

高斯、克呂格投影計算表

緯度 30° — 57°

克拉索夫斯基橢球体

測繪出版社

高斯、克呂格投影計算表

緯度 30° — 57°

克拉索夫斯基橢球体

中國人民解放軍總參謀部測繪局 譯

測 繪 出 版 社

1960•北 京

出版說明

1959年6月我社出版了中国人民解放军总参谋部測繪局編算的“高斯、克呂格投影計算表”(緯度 0° — 30°)。为了供緯度 30° — 57° 地区作業需要,現將苏联測繪出版社出版的“高斯、克呂格投影計算表”一書中 30° — 57° 的部分重印出版。其中用表的說明部分由中国人民解放军总参谋部測繪局翻譯。

高斯、克呂格投影計算表

緯度 30° — 57°

克拉索夫斯基橢球体

譯 者	中國人民解放軍總參謀部測繪局		
出版者	測 繪 出 版 社		
	北京西四羊市大街地質部內		
	北京市書刊出版登記證可証出字第081号		
發行者	新 華 書 店	科 技 發 行 所	
經售者	各 地 新 華 書 店		
印刷者	北 京 市 印 刷 四 廠		
印數(京)	1—2100 冊	1960年 1 月北京第1版	
開本	787×1092 1/2	1960年 1 月第1次印刷	
字數	110,000	印張 5 5/8	插頁
定價	(11) 0.90 元		

目 录

說明.....	4—14
(表 I) 高斯、克呂格坐标換算系数表.....	15—69
(表 II) 改正数 δx 、 δy 、 δB 表.....	70
(表 III) 改正数 δy 表.....	71—77
(表 IV) 改正数 δl 表.....	78—87
(表 V) f 与 f' 数值表.....	87
(表 VI) 归化公式的改正項表	88—89
(表 VII) 改正数 Δ 表	90

說 明

高斯克呂格直角坐标計算表是根据1942年在中央大地航測制圖科学研究院中，以苏联科学院通訊院士克拉索夫斯基领导下所推算的橢圓体編制的。

該橢圓体采用

$$a = 6\,378\,245 \text{ 米}$$

$$\alpha = 1:298,3$$

本表內容包括 $x-X$, y , γ , B_f-B 和 l 的展开級数中 l 和 y 的各次方系数的自然值。

本表用以計算：

- (1) 由大地坐标計算平面直角正形坐标和子午綫收斂角。
- (2) 根据已知直角坐标計算大地坐标。
- (3) 由大地綫化为弦时之水平方向改正。
- (4) 計及投影尺度比之距离改正。

1. 根据大地坐标求直角坐标的計算

計算公式如下：

$$\begin{aligned} x-X &= \frac{N}{2\varrho^2} \sin B \cos B l^2 + \frac{N}{24\varrho^4} \sin B \cos^3 B (5-t^2+9\eta^2+4\eta^4) l^4 \\ &\quad + \frac{N}{720\varrho^6} \sin B \cos^5 B (61-58t^2+t^4) l^6 *; \\ y &= \frac{N}{\varrho} \cos B l + \frac{N}{6\varrho^3} \cos^3 B (1-t^2+\eta^2) l^3 + \frac{N}{120\varrho^5} \cos^5 B (5-18t^2+t^4 \\ &\quad + 14\eta^2-58\eta^2 t^2) l^5 * \end{aligned}$$

式中： x ——所求点的縱坐标，

X ——由赤道至該点的緯度平行圈的中央子午綫弧長。因此，該点的縱坐标由下列等式决定之：

$$x = X + (x - X).$$

橫坐标公式的第一項是經差 $1''$ 时之平行圈的弧長。

为簡化計算格式，可采用下列符号：

$$\left. \begin{aligned} x-X &= l' (a_1 + a_2 l') + \delta x; \\ y &= l (b_1 + b_2 l') + \delta y, \end{aligned} \right\} (1)$$

式中： $l' = l^2 10^{-6}$, $a_1 = \frac{N}{2\varrho^2} 10^8 \sin B \cos B$, $a_2 = \frac{N}{24\varrho^4} 10^{16} \sin B \cos^3 B (5-t^2+9\eta^2+4\eta^4)$,

$$b_1 = \frac{N}{\varrho} \cos B, \quad b_2 = \frac{N}{6\varrho^3} 10^8 \cos^3 B (1-t^2+\eta^2);$$

$$\begin{aligned} \delta_x &= \frac{N}{720\varrho^6} \sin B \cos^5 B (61-58t^2+t^4) l^6, \quad \delta_y = \frac{N}{120\varrho^5} \cos^5 B (5-18t^2+t^4 \\ &\quad + 14\eta^2-58\eta^2 t^2) l^5. \end{aligned}$$

l 以弧秒計

* 參看 1942 年出版的克拉索夫斯基教授之“高等測量学教科書第二分冊”

II. 子午綫收斂角之計算

公式,

$$\gamma = \sin B_l + \frac{\sin B}{3\rho^2} \cos^2 B (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) l^3 + \frac{\sin B}{15\rho^4} \cos^4 B (2 - t^2) l^5$$

根据前式演算后, 則得:

$$\gamma = l (c_1 + c_2 l') + \delta\gamma. \quad (\text{II})$$

$$\text{式中: } l' = l^2 10^{-8}, \quad c_1 = \sin B, \quad c_2 = \frac{\sin B}{3\rho^2} 10^8 \cos^2 B (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4),$$

$$\delta\gamma = \frac{\sin B}{15\rho^4} \cos^4 B (2 - t^2) l^5$$

III. 根据直角坐标計算大地坐标

公式,

$$\begin{aligned} B_f - B &= \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{2M_f N_f} y^2 - \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{24M_f N_f^3} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2) y^4 + \\ &\quad + \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{720M_f N_f^5} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) y^6; \\ l &= \frac{\rho}{N_f \cos B_f} y - \frac{\rho}{6N_f^3 \cos B_f} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) y^3 + \\ &\quad + \frac{\rho}{120N_f^5 \cos B_f} (5 + 28t_f^2 + 24t_f^4 + 6\eta_f^2 + 8\eta_f^2 t_f^2) y^5 \end{aligned}$$

第二公式化算后, 得,

$$\begin{aligned} l &= y \left(\frac{N_f \cos B_f}{\rho} + \frac{(1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \cos B_f}{6N_f \rho^2} y^2 \right) + \\ &\quad + \frac{\rho}{360 N_f^5 \cos B_f} (5 + 44t_f^2 + 32t_f^4 - 2\eta_f^2 - 16\eta_f^2 t_f^2) y^5 \end{aligned}$$

令 $\frac{N_f \cos B_f}{\rho} = b_1$, 代入上式得:

$$\left. \begin{aligned} B_f - B &= y' (A_1 + A_2 y') + \delta B; \\ l &= y (b_1 + B_2 y') + \delta l. \end{aligned} \right\} \quad (\text{III})$$

式中,

$$y' = y^2 10^{-10}, \quad A_1 = \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{2M_f N_f} 10^{10}, \quad A_2 = \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{24M_f N_f^3} 10^{20} (5 + 3t_f^2 + \eta_f^2 - 9\eta_f^2 t_f^2),$$

$$B_2 = \frac{(1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) \cos B_f}{6N_f \rho} 10^{10},$$

$$\delta B = \frac{\rho \operatorname{tg} B_f}{720M_f N_f^5} (61 + 90t_f^2 + 45t_f^4) y^6.$$

$$\delta l = \frac{\rho}{360 N_f^5 \cos B_f} (5 + 44t_f^2 + 32t_f^4 - 2\eta_f^2 - 16\eta_f^2 t_f^2) y^6,$$

B_f ——横坐标垂足之緯度, B ——过所求点平行圈之緯度;

$$B = B_f - (B_f - B).$$

IV. 水平方向归化改正数之計算

公式:

$$\delta_{1.2} = -\frac{\rho}{2R_m^2} (X_2 - x_1) \left(y_m - \frac{y_2 - y_1}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) - \frac{\eta^2 t (y_2 - y_1)}{R^3} y_m^2 \varrho;$$

$$\delta_{2.1} = +\frac{\rho}{2R_m^2} (x_2 - x_1) \left(y_m + \frac{y_2 - y_1}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) + \frac{\eta^2 t (y_2 - y_1)}{R^3} y_m^2 \varrho.$$

代入符号:

$$\frac{\varrho}{2R_m^2} = f_m, \quad \frac{y_m^3}{3R_m^2} = III\delta, \quad \frac{\eta^2 t (y_2 - y_1)}{R^3} y_m^2 \varrho = \Delta,$$

$$y_m - \frac{y_2 - y_1}{6} - III\delta = \sigma_1, \quad y_m + \frac{y_2 - y_1}{6} - III\delta = \sigma_2,$$

則得:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1.2} &= -f_m(x_2 - x_1)\sigma_1 - \Delta = \delta'_{1.2} - \Delta, \\ \delta_{2.1} &= +f_m(x_2 - x_1)\sigma_2 + \Delta = \delta'_{2.1} + \Delta. \end{aligned} \right\} \quad (IV)$$

上列公式在 I 等三角測量時利用之。

II 等三角測量採用:

$$\delta_{1.2} = -f_m(x_2 - x_1) \left(y_m - \frac{y_2 - y_1}{6} \right)$$

$$\delta_{2.1} = +f_m(x_2 - x_1) \left(y_m + \frac{y_2 - y_1}{6} \right)$$

III 等三角測量採用:

$$\delta_{1.2} = -f_m(x_2 - x_1)y_m,$$

$$\delta_{2.1} = +f_m(x_2 - x_1)y_m.$$

V. 距離归化改正数之計算

公式:

$$\lg d - \lg s = \frac{\mu}{2} \left(\frac{y_m}{R_m} \right)^2 + \frac{\mu}{24} \frac{\Delta y^2}{R_m^2} - \frac{\mu}{12} \left(\frac{y_m}{R_m} \right)^4$$

令 $\frac{\mu 10^8}{2R_m^2} = f_m'$, 則得:

$$(\lg d - \lg s) 10^8 = f_m' \left(y_m^2 + \frac{\Delta y^2}{12} - \frac{y_m^4}{6R_m^2} \right) \quad (V)$$

其次: $\frac{\Delta y^2}{12} = II_s, \quad \frac{y_m^4}{6R_m^2} = III_s, \quad y_m^2 + II_s - III_s = \sigma_s,$

$$(\lg d - \lg s) 10^8 = f'_s \sigma_s.$$

所求距離改正以對數第八位為單位。上列公式在 I 等三角測量時利用之。

II 等三角測量採用:

$$10^7 (\lg d - \lg s) = \frac{1}{10} f_m' \left(y_m^2 + \frac{\Delta y^2}{12} \right)$$

改正數以對數第七位為單位。

III 等三角測量則採用下式:

$$10^6 (\lg d - \lg s) = \frac{1}{100} f_{1m}' y_m^2,$$

改正数以对数第六位为單位計算。

VI. 表之內容及各量之查取

表 1 中 $x_1, a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, A_1, A_2, B_2$ 等量之数值，由緯度 30° 到 57° 按每分一載，上列諸量之值，可依帶有 Δ_1'' 平均增值的公式用插入法由表中求得之。

例如，根据下列公式查取 X 之值，

$$X = (X) + \Delta_{1m}'' [B - (B)]'',$$

式中：(x)——較已知緯度稍小的表列緯度之相应值；

Δ_{1m}'' ——在緯度等于 B 与 (B) 的中数之点上 X 之 $1''$ 的增值；

B ——已知緯度； (B) ——較 B 稍小的表列緯度。

比例部分表是用以决定 Δ_{1m}'' 的，以已知緯度之秒数为引数，求得 Δ_1'' 的改正数，將其变为 Δ_{1m}'' 。

由表 1 中緯度 30° 到 57° 范围以內查取 B_f, X 和 b_1 的值时，其插入法采用 Δ_{1m}'' ，在極北緯度处查取 A_1 ，如表列相鄰兩分数所对之 Δ_1'' 在最后一位相差 3 或更大时，內插法亦采用 Δ_{1m}'' 。

在决定表 I 中其他諸量时，可以用引数隣近值所对的 Δ_1'' 进行插入計算。

計算 x, b_1 和 A_1 之例

B = 53° 39' 22", 1767		
X	b ₁	A ₁
B = 53° 39' 的表列数值		
5947064,752	18,3682507	34,37960
該 緯 度 之 秒 的 增 值		
+ 30,91677	- 120722	+ 3470
其 相 隣 差 数		
+ 8	- 26	+ 3
根据引数由比例部分表查取之改正数		
B - (B) = 22", 2		
+ 2	- 5	+ 1
平均緯度之秒的增值		
30,91679	- 120727	+ 3471
插入改正数：Δ ₁ '' _m [B _i - (B)]''		
+ 685,632	- 0,0026773	+ 0,00770

所求数值:

5947750,384

18,3655734

34,38730

計算 B 之例,

$$x = 5951513,320$$

隣近較小分数的相应值,

$$\Delta 1'' = 30,91694;$$

$$(X) = 5950774,775;$$

$$(B) = 53^\circ 41';$$

$$X - (X) = 738,545.$$

近似值为:

$$B_f - (B) = \frac{X - (X)}{\Delta 1''} = 23'',9.$$

相隣兩 $\Delta 1''$ 之間的差数。

$$+9.$$

轉化为 $\Delta l_m''$ 的改正数

$$+2.$$

平均緯度 B_m 相应之秒的增值等于 30,91696

$B_f - (B)$ 之精确值等于:

$$\frac{X - (X)}{\Delta 1_m''} = 23'',8880;$$

$$B_f = (B) + [B_f - (B)] = 53^\circ 41' + 23'',8880 = 53^\circ 41' 23'',8880.$$

表 II 記載改正数: $\delta x, \delta y, \delta B$.

与其他表同, 表 II 中改正数的符号是按引数为正值而推算的。

根据已知緯度 B 及經差 l 查取改正数, 編制表时, 为使不必按进行插入法, 就必须使一定緯度所对的一列改正数的增值, 在最末一位数字上为一, 因此, 將用表頂端引数 l 的数值适应上述要求計算排列之, 在查取改正数时, 利用与已知經差較近的表到經差 l 所对欄中的資料, 按緯度进行插入法。

例: 計算坐标为 $B = 53^\circ 39'$; $l = 2^\circ 50', 7$ 之点的改正数 $\delta x, \delta y$ 和 δB

由表中查得: $\delta x = 0,000$; $\delta y = 0,000$; $\delta B = 0,0001$

表 III 記載改正数为 δy .

表 III 的編制与表 II 同, 在查取改正数时, 檢出与已知經差接近的表列經差所对的一欄, 按緯度进行插入法。

例: $B = 53^\circ 39'$ $l = 2^\circ 50', 7$ 求得 $\delta y = -0,031$.

表 IV 記載改正数 δl .

例: $B = 53^\circ 41'$, $l = 2^\circ 50', 7$. 求得 $\delta l = +0'',0042$.

表 V 包括在計算方向改正(f)与距离改正(f')时, 所需用的数值 f 和 f' ,

I 等三角測量未知值的查取, 根据三角形各角点縱坐标的平均值所相应之緯度进行插入法。

例: $B_m = 53^\circ 30'$; 求 f 和 f'

依已知緯度由表查得:

(f) + 改正数 = 0,00253042 - 28 = 0,00253014;

(f') + 改正数 = 0,532786 - 60 = 0,532726.

表Ⅴ包括在計算边長改正(Ⅱs, Ⅲs)与方向改正时, 所需用的改正数Ⅱs、Ⅲs和Ⅲδ。

例: $\Delta y = 31,4$; $y_m = 204$ 公里

直接由表中查得:

Ⅱs = 82,

Ⅲs = 7,

Ⅲδ = 0,07.

在計算改正数Ⅲs与Ⅲδ时 R^2 采用常数($B = 55^\circ$ 所相应的)。

表Ⅵ包括水平方向归化改正数 Δ , 共有五表。

在表中所載的改正数, 是緯度 Δy 与 y_m^2 的函数。为查取改正数 Δ , 則必須:

- ① 根据已知緯度由五表中选出所需用的一表。
- ② 按引数 y_m 选出与其接近的表列 y_m 所对的一欄。
- ③ 按 Δy 用插入法求未知改正数。

例如: $B = 53^\circ, 5$. $y_m = 204$, $\Delta y = +31,4$; $\Delta = 0'', 003$.

Ⅶ. 表列諸量的精度及其計算

表列諸量的精度, 当 y 或 l 之值在極限时, 每一个別項的計算, 保証直角坐标之誤差限度为 0,0005 米, 子午綫收斂角为 $0'', 0005$ 与大地坐标为 $0'', 00005$ 。

表列諸量的計算, 是兩個人用不同方法进行, 一用自然数, 一用对数, 在計算时采用之后备位数不少于三位。

偶数度数之子午綫弧長根据下列公式計算之:

$$\begin{aligned} X = & 6 \quad 367 \quad 558, \quad 49587 \quad 46000B \quad \text{arc } 1^\circ - \\ & - 16 \quad 036, \quad 48026 \quad 90885 \sin 2B + \\ & + 16, \quad 82806 \quad 67831 \sin 4B - \\ & - 2197 \quad 52790 \sin 6B + \\ & + 3 \quad 11243 \sin 8B - \\ & - 450 \sin 10B \end{aligned}$$

其次, 計算 $1/2^\circ, 1^\circ, 1 1/2^\circ$ 及 2° 之增值; 因此, 即得出緯度每半度之子午綫弧長, 再用兩种方法进行加密——每分增值之計算与插入法。

偶数度数之平行圈弧長根据下列公式計算之:

$$\begin{aligned} b_1 = & 30, \quad 94854 \quad 17958 \quad 17175 \cos B - \\ & - 2597 \quad 00732 \quad 85199 \cos 3B + \\ & + 3 \quad 26978 \quad 31792 \cos 5B - \\ & - 457 \quad 45947 \cos 7B + \\ & + 67202 \cos 9B - \\ & - 101 \cos 11B \end{aligned}$$

其次, 用增值法进行加密, 至緯度每10分, 再用插入法加密每1分值。

根据上述公式計算表列其他諸量, 在必要情况下, 可利用13位 $\lg V$ 值。

表列数值的檢查, 用兩個人計算結果的比較进行之, 再用秒的增值作为最后檢查。

例

例1. 解釋利用公式(I)及(II)由已知大地坐标計算高斯克呂格坐标, 共計算三点: 基列果沃, 杜布娃亞及柴尔塔諾沃。

前两个点直角坐标 x, y 与子午綫收斂角 γ 的計算, 是用中央子午綫 $L_0 = 33^\circ$, 而第三点(柴尔塔諾沃)則用 $L_0 = 39^\circ$ 。

例2. 解釋利用公式(III)由高斯克呂格坐标計算, 大地坐标共計算兩点, 其中一点—基列果沃——位于中央經度 $L_0 = 33^\circ$ 帶之东, 而另一点——柴尔塔諾沃——位放中央子午綫 $L_0 = 39^\circ$ 帶之西。

例3. 解釋距离与方向改正公式之运用, 从 I 等三角系中取出一个三角形进行計算, 其起算資料(x, y 和 γ)取用例 1 計算之結果。

由橢圓体上之三角形轉化为平面三角形之計算, 按照目前 I 等三角測量計算所采用的順序进行之, 在計算近似坐标值时, 必須預先用平面归化的近似值以改正角度与边長对数。在相反的情况下, 近似坐标的精度, 不足以計算起始边長对数及角度改正数的最后值。低等三角測量近似坐标的計算, 可不預先計及归化改正数。

边長对数之近似归化改正数利用三角系圖所确定之平均横坐标值由对数計算尺上求得之。

角度的近似归化改正数, 可按由圖中得出之 Δx 和 y_m , 用計算尺求得之。同时, 利用下列公式:

$$\delta_u = -f(x_{\text{右}} - x_{\text{左}})y_m,$$

式中: $x_{\text{右}}$ 和 $x_{\text{左}}$ 为形成角度的边之端点的坐标。

$x_{\text{右}}$ ——为右点, $x_{\text{左}}$ ——为左点, y_m ——三角形之平均横坐标。

此种計算無須編制特別格式, δ_u 和 $10^5(\lg d - \lg s)$ 的值, 列在計算近似坐标的格式中。

例中計算公式及格式方向改正而列 $\delta_{1,2}$, 当化为弦的方向时, 須与球面上的方向相加。

由此, 当三角形三顶点按順时針方向註記为 1, 2, 3 时, 則:

$$\begin{array}{l} N'_{1,2} + \delta_{1,2} = N_{1,2} \quad \left| \quad N'_{2,1} + \delta_{2,1} = N_{2,1} \quad \left| \quad N'_{3,1} + \delta_{3,1} = N_{3,1} \right. \\ N'_{1,3} + \delta_{1,3} = N_{1,3} \quad \left| \quad N'_{2,3} + \delta_{2,3} = N_{2,3} \quad \left| \quad N'_{3,2} + \delta_{3,2} = N_{3,2} \right. \right. \\ (N'_{1,3} - N_{1,2}) + (N'_{2,1} - N_{2,3}) + (N'_{3,2} - N_{3,1}) = 180^\circ + \varepsilon \\ (N_{1,3} - N_{1,2}) + (N_{2,1} - N_{2,3}) + (N_{3,2} - N_{3,1}) = 180^\circ \\ (\delta_{1,3} - \delta_{1,2}) + (\delta_{2,1} - \delta_{2,3}) + (\delta_{3,2} - \delta_{3,1}) = -\varepsilon. \end{array}$$

式中: N' ——在球面上之水平方向,

N ——在平面上之水平方向。

例 1 由大地坐标计算高斯-克吕格坐标

№, №, 計算順序	点 之 名 称	基 列 果 沃	杜 布 娃 亞	柴 尔 塔 諾 沃
1	B	53°39' 22", 1767	53°23' 02", 7332	55°29' 56", 8688
2	L	35 50 42 , 6654	36 17 57 , 3952	36 02 17 , 2854
3	I_{10}	33	33	39
4	l	+ 2 50 42 , 6654	+ 3 17 57 , 3952	- 2 57 42 , 7146
5	l''	+ 10242, 6654	+ 11877, 3952	- 10662, 7146
6	$l' - l'' 10^{-8}$	1, 0491219	1, 4107252	1, 1369348
9	$a_2 10^{-3}$	+ 783	+ 805	+ 640
11	$b_2 10^{-7}$	- 21350	- 20827	- 24596
13	$c_2 10^{-7}$	+ 2233	+ 2253	2085
8	a_1	+ 3585, 927	+ 3596, 325	+ 3507, 011
14	$a_2 l''$	+ 0, 821	+ 1, 136	+ 0, 728
17	$a_1 + a_2 l''$	+ 3586, 748	+ 3597, 461	+ 3507, 739
7	X	5947750, 384	5917469, 821	6152905, 360
20	$l'(a_1 + a_2 l'')$	+ 3762, 936	+ 5075, 029	+ 3988, 071
23	δx	0	- 1	- 1
26	x	5951513, 320	5922544, 849	6156893, 430
10	b_1	18, 3655734	18, 4836136	17, 5550907
15	$b_2 l''$	- 22399	- 29381	- 27964
18	$b_1 + b_2 l''$	18, 3633335	18, 4806755	17, 5522943
21	$l(b_1 + b_2 l'')$	+ 188089, 481	+ 219502, 286	- 187155, 105
25	δy	- 30	- 63	+ 33
27	y	+ 188089, 451	+ 219502, 223	- 187155, 072
12	c_1	+ 0, 8054750	+ 0, 8026519	0, 8241176
16	$c_2 l''$	+ 2343	+ 3178	+ 2371
19	$c_1 + c_2 l''$	+ 0, 8057093	+ 0, 8029697	0, 8243547
22	$l(c_1 + c_2 l'')$	+ 2°17' 32", 611	+ 2°38' 57", 188	- 2°26' 29", 859
24	$\delta \gamma$	0	0	0
28	γ	+ 2 17 32 , 611	+ 2 38 57, 188	- 2 26 29 , 859

例 2 由高斯—克呂格坐标計算大地坐标

No.No. 計算順序	点 之 名 称	基 列 果 沃	柴 尔 塔 諾 沃
1	x	5951513,320	6156893,430
2	y	+ 188089,451	-187155,072
3	$y' = y^2 10^{-10}$	3,537764	3,502702
8	$A_2 10^{-2}, A_2 10^{-5}$	- 7386	- 851
9	$B_2 10^{-8}$	+ 352268	+ 375330
7	A_1	+ 34,42957	+ 36,84528
10	$A_2 y'$	- 2613	- 2981
12	$A_1 + A_2 y'$	+ 34,40344	+ 36,81547
5	B_f	53°41' 23'',8880	55°32' 05'',8225
14	$-y'(A_1 + A_2 y')$	- 2 01 ,7113	- 2 08 ,9536
16	$- \delta B$	- 1	- 1
18	B	53 39 22 ,1766	55 29 56 ,8688
6	b_1	18,3508757	17,5391532
11	$B_2 y'$	+ 124624	+ 131467
13	$b_1 + B_2 y'$	18,3633381	17,5522999
15	$y_1(b + B_2 y')$	10242,6612	- 10662,7093
17	δl	+ 42	- 52
19	l''	+ 10242,6654	- 10662,7145
20	l°	+ 2°50' 42'',6654	- 2°57' 42'',7145
4	L_0	33	39
21	L	35 50 42 ,6654	36 02 17 ,2855

例 3 由橢圓體上 I 等三角系之三角形轉化為平面上之三角形

a) 近似座標和方向與邊長歸化改正數的計算

№ № 計算順序	1 2	基列果沃 杜布娃亞	基列果沃, 杜布娃亞 果罗德納	
3	a	—	132°40' 55"	312°40' 55"
4	L	—	-64 46 00	+45 35 30
10	y _u	—	— 22	— 7
12	$\alpha_{1,2}$	132 40 55	67 54 33	358 16 18
1	x ₁	5951513	5951513	5922544
17	Δx	— 28969	+ 12244	+41213
19	x ₂	5922545	5963758	5963757
2	y ₁	+ 188089	+188089	+219501
18	Δy	+ 31412	+ 30168	— 1244
20	y ₂	+ 219501	+218257	+218257
15	lg Δx	4,46193 n	4,08793	4,61503
14	lg cos $\alpha_{1,2}$	9,83119 n	9,57527	9,99980
5	lg s	4,63052	4,51244	4,61497
11	(lg d - lg s)	22	22	26
13	lg sin $\alpha_{1,2}$	9,86636	9,96689	8,47944 n
16	lg Δy	4,49710	4,47955	3,09467 n
6	L ₀	33°	33°	33°
7	B _m	53°32'	53°42'	53°35'
8	f	0,00253012	0,00253003	0,00253009
9	f'	0,532722	0,532702	0,532716
21	(x ₂ - x ₁) 以公里計	-28,969	+12,244	+41,213
22	(y ₂ - y ₁) 以公里計	+31,412	+30,169	- 1,244
26	-f (x ₂ - x ₁).	+0,073295	-0,030978	-0,104273
23	y _m 以公里計	+203,795	+203,173	+218,879
24	± 1/6 (y ₂ - y ₁)	± 5,24	± 5,03	± 0,21
27	-111δ	- 0,07	- 0,07	- 0,09
28	σ_1	+198,49	+ 198,07	+ 219,00
29	σ_2	+208,97	+ 208,13	+ 218,58
30	$\delta'_{1,2}$	+14'',548	-6'',136	-22'',836
32	-Δ	— 3	- 3	0
34	$\delta_{1,2}$	+14 ,545	-6 ,139	-22 836
31	$\delta'_{2,1}$	-15 ,316	+6 ,447	+22 ,792
33	+Δ	+ 3	+ 3	0
35	$\delta_{2,1}$	-15 ,313	+6 ,450	+22 ,792
25	y _m ²	41532		
36	II _s	82		
37	-111 _s	- 7		
38	σ_3	41607		
39	(lg d - lg s)10 ⁻⁸	22165		

果罗德納

基列果沃

杜布娃亞

近似坐标方位角之計算

A 基列果沃	134°58' 13"
- 杜布娃亞	
- γ	-2 17 33
+ δ	+ 15
a 基列果沃	
- 杜布娃亞	132 40 55

在計算 δ_1 時,

$\frac{1}{6} (y_2 - y_1)$ 項用上面
符号, 而計算 δ_2 時, 則用
下符号。

(6) 平面上三角形之最后解算

頂 点 之 名 称	球面上之角度	δ	平面上之角度	$\lg \sin$	$\lg$ 边
果罗德納.....	69°38'31",807	-16",342	69°38'15",465	9.97197624	4.63074262
基列果沃.....	64 46 00 ,884	+20 ,684	64 46 21 ,568	9,95646799	4.61523437
杜布娃亞.....	45 35 30 ,489	- 7 ,523	45 35 22 ,966	9,85390925	4.51267563
Σ	180 00 03 ,180	- 3 ,181	179 59 59 ,999		

(e) 最后坐标方位角之計算

A 基列果沃——杜布娃亞	134°58'12",804
- γ	-2 17 32 ,611
+ δ	+ 14 ,545
a 基列果沃——杜布娃亞	132 40 54 ,738
A 杜布娃亞——基列果沃	315 20 07 ,241
- γ	-2 38 57 ,188
+ δ	- 15 ,313
a 杜布娃亞——基列果沃	312 40 54 ,740

(r) 最后坐标之計算

№ № 計算順序	1 2	基 列 果 沃 杜 布 娃 亞	基列果沃, 杜布娃亞 果罗德納	
1	a		132°40'54",738	312°40'54",738
4	$\square$		-64 46 21 .568	+45 35 22 ,966
6	$a_{1,2}$	132°40'54",738	67 54 33 ,170	358 16 17 ,704
2	x_1	5951513,320	5951513,320	5922544,846
11	Δx	-28968,474	+12244,763	+41213,237
13	x_2	5922544,846	5963758,083	5963758,083
3	y_1	+188089,450	+188089,450	+219502,221
12	Δy	+ 31412,771	+ 30169,133	- 1243,638
14	y_2	+219502,221	+218258,583	+218258,583
9	$\lg \Delta x$	4.46192562n	4,08795040	4.61503673
8	$\lg \cos a_{1,2}$	9.83118300n	9,57527477	9.99980236
5	$\lg d$	4.63074262	4.51267563	4.61523437
7	$\lg \sin a_{1,2}$	9.86636363	9.96688720	8.47945966n
10	$\lg \Delta y$	4.49710625	4.47956283	3.09469403n

I

高斯、克呂格坐标

換 算 系 数 表

($X, a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, A_1, A_2, B_2$ 表)

	X	$\Delta 1''$	a_1	$\Delta 1''$	a_2	b_1	$\Delta 1''$	b_2	$\Delta 1''$
			+	+10 ⁻⁵	+10 ⁻⁵		-10 ⁻⁹	+10 ⁻⁷	-10 ⁻⁹
0'	3 320 172,407	30,79288	3 248,518	1 823	2 249	26,802 1951	7 4644	5 2896	103
1	322 019,982	79296	249,611	821	2 249	797 7154	4682	2833	103
2	323 867,562	79304	250,703	820	248	793 2333	4720	2771	103
3	325 715,147	79312	251,794	818	248	788 7490	4757	2709	103
4	327 562,737	79320	252,884	816	248	784 2624	4795	2647	103
5	3 329 410,331	30,79328	3 253,973	1 814	2 248	26,779 7736	7 4833	5 2585	103
6	331 257,930	79335	255,061	812	247	775 2825	4871	2523	103
7	333 105,533	79343	256,148	810	247	770 7891	4908	2461	103
8	334 953,142	79351	257,234	809	247	766 2934	4946	2399	103
9	336 800,754	79359	258,318	807	247	761 7955	4984	2337	103
10	3 338 648,372	30,79367	3 259,402	1 805	2 246	26,757 2954	7 5022	5 2275	103
11	340 495,994	79374	260,484	803	246	752 7929	5060	2213	103
12	342 343,622	79382	261,565	801	246	748 2882	5097	2151	103
13	344 191,253	79390	262,645	799	246	743 7813	5135	2089	103
14	346 038,890	79398	263,724	797	246	739 2720	5173	2027	103
15	3 347 886,531	30,79406	3 264,802	1 796	2 245	26,734 7605	7 5210	5 1965	103
16	349 734,177	79414	265,879	794	245	730 2468	5248	1903	103
17	351 581,827	79422	266,955	792	245	725 7308	5286	1841	103
18	353 429,483	79429	268,030	790	245	721 2125	5323	1779	103
19	355 277,143	79437	269,103	788	244	716 6920	5361	1717	103
20	3 357 124,807	30,79445	3 270,176	1 786	2 244	26,712 1692	7 5399	5 1655	103
21	358 972,477	79453	271,247	785	244	707 6441	5436	1592	103
22	360 820,151	79461	272,317	783	244	703 1168	5474	1530	103
23	362 667,830	79469	273,386	781	243	698 5872	5512	1468	103
24	364 515,513	79476	274,454	779	243	694 0554	5550	1406	104
25	3 366 363,201	30,79484	3 275,521	1 777	2 243	26,689 5213	7 5587	5 1344	104
26	368 210,894	79492	276,587	775	242	684 9849	5625	1282	104
27	370 058,592	79500	277,652	774	242	680 4463	5662	1220	104
28	371 906,294	79508	278,715	772	242	675 9055	5700	1158	104
29	373 754,002	79516	279,778	770	242	671 3623	5738	1096	104
30	3 375 601,714	30,79524	3 280,839	1 768	2 241	26,666 8169	7 5775	5 1033	104
31	377 449,430	79532	281,899	766	241	662 2693	5813	0971	104
32	379 297,151	79540	282,958	764	241	657 7194	5850	0909	104
33	381 144,878	79547	284,017	762	241	653 1672	5888	0847	104
34	382 992,608	79555	285,073	761	240	648 6128	5926	0785	104
35	3 384 840,344	30,79563	3 286,129	1 759	2 240	26,644 0562	7 5963	5 0723	104
36	386 688,084	79571	287,184	757	240	639 4972	6001	0661	104
37	388 535,820	79579	288,238	755	239	634 9361	6038	0599	104
38	390 383,579	79587	289,290	753	239	630 3726	6076	0536	104
39	392 231,333	79595	290,341	751	239	625 8070	6114	0474	104
40	3 394 079,093	30,79603	3 291,392	1 750	2 239	26,621 2890	7 6151	5 0412	104
41	395 926,857	79611	292,441	748	238	616 6688	6189	0350	104
42	397 774,625	79618	293,489	746	238	612 0964	6226	0288	104
43	399 622,399	79626	294,536	744	238	607 5217	6264	0226	104
44	401 470,177	79634	295,582	742	237	602 9447	6301	0163	104
45	3 403 317,960	30,79642	3 296,626	1 740	2 237	26,598 3655	7 6339	5 0101	104
46	405 165,748	79650	297,670	738	237	593 7841	6376	0039	104
47	407 013,540	79658	298,713	737	237	589 2004	6414	4 9977	104
48	408 861,337	79666	299,754	735	236	584 6144	6451	9915	104
49	410 709,139	79674	300,794	733	236	580 0262	6489	9853	104
50	3 412 556,946	30,79682	3 301,833	1 731	2 236	26,575 4358	7 6526	4 9790	104
51	414 404,758	79690	302,871	729	235	570 8431	6564	9728	104
52	416 252,574	79698	303,908	727	235	566 2481	6601	9666	104
53	418 100,395	79706	304,944	725	235	561 6509	6639	9604	104
54	419 948,221	79714	305,979	724	234	557 0515	6676	9542	104
55	3 421 796,051	30,79722	3 307,012	1 722	2 234	26,552 4498	7 6714	4 9480	104
56	423 643,886	79729	308,045	720	234	547 8458	6751	9417	104
57	425 491,726	79737	309,076	718	233	543 2397	6789	9355	104
58	427 339,571	79745	310,106	716	233	538 6312	6826	9293	104
59	429 187,421	79753	311,135	714	233	534 0205	6863	9231	104
60	3 431 035,275	30,79761	3 312,163	1 712	2 233	26,529 4076	7 6901	4 9169	104