的。其规则如下：

1、程序依次提取三个数字字符串，分别作为度、分、秒。提取的规则为：连在一起的 0-9 和小数点字符。

如：30°12'34.56" 表示 30 度 12 分 34.56 秒
如：30 12 34.56 也表示 30 度 12 分 34.56 秒
如：30:12:34.56 也表示 30 度 12 分 34.56 秒
只要 °'" 处的字符不是 0-9 和小数点即可。
其它情况：
如：30.5 表示 30.5 度（分、秒默认为 0）
如：30.5;90.123 表示 30.5 度 90.123 分（分、秒都可以超过 60）
如：??*12.3 表示 12.3 度（前面的非数字串被舍弃）
如：12@#$%45 分 7 表示 12 度 45 分 7 秒(中间的分隔字符数不限,可以是中文)

2、前面第一个非空格符为 - 表示角度为负；最后一个非空格符为 s 或 S 表示纬度为负，即南纬；最后一个非空格符为 w 或 W 表示经度为负，即西经。

如：-30 表示 -30 度，也可以表示南纬/西经 30 度
如：--30 表示 30 度（- 号可以有多个）
如：- -30 表示 30 度（- 号之间的空格被忽略）
如：30N 表示北纬 30 度，也可以表示角度 30 度或东经 30 度
如：30E 表示东经 30 度，也可以表示角度 30 度或北纬 30 度
如：30S 表示南纬 30 度，也可以表示角度-30 度或西经 30 度
如：120WW 表示西经 120 度（只考虑最后一个 W）
如：-120W 表示东经 120 度（前面的 - 号与后面的 W 抵消了）
如：--120W 表示西经 120 度（两个 - 号与后面的 W 都起了作用）

3、经纬度的范围与符号

为方便计算，角度、经纬度在程序内部都表示成弧度。

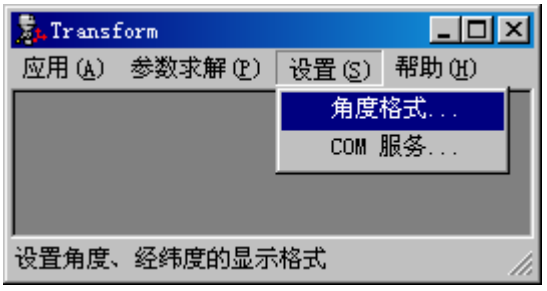
纬度的范围为 $[-\frac{p}{2},\frac{p}{2}]$，为负表示南纬，为正表示北纬；经度的范围为 $[-p,p]$，为负表示西经，为正表示东经。

当心一个容易犯的错误：将 11d22m33s 当成 11 度 22 分 33 秒。程序里会因为最后的 s 而将它解释为：-11 度 22 分 33 秒。

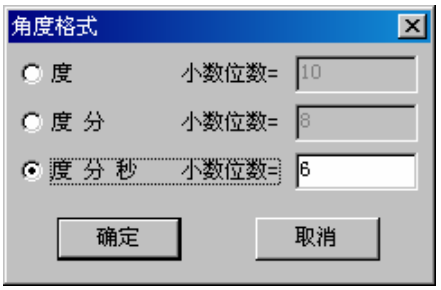
§2.2 角度的输出

程序里可以对角度、经纬度的输出进行设置。

单击【设置】下的【角度格式】菜单项



程序弹出设置对话框。



程序里三种格式，即“度”、“度 分”和“度 分 秒”。您可以对小数位数进行设置。

如：格式为“度”，小数位数为 3。那么角度就可能输出为 123.456°，表示 123.456 度。纬度可能输出 30.123°N，表示北纬 30.123 度；

如：格式为“度 分”，小数位数为 3。那么角度就可能输出为 123°45.789'，表示 123 度 45.789 分。纬度可能输出 30°45.123'N，表示北纬 30 度 45.123 分；

如：格式为“度 分 秒”，小数位数为 3。那么角度就可能输出为 123°44'55.789"，表示 123 度 44 分 55.789 秒。纬度可能输出 30°44'55.123"N，表示北纬 30 度 44 分 55.123 秒。

§2.2 在程序内部复制、粘贴坐标点

很多界面上都有按钮 和 。它们分别表示复制、粘贴坐标。单击 按钮，程序将其附近的坐标保存到内存中；单击 按钮，程序将内存中的坐标提取出来，并显示在按钮附近的文本框中。

有了该功能，就能方便、快捷的在程序内部进行坐标的传递。不过需要注意两点：

1、与剪贴板不同，这种复制、粘贴只能在程序内部使用。不要希望这种操作能对别的程序（甚至另一个运行着的 Transform）有效；

2、要注意源格式与目标格式的区别。如：您复制了 *B*、*L*、*H*，只能粘贴到 *B*、*L* 和 *B*、*L*、*H* ，不能粘贴到 *X*、*Y*、*Z* 或其它坐标格式。

第三章 使用 COM 服务

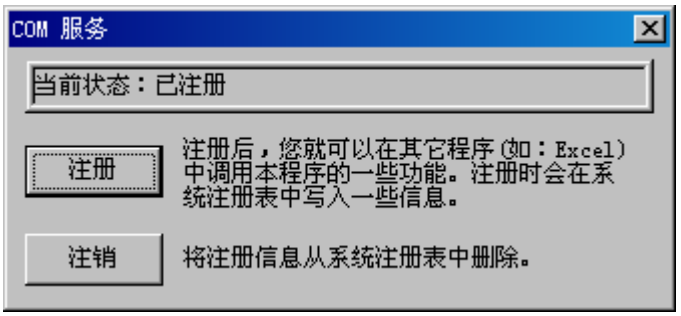
§3.1 注册/注销 COM 服务

实际工作中，经常会遇到坐标的批量转换。因其步骤是不尽相同的，程序难于实现这一功能。我们的解决方案是：Transform 提供一些开放的功能，在 Excel 中使用宏调用这些功能。这个方案非常灵活，美中不足是要求您对 VBA 有所了解。

Transform 提供的开放功能是通过 COM 实现的。您不需要对 COM 做太多的了解。仅仅需要知道：要让 Excel 调用 Transform，就必须将一些信息写入注册表（如：Transform.exe 的目录在什么地方等等）。这个过程就是“注册”。如果您想将这些信息从注册表中清除，请使用“注销”功能。

单击【设置】下的【COM 服务】菜单项

程序弹出如下对话框：

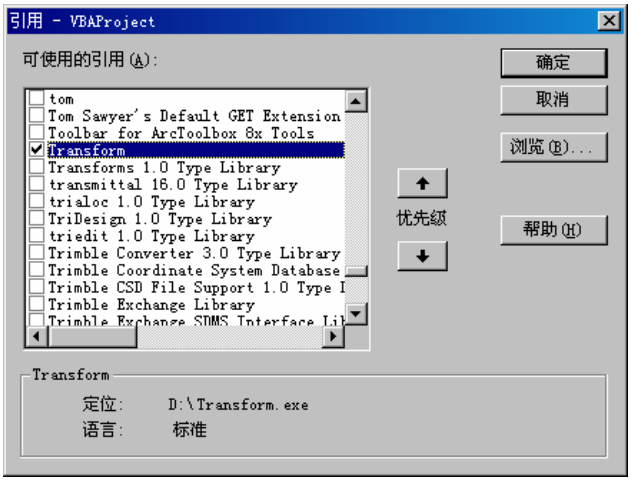


单击“注册”按钮，完成 COM 服务的注册。只需注册一次即可。注意如果您修改了本程序的存放目录，那么请重新注册。

单击“注销”按钮，完成 COM 服务的注销。

§3.2 使用 COM 服务

注册好 COM 服务后，就可以在 Excel、VB 等软件中调用本程序的一些功能了。下面介绍在 Excel 2003 中调用 COM 服务。



有两种调用方法：前期绑定、后期绑定。前期绑定需要导入类型库，后期绑定就不需要了。

导入类型库的步骤：

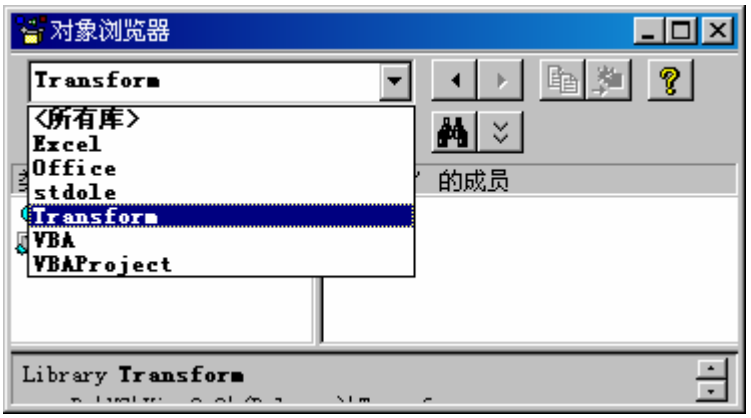
1、运行 Excel 程序；

2、按 Alt+F11 进入“Visual Basic 编辑器”；

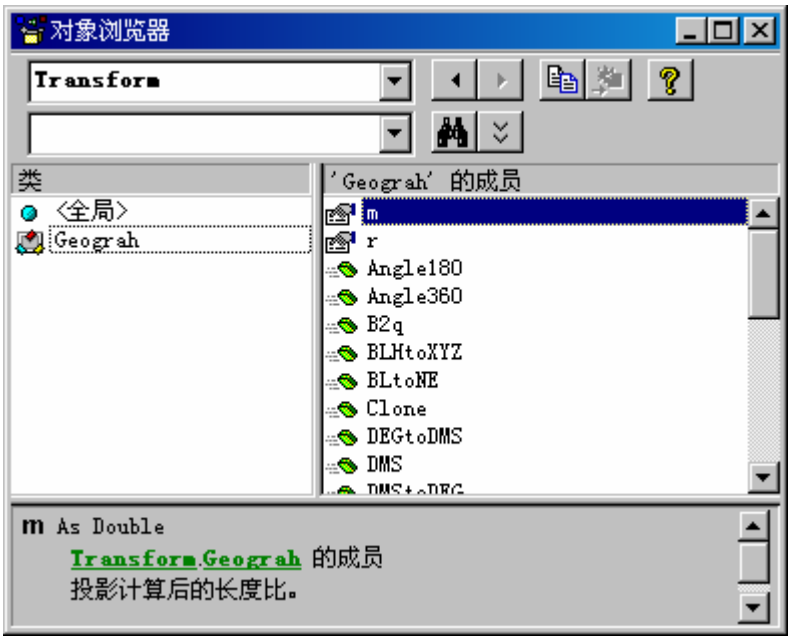
3、单击【工具】菜单下的【引用】菜单项。在弹出的对话框中

勾中 Transform，然后单击“确定”按钮；

4、到此，类型库导入完毕。按 F2 键将弹出“对象浏览器”窗口。可以看到有很多类型库，请选择 Transform：



可以看到：Transform 提供了一个接口类 Geograh。Excel 通过接口类里的成员、方法来调用 Transform 里的功能。



那么如何使用 Geograh 类呢？方法主要有两种：

方法一：前期绑定

1、导入类型库 Transform，具体操作见上面的描述；

2、定义 Geograh 对象，如：

```
Dim objGeo As Geograh
```

3、为该对象分配内存，如：

```
Set objGeo = New Geograh
```

第 2、3 步可以合成一句：

```
Dim objGeo As New Geograh
```

4、现在就可以使用这个对象了，如：

```
deg = objGeo.DMStoDEG(12.3456)
```

表示将 12 度 34 分 56 秒化为度，然后赋给变量 deg 。

方法二：后期绑定

1、定义一个 Object 变量，如：

```
Dim objGeo As Object
```

2、为该对象分配内存，如：

```
Set objGeo = CreateObject("Transform.Geograh")
```

3、现在就可以使用这个对象了。

前期绑定与后期绑定的比较：

1、前期绑定需要引用类型库，后期绑定不需要；

2、前期绑定因为导入了类型库，所以在 Excel 中编程时，Geograh 对象的属性、方法能自动列出来，方便编程。而后期绑定就不行了；

3、前期绑定的效率比后期绑定的效率要高些。

§3.3 Geograh 的成员、方法

在 Excel 中编写程序，调用 Transform 的功能，就必须对 Geograh 的属性、方法有所了解。

1）m、r 属性

m、r 属性分别存放了投影计算后的长度比和子午线收敛角（弧度）。投影计算后就是调用方法 BLtoNE 或 NEtoBL 后。

2）Angle180 方法

```
Function Angle180(rad As Double) As Double
```

将角度（弧度）rad 化到(-π,π]之间，返回归化好的角度。就是找到 *n*，使得 $-p < rad + 2np \le p$ **，最后返回** $rad + 2np$

3）Angle360 方法

```
Function Angle360(rad As Double) As Double
```

将角度（弧度）rad 化到[0,2π)之间，返回归化好的角度。就是找到 *n*，使得 $0 \le rad + 2np < 2p$ **，最后返回** $rad + 2np$

4)B2q 方法

```
Function B2q(B As Double) As Double
```

根据纬度 B 计算等量纬度 q，返回 q。角度单位是弧度。请首先调用 SetEllipse。

5)q2B 方法

```
Function q2B(q As Double) As Double
```

根据等量纬度 q 计算纬度 B，返回 B。角度单位是弧度。请首先调用 SetEllipse。

6）BLHtoXYZ 方法

```
Sub BLHtoXYZ( B As Double, L As Double, H As Double,
              X As Double, Y As Double, Z As Double)
```

将纬度 B、经度 L、大地高 H 转换为空间直角坐标(X,Y,Z)。经纬度单位为弧度。请首先调用 SetEllipse。

7) XYZtoBLH 方法
Sub XYZtoBLH(X As Double, Y As Double, Z As Double,
B As Double, L As Double, H As Double)
将空间直角坐标(X,Y,Z)转换为纬度 B、经度 L、大地高 H。经纬度单位为弧度。请首先调用 SetEllipse。

8)BLtoNE 方法
Sub BLtoNE(B As Double, L As Double, N As Double, E As Double)
投影计算。根据纬度 B、经度 L 计算投影坐标(N,E)。经纬度单位为弧度。请首先调用 SetEllipse 和 SetProjParam。

9)NEtoBL 方法
Sub NEtoBL(N As Double, E As Double,B As Double, L As Double,)
投影计算。根据投影坐标(N,E)计算纬度 B、经度 L。经纬度单位为弧度。请首先调用 SetEllipse 和 SetProjParam。

10)Clone 方法
Function Clone() As Geograh
生成一个 Geograh 副本。
Excel 中使用 Set objGeo = New Geograh 或
Set objGeo = CreateObject("Transform.Geograh")
创建一个 Geograh 对象，会运行一次 Transform 程序。如果您同时创建十个这样的对象，就会同时运行十个 Transform 程序。这样效率比较低、资源消耗比较大。比较好的办法就是首先创建一个对象,然后其它对象用这个对象 Clone 即可。

11) DEGtoDMS 方法
Function DEGtoDMS(DEG As Double) As Double
将度转化为度分秒(ddd.mmssssssss)，返回度分秒。注意秒最多 8 位。

12) DMStoDEG 方法
Function DMStoDEG(DMS As Double) As Double
将度分秒(ddd.mmssssssss)转化为度，返回度。注意分、秒必须小于 90。

13) DMS 方法
Function DMS(d As Double, m As Double, s As Double) As Double
将度 d、分 m、秒 s 转化为弧度，即求 rad=(d+m/60+s/3600)×π/180，返回 rad。

14) DMtoDEG 方法
Function DMtoDEG(DM As Double) As Double
将度分（dddmm.mmmm）转化为度，返回度。注意分必须小于 90。

15）LatToNorth 方法
Function LatToNorth(B As Double) As Double
计算赤道到纬度 B 处的子午线弧长 North，返回 North。
请首先调用 SetEllipse。
赤道到北纬的子午线弧长大于零，赤道到南纬的子午线弧长小于零。

16）NorthToLat 方法
Function NorthToLat(North As Double) As Double
计算纬度 B，使得赤道到纬度 B 处的子午线弧长为 North。返回 B。
请首先调用 SetEllipse。

17）Rew 方法
Function Rew(B As Double) As Double
计算纬度 B （弧度）处的卯酉(东西向)曲率半径。返回曲率半径。请首先调用 SetEllipse。

18）Rns 方法
Function Rns(B As Double) As Double
计算纬度 B （弧度）处的子午(南北向)曲率半径。返回曲率半径。请首先调用 SetEllipse。

19）RAvg 方法
Function RAvg(B As Double) As Double
计算纬度 B（弧度)处的平均曲率半径。返回曲率半径。请首先调用 SetEllipse。

说明：平均曲率半径 = $\sqrt{MN}$，M 为子午曲率半径，N 为卯酉曲率半径。

20）Ra 方法
Function Ra(B As Double,a As Double) As Double
计算纬度 B （弧度）,方向 a（由北方向右转到该方向的角度，单位弧度）处的曲率半径。返回曲率半径。请首先调用 SetEllipse。

21）Set7Param 方法
```
Sub Set7Param(iModel As Integer, b1_2 As Integer,K As Double,
              DX As Double, DY As Double, DZ As Double,
              RX As Double, RY As Double, RZ As Double)
```
设置七参数。iModel=0 表示 DSNP+ 模型，=1 表示布尔莎模型；b1_2 非零表示转换方向为 1 ==> 2，否则反之；K 为比例系数；DX,DY,DZ 为加常数；RX,RY,RZ 为旋转参数(弧度)。

22）SetEllipse 方法
Sub SetEllipse(a As Double, f As Double)
设置椭球长半轴 a 和扁率倒数 f。

23）SetProjParam 方法

Function SetProjParam(iModel As Long,Param) As Integer

设置投影参数。iModel=0 表示高斯投影，=1 表示 UTM 投影，=2/3 表示兰伯托切/割圆锥投影，=4 表示墨卡托投影，=5 表示 Albers 投影。Param 是一个 double 数组，存放着投影参数，存放的顺序与投影计算时的设置顺序相同。

设置成功返回 1，失败返回 0

24）XYZ1to2 方法

```
Sub XYZ1to2(  X1 As Double, Y1 As Double, Z1 As Double,
              X2 As Double, Y2 As Double, Z2 As Double)
```

空间直角坐标的转换，转换方向 1 ==> 2。请首先调用 Set7Param。

25）XYZ2to1 方法

```
Sub XYZ2to1(  X2 As Double, Y2 As Double, Z2 As Double,
              X1 As Double, Y1 As Double, Z1 As Double)
```

空间直角坐标的转换，转换方向 2 ==> 1。请首先调用 Set7Param。

第四章 理论依据

§4.1 最小二乘约束

已知两个几何量 x，y 满足 $xy=c$，c 为一常数。现观测了多组数据(x_i, y_i) $i=1,2,...,n$，那么如何确定常数 c 呢？

方法 1：考虑到 $x=\frac{c}{y}$，求 $\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\frac{c}{y_i}\right)^2$ 取最小值时的 c，假定求得的 $c=c_1$。

方法 2：考虑到 $y=\frac{c}{x}$，求 $\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\frac{c}{x_i}\right)^2$ 取最小值时的 c，假定求得的 $c=c_2$。

方法 3：综合上述两个方法，求 $\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\frac{c}{y_i}\right)^2+\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\frac{c}{x_i}\right)^2$ 取最小值时的 c，假定求得的 $c=c_3$。

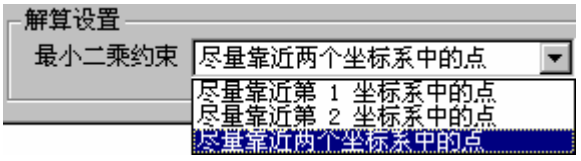
显然，c_1、c_2 、c_3 并不总是相同的。可以称：

方法 1 是对 x 的最小二乘约束。如果仅仅考虑通过 y 来求 x，就可以使用该方法；

方法 2 是对 y 的最小二乘约束。如果仅仅考虑通过 x 来求 y，就可以使用该方法；

方法 3 是对 x 和 y 的最小二乘约束。如果 x 、y 需要相互转换，那么方法 1、2 就有失公允，可以使用该方法。

求解平面相似变换参数、七参数时的解算设置中有最小二乘约束：



其意义就分别对应上述的方法 1、2、3。

§4.2 旋转矩阵

空间直角坐标系（右手系） XYZ1 绕 X 轴右转 θ 角形成 XYZ2 坐标系，那么 XYZ1 和 XYZ2 的坐标关系为：

$$\begin{pmatrix}X_2\\Y_2\\Z_2\end{pmatrix}=Rx(q)\begin{pmatrix}X_1\\Y_1\\Z_1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&\cos q&\sin q\\0&-\sin q&\cos q\end{pmatrix}\begin{pmatrix}X_1\\Y_1\\Z_1\end{pmatrix}$$

公式中 $Rx(q)$ 就是绕 X 轴旋转的旋转矩阵。

同理可以得到绕 Y、Z 轴旋转的旋转矩阵：

$$Ry(q)=\begin{pmatrix}\cos q&0&-\sin q\\0&1&0\\\sin q&0&\cos q\end{pmatrix}\qquad Rz(q)=\begin{pmatrix}\cos q&\sin q&0\\-\sin q&\cos q&0\\0&0&1\end{pmatrix}$$

旋转矩阵的特点：$Rx(q)^{-1}=Rx(q)^{\mathrm{T}}=Rx(-q)$，$\left|Rx(q)\right|=1$

§4.3 空间直角坐标转换模型

空间直角坐标的转换模型有很多，这里只讨论三种：布尔莎模型、DSNP 模型、DSNP+ 模型。

一、布尔莎模型

规定 1 ==> 2 的布尔莎七参数 K、Dx、Dy、Dz、ωx、ωy、ωz 意义如下：

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = R\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Dx \\ Dy \\ Dz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K & wz & -wy \\ -wz & K & wx \\ wy & -wx & K \end{pmatrix}\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Dx \\ Dy \\ Dz \end{pmatrix}$$

其中 K 为比例系数，Dx、Dy、Dz 为加常数，ωx、ωy、ωz 为旋转参数（弧度）。

注意：

1、布尔莎模型不是严格的相似变换模型；

2、矩阵 R 的逆矩阵如下：

$$R^{-1} = \frac{\begin{pmatrix} K^2+wx^2 & wx\bullet wy-K\bullet wz & wx\bullet wz+K\bullet wy \\ wx\bullet wy+K\bullet wz & K^2+wy^2 & wy\bullet wz-K\bullet wx \\ wx\bullet wz-K\bullet wy & wy\bullet wz+K\bullet wx & K^2+wz^2 \end{pmatrix}}{K(K^2+wx^2+wy^2+wz^2)}$$

二、DSNP 模型

使用 DSNP 公司的 3SPack 程序计算出来的七参数 K、Dx、Dy、Dz、ωx、ωy、ωz 意义如下：

$$\begin{pmatrix} Xuser \\ Yuser \\ Zuser \end{pmatrix} = \frac{1}{K}Rx(wx)Ry(wy)Rz(wz)\begin{pmatrix} X_{WGS}-Dx \\ Y_{WGS}-Dy \\ Z_{WGS}-Dz \end{pmatrix}$$

$\begin{pmatrix} X_{WGS} \\ Y_{WGS} \\ Z_{WGS} \end{pmatrix}$是点在 WGS-84 椭球下的空间直角坐标；$\begin{pmatrix} Xuser \\ Yuser \\ Zuser \end{pmatrix}$是点在用户椭球下的空间直角坐标。

由此规定 1 ==> 2 的 DSNP 模型为：

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{K}Rx(wx)Ry(wy)Rz(wz)\begin{pmatrix} X_1-Dx \\ Y_1-Dy \\ Z_1-Dz \end{pmatrix}$$

三、DSNP+ 模型

DSNP 模型与布尔莎模型差别比较大，不便于程序处理，也不便于记忆。为此，规定 1 ==> 2 的 DSNP+ 七参数意义如下：

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = K \bullet R \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Dx \\ Dy \\ Dz \end{pmatrix} = K \bullet Rz(-wz)Ry(-wy)Rx(-wx) \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Dx \\ Dy \\ Dz \end{pmatrix}$$

注意：

1、DSNP+ 模型与 DSNP 模型仅仅是转换方向不同。即 1 ==> 2 的 DSNP+ 七参数就是 2 ==> 1 的 DSNP 七参数。DSNP 模型做为过渡的概念以后将弃而不用；

2、DSNP+ 模型是严格的三维空间上的相似变换模型。所以其意义比较重大，因为只要涉及到三维空间上的旋转、平移、缩放，都可以使用该模型进行描述；

3、矩阵 R 满足 $R^{-1} = R^T$，$|R| = 1$。用它求逆变换是比较容易的；

4、矩阵 R 的具体形式如下：

$$R = \begin{pmatrix} \cos wy \cos wz & \sin wx \sin wy \cos wz - \cos wx \sin wz & \sin wx \sin wz + \cos wx \sin wy \cos wz \\ \cos wy \sin wz & \cos wx \cos wz + \sin wx \sin wy \sin wz & \cos wx \sin wy \sin wz - \sin wx \cos wz \\ -\sin wy & \sin wx \cos wy & \cos wx \cos wy \end{pmatrix}$$