

近地地震震央距離之計算

On the Calculation of Epicentral Distance of Near Earthquake

徐 明 同

Ming-Tung Hsu

ABSTRACT

Tables are presented which facilitate the calculation of epicentral distance Δ of near earthquake, i. e., Δ is smaller than 500km, for mean latitude from 18°N to 29°N. The error does not exceed one-tenth of a kilometer in 500 km.

一、前 言

根據日本氣象廳發行之地震觀測指南解析篇 [1]，計算近地地震（震央距離在 500 公里以下之地震）之震央距離 (Epicentral distance) Δ ，可應用 Richter [2] 之方法求之。即設觀測站之緯度為 ϕ ，經度為 λ ，震央之緯度為 ϕ' ，經度為 λ' ，然而此兩點間沿地球表面之距離也就是震央距離 Δ (單位為 km) 可以用下式表示，

$$\Delta^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 \quad (1)$$

$$\Delta x = A\Delta\lambda, \quad \Delta y = B\Delta\phi \quad (2)$$

上式中 $\Delta\lambda$ ， $\Delta\phi$ 依次為兩點間之經度差及緯度差以分為單位。A 及 B 依次表示在平均緯度 $(\frac{\phi + \phi'}{2})$ 經線及子午線一分之弧長以 km 為單位。

此指南並附有係數 A 及 B 之表。而計算範圍為北緯 30°N 至 44°N，故這些表在臺灣地區無法使用。

作者因配合在臺灣地區震央距離計算之需要，已推算自北緯 18°N 至 29°N 之 A 表及 B 表，以供各界使用。

二、計算結果

本計算所採用之地球模型為國際(或Hayford)型 [3]，即地球為旋轉橢圓體 (ellipsoid of revolution)，赤道半徑 (長軸) a 為 6,378.3880 km，極半徑 (短軸) b 為 6,356.9119 km，橢圓率 (ellipticity) ϵ 為

$$\epsilon = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297.96} \quad (3)$$

而離心率 (eccentricity) e^2 為

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0.08199189 \quad (4)$$

根據檀原·友田 [3]，在緯度 ϕ 之平行圈弧長 l 為

$$l = N \cos \phi \cdot \lambda \quad (5)$$

上式中 $N \cos \phi$ 為曲率半徑， λ 為經度差 (單位為 rad)，而 N 為

$$N = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

由此式可以計算在平均緯度經線一分之弧長，也就是係數 A 之表。

其次緯度 ϕ_1 至 ϕ_2 之間子午線弧長 m 為，

$$m = \int_{\phi_1}^{\phi_2} R_m d\phi = a(1-e^2) \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{d\phi}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

而上式中 R_m 為子午線之曲率半徑即

$$R_m = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \phi)^{\frac{3}{2}}} \quad (8)$$

(7)式積分後變成，

$$m = a(1-e^2) \left\{ \left(1 + \frac{3}{4}e^2\right)(\phi_2 - \phi_1) - \frac{3}{4}e^2 \sin^2 (\phi_2 - \phi_1) \cos(\phi_2 + \phi_1) \right\} \quad (9)$$

上式中 sine 展開後可得，

$$m = a(1-e^2)(\phi_2 - \phi_1) \left\{ 1 + \frac{3}{4}e^2 - \frac{3}{4}e^2 \cos (\phi_2 + \phi_1) + \frac{1}{8}e^2 (\phi_2 - \phi_1)^2 \cos(\phi_2 - \phi_1) \right\} \quad (10)$$

表一 係數 A 之表 (在平均緯度之經線 1' 之長度 (km))

度 分	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	1,7652	1,7549	1,7442	1,7329	1,7211	1,7088	1,6959	1,6826	1,6687	1,6543	1,6394	1,6241
1	50	48	40	27	09	86	57	23	85	41	92	38
2	48	46	38	25	07	84	55	21	82	38	89	35
3	47	44	36	23	05	82	53	19	80	36	87	33
4	45	42	35	21	03	79	51	17	78	33	84	30
5	43	41	33	20	01	77	48	14	75	31	82	28
6	42	39	31	18	1,7199	75	46	12	73	29	79	25
7	40	37	29	16	97	73	44	10	71	26	77	22
8	38	35	27	14	95	71	42	08	68	24	74	20
9	37	34	25	12	93	69	40	05	66	21	72	17
10	35	32	24	10	91	67	37	03	63	19	69	14
11	33	30	22	08	89	65	35	01	61	16	67	12
12	32	28	20	06	87	63	33	1,6798	59	14	64	09
13	30	27	18	05	85	60	31	96	56	11	61	07
14	28	25	16	02	83	58	29	94	54	09	59	04
15	27	23	14	1,7300	81	56	26	92	52	06	56	01
16	25	21	12	1,7298	79	54	24	89	49	04	54	1,6199
17	23	20	11	96	77	52	22	87	47	02	51	96
18	22	18	09	94	75	50	20	85	44	1,6499	49	93
19	20	16	07	92	73	48	18	82	42	97	46	91
20	18	14	05	90	71	46	15	80	40	94	44	88
21	16	12	03	88	69	43	13	78	37	92	41	86
22	15	11	01	86	67	41	11	75	35	89	39	83
23	13	09	1,7399	85	64	39	09	73	33	87	36	80
24	11	08	97	83	62	37	07	71	30	84	33	78
25	10	05	96	81	60	35	04	69	28	82	31	75
26	08	04	94	79	58	33	02	66	25	79	28	72
27	06	02	92	77	56	31	1,6900	64	23	77	26	70
28	05	1,7500	90	75	54	29	1,6898	62	21	74	23	67
29	03	1,7499	88	73	52	26	95	59	18	72	21	64
30	01	96	86	71	50	24	93	57	16	69	18	62
31	1,7599	95	84	69	48	22	91	55	13	67	16	60
32	98	93	82	67	46	20	89	52	11	64	13	56
33	96	91	81	65	44	18	87	50	09	62	10	54
34	94	89	79	63	42	16	84	48	06	59	08	51
35	93	87	77	61	40	14	82	45	04	57	05	49
36	91	86	75	59	38	11	80	43	01	55	03	46
37	89	84	73	57	36	09	78	41	1,6599	52	1,6350	43
38	88	82	71	55	34	07	75	38	97	50	1,6298	41
39	86	81	69	53	32	05	73	36	94	47	95	38
40	84	78	67	51	30	03	71	34	92	45	92	35
41	82	77	65	49	27	01	69	32	89	42	90	33
42	81	75	64	47	25	1,6998	66	29	87	40	87	30

43	79	73	62	45	23	96	64	27	84	37	85	27
44	77	71	60	43	21	94	62	25	82	35	82	25
45	75	69	58	41	19	92	60	22	80	32	79	22
46	74	67	56	39	17	90	57	20	77	30	77	19
47	72	66	54	37	15	88	55	18	75	27	74	17
48	70	64	52	35	13	85	53	15	72	25	72	14
49	69	62	50	33	11	83	51	13	70	22	69	11
50	67	60	48	31	1,7109	81	48	11	68	20	67	09
51	65	58	46	29	07	79	46	08	65	17	64	06
52	63	57	44	27	05	77	44	06	63	15	61	03
53	62	55	43	25	02	75	42	03	60	12	59	01
54	60	53	41	23	1,7100	73	39	01	58	09	56	1,6098
55	58	51	39	21	1,7098	70	37	1,6699	55	07	54	95
56	56	49	37	19	96	68	35	96	53	04	51	93
57	55	47	35	17	94	66	33	94	51	02	48	90
58	53	46	33	15	92	64	30	92	48	1,6399	46	87
59	51	44	31	13	90	62	28	89	46	97	43	84
60	49	42	29	11	88	59	26	87	43	94	41	82

表二 係數B之表 (在平均緯度子午線1'之長度(km))

平均緯度($\frac{\phi+\phi_1}{2}$)	B	平均緯度($\frac{\phi+\phi'}{2}$)	B
29°51'~30°11'	1,8475	12'~ 32'	58
29°30'~29°50'	74	22°51'~ 11'	57
09'~ 29'	73	30'~22°50'	56
28°48'~ 08'	72	09'~ 29'	56
27'~28°48'	71	21°48'~ 08'	55
6'~ 26'	70	27'~21°47'	54
27°45'~ 05'	70	06'~ 26'	53
24'~27°44'	69	20°45'~ 05'	52
03'~ 23'	68	24'~20°44'	52
26°42'~ 02'	67	03'~ 23'	51
21'~26°41'	66	19°42'~ 02'	50
00'~ 28'	65	21'~19°31'	50
25°39'~25°59'	64	00'~ 20'	49
18'~ 38'	63	18°39'~18°59'	48
24°57'~ 17'	62	18'3~ 38'	47
36'~24°56'	61	17°57'~ 17'	47
15'~ 35'	61	36'~17°56'	46
23°54'~ 14'	60	15'~ 35'	45
33'~23°53'	59		

上式中已省略 e^4 以上之項，但有充分準確度。根據此式可計算在平均緯度子午線一分之長度 (以 km 為單位)，即係數 B 之表。所計算結果如表一及表二。

三、使用 方法

例如臺北之緯度為 25°02'N，經度為 121°31'E，而假設震央在 24°06' N, 121°49'。試求其震央距離。

此時 $\Delta\phi=56'$ ， $\Delta\lambda=18'$ ，平均緯度為 23°34'N

由 B 表可得 $B=1.8461$ km 而由 A 表可得 $A=1.6884$ ，然後計算 $\Delta x=30.4$ km， $\Delta y=103.4$ km 因此震央距離 Δ 為

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 107.7 \text{ km}$$

由此法計算結果之誤差，在震央距離 500km 以內不會超過 0.1 km，且應用特殊方法補正可以更減小誤差 [2]。

四、結 語

本文計算近地震震央距離時所需要之緯線及經線一分之弧長，不但可供臺灣地區計算震央距離之用，而且可以計算任何地表面兩點內之準確距離。

參 考 文 獻

- [1] 日本氣象廳(1971)：地震觀測指針(解析篇)142頁。
- [2] Richter, C. F. (1935): Calculation of small distances. Bull. Seis. Soc. Am., 33, 243~250.
- [3] 植原毅・友田好文 (1968)：測地、地球物理，286頁。