

應用錐體斷面法進行重力地形改正之研究

陳國華^{1*} 饒瑞鈞² 王建立³

¹國立臺北大學不動產與城鄉環境學系

²國立成功大學地球科學系

³三佳測量工程顧問有限公司

摘 要

本研究提出一改良的地形改正法－錐體斷面法，在大地水準面與地表測站之間直接進行地殼質量之引力改正。錐體斷面法以測站為原點，將測站周圍之地形劃分為數個等圓心角的扇形錐體區塊，並以各扇形錐體區塊中心線之縱斷面高程資訊擬合真實地形的變化情況，使得地形改正更趨精確。本文選擇台灣地區 4 個不同地形特徵之測試點進行分析，由成果顯示，當測站周圍劃分 12 個以上之扇形錐體區塊時，錐體斷面法所得之地形改正量將趨至一穩定值，其與 Hammer 法計算結果之差異，在玉山頂約為 12.6 mgal，其餘測試點之差異約為 4 mgal。然而，在地形較複雜的區域，錐體斷面法較 Hammer 法更能獲得符合真實地形變化之地形改正結果。

關鍵詞：地形改正，錐體斷面法

Application of Conical Cross-section to Terrain Correction for Gravity Reduction

Kwo-Hwa Chen^{1*}, Ruey-Juin Rau², and Jian-Li Wang³

¹*Department of Real Estate and Built Environment, National Taipei University*

²*Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University*

³*San-ga Surveying Engineering Consultants Incorporated Company*

ABSTRACT

An improved approach for Terrain Correction (TC), named Conical Cross-section method, is demonstrated in this study. Conical Cross-section method directly corrects the effect from gravity attractions between surface surveying-site and geoid. For estimating TC precisely, Conical Cross-section method assumes surveying-site as an original point, and divides surveying-site's neighbor topography into several sector areas with equal central angle to describe the variance of topography. In this paper, four specific points were selected from different features of topography. From the calculated results, we found out the TCs would be into a stable status by using twelve or more equally divided sectors of topography. The compared results between Conical Cross-section method and Hammer's method are within 4 mgal at three specific points except YuSan peak of 12.6 mgal. However, the Conical Cross-section method is more suitable than Hammer's for TCs in complex topography area.

Keywords: Terrain Correction, Conical Cross-section

文稿收件日期 98.3.15; 文稿修正後接受日期 99.6.30; *通訊作者

Manuscript received March 15, 2009; revised June 30, 2010; * Corresponding author

一、前言

地球之重力 \bar{g} 為地心引力 \bar{F} 與離心力 \bar{P} 的合力。其中，離心力由地球自轉所引起，除了能以簡單之函式獨立計算外，因其亦僅約為地球引力的 1/300，所以，地球重力場的變化大多受引力之影響[1, 2]。引力由地殼質量所引起，因此，地球的重力場變化可以反映出地殼的密度變化以及地形的複雜程度。

地球物理之計算大多以大地水準面 (Geoid) 為邊值條件，故常將地表的實測資料歸算到大地水準面上，重力歸算即為一例。就地理位置來說，台灣位處歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交會地帶，除了地形陡峻、地質破碎、斷層綿密以及地震頻發外，全島的丘陵以及高山地區佔了三分之二以上，在如此複雜的地形環境中，如何有效移除地形效應的影響，

以精確求得大地水準面上的歸算重力值，地形改正扮演了重要的角色。本研究提出一利用台灣數值地形模型(40 m * 40 m 網格)資訊之改良的地形改正方法—錐體斷面法，計算複雜地形對於測站的引力效應，使能更精確掌握地球重力場的變化情況。

[3]於美國德州的 Madera 山區，實施一長約 8 英哩之重力測量 (圖 1)，其將地形劃分成數個扇形區域，並以平頂扇形模型進行測站的地形改正。由圖中之曲線(1)可以看出研究區域之地形相當陡峭，曲線(2)為利用布格平板近似複雜地形改正之結果，曲線(3)則為加入局部複雜地形改正的布格重力異常值，此結果顯示在地形起伏較大之區域，局部地形改正是必要的。

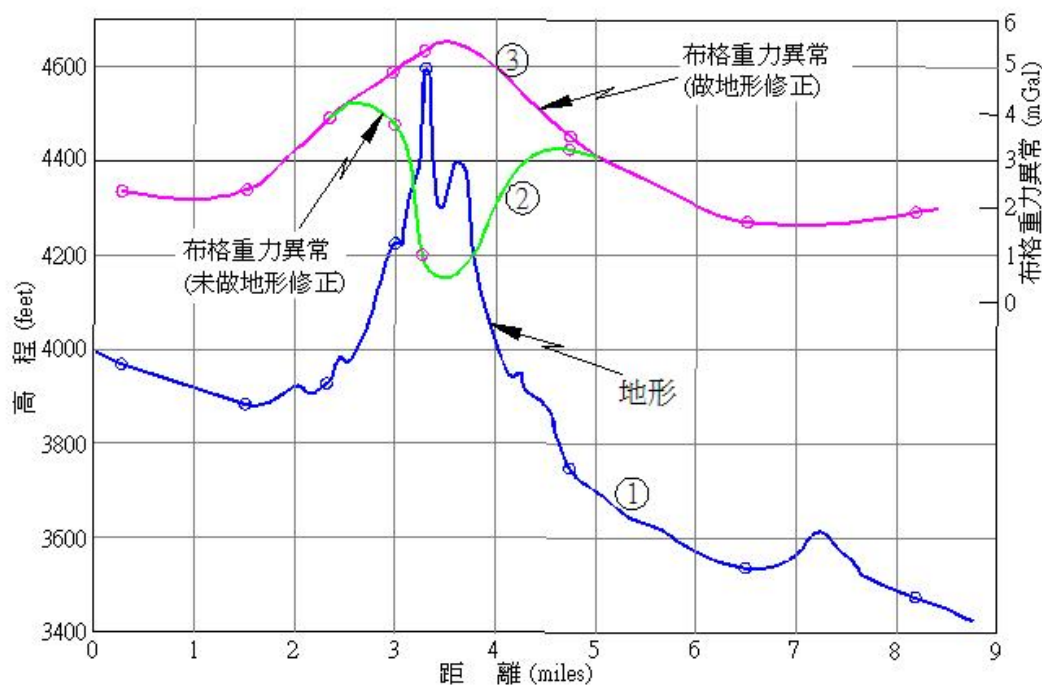


圖 1. 德州 Madera 山區重力測量剖面(Hammer, 1939)

[4]指出，當測站位於崎嶇地形時，將[3]的平頂扇形模型，修正為錐體扇形模型進行地形改正，將可增加其結果的準確性。[5]將地形以四角柱體模型進行擬合，並在遠距離修正時，將四角柱體視為線質量進行改正，在日本中部山區，利用此法計算 7 公里以外的地形效應，除了富士山區域外，其它地區的地形修正精度均可達 1 mgal 以內。

[6]為了降低地形改正的誤差，除了採用精度較高的地形圖外，並依距離測站之遠近採用不同的修正方法，6.5 公里內採用 Hammer 法，6.5 公里以外採用線質量積分法，所謂線質量積分法乃是將實際地形視為由許多近似線質量的四角柱體所組成，此法提昇了地形改正的準確性。[7]則是應用數值地形模型(40 m * 40 m 網格)，直接計算並移去地表測站與大

地水準面之間的地形引力效應，稱為直接計算法。由於其將每個網格簡化為點質量以計算影響測站之引力，導致直接計算法隨著地形高度的增加而有所限制且準確率降低。[8]應用高斯求積法(Gaussian Quadrature)計算地形改正量，為精度較高的方法，但所需計算時間較長為其缺點[9, 10]。

綜合而論，Hammer 將地形劃分為許多平頂的扇形區塊進行地形改正，但是真實地形是複雜不規則的，僅以平均的平頂高程值進行改

正，將導致不小的誤差。若將地形劃分為數個錐體面之扇形區塊進行地形改正，將有助於提昇結果的準確性[4]，如圖 2 所示。錐體斷面法以測站為中心將地形劃分為數個等圓心角的扇形錐體區塊，並以各扇形中心線的縱斷面(剖面)高程資訊擬合該區塊的真實地形情況，以計算對測站的引力效應，並累加所有扇形區塊的引力值，即可得到測站的總地形改正量，圖 3 為本文錐體斷面法之計算流程。

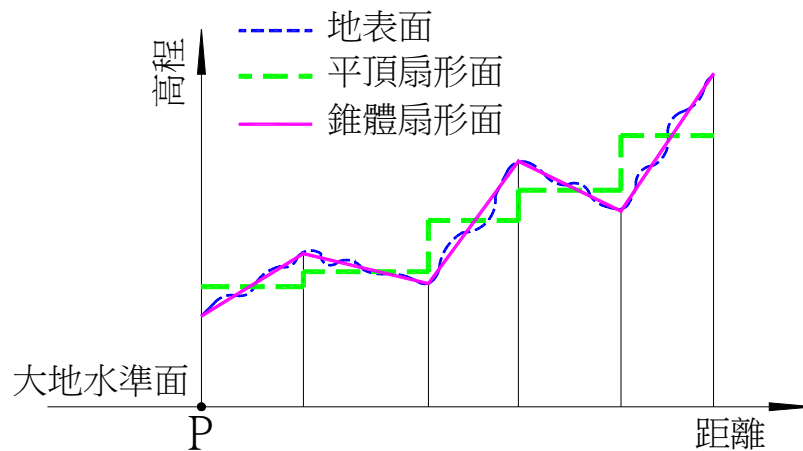


圖 2. 平頂扇形模型與錐體扇形模型修正示意圖

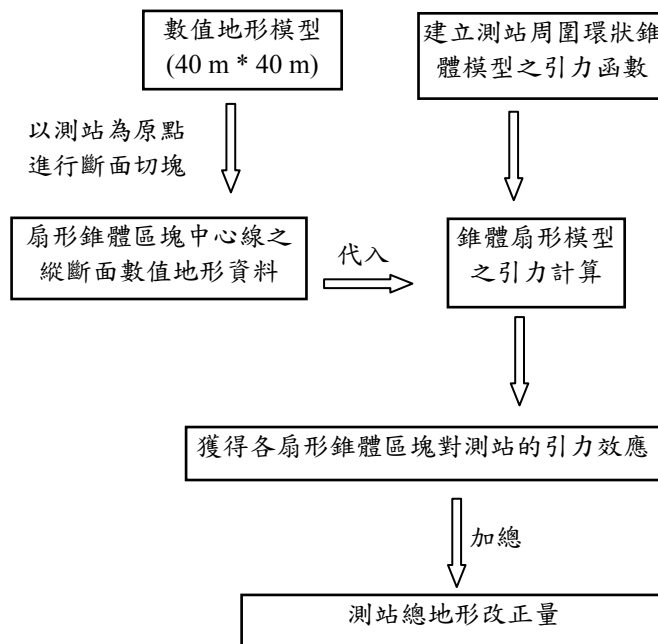


圖 3. 錐體斷面法地形改正流程圖

二、理論分析

2.1 環帶錐體面模板引力公式

如圖 2，Hammer 法在每一扇形環帶中，取其內外半徑處高程之平均值，並將環帶頂視為平面進行地形改正計算，此法在山區將有較

大的誤差，越接近測站，地形坡度變化之影響越顯著。本文利用同心圓環帶錐體模型(圖 4)，以大地水準面為基準，考慮內外半徑處之高程值，推導環帶錐體模型對於測站的引力效應：

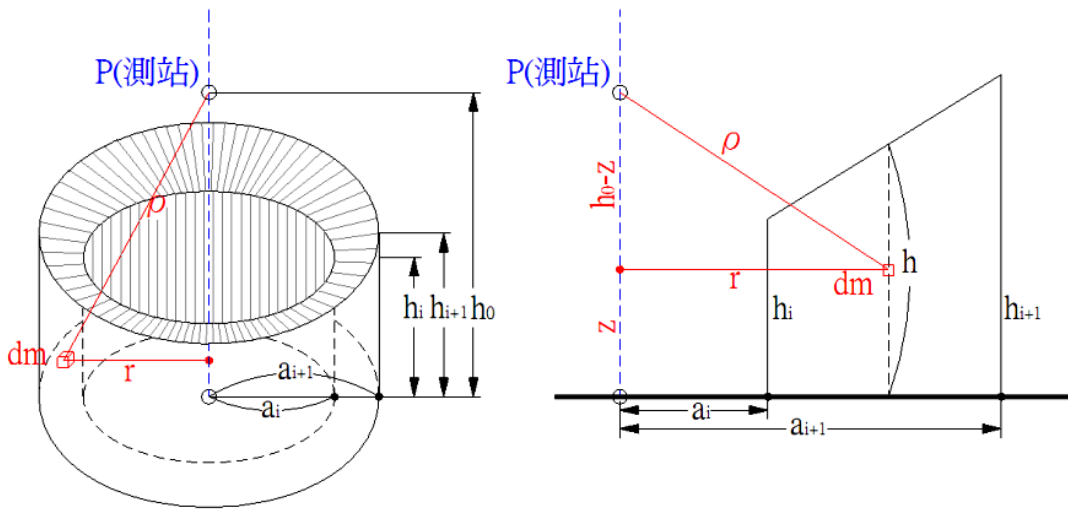


圖 4. 環帶錐體模型對於測站 P 點之引力示意圖

$$dF = G \frac{dm}{\rho^2}, \text{ 則 } dF_z = G \frac{dm}{\rho^2} \cdot \frac{z-h_0}{\rho} \quad (Z \text{ 方向}),$$

其中， dm 表示點質量， $\rho = \sqrt{r^2 + (z-h_0)^2}$ 。假設 a_i, a_{i+1} 為內外半徑， h_i, h_{i+1}, h_0 分別為內外半徑之高程以及測站高程， δ 為模型密度，則環帶錐體模型對測站 P 的引力效應為(Z 方向)：

$$F_Z = G\delta \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_{a_i}^{a_{i+1}} \int_0^h \frac{(z-h_0) \cdot r}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \cdot dz \cdot dr \cdot d\theta \quad (1)$$

假設 $z' = z - h_0$; $h = sr + k$ ，其中 s 為錐體斜面之坡度，則：

$$\begin{aligned} F_Z &= -2\pi G\delta \int_{a_i}^{a_{i+1}} r \cdot \left[\left[(sr+k-h_0)^2 + r^2 \right]^{1/2} - \left(r^2 + h_0^2 \right)^{1/2} \right] \cdot dr \\ &= -2\pi G\delta \int_{a_i}^{a_{i+1}} \left[(sr+k-h_0)^2 + r^2 \right]^{1/2} \cdot r \cdot dr + 2\pi G\delta \int_{a_i}^{a_{i+1}} \left(r^2 + h_0^2 \right)^{1/2} \cdot r \cdot dr \\ &= F_{ZA} + F_{ZB} \end{aligned} \quad (3)$$

$$dz' = dz; \quad s = \frac{h_{i+1} - h_i}{a_{i+1} - a_i}, \text{ 並可求得}$$

$$k = \frac{a_{i+1}h_i - a_i h_{i+1}}{a_{i+1} - a_i}, \text{ 代入(1)式，可得：}$$

$$F_Z = G\delta \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_{a_i}^{a_{i+1}} \int_{-h_0}^{sr+k-h_0} \frac{z' \cdot r}{(r^2 + z'^2)^{3/2}} \cdot dz' \cdot dr \cdot d\theta \quad (2)$$

積分(2)式得到

對 F_{ZB} 積分可得：

$$F_{ZB} = 2\pi G\delta \left(\sqrt{a_{i+1}^2 + h_0^2} - \sqrt{a_i^2 + h_0^2} \right) \quad (4)$$

而對 F_{ZA} 可積分如下：

$$\begin{aligned} F_{ZA} &= -2\pi G\delta \int_{a_i}^{a_{i+1}} \left[(sr + k - h_0)^2 + r^2 \right]^{1/2} r \cdot dr \\ &= -2\pi G\delta \int_{a_i}^{a_{i+1}} \left[(s^2 + 1) \cdot \left[\left(r + \frac{s(k - h_0)}{s^2 + 1} \right)^2 + \frac{(k - h_0)^2}{(s^2 + 1)^2} \right] \right]^{1/2} \cdot r \cdot dr \end{aligned} \quad (5)$$

令 $p = \frac{s(k - h_0)}{s^2 + 1}$; $q^2 = \frac{(k - h_0)^2}{(s^2 + 1)^2}$; $u = r + p$, 則將 $r = u - p$; $du = dr$ 代入(5)式可得：

$$\begin{aligned} F_{ZA} &= \frac{-2\pi G\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \int_{a_i + p}^{a_{i+1} + p} (u^2 + q^2)^{-1/2} \cdot (u - p) \cdot du \\ &= \frac{-2\pi G\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \int_{a_i + p}^{a_{i+1} + p} (u^2 + q^2)^{-1/2} \cdot u \cdot du + \frac{2\pi Gp\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \int_{a_i + p}^{a_{i+1} + p} (u^2 + q^2)^{-1/2} \cdot du \end{aligned} \quad (6)$$

對(6)式積分可以得到：

$$F_{ZA} = \frac{-2\pi G\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \left[\left(\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} - \sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} \right) - p \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} + a_{i+1} + p}{\sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} + a_i + p} \right] \quad (7)$$

將(4)式與(7)式代入(3)式，整理後得到：

$$\begin{aligned} F_Z &= \frac{-2\pi G\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \left[\left(\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} - \sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} \right) - p \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} + a_{i+1} + p}{\sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} + a_i + p} \right] \\ &\quad + 2\pi G\delta \left(\sqrt{a_{i+1}^2 + h_0^2} - \sqrt{a_i^2 + h_0^2} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

若取向下為正，則環帶錐體模型對測站的引力公式，即(8)式，可以表示為：

$$\begin{aligned} F_Z &= \frac{2\pi G\delta}{\sqrt{(s^2 + 1)}} \left[\left(\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} - \sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} \right) - p \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{i+1} + p)^2 + q^2} + a_{i+1} + p}{\sqrt{(a_i + p)^2 + q^2} + a_i + p} \right] \\ &\quad - 2\pi G\delta \left(\sqrt{a_{i+1}^2 + h_0^2} - \sqrt{a_i^2 + h_0^2} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

其中， 2π 表示方位角 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，(9)式為整條環帶對測站之總引力效應。

2.2 錐體斷面法地形改正公式

由 2.1 節之環帶錐體面模型引力公式(9式)，可推得單個錐體扇形區塊之引力效應，將每個等分扇形錐體區塊的引力加總，即可得

$$\begin{aligned} (F_Z)_{ki} &= F_Z \times \frac{\theta_k}{2\pi} \\ &= \frac{\theta_k G \delta}{\sqrt{(s^2+1)}} \left[\left(\sqrt{(a_{i+1}+p)^2 + q^2} - \sqrt{(a_i+p)^2 + q^2} \right) - p \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{i+1}+p)^2 + q^2} + a_{i+1} + p}{\sqrt{(a_i+p)^2 + q^2} + a_i + p} \right] \\ &\quad - \theta_k G \delta \left(\sqrt{a_{i+1}^2 + h_0^2} - \sqrt{a_i^2 + h_0^2} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

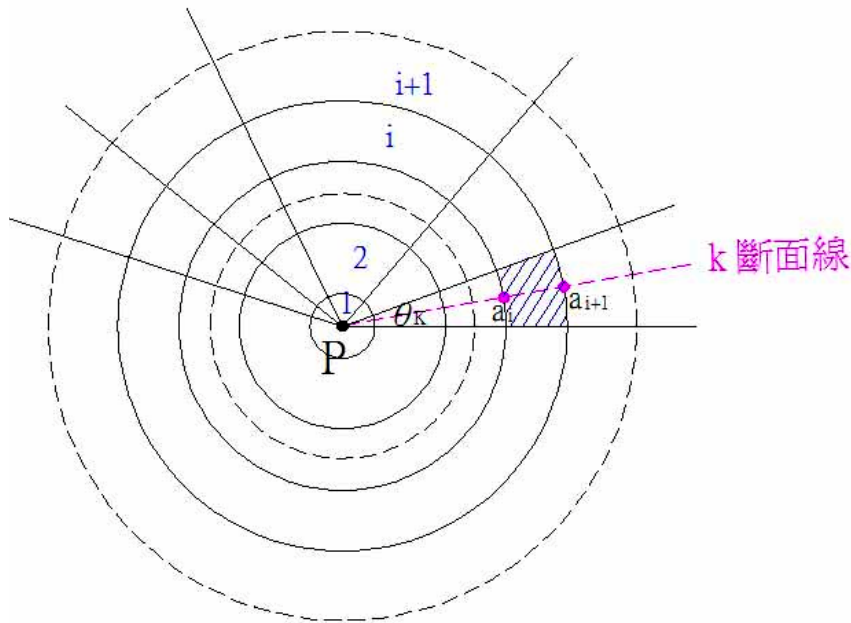


圖 5. 扇形錐體區塊模型對 P 點引力之平面示意圖

第 k 條扇形區塊之引力(從最內環到第 i 環)可以表示為：

$$\begin{aligned} (F_Z)_K &= \sum_{i=1}^i (F_Z)_{ki} \\ &= \sum_{i=1}^i \frac{\theta_k G \delta}{\sqrt{(s^2+1)}} \left[\left(\sqrt{(a_{i+1}+p)^2 + q^2} - \sqrt{(a_i+p)^2 + q^2} \right) - \right. \\ &\quad \left. p \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{i+1}+p)^2 + q^2} + a_{i+1} + p}{\sqrt{(a_i+p)^2 + q^2} + a_i + p} \right] \\ &\quad - \sum_{i=0}^i \theta_k G \delta \left(\sqrt{a_{i+1}^2 + h_0^2} - \sqrt{a_i^2 + h_0^2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

其中， θ_k 為第 k 條扇形區塊之方位角(徑度)， $\sum \theta_k = 2\pi$

假設測站周圍切割 n 個斷面區塊以及 i 個同心環帶，則可加總計算獲得總地形改正量為：

$$F_Z = \sum_{K=1}^n \sum_{i=1}^i (F_Z)_{ki} \quad (12)$$

三、錐體斷面法地形改正之測試分析

由前文得知，錐體斷面法將測站周圍地形劃分成若干區塊，以加總計算其地形改正量。一般來說，高程變化較大、地形變化較複雜的地區需要劃分較多的錐體區塊，以較能反映地

形的真實情況；而在地勢較低、較平坦的區域則可適量地減少劃分區塊量，甚或直接使用布格平板即可。本文選擇 4 個具有不同地形特徵之測試點進行分析，以探討劃分區塊個數對地形改正結果之影響。

3.1 測試地點之選取

在台灣 603 個重力測站中[6]，本文選擇 4 個具不同地形特徵的測試點，分別位於山頂(計 2 點)、山谷(計 1 點)以及山腰(計 1 點)，如表 1 以及圖 6 各點周圍之數值地形模型所示。

表 1. 測試點坐標以及高程統計表

編號	原測點編號	測點名稱	地形特徵	坐標(二度分帶twd67)		高程
				X坐標(m)	Y坐標(m)	
01	80	大霸尖山	山頂	275330	2705949	3491.51
02	529	玉山	山頂	244806	2596535	3952.38
03	157	靳珩橋	山谷	306151	2674365	255.69
04	63	青山	山腰	259439	2682249	1349.48

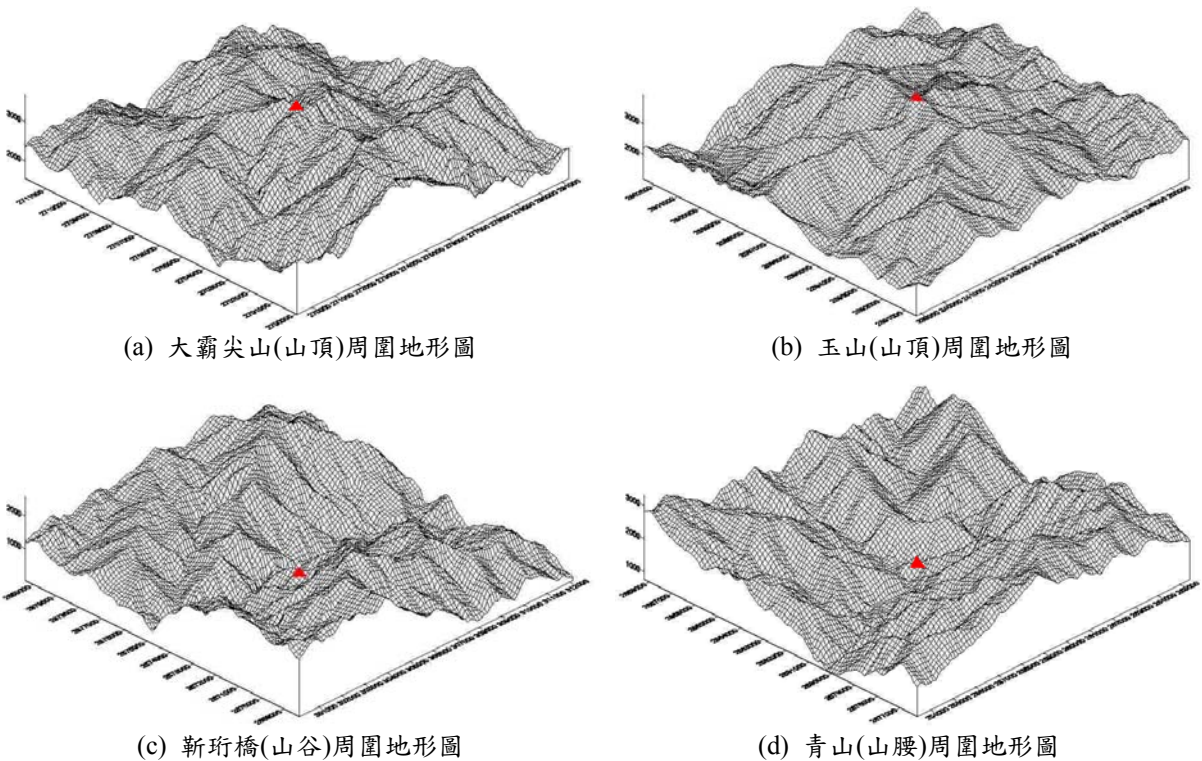


圖 6. 測試點周圍地形示意圖

3.2 扇形區塊平板等分個數評估

將 3.1 節選定的 4 個測試點展繪至台灣數值地形模型(40 m * 40 m 網格)中，並以各測試點為中心，將地形劃分為 n 等分扇形錐體區塊(各錐體區塊的圓心角為 $\theta = 2\pi/n$)，各扇形區塊中心線(縱斷面)的高程資料自數值地形模型中取得，代入錐體斷面法計算式(10 式)，可獲得各扇形錐體區塊的地形改正值，並累加各扇形錐體區塊的改正值，即能得到該測試點的總地形改正量(12 式)。為了與[6]之 Hammer 法成果進行比較，本文採用的岩層密度亦為

2.57 g/cm^3 。一般而言，在地形較複雜的區域，需要劃分較多的扇形錐體區塊，使較能更細緻地表示出該地形的情況。然而，實務上不可能對測站周圍的地形進行無限制之劃分。因此，本節將探討錐體斷面法在不同的劃分區塊下(如：4、6、8、12、16 以及 24 等扇形錐體區塊)，以 24 等分錐體區塊的地形改正計算結果為比較值，進行各不同劃分區塊計算結果之比較，得到如表 2 之統計結果：

表 2. 各等分扇形錐體區塊之總地形改正量比較表(以 24 等分區塊之結果為比較值)

扇形區塊 數量(N)	大霸尖山		玉山		新珩橋		青山	
	地形改正	差值	地形改正	差值	地形改正	差值	地形改正	差值
24	304.7	比較組	334.1	比較組	-22.7	比較組	117.6	比較組
4	308.2	3.5	353.3	19.2	-15.8	6.9	119.1	1.5
6	308.8	4.1	336.5	2.4	-21.7	1.0	119.2	1.6
8	305.1	0.4	338.3	4.2	-22.0	0.7	119.1	1.5
12	305.1	0.4	334.5	0.4	-22.4	0.3	118.4	0.8
16	305.0	0.3	334.9	0.8	-22.4	0.3	117.1	-0.5

由表 2 之統計可以得知，4 等分(其差異值的平均為 $\text{mean} = 7.8 \text{ mgal}$ ，其標準差 $\text{SD} = \pm 7.9 \text{ mgal}$)、6 等分($\text{mean} = 2.3 \text{ mgal}$ ， $\text{SD} = \pm 1.3 \text{ mgal}$)以及 8 等分($\text{mean} = 1.7 \text{ mgal}$ ， $\text{SD} = \pm 1.7 \text{ mgal}$)之地形改正計算結果，與 24 等分結果的差異值，不論是平均值或是標準差均大於 1 mgal；而 12 等分($\text{mean} = 0.5 \text{ mgal}$ ， $\text{SD} = \pm 0.2 \text{ mgal}$)、16 等分($\text{mean} = 0.2 \text{ mgal}$ ， $\text{SD} = \pm 0.5 \text{ mgal}$)差異值的平均值與標準差均小於 1 mgal。因此，由結果可得知，將測站周圍地形劃分至 12 等分以上之扇形錐體區塊時，在地形較複雜的區域，錐體斷面法的地形改正量將趨於一致，亦即 12、16、24 等分的計算結果接近。

3.3 錐體斷面法與 Hammer 法成果之比較分析

錐體斷面法與 Hammer 法在地形改正計算上的最大差異為 Hammer 法使用平頂扇形區塊(如圖 2)，而錐體斷面法則使用錐體扇形區塊。本節進行兩者計算結果之比較，在 3.1 節選擇的 4 個測試點上，分別計算兩者方法的地形改正量，岩層密度均假設為 2.57 g/cm^3 ，且均使用 40 m * 40 m 網格之數值地形模型，比較結果如表 3 所列。

表 3. 錐體斷面法與 Hammer 法地形改正計算結果之比較(單位：mgal)

點位	高程(m)	錐體 斷面法	Hammer 法	差異值 (錐體-Hammer)
大霸尖山	3491.51	304.7	300.71	4.0
玉山	3952.38	334.1	321.5	12.6
靳珩橋	255.69	-22.7	-25.36	2.7
青山	1349.48	117.6	114.38	3.2

由表 3 可以得知，錐體斷面法與 Hammer 法之差異，除了玉山山頂為 12.6 mgal 外，其餘點位均在 4 mgal 左右。錐體斷面法以錐體面為計算基礎來擬合真實地形現況，由於其考慮了各錐體面內外半徑處的高程變化，所以，在地形較複雜的地區，錐體斷面法較能獲得符合真實地形變化的地形改正值，能夠得到較精確的測站周圍質量引力效應。另外，由表 3 亦可獲知，高山地區的差異值均比丘陵、平地區域為大，最小者為靳珩橋(高程僅 255.69 m，可視為平地區域)，顯示測站周圍地形的複雜性以及變化程度與地形改正之結果密切相關，未來若能應用更精確、更細密的數值地形模型資料，將有助於地形效應之改正。

四、結論

本文以錐體斷面擬合測站周圍的地形變化情況以計算測站的地形改正量。實驗區選定 4 個地形變化較大、具有不同地形特徵之點位進行探討分析，共得到下列結論：

- (1) 錐體斷面法以大地水準面為計算基準面，單一步驟即可完成地形改正之計算，有別於 Hammer 法，其以測站水平面為基礎，先進行布格平板改正，再補上低於測站水平面或去除高於水平面之地形改正方式。錐體斷面法與 Hammer 法的最大差異，在於同一個扇形錐體區塊中，錐體斷面法使用內外半徑處的兩個高度值，而 Hammer 法則僅取其平均高程(視為平頂)，因此，錐體斷面法較 Hammer 法更能符合真實地形之變化情況。
- (2) 由扇形錐體區塊劃分個數之分析得知，若將測站周圍之地形劃分成 12 等分以上之

扇形錐體區塊(圓心角 $\pi/6$ 或更小)，其與 24 等分計算結果的差異值，平均值與標準差 SD 均小於 1.0 mgal，顯示在台灣地區使用錐體斷面法進行地形改正計算時，將測站周圍之地形劃分為 12 等分即能獲得穩定趨於一致的結果。

- (3) 應用 40 m * 40 m 數值地形模型資料，分別以錐體斷面法與 Hammer 法計算測站之地形改正量，並比較計算結果得知，兩者之差異在玉山山頂約為 12.6 mgal，其餘測試點均在 4 mgal 左右。如結論(1)所述，錐體斷面法在地形較複雜的區域較 Hammer 法更能獲得較精確的地形改正結果，未來若能應用更精確、更細密的數值地形模型資料，將有助於測站地形效應之改正。
- (4) 一般地表的重力測量，其值均為純量。因此，本文推導錐體斷面模型公式時，僅考慮垂線方向之引力，對於水平方向的引力並未考慮，未來若能引用地表實測重力的向量值，則水平方向之引力即須加以顧及。

誌謝

作者(們)非常感謝匿名評審提供之寶貴審查意見，使本文內容更盡完善，特此誌謝。

參考文獻

- [1] Stokes, G. G., "On the variation of gravity on the surface of the earth," Trans. Cambridge Phil. Soc., Vol. 8, pp. 672-695, 1849.
- [2] Heiskanen, W. A. and Moritz, H., 1967, Physical Geodesy, W. H. Freeman and Co., San Francisco, Chap. 2, pp. 46-125, 1967.

- [3] Hammer S., "Terrain corrections for gravimeter stations," *Geophysics*, Vol. 4, pp. 184-194, 1939.
- [4] Olivier, R. J., and Simard, R. G., "Improvement of the conic prism model for terrain correction in rugged topography," *Geophysics*, Vol. 46, pp. 1054-1056, 1981.
- [5] Nozaki K., "A computer program for spherical terrain correction," *J. Geod. Soc. Japan*, Vol. 27, pp. 23-32, 1981.
- [6] Yen, H. Y., Yeh, Y. H., and Chen, C. H., "Gravity terrain corrections of Taiwan," *Terr. Atmos. Ocean Sci.*, Vol. 5, No. 1, pp. 1-10, 1994.
- [7] 蔡坤哲, 重力地形修正之探討, 國立中央大學地球物理研究所碩士論文, 桃園, 2001。
- [8] Hwang, C., Wang, C. C., Hsiao, Y. S., "Terrain correction computation using Gaussian quadrature," *Comput. Geosci.*, Vol. 29, pp. 1259-1268, 2003.
- [9] Forsberg, R., 1984, A study of terrain reductions, density anomalies and geophysical inversion methods in gravity field modeling, Report no. 355, Department of Geodesic Science and Survey, Ohio State University, Columbus, OH, pp. 25-86, 1984.
- [10] Chen, K. H., "An Improved Approach for Terrain Correction: Application to Northeast Asia's Highest Peak (Mt. Jade, Taiwan)," *Sensors*, Vol. 9, No. 9, pp. 6604-6612, 2009.