GNSS 觀測量之定義與運用

1. GNSS 基本觀測量

GPS 虛擬距離觀測量表示式為

$$PR_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) + I^G + T^G$$

GPS 載波相位觀測量表示式為

$$\Phi_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) - I^G + T^G + \lambda_i^G N_i^G$$

其中，i=1, 2, 3 可分別代表 L1, L2, L5 等三頻觀測量（以下類同如 G1, G2, G3 或 B1, B1, B2, B3 或 E1, E5a, E5b）。

欲整合 GPS（衛星代號為 G）與 GLONASS（衛星代號為 R）、BeiDou （簡稱 BDS，衛星代號為 C）、Galileo （衛星代號為 E）等導航衛星系統時，各星系之間有坐標系統與時間系統不一致的問題須加以考量。

在坐標系統方面，因 GPS 的坐標系統 WGS84 分別與 GLONASS 的坐標系統 PZ-90.11，BDS 的坐標系統 CGCS2000，Galileo 的坐標系統 GTRF 等，皆已與 ITRF 接軌，其間的差異量皆為公分級，定位影響不大而可忽略。

在實際進行資料整合處理時，亦可運用官方公布之坐標系統轉換模型做處理，以 GLONASS 系統為例，其與 GPS 間之七參數轉換模式即為

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{PZ90.11} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+S)\begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS84}$$

其中，平移量ΔX=-0.013 m、ΔY=0.106 m、ΔZ=0.022 m，尺度 S=-0.008 x10^{-6}，旋轉角 R_X=-2.30 mas、R_Y=3.54 mas、R_Z=-4.21 mas (milli-second of arc)。

在時間系統方面，考量其它星系與 GPS 時間系統的不一致，可引入不同星系的接收器時間偏移量，其中 GLONASS 與 GPS 之時間偏移量即表為 GRTO(GPS-GLONASS Time Offset)，BDS 與 GPS 之時間偏移量即表為 GCTO，Galileo 與 GPS 之時間偏移量即表為 GETO。此時，各星系兩類觀測量之表示式即為

GLONASS

虛擬距離

$$PR_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) + I^R + T^R$$

載波相位

$$\Phi_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) - I^R + T^R + \lambda_i^R N_i^R$$

BDS

虛擬距離

$$PR_i^C = \rho^C + c(dt^C - (dT + GCTO)) + I^C + T^C$$

載波相位

$$\Phi_i^C = \rho^C + c(dt^C - (dT + GCTO)) - I^C + T^C + \lambda_i^C N_i^C$$

Galileo

虛擬距離

$$PR_i^E = \rho^E + c(dt^E - (dT + GETO)) + I^E + T^E$$

載波相位

$$\Phi_i^E = \rho^E + c(dt^E - (dT + GETO)) - I^E + T^E + \lambda_i^E N_i^E$$

2. GNSS 三頻觀測量之線性組合

頻率

$$f_n = n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3$$

波長

$$\lambda_n = \frac{c}{f_n} = \frac{c}{n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3}$$

相位

$$\Phi_n = n_1 \Phi_1 + n_2 \Phi_2 + n_3 \Phi_3$$

相位起始未定值

$$N_n = n_1 N_1 + n_2 N_2 + n_3 N_3$$

相位觀測量之電離層放大因子

$$\beta_n = \frac{f_1^2 (\frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} + \frac{n_3}{f_3})}{n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3}$$

相位觀測量線性組合之一般式

$$\Phi_n = \frac{n_1 f_1 \Phi_1 + n_2 f_2 \Phi_2 + n_3 f_3 \Phi_3}{n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3}$$

相位觀測量組合後之變方

$$\rho_{\Phi_n}^2 = \frac{(n_1 f_1)^2 + (n_2 f_2)^2 + (n_3 f_3)^2}{(n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3)^2} \rho_{\Phi}^2 = A_n^2 \rho_{\Phi}^2$$

GNSS 三頻無電離層組合係數

System	n_1	n_2	n_3	β_n	A_n
GPS	77	-60	0	0	2.98
	154	0	-115		2.59
GLONASS	9	-7	0	0	2.90
	4	0	-3		2.62
BDS	172	-133	0	0	2.90
	187	0	-152		3.18
Galileo	77	-59	0	0	2.81
	154	0	-115		2.59

3. GNSS 導航定位解

GPS/GLONASS

$$PR_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) + I^G + T^G$$
$$PR_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) + I^R + T^R$$

虛擬距離觀測量合併解算時，未知數計有：（1）隱含在ρ之中的定位點坐標(X, Y, Z)，（2）接收器表差 dT，以及新產生的（3）系統時間偏差 GRTO 等共 5 個量。

GPS/GLONASS/BDS

$$PR_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) + I^G + T^G$$
$$PR_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) + I^R + T^R$$
$$PR_i^C = \rho^C + c(dt^C - (dT + GCTO)) + I^C + T^C$$

虛擬距離觀測量合併解算時，未知數計有：（1）隱含在ρ之中的定位點坐標(X, Y, Z)，（2）接收器表差 dT，以及新產生的（3）系統時間偏差 GRTO 及 GCTO 等共 6 個量。

GPS/GLONASS/BDS/Galileo

$$PR_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) + I^G + T^G$$
$$PR_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) + I^R + T^R$$

$$PR_i^C = \rho^C + c(dt^C - (dT + GCTO)) + I^C + T^C$$
$$PR_i^E = \rho^E + c(dt^E - (dT + GETO)) + I^E + T^E$$

虛擬距離觀測量合併解算時，未知數計有：（1）隱含在ρ之中的定位點坐標(X, Y, Z)，（2）接收器表差 dT，以及新產生的（3）系統時間偏差 GRTO、GCTO、GETO 等共 7 個量。

4. GNSS 載波差分定位

GPS

$$\Phi_i^G = \rho^G + c(dt^G - dT) - I^G + T^G + \lambda_i^G N_i^G$$

一次差

$$\Delta\Phi_i^G = \Delta\rho^G - c\Delta(dT) - \Delta I^G + \Delta T^G + \lambda_i^G \Delta N_i^G \quad \text{（衛星表差消除）}$$

二次差

$$\Delta\nabla\Phi_i^G = \Delta\nabla\rho^G - \Delta\nabla I^G + \Delta\nabla T^G + \lambda_i^G \Delta\nabla N_i^G \quad \text{（接收器表差消除）}$$

GLONASS

$$\Phi_i^R = \rho^R + c(dt^R - (dT + GRTO)) - I^R + T^R + \lambda_i^R N_i^R$$

一次差

$$\Delta\Phi_i^R = \Delta\rho^R - c\Delta(dT + GRTO) - \Delta I^R + \Delta T^R + \lambda_i^R \Delta N_i^R \quad \text{（衛星表差消除）}$$

二次差

$$\Delta\nabla\Phi_i^R = \Delta\nabla\rho^R - \Delta\nabla I^R + \Delta\nabla T^R + \lambda_i^R \Delta\nabla N_i^R \quad \text{（接收器表差消除）}$$

BDS

$$\Phi_i^C = \rho^C + c(dt^C - (dT + GCTO)) - I^C + T^C + \lambda_i^C N_i^C$$

一次差

$$\Delta\Phi_i^C = \Delta\rho^C - c\Delta(dT + GCTO) - \Delta I^C + \Delta T^C + \lambda_i^C \Delta N_i^C \quad \text{（衛星表差消除）}$$

二次差

$$\Delta\nabla\Phi_i^C = \Delta\nabla\rho^C - \Delta\nabla I^C + \Delta\nabla T^C + \lambda_i^C \Delta\nabla N_i^C \quad \text{（接收器表差消除）}$$

Galileo

$$\Phi_i^E = \rho^E + c(dt^E - (dT + GETO)) - I^E + T^E + \lambda_i^E N_i^E$$

一次差

$$\Delta\Phi_i^E = \Delta\rho^E - c\Delta(dT + GETO) - \Delta I^E + \Delta T^E + \lambda_i^E \Delta N_i^E \quad \text{（衛星表差消除）}$$

二次差

$$\Delta\nabla\Phi_i^E = \Delta\nabla\rho^E - \Delta\nabla I^E + \Delta\nabla T^E + \lambda_i^E \Delta\nabla N_i^E \quad \text{（接收器表差消除）}$$