WGS—84坐标系与任意坐标系坐标转换

王虎文

（内蒙古煤田地质局勘测队）

摘 要：针对GPS在矿产资源测量中的广泛应用，本文阐述了GPS所采用的WGS—84坐标系与任意坐标系（又称城建坐标系）之间的坐标转换数学关系。

关键词：WGS—84坐标系；任意坐标系；转换参数；数学模型

1 前言

GPS定位技术在地质矿产测量方面有很大应用潜力。近年来GPS接收机的小型化、小功耗及卫星星座的不断改善与发展，给GPS用于矿产开发提供了有利的硬件条件。在软件方面，GPS快速定位方法也有较大的发展，这些都促使GPS在矿山测量中得到较广泛的应用。实践证明，在缩短工期、降低成本和设计的灵活性方面，GPS测量较常规测量更为优越。

很多矿山测量任务可以用GPS定位技术实施。例如矿区控制网，按我国的实例估计，可以节省经费1/3到1/2且可缩短工期。又如特大型惯通时控制测量，往往山高林密，常规方法施测困难，更可发挥GPS不需通视和跨度可长可短的特点。有些变形测量则可充分利用GPS的高精度、高效率和布测灵活的特点。

GPS平差后的解属WGS—84坐标系，它是一个以地球质心为坐标原点的地固坐标系。而一些工程网要求使用原采用的坐标系统，以充分利用原有的地形图、工程图、地下管道施工图等资料。如果原采用的是我国的80坐标系或54坐标系（整体平差值），则可按我国已有的相应坐标变换参数进行坐标转换，即可得到相应坐标系的坐标值。如果要求网中某一重合点的坐标采用值不变，可在上述变换后进行平移。

大多数矿区控制网原采用的是任意坐标系（又称城建坐标系），它的中央子午线选在该矿区的中心，有的投影面选在矿区的平均高程面，坐标定向在当地的正北方向。这样形成的当地坐标系使测量和绘制在地形图上的结果和实际地形相一致，使投影形变为最小。所以利用GPS做矿山控制测量或工程测量时，为了适应测量的要求，必须将获得的WGS—84坐标转换为当地的城建坐标，这就需另求定坐标变换参数和进行相应的坐标转换。为此可在若干已知原采用坐标系坐标值的点上进行重合观测，求定坐标转换参数。

研究这种坐标转换的目的在于：

①合理地确定两种坐标转换的参数，实现坐标转换。

②利用卫星测量建立地面控制网。

③利用卫星测量成果加强和改善矿区地面控制网。

2 坐标转换数学模型

WGS—84空间直角坐标和地方独立坐标转换的基本思路是：

①将测量得到的WGS—84坐标投影到高斯（GAUSS）平面上，得到$(x,y)_{gausa}$。

②利用已知点的两种平面坐标$(x,y)_{gauss}$、$(x,y)_{locnl}$求坐标转换参数：平移参数、尺度因子和旋转角。

③通过求得转换参数将各个点坐标转换为地方坐标系。

2.1 将WGS—84空间直角坐标投影到高斯平面上

2.1.1 将WGS—84空间直角坐标转换为BJ—54空间直角坐标

这是一个地心坐标系和参心坐标系之间的转换，两坐标系的原点不重合，坐标轴也互不平行，且坐标尺度不一致，对应的坐标之间还存在三个旋转角。我们可以采用布尔沙（Bursa）模型进行转换，模型如下：

设两坐标系间的旋转角为$\varepsilon_X,\varepsilon_Y,\varepsilon_z$，平移参数

为 X_0，Y_0，Z_0，尺度因子为 K，则任意点 P_1 在 WGS—84 中的空间直角坐标(X_{-w}，Y_{-w}，Z_{-w})和在 54(80)椭球下的空间直角坐标(X，Y，Z)之间的关系是：

$$X = X_{-w} + X_{-w}K + X_0 + Y_{-w} * \varepsilon''_z/\rho - Z_{-w} * \varepsilon''_Y/\rho \quad (1)$$

$$Y = Y_{-w} + Y_{-w}K + Y_0 - X_{-w} * \varepsilon''_z/\rho - Z_{-w} * \varepsilon''_X/\rho \quad (2)$$

$$Z = Z_{-w} + Z_{-w}K + Z_0 + X_{-w} * \varepsilon''_Y/\rho - Y_{-w} * \varepsilon''_X/\rho \quad (3)$$

以上就是不同空间直角坐标系转换的布尔沙模型，其中七个转换参数有三个公共点就可以求得。我国已有这方面的转换参数，所以我们可以直接利用已知参数将其它待变换点进行换算，而不必自己再计算参数了。

2.1.2　由 54 椭球下的空间直角坐标(X_i，Y_i，Z_i)计算 P_i 点的大地坐标(B_i，L_i，H_i)

这步可利用参心空间直角坐标和参心大地坐标的换算公式计算，公式如下：

$$L_i = arctg(Y[i]/X[i]) \quad (4)$$

$$B_i = arctg(Z[i] + Ne^2 sin\ Bi)/\ \sqrt{X[i]^2 + Y[i]^2} \quad (5)$$

$$H_i = \sqrt{X[i]^2 + Y[i]^2}/cosB[i] - N \quad (6)$$

其中 B 由第二式按迭代法计算，其初值为 $B_0 = (Z[i]/\sqrt{X[i]^2+Y[i]^2})$，式中 N 是 54 椭球卯酉圈曲率半径 $N=a/\sqrt{1-e^2\sin B_i}$；e 为第一偏心率($e^2=0.0066934216230$)。

2.1.3　利用高斯投影正算公式，由(B_i，L_i)求 P_i 相应的高斯平面坐标(x_i，y_i)

$$x_i = X_0 + Ntm_0/2 + (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)ntm_0^4/24 + (61 - 58t^2 + t^4)ntm_0^6/720 \quad (7)$$

$$y_i = Nm_0 + (1 - t^2 + \eta^2)\ Nm_0^2/6 + (5 - 18t^2 + t^4 - 14\eta^2 - 58\eta^2t^2)\ Nm_0^6/120 \quad (8)$$

其中

$$X_0 = C_0B + cosB(C_1sinB + C_2sin^3B + C_3sin^5B)$$

现在我国测量工作中，坐标转换大部分是在 BJ—54 坐标系上进行的，因此可以预先将 BJ—54 坐标系的椭球参数(a＝638245.0，f＝1/298.3)代入有关 C0、C1、C2、C3 的计算公式中，直接求得 C 的各个数值，即 C0＝6367558.49686；C1＝32005.79642；C2＝133.86115。

在城市、矿区、工厂等测量中，测区面积较小，并要求长度变形最小，此时可选测区中心的经度作为中央子午线的经度为 L0，则上面高斯投影正算公式中的 η^2，I，N，t 的计算公式如下：

$$I = L_i - L_0 \quad (9)$$

$$t = tg\ B_i \quad (10)$$

$$n^2 = e^2cos^2\ B_i\ \sqrt{(1 - e^2)} \quad (11)$$

$$N = a/\ \sqrt{1 - e^2sin2\ B_i} \quad (12)$$

2.2　两种平面坐标系的坐标转换

设已知起算点 P1 与另一点 P2 投影后的相应的高斯平面坐标为(x_1，y_1)和(x_2，y_2)，它们在地方独立坐标系为(x_1，y_1)和(x_2，y_2)。则各个参数的计算如下：

$$\text{平移参数}\begin{pmatrix}D_x\\D_y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}x_1\\y_1\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}x'_1\\y_1'\end{pmatrix} \quad (13)$$

旋转参数

$$\theta = a_{12} - a'_{12}, = arctg\ (y_2 - y_1)/\ (x_2 - x_1) - arctg\ (y'_2, - y'_1)/\ (x'_2, - x'_1) \quad (14)$$

尺度因子

$$m = (s_{12} - s_{12}')/s12 \quad (15)$$

再逐次将 Pi 点的高斯平面坐标(x_i，y_i)转换为地方独立坐标系中的坐标(x'_i，y'_i)

$$\begin{pmatrix}\Delta x'_i\\\Delta y'_i\end{pmatrix} = (1+m)\ \begin{pmatrix}cos\theta & sin\theta\\ -sin\theta & cos\theta\end{pmatrix}\ \begin{pmatrix}\Delta x_i\\\Delta y_i\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}x'_i\\y'_i\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}x_i\\y_i\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\Delta x'_i\\\Delta y'_i\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}D_x\\D_y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}x'_i & \Delta x'_i\\y'_i & \Delta y'_i\end{pmatrix}$$

以上就是 WGS—84 空间直角坐标到地方独立坐标之间的转换关系。

3　结束语

在许多矿山测量和工程测量中，都建立了适合本地区的地方独立坐标系，这种地方独立坐标系一般只是一种平面直角坐标。本文阐述了将 GPS 卫星测量得到的 WGS—84 空间直角坐标转换为地方独立坐标的全过程。在具体应用时应保证有足够的、高精度的已知点，另外，起算点的匹配问题也应值得注意。

〔参考文献〕

〔1〕　郭达志. 测量新技术. 中国矿业大学内部教材.

〔2〕　魏子卿、葛茂荣. GPS 相对定位的数学模型.

作者简介：王虎文，男，阜新矿业学院毕业，现任内蒙古煤田地质局勘测队总工程师。

收稿日期：2004 年 5 月 8 日