

布尔莎七参数转换模型在矿业权核查中的应用

王利超¹ 吕学军¹ 王福增²

(1. 河北中核岩土工程有限责任公司, 河北石家庄 050021; 2. 河北地质职工大学, 河北石家庄 050081)

【摘要】 利用布尔莎七参数转换模型对全国矿业权实地核查中的北京 54 坐标系和西安 80 坐标系间坐标的转换进行了实例演算。介绍了布尔莎七参数转换函数模型、坐标转换方法及公共点的选取和精度评定。

【关键词】 七参数; 公共点; 坐标转换参数

【中图分类号】 P226.3

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.04.008

Theory and Practice of the Bursa seven-parameters for transfer function model in The Field Verification in National Mining Rights

Wang Lichao¹ Lv Xuejun¹ Wang Fuzeng²

(1. Nuclear Industry of China Geotechnical Engineering Co., Ltd in Hebei, Shijiazhuang 050021, Hebei, China;

2. HeBei Vocational College of Geology, Shijiazhuang 050081, Hebei, China)

【Abstract】 This paper indicated the Bursa seven-parameters of the transfer function model, the coordinate system transformation methods, the common point selection and accuracy assessment. As well as the Bursa seven-parameter transformation model make a instance of calculations that Coordinate System Transformation by 1954 Beijing and 1980 Xi'an in The Field Verification of The National Mining Rights.

【Key words】 seven-parameters; common point; coordinate transformation parameters

0 引言

1954 年北京坐标系(以下简称 54 坐标系)大地原点在原苏联的普尔科沃,其参考椭球为克拉索夫斯基椭球体。为了适应我国大地测量发展的需要,建立了 1980 西安坐标系(以下简称 80 坐标系),大地原点设在我国中部西安市附近的泾阳县,椭球参数采用 IUG1975 年大会推荐的参数。我国 54 坐标系和 80 坐标系共存已持续了数十年,多种坐标系统共存使不同坐标系转换的问题越来越突出^[1]。国土资源部近来组织开展的全国矿业权实地核查工作的成果数据要求采用 80 坐标系,并要求利用四参数或七参数转换模型将采矿许可证中 54 坐标系下的矿界拐点坐标转换到 80 坐标系中^[2]。鉴于此本文采用七参数转换模型对全国矿业权实地核查中的 54 坐标系和 80 坐标系间坐标的转换进行了实例演算。

1 坐标转换原理

坐标转换主要是根据同时拥有两种坐标系坐标的大地点(即“公共点”)的情况,选择具有一定密度

且分布均匀的公共点,利用所选公共点的两种坐标系的坐标,采用适当的坐标转换模型计算两坐标系之间的坐标转换参数,再通过坐标回代求得所求坐标系的坐标成果。

2 坐标转换模型

坐标转换通常有两种类型的转换模式,一种是二维坐标转换模式,一种是三维坐标转换模式。二维坐标转换模式只适合于小区域转换,且只需要两坐标系的二维坐标成果(高斯平面直角坐标 x, y 或大地经纬度 L, B);三维坐标转换模式适合任何区域坐标转换,且需要两坐标系的三维坐标成果(空间直角坐标 X, Y, Z 或大地纬度 B 、大地经度 L 、大地高 H)。目前使用最广的是平面四参数转换模型和布尔莎七参数转换模型两种。

2.1 布尔莎七参数转换模型

对于两个不同的空间直角坐标系 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 和 $O_2-X_2Y_2Z_2$,见图 1,其坐标原点不一致,即存在三个平移参数 $\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0$,它们表示 $O_2-X_2Y_2Z_2$

坐标系原点 O_2 相对于 $O_1-X_1Y_1Z_1$ 坐标系原点 O_1 在三个坐标轴上的分量;又当两个坐标轴相互不平行时,即存在三个旋转参数 ϵ_x 、 ϵ_y 、 ϵ_z ;若两个坐标系的尺度不一致,则还有一个尺度变化参数 m ,为此,可得两个坐标系之间的关系式:

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = (1 + m) \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \epsilon_z & -\epsilon_y \\ -\epsilon_z & 0 & \epsilon_x \\ \epsilon_y & -\epsilon_x & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix}$$

式中共有七个变换参数,简称为布尔莎七参数变换公式。

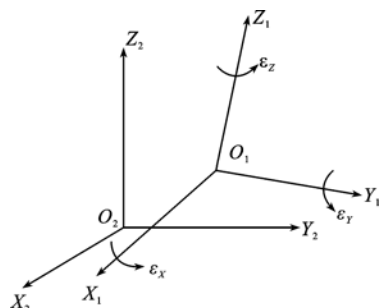


图1 两个不同空间直角坐标系间的关系

2.2 平面四参数转换模型

对于两个不同的平面直角坐标系,存在着四个转换参数,即两个平移参数 Δx_0 、 Δy_0 ;一个旋转参数 θ ;一个尺度参数 m 。其转换公式为:

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = (1 + m) \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \end{bmatrix}$$

式中共有四个变换参数,简称为平面四参数变换公式。

3 布尔莎七参数转换模型在全国矿业权实地核查

54 坐标系与 80 坐标系坐标转换中的应用

本文以某矿矿业权实地核查工作中的矿界拐点转换为实例演算,该矿周围同时具有 54 坐标系与 80 坐标系坐标的公共点有 9 个,其中国家二等三角点 3 个分别为 KLAJ、ADKE、NULH,四等 GPS 点 6 个分别为 G428、G534、GPS2、GPS1、V006、K020。控制点和矿界的位置关系图见图 2。

3.1 坐标系转换计算方法

该矿中的公共点坐标分别为 54 坐标系和 80 坐标系下的高斯平面坐标。采用布尔莎七参数转换模型,则需要先将公共点在两个坐标系的高斯平面坐

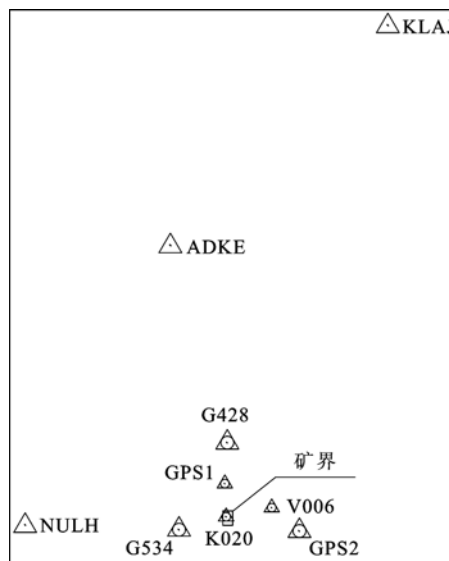


图2 控制点和矿界的位置关系图

标转换为大地经纬度,并获得公共点在两个坐标系的大地高。进而再将所得的大地坐标系转换成空间直角坐标系。

若直接用上述方法计算,步骤过于繁琐,且计算量也很大。本文在讨论七参数的转换方法时使用经天测绘公司的测量计算工具包软件 V4.0,该软件操作步骤简便,且计算精度较高。

利用经天测绘公司的测量计算工具包软件 V4.0 以高斯平面坐标进行七参数解算流程为:①选取参与计算的公共点,另再选择一部分公共点作为检核点,检核点不参与转换参数计算;②将公共点导入软件程序中进行转换参数计算,得出公共点的坐标分量残差值和空间坐标转换参数;③计算出参与转换参数计算的公共点残差中误差,分析每个公共点的转换精度是否满足要求,对不满足要求的公共点进行剔除;④用满足精度要求的转换参数来计算检核点的转换坐标,并将此值与其已知坐标进行比较。⑤校核点检查无误后,确定最终的坐标转换参数,利用此参数计算待转换点的坐标系坐标。

3.2 公共点的选取

采用布尔莎七参数转换模式时公共点选取的个数应不少于 3 个,且公共点的分布应涵盖整个转换区域。公共点的选取可依据外业技术总结、点之记与坐标差比较等方法选取足够的高等级、高精度且分布均匀的点。但最终公共点的选用情况还需根据所计算的公共点坐标分量残差以及其残差中误差情况来确定。为了保证转换参数的精度,本文认为计算时公共点的坐标分量残差大于或接近 2 倍残差中误差时为粗差,应予以剔除。并重新进行公共点选

取和计算,直到满足精度要求为止。

3.3 坐标转换精度评定

用布尔莎七参数转换模型进行坐标转换时必须满足相应的精度指标,具体精度评估指标及评估方法见下述分解。

坐标转换精度估计公式如下:

① $V(\text{残差}) = \text{重合点转换坐标} - \text{重合点已知坐标}$

② 空间直角坐标 X 残差中误差

$$M_x = \pm \sqrt{\frac{[VV]_x}{n-1}}$$

③ 空间直角坐标 Y 残差中误差

$$M_y = \pm \sqrt{\frac{[VV]_y}{n-1}}$$

④ 空间直角坐标 Z 残差中误差

$$M_z = \pm \sqrt{\frac{[VV]_z}{n-1}}$$

⑤ 点位中误差

$$M_\varphi = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

⑥ 平面坐标 x 残差中误差

$$M_x = \pm \sqrt{\frac{[VV]_x}{n-1}}$$

⑦ 平面坐标 y 残差中误差表

$$M_y = \pm \sqrt{\frac{[VV]_y}{n-1}}$$

⑧ 大地高 H 残差中误差

$$M_H = \pm \sqrt{\frac{[VV]_H}{n-1}}$$

⑨ 平面点位中误差

$$M_p = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

3.4 坐标转换参数的确定

该矿搜集到的控制点存在着三角网和 GPS 网共存的情况。为此在计算坐标转换参数时分别进行了两方面的数据分析,一方面是三角点和 GPS 点共同参加转换参数计算,另一方面为仅选用公共的 GPS 点进行转换参数计算。

3.4.1 三角点和 GPS 点共同参加坐标转换参数计算

选取 8 个公共点进行转换参数计算(其中 3 个点为国家二等三角点,其余 5 个点为四等 GPS 点),各公共点的分量残差值及残差中误差分别详见表 1 和表 2。

表 1 选取 3 个三角点和 5 个 GPS 点共用时坐标分量残差值

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
NULH	二等三角点	-667.3	226.1	15.5
ADKE	二等三角点	-255.2	203.9	7.6

续表

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
KLAJ	二等三角点	113.3	276.0	-5.5
G428	四等 GPS 点	186.1	-165.5	-1.2
G534	四等 GPS 点	118.2	-194.1	-1.0
GPS2	四等 GPS 点	170.4	-54.1	-5.8
GPS1	四等 GPS 点	182.9	-154.1	-4.3
V006	四等 GPS 点	151.7	-138.1	-5.3

表 2 选取 3 个三角点和 5 个 GPS 点共用时坐标转换精度

坐标残差中误差			
x 残差中误差 M _x /mm	y 残差中误差 M _y /mm	H 残差中误差 M _H /mm	点位中误差
±306.4	±199.9	±7.7	±365.8

由表 1、表 2 计算数据可以看出,所计算出公共点的坐标分量残差值很大,且 NULH 点的残差已超出 2 倍残差中误差。剔除 NULH 点后,选取 2 个三角点和 5 个 GPS 点重新进行坐标转换参数计算,各公共点的分量残差值及残差中误差分别详见表 3 和表 4。

表 3 选取 2 个三角点和 5 个 GPS 点共用时坐标分量残差值

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
ADKE	二等三角点	-381.4	120.9	9.1
KLAJ	二等三角点	168.5	70.7	-3.3
G428	四等 GPS 点	72.6	-103.5	1.2
G534	四等 GPS 点	-42.1	-77.8	1
GPS2	四等 GPS 点	94.3	79.7	-2.6
GPS1	四等 GPS 点	61.9	-64.8	-2.3
V006	四等 GPS 点	26.1	-25.1	-3.1

表 4 选取 2 个三角点和 5 个 GPS 点共用时坐标转换精度

坐标残差中误差			
x 残差中误差 M _x /mm	y 残差中误差 M _y /mm	H 残差中误差 M _H /mm	点位中误差
±180.0	±89.0	±4.4	±200.8

由表 3、表 4 计算数据可以看出,剔除 NULH 点后,各公共点的坐标分量残差以及其残差中误差值仍很大,且 ADKE 点的残差已超出 2 倍残差中误差。从以上数据分析及多个矿业权转换参数的计算经验发现 GPS 控制网点和三角网点不能共同参加坐标转换参数计算,否则各公共点的坐标分量残差和残差中

误差值都很大,无法满足坐标转换精度要求。

3.4.2 采用GPS点进行坐标转换参数计算

3.4.2.1 公共点筛选,剔除粗差点

在仅选取GPS点作为公共点进行转换参数计算时,同样需对其中的粗差点进行剔除。

选取5个GPS公共点进行转换参数计算,各公共点的分量残差值及残差中误差分别详见表5和表6。

表5 选取5个GPS点时坐标分量残差值

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
G428	四等GPS点	-27.1	3.6	0.6
G534	四等GPS点	4.6	-18.9	-0.6
GPS2	四等GPS点	5.1	12.6	0.4
GPS1	四等GPS点	6.1	0.5	-0.1
V006	四等GPS点	6.3	0.7	0.2

表6 选取5个GPS点时坐标转换精度

坐标残差中误差			
x 残差中误差 M_x/mm	y 残差中误差 M_y/mm	H 残差中误差 M_H/mm	点位中误差
±14.6	±11.5	±0.5	±18.6

由表5和表6的计算数据可以看出,G428点的残差值已接近2倍残差中误差,为了保证转换参数的精度,此处认为G428为粗差点并予以剔除。

3.4.2.2 剔除粗差点后,重新进行坐标转换参数计算

选取4个GPS公共点重新进行坐标转换参数计算,各公共点的分量残差值及残差中误差分别详见表7和表8。

表7 选取4个GPS点时坐标分量残差值

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
GPS2	四等GPS点	-0.5	3.1	0.1
GPS1	四等GPS点	-0.8	1.1	-0.1
G534	四等GPS点	1.6	0.3	0.0
V006	四等GPS点	-0.4	-4.5	0.0

表8 选取4个GPS点时坐标转换精度

坐标残差中误差			
x 残差中误差 M_x/mm	y 残差中误差 M_y/mm	H 残差中误差 M_H/mm	点位中误差
±1.1	±3.2	±0.1	±3.4

由表7和表8可以看出,所选公共点的坐标分量残差及其残差中误差值均满足坐标转换精度要求。可以用来进行坐标转换参数计算。经计算后,得出该矿业权54坐标系和80坐标系间的转换七参数为: $\Delta X_0 = -83.4204102106$, $\Delta Y_0 = -1.9882724587$, $\Delta Z_0 = -83.7765396878$, $\epsilon_x = -3.952524275$, $\epsilon_y = 0.0736855062$, $\epsilon_z = 1.7778179973$, $m = 1.0000018655$ 。

利用所得坐标转换参数对未参与转换参数计算的公共点K020进行检核计算,用转换参数计算此点在80坐标系下的坐标,并与其80坐标系下的已知坐标进行比较。检核结果详见表9。

表9 使用4个GPS点时检核点坐标分量较差值

点名	类型	残差 x/mm	残差 y/mm	残差 H/mm
K020	四等GPS点	5.0	-16.0	0.5

由表9可以看出,利用已计算出的坐标系转换参数对K020点进行检核计算时,各坐标分量差值较小,能够满足坐标系转换的精度要求。

4 转换待转换点的坐标系坐标

利用布尔莎七参数转换模型,根据已确定的转换参数,将待转换的54坐标系下的矿界拐点坐标换算为所需的80坐标系坐标。

5 结论

布尔莎七参数转换模型为三维模型,在空间直角坐标系中两坐标系之间存在严密的转换模型,转换精度较高。在选取公共点时首先要满足其能涵盖整个转换区域,其次应对公共点坐标转换残差进行分析,并根据转换残差进行精度评定,以剔除粗差点。该计算方法能够在一定程度上提高坐标转换的精度。

参 考 文 献

- [1] 党亚民,成英燕. 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,(5):20-22.
- [2] 国土资源部矿产开发管理司,中国地质调查局发展研究中心. 全国矿业权实地核查工作指南与技术要求[M]. 北京:中国大地出版社,2008.

收稿日期:2012-05-08