

國立中央大學地球物理研究所碩士論文

指導教授：楊 潔 豪 博士

大屯火山區地球物理
與地下地質之探討

研究生：謝 泰 祺

內政部陽明山國家公園委託研究
營建署

中華民國七十九年六月

誌 謝

感謝吾師 楊潔豪教授平時的教誨與啓發，在此致上萬分的感激與敬意。也感謝顏滄波教授和葉義雄教授提供寶貴意見。

在本文研究期間，承蒙胡錦城老師之教導，鄒玉華老師及林敏一老師資料提供及指點，陳平護老師的關懷，顏宏元學長和呂崇嘉學長提供建設性之意見及計算機程式，謹此致誠摯的謝意，同時也感謝陳金助先生、劉應德先生在野外及其它方面的協助，並感謝郭泰融先生、孫若琬先生、田景隆先生、林呈欣先生和洪家慧小姐熱心幫忙，亦感謝吳紅蓮小姐和陳喜鳳小姐在公文上的協助及空軍總司令部准允在竹子山管制區進行測勘和陽明山國家公園經費支助。

最後感謝父母和賴玲君小姐背後支持，陪我渡過最失望的日子。

以此文感謝所有關愛我和爲我祈禱的親人及朋友。

目 錄	頁 次
摘 要.....	i
誌 謝.....	ii
目 錄.....	iii
圖 目.....	v
表 目.....	ix
第一章 緒言.....	1
第二章 地形及地質概要.....	2
2.1 地形.....	2
2.2 地質.....	6
2.2.1 火山.....	6
2.2.2 火山岩性及產地.....	8
2.2.3 沉積岩地層.....	10
2.2.4 地表構造.....	12
2.2.5 火山地層層序.....	14
第三章 重力測勘.....	20
3.1 重力測勘.....	20
3.1.1 資料來源.....	20
3.1.2 測勘儀器.....	20
3.1.3 高程方位及觀測值測勘.....	22
3.2 重力修正.....	22
3.3 區域重力值與剩餘重力值之分離.....	27
3.3.1 最小二乘法.....	29

3.3.2 八點平均法.....	35
3.4 二次微分法.....	43
3.5 重力測勘初步解析.....	47
第四章 磁力測勘.....	51
4.1 磁力測勘.....	51
4.1.1 資料來源.....	51
4.1.2 測勘儀器.....	53
4.2 磁力修正.....	53
4.3 磁力測勘初步解析.....	58
第五章 重力逆推.....	64
5.1 重力順推問題.....	65
5.2 統計逆推法.....	67
5.3 統計逆推法各變量研討.....	70
5.4 起始模型與參數之選擇及結果.....	72
5.5 重力測勘結果.....	72
第六章 綜合結論.....	88
參考文獻.....	92
附錄.....	99

圖 目:

頁 次

圖 一	大屯火山群地形圖.....	3
圖 二	大屯火山群地形立體圖(由淡水看).....	4
圖 三	大屯火山群地形立體圖(由金山看).....	5
圖 四	大屯火山群地質圖.....	13
圖 五	大屯山亞群之地層層序示意圖 (摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 六	竹子山亞群之地層層序示意圖.....	19
	(摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 七	七星山亞群之地層層序示意圖.....	19
	(摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 八	內寮山亞群之地層層序示意圖.....	19
	(摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 九	磺嘴山亞群之地層層序示意圖.....	19
	(摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 十	南勢山亞群之地層層序示意圖.....	19
	(摘自 Chen and Wu, 1971)	
圖 十一	重力測點分布圖.....	21
圖 十二	重力修正處理流程圖.....	23
圖 十三	等重力布蓋圖.....	24
圖 十四	等重力布蓋立體圖(由淡水看).....	25
圖 十五	等重力布蓋立體圖(由金山看).....	26

圖 十六	地形修正使用模版.....	28
圖 十七	一階區域等重力圖.....	31
圖 十八	一階等剩餘重力圖.....	32
圖 十九	一階等剩餘重力立體圖(由淡水看).....	33
圖 二十	一階等剩餘重力立體圖(由金山看).....	34
圖 二十一	二階區域等重力圖.....	36
圖 二十二	二階等剩餘重力圖.....	37
圖 二十三	二階等剩餘重力立體圖(由淡水看).....	38
圖 二十四	二階等剩餘重力立體圖(由金山看).....	39
圖 二十五	八點平均法響應特性曲線圖.....	40
圖 二十六	八點平均法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5/2}$ 公里).....	41
圖 二十七	八點平均法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5}$ 公里).....	42
圖 二十八	八點平均法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $3\sqrt{5/2}$ 公里).....	42
圖 二十九	二次微分法頻率響應關係圖.....	44
圖 三十	二次微分法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5/2}$ 公里).....	45
圖 三十一	二次微分法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5}$ 公里).....	46
圖 三十二	二次微分法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $3\sqrt{5/2}$ 公里).....	46

圖 三十三	雲廣坑頭剖面模型(摘自 鄒,1985).....	50
圖 三十四	磁力測點分布圖.....	52
圖 三十五	全磁力等值圖.....	54
圖 三十六	全磁力等值立體圖.....	55
圖 三十七	垂直磁力等值圖.....	56
圖 三十八	垂直磁力等值立體圖.....	57
圖 三十九	五階等區域全磁力圖.....	59
圖 四十	五階等區域垂直磁力圖.....	60
圖 四十一	五階等剩餘全磁力圖.....	61
圖 四十二	五階等剩餘垂直磁力圖.....	62
圖 四十三	計算重力異常值所用之矩形幾何元素.....	66
圖 四十四	AA' 剖面、BB' 剖面、CC' 剖面 及DD' 剖面位置圖.....	74
圖 四十五	AA' 剖面起始模型.....	75
圖 四十六	BB' 剖面起始模型.....	76
圖 四十七	CC' 剖面起始模型.....	77
圖 四十八	AA' 剖面逆推結果模型及 可能之地下地層及構造.....	78
圖 四十九	BB' 剖面逆推結果模型及 可能之地下地層及構造.....	79
圖 五十	CC' 剖面逆推結果模型及 可能之地下地層及構造.....	80
圖 五十一	AA' 剖面逆推結果之解析度.....	81

圖 五十二	BB' 剖面逆推結果之解析度.....	82
圖 五十三	CC' 剖面逆推結果之解析度.....	83
圖 五十四	AA' 剖面向上延伸1000公尺 x z 平面上之等重力線圖 (摘自 鄒, 1985).....	84
圖 五十五	DD' 剖面向上延伸1000公尺 x z 平面上之等重力線圖 (摘自 鄒, 1985).....	84
圖 五十六	I J K L間之地表地形圖.....	85
圖 五十七	I J K L間之地下1公里相對等密度圖.....	85
圖 五十八	I J K L間之地下2公里相對等密度圖.....	86
圖 五十九	I J K L間之地下3公里相對等密度圖.....	86
圖 六十	金山斷層可能之位置圖.....	90

表 目:

頁 次

表 一	大屯火山群沉積岩層之分布	
	特徵和厚度表.....	11
附表一	AA' 剖面逆推之標準誤差及相對成功率.....	99
附表二	BB' 剖面逆推之標準誤差及相對成功率....	100
附表三	CC' 剖面逆推之標準誤差及相對成功率....	101

陽明先生全集

第一章 緒言

大屯火山群位於台灣北部，為第四紀安山岩火山。本區內尚留有一些火山景觀如火山口、硫氣孔及溫泉等，均為火山末期活動遺留下之痕跡，全區之地質景觀深受地下地質及構造之影響，並因火山熔岩及集塊岩的覆蓋，地表地質調查無法周全反映地下形貌，故須應用地球物理方法來補此不足。本研究使用重力及磁力測勘並參考其它地球物理資料，對本區地下地質做一探討。

本區過去之研究在地質調查方面有小笠原美津雄和大江二郎(1932)，顏滄波和陳培源等(1953)；在地熱調查方面有林迺信(1966)，Chen和Wu(1971)；在油礦探勘方面有島居敬造(1938)，孫習之和謝清正(1957)，中國石油公司台灣油礦探勘總處地熱探勘(1975-1979)；地球物理方面有Yen等(1984)，鄒玉華等(1985)，Wu等(1981)、(1983)，Lee等(1985)。

民國78年3月到民國78年10月在陽明山國家公園管理處經費支助下，在過去重力資料分佈不足地區進行重力施測，共計有36個測點。另在磺嘴山以西完成磁力測勘共500點。配合本所在本區現有之重力、磁力測勘資料及相關之計算機處理程式例如傳統之最小二乘方法和二次微分法等定性分析重磁資料外並以統計逆推方法作地下構造之推定，以期能對地下岩層形貌及相關物性做一定量分析。

第二章 地形及地質概要

2.1 地形

大屯火山群位於台灣北端，南緣台北盆地，北濱東海，西臨淡水河，東望太平洋。群山高峻，本區地形如圖一，圖二，圖三。

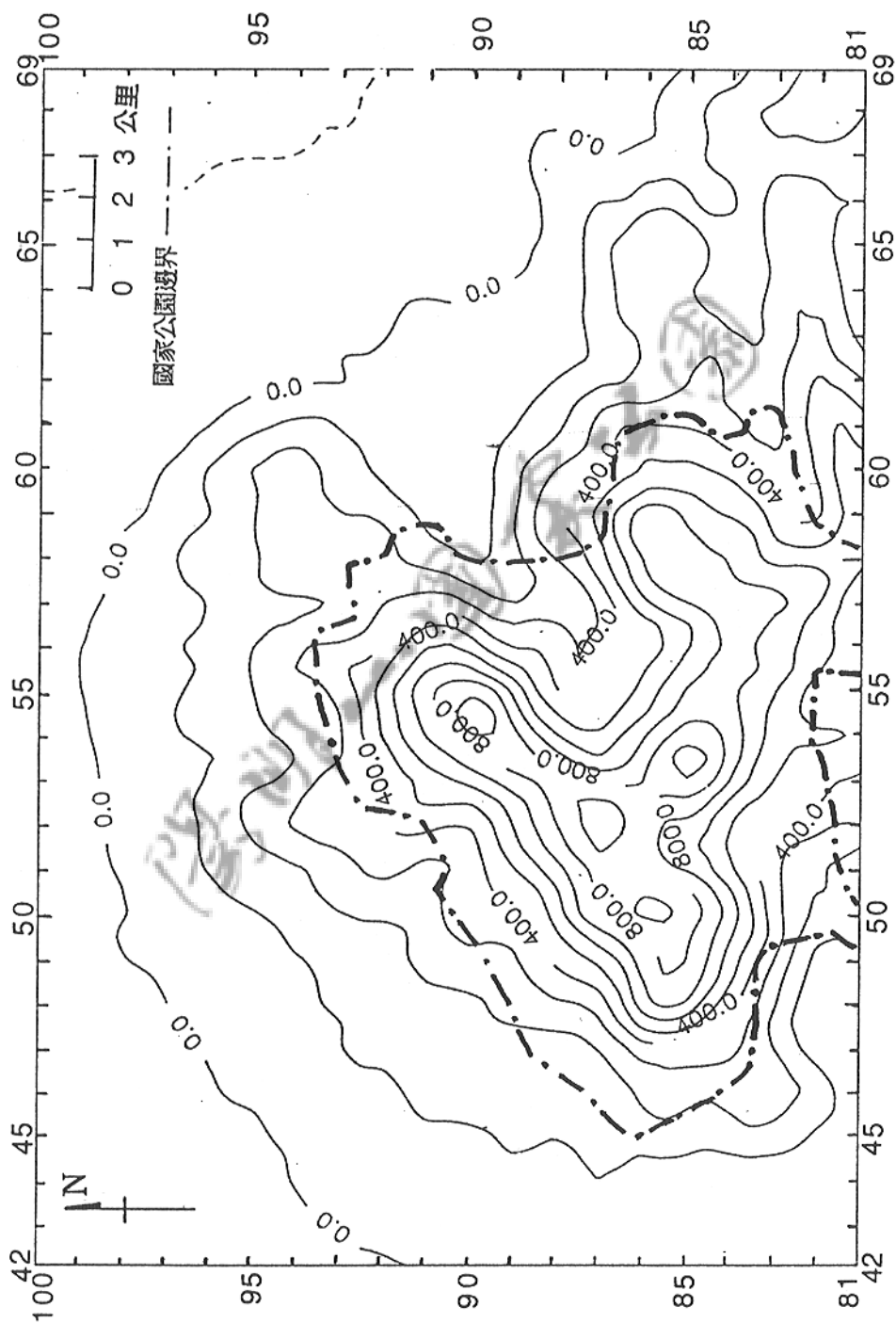
大屯火山群中，以七星山(1120公尺)為最高峰，噴發時間也最遲，七星山周圍有硫氣孔、溫泉及熱水變質帶。七星山之寄生火山紗帽山(643公尺)，外型似中國古時官員的烏紗帽而得名。

大屯山主峰高1081公尺，北方是萊公坑山(832公尺)；東北方是小觀音山(1063公尺)；西方是面天山(977公尺)；南方是大屯南峰(980公尺)。

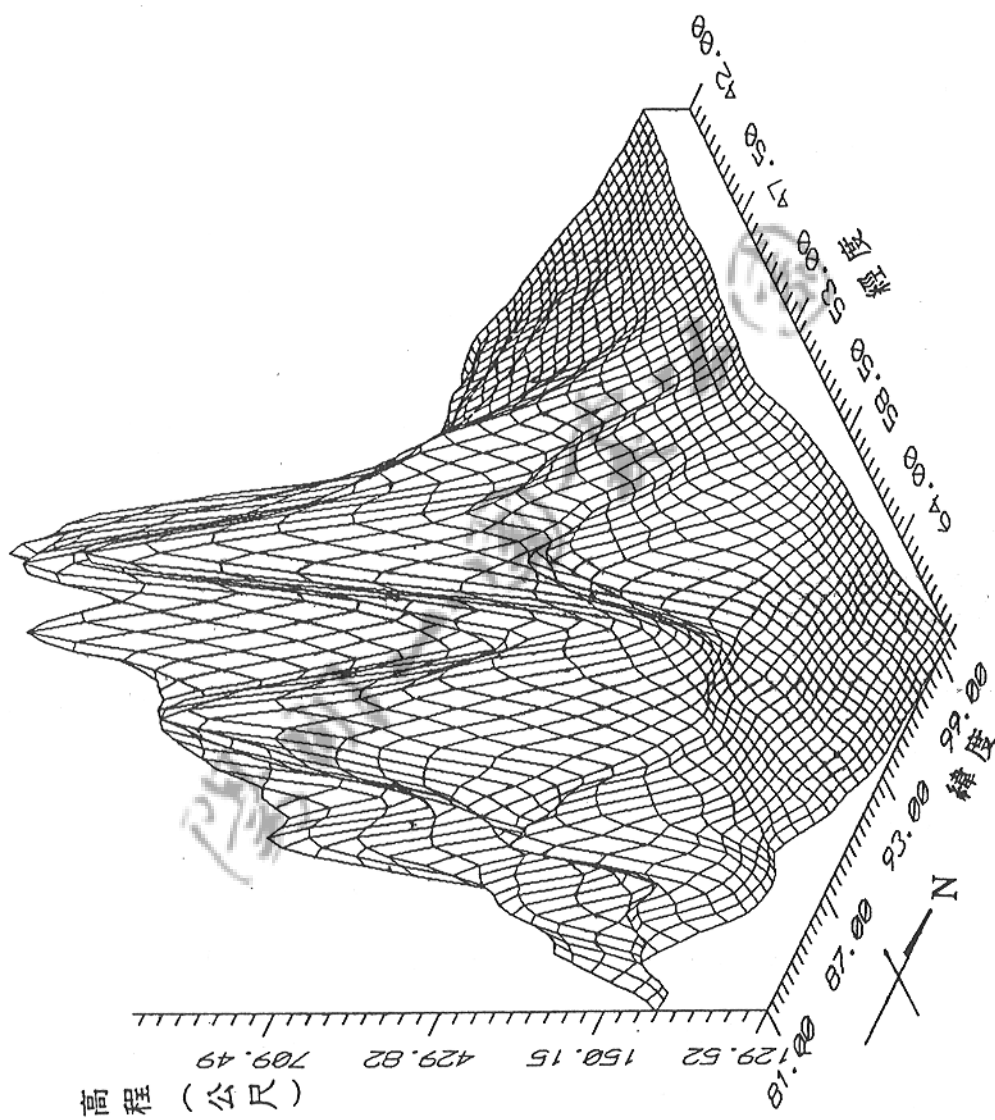
竹子山(1103公尺)位於七星山北方，其熔岩向北流至富貴角與麟山鼻一帶。

本區湖泊有些是火口湖如向天池、夢幻湖及磺嘴池；火山間的低窪地有冷水坑及大屯坪；至於竹子湖為一火山熔岩流所造成的堰塞湖。

本區的溪流呈放射狀，主要溪流有瑪鍊溪、磺溪、阿里磅溪、老梅溪、八連溪、大屯溪、公司田溪、磺港溪、磺溪、內雙溪及外雙溪。



圖一 大屯火山群地形圖



圖三 大屯火山群地形立體圖(由金山看)

噴氣孔分佈在 煖子坪、磺嘴山、死磺子坪、大油坑、馬槽小油坑和地獄谷等。

2.2 地質

2.2.1 火山：

大屯火山群位於台灣北部，由安山岩的火山體組成。本火山群中約有二十個火山體和火山錐，可分為大屯山亞群、竹子山亞群、七星山亞群、燒灰寮亞群、內寮山亞群、磺嘴山亞群、南勢山亞群及丁火朽山亞群等。

Yen (1979)認為大屯火山群主要活動期為上新世至早或中更新世，其活動的先後次序由老至新為觀音山→竹子山亞群→磺嘴山亞群→七星山亞群。大屯火山群的活動可分為早期、中期、晚期三個階段。Juang和Bellon (1984)認為早期為二百五十萬年前(上新世)；中期為七十五萬年前(更新世)；晚期為五十萬年前(更新世)。早期活動可能包括南勢山、大油坑磺溪岩流與下部凝灰角礫岩的噴發。當時火山活動相當強烈，本區的火山碎屑岩大部份為此時生成。中期的活動以主要的火山與岩流為主。晚期的活動生成了磺嘴山亞群中的大部份，七星山亞群全部的火山及岩流。

依據Chen和Wu(1971)，各期火山岩流生成的順序如下：

Ⅲ 晚期

磺嘴山亞群：

大尖後山熔岩
磺嘴山熔岩
兩層無名岩流
旗子坪岩流
鹿堀坪岩流
大孔尾岩流
頂中股岩流
大坪岩流

中及西區：

七星山熔岩
紗帽山熔岩
陽明山岩流
太屯山熔岩

Ⅱ 中期

東及南區：

八煙山岩流
丁火朽山熔岩
湍子山熔岩
頂山岩流
大尖山熔岩
荖寮湖山熔岩
七股山熔岩
內寮山熔岩

西及西北區：

竹子山熔岩
小觀音山熔岩
大屯山凝灰角礫岩
面天山熔岩
南大屯山熔岩

大平尾岩流

嶺頭岩流

I 早期

下部凝灰角礫岩

大油坑磺溪岩流

南勢山熔岩

2.2.2 火山岩性及產地

依據 Chen 和 Wu (1971)，本區火山岩性及產地如下：

名稱	產地
1. 角閃石黑雲母安山岩	下部凝灰角礫岩
2. 角閃石安山岩	湍子山、八斗子山
3. 普通輝石角閃安山岩	金山沖積平原下的老熔岩 流與金山西方南莊層內的 小侵入體
4. 紫蘇輝石角閃安山岩	七星山、紗帽山、大屯山 八煙山，並成角礫產於

南勢山附近的下部凝灰角
礫岩內。

5. 兩輝角閃安山岩
(Augit hypersthene
hornblende andesite) 構成幾層分佈很廣的熔岩
流。

6. 角閃兩輝安山岩
(Augit-hypersthene
hornblende andesite) 七股山、面天山、大平尾
熔岩流。

7. 角閃兩輝安山岩
(Augit hornblende-
hypersthene andesite) 大尖山

8. 角閃兩輝安山岩
(Augit-hornblende-
hypersthene andesite) 荖寮湖山

9. 含角閃兩輝安山岩
內寮山、南勢山、大油坑
礮溪熔岩流、十八分熔岩
流、南大屯山頂部熔岩及
大屯山凝灰角礫岩內之小
岩流。

10. 兩輝安山岩
南大屯山底部熔岩、大礮

嘴熔岩流、小觀音山、竹子山、鵝尾山熔岩流，以及一些在下部凝灰角礫岩內之小岩流。

11. 角閃石含橄欖安山岩

大尖後山頂部熔岩、丁火朽山部份熔岩、磺嘴山西北的一熔岩流。

12. 含橄欖石紫蘇輝石普通輝石角閃石安山岩

磺嘴山及丁火朽山之熔岩流。

13. 普通輝石安山岩
(含橄欖石)

磺嘴山之熔岩流

14. 玄武岩質安山岩

下部凝灰角礫岩內

2.2.3 沉積岩地層：

本區沉積岩地層以中新世地層為主，一小部份為現代河谷堆積，少數漸新世、始新世地層。

南莊層和大埔二鬮層為較年輕地層，分佈在本區西北部 and 西部。五指山層、木山層、大寮層和石底層分佈在本區東北部和南部。上述各地層之分佈、特徵和厚度列於表(一)說明。

表一 大屯火山群沉積岩層之分布、特徵和厚度表
(摘自 Yen and Chen, 1953a, b; Chen and Wu, 1971; Ho et al., 1976; Yen, 1979)

	萬里	金山	淡水	陽明山
更新世-現世	沖積層 (A)	海岸沿岸, 河川沿岸	海岸沿岸, 河川沿岸	海岸沿岸, 河川沿岸
	火山碎屑岩 (AV)	南部	分佈很廣	南部
上新-更新世	安山岩熔岩 (VL)	竹子山群	東部, 北部 (竹子山群)	分佈很廣
	安山岩集塊岩 (VA)	丁火朽山群, 礮嘴山群 (不 發 達) (卓 蘭 層) (錦 水 層) 跳石	東部	河流兩側
上中部中新世	二鬮層 (NK)	跳石		
	大埔層 (TP)	跳石-金山		
	南莊山層 (NC)			新北頭到關度
斷 層				
下部中新世	石底層 (ST)	海岸, 萬里 300m+厚		內雙溪 砂頁互層
	大寮層 (TL)	海岸 450m厚		士林 砂頁互層
	木山層 (NS)	海岸 500m-厚		新北投, 砂頁互層 600m-
	五指山層 (WC)	金山: 坎腳. 900m+厚		新北投
漸新世 ?	大埔山層 (TT)			
斷 層				
始新世 ?	四稜砂岩 (SL)	跳石 石英砂岩及礫岩		

本區之地質圖(Yen et al., 1971)如圖四。

2.2.4 地表構造：

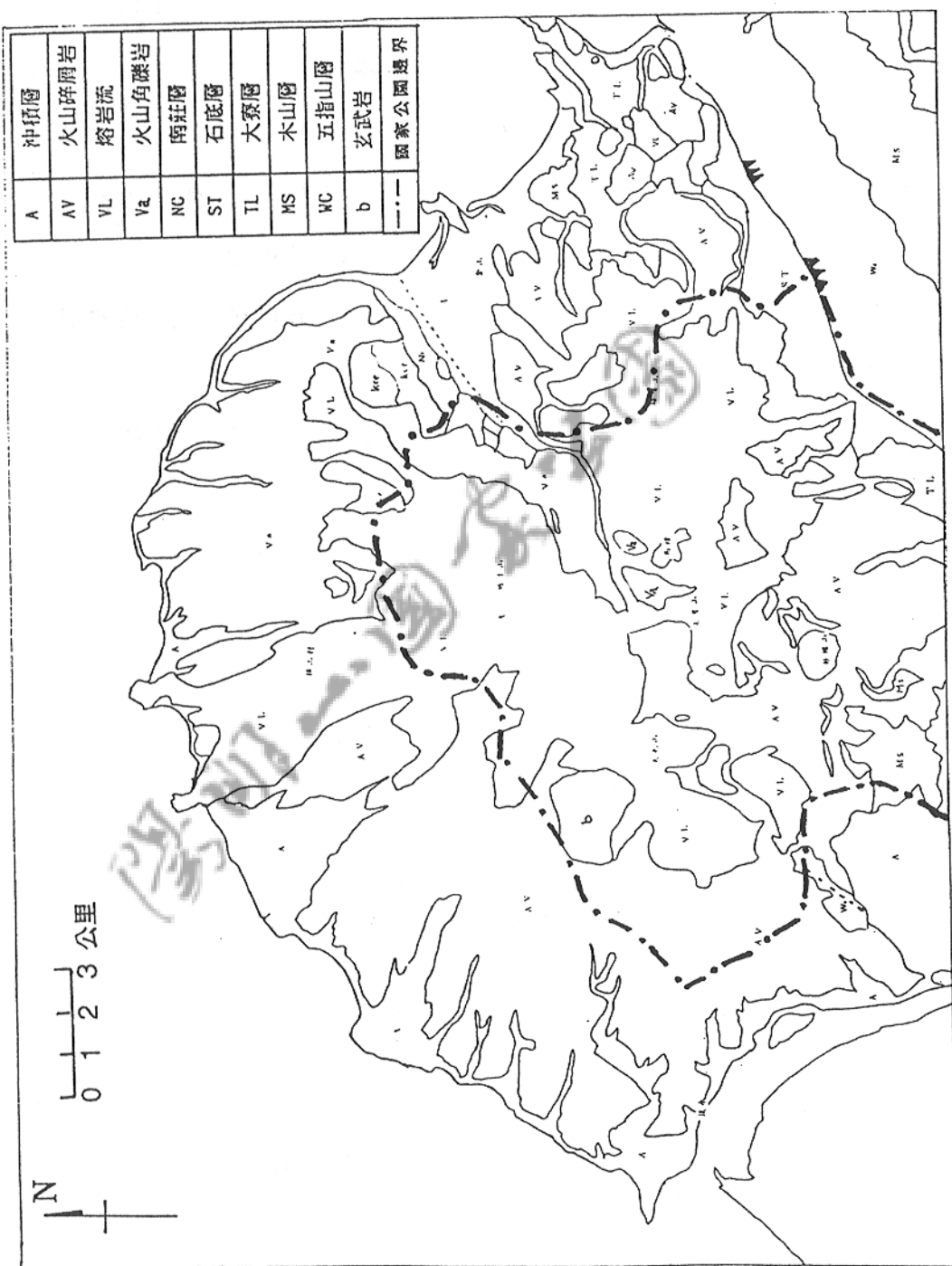
本區存在著兩個主要斷層，一為炭脚斷層，一為金山斷層。炭脚斷層位於大屯火山群的東南緣，呈東北走向，向東南傾斜，由於斷層線明顯露出，容易辨出。本斷層之下盤出露木山層、大寮層與石底層，上盤露出五指山層。落差由萬里的2200公尺至外雙溪附近約為 500 公尺，向台北盆地落差漸減(王等, 1986)。

金山斷層通過金山沖積平原西側，進入本區，但本斷層被金山沖積層與厚大的大屯火山群覆蓋，根據平原上的震波測勘(江, 1979)結果，此斷層應存在無誤。可能斷層由金山沖積平原經竹子山、小觀音山東麓下方、大屯山與南大屯山下方進入台北盆地，並與新莊斷層相連。

炭脚斷層附近瑪鍊溪的上游地區有石底層出露，但因受炭脚斷層影響，走向與傾角很零亂，部份呈東北走向，部份呈西北走向。而在內雙溪與外雙溪地區，石底層和大寮層之走向逐漸轉為東西走向。

本區尚有許多小斷層，但均為重力斷層，可能與大地構造較無關。

溫泉及噴氣孔多分布在北投與金山之間長約18公里，寬約3公里的狹長地帶。溫泉大部分呈高溫且具強酸性，使此地區熱水換質作用甚劇烈。



圖四 大屯火山群地質圖

2.2.5 火山地層層序：

Chen和Wu(1971)，對大屯火山群中的大屯山亞群、竹子山亞群、七星山亞群、內寮山亞群、磺嘴山亞群及南勢山亞群之火山地層層序、概略厚度和示意圖，有詳細的敘述。由其地層層序可知；大屯火山群是由安山岩熔岩及火山碎屑岩交疊而成。其中竹子火山向西北噴發的兩輝安山岩熔岩綿延甚遠，直到海岸，由於兩輝安山岩堅硬緻密，所以形成富貴角與麟山鼻兩個山岬角。

依據Chen和Wu(1971)，火山地層層序及示意圖分列如下：

大屯山亞群之地層層序及示意圖(圖五)

地 層 名 稱	概略厚度(m)
10.大屯山熔岩	<250
9.無明火山丘熔岩	75-150
8.上部凝灰角礫岩	<50變化
7.南大屯山頂部熔岩	100
6.大屯山凝灰角礫岩	<300
5.十八分岩流	50
4.面天山熔岩	<650
3.大磺嘴岩流	5-75
2.南大屯山底部熔岩	<575
1.下部凝灰角礫岩	150
~~~不整合~~~	
中新世沉積岩	

竹子山亞群之地層層序及示意圖(圖六)

地 層 名 稱	概略厚度(m)
5.竹子山熔岩	<350
4.小觀音山熔岩	<600
3.大屯山凝灰角礫岩	<300
2.Ahohyau 熔岩	200
1.下部凝灰角礫岩	350
~~~~不整合~~~~	
中新世沉積岩	

七星山亞群之地層層序及示意圖(圖七)

地 層 名 稱	概略厚度(m)
5.七星山熔岩	300
4.紗帽山熔岩	300
3.上部凝灰角礫岩	<100 變化
2.陽明山熔岩	350
1.下部凝灰角礫岩	200
~~~~不整合~~~~	
中新世沉積岩	

內寮山亞群之地層層序及示意圖(圖八)

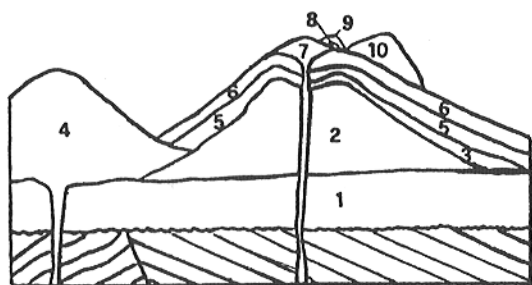
地 層 名 稱	概略厚度(m)
6.上部凝灰角礫岩	<50 變化
5.頂山岩流	125
4.七股山熔岩	400
大嶺 岬安山岩	150
3.內寮山熔岩	200
2.大平尾岩流	<75 變化
鵝尾山岩流	25
1.下部凝灰角礫岩	<250
?大油坑岩流	-
?磺溪安山岩	200
~~~~不整合~~~~	
中新世沉積岩	

礮嘴山亞群之地層層序及示意圖(圖九)

地 層 名 稱	概略厚度(m)
13.大尖後山頂部岩流	100
12.大尖後山下部岩流	225
礮嘴山岩流	50-250
11.新無名岩流	<100
10.老無名岩流	75
9.上部凝灰角礫岩	<25 變化
8.狹子坪岩流	50
7.鹿嶺坪岩流	100
6.大孔尾岩流	125
頂中股岩流	50
大坪岩流	75
5.八煙山熔岩	<300
礮子坪頂岩流	50-100
4.頂山岩流	75-100
3.大尖山熔岩	240
2.茅寮湖山熔岩	150
1.下部凝灰角礫岩	200
~~~~不整合~~~~	
中新世沉積岩	

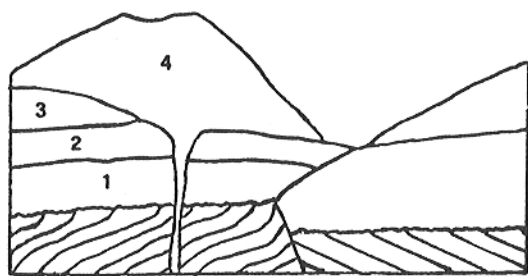
南勢山亞群之地層層序及示意圖(圖十)

地 層 名 稱	概略厚度(m)
4. 沖積層	102
3. 下部凝灰角礫岩	150
2. 南勢山熔岩	60-200+
1. Ahoau(hy) 岩流	40
~~~~不整合~~~~	
中新世沉積岩	



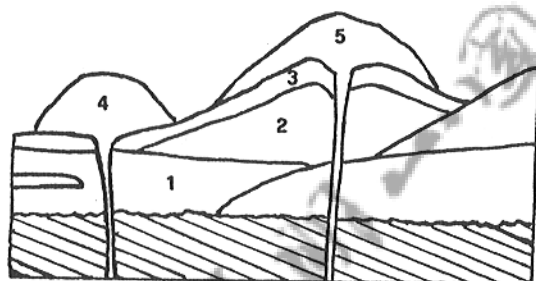
圖五 大屯山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)



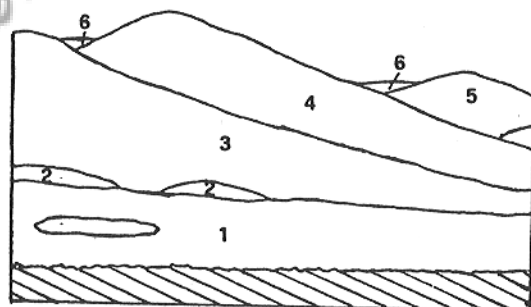
圖六 竹子山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)



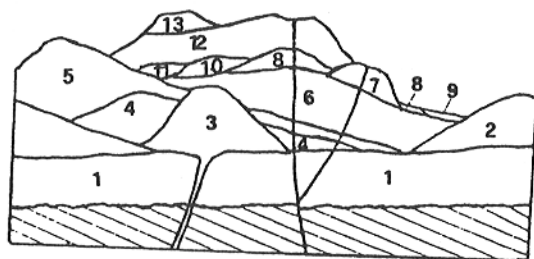
圖七 七星山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)



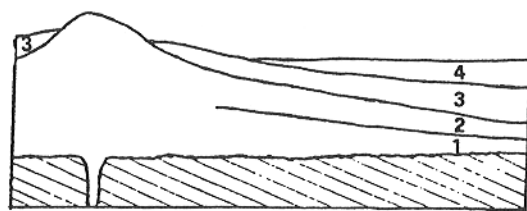
圖八 內寮山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)



圖九 磺嘴山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)



圖十 南勢山亞群之地層層序示意圖

(摘自 Chen and Wu, 1971)

第三章 重力測勘

重力資料表現地下岩層密度變化，當地下岩層橫向密度有變化時，地表將呈現不同的重力值，由重力值上的變化，可以推出地下岩層密度之分佈，藉以推斷地下構造之形貌。

本文對重力測勘資料，係採用最小二乘法、八點平均法及二次微分法，做定性分析，並以隨機逆推法做定量解釋。

3.1 重力測勘

3.1.1 資料來源

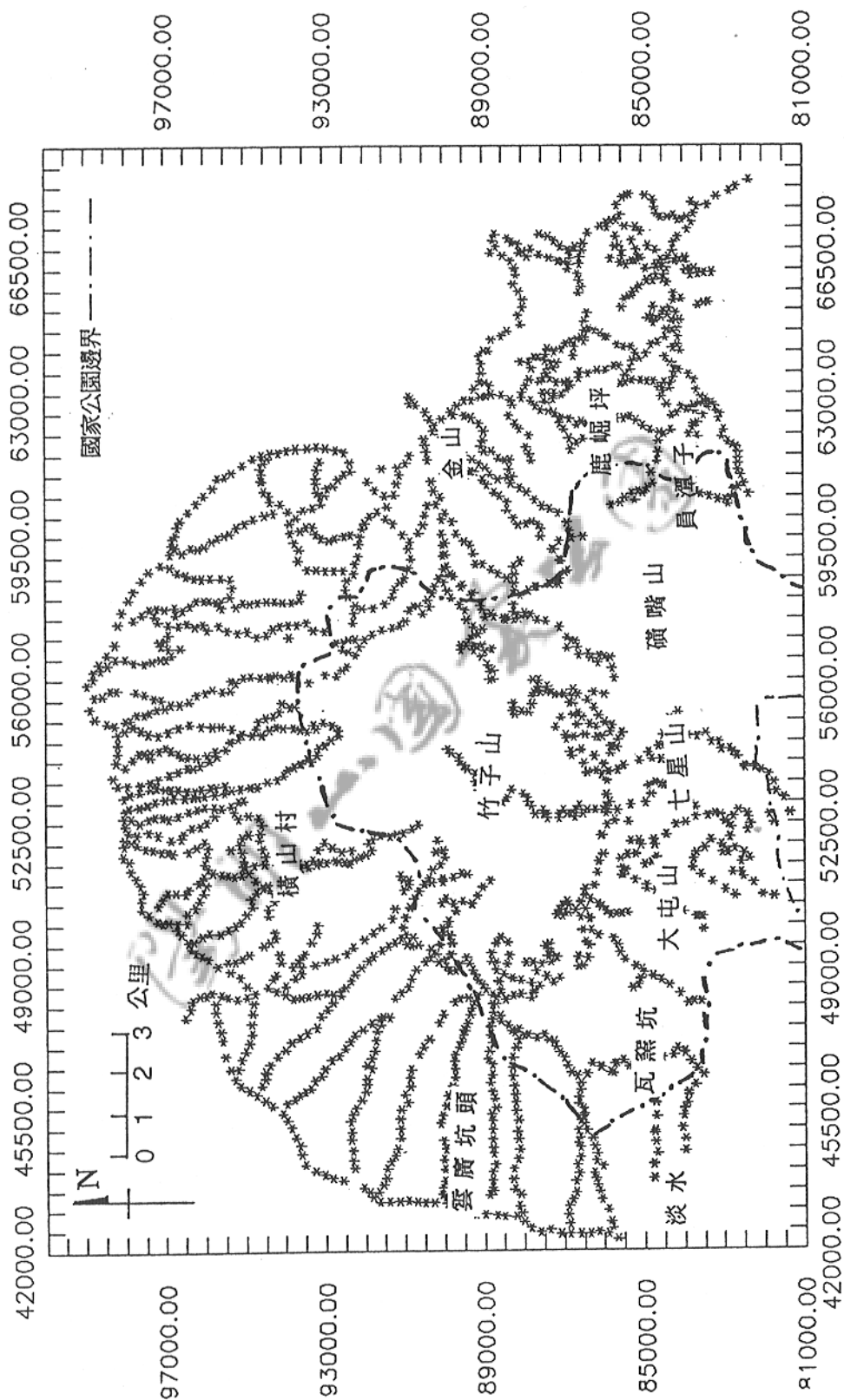
本文依據既有的重力資料(鄒，1985)，並於民國78年3月至民國78年10月，在嵩山(竹子山)地區進行重力補測。

舊有資料是以金山鄉豐漁村的三角點1203號為重力基點，其國際重力值為978,982.92 mgal (葉等,1978)。本次補測亦使用此三角點為重力基點，以便新舊資料能結合成一完整資料，共計有效觀測點為2257點，含蓋面積約500 平方公里。

3.1.2 測量儀器

舊有資料的測勘，在高程及方位測量時使用 NIKON NT-3A 之經緯儀測定，其精度為10"。重力測量則使用WORDEN 742之重力儀，其靈敏度為0.01 mgal。

補測時，在高程及方位測量時使用 AGA GEODIMETER 之紅外線數位測距儀，其精度為1"，重力測量亦使用WORDEN 742之重力儀。



圖十一 重力測點分布圖

重力儀本身有恆溫裝置，使其不受外在環境溫度變化影響，其溫度係數在華氏 100° 時是 0.10203 毫伽 / 刻度。

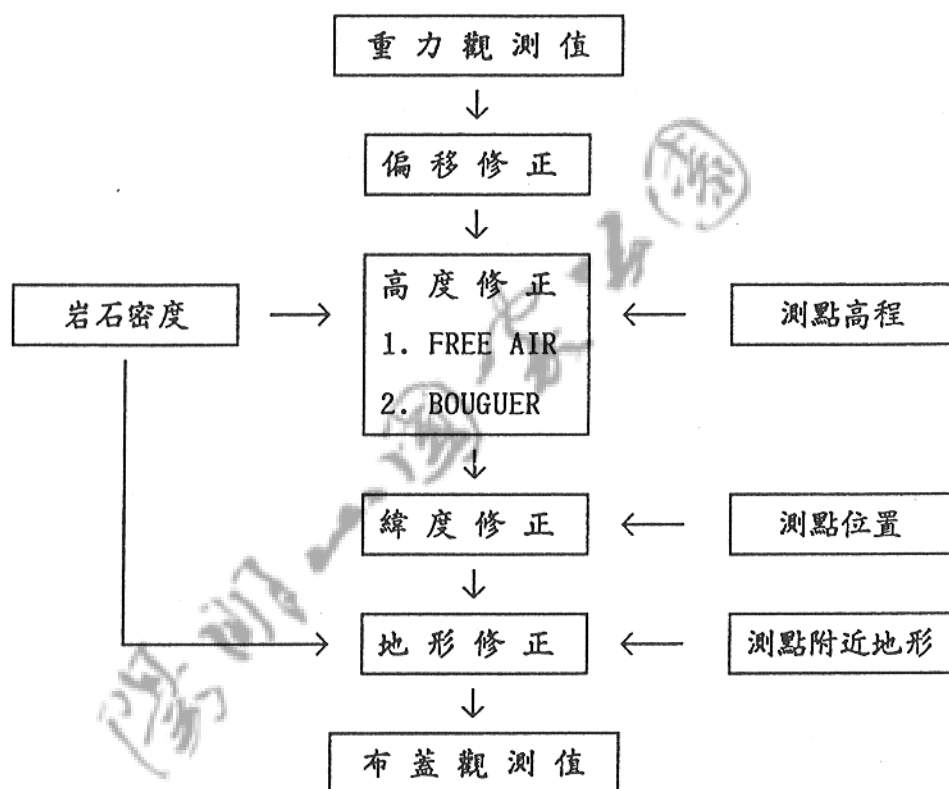
3.1.3 高程及方位測量

測點之高程及方位測量是利用測區內已知的三角點，引建並採用閉合差來修正方位及高程。測點間距 150 公尺至 300 公尺不等，視地質狀況而定。測量時選取較堅實地面，以避免測量時儀器的震動。根據中國石油公司台灣油礦探勘處所編『重力測勘作業標準』，在一閉合線中，水平距離測定之最大容許誤差為 $E(\text{公尺}) = 24.6\sqrt{L}(\text{公里})$ ，高程測量之最大容許誤差為 $E(\text{公分}) = 7.5\sqrt{L}(\text{公里})$ ，式中 L 為閉合測線之長度(單位為公里)，而補測之資料皆能滿足此一標準，其測點之分布如圖十一。

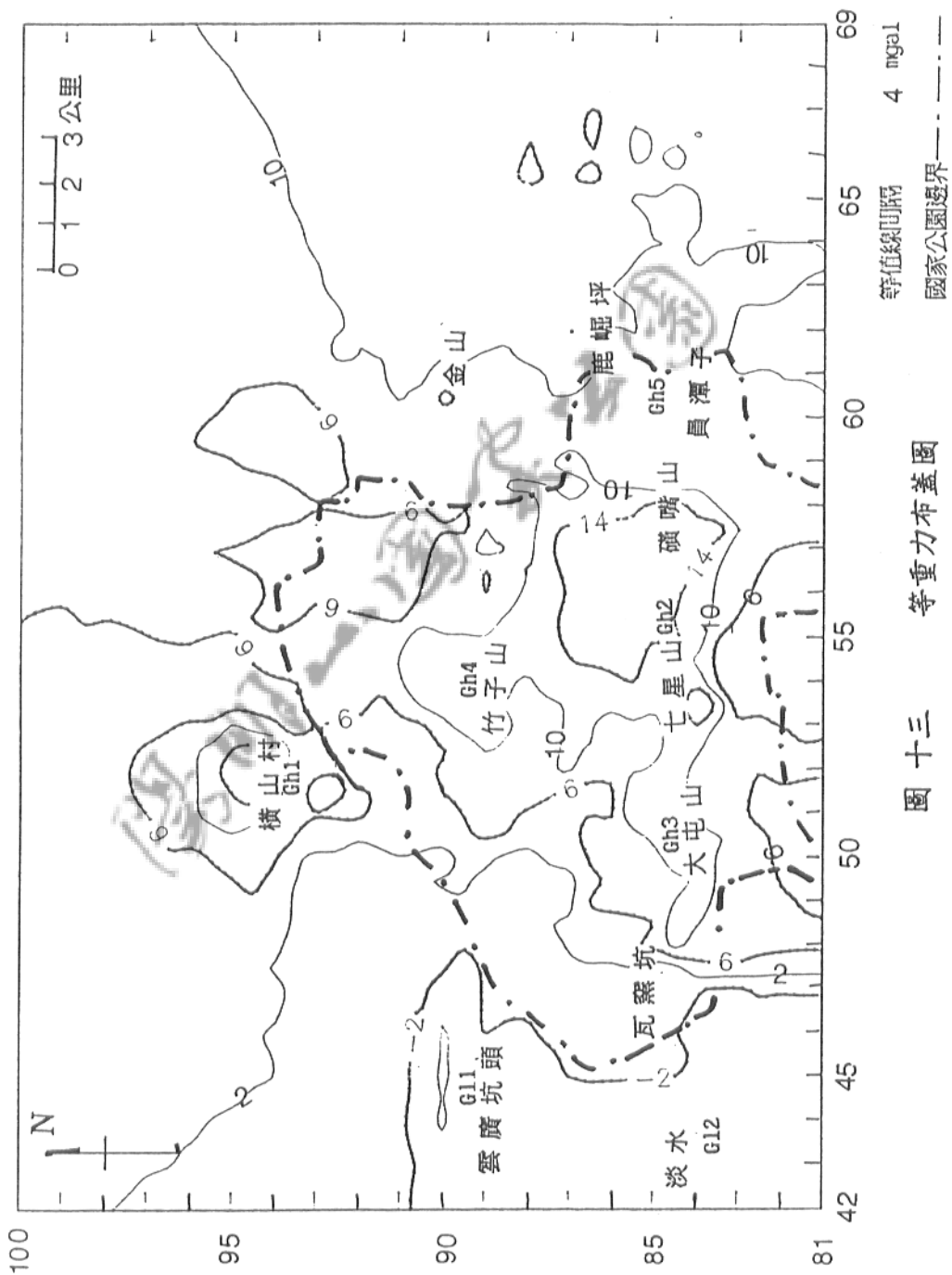
3.2 重力修正

重力修正的目的是要將非地下構造所產生的重力效應除去，所以地表上各點之觀測值都要先經偏移修正、高度修正、緯度修正和地形修正，如圖十二之流程圖 (Dobrin, 1960)，可得到相當在同一時間、同一地區、同緯度及同地形之條件下之觀測值，稱之為布蓋重力值，代表海平面以下所有岩層之效應。以四毫伽為間隔繪成等重力布蓋重力異常圖，如圖十三、圖十四及圖十五。

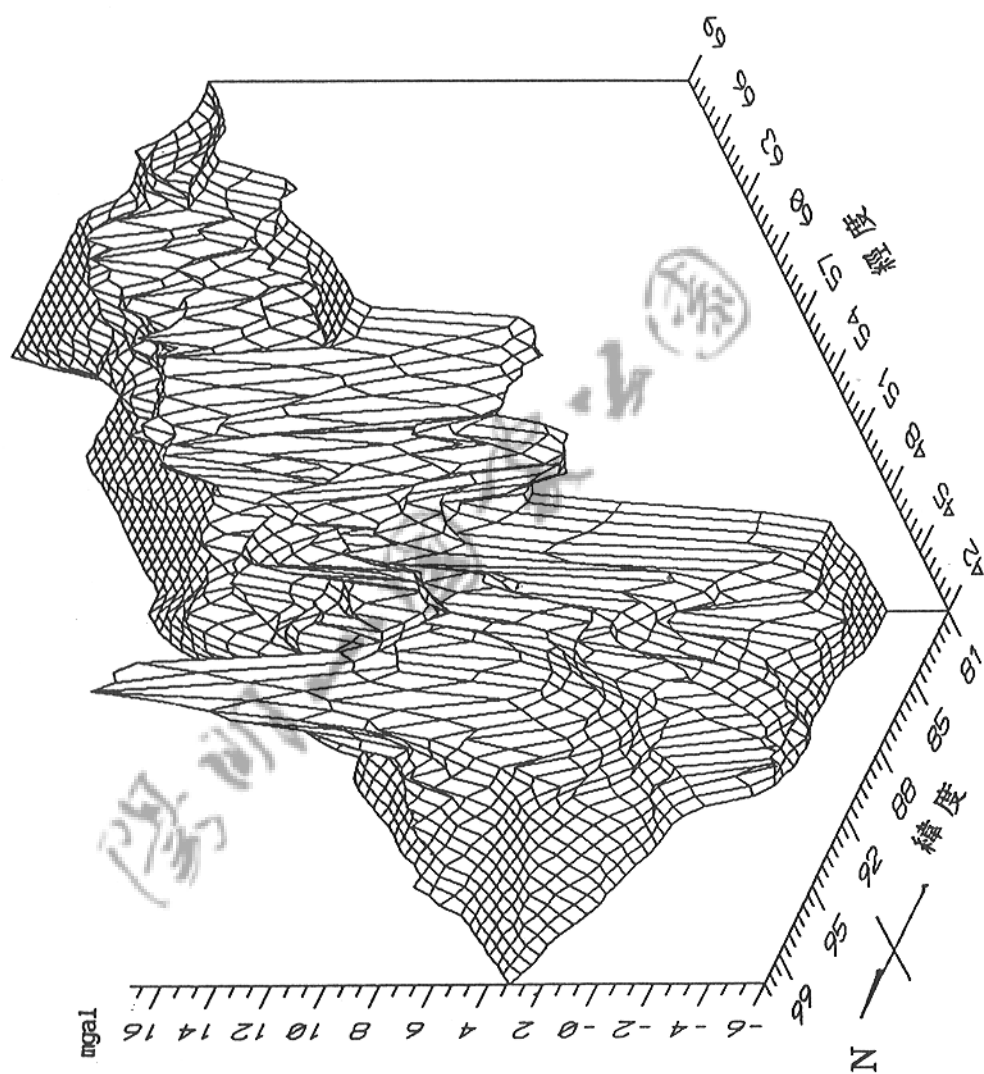
本文重力修正所採用岩層密度為 2.41 g / cm^3 ，此數值



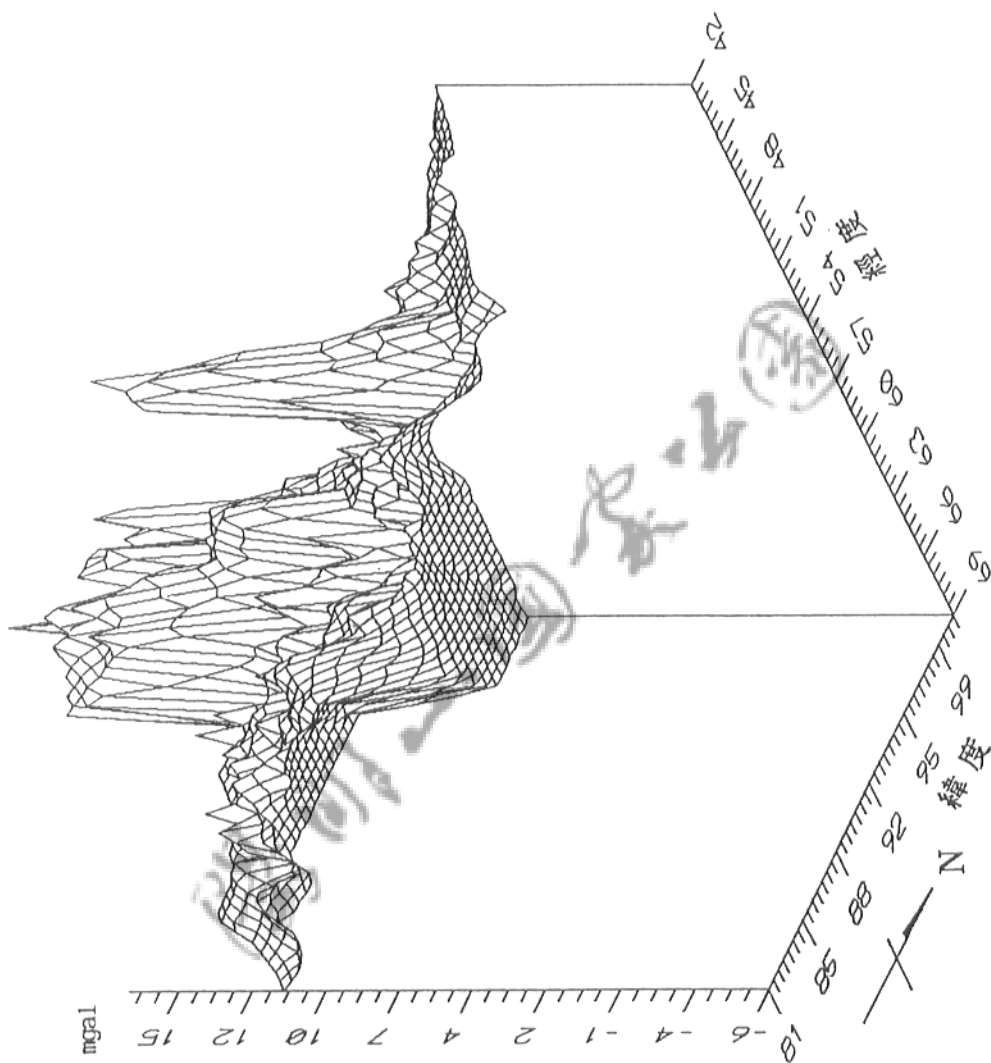
圖十二 重力修正處理流程圖



圖十三 等重力布蓋圖



圖十四 等重力布蓋立體圖(由淡水看)



圖十五 等重力布蓋立體圖(由金山看)

為鄒玉華在1985年，經由 Nettleton 密度剖面法及高度因子法所得之密度平均值。因本區多山，地形效應影響甚大，故對地形修正特別注意，方法上以測點為圓心，0-20公尺範圍由實地之近地地形描繪，20-890公尺由1/5000航照圖上以圖十六之模版，用 Hammer (1939)之公式分別計算之。而890公尺以上採用多錐面方程式法處理(Lin,1979)，總合為該點之地形修正量。

3.3 區域重力與剩餘重力值之分離

布蓋重力代表基準面(海平面)之下全部質體所產生之總重力效應，為深部至淺部地層的混和訊息。深部效應代表區域性重力，影響的範圍廣；淺部效應代表剩餘重力，表現局部區域的效應，故深部質體所產生的重力效應相當長波，淺部質體所產生的重力效應可視為較短的波長，應用濾波原理，可將深部效應及淺部效應由布蓋重力值分離。本文採用最小二乘法(Coons et al.,1967)和八點平均法(Driffin,1949)分離之。

在使用最小二乘法和八點平均法前須先將分布不均之測點所得的布蓋重力值格子化，即內插布蓋重力圖到格子點上。本文採用六點評估法(Davis,1973)來格子化，將欲估算之格子點最接近的6個測點值，依距離遠近給予不同的加權，距離近的加權大，距離遠的加權小，其數學關係如下：

$$D_{ik} = \sqrt{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2} \quad (3.1)$$

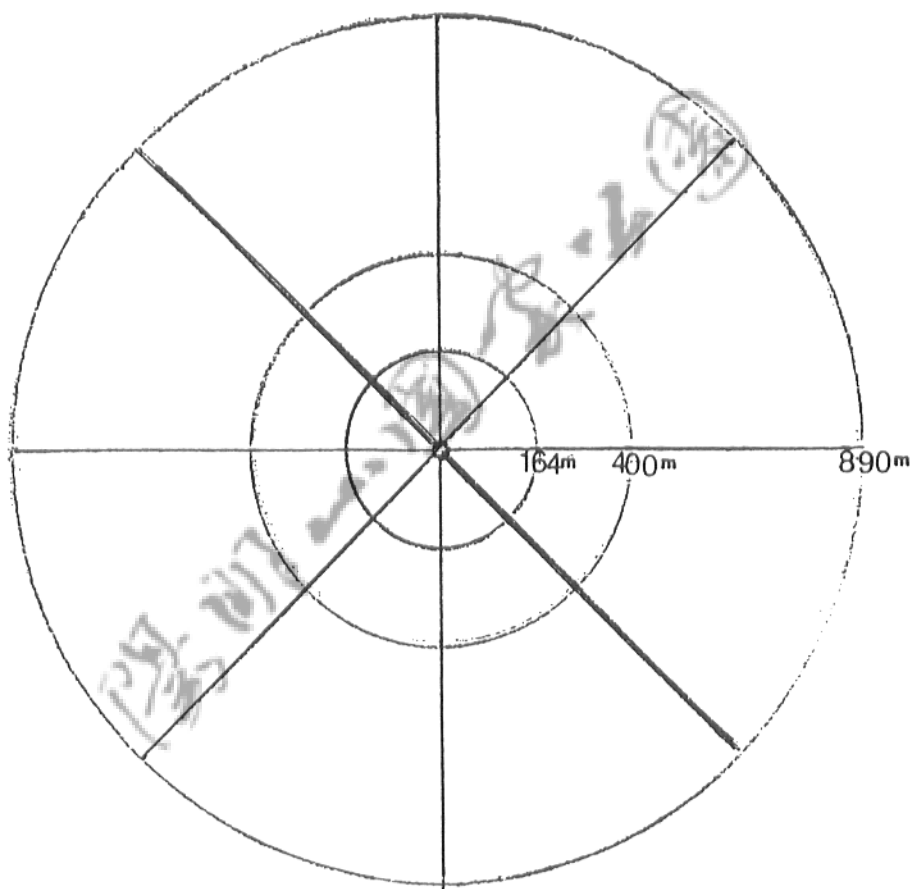


圖 十六 地形修正使用模版

式中 D_{ik} 為格子點 k 到測站 i 的距離，格子點 k 之布蓋重力估算值 $\hat{B}$ 為：

$$\hat{B} = \frac{\sum_{i=1}^6 (B_i / D_{ik})}{\sum_{i=1}^6 (1 / D_{ik})} \quad (3.2)$$

式中 B_i 為鄰近 i 測點重力觀測值。

本法僅適於內插估算。外差或測點太疏均不適用。

3.3.1 最小二乘法

一般言，愈深部的岩層，其褶皺的幅度愈平緩。故區域性的重力值可以最小二乘法求出其低階多項式來表示之。設 $g_R(X, Y)$ 為一多階多項式的區域重力值；布蓋值為 g_B ，而布蓋重力值與區域重力值 g_R 之差為剩餘重力值。例如當 g_R 為二階時，

$$g_R(X, Y) = a_{20}X^2 + a_{02}Y^2 + a_{11}XY + a_{10}X + a_{01}Y + a_{00} \quad (3.3)$$

式中的 a_{20} ， a_{02} ， $\dots$ ， a_{00} 為欲解出之係數，剩餘重力值為 Δg ，其平方和為 S ，則

$$\Delta g = g_B - g_R \quad (3.4)$$

$$S = \sum (\Delta g)^2$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_{20}} = 0, \frac{\partial S}{\partial a_{02}} = 0, \dots, \frac{\partial S}{\partial a_{00}} = 0 \quad (3.5)$$

故由建立之聯立方程式可解出 a_{20} , a_{02} , ..., a_{00} 等係數，並而求出區域性重力值。

本文推算出之代表區域性重力值與座標一階關係為：

$$g_R(X, Y) = (5.44489E-4)X - (1.25681E-4)Y - 11.756 \quad (3.6)$$

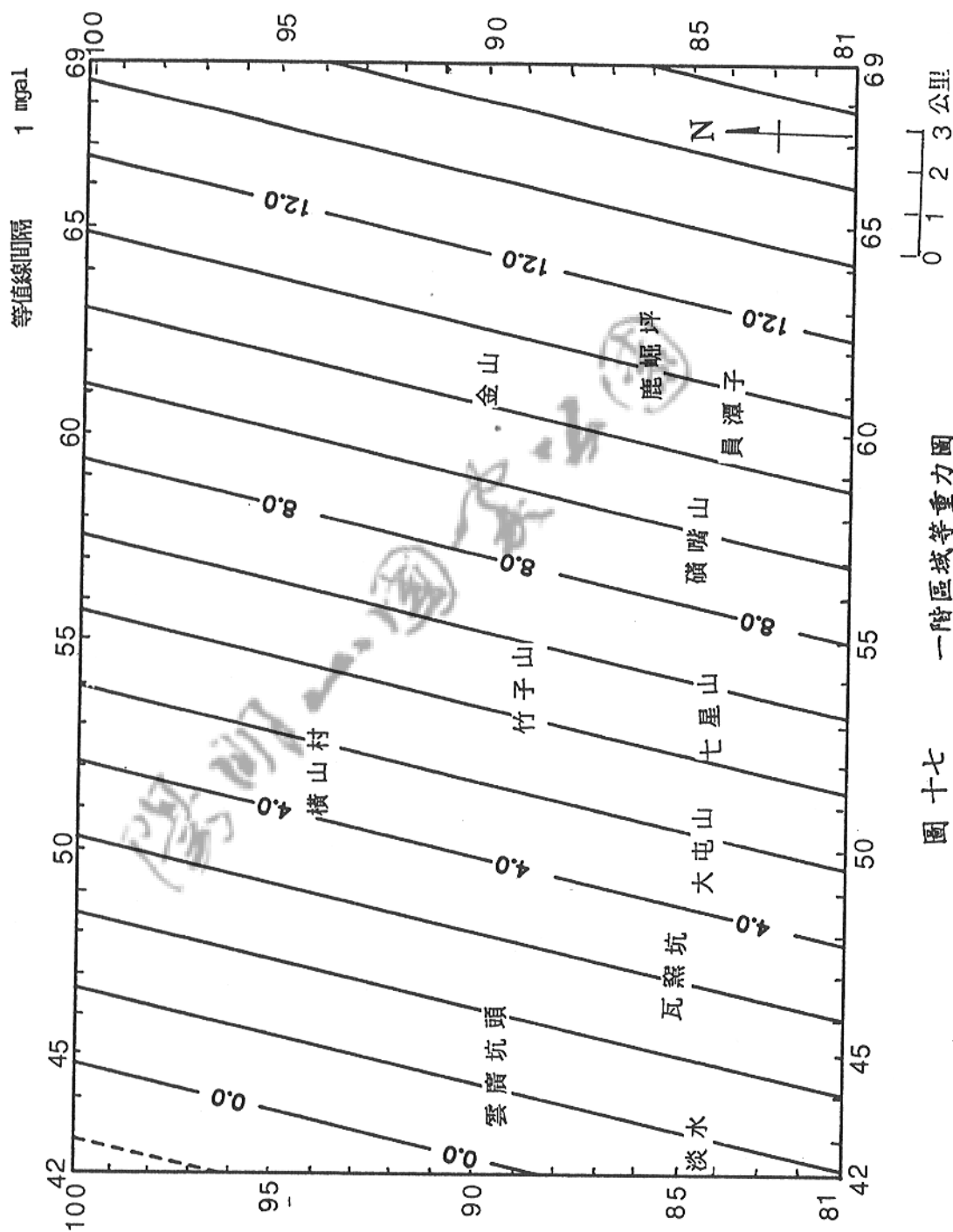
平均誤差 (ERRO MEANS): 3.564176 mgal X, Y 單位為公尺

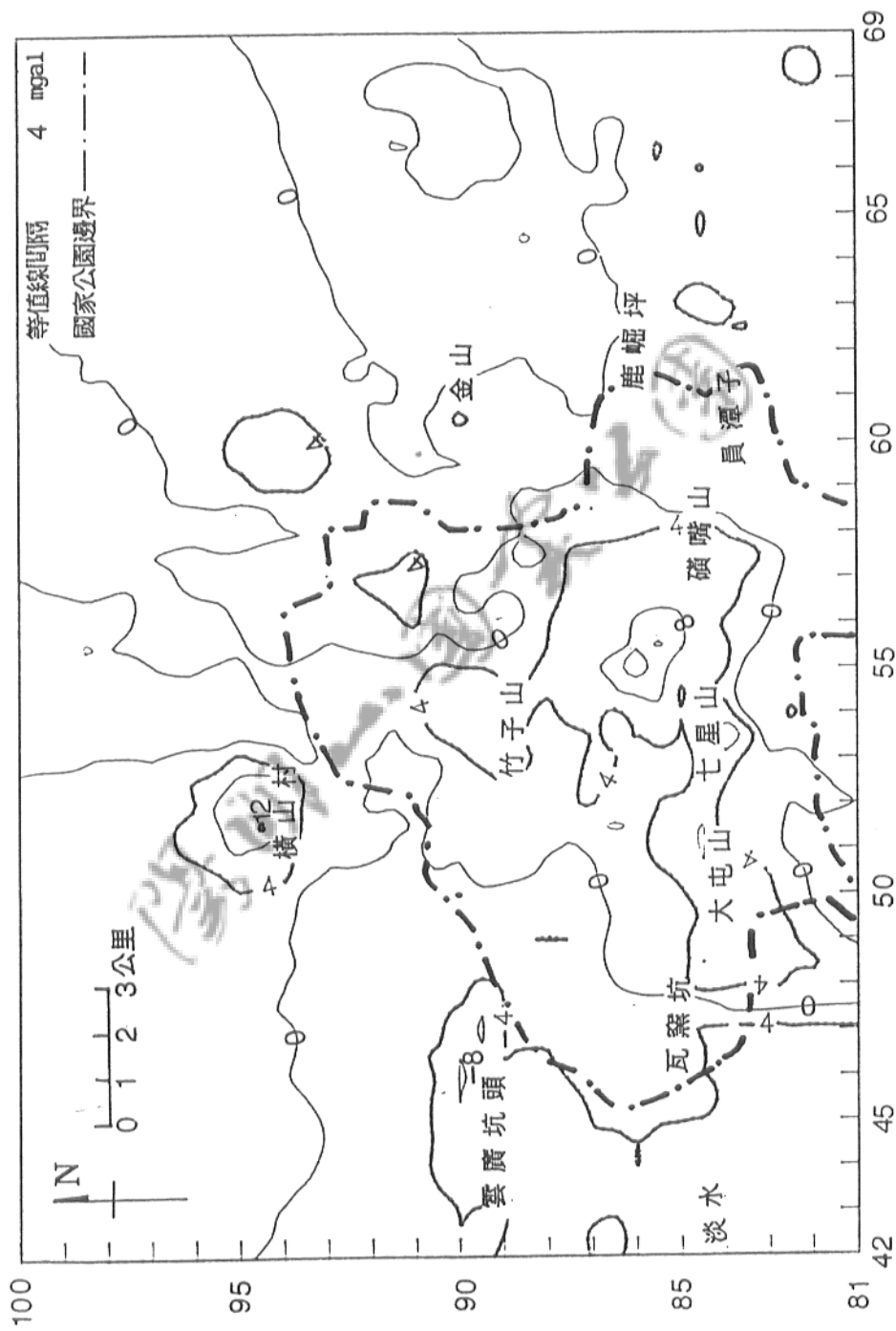
依照此關係式繪出之等區域重力圖如圖十七所得剩餘重力圖十八、圖十九、圖二十。

若 $g_R(X, Y)$ 為二階多項式，則

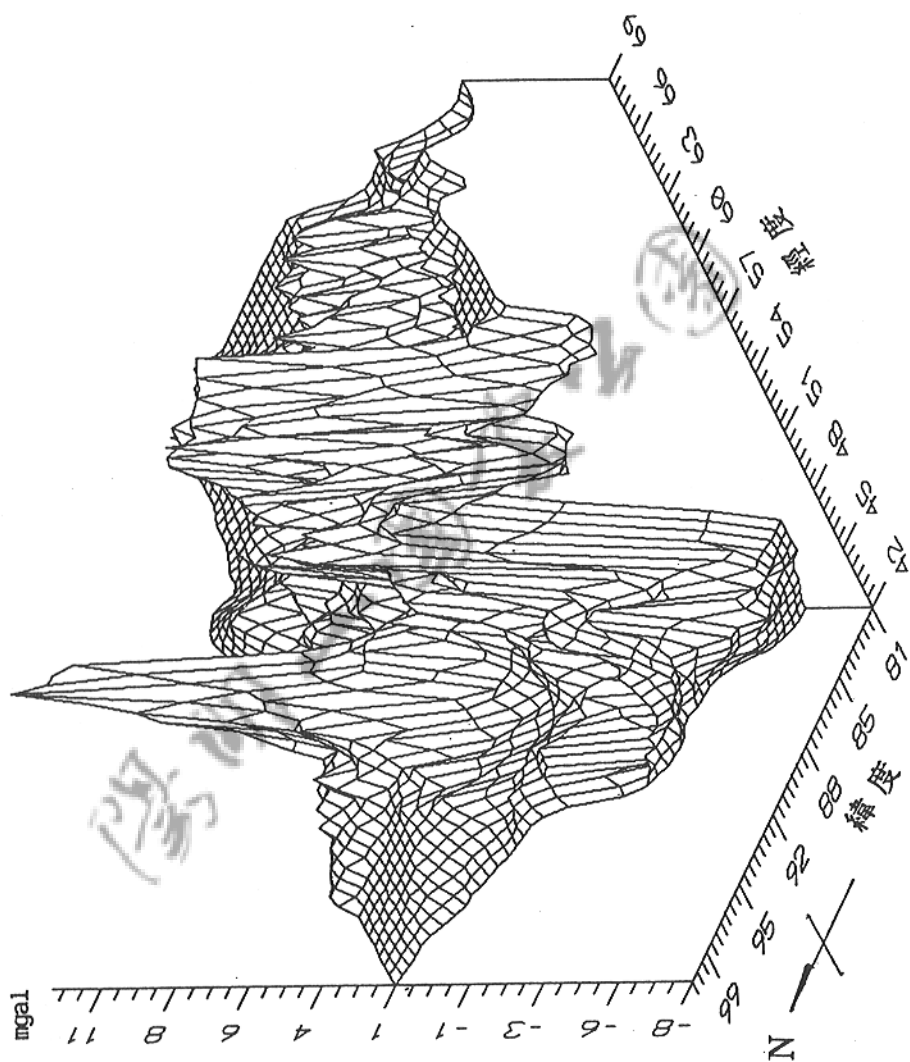
$$\begin{aligned} g_R(X, Y) = & (1.22691E-8)X + (3.54871E-8)XY \\ & - (2.61436E-8)Y - (4.35411E-3)X \\ & + (3.00229E-4) + 187.16 \end{aligned} \quad (3.7)$$

平均誤差 (ERRO MEANS): 3.349542 mgal X, Y 單位為公尺

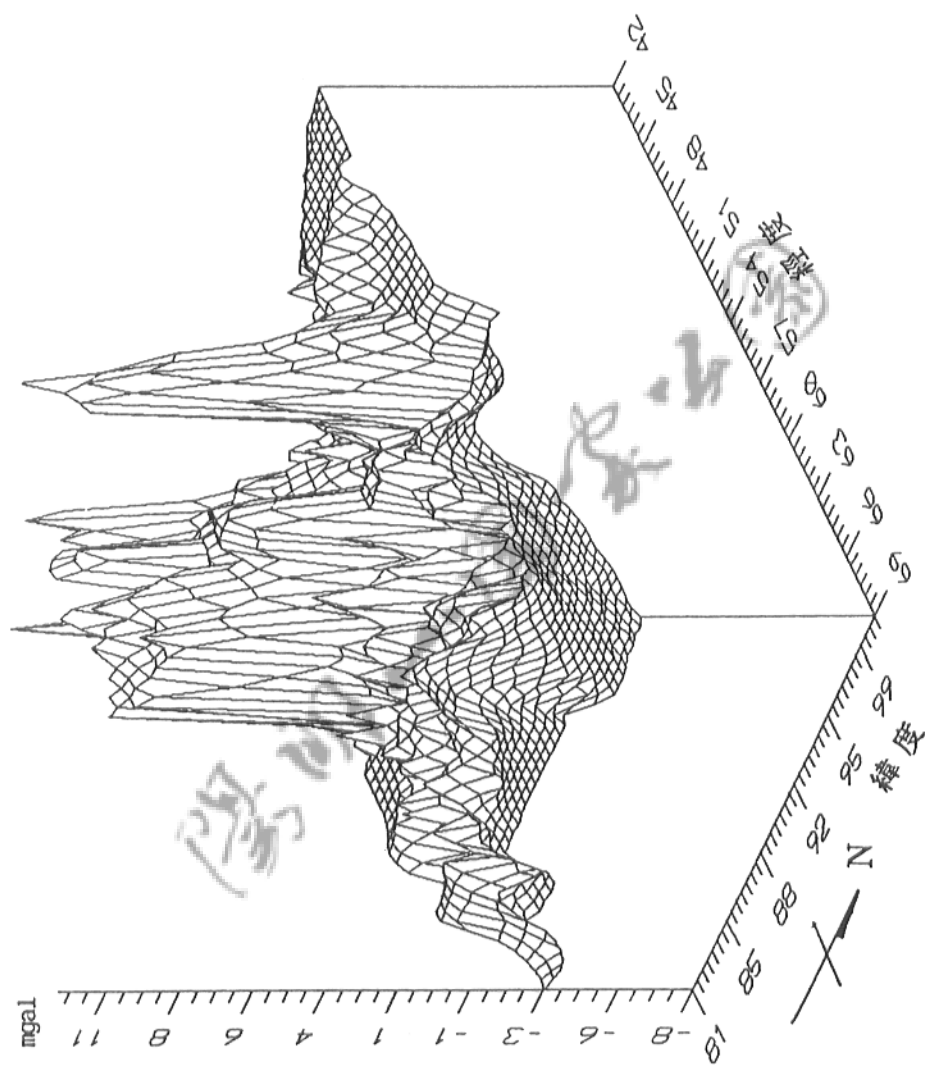




圖十八 一階等剩餘重力圖



圖十九 一階等剩餘重力立體圖(由淡水看)



圖二十 一階等剩餘重力立體圖(由金山看)

同樣地，依照此二階多項式繪出之等區域重力圖如圖二十一所求得之剩餘重力圖如圖二十二、圖二十三及圖二十四。

3.3.2 八點平均法

運用此法計算任一測點之剩餘重力值，是將欲求點之布蓋重力值，減去以此點為圓心，單位長為半徑之圓周上8個點之布蓋重力值之平均值，通常取用之半徑長為 $\sqrt{5}$ 倍方格點之間距。

八點平均法具有濾波及放大的功能，能使特定高頻信號放大低頻壓制，並將此高頻以上之信號除去。設半徑為 S ，重力異常之波長為 λ ，測其響應 R ，有下列關係式：

$$R = 1 - \cos(2\pi S / \lambda) \quad (3.8)$$

其響應特性之曲線如圖二十五。

由於格子化過程中，自然將 $\lambda < 2S$ 之高頻波消除。當 $\lambda = 2S$ 其響應效果最大；而 $\lambda > 2S$ 重力異常值放大之幅度隨波長增加而逐漸變小。半徑 S 之大小，對 λ 響應影響很大；即反應不同深度之異常體的重力效應，有助於我們對於不同深度之異常體研判。

本文採用的方格間距為 $S = 0.5$ 公里，分別用 $\sqrt{5}/2$ ， $\sqrt{5}$ ， $3\sqrt{5}/2$ 公里計算，所得之等剩餘重力圖分別為圖二十六，圖二十七及圖二十八。

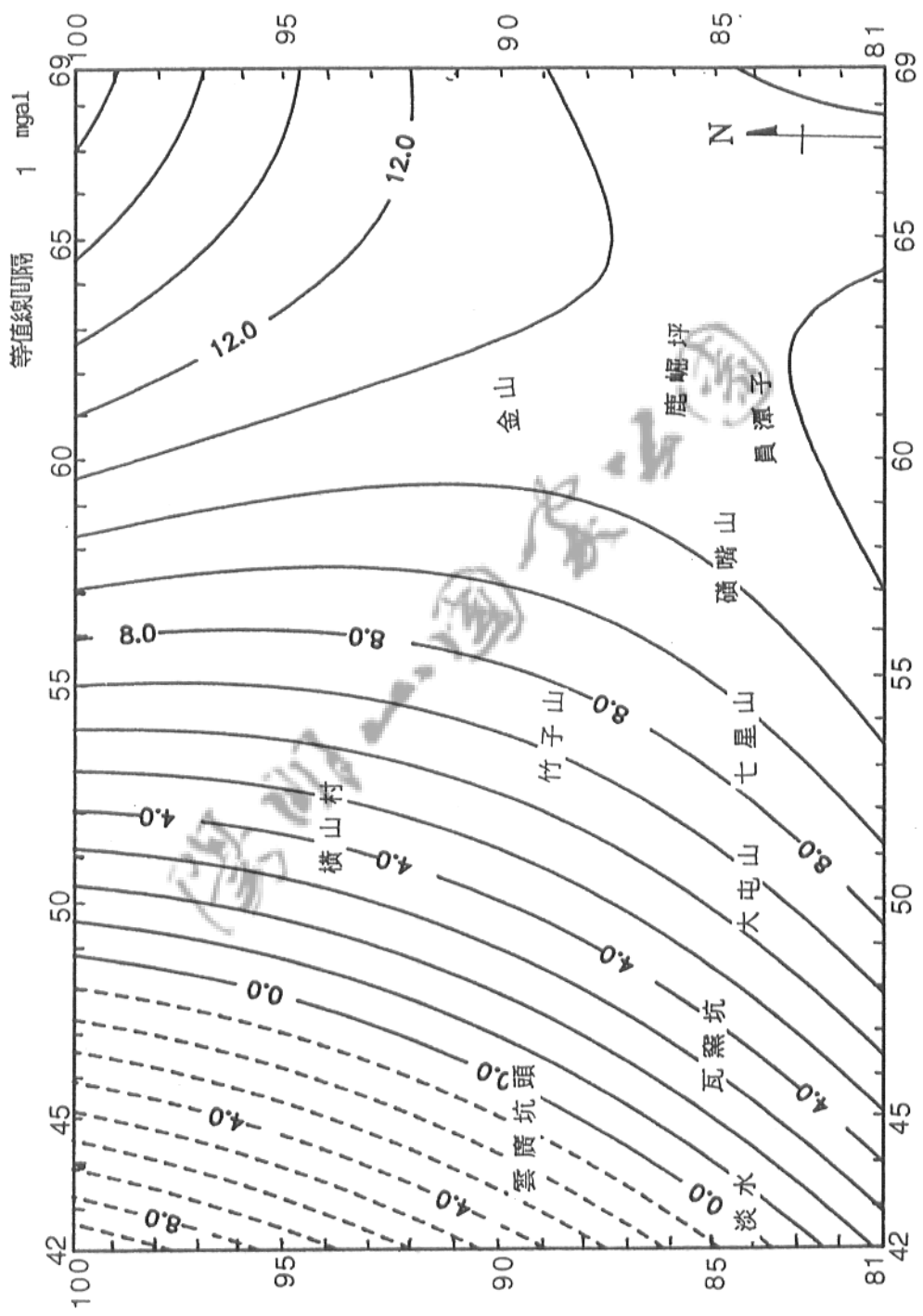


圖 二十一 二階區域等重力圖

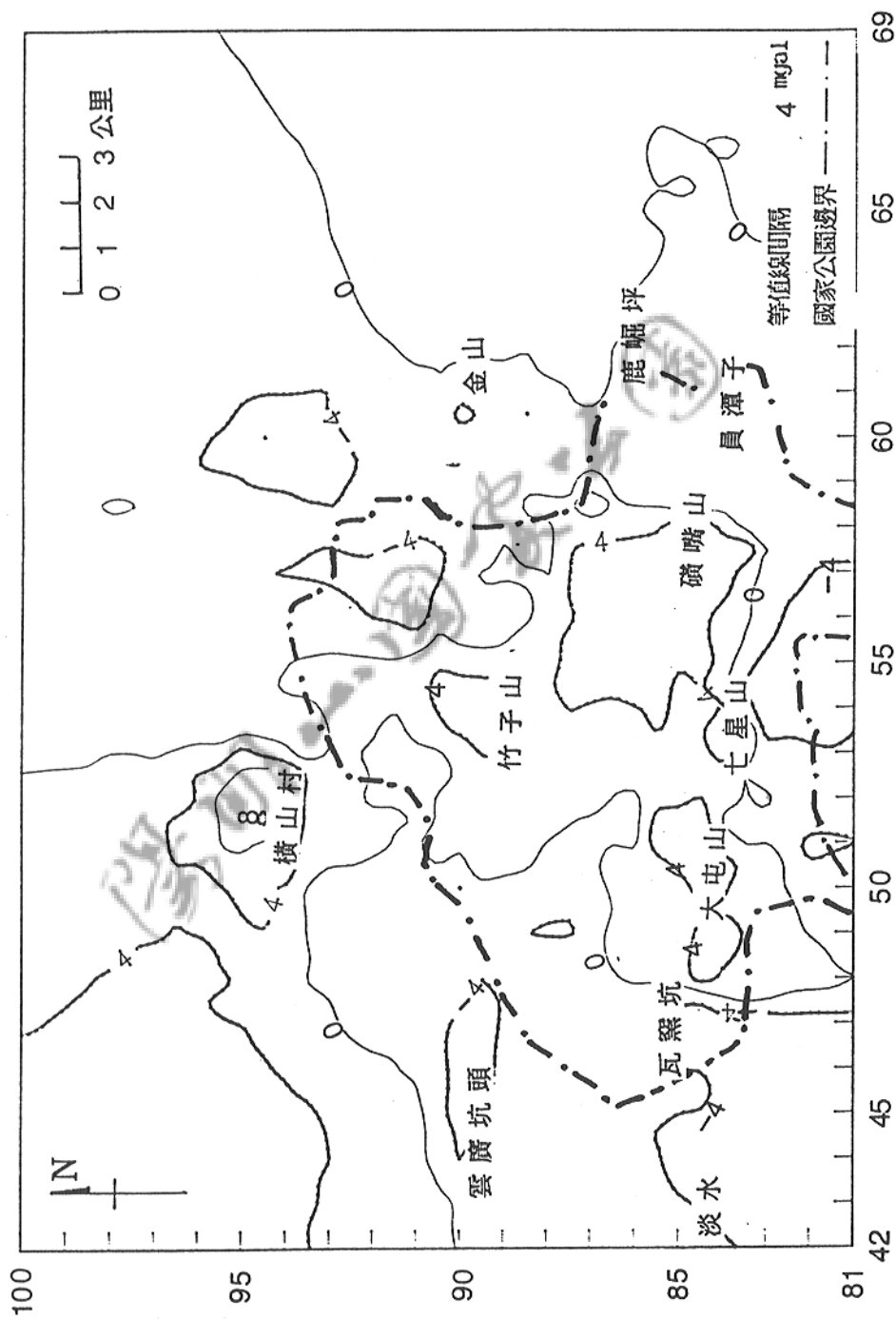
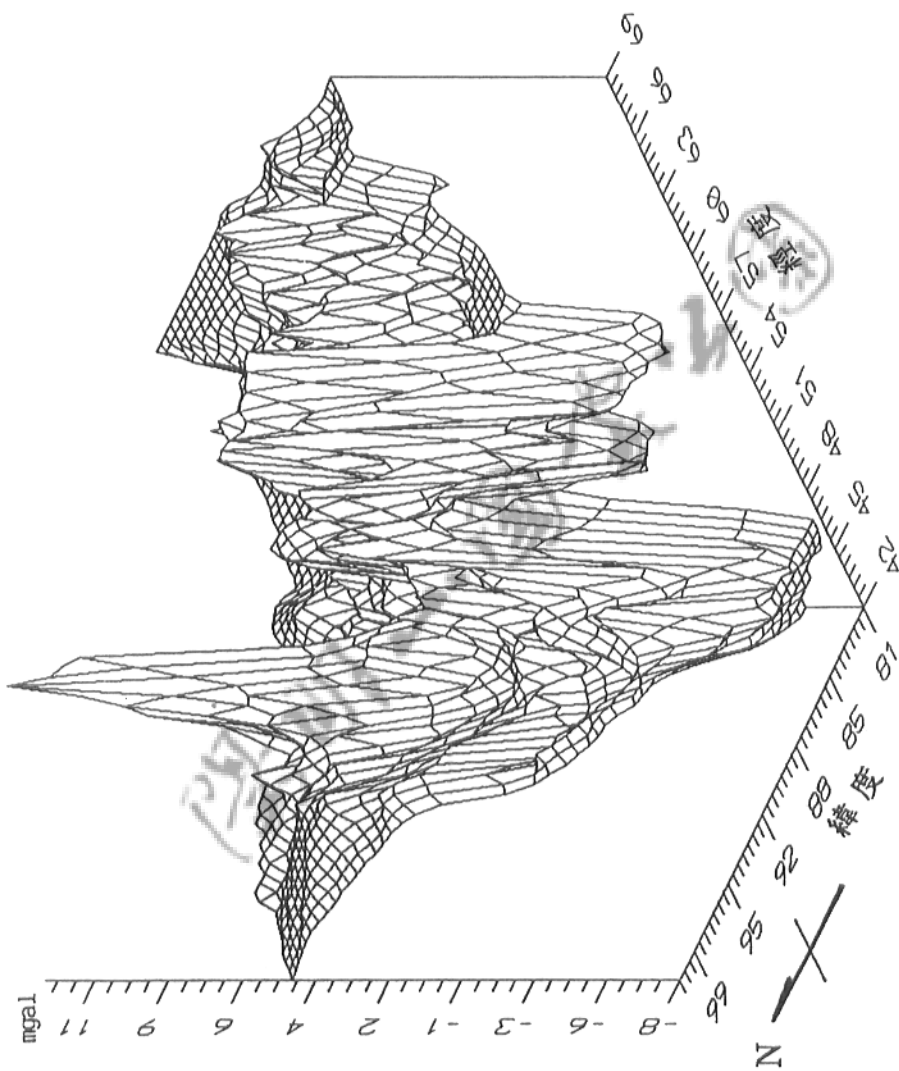
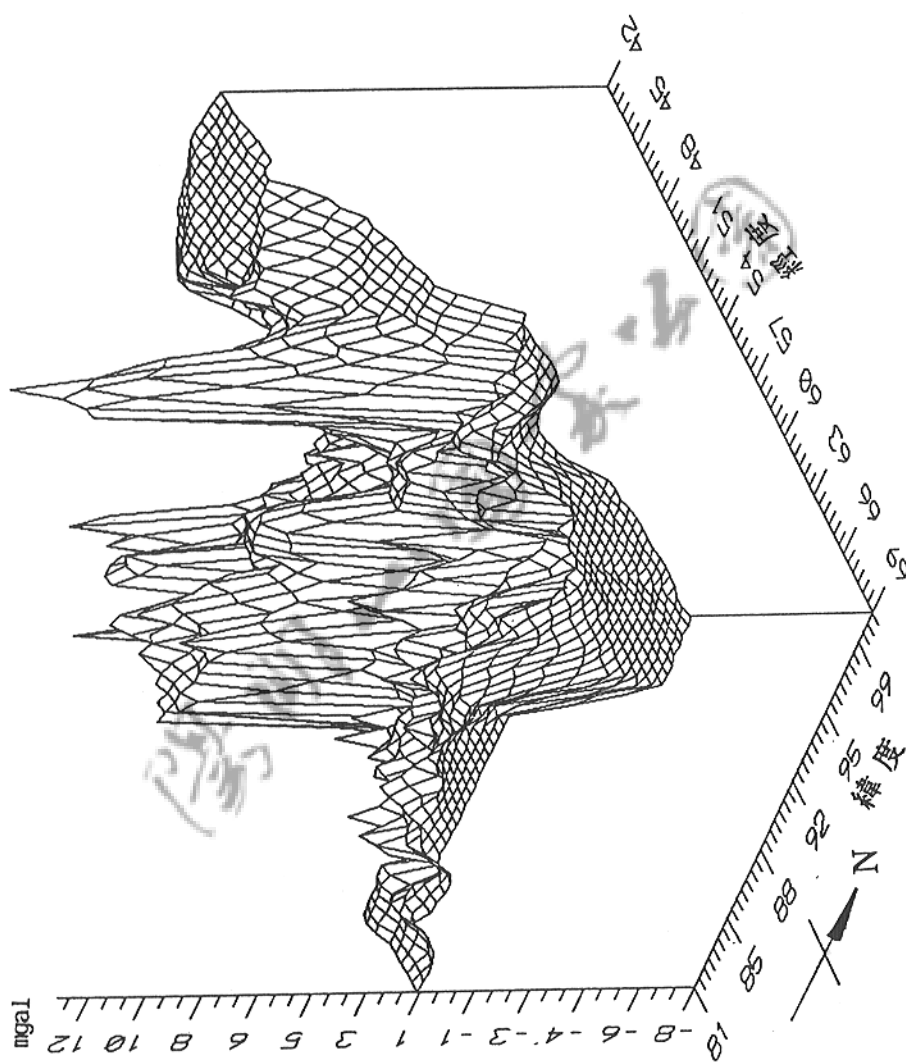


圖 二十二 二階等剩餘重力圖



圖二十三 二階等剩餘重力立體圖 (由淡水看)



圖二十四 二階等剩餘重力立體圖(由金山看)

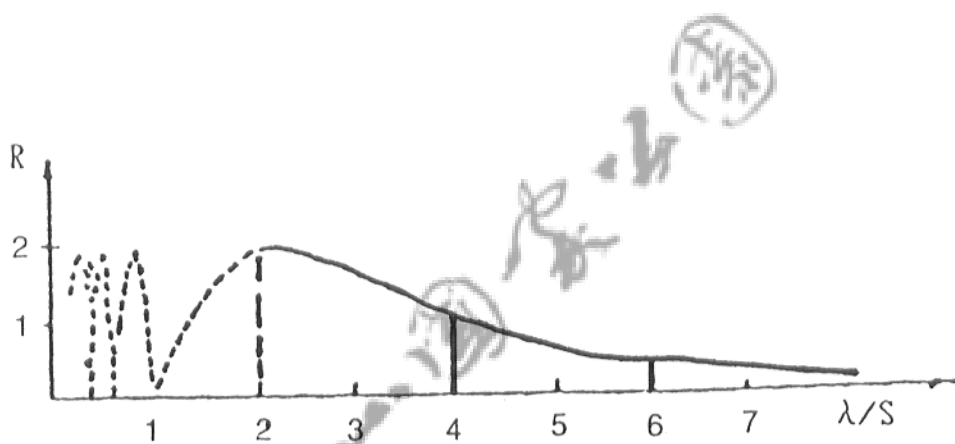


圖 二十五 八點平均法響應特性曲線圖

等值線間隔 2 mgal

國家公園邊界 ————

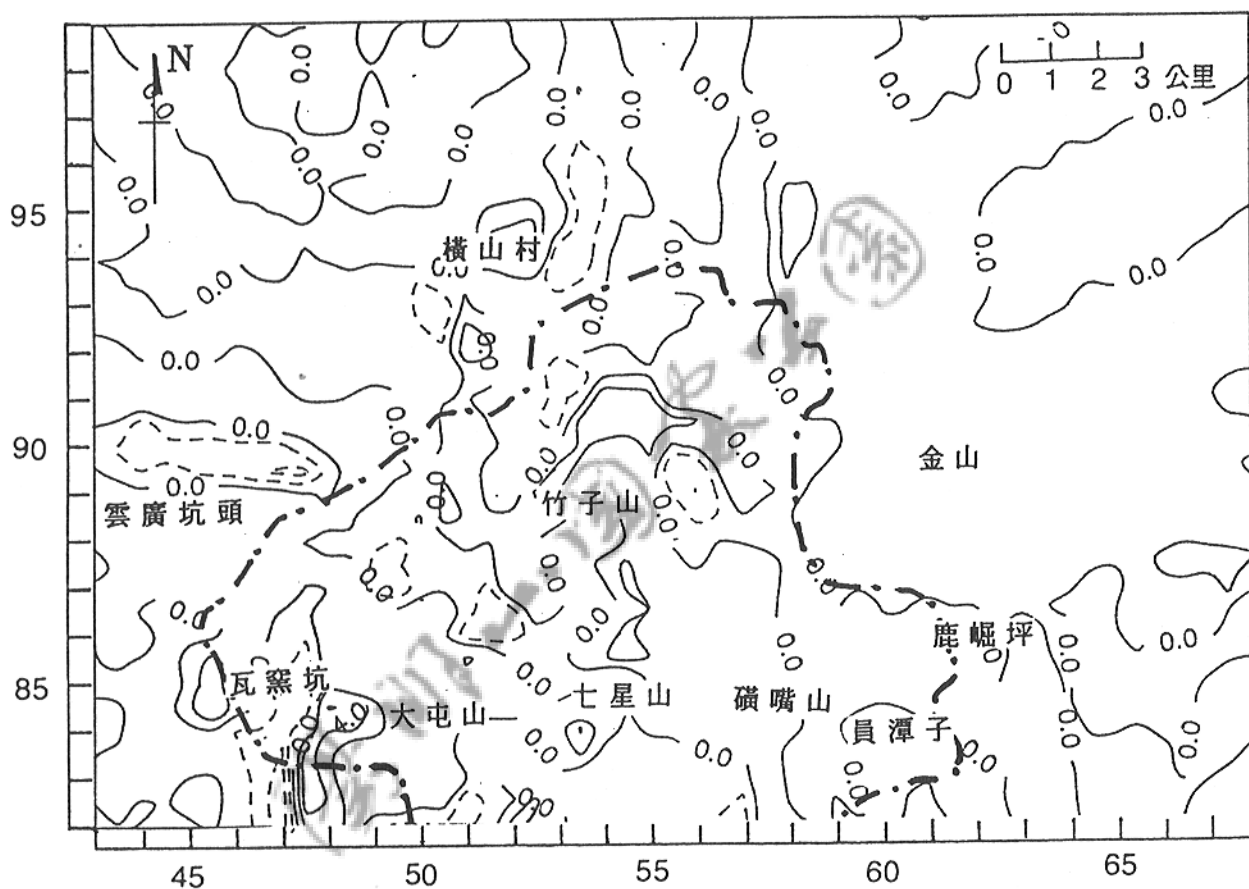


圖 二十六 八點平均法求得之等剩餘重力圖

(半徑 $\sqrt{5/2}$ 公里)

等值線間隔 2 mgal

國家公園邊界 - - - - -

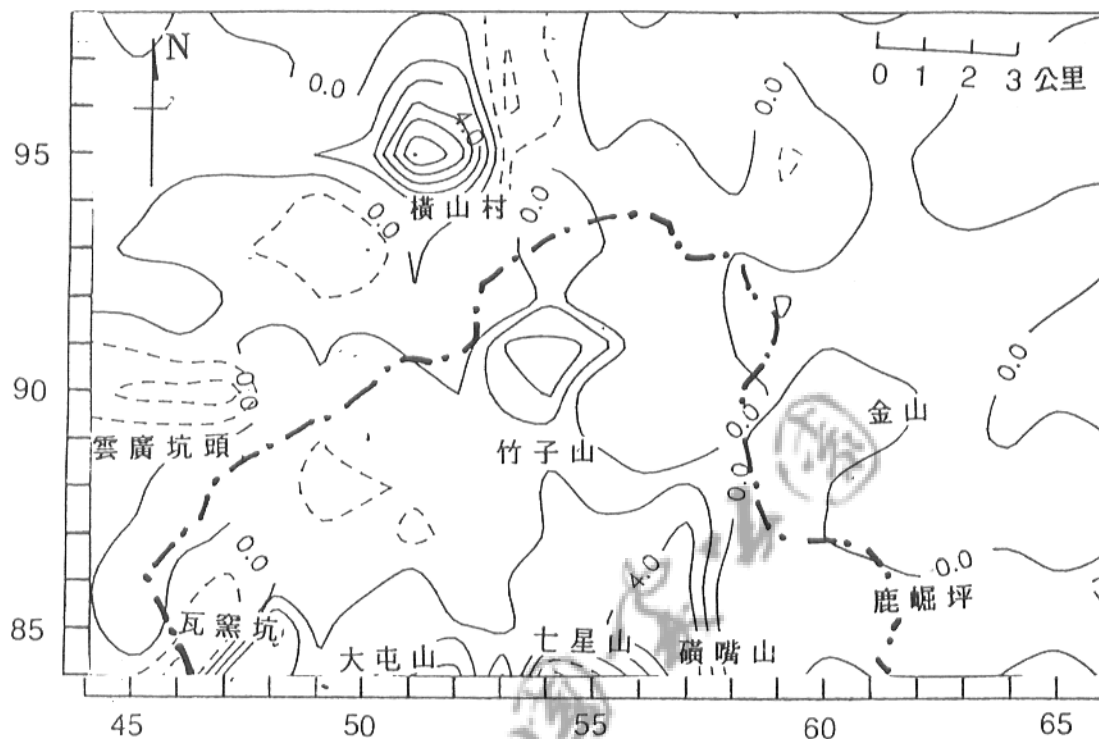


圖 二十七 八點平均法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5}$ 公里)

等值線間隔 2 mgal

國家公園邊界 - - - - -

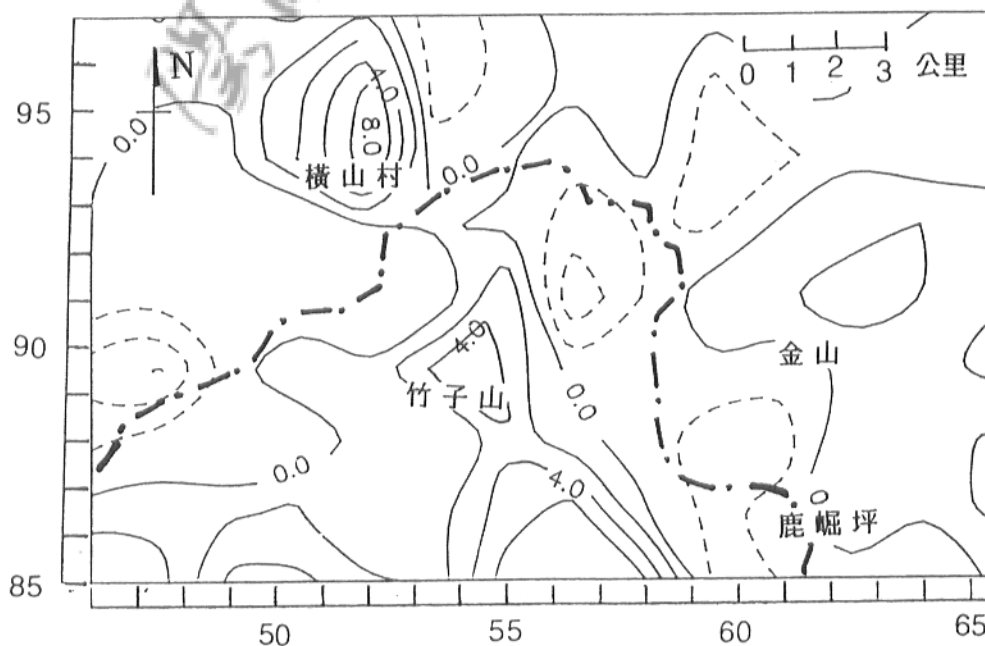


圖 二十八 八點平均法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $3\sqrt{5/2}$ 公里)

3.4 二次微分法

二次微分法是將重力布蓋值作二次微分，使細緻之重力變化得以放大，而有利於解釋。

本方法是依據重力滿足拉普拉斯方程式(Laplace's Equation):

$$\text{即 } \nabla^2 g = 0$$

$$\text{或 } \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \right) \quad (3.9)$$

計算微分重力值之計算式很多，一般是以待測點為中心，不同半徑圓周上之重力點之平均重力值 $\bar{g}$ 各別乘上適當係數，作為該點之微分重力值。本文係採用Rosenbach(1953)之計算式：

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{1}{24 s^2} \left[96 \bar{g}(0) - 72 \bar{g}(s) - 32 \bar{g}(\sqrt{2} s) + 8 \bar{g}(\sqrt{5} s) \right] \quad (3.10)$$

s 為半徑

其頻率響應關係如圖二十九。本法可將一些微小之構造可以明顯表現出來，但其缺點為會產生許多非構造性的重力異常。所以運用在雜波與信號比例甚小時效果較好。亦如八點平均法，選用之半徑之大小，會影響對地下異常體的解析。

本文採用的方格間距亦為 $s=0.5$ 公里，同樣分別用 $\sqrt{5}/2$ ， $\sqrt{5}$ ， $3\sqrt{5}/2$ 公里計算，所得之等微分重力圖分別為圖三十，圖三十一及圖三十二所示。

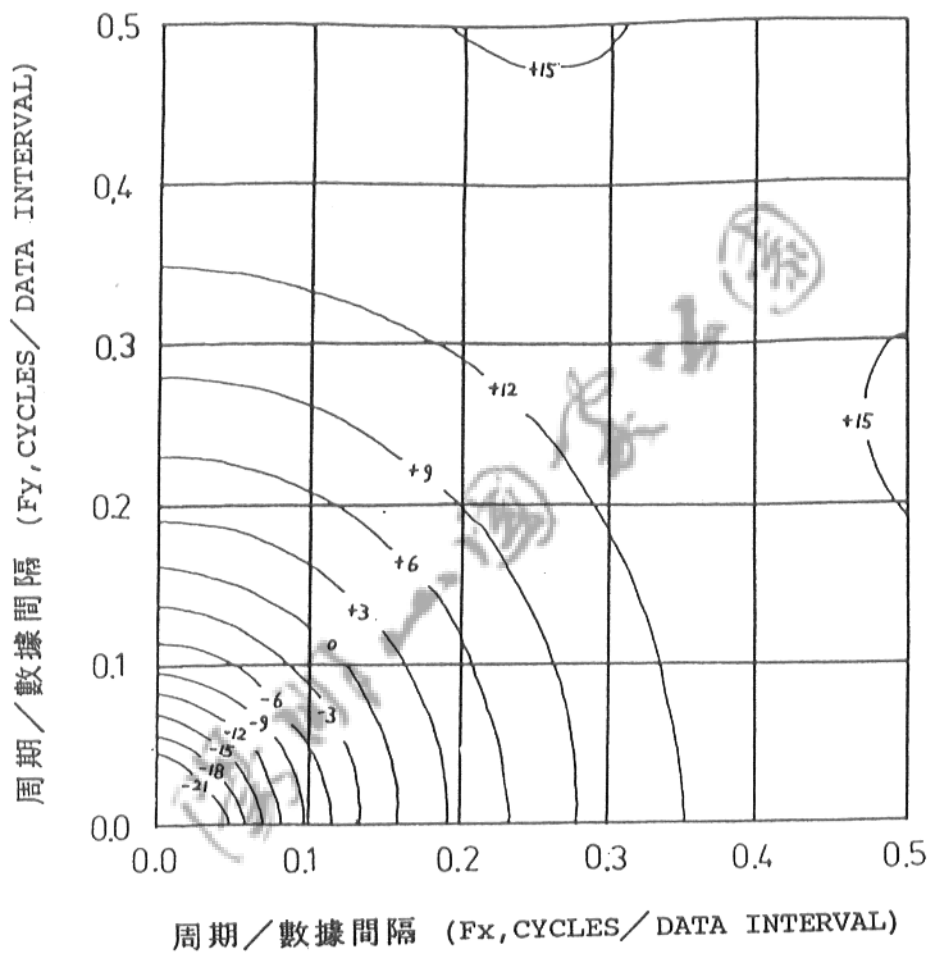


圖 二十九 二次微分法頻率響應關係圖

等值線間隔 4 mgal

國家公園邊界 ————

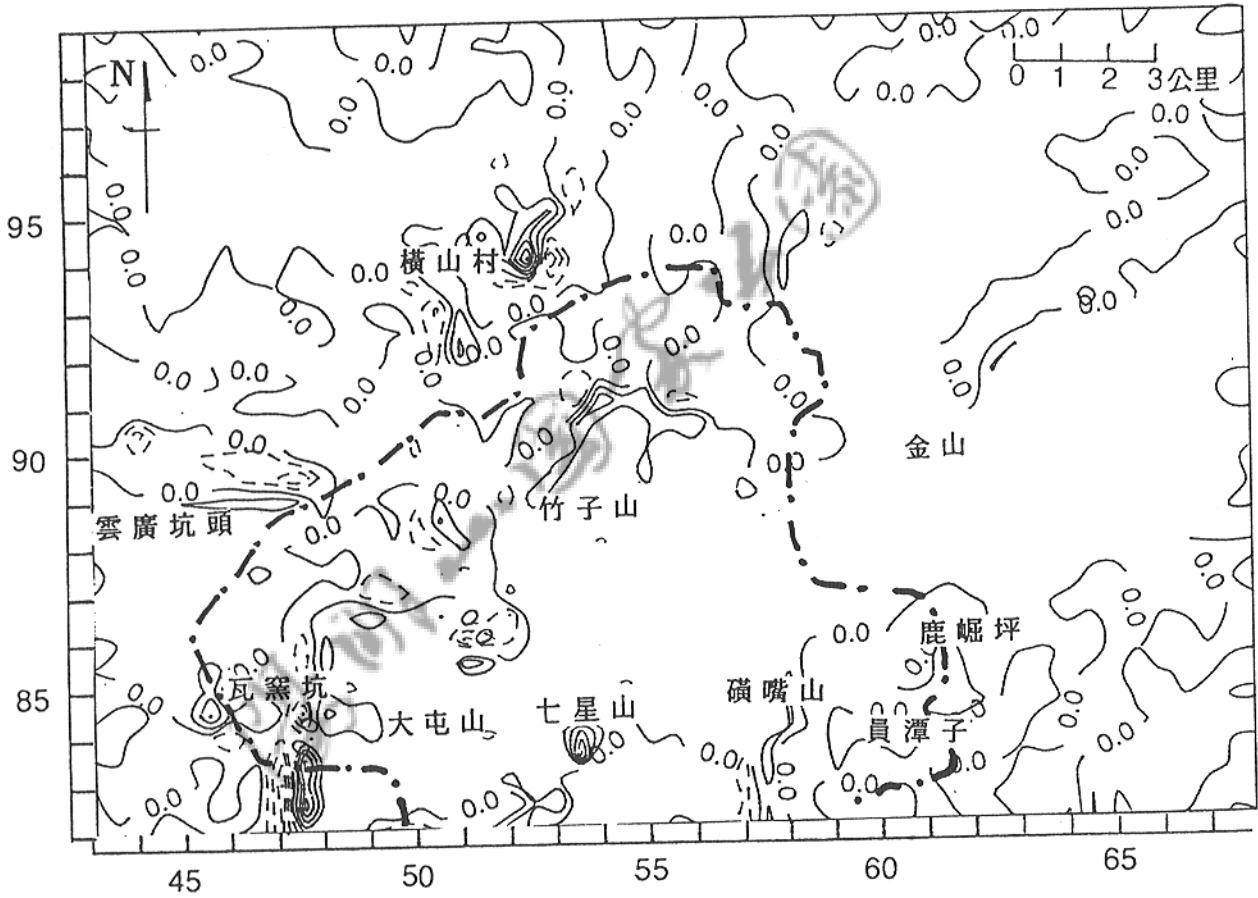


圖 三十

二次微分法求得之等剩餘重力圖

(半徑 $\sqrt{5/2}$ 公里)

等值線間隔 6 mgal

國家公園邊界 — — — —

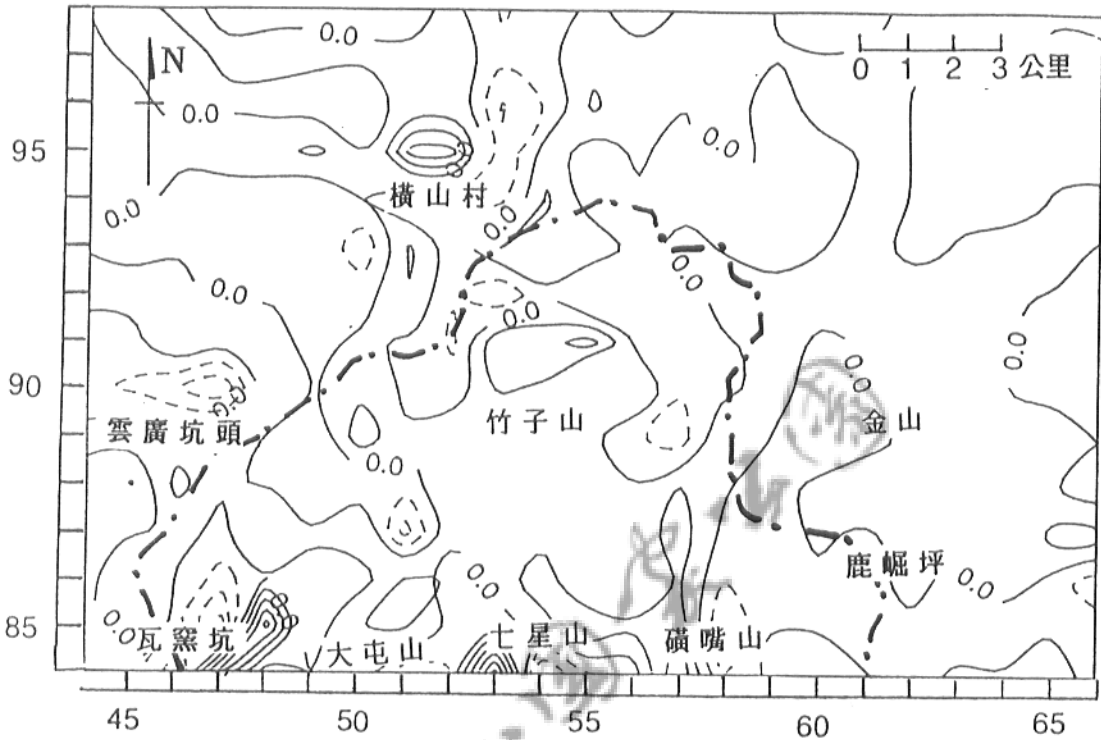


圖 三十一 二次微分法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $\sqrt{5}$ 公里)

等值線間隔 4 mgal

國家公園邊界 — — — —

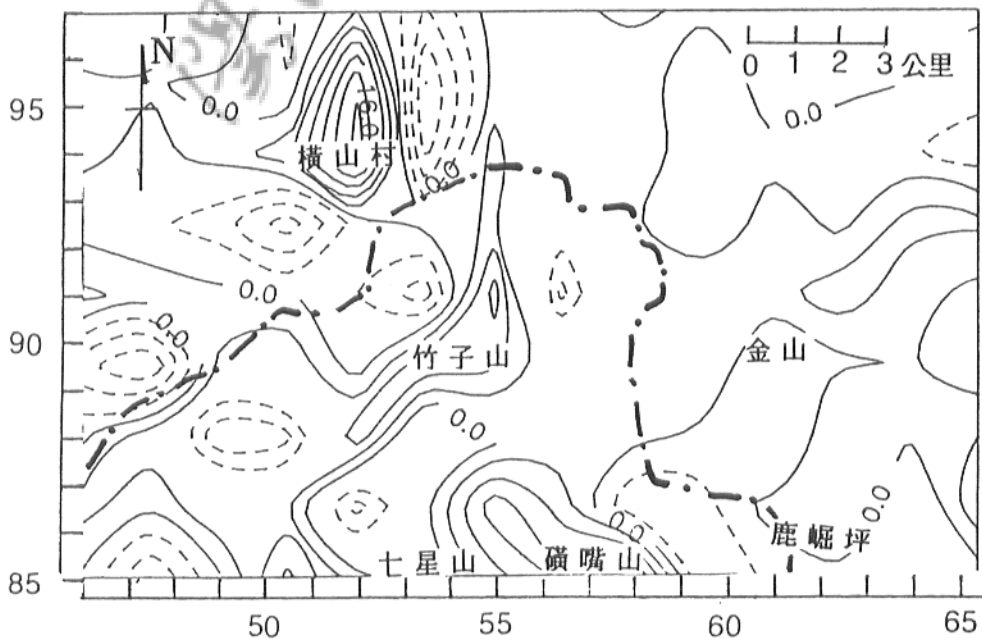


圖 三十二 二次微分法求得之等剩餘重力圖 (半徑 $3\sqrt{5}/2$ 公里)

3.5 重力測勘初步解析

由圖十三等重力布蓋異常圖中，出現幾個主要之重力高區分別以Gh1、Gh2、Gh3、Gh4及Gh5表示，重力低區亦以G11、G12表示，各重力高低區位置如下：

- (a) Gh1 位於橫山村一帶。
- (b) Gh2 位於七星山一帶。
- (c) Gh3 位於大屯山及面天山一帶。
- (d) Gh4 位於竹子山一帶。
- (e) Gh5 位於員潭子一帶。
- (f) G11 位於雲廣坑頭一帶。
- (g) G12 位於淡水附近與G11相連接。

Gh1和Gh5雖地表上為安山岩熔岩覆蓋，但其地下可能為安山岩體入侵，Gh2、Gh3及Gh4則為火山頸存在。G11可能為一條陡峭的舊期河道，被安山岩碎屑覆蓋(Wu et al., 1981)，亦可能為古瀑布，源頭在雲廣坑頭，下游在頂田寮(鄒，1985)，G12因近淡水河亦可能為古河道。

圖十七為一次區域重力圖，顯示基盤在此處為由西北向東南盤升。圖二十一為二次區域性重力圖顯示出一曲面的形態，在鹿嶺坪附近為一較平坦的高區，而向東北增加且大於11mgal之等值線為外差之結果因在外海區，故推斷此重力變化與構造無關。

比較圖十七與圖二十一顯示，一次區域性重力等值圖與二

次區域性重力等值圖型態差異不大。再與圖十三布蓋重力等值圖比較亦無太大之改變，表示本區之重力異常受到區域性之重力效應影響不大。

圖二十六，為八點平均法半徑為 $\sqrt{5/2}$ 公里計算所得之等剩餘重力圖，重力值分佈相當凌亂，Gh1、Gh2、Gh3、Gh4及G11之特性仍可分辨。圖二十七，為八點平均法半徑加大為 $\sqrt{5}$ 公里計算所得之等剩餘重力圖，很明顯已將地表淺層之效應已去除，顯現較深的異常體之重力效應，Gh1、Gh2、Gh3及Gh4高區和G11的低區均已可清楚分辨出，但是G11和G12相對地並不明顯突出，其它地區亦開始產生等值的低區。圖二十八，為八點平均法半徑為 $3\sqrt{5/2}$ 公里所計算出之等微分重力圖，表示更深之異常體效應，Gh1、Gh2、Gh3及Gh4更加凸顯，而G11和G12異常合為一低區但不十分明顯，其他地區亦呈現許多重力低區，例如在竹子山一帶及七星山一帶的東方出現一串的低區，以及橫山村南方和東方均出現低區；而竹子山一帶的高區與七星山一帶的高區相鄰很近，其間的等值線有縮入的現象，此現象可能與斷層有關。

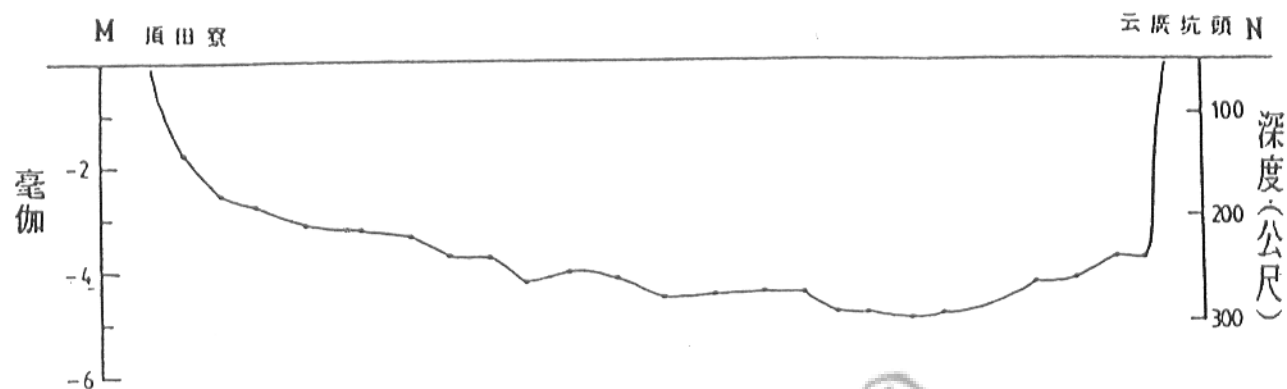
採用Rosenbach方法來計算各種不同深度之重力異常體效應。當使用 $\sqrt{5/2}$ 公里計算出之等剩餘重力圖(圖三十)，然而其結果與圖二十六使用八點平均法之結果相類似，凌亂之重力分布為淺層火成岩體效應之影響，而Gh1、Gh2、Gh3、Gh4和G11尚可區別出來。圖三十一半徑為 $\sqrt{5}$ 公里之等微分重力圖，Gh1、Gh2、Gh3及Gh4均可明顯分辨，也如同使用八點平均法一樣

G11 並不十分凸顯，同時也引進許多等值的低區。而且也引入了許多特徵，如雲廣坑頭南方的小高區；橫山村西方的小高區和橫山村東方強烈的低區，這些特徵在八點平均法的結果上並未有如此強烈地出現。圖三十二為半徑 $3\sqrt{5}/2$ 公里所計算出之微分重力圖，除了Gh1、Gh2、Gh3和Gh4均還明顯存在外，橫山村西方的小高區已併入Gh1 而橫山村南方和東方均出現低區。

八點平均法和Rosenbach 方法在使用不同半徑時，代表著不同的深度構造情形，但是Rosenbach 方法能將高低區強烈地分離，突顯出其對比，不過亦可能很容易引進雜訊而造成許多假構造。

由圖三十二在大屯山一帶和七星山一帶之兩高區間等值線有被扭曲的現象；在七星山一帶與竹子山一帶間的等值線亦有不連續的情形，此現象亦表示有斷層經過此兩處。

綜合以上各圖之結果，橫山村地表下可能有安山岩入侵，竹子山、七星山及大屯山一帶可能分別有火山頸存在。而員潭子一帶的高區，在等剩餘重力圖上就已經不明顯了，表示員潭子一帶的高區為區域性重力的影響，可由圖二十一看出。而斷層可能由竹子山一帶和七星山一帶間以及七星山一帶和大屯山一帶間經過。雲廣坑頭的低區雖然一直存在，但是隨著計算使用之半徑的增加，在更深的等剩餘重力圖及二次微分圖中，其表現並非十分突出，表示其古河道的深度並不深，由鄒玉華(1985)之模型(圖三十三)其深度不超過300公尺。



(a) M N 剖面的最適模型



(b) 由最適模型(a)所計算之理論重力值與觀測之剩餘重力值比較結果，(摘自 鄒, 1985)

圖 三十三 雲廣坑頭剖面模型

第四章 磁力測勘

磁力異常係來自地表與近地表岩層以至深部基盤所有岩層中之磁性礦物影響。由於磁性的偶極本質使得地表與淺層之岩層所產生的磁力效應大於深部岩層，其造成的磁力等值線較重力等值線扭曲，而表現強烈短波長的磁力異常。不過，大體言之，較大的構造，或者岩層在磁性上有劇烈變化者，仍可以由磁力異常判別出來。

台灣磁傾角約35度，磁體所造成磁力高區將呈現於磁體南方。

4.1 磁力測勘

4.1.1 資料來源

本文淡水部份，依據林敏一等於民國76年8月至民國77年7月的測勘資料。大屯山至磺嘴山以西部份一則依據林敏一等於民國77年8月至民國78年7月的測勘資料，作者曾參與第二部份野外工作。兩部份測勘有效測點500點，涵蓋面積共360平方公里，磺嘴山以西部份尚未施測。

磁力測勘時爲了避免儀器震動和不穩定，僅量選取堅實平坦地面及避免在大風下作業，同時對電線、鐵軌等干擾物也要保持適當距離，對於地形變異大的地區也儘量避免。

將觀測點位置由1/5000航照圖讀出，測點分布如圖三十四。

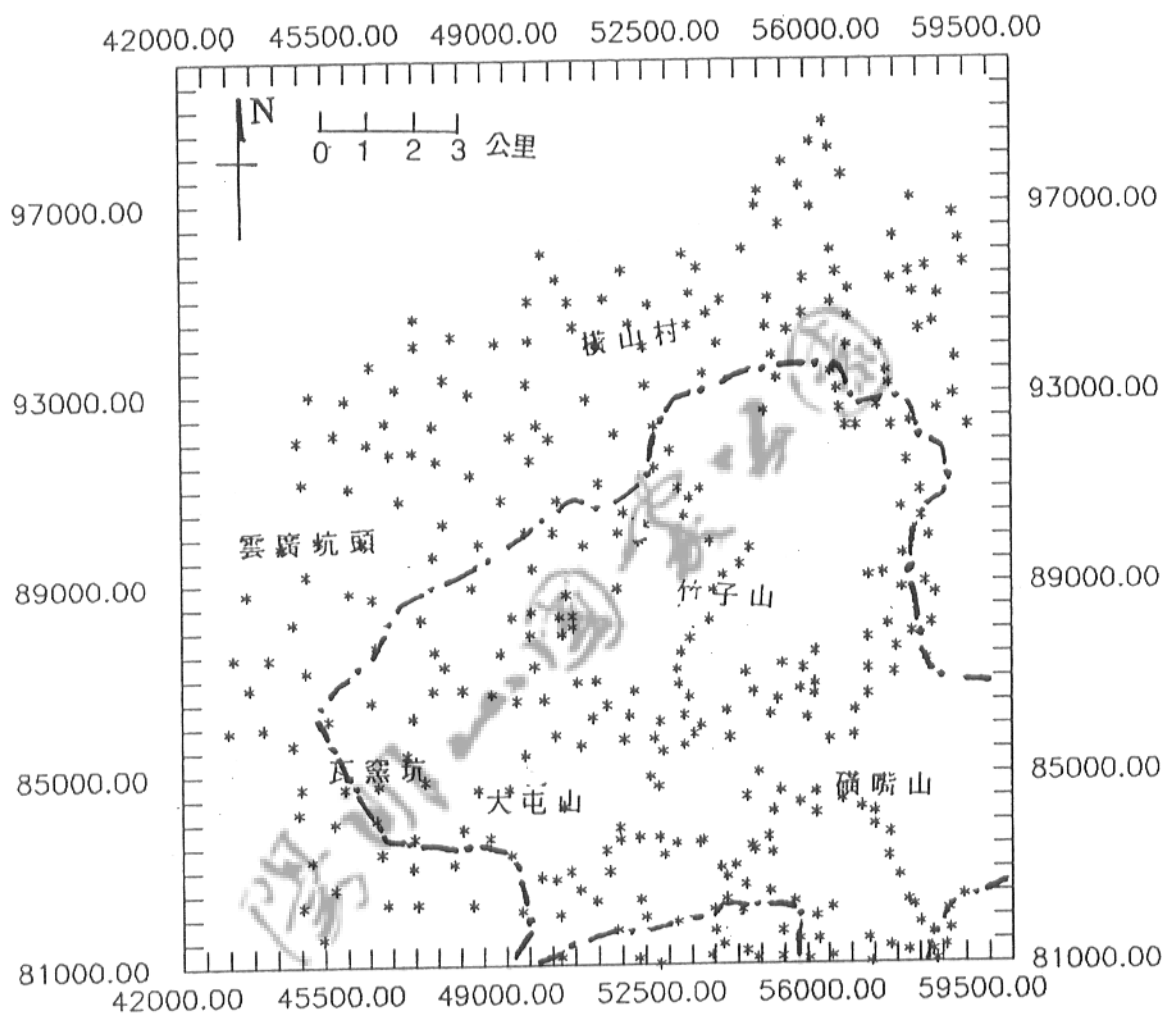


圖 三十四 磁力測點分布圖

4.1.2 測勘儀器

野外測勘儀器為Scintrex公司製的MP-2測全磁場的質子共振磁力儀(Proton)和MFD-4測垂直分量的磁通閘式磁力儀(Flux-gate)，兩者準確度皆為 1 伽瑪。

4.2 磁力修正

本區因均屬火成岩區，磁力變化甚大，所以儀器效應和日變化效應影響很小，故採用兩小時回基點方式以修正儀器和日變化所產生的效應。同時使用國際地磁場參考值(International Geomagnetic Reference Field) IGRF 去除地球主磁場效應。經過日變化、儀器效應和地球主磁場效應修正後，才能獲得代表地下地層所引起的磁力異常值。本區的全磁力等值圖如圖三十五和圖三十六，垂直磁力等值圖如圖三十七和圖三十八。

IGRF以球面調和級數(Series of Spherical Harmonics)來表式地球磁場勢位V和磁場強度分量(IGA, 1969):

$$\begin{aligned} V &= a \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=m}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \cdot P_n^m(\cos \theta) \\ X &= \left(1/r \right) \partial V / \partial \theta \\ Y &= \left(-1/r \sin \theta \right) \partial V / \partial \lambda \\ Z &= \partial V / \partial r \\ T &= [x^2 + y^2 + z^2]^{1/2}, \quad H = [x^2 + y^2]^{1/2} \end{aligned} \quad (4.1)$$

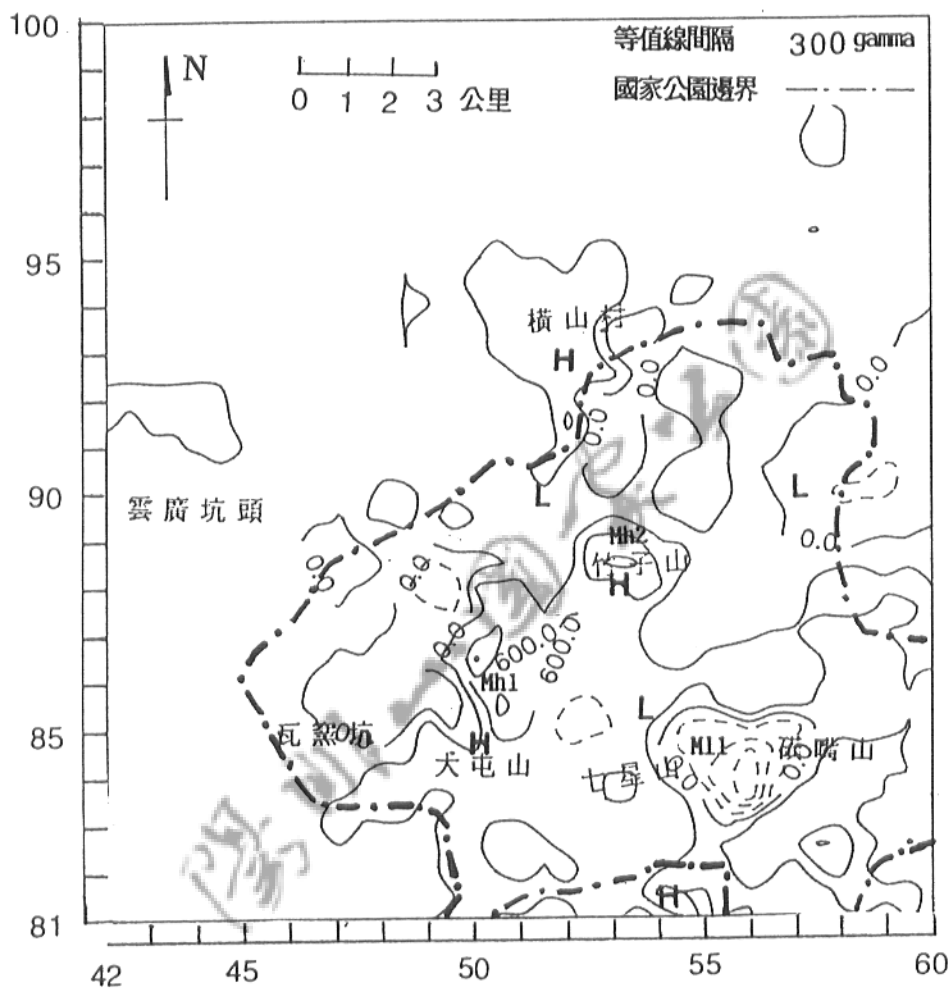


圖 三十五 全磁力等值圖

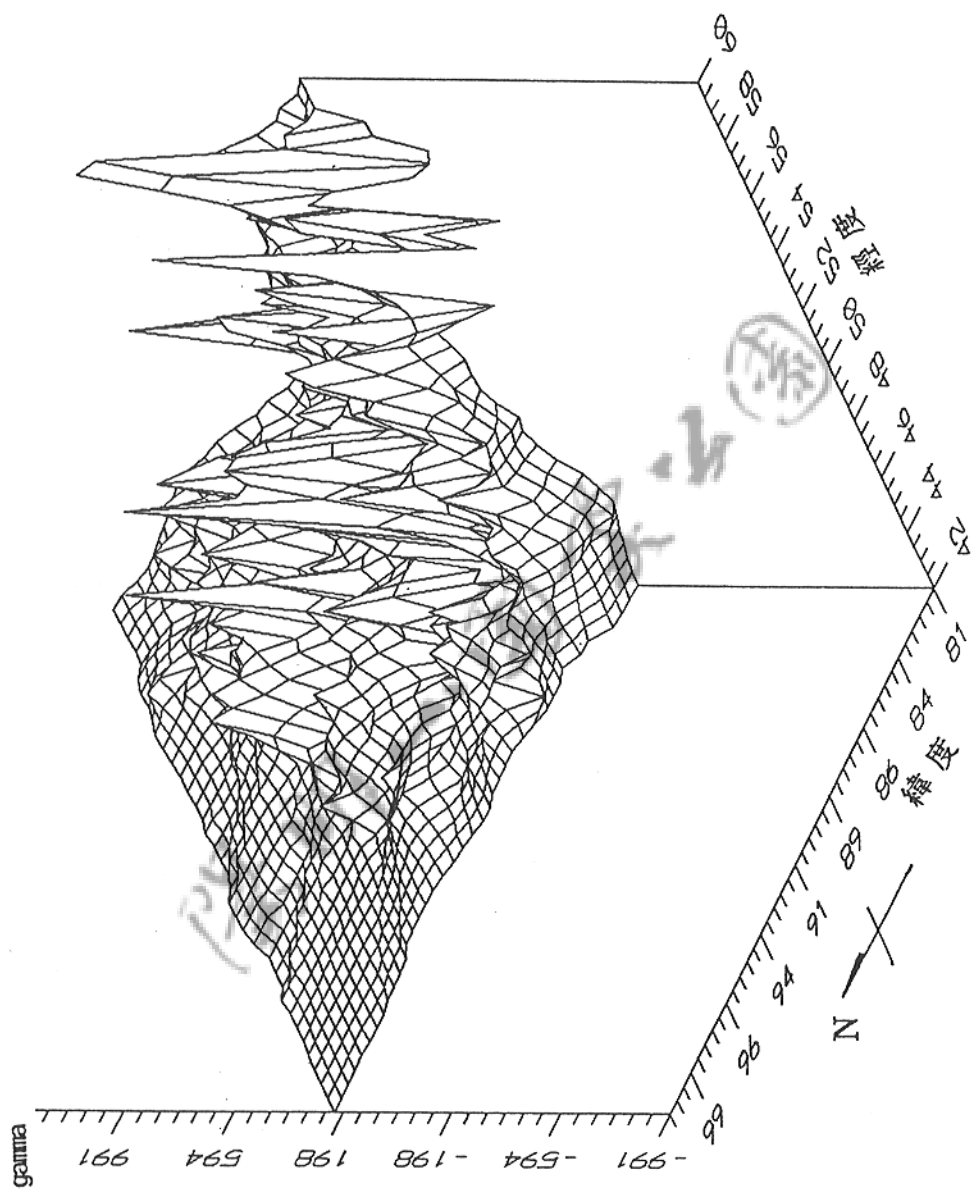


圖 三十六 全磁力等值立體圖

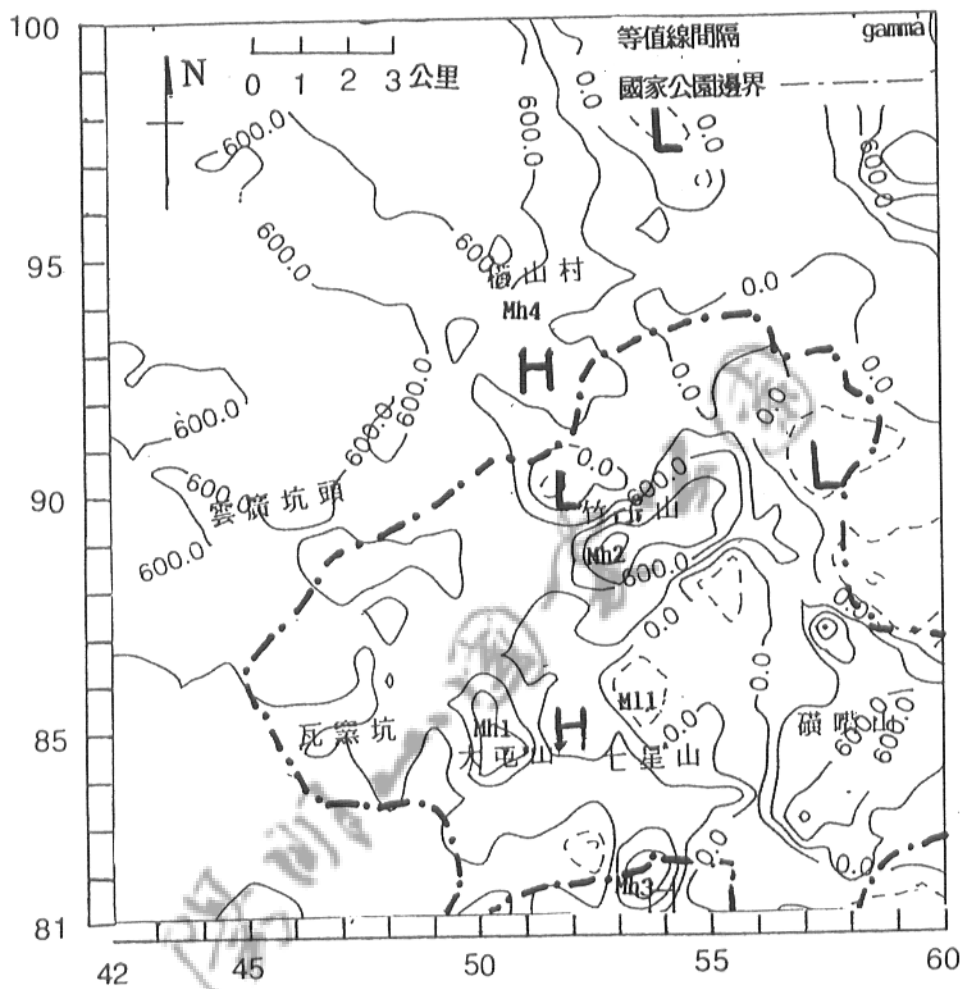
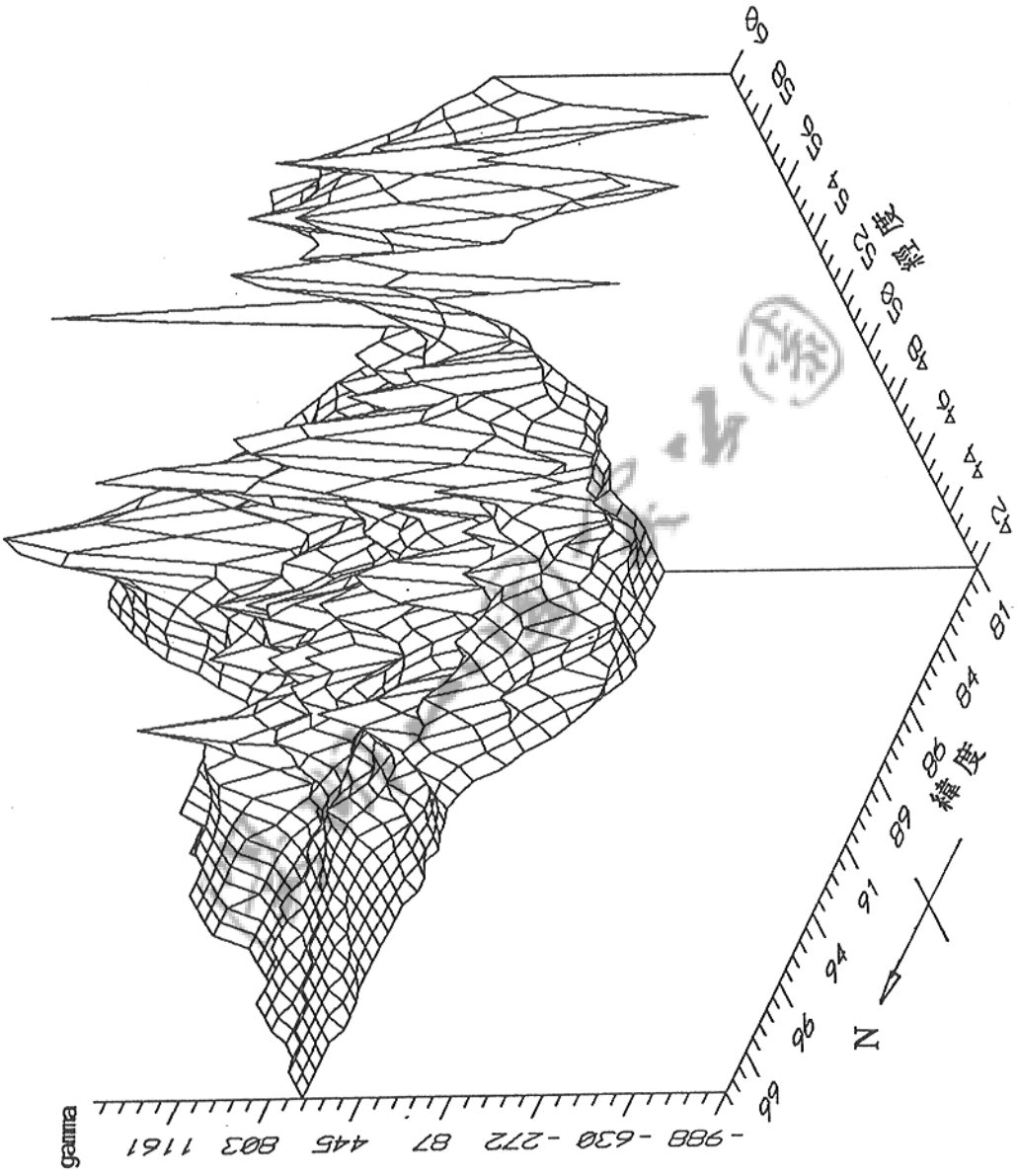


圖 三十七 垂直磁力等值圖

圖 三十八 垂直磁力等值立體圖



式中 a 為地球半徑

r 為徑向距離

θ 為餘緯 (co-latitude)

λ 為經度

g_n^m, h_n^m 為球面調和係數

P_n^m 為 associated legendre function

式中 X, Y, Z 分別表示向北、向東及向下的磁場強度分量, T

, H 分別表示全磁場強度和水平分量強度, V 是磁位, g_n^m, h_n^m

根據 IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) 所發表的 1985-1990 主磁場模型和長期變化 (Secular Variation) 模型的球面調和係數 (IAGA, 1986)。

我們亦可使用最小二乘法, 求出區域性磁力圖。圖三十九及圖四十分別為五階多項式所代表的區域性全磁力圖, 及區域性垂直磁力圖。圖四十一和圖四十二則分別為全磁場剩餘磁力圖及垂直磁場剩餘磁力圖。

4.3 磁力測勘初步解析

圖三十五與圖三十七分別表示經 IGRF 緯度修正 ($13.5 \gamma / \text{km}$) 後之全磁場及垂直磁場的等磁力圖, 本文採用五次迴歸面來代表較深、較廣的區域效應。圖三十九與圖四十為五次迴歸的區域等全磁力圖及區域等垂直磁力圖, 兩者大致類似。磁力測勘範圍在磺嘴山以西, 淡水以東。區域性磁力高區在東南, 區域磁力低區在淡水延伸至竹子山和嵩山, 推測磁性基盤有向

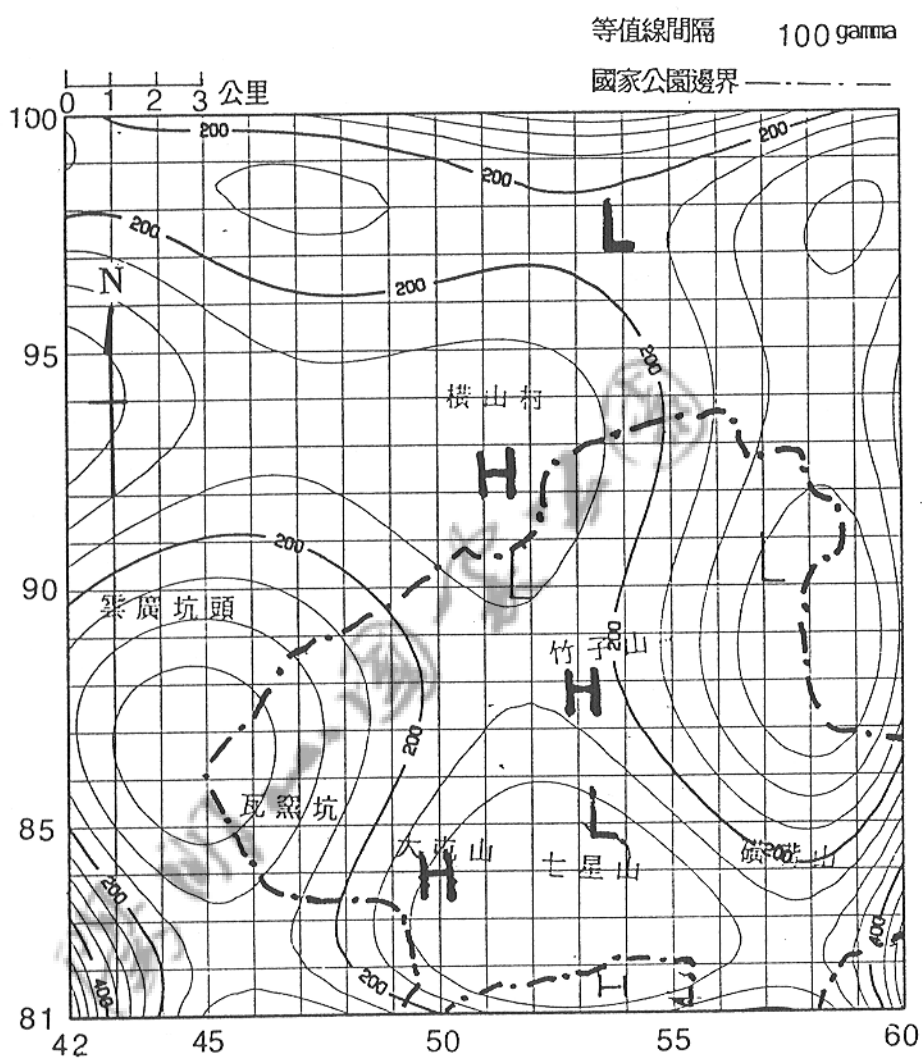


圖 三十九 五階等區域全磁力圖

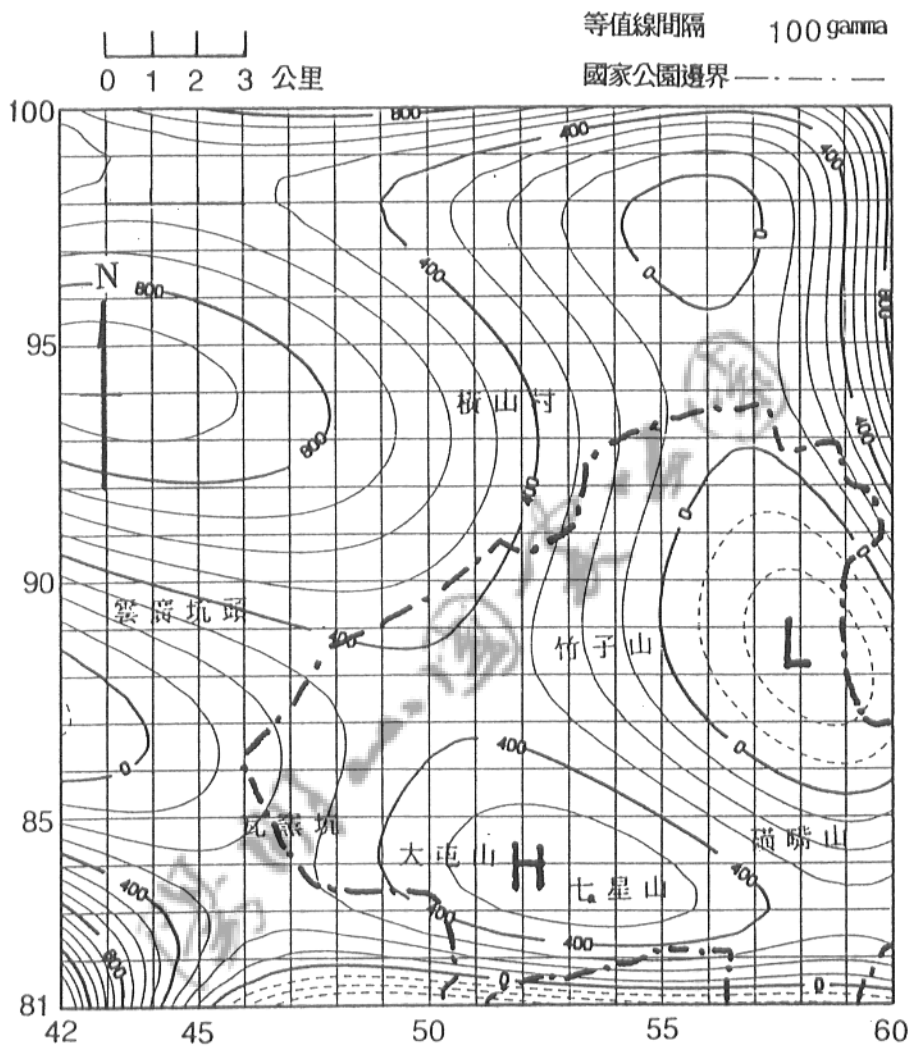


圖 四十 五階等區域垂直磁力圖

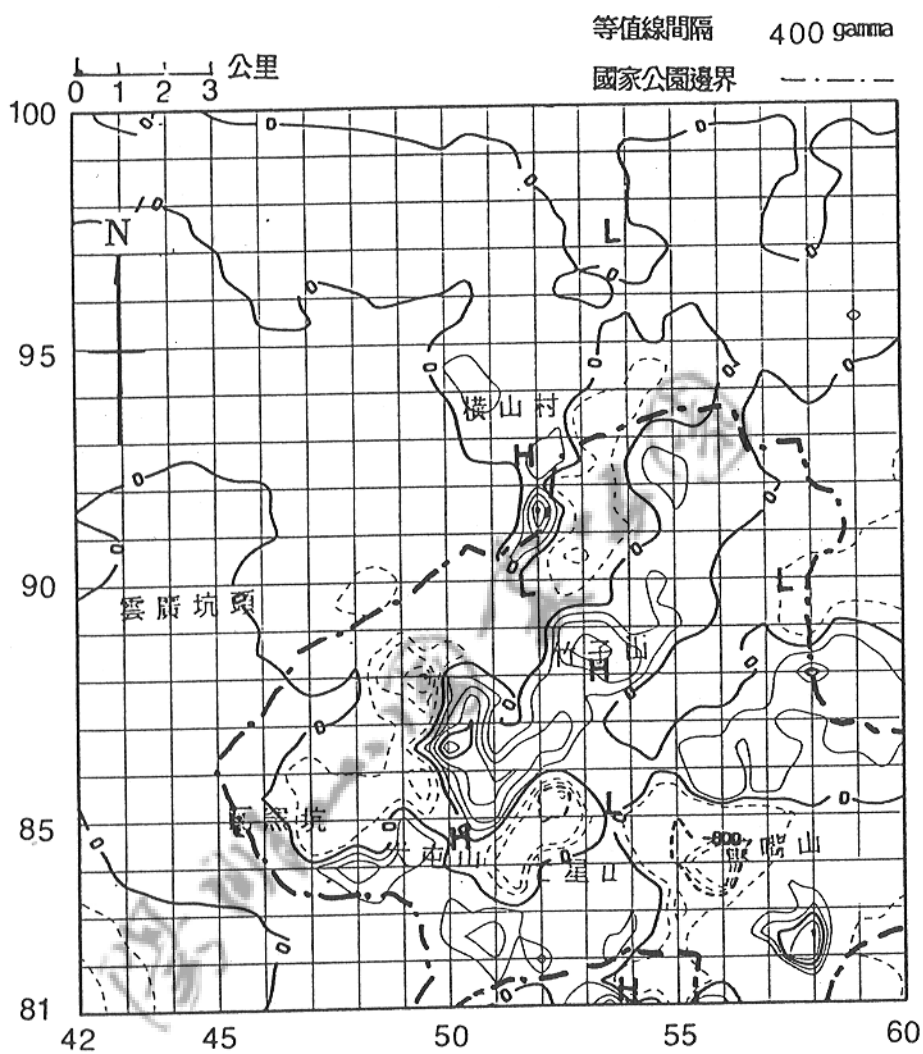


圖 四十一 五階等剩餘全磁力圖

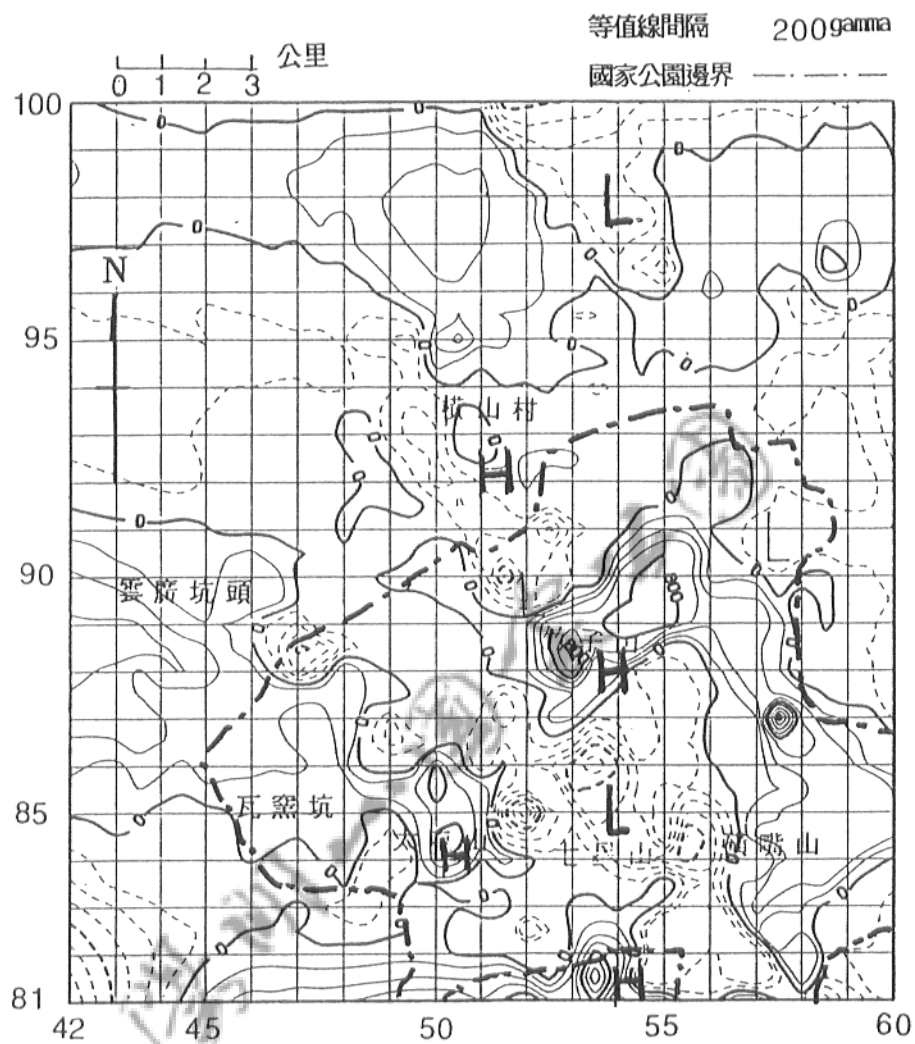


圖 四十二 五階等剩餘垂直磁力圖

西北加深之趨勢與區域性重力所推測之基盤大致吻合，在西北部之磁力高區因位於海上，可能為外差的結果。圖四十一和圖四十二則分別為經五次迴歸後之等剩餘全磁力圖和等剩餘垂直磁力圖。其中主要的磁力異常帶分別以Mh1、Mh2、Mh3、Mh4及M11表示，其對應地區如下：

- (a) 大屯山主峰一帶，Mh1。
- (b) 竹子山、小觀音山一帶，Mh2。
- (c) 陽明山一帶，Mh3(等剩餘垂直磁力圖)。
- (d) 橫山村一帶，Mh4(等剩餘垂直磁力圖)。
- (e) 七星山一帶，M11。

Mh1和Mh2在重力資料上亦為高區，推測可能其地表下有安山岩入侵；而Mh4雖在重力資料上為高區，但在磁力資料上並不是很強烈的高區。Mh3在重力資料上為高區但不突出，然而在等剩餘垂直磁力圖上卻為一較強烈的高區。而M11在等重力剩餘圖為一很強的高區，但在等剩餘磁力圖為一低區。

因磁力異常圖對於火成岩區淺部地層之磁性變化很敏感，故等剩餘磁力圖，對淺層地層了解有很大助益。

Mh4 磁力資料上不為很強烈高區，表示橫山村之地下安山岩入侵並未出露地表。Mh3之磁力高區，可能表示陽明山之磁力異常受地表熔岩流之影響。M11呈現一低區，可能為一地熱帶，換質作用使岩層磁性降低，造成磁力小於鄰近地區，或者其地下為一高密度低磁性之岩層。

Mh1與M11之強烈梯度變化，亦可能與斷層有關，此與重力資料之推斷相同。

第五章 重力逆推

重力場觀測值與模型參數的關係可由下列式子來表式：

$$\Delta g(x, y, x_0, y_0, z_0, \rho) = \rho(x_0, y_0, z_0) \times \frac{z_0 dv}{[(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2]^{3/2}} = \rho \times GA \quad (5.1)$$

式中 Δg 為重力場

X, Y 為觀測點之座標

X_0, Y_0, Z_0 為模型之座標

ρ 為密度

GA 為幾何參數

由 (5.1) 式，可知 Δg 與 ρ 為線性關係， Δg 與 GA 為非線性關係。

經由調整模型參數來求重力資料的逆推解，可由下列三種途徑進行：

- (1) 密度與幾何參數都調整。
- (2) 固定密度，調整幾何參數。
- (3) 調整密度，固定幾何參數。

以上三種方式，以第三種逆推方式較合乎線性逆推的要求，也較簡單。同時，影響因子 $A = \partial \Delta g / \partial \rho$ 為純幾何因子，與質體至觀測點之距離有關，恆為大於零的正數，使得求逆推解的運算更容易。

5.1 重力逆推問題

藉由修正模形參數來求逆推解時，要先探討的是如何計算理論值。爲了避免線性逆推過程中，有加權誤差的產生，可以將異常體之幾何形態簡化成矩形方塊之組合，此二維矩形質體之重力異常值的計算方法如下：(Mogan and Grant, 1963)

如圖四十三，矩形方塊對觀測點P之垂直重力值g如下：

$$g = 2\nu\rho\oint\theta dz = \rho \times GA \quad (5.2)$$

$$GA = 2\nu\oint\theta dz \quad (5.3)$$

式中 ν 爲萬有引力常數

ρ 爲密度

$$\oint\theta dz = \int_A^D \theta dz + \int_C^B \theta dz = -\int_B^C \theta dz - \int_D^A \theta dz$$

$$= -\int_{z_1}^{z_2} \tan^{-1} \frac{z}{b} dz - \int_{z_1}^{z_2} \tan^{-1} \frac{z}{a} dz$$

$$= -\frac{a}{z} \ln \left(\frac{a^2 + z_2^2}{a^2 + z_1^2} \right) - \frac{b}{2} \ln \left(\frac{b^2 + z_2^2}{b^2 + z_1^2} \right)$$

$$+ z_2 \left[\tan^{-1} \left(\frac{a}{z_2} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z_2} \right) \right]$$

$$- z_1 \left[\tan^{-1} \left(\frac{a}{z_1} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z_1} \right) \right] \quad (5.4)$$

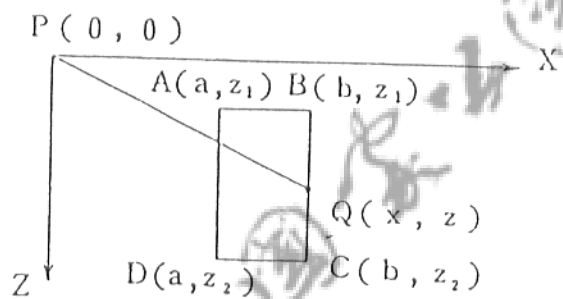


圖 四十三 計算重力異常值所用之矩形幾何元素

若 ρ 為密度比 (density contrast)，則 g 為重力異常值。

因 $g = \rho \times GA$ ，且 g ， A 固定， ρ 與 g 成線性關係，故可利用最小二乘法 (least square method) 求得一組解，但是此組解僅為無限組解中之一組解，所以不一定合理。故要利用統計逆推法，以便在眾多逆推解中，選擇一組較合理的解。

5.2 統計逆推法 (Stochastic inversion method)

統計逆推法由 Franklin(1971) 發展而成，兼有 Backus-Gilbert(1967) 解法與 Marquardt(1963) 解法的功能，同時限制計算值與觀測值之偏差以及模型參數修正量為最小，或使計算值與觀測值之偏差之和為最小 (Marquardt, 1963; Backus and Gilbert, 1967; Chaverand Garland, 1983; Last and Kubik, 1983)，此外尚可用雜訊方差 (Noise Covariance)，和參數方差 (Parameter Covariance) 來控制雜訊及參數修正量。

本文使用的統計逆推法，簡述如下：

設一觀測值 F_i 之理論值 f_i 為 n 個模型參數 P_j 之函數，表示如下：

$$F_i = f_i(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad i=1, 2, \dots, m \quad (5.5)$$

線性逆推法之基本假設為 f_i 與 P_j 成線性關係，若其為非線性關係，則 f_i 須以泰勒級數對 P_j 展開。但在本文選擇固定幾何參數，調整密度，可變參數與理論值為線性關係，其關係如下：

$$F_i = f_i = f_{oi} + \sum_{j=1}^n \frac{\partial f_{oi}}{\partial P_j} \Delta P_j \quad (5.6)$$

式中 f_{oi} 為假設模型之理論值

ΔP_j 為假設模型與真實模型之偏差量

$$\Delta d_i = F_i - f_{oi} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f_{oi}}{\partial P_j} \Delta P_j \quad (5.7)$$

式中 Δd_i 為觀測值與假設模型之理論值的偏差量，上式可簡化為：

$$\Delta D = A \Delta P \quad (5.8)$$

式中 A 為影響因子。

若觀測值內含有雜訊 N (Noise)，則重力偏差值 ΔD 與參數偏差量 ΔP 之關係為：

$$\Delta D = A \Delta P + N \quad (5.9)$$

若 $\hat{\Delta P}$ 為由統計逆推法導出之最佳參數修正量 (Franklin, 1971; Wiggins, 1972; Yeh, 1979; Yeh and Yeh, 1982; 胡, 1985) 如下：

$$\hat{\Delta P} = W A^T (A W A^T + E)^{-1} \Delta D \quad n > m \quad (5.10)$$

$$\hat{\Delta P} = (A^T E^{-1} A + W^{-1})^{-1} A^T E^{-1} \Delta D \quad n < m \quad (5.11)$$

式中 n 為參數個數

m 為觀測點數

W 為模型參數方差

E 為雜訊方差。

由 (5.10) (5.11) 式解出 $\Delta \hat{P}$ 與原來 ΔP 之方差可表示為：

$$\sigma^2(\Delta \hat{P}) = W - WA^T(AWA^T + E)^{-1}AW \quad n > m \quad (5.12)$$

$$\sigma^2(\Delta \hat{P}) = (A^T E^{-1}A + W^{-1})^{-1} \quad n < m \quad (5.13)$$

$\sigma^2(\Delta \hat{P})$ 包括了參數方差 $\sigma_w^2(\Delta \hat{P})$ 與雜訊方差 $\sigma_E^2(\Delta \hat{P})$ 。

統計逆推結果，可用相對改進度 γ (Relative Improvement) 來評估，即

$$\gamma^2 = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_0^2} \quad (5.14)$$

式中

$$\sigma_0^2 = x^T W x$$

$$x^T = (0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0)$$

X 為 Delta 向量

γ^2 值介於 0 與 1 之間，其值愈趨近 1，表示逆推結果愈可信， γ^2 為 0 時，表示調整模型參數對逆推結果毫無影響。

5.3 統計逆推法各變量之研討

(1) ΔP : 參數偏差量。因受線性逆推法限制，不能太大，也就是說起始模型不能與真實模型相差太大。

(2) ΔD : 重力偏差值。由模型參數偏差量 ΔP 而來，與觀測值和起始模型等有關(胡, 1985) 其選擇標準可歸納如下：

- (a) 觀測點之分佈：取擬逆推範圍內之觀測值做逆推，與加取周圍觀測點的值做逆推，其結果不同，後者較為準確。
- (b) 起始模型與真實模型相差增大， ΔD 亦增大，逆推結果的誤差亦增大。
- (c) 起始模型若均較理論或真實模型偏高或偏低，則無 ΔD 互相抵消之現象，逆推結果比較正確。
- (d) 無限邊界的地下連續質體的重力效應與有限邊界之假設模型之重力效應是有很大的差別，若不加以修正，將造成很大的誤差。
- (e) 觀測值內若有雜訊將影響逆推結果的品質，所以必須儘可能將雜訊去除。

(3) E : 雜訊方差

$$E_i = \left(\frac{\bar{N}_i}{f_i} \right)^2 \quad (5.15)$$

式中 $\bar{f}_i$ 為對 i 觀測點之平均觀測值。 $\bar{N}_i$ 為 i 觀測點之觀測平均誤差。當觀測誤差 $\bar{N}_i$ 愈大， $\bar{E}_i$ 就愈小，可利用來壓制 ΔD 對 ΔP 之影響，即促使不可靠之觀測值在逆推過程中貢獻較小。

(4) W : 模型參數方差，具有下列之功能。

- (a) 可個別控制每一修正量的範圍。
- (b) 可控制 ΔP 對 ΔD 的分配型態。
- (c) 可避免不收敛和不穩定之情形發生。
- (d) 可控制收敛速度。
- (e) W 矩陣的大小，直接影響相對改進度 γ^2 與方差數 σ^2 以及 σ^2 之計算值。

(5) θ : 為 γ^2 與 σ^2 間之 trade-off 參數， $W = \theta W_0$ ， θ 為正數， W_0 為各參數之平恆加權，當 θ 不為 1 時，模型長度將被改變； $\theta > 1$ ，模型長度變寬；反之 $\theta < 1$ ，模型長度變窄，即 γ^2 和 σ^2 均隨 θ 增大而增大，如此可由 θ 變動尋求最高的解析，最小的誤差範圍。

(6) A : 幾何參數，為質體至觀測點之距離與質體形狀的函數，與下列各因素有關：

- (a) 模型之深淺：模型分塊在距離參考面淺者，其影響因子 A 值較大，則獲得之 ΔP 較大；反之，獲得較小之 ΔP 。
- (b) 方塊之大小：若其它的條件不變，模型分塊不均匀

時，分塊體積較大者，獲得較大的 ΔP ；體積較小的分塊，則獲得較小的 ΔP 。

因此，由以上各變量，組合成各種不同逆推解，在其中尋找出合理的逆推解。

5.4 起始模型與參數選擇及逆推結果

本文所用之重力隨機逆推法程式經含有隨機誤差之理論布蓋值測試，效果良好(Yeh and Yeh, 1982)。本文研究在可能之構造帶，選取AA'，BB'及CC'三剩餘重力剖面作重力逆推。AA'剖面及BB'剖面為東西方向；CC'剖面則縱切AA'和BB'兩剖面的兩個高區，如圖四十四。

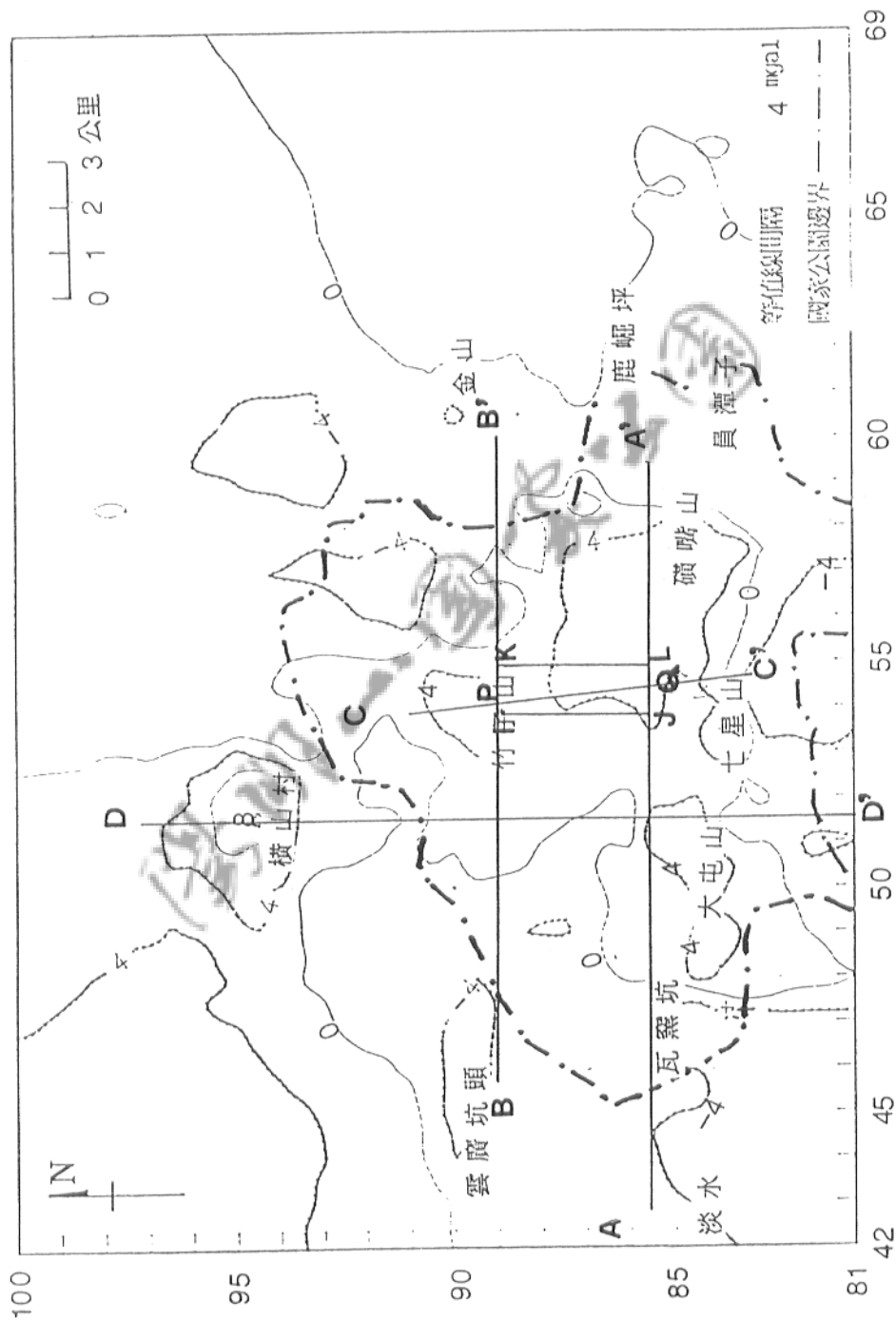
AA'剖面總長度為17公里，BB'剖面長度為16公里，CC'剖面長度為7.25公里。此三個剖面在逆推時設定之起始模型寬度(即解析剖面長度)均設為80公里，深度定為8公里，以地質資料及運用模擬法(嘗試與錯誤法)做適度之調整為起始模型，如圖四十五、圖四十六及圖四十七，所得之結果及可能之地下地層和構造如圖四十八、圖四十九和圖五十所示。

逆推之結果可由標準誤差和相對成功率(附表一)(附表二)(附表三)及解析度(圖五十一)(圖五十二)(圖五十三)來評估。

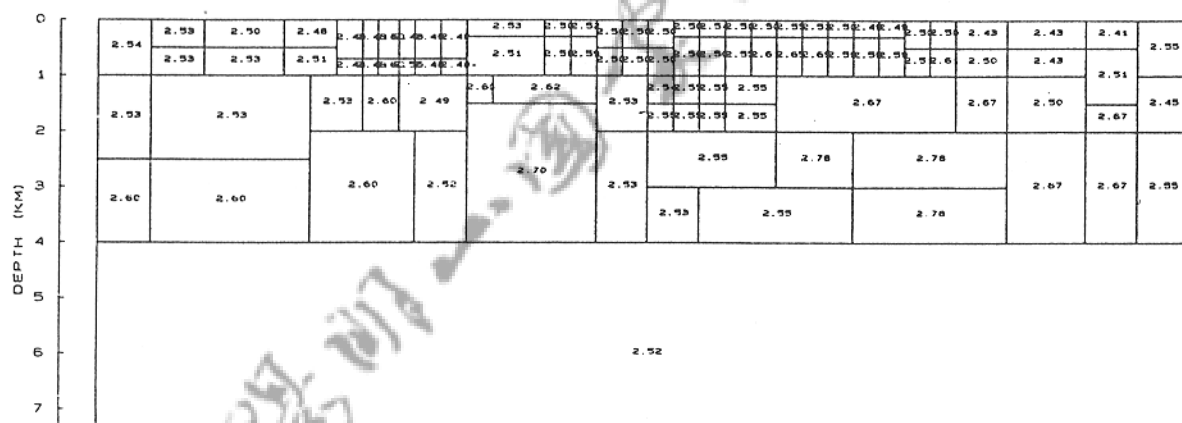
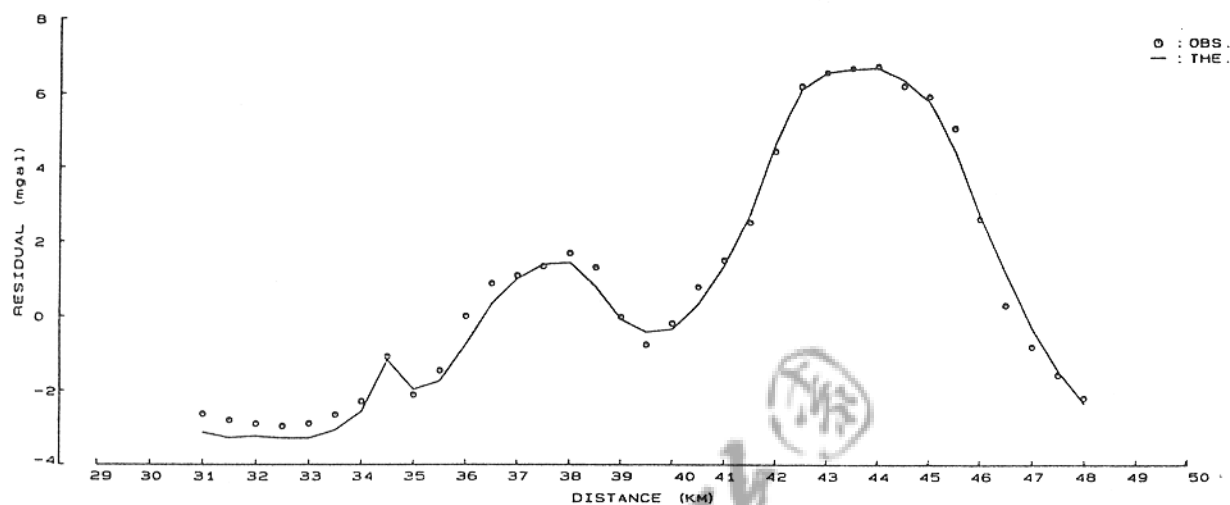
5.5 重力測勘結果

由重力資料的定性分析以及統計逆推結果可獲得以下推論：

- (a) 橫山村地表下可能有安山岩入侵。
- (b) 由逆推之結果如圖四十八、圖四十九和圖五十可顯示竹子山一帶、七星山一帶及大屯山一帶等地下均有火山頸之存在。
- (c) 由圖四十八、圖四十九和圖五十，斷層可能由東北向西面先經竹子山一帶與七星山一帶之間通過，再經由七星山一帶與大屯山一帶間通過。鄒玉華(1985)利用向上延伸法來計算AA'剖面及DD'剖面，其斷層之傾角在 $79^{\circ} - 66^{\circ}$ 間如圖五十四、圖五十五，而圖四十八、圖四十九和圖五十亦有相同之結果。顏等(1983)認為此斷層可能在大屯山以南受到一橫移斷層切過，因而向西移位，於北投附近進入台北盆地；此斷層與金山斷層(楊等，1989)(林，1989)位置相近，故可能為金山斷層向大屯火山區的延伸。
- (d) 圖四十八顯示大屯山西側與瓦窯坑間可能有另一斷層存在。
- (e) 在AA'、BB'與CC'三剖面間，取南北5.5公里、東西4公里之狹長地帶，假設其間密度變化不是很大，由圖四十八、圖四十九和圖五十之密度分布情形，依不同深度繪成等密度圖，圖五十七、圖五十八和圖五十九分別表示地面下1公里深、2公里深及3公里深之等密度圖顯示竹子山之火山頸可能為朝東向上斜；七星山之火山頸則可能為朝西北向上斜。
- (f) 員潭子一帶重力高區，可能僅限於淺層的安山岩入侵



圖四十四 AA'剖面、BB'剖面、CC'剖面及DD'剖面位置圖



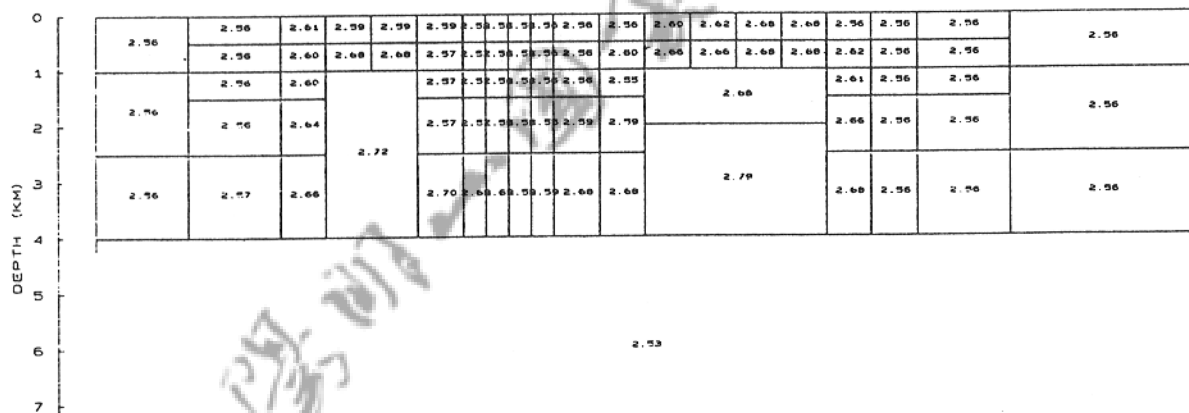
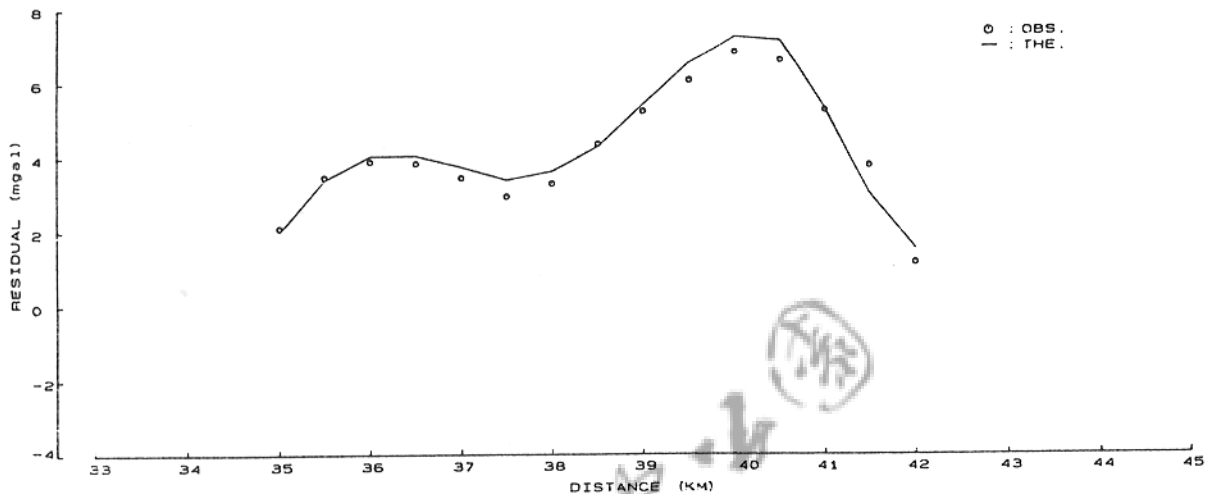
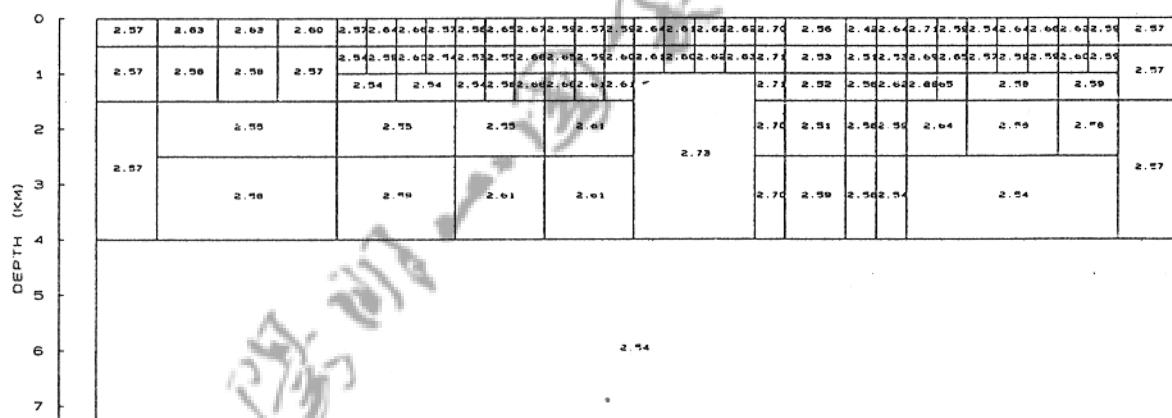
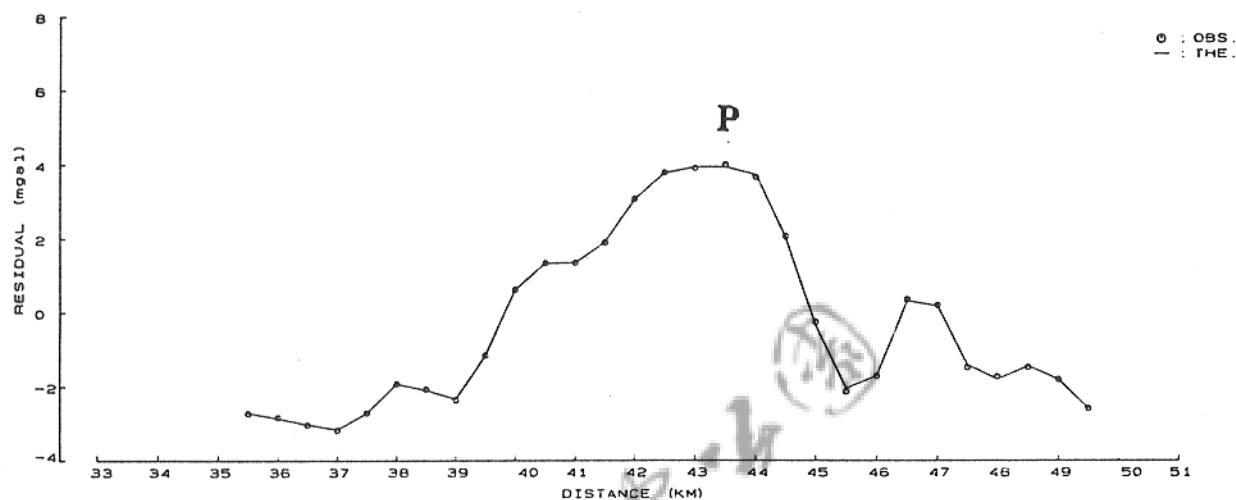
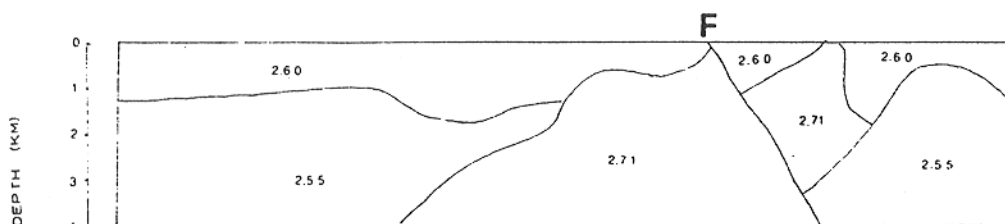


圖 四十七 CC' 剖面起始模型

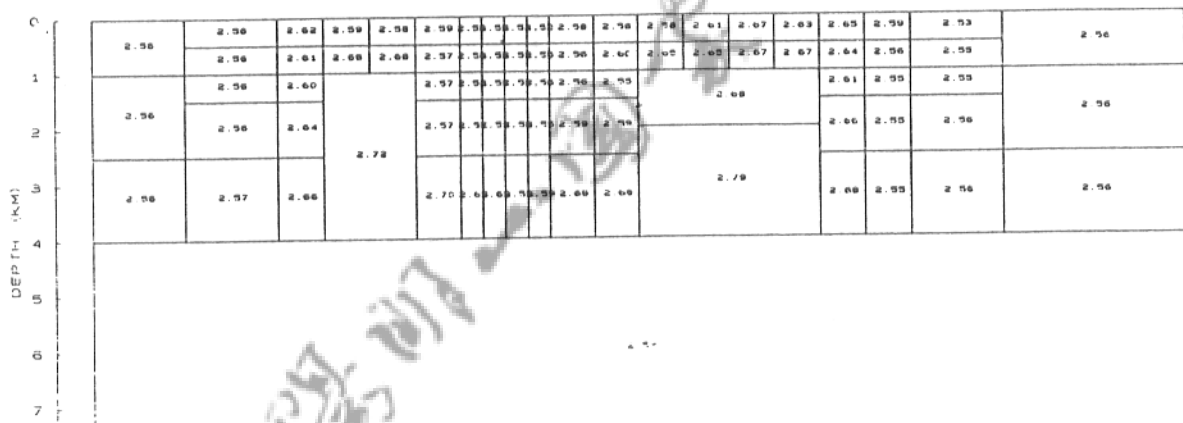
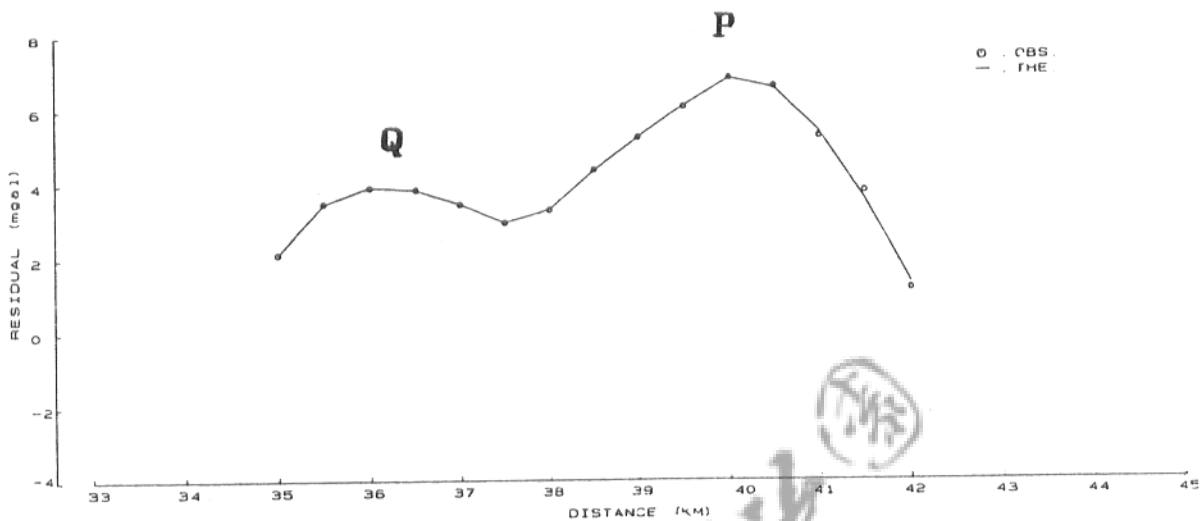


BB' 剖面逆推結果模型

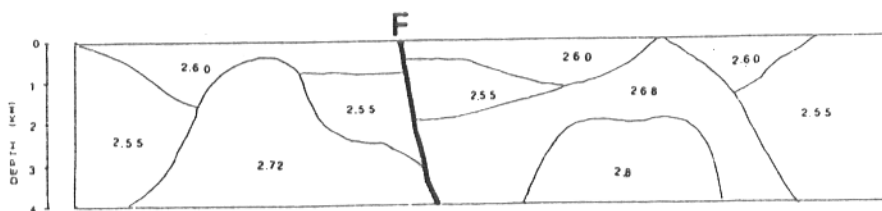


BB' 剖面可能之地下地層及構造

圖 四十九 BB' 剖面逆推結果模型及可能之地下地層及構造

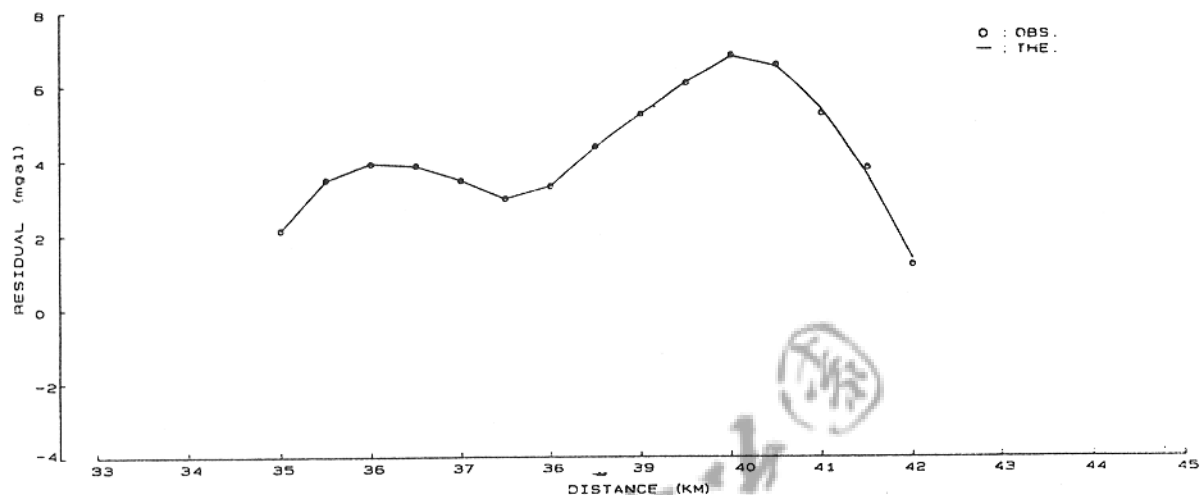


CC' 剖面逆推結果模型



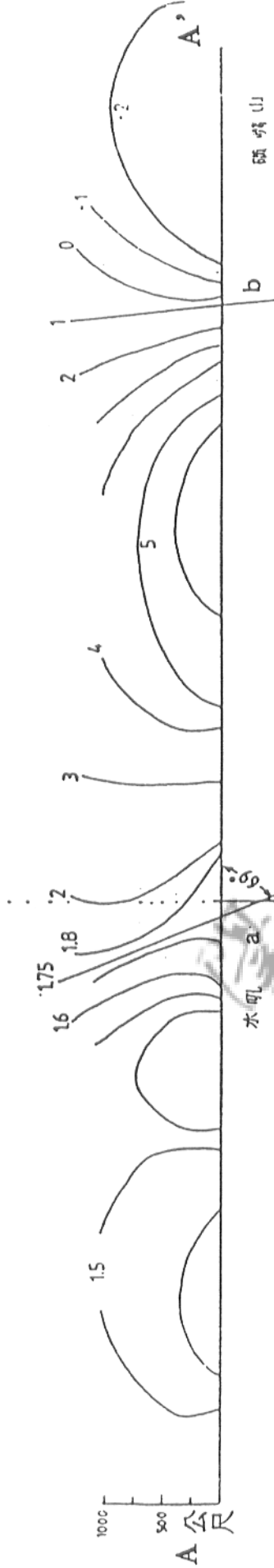
CC' 剖面可能之地下地層及構造

圖 五十 CC' 剖面逆推結果模型及可能之地下地層及構造

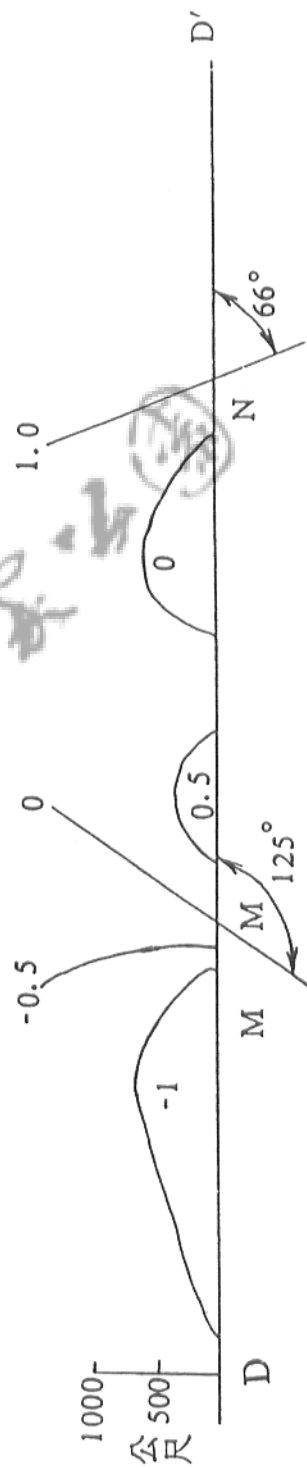


0	0.00	0.07	0.26	0.26	0.25	0.22	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26	0.25	0.26	0.07	0.00									
1	0.00	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.00									
2	0.00	0.07	0.04	0.01	0.01	0.03	0.09	0.09	0.09	0.09	0.04	0.02				0.04	0.04	0.03	0.00									
3	0.00	0.02	0.03			0.02	0.09	0.09	0.09	0.09	0.02	0.01				0.03	0.03	0.02										
4	0.00	0.02	0.02			0.01				0.02	0.09	0.09	0.09	0.02	0.01				0.02	0.02	0.00							
5																												
6																												
7																												

圖 五十三 CC' 剖面逆推結果之解析度



圖五十四 A A' 剖面向上延伸1000公尺 x z 平面上之等重力線圖 (摘自 鄒, 1985)



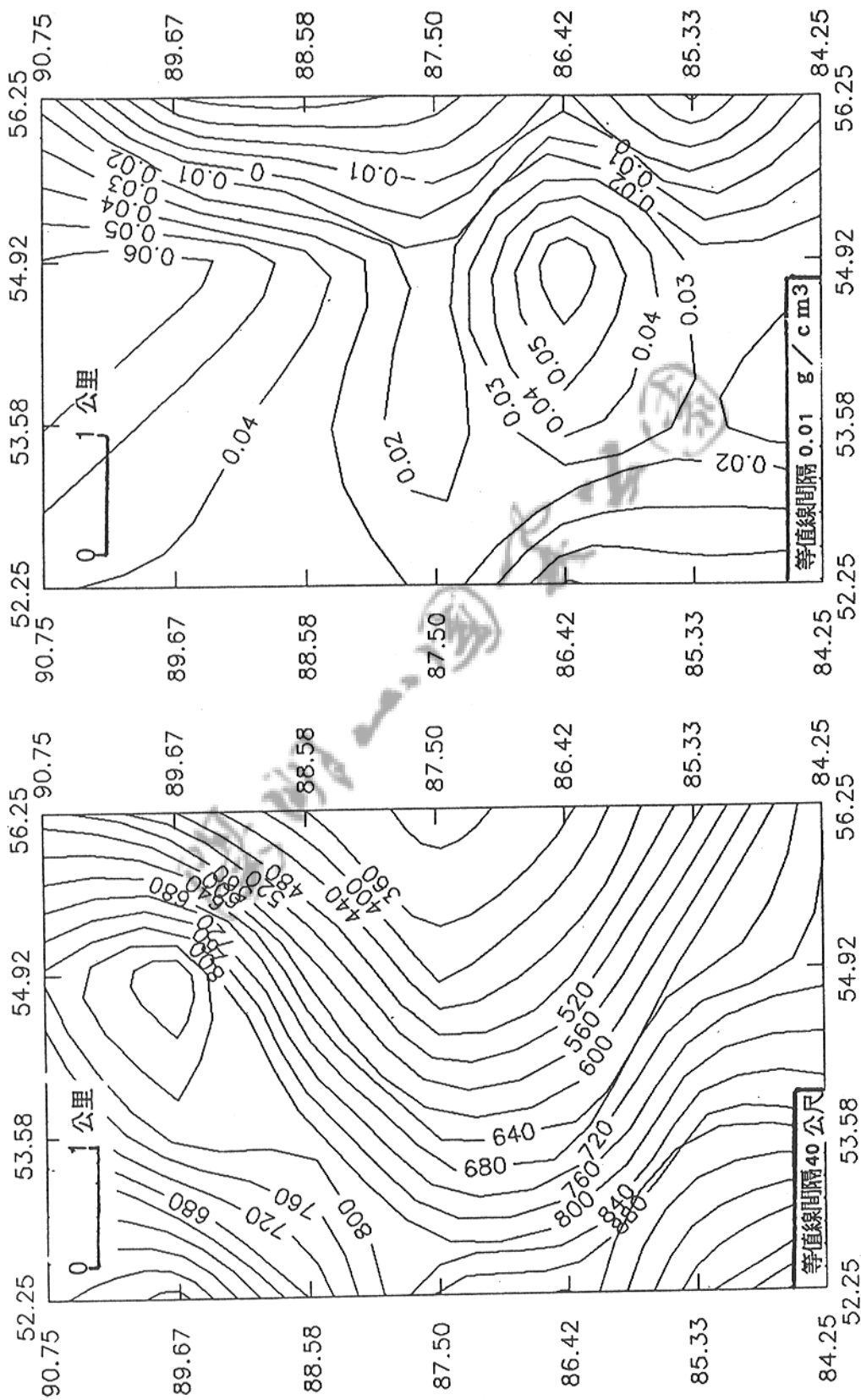


圖 五十六 IJKL間之地表地形圖

圖 五十七 IJKL間之地下1公里相對等密度圖

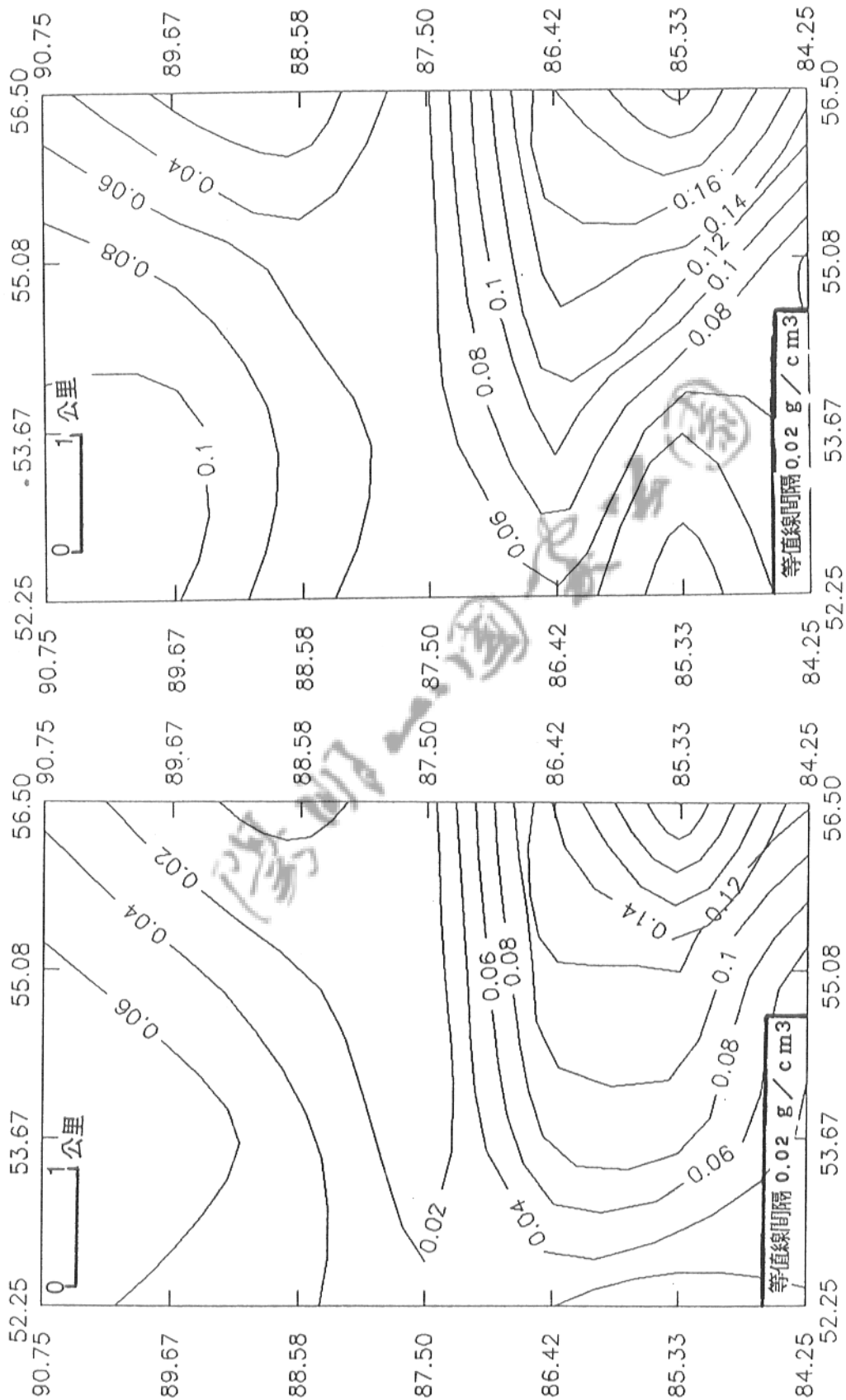


圖 五十八 I J K L 間之地下 2 公里相對等密度圖

圖 五十九 I J K L 間之地下 3 公里相對等密度圖

之效應和區域性重力效應。

(g) 雲廣坑頭與淡水附近之重力低區，推斷受深度小於300公尺之古河道造成。

(h) 由逆推所得之密度剖面，火山頸均可能穿過五指山層(密度 $2.55 \text{ g} / \text{cm}^3$)而其上覆蓋著密度介於 2.65 至 $2.52 \text{ g} / \text{cm}^3$ 不等之火山角礫岩。密度 $2.55 \text{ g} / \text{cm}^3$ 深度3000公尺內之岩層可能為五指山層，但深度超過3000公尺，密度 $2.55 \text{ g} / \text{cm}^3$ 之岩層可能為較五指山層更老之地層，但因受重力解析度限制，此老地層是否出現仍待爭議。

第六章 綜合結論

依據測區之磁力及重力測勘結果，並參考其它地球物理資料，可獲以下結論：

- (1) 測區區域等磁力圖和區域等重力圖顯示本區區域性構造由鹿堀坪向西北及西傾斜趨勢。
- (2) 橫山村和大屯山一帶、七星山一帶及竹子山一帶其地下可能有安山岩入侵和火山頸存在。由逆推結果竹子山、七星山和大屯山之火山頸可能均穿過五指山層，而五指山層之上覆蓋著火山角礫岩。竹子山之火山頸可能為朝東向上斜；七星山之火山頸可能為朝西北向上斜。
- (3) 員潭子一帶之重力高區為區域性重力造成，其在剩餘等重力圖上並未出現高區。
- (4) 雲廣坑頭一帶為古河道及古瀑布，源頭在雲廣坑頭，下游在頂田寮，深度不超過300公尺深。淡水附近之重力低區亦可能為古河道。
- (5) 橫山村受地表地層影響很大所以表現不是很強烈的磁力高區。
- (6) 七星山一帶呈現磁力低區，根據中國石油公司台灣油礦探勘總處(1975)馬槽2號地熱井資料，在深達1500公尺之地熱井中獲得293℃之蒸汽，均未達居里溫度。但因地處於地熱帶，可能因熱水換質將磁性礦物置

換走，而造成低磁性。或者七星山一帶之地下岩層可能具高密度低磁性特性。

- (7) 重力與磁力結果均顯示七星山一帶與大屯山一帶之間可能有斷層經過，而重力之資料逆推結果除了七星山一帶與大屯山一帶間可能有斷層通過外，在竹子山與七星山一帶亦可能有斷層通過，表示此斷層可能是金山沖積平原之金山斷層在大屯火山區之延伸，可能通過竹子山東麓下方，在竹子山與七星山一帶經過，再經過七星山一帶與大屯山一帶間，並被一橫移斷層切過，而與北投之新莊斷層相連接，斷層之傾角可能在 79° - 66° 間。如圖六十。

- (8) 大屯山西側與瓦窯坑間可能有另一斷層存在。

- (9) 使用八點平均法及 Rosenbach 方法時，不同計算半徑反應不同深度下之異常體之重力效應，半徑越大，反應之深度越深。Rosenbach 方法之結果通常會將高低區強制分離。

- (10) 逆推結果，4000公尺左右之 2.55 g/cm^3 岩層亦可能代表著五指山層下較老之地層。另外因重力資料本身解析的問題3000公尺深度以上之結果其可信度較高。

- (11) 由中國石油公司台灣探勘總處(1975)於馬槽之地熱井顯示，約在100公尺至1600公尺間均曾鑽獲五指山層與安山岩之不整合；此與本文逆推結果相近。

(12)本區礮嘴山附近測點過稀，主要因未有便捷之道路可達，殊屬遺憾。

陽明山國家公園

參考文獻

- Backus, G.E., Gilbert, J.E., 1967. Numerical Application of
a Formalism for Geophysical Inverse Problems,
Geophys. 13, 247-276.
- Chaver, R.E., Garland, G.D., 1983. On the Application of
Inverse Theory to Gravity Interpretation, Geophys.
Prosp., 31, 119-130.
- Chen, C.H., Wu, Y.J., 1971. Volcanic Geology of the Tatun
Geothermal Area, Northern Taiwan, Proc. Geol. Soc.
China, 14, 5-20.
- Chen, C.H., 1975. Petrological and Chemical Study of Vol-
cano Rocks from Tatun Volcano Group, Proc. Geol. Soc.
China, 18, 59-72.
- Chang, Stanley. S.L., Hu, C.C., 1981. Gravity and Magnetic
Anomalies of Taiwan and Their Tectonic Implication
, Mem. Geol. Soc. China, 4, 121-142.
- Coons, R.L., George, P.W., Garland, H., 1967. Structural Sign-
ificance and Analysis of Mid-Continent Gravity high
, Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 51, 2381-2399.

- Davis, J. C., 1973. Statistics and Data Analysis in Geology, 550p.
- Dobrin, M. B., 1960. Introduction to Geophysical Prospecting, McGraw Hill, New York, 630p.
- Franklin, J. N., 1970. Well-posed Stochastic Extensions of Ill-posed Linear Problem, Jour. Math. Anal. Appl., 31, 682-716.
- Griffin, W. R., 1949. Residual Gravity in Theory and Practice, Geophys. 14, 39-56.
- Hammer, Sigmund, 1939. Terrain Corrections for Gravimeter Stations, Geophys. 4, 184-194.
- Ho, C. S., Hsu, M. Y., Jen, L. S., Fong, G. S., 1964. Geology and Coal Resources of the Northern Coastal Area of Taiwan, Bull. Geol. Surv. Taiwan, 15, 15-26.
- Hsieh, S. H., Hu, C. C., 1972. Gravimetric and Magnetic Studies of Taiwan, Petrol. Geol. Taiwan, 10, 283-321.
- IAGA, 1969. International Geomagnetic Reference Field Revision 1965, J. Geophys. Res., 74, 4407-4408.
- IAGA, 1986. International Geomagnetic Reference Field

Revision 1985, EOS, 67, 523.

Jung, W.S., Bellon, H., 1984. The Potassium-argon Dating of
Andesites from Taiwan, Proc. Geol. Soc. of China, 27,
86-100.

Last, B. J., Kubik, K., 1983. Compact Gravity Inversion,
Geophys., 48, 713-721.

Lee, T.Q., Tsai, P.F., Tsai, Y.B., 1985. Paleomagnetic Study
of Tatun Volcano Group, Bull. Inst. Earth. Sci.
Academia Sinica, Roc, 3, 137-150.

Lin, M.I., Lee, S.S., Yu, G.K., 1973. Magnetic Susceptibil-
ity of Andesites in the Tatun Volcano Group, Northern
Taiwan, Bull Geophys. NCU, 19, 1-13.

Lin, M.I., 1979. A Modified Method of Gravity Terrain
Corrections Using Multiquadric Equations, Bull Geo-
phys. NCU, 19, 32-42.

Marquardt, D.W., 1963. An Algorithm for Least-squares
Estimation of Nonlinear Parameters, J. Soc. Industr.
Appl. Math., 11, 431-452.

Morgan, N.A., Grant, F.S., 1963. High Speed Calculation of

- Gravity and Magnetic Profiles Across 2-dimensional
Bodies Having an arbitrary cross-section,Geophys.
Prosp., 11, 10-15.
- Rosenbach, O., 1953. A Contribution to the Computation of
the Second Derivative from Gravity Data, Geophys.,
18, 894-909.
- Wiggins, R.A., 1972. The General Linear Inverse Problem,
Implication of Surface Waves and Free Oscillations
for Earth Structure, Rev. of Geophysics and Space
Phy., 10, 251-285.
- Wu, Y.H., Yen, T.P., Tzou, Y.H., 1981. Geophysical-geologic
Study on the Tatun Volcano Group: Yangmingshan Area
, Report to National Science Council, Republic of
China (NSC, ROC)
- Wu, Y.H., Yen, T.P., Tzou, Y.H., 1983. Geophysical-geologic
Study on the Tatun Volcano Group: Tansui Area,
Report to National Science Council, Republic of
China (NSC, ROC)
- Yeh, Y.H., Yeh, Y.T., 1982. Inverser of Gravity Data for

- Subsurface Structures by Stochastic Approach, Bull.
Inst. Earth. Sci. Academia Sinica, Roc, 3, 61-73.
- Yeh, Y.T., 1979. A New Surface-wave Inversion Method for
Determining Lateral Variation in Crust-mantle Str-
ucture with Application to China, Ph.D. Dissertation
, Pen. State Univ. Pennsylvania.
- Yen, T.P., 1978. Magmatism in Taiwan, Bull. Geophys. NCU,
17, 22-35.
- Yen, T.P., Tzou, Y.H., Lin, W.H., 1984. Subsurface Geology of
the Region of the Tatun Volcano Group, Petrol. Geol.
Taiwan, 20, 143-154.
- 小笠原美津雄，大江二郎，1932. 台灣地質圖第五號：大屯山幅，
台灣總督府殖產局。
- 王鑫，李桂華，許玲玉，洪富峰，1986. 陽明山國家公園地質及
地形景觀，陽明山國家公園，共 89 頁。
- 中國石油學會，1982. 地球物理探勘，石油知識叢書，共 386
頁。
- 中國石油公司台灣探勘總處地熱處第一組，1975. 台北市馬槽地
熱區中油馬槽 2 號地熱井井下地質報告，中國石油公司台

灣油礦探勘總處。

江新春，1979.台北縣大屯區地熱探勘之研究，中國石油公司。

林迺信，1966.台灣七星山區之火山性硫磺床，台灣礦業，

1834，52-65.

林明聰，1989.震測法應用於金山斷層之調查研究，碩士論文，

國立中央大學地球物理研究所。

林敏一，1989.綜合重力資料與磁力資料研究大屯火山群區地

下構造-淡水地區，國科會專題研究計畫成果報告。

林朝榮，周瑞燉，1974.台灣地質，台灣省文獻委員會，共450

頁。

何春蓀，1986.台灣地質概論，經濟部中央地質調查所，共

163 頁。

徐茂揚，1938.台灣北部金山至石門間之煤田地質，台灣地質

調查所學刊，19，15-26.

孫習之，謝清正，1957.台北縣尖山湖構造地質調查報告，中

國石油公司油礦探勘處，未發表。

烏居敬造，1938.尖山湖油田地形及地質圖，台灣總督府殖產

局。

楊潔豪，陳平護，陳洲生，1989.併合暫態法與電阻法探查金

山斷層之研究，國科會防災科技研究報告。

鄭文哲，李青芳，1970.大屯火山群地熱探勘工作報告(四)，

經濟部礦業聯合研究所。

胡錦城，1985.由重力與磁力資料推研台灣中西部先中新統之

地下構造，博士論文，國立中央大學地球物理研究所。

呂崇嘉，1988.三義、銅鑼地區之地球物理探勘，碩士論文，

國立中央大學地球物理研究所。

葉義雄，黃仕光，鄒玉華，蔡義本，吳永順，1979.台灣地區

重力重測，中央研究院地球科學研究所研究報告。

顏滄波，陳培源，1953.台灣地質圖第五號：大屯山幅，台灣省

地質調查部。

鄒玉華，1985.由重力資料推研大屯山群區之地下構造，碩士

論文，國立中央大學。

附 錄

附表一：

AA' 剖面逆推之標準誤差(STDEV_X)及相對成功率(STDEV_X SUCCCK)
 , 表中 PARM 表示逆推時分割方塊之編號

模型吻合均方根誤差(RMSFIT):1.16830

PARM	STDEV_X	STDEV_X SUCCCK	PARM	STDEV_X	STDEV_X SUCCCK
1	.38062D-02	.18017D+00	50	.28237D-02	.46001D-01
2	.23241D-02	.42306D+00	51	.28234D-02	.46382D-01
3	.34242D-02	.46300D+00	52	.28226D-02	.47462D-01
4	.50718D-02	.37942D+00	53	.39588D-02	.40566D-01
5	.83582D-02	.40678D+00	54	.39554D-02	.43907D-01
6	.69859D-02	.85041D-01	55	.38043D-02	.18179D+00
7	.93790D-02	.59465D-01	56	.25350D-02	.18333D+00
8	.52661D-02	.27872D+00	57	.53985D-02	.34464D+00
9	.50068D-02	.41064D+00	58	.64671D-03	.11445D+00
10	.38775D-02	.42065D+00	59	.29040D-02	.12194D+00
11	.10705D-01	.58445D+00	60	.54911D-02	.14729D+00
12	.10916D-01	.55073D+00	61	.22523D-02	.92664D-01
13	.68459D-02	.46377D+00	62	.11463D-01	.16733D+00
14	.68270D-02	.46964D+00	63	.28938D-02	.13429D+00
15	.68568D-02	.46034D+00	64	.29237D-02	.97962D-01
16	.10944D-01	.54610D+00	65	.11619D-01	.12111D+00
17	.10941D-01	.54669D+00	66	.11636D-01	.11587D+00
18	.10904D-01	.55273D+00	67	.11635D-01	.11636D+00
19	.10829D-01	.56487D+00	68	.58058D-02	.12331D+00
20	.10747D-01	.57788D+00	69	.11767D-01	.75332D-01
21	.10693D-01	.58636D+00	70	.11772D-01	.73707D-01
22	.10669D-01	.59003D+00	71	.11769D-01	.74668D-01
23	.10652D-01	.59268D+00	72	.58761D-02	.80054D-01
24	.10622D-01	.59718D+00	73	.56465D-03	.46584D-01
25	.66915D-02	.51053D+00	74	.19602D-02	.77182D-01
26	.65930D-02	.53872D+00	75	.13061D-02	.79245D-01
27	.33875D-02	.48560D+00	76	.19638D-02	.70460D-01
28	.23348D-02	.41235D+00	77	.39607D-02	.38714D-01
29	.38982D-02	.98024D-01	78	.87015D-03	.81679D-01
30	.25313D-02	.18814D+00	79	.97929D-03	.80299D-01
31	.38240D-02	.16468D+00	80	.19610D-02	.75828D-01
32	.12949D-01	.11031D+00	81	.62540D-03	.88163D-01
33	.21735D-01	.84847D-01	82	.99544D-03	.18119D-01
34	.16428D-01	.56151D-01	83	.11858D-02	.46570D-01
35	.21928D-01	.51936D-01	84	.13243D-02	.26944D-01
36	.13046D-01	.83370D-01	85	.98165D-03	.71406D-01
37	.12913D-01	.12027D+00	86	.76665D-19	.00000D+00
38	.18190D-02	.16835D+00	87	.13117D-02	.63217D-01
39	.54537D-02	.17033D+00	88	.13049D-02	.82627D-01
40	.54872D-02	.14975D+00	89	.98370D-03	.63613D-01
41	.77391D-02	.12422D+00	90	.14826D-02	.45709D-01
42	.39674D-02	.32252D-01	91	.13333D-03	.10637D-03
43	.39689D-02	.30761D-01	92	.88874D-04	.67020D-03
44	.28305D-02	.36731D-01	93	.88863D-04	.11491D-02
45	.28306D-02	.36624D-01	94	.12903D-03	.94725D-04
46	.28294D-02	.38317D-01	95	.12902D-03	.52919D-03
47	.28276D-02	.40667D-01	96	.64499D-04	.10311D-02
48	.28258D-02	.43126D-01	97	.18710D-04	.85917D-02
49	.28245D-02	.44978D-01			

附表二：

BB' 剖面逆推之標準誤差(STDEV_X)及相對成功率(STDEV_X SUCCCK)
，表中 PARM 表示逆推時分割方塊之編號

模型吻合均方根誤差(RMSFIT):0.43858

PARM	STDEV_X0	STDEV_X	SUCCCK	PARM	STDEV_X0	STDEV_X	SUCCCK
1	.33156D-03	.21081D-01		51	.77730D-02	.10876D+00	
2	.39936D-02	.63562D-02		52	.77634D-02	.11314D+00	
3	.34764D-02	.42947D+00		53	.77536D-02	.11763D+00	
4	.34535D-02	.44434D+00		54	.77468D-02	.12071D+00	
5	.67600D-02	.49017D+00		55	.77409D-02	.12339D+00	
6	.68513D-02	.46207D+00		56	.77346D-02	.12622D+00	
7	.68601D-02	.45928D+00		57	.78068D-02	.93143D-01	
8	.68716D-02	.45566D+00		58	.48823D-02	.90898D-01	
9	.68861D-02	.45105D+00		59	.48967D-02	.80108D-01	
10	.68959D-02	.44792D+00		60	.97946D-02	.79682D-01	
11	.68986D-02	.44706D+00		61	.97987D-02	.78139D-01	
12	.68978D-02	.44732D+00		62	.98002D-02	.77570D-01	
13	.68918D-02	.44924D+00		63	.97987D-02	.78132D-01	
14	.68719D-02	.45556D+00		64	.97938D-02	.79978D-01	
15	.68412D-02	.46521D+00		65	.97857D-02	.82995D-01	
16	.68230D-02	.47091D+00		66	.97725D-02	.87932D-01	
17	.68262D-02	.46991D+00		67	.48895D-02	.85523D-01	
18	.68458D-02	.46379D+00		68	.97952D-02	.79438D-01	
19	.67974D-02	.47878D+00		69	.98096D-02	.74011D-01	
20	.35074D-02	.40882D+00		70	.98092D-02	.74148D-01	
21	.68366D-02	.46666D+00		71	.49067D-02	.72559D-01	
22	.69141D-02	.44207D+00		72	.32669D-02	.77333D-01	
23	.69115D-02	.44290D+00		73	.49036D-02	.74917D-01	
24	.68877D-02	.45053D+00		74	.98450D-03	.60589D-01	
25	.68661D-02	.45741D+00		75	.14762D-02	.61968D-01	
26	.68601D-02	.45930D+00		76	.19718D-02	.55138D-01	
27	.68627D-02	.45847D+00		77	.19714D-02	.56071D-01	
28	.69045D-02	.44517D+00		78	.59050D-02	.61814D-01	
29	.72337D-02	.33153D+00		79	.29545D-02	.59254D-01	
30	.29612D-02	.50719D-01		80	.59138D-02	.56220D-01	
31	.28177D-02	.22181D+00		81	.59171D-02	.54149D-01	
32	.28056D-02	.23509D+00		82	.29586D-02	.54094D-01	
33	.77137D-02	.13563D+00		83	.19704D-02	.57917D-01	
34	.77426D-02	.12263D+00		84	.29601D-02	.52169D-01	
35	.77495D-02	.11951D+00		85	.10870D-02	.83977D-01	
36	.77545D-02	.11723D+00		86	.16271D-02	.91614D-01	
37	.77598D-02	.11480D+00		87	.21751D-02	.82234D-01	
38	.77637D-02	.11300D+00		88	.21756D-02	.81254D-01	
39	.77652D-02	.11233D+00		89	.65242D-02	.82773D-01	
40	.77643D-02	.11276D+00		90	.32644D-02	.80208D-01	
41	.77602D-02	.11462D+00		91	.65322D-02	.78284D-01	
42	.77518D-02	.11846D+00		92	.65340D-02	.77279D-01	
43	.77414D-02	.12317D+00		93	.93516D-03	.70384D-01	
44	.77353D-02	.12590D+00		94	.29412D-03	.13934D-04	
45	.77372D-02	.12505D+00		95	.14705D-03	.18032D-03	
46	.77439D-02	.12205D+00		96	.58814D-04	.67610D-03	
47	.77336D-02	.12669D+00		97	.28571D-03	.61939D-04	
48	.38701D-02	.12371D+00		98	.14284D-03	.40357D-03	
49	.77539D-02	.11748D+00		99	.57131D-04	.81540D-03	
50	.77754D-02	.10766D+00		100	.14695D-04	.29880D-02	

附表三:

CC' 剖面逆推之標準誤差(STDEV_X)及相對成功率(STDEV_X SUCCCK)
 , 表中 PARM 表示逆推時分割方塊之編號

模型吻合均方根誤差(RMSFIT):0.81968

PARM	STDEV_X0	STDEV_X SUCCCK	PARM	STDEV_X0	STDEV_X SUCCCK
1	.66364D-03	.18024D-01	42	.98435D-02	.61127D-01
2	.99099D-03	.35565D-01	43	.19724D-01	.54078D-01
3	.49832D-03	.13351D-01	44	.19740D-01	.51081D-01
4	.38603D-02	.13252D+00	45	.19741D-01	.50783D-01
5	.68830D-02	.45203D+00	46	.19729D-01	.53194D-01
6	.68961D-02	.44784D+00	47	.98478D-02	.59503D-01
7	.69110D-02	.44306D+00	48	.98216D-02	.69470D-01
8	.70695D-02	.39019D+00	49	.97860D-02	.82885D-01
9	.13278D-01	.52573D+00	50	.97877D-02	.82271D-01
10	.13833D-01	.44137D+00	51	.49348D-02	.51183D-01
11	.13833D-01	.44124D+00	52	.29705D-02	.38776D-01
12	.13284D-01	.52484D+00	53	.59203D-02	.52092D-01
13	.70801D-02	.38654D+00	54	.59330D-02	.43924D-01
14	.69258D-02	.43828D+00	55	.11875D-01	.40916D-01
15	.68771D-02	.45391D+00	56	.11879D-01	.39732D-01
16	.68500D-02	.46247D+00	57	.11880D-01	.39546D-01
17	.68480D-02	.46311D+00	58	.11877D-01	.40375D-01
18	.68708D-02	.45592D+00	59	.59345D-02	.42983D-01
19	.69069D-02	.44439D+00	60	.59267D-02	.47950D-01
20	.69023D-02	.44587D+00	61	.59104D-02	.58377D-01
21	.38614D-02	.13160D+00	62	.59157D-02	.55054D-01
22	.39387D-02	.59927D-01	63	.29696D-02	.39875D-01
23	.77375D-02	.12493D+00	64	.26444D-02	.32916D-01
24	.77603D-02	.11458D+00	65	.52802D-02	.39267D-01
25	.77739D-02	.10834D+00	66	.52796D-02	.39698D-01
26	.78087D-02	.92295D-01	67	.10561D-01	.39120D-01
27	.15671D-01	.79779D-01	68	.10561D-01	.38944D-01
28	.15701D-01	.72652D-01	69	.10561D-01	.39038D-01
29	.15702D-01	.72369D-01	70	.10560D-01	.39425D-01
30	.15675D-01	.78882D-01	71	.52785D-02	.40474D-01
31	.78127D-02	.90430D-01	72	.52756D-02	.42579D-01
32	.77779D-02	.10652D+00	73	.52697D-02	.46864D-01
33	.77602D-02	.11460D+00	74	.52740D-02	.43773D-01
34	.77495D-02	.11950D+00	75	.26426D-02	.35626D-01
35	.77476D-02	.12036D+00	76	.11765D-03	.44240D-04
36	.77534D-02	.11771D+00	77	.78426D-04	.26023D-03
37	.77584D-02	.11542D+00	78	.78423D-04	.42839D-03
38	.77416D-02	.12306D+00	79	.10811D-03	.38276D-04
39	.39394D-02	.59235D-01	80	.72068D-04	.23136D-03
40	.49346D-02	.51339D-01	81	.72065D-04	.39174D-03
41	.97892D-02	.81705D-01	82	.12497D-04	.10840D-02

統一編號：

02214794005

陽明山國家公園