

## 第二章 各時期地形圖測繪基準與製程探究

### 第一節 各時期地形圖編纂參數探究

要以 GIS 軟體進行不同時期地形圖的套疊工作，必須先瞭解其相關的編纂參數，包括參考橢球體、測量基準、投影方式等，光復後製作的地形圖，其編纂參數均詳列於各圖面的整飾資料中，而日治時期繪製的台灣堡圖和實測地形圖，圖面上除了註明比例尺外並無其他相關資訊，必須從相關文獻上蒐集，故本節著重於台灣堡圖和實測地形圖編纂基準的探究，最後再參考許哲明（1998）「臺灣地區地形圖之演進五萬分之一地形圖圖說」一文，依照台灣基本控制點公布的年代為界，介紹各時期地形圖測量的數學基準，並將其整理成表。

#### 壹、日治時期控制測量階段（1841 Bessel）

##### （一）台灣堡圖

明治三十七年（1904），由臨時臺灣土地調查局調製完成的臺灣堡圖，到目前為止，與其製程相關之研究僅止於如何進行土地調查、土地測量、堡圖調製、製版發行等製作流程的整理，唯[許哲明，1998]於「臺灣地區地形圖之演進五萬分之一地形圖圖說」一文中提到臺灣堡圖的編纂基礎：「平面基準、橢球體、投影、座標系皆無，高程基準以基隆灣中等潮位起算，以尺計。」然而仔細研讀堡圖的製作流程，發現臨時臺灣土地調查局曾於明治三十三年（1900）委託陸地測量部進行略等於三等精度的三角測量，也就是說，臺灣堡圖應有其測量的三角原點，另外在[施添福，1999]於「日治時代二萬五千分一臺灣地形圖」導讀一文中提到：「陸地測量部在大正三年（1914）開始正式實施三角測量以來，盡量利用明治 33 年（1900）至明治 37 年（1904）為配合臺灣堡圖的測繪而設置的三等三角點，加以重新觀測作為共用點。若無法重新觀測，則利用舊時的觀測結果，加以改算成「府點」，」據此可推論「臺灣堡圖」與大日本帝國陸地測量部發行之「地形圖」，採用的測量原點可能不同，才能透過公式加以換算成新的三角測量值。因此，筆者從與日本測量、製圖相關之作者的文章中，蒐集可能記載明治 28 年（1895）日本治台以後採用的測量和製圖方式，得到以下的結果。

##### 1. 投影法

與日本中比例尺地圖製作相關之投影法描述如下：

（1）北田宏藏（1928）：我國（日本）陸地測量部發行的五萬分一、二萬分一

等地形圖以多面體圖法作為投影。

- (2) 野村正七 (1974): 日本以多面體圖法和橫麥卡托圖法繪製較大比例尺的地圖。一直以來國土地理院的較大比例尺地圖是用多面體圖法, 近年來, 二萬五千分一和五萬分一地形圖則改用橫麥卡托圖法。
- (3) 小川泉 (1966): 我國 (日本) 地形圖的圖法本來都是使用多面體圖法, 昭和 30 年 (二次戰後) 地形圖才改用 UTM 圖法繪製。
- (4) 志和地善介 (1903): 堡圖原圖的大小是依據多面體影式展開的形狀, 就是每張原圖所謂的圖面。

從臨時臺灣土地調查局 (1905), 《臨時臺灣土地調查局第五回報告書》第 25 頁得知志和地善介是當時參與堡圖測量工作的技師, 因此, 由其撰寫的《堡圖測量教程》第 94 頁提到的關於堡圖圖面投影的這段話, 應具有相當的可信度。故自此可確定堡圖是採用多面體投影法繪製的。

多面體投影法 (Polyhedral Projection), 並非用數學公式推衍出來的投影法, 它是以橢球體的四個角落 (二條經線、二條緯線交叉的範圍), 作為平面紙圖的四角, 由於圖幅涵蓋的地表面積很小, 所以橢球的曲度可以忽略不計, 將圖幅範圍內的地表視為平面。

以此法繪製的地圖, 可將同緯度相鄰的地圖拼接成一帶, 但無法和另一相鄰緯度的地圖相接合, 因此, 要將多面體投影繪製而成的地圖在平面上一張一張接起來是不可能的, 必會在圖幅間產生裂隙, 不過, 這樣的問題只存在於原始測版拼接的時候, 因為, 印刷出版的地圖, 其變形程度遠大於此投影法所造成的變形。  
( Snyder John P., 1993 )

## 2. 參考橢球體

與日本地圖採用的橢球體相關的記載如下：

- (1) 小川泉 (1966): 我國 (日本) 採用 1841 年由ベッセル (Bessel) 測定的地球橢圓體的值作為測量的基準。(作者在 1922 年, 曾是陸地測量部的製圖雇員, 1938 年為陸地測量部的測量師。)
- (2) 金? 敬、西村蹊二 (1961), 「地形測量 地圖編集」一書中在說明多面體圖法的相關計算時, 都是以ベッセル橢球體的數值作運算。

雖然目前並無直接的文獻記載堡圖所使用的參考橢球為何, 但從[志和地善介, 1903], 可知堡圖測量當時有考慮到橢球體的問題, 在明治三十三年 (1900)

陸地測量部施行三等精度三角測量之前，可能採用的橢球體除了 1830 年的 Everest、1866 年的 Clarke 之外，就屬 1841 年的 Bessel 橢球值最有可能，因此，若能確定由日本人測製的台灣堡圖有考慮到參考橢球的問題，便可判定台灣堡圖是以 1841 年 Bessel 橢球作為大地測量的基準。

### 3. 水平基準

臨時臺灣土地調查局（1906）「臨時臺灣土地調查事業概要」一書中，由臨時土地調查局長中村是公撰寫的「土地調査に就て」文中第 94 頁提到：「臺中縱橫線的原點在臺中的公園內，其位置是東經百二十度四十分四十六秒二十四，北緯二十四度八分三十四秒三十九。」

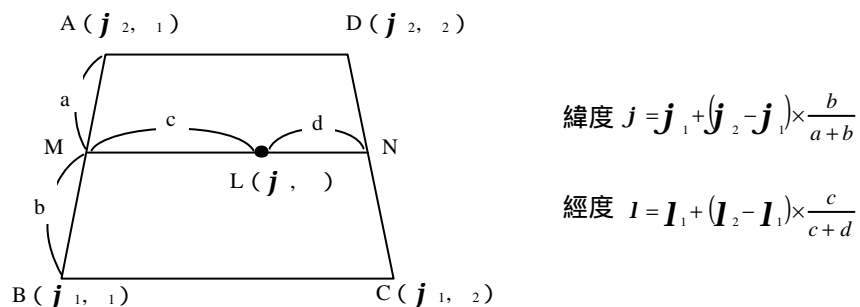
### 4. 高程基準：

[志和地善介，1903]於堡圖測量教程第一章第一頁提及：「測圖採用的比較表面是一個假定與基隆灣中等潮位相應的橢球體表面，以作為三角測量的依據。三角測量點是地球表面重要的參考點，其位置關係是透過角度測量求得，三角點的高程是由三角點向下垂直延伸至與中等海水面交點的長度。」

故可得知，堡圖測量的高程基準是「基隆灣的平均海水面」。

### 5. 座標系統：

堡圖的圖面是多面體圖法的一個投影面，利用垂直的光源，將參考橢球面上的經緯線投影於圖上，其形狀為正梯形，其經緯線的畫法是按照比例尺繪製於圖上，構成堡圖的圖廓，因此堡圖的經緯線並非直交，無法使用直角座標系統從圖面上量得地面點的大地座標，欲求得地物點的平面座標值，可以台中原點依直角座標系統算得，也就是堡圖測量時採用的平面測量座標，不過由於堡圖圖面並未標示座標線，所以難以透過圖面量測得到地物點的平面座標，倒是堡圖圖廓標記的經緯度數值因為是相應於大地橢球面上的經緯度座標，因此可以透過等比換算的方式求得堡圖上相應各點的球面座標，其公式如下：



這樣算出來之 L 的經緯度是???? 地球橢圓體上之 L 的經緯度,也就是大地座標(野村正七,1974)。

綜合上述,臺灣堡圖的編纂基準(datum)為:

(1)平面基準:台中公園內(主三等三角點 89)

經度:  $120^{\circ}40'46''.24$  E

緯度:  $24^{\circ}8'34''.39$  N

(2)高程基準:自基隆灣之平均海水面起算,以尺計(1尺=0.3030公尺)。

(3)參考橢球體:1841年ベッセル(Bessel Ellipsoid)

(4)投影:多面體投影法(Polyhedral Projection)

(5)座標系統:球面座標

(6)圖幅:經差6分,緯差4分

## (二)實測地形圖

日本殖民政府於大正三年(1914)至大正十四年(1925)完成臺灣的三角測量工作,並於大正十年(1921)到昭和三年(1928)陸續完成二萬五千分一地形圖並加以出版,主要的測圖區域為臺灣東北部和西部的平原、臺地、丘陵地帶,共計177幅。依據[陸地測量部,1932],《台灣に於ける陸地測量事業の概況》一文中得知其相關編纂參數:

(1)平面基準:台中州埔里街虎仔山三角點

經度:  $120^{\circ}58'25''.975$  E

緯度:  $23^{\circ}58'32''.34$  N

明治三十九年(1906),由東經天文台技師測定

(2)方位角:  $63^{\circ}46'57''.18$

自埔里街基線南端點起至虎仔山一等三角點的方向為原方位,大正三年(1914)由陸地測量部測定。

(3)高程基準:自基隆灣之平均海水面起算,以公尺計。

基隆驗潮場附屬水準點為水準原點,自明治三十七年(1904)至大正二年(1913)觀測,測得基隆驗潮場距中等潮位的高度為2.350公尺。

(4)參考橢球體：1841 年白賽爾 ( Bessel )<sup>(1)</sup>

(5)投影：多面體投影法 ( Polyhedral Projection )

(6)座標系統：球面座標

台灣方格網座標原點：經度：120 ° 58 ' 25 " .975 E

緯度： 23 ° 40 ' 00 " .00 N

(7)圖幅：經差 7.5 分，緯差 6 分

## 貳、日治成果改算階段 ( 1909 Hayford )<sup>(2)</sup>

美軍為測製台灣地區地形圖 ( AMS L792 )，乃運用日治時期台灣總督府 (1900~1904 年)、日本陸地測量部(1909~1942 年)、海道測量局(1903~1938 年)等之控制點成果加以彙整，並改算為 UTM 方格網座標，成果表中亦列有台灣方格網座標成果以為參考。美陸軍製圖局台灣五萬分一三角點成果表於 1950 年公布。

## 參、統一改算階段 ( 1924 國際橢球體 )

台灣地區各級三角點約八千點，其成果計算大致有兩個系統：地籍、水利、農林成果均以台中公園內地籍三角點主 89 號起算，用平面直角座標法推及全島；軍方施測者以南投縣埔里鎮虎子山為原點計算各級點之大地位置----經緯度方向角。兩者雖系統不同，施測時間亦有前後，但在地籍點之主三角點與軍方之三角點位置相同，有兩種座標之共用點遍及全省，為使三角點使用範圍擴大，兩套系統之成果應統一改算，以便相互應用，遂於民國 57 年由台灣省林務局籌辦，聯勤測量學校開始計算，全部成果於民國 59 年公布 ( 台灣省五萬分一地形圖分幅三角點成果表，1970 年 )。因地籍圖和各項設施所用平面直角座標測製之圖籍一時無法改製，全省平面直角座標系統上有其需用之價值，因而改算成果列出兩種座標以利應用。新圖幅老五萬 ( L7001 ) 即採用此成果來編纂。

## 肆、基本控制點檢測階段 ( GRS67 橢球體 )

台灣地區因地震、颱風、豪雨頻繁，加以各項工程施建，致使三角點或水準點受自然力或人為因素損害及移位的情形高達 30%，為求增補大量損壞的三角點與水

---

<sup>(1)</sup> 民國 47 年出版之台灣省三角點明細表，以地籍三角點為主而編成，原日本陸地測量部設置之三角點、水準點亦編列在內，在用法說明頁提到陸地測量部設置的三角點，以白賽爾(Bessel)地球原子推算，原點設在南投縣埔里鎮虎子山，平面直角座標原點設在北緯 23 °40 ' 00 " .00，東經 120 °58 ' 25 " .975 處，但實地未埋石。

<sup>(2)</sup> 1909 年 Hayford 橢球體與 1924 年國際橢球體的長半徑、扁率相同，兩者為相同的橢球。

準點，使全區的三角點成果統一成為一個系統，聯勤測量署自 65~68 年度全面辦理台灣地區基本控制點檢測，使全區三角點重新測量與平差計算，提供台灣地區基本圖與地籍圖重測的基準。台灣地區三角點成果表於 1980 年公布，以 TM 二度分帶為座標系，此成果適合於比例尺大於一萬分一的地圖座標系統（含地籍圖）使用。

為充分利用新檢測之測量成果，使五萬分一、二萬五千分一地形圖之資料與實際配合，便於展繪，且利於新舊成果之比較對照運用，因此，聯勤測量署再重新編算 2° 30' 6" 分帶成果表，於 1985 年 12 月公布，新五萬編纂圖、經建版圖等圖組均依此成果來編纂。新成果表之數學基礎與 1980 年相同，且增列 TM2° 30' 分帶座標。

#### 伍、衛星控制點測量階段（GRS80 橢球體）

內政部為建立完整、統一、高精度之基本控制點系統，自 82 年度起開始辦理「應用全球定位系統實施台閩地區基本控制點測量計畫」，規劃於台閩地區設立八個衛星追蹤站，經參酌傳統三角點及中央研究院現有衛星點，並配合網形分佈及點位實用性，計規劃一等衛星控制點 105 點、二等衛星控制點 621 點，分別於 84~87 年度辦理測量工作完竣，並據此研定新的國家座標系統 (TWD97)。民國 88 年( 1999 ) 921 震災後新製的地圖即採用此套系統作為編纂基準。

以上共五個測量階段，其中，日治成果改算階段和統一改算階段採用的參考橢球體分別為 1909 年 Hayford 和 1924 年國際橢球體，二者的橢球值是一樣的，因此，在分類上，僅將台灣的測圖基準 (Datum) 分成四類，整理成表。表 2-1 按顏色區分各個時期的測圖基準，並將相鄰兩套地圖的相異處以深色底表示，例如：台灣堡圖與實測地形圖的差異在測量原點不同，而相同測量基準的新五萬編纂圖與經建版地形圖，其差異在投影法的不同。

表 2-1 臺灣各時期地形圖測繪基準 (Datum)

| 項目    | 日治時期控制測量階段    |                        | 日治成果改革階段           |                        |
|-------|---------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|       | 二萬分之一臺灣全圖     | 日治五萬分之一實測地形圖           | 1944英製多色地形圖        | 1951英製多色圖 (L792)       |
| 代表地圖  | 1841 Bessel   | 1841 Bessel            | 1909 Hayford       | 1909 Hayford           |
| 參考精確度 | 6,377,397     | 6,377,397              | 6,378,388          | 6,378,388              |
| 長半徑   | 6,356,079     | 6,356,079              | 6,356,912          | 6,356,912              |
| 短半徑   | 1:29915       | 1:29915                | 1:297.0            | 1:297.0                |
| 扁率    | 多面體投影         | 多面體投影                  | 多圓錐投影              | 橫麥卡托投影                 |
| 投影方式  | 球面座標          | 球面座標                   | 1000碼方格網 III 帶 D 區 | UTM1000公尺 (50·51 帶)    |
| 座標系   | 經差 6 分，緯差 4 分 | 經差 15 分，緯差 10 分        | 經差 15 分，緯差 10 分    | 經差 15 分，緯差 10 分        |
| 圖幅範圍  | 台中公園          | 虎仔山三角點                 | 虎仔山三角點             | 虎仔山三角點                 |
| 平面基準  | 基隆平均海面        | 基隆平均海面                 | 基隆平均海面             | 基隆平均海面                 |
| 高程系統  |               | 埔里基線南端點 63°46' 57" .18 |                    | 對加納山: 156°25' 30" .157 |
| 起始方位角 |               |                        |                    |                        |

| 項目       | 統一改算階段                               |                         | 基本控制點檢測階段 (TWD67)       |                         | 衛星控制測量階段 (TWD97)        |                         |
|----------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|          | 1967老五萬地形圖 (1:7001)                  | 1924 International      | 1980新五萬編纂圖              | 1990經建版一版五萬地形圖          | 1999年版的地圖               | GRS80                   |
| 代表地圖     | 1967老五萬地形圖 (1:7001)                  | 1924 International      | 1980新五萬編纂圖              | 1990經建版一版五萬地形圖          | 1999年版的地圖               | GRS80                   |
| 參考精確度    | 6,378,388                            | 6,378,388               | 6,378,160.000           | 6,378,160.000           | 6,378,137.000           | 6,378,137.000           |
| 長半徑      | 6,356,912                            | 6,356,912               | 6,356,774.7192          | 6,356,774.7192          | 6,356,752.3141(公尺)      | 6,356,752.3141(公尺)      |
| 短半徑      | 1:297.0                              | 1:297.0                 | 1:298.25                | 1:298.25                | 1:298.257222101         | 1:298.257222101         |
| 扁率       | 橫麥卡托投影                               | 橫麥卡托投影                  | 橫麥卡托投影                  | 橫麥卡托投影                  | 橫麥卡托投影                  | 橫麥卡托投影                  |
| 投影方式     | UTM 六度分帶 (50·51 帶)                   | UTM 六度分帶 (50·51 帶)      | 六度分帶 UTM (50·51 帶)      | 二度分帶 TM 方格網             | 二度分帶 TM 方格網             | 二度分帶 TM 方格網             |
| 座標系      | 0.9996                               | 0.9996                  | 0.9996                  | 0.99999                 | 0.99999                 | 0.99999                 |
| 中央子午線尺度比 | 經差 15 分，緯差 15 分                      | 經差 15 分，緯差 15 分         | 經差 15 分，緯差 15 分         | 經差 15 分，緯差 15 分         | 經差 15 分，緯差 15 分         | 經差 15 分，緯差 15 分         |
| 圖幅範圍     | 臺灣：虎仔山三角點 (51 帶)<br>澎湖：紅木堤三角點 (50 帶) | 臺灣：基隆平均海面<br>澎湖：馬公港平均海面 | 臺灣：基隆平均海面<br>澎湖：馬公港平均海面 | 臺灣：基隆平均海面<br>澎湖：馬公港平均海面 | 臺灣：基隆平均海面<br>澎湖：馬公港平均海面 | 臺灣：基隆平均海面<br>澎湖：馬公港平均海面 |
| 平面基準     | 埔里基線南端點 243°47' 21" .611             | 對拒頭山 323°57' 23" .135   | 對拒頭山 323°57' 23" .135   | 對拒頭山 323°57' 23" .135   | 對拒頭山 323°57' 23" .135   | 對拒頭山 323°57' 23" .135   |
| 高程系統     |                                      |                         |                         |                         |                         |                         |
| 起始方位角    |                                      |                         |                         |                         |                         |                         |

1980年臺灣三角點測量成果公布後的座標系統

- (1) TM 六度分帶：中央經線本島 123°E (51 帶)，橫座標西移 500 公里，中央經線尺度比：0.9996。
- (2) TM 三度分帶：中央經線本島 121°E，橫座標西移 350 公里，中央經線尺度比：1.0000。
- (3) TM 二度分帶：中央經線本島 121°E，橫座標西移 250 公里，中央經線尺度比：0.9999。



## 第二節 各時期地形圖製程探究

找出地圖的測繪基準，只是套疊不同時期地形圖的基礎工作，為進行後續的數化程序、精度評估、誤差分析等工作，必須對地圖所呈現的資訊多所認識，才能確立地圖數化取點的原則，並進一步瞭解每套地圖的精度有多少、可能誤差有多大等概念，而這些都必須仰賴對每套地圖製作程序的瞭解。茲將本研究欲進行套疊的地圖分成日治時期和光復後兩階段作製程的介紹，重點在於瞭解各種地圖的測圖基準與方式，以利套疊工作的實行。

### 壹、日治時期地形圖製程探究

日本治台五十年，為確切掌握臺灣的社會、文化、經濟等資訊，進行了一連串的土地調查，先後完成六套實測地形圖，以作為日本帝國統治和經營臺灣殖民地的基本藍圖，其中台灣堡圖和二萬五千分一實測地形圖分別為現在地籍圖和地形圖的先驅，兩者的製程迥異，對其測量的基準與繪圖的方法需有較深的探討，以獲取足夠的資訊進行疊圖工作。

表 2-2 日治時期台灣地區製圖年表

| 西元年代 | 日本記年         | 測圖單位       | 重要事蹟                                |
|------|--------------|------------|-------------------------------------|
| 1896 | 明治 29 年      | 陸地測量部臨時測圖部 | 五萬分一地形圖                             |
| 1898 | 明治 31 年      | 臨時臺灣土地調查局  | 設立臨時臺灣土地調查局，並開始土地測量                 |
| 1900 | 明治 33 年      | 陸地測量部      | 設置三等三角點測量點，實施圖根測量，完成一萬二千分一圖根略圖      |
| 1903 | 明治 36 年 4 月  | 臨時臺灣土地調查局  | 開始縮成原圖調製                            |
| 1903 | 明治 36 年 6 月  | 陸地測量部      | 結束三角測量，總測量面積 19125 平方公里             |
| 1903 | 明治 36 年 9 月  | 臨時臺灣土地調查局  | 展開堡圖測量實地作業（補足測量）                    |
| 1903 | 明治 36 年 10 月 | 臨時臺灣土地調查局  | 完成 7545.145 平方公里土地測量，並製成 37869 幅的庄圖 |
| 1904 | 明治 37 年 6 月  | 臨時臺灣土地調查局  | 完成縮成原圖調製                            |
| 1904 | 明治 37 年 11 月 | 臨時臺灣土地調查局  | 完成 24168 平方公里堡圖測量                   |
| 1904 | 明治 37 年 12 月 | 臨時臺灣土地調查局  | 完成二萬分一堡圖原圖                          |
| 1905 | 明治 38 年      | 臨時臺灣土地調查局  | 完成十萬分一臺灣地圖（堡圖原圖縮製而成）                |
| 1906 | 明治 39 年      | 東京天文台技師    | 虎仔山（23 58' 32" 34, 120 58' 25" 975） |
| 1909 | 明治 42 年      | 陸地測量部      | 正式實施三角測量                            |
| 1916 | 大正 5 年       | 臺灣總督府蕃務本署  | 完成五萬分一臺灣蕃地地形圖                       |
| 1921 | 大正十年         | 陸地測量部      | 一等三角點測量完成，測量面積 23135 平方公里           |
| 1921 | 大正十年         | 陸地測量部      | 開始二萬五千分一的地形測量                       |
| 1921 | 大正十年         | 陸地測量部      | 展開五萬分一的地形測量                         |
| 1928 | 昭和 3 年       | 陸地測量部      | 完成二萬五千分一臺灣地形圖                       |
| 1938 | 昭和 13 年      | 陸地測量部      | 完成五萬分一臺灣地形圖                         |



## 一、日治時期實測地形圖概要

### (一) 五萬分一臺灣地形圖

明治二十八年(1895)中日簽訂馬關條約後，隸屬日本參謀本部的陸地測量部即成立臨時測圖部，並派遣大批測量人員隨近衛師團來台從事測圖工作。大致在明治二十九年(1896)年底，完成全台蕃界以外的平原和丘陵以及東部自縱谷到海岸的五萬分一地形圖。然而，此圖乃為應付軍事鎮壓和展開殖民統治之需要而匆促製成的地形圖，其測圖並未依照陸地測量部地形圖製作的正常順序作業，因此，該圖雖屬實測，但對地貌和地物的描繪精確度皆感不足。

此圖為臺灣地圖史上第一套較完整的中比例尺地形原圖，自明治三十年(1897)起陸續製版印刷，但似未對外公開發行，以致世間對此一地形圖的存在少有所聞。

### (二) 二萬分一臺灣堡圖

明治三十一年(1898)九月，臺灣總督府為實施土地調查而設立臨時臺灣土地調查局，並將製作地形圖列為該局實施土地調查的三大目的之一，歷經六年餘的作業，於明治三十七年(1904)，完成地形測量並調製466張通稱「臺灣堡圖」的二萬分一地形原圖或稱堡圖原圖，此套原圖是臺灣有史以來第一套同時結合土地調查、地籍測量和地形測量而製成的地形圖。

1996年遠流出版公司將各處蒐集而來的堡圖加以複製出版，即目前我們在各大圖書館所看到的臺灣堡圖(上)(下)冊。

### (三) 十萬分一臺灣地圖

明治三十八年(1905)將堡圖原圖縮製成總圖面35張，面積1571方里的十萬分一地形原圖，通稱「臺灣地圖」(二)(三)兩套地形原圖包括的範圍大致與(一)相同，皆以普通行政區為主要測量區域，且兩者皆交由臺灣日日新報社於明治三十九年(1906)出版，公開對外發行。

### (四) 五萬分一臺灣蕃地地形圖

明治三十九年(1906)佐久間馬太就任臺灣第五任總督後，以理蕃作為殖民政府主要施政方針之一，積極規劃蕃地的測圖事業。自明治四十一年(1908)起，先後由總督府民政部警察本屬的蕃務課或調查課負責蕃地測圖作業。至大正四年(1915)佐久間卸任時，總共完成蕃地地形測量面積一千餘方里，並陸續調製68

張五萬分一蕃地地形原圖。這是臺灣唯一一套以理蕃為目的而調製的地形圖，此原圖經製版印刷後，亦由臺灣日日新報社於大正年間正式出版和對外公開發行。

#### (五) 二萬五千分一臺灣地形圖

陸地測量部臨時測圖部於明治二十八、九年所完成的五萬分一臺灣地形圖，如前所述因倉促成圖而致其測量之精確度不足，故陸地測量部自明治四十二年(1909)起開始一等三角點的撰點造標，並於大正三年(1914)正式實施三角測量，作為重新調製與日本本土地形圖水準相當之地形圖的基礎，到大正十年(1921)時，大致完成1500方里的一等三角測量及部分地區的二等三角測量，並展開二萬五千分一地形圖的地形測量。測圖區域以臺灣東北部和西部的平原、臺地、丘陵地帶為主，至昭和三年(1928)時，總共調製177張地形原圖。

#### (六) 五萬分一臺灣地形圖

在大正十年(1921)大致完成三角測量後，也於大正十二年(1923)開始展開五萬分一地形圖的地形測量，此圖除將二萬五千分一地形圖縮小成原圖外，更著重於臺灣東部和廣大高山地帶之測圖，自大正十二年(1923)開始採用航照測量與測板測圖配合運用，到昭和十三年(1938)，前後費時十六年完成117張地形原圖。

(五)(六)兩套地形原圖皆直接由「大日本帝國陸地測量部」陸續假製版、印刷出版和對外公開發行。

## 二、日治時期一般地形圖的製程

日治時代台灣基本地形圖的製作，大致經由三角測量、水準測量、地形測量和製圖作業四階段。

### (一) 三角測量：

三角測量的目的，在確定地物的位置和水平距離；而其首要工作就是實施基線測量。所謂基線測量，就是在適當的平坦地區，設立一條長約三至八公里的線段(基線)，並反覆精密地測量此一線段首尾兩點間的水平距離，以之作為三角形已知的一邊，由於基線測量是三角測量的基礎，基線測定的誤差值必須在基線長度的百萬分一以下。將地面測得之基線長度換算成bessel橢球上的長度後，即成為實地測量時所用的基線長(野村正七，1974)。以基線為已知的一邊，而連續增大所成的聚三角形稱為基線網，當基線網逐漸擴大成一等三角網，一等三角網內的三角形起點稱為一等三角本點，本點間的距離約45公

里，由於一等三角本點的數量有限，必須在一等三角網內，另設一邊長約 25 公里的三角測點，稱為一等三角補點，以及一邊長約 8 公里的二等三角點，進而在二等三角網內，又設一邊長約四公里的三等三角點。凡三等三角點以上的三角點，一旦選定，即須設置標石，並進行經緯度的觀測。大正三年(1914)展開的三角測量即以台中州埔里街虎仔山的一等三角點作為台灣經緯度原點，開始全台的三角測量工作，而地形測圖就是依賴這些三角點來控制地貌和地物的相對位置和距離，以及圖與圖之間的正确聯絡與接合。

台灣的三角測量雖始於臨時土地調查局的地籍測量和「台灣堡圖」的繪製，但因遷就整個土地調查的進度，僅在陸地測量部協助下實施略等於三等三角測量精度的三角測量，自明治三十三年(1900)至明治三十七年(1904)，在全島番地以外的地區設置了略等於三等三角點約一千點和四等三角點約二千餘點。

## (二) 水準測量

三角測量雖然提供了測定位置和距離的架構，但因無法顯示各地面點以及三角點的海拔高度，所以在三角測量之後，必須接著實施水準測量。水準測量始於水準原點的設置（台灣以基隆驗潮場附屬的水準點為水準原點），並依此原點設置一系列的水準點，進而分別測定水準點和各種三角點的海拔高度（自中等潮位起算），以便最後能夠用於描繪地表的高低起伏。

## (三) 地形測量

完成三角測量和水準測量後即可以那些參考點為基準，進行地形測量的工作。測圖時，先將圖紙貼附於測板上，畫上按照比例尺調整的經緯線作為圖廓，再依多面體投影法將已測得的三角點填入圖紙，作為地形測量的基準點。要注意的是，將三角點填入圖紙的步驟是用三角測量後的經緯座標值依等比方式填入適當位置，同時也以平面座標原點（堡圖為台中公園，實測地形圖為虎仔山南方），將這些三角點座標換算成以間為單位的平面直角座標系，作為平面測量的控制點，因此圖面三角點都有兩種座標，一為大地控制測量的經緯座標，一為平面控制測量的平面直角座標，此兩種座標均記載於三角點明細表。

地形測量包括圖根測圖和碎部測圖。通常一張堡圖的圖面（經差 6 分，緯差 4 分）分為兩個測版施行測圖，平均一個測版有 8 個至 10 個三角測量點（志何地善介，1903），但僅根據這樣稀疏的三角點，顯然無法精確描畫區域內的地貌和地物，例如五萬分一地形測圖的圖紙上，一方里（等於 15.423 平方公里）

內只有二個點，因此在進行實際測量時尚須實施圖根測圖，在三角點之間插入若干圖根點（四等三角點）和幾何線（類似基線），作為進一步測圖的輔助點。

經過圖根測圖後即可進入碎部測圖。碎部測圖包括地物測圖和地貌現圖兩階段。地物測圖是根據地圖比例尺將地物形狀描繪於地圖上，在以肉眼可清晰辨識的前提下，重要的小地物如家屋、道路、鐵路、橋樑、堤塘等應比實際比例大，另外無法描繪出具體形狀之三角點、礦場等則以符號註記，其他過小的地物就得放棄。地貌現圖是以水平曲線表示高度、傾斜和起伏等狀態，所謂水平曲線，是指假想由許多水平面橫切過地表面而形成的切線，投影在基準水準面所形成的曲線，也就是等高線（臺灣堡圖的等高距為 50 尺，相當於 1.52 公尺）。經過三角測量、水準測量、地形測量等步驟完成的地圖，稱為地形原圖。

#### （四） 製圖作業：

在紙圖上，僅描畫地形測量而成的圖，成為素圖；而素圖上，用鉛筆填寫各種圖式符號和註記而成的圖，則稱為地形原圖。地形原圖，經製圖專家精密地修正描畫後，先製成印刷原版和印刷版後，再印刷於耐久性強的圖紙上，即成五萬分一或二萬五千分一的基本地形圖。

### 三、台灣堡圖的製程

「臺灣堡圖」是日本殖民政府自明治三十一年(1898)九月起實施台灣土地調查事業的成果之一，該事業的具體目的是在調製土地臺帳（地籍清冊）和地圖（原圖、庄圖和堡圖）以釐清土地權力，區分土地地目和等則，以及詳細查明地形。「台灣堡圖」也是一種地形圖，基本上也是依賴三角測量、水準測量和圖根測量來維持圖內地貌和各種地物相對位置、距離和高度的正確性，並保持各圖幅之間的精密接合。但因測圖目的不同，為能更精細測量和調查人文現象，所以堡圖的製作分為三項基礎工作：土地調查、土地測量、堡圖調製。

## 1. 土地調查：

主要先完成下列三種圖類：

- (1) 見取圖：先由本地人充當的地方土地調查委員會委員，負責釐定庄及土名的境界和製作見取圖（草圖）。見取圖中填入每筆土地的境界、地目、業主及典主等資料，並據此收受土地申告書和證書據類，再將見取圖和書類轉交給土地調查局派赴當地的準備員，作為進一步調查的依據。



圖 2-1 台灣堡圖製作之見取圖

資料來源：臨時臺灣土地調查事業概要(1906)

- (2) 庄略圖：準備員會同地方官

吏、庄長、委員調查堡、庄、土名境界（經過此次調查和調整所形成的地方自治區域稱為查定區域，成為日治時期地籍圖和土地臺帳的調製單位，以及戶口編查和統計單位、保甲編制單位等），在結束一庄的調查和各書類整理工作後繪製成「庄略圖」，連同委員見取圖和其他書類一併轉交給事務員。

- (3) 概況圖：事務員依據

見取圖、庄略圖進行庄界、土名界以及界內每一筆土地的實地踏查，並將踏查結果按一千二百分一比例和以土名或庄為區域單位調製概況圖，轉交給細部測量員作為展開土地測量的依據。

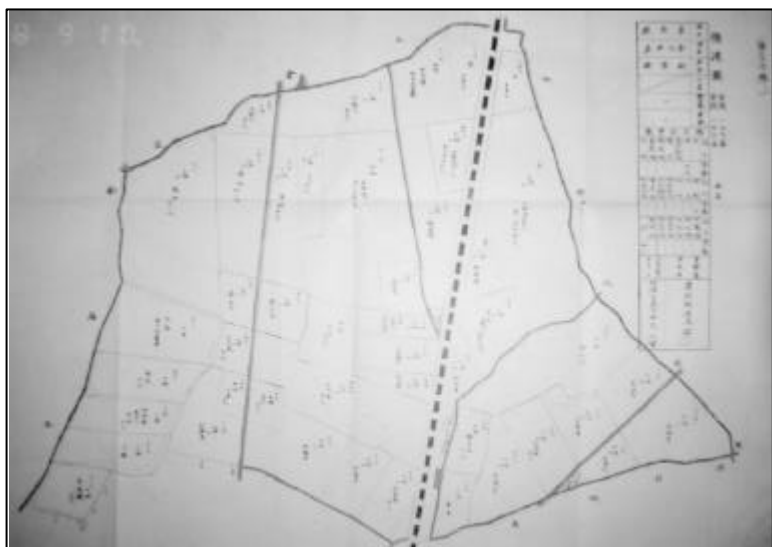


圖 2-2 台灣堡圖之概況圖

資料來源：臨時臺灣土地調查事業概要(1906)

## 2. 土地測量：

如果土地調查事業的最終目的，只是在測量土名或庄內每一筆土地，並依此製成原圖和連絡原圖以作成庄圖（地籍圖），則在每一土名或庄內設一基線，並以基線測量所設定的測點，作為連絡原圖的基準，即可作成正確把握區域內每筆土地面積和位置的庄圖。土地調查局早期所實施的土地測量，基本上就是依據這種方法進行細部測量，但不久後隨即發現，依此方法所作成的庄圖，無法在保持各地位置和距離正確的前提下，進一步連接成每一圖幅涵蓋數十街庄的堡圖，如欲涵蓋如此廣大的地區，必須先實施三角測量。總督府土地調查局有鑑於此，乃委託陸地測量部實施三角測量。明治三十三年（1900）八月起，在台灣實施略等於三等三角測量精度的三角測量及設置三角點，並以三角測量點為基準，實施圖根測量，設定圖根點，作成一萬二千分一圖根略圖。

據此至明治三十六年（1903）六月結束三角測量時，總共完成測量面積 1240 方里，主三等三角點 209 點，次三等三角點 901 點，圖根點 2859 點，經過三角測量和圖根測量後，才由細部測量員依據事務員的概況圖和圖根測量員的圖根略圖，踏查土地型態及進行每筆土地的測量，並以土名為區域單位調製一千二百分一的原圖（市街地為六百分一）；原圖完成後，用透明紙複寫方式，繪出連接原圖的連絡圖，各土名測量結束後，將連絡圖轉繪成一千二百分一的庄圖（市街地為六百分一），此庄圖一般稱為地籍圖，在明治三十六年十月結束土地測量後，總共調製成 37869 幅的庄圖，這些庄圖變成為實施堡圖測量和調製堡圖原圖的基礎。



圖 2-3 台灣堡圖之庄圖原圖

資料來源：臨時臺灣土地調查事業概要(1906)

### 3. 堡圖調製

堡圖測量相當於前述一般地圖製作程序最後階段的地形測量，其目的在調製堡圖原圖（相當於地形原圖），但由於明治三十一年九月實施土地測量以來，已完成大量的庄圖可供堡圖作為調製的基礎，因此堡圖的調製不像地形測量直接由碎部測量著手，而分為縮圖、實地踏查、補足測量三階段完成素圖，再經著墨而成堡圖原圖。唯東部地方和澎湖群島因未實施地籍測量，所以在完成三角測量和水準測量後，僅進行簡易的地形測量，直接由碎部測量調製地形原圖。

- (1) 縮圖：將一千二百分一的庄圖（市街地為六百分一）先縮小成二千分一地圖，然後再縮小成二萬分一的「縮成原圖」。其調製時間自明治三十六年（1903）四月著手，至明治三十七年（1904）六月全部完成。
- (2) 實地踏查：堡圖測量的實地作業始於明治三十六年（1903）九月，從新竹開始，順著南部、東部至宜蘭、台北後結束。測量前先依據縮成原圖進行實地踏查，以便對由庄圖縮小轉繪成的縮成原圖地物作適當的取捨，並記入街庄社名、土名以及重要部落或地物名稱，然後才實施補足測量。
- (3) 補足測量：將縮成原圖依多面體圖法展繪於測圖紙後，再分成二個或四個測板的測區進行補足測量。所謂補足測量就是地形測量的碎部測量，主要包括圖根測圖、地物測圖和地貌現圖，但由於縮成原圖已有從庄圖轉繪而來相當數量的地物，因此，此一階段的重點在於補足縮成原圖所無的地貌現圖，和地貌現圖所需的圖根測圖，以及庄圖所缺的地物。

堡圖測量於明治三十七年（1904）十一月十一日全部完成，測量面積包括全部普通行政區 1,222 方里（一方里等於 15.423 平方公里），番界區域 345 方里，共計 1,567 方里，約佔台灣總面積 2,332 方里的 67.2%，並據此測量成果製成 466 張（含一覽圖一張）堡圖原圖。每張原圖的圖幅涵蓋經差 6 分，緯差 4 分，面積約 4.32 方里（約 66.63 平方公里）。

- (4) 測圖接合：通常一個圖面的地形測圖是由兩個測板分別施行測量，山地區則因需補足測量之地區較廣，所以分為四個測板施測，將分別測量的二個或四個測板拼接起來即成一張堡圖的圖面。
- (5) 素圖著墨：經補足測量後拼接而成的堡圖原始圖面，用鉛筆加以描繪稱為素圖。完成的素圖再經著墨（清繪）即完成堡圖原圖。
- (6) 製版印刷：堡圖原圖於明治三十七年（1904）十二月調製完成後，交由株式會社東京築地活版製造所負責製版和印刷。



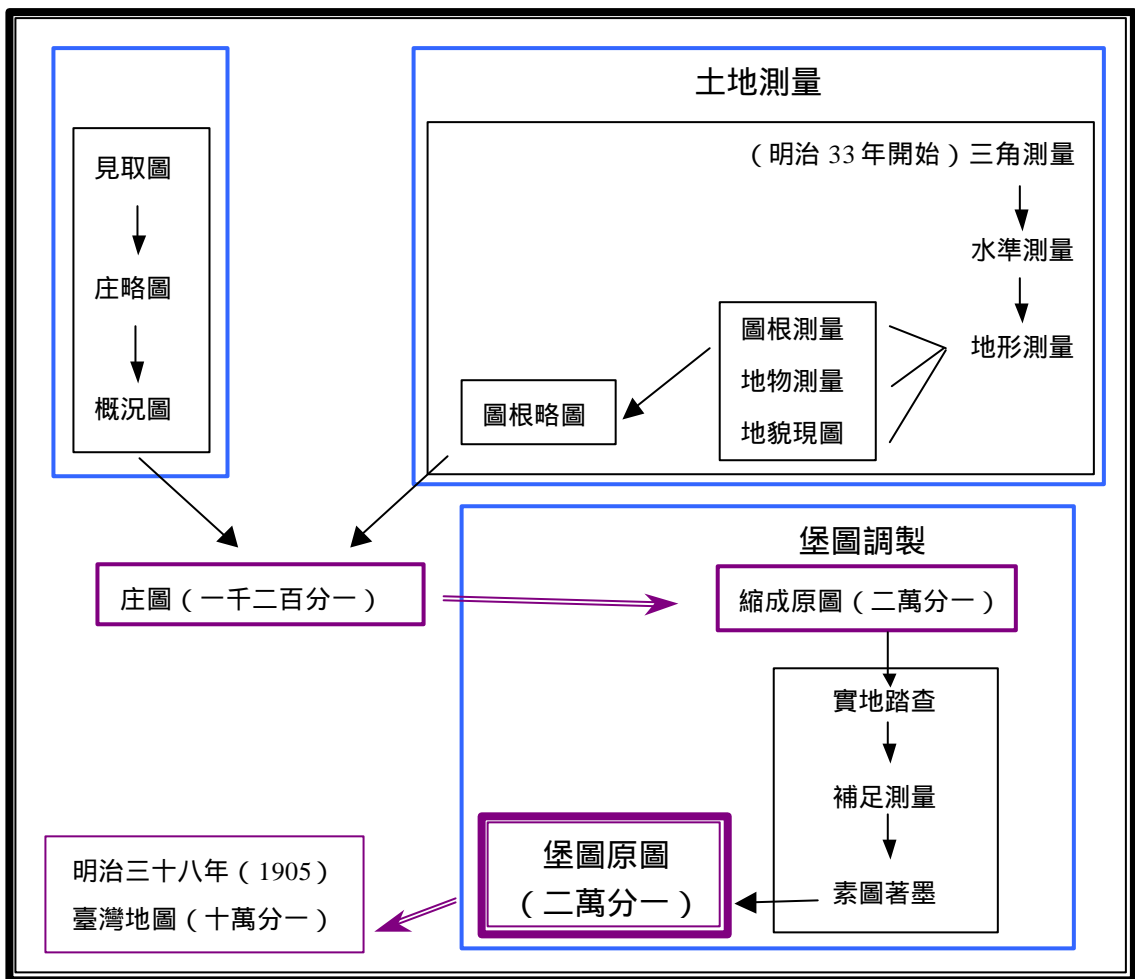


圖 2-4 臺灣堡圖製作流程圖

#### 四、台灣堡圖的測量方法

透過對台灣堡圖製作程序的認識，可大致瞭解堡圖上所呈現的資訊是如何測繪的，但就座標轉換工作而言，尚須釐清堡圖在測量時使用的方法為何，以確定圖上地物的精確度，進一步作為數化選點的基礎。

茲就志和地善介（1903）於《堡圖測量教程》中的相關內容，配合明治 35 年的《台灣土地調查法規全書》，將台灣堡圖的測量原則與方法加以整理如下，並附註其應用於地圖套疊工作時所表示的意涵於後。

##### （一）《堡圖測量教程》

- (1) 「測圖所用的比較表面，是一個假定與基隆灣中等潮位相應的次球體表面，作為三角測量的依據」，意謂堡圖採用的三角測量成果是依據當時的參考橢球面進行的。

- (2) 「三角測量依據的比較表面是一個曲表面，但就堡圖測量的尺度而言，其三角測量的三角網眼非常狹小，其彎曲的形狀對測量影響不大，故全區視為平面施行測量。」此所指的是堡圖測量（地形測量）的部分，因為測區範圍不大，而把地球表面視為平面進行的測量，正好適用多面體投影法。
- (3) 「將光線垂直照射於比較表面上的網格，於圖上繪出與其平行、長度為實際長度二萬分一的線，，隨著比較表面傾斜度增大，投影在平面的長度逐漸縮小。」，可看出多面體投影法的圖廓，隨緯度增加而縮短，即圖幅涵蓋的面積縮小。
- (4) 「測圖的準據為三角測量所得之三角網，按照主等、次等、圖根的次序逐一編製，各等三角測量點的位置為以台中為原點測得的經緯度及縱橫線表示之，高程則以前述的中等潮位作為水準測量的依據。」
- (5) 「地物測圖以步測或目測法進行特長距離的測量，非常的場合才用測鍊，通常在平地或傾斜地的距離有 1/30 的誤差，地物在圖上距離允許誤差為 0.0015 尺，在二萬分一圖上 150 間的實長允許 5 間的誤差。」約圖上 0.45mm，在二萬分一的堡圖上，實長為 9.09 公尺。（1 尺=0.303030 公尺）
- (6) 「道路和鐵道是地物測圖的骨子，當其確定後，其他地物的位置就容易測定，因具備這樣的性質，故測圖時先行測之。眾水和道路鐵道一樣是碎部測圖的基線，埤圳亦為測圖的基線，測圖時先按照河川的方式，先測定曲點，再測定堰等附屬地物」。數化時應以道路、鐵道、河川、埤圳為重點。

## (二)《土地調查法規全書》

- (1) 「三角測量是土地測量的基礎，以測定三角點的方位角及縱橫線為主要目的」。縱橫線即經緯線。
- (2) 「原點是根據天文測量測定方位角，並求得經緯度概值」，意謂台中公園的經緯度值是經過天文測量得到的。
- (3) 「三角點有主三等三角點、次三等三角點、圖根點三種」，意味即使是測量原點，也不過是等同於三等三角測量精度的主三等三角點而已。
- (4) 「圖根測量是以三角測量點為基礎，依道線法和交叉法以經緯線計算的方式施行測量，但把土地視為平面」。

- (5) 「圖根測量的計算法和展開法以直角縱橫線計算之」，即視經緯線為直交。
- (6) 「直角縱橫線的原點為採用經三角測量決定的原點，其原線是經三角測量決定的真子午線」。測量原點和直角座標線都是經過三角測量後產生的平面座標，各三角測量點也依此方式化算成平面直角座標，作為其他地物測定的依據。
- (7) 縱橫線的正負表示法為---縱線：在原點的北方向為正，南方向為負  
橫線：在原點的東方向為正，西方向為負。

整體說來，台灣堡圖的測量方式是：以根據天文測量所得的三等精度三角點（台中公園）為測量原點，把地球表面視為曲面，進行三角測量，架構出一個平面三角網後，再將地表視為平面分區進行細部的圖根測量、地形測量。另外，從「三角點測量是依據縱橫線計算，而圖根測量是依據直角縱橫線計算」來看，在三角測量時，其所採用的經緯線與堡圖的梯形圖廓相符，為一非正交的經緯網格，然而在施行更細部的圖根測量時，則視經緯線為正交。

### 小 結

台灣堡圖使用的測量基準，是明治三十三年依據三角測量規則（明治三十三年十月一日土地調查局訓令第五十八號）開始施測，至明治三十七年三月完成，其三角點座標以中山公園內八九號為起算原點，自成一座標系統，也就是日據時代沿用迄今之地籍圖座標系統。不過，由於堡圖是採用多面體投影，故其圖面上的座標系統並非地籍圖上的直角座標系。

二萬五千分一台灣實測地形圖使用的測量基準，是明治三十九年（1906），由東經天文台技師測定的虎子山一等天文點位，此套座標系統是一直沿用至今的台灣基本地形圖測繪基準。

雖然兩套圖的測量基準不同，但因堡圖和實測地形圖上的三角點都是經過大地三角測量而得來的，並採用多面體投影法進行地圖的測繪，因此依據多面體投影的性質，按照等比的方式推算而得的座標應與從三角點明細表上查得的座標相同，為參考橢球面上的座標。故在運用 GIS 軟體如 MapInfo 進行投影轉換時，宜將其定義為經緯度座標系，並輸入實際的經緯度座標值作為數化控制點。

地物數化宜選取道路、鐵道、河川、埤圳為比對地物，但由於河川的變化量較大，因此本研究於各數化圖幅選取道路、鐵路和埤塘為各時期比對的地物，另需注意此地物內含圖上 0.0015 尺（約 0.455mm）的誤差。

## 貳、光復後台灣地形圖測繪之製程概述

抗戰結束後所製成的地圖，其地圖相關的編纂基準，都記載於各幅圖上，因此不需像日治時期測量基準那般的探究，此節著重於光復後地形圖測繪的製程介紹，以明白地形圖的成圖的精度如何，作為地圖疊合結果分析的依據。

台灣地區的基本地形圖測繪方式，則與美國陸軍製圖局密切關聯。民國 74 年出版之「軍用地圖技術手冊」是依據美國陸軍指揮部(TPC)提供各工兵製圖單位編制軍用及特種地圖時之基本規範，由聯勤總部測量署編譯而成，從這部軍用地圖技術手冊可以瞭解到光復後聯勤製圖廠測繪台灣基本地形圖的流程。台灣從 1923 年起，就採用航照測製五萬分一地形圖，光復後地形圖亦用此法測製，因此本節著重於航照測圖的介紹。

### 一、大地與製圖的控制測量

#### (一) 名詞說明

1. 傳統測量：指利用非電子裝備來作野外測量，基本平面控制是依據全國或獨立的基準面為基準，經由三角測量或導線測量的方法測得。
2. 電子測量：利用微波測距儀或光點測距儀作三邊及導線測量而得，也可使用 HIRAN 方式的儀器，由空中或地面交會方式測得。
  - (1) 紹蘭(SHORAN)：是 " Short Range Radio Navigation " 系統的縮寫，由飛機上發出無線電波訊號，利用兩個地面接收站接收信號並傳回訊號，由此可決定飛機至二地面測站之距離，在據此計算飛機和像片之位置。
  - (2) 海蘭 (HIRAN)：是高精度的紹蘭 (SHORAN)，利用維持等訊號強度，改良訊號來回時間的量測精度，獲得更精確的計算距離。
  - (3) 航空攝影：將相機置於飛機上對地面實施照像的一種攝影術。垂直像片指的是相機之主軸在攝影時為垂直或近似垂直地面。傾斜像片指攝影時，主軸與垂直線有一夾角，所拍攝之照片似梯形狀，像片圖上比例尺不一。
  - (4) 空中三角測量：利用航空測量方法，以少數地面控制點以推求多數未知點座標的一種技術。
  - (5) 航測控制測量：利用空中三角測量測定水平和垂直的輔助控制。這些控制點在像片上須易辨認，且其座標乃以地面座標系統表示之。
3. 基本控制 (大地控制)：水平控制包含造標之三等或三等以上精度之平面控制點 (基本點位) 和以大地測量方法測定之未設標的圖上平面控制點 (輔

助點位)，包括固定地理位置或網格位置之網系點位，以作為製圖時的平面控制位置，被用作後續測量控制用。高程控制指以直接、間接水準或氣壓計測量之水準點位和輔助控制。

## (二) 航空測量作業程序

1. 依據空中攝影的性質與幾何關係、所使用的航測規範、基本大地控制網及製圖之精度要求，所定之航測製圖控制之要求規定，選擇補充的平面與高程像點控制位置，構成一個控制測量計畫。
2. 像點控制計畫的目的是在像片上提供足夠的可辨認之平面和高程控制點，使空中三角測量中的每一個立體模型有四個控制點。雖然空中三角測量計算出的成果精度不完全和大地測量法所求出的成果精度一致，但可以增加控制點密度，使經空中三角測量平差所求的航測控制點有足夠的精度來控制航測製圖。
3. 將航空攝影機裝置於飛機上，按照預定之計畫，全部施行攝影，然後將底片沖洗、晾乾、並編號，再曬印像片數份，及編製航線接合圖，亦稱像片索引圖，以為其他各項工作之參考。
4. 航空攝影之像片若採用垂直攝影，則直接將像片相銜接，根據重疊部分之共同控制點加以鑲嵌拼貼於圖板上，而得一地區之像片圖。
5. 依據測量任務之要求，在像片圖上辨識出已知的平面和高程控制點，以及選定所需增加的平面及高程像點，透過立體鏡觀測，將控制點之位置用針在像片上刺一圓孔，並依照特定的符號（如 表示三角點、 表示平面控制照片點、 表示高程控制照片點）加以框繪於控制點的四周，並於像片的背後加上註解，說明像點所在的位置。
6. 測量隊依據照片上提供的需要恢復的點、新建的點、及足夠辨認的像點，到實地進行埋點與三角測量、導線測量、水準測量等測量工作。倘若地面原測有控制點，則僅需實地勘查點位，在像片上相應位置刺一小孔，並於像片後加註解。
7. 測量同時亦根據像片調查地名、疆界、道路種類等地物之資料，並加繪各種記號。

8. 航攝時由於氣流的影響、飛機之震盪，常難保持攝影機光軸真正垂直向下，因此需經過圖解法將原攝影像片改繪，或是用光學機器糾正法將原底片變像，使消去航攝時光軸傾斜之誤差，並配合測得之控制點資料，將各像片分別予以糾正，拼接成合乎比例尺之垂直攝影像片。
9. 將糾正後之像片加以複照成藍圖或像片圖，據之赴實地作調查，加測等高線以成地形原圖，並對航攝時之漏隙，或隱蔽地區，實施局部補測。同時將像片圖中的相關資料依照比例尺將所需之地物予以描繪，作為編圖所需的依據，此階段之工作稱為野外調繪測量。

## 二、地圖編繪

根據民國 60 年，由中正理工學院測量工程系出版之「地圖編繪學」，可得知當時的編圖原則、製圖流程，從而理解圖面資料所示之意，以及在當時的製圖技術下，其成圖的精度如何。

- (一) 蒐集編圖地區所需資料，包括舊有之各種地圖、照片、測量成果等，用為編圖的基礎。
- (二) 研究並分析蒐集之資料，依據編圖尺度，決定如何運用參考圖料編纂出合宜的地圖。
- (三) 施行圖面設計，選定適當的投影及方格網，擬定完備之圖式與有關整飾之項目。戰後 1 : 250000 以上的地圖，在北緯 84 至南緯 80 間使用橫麥卡托投影。圖幅中使用 UTM 1000 單位（公尺或碼）的方格網。
- (四) 圖幅線是由按照投影為基準計算而成之經緯線所組成，依據國際世界圖圖幅線系統規定，在緯度 0° 30' 間，1 : 50000 圖幅為東西經和南北緯各 15'，1 : 25000 圖幅為東西經和南北緯各 7' 30"。
- (五) 圖廓之展開與計算

### 1. 圖隅點座標計算

五萬分一地形圖採用世界橫麥卡托投影，將全球分為六十帶，每帶之寬度為經度六度，其座標與左右鄰帶各重疊三十分，成為重帶。於重帶部分之圖幅有兩種座標，一為本帶座標，一為重帶座標。

根據投影帶推算出中央經線度數，以求得圖隅點或測站之經度與中央經線

之經度差，依計算之圖隅點或測站之緯度（）為引數，代入世界橫麥卡托投影（UTM）計算公式，將經緯度換算成 UTM 方格的 X、Y 座標值。

位於中央經線以東： $X = 500,000 + X'$  公尺（ $X'$  為圖隅點與中央經線之 X 座標差）。

## 2. 圖廓之展開

利用垂線法或矩形法訂出方格網，將計算所得之圖隅點座標展繪於圖上，由圖隅點連接而成之經緯線，即所求圖幅之圖廓（圖 2-2 紅色線部分）。

圖 2-5 為 UTM 與其方格線的示意圖，一個投影帶（經差  $6^\circ$ ）邊緣的經緯線實際上並非直線，但小區域的製圖，例如一張圖幅  $15' \times 15'$  的五萬分一地形圖，其圖上經緯線可以直線視之。圖上控制點 A，需由大地測量所得之大地座標，透過 UTM 座標計算公式，換算成方格線的座標，於圖上相應位置標記，做為其他地物繪製時的控制點。

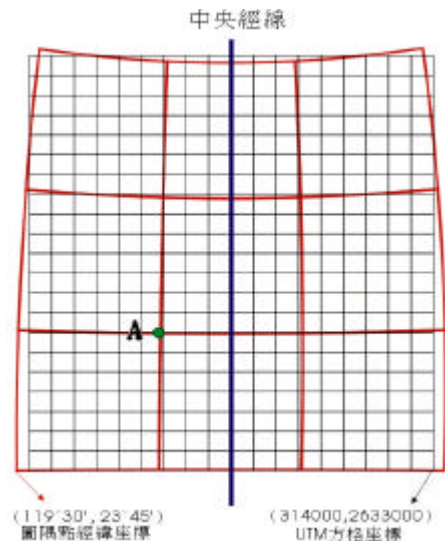


圖 2-5 UTM 座標示意圖

換句話說，當我們閱讀一張五萬分一地形圖時，其圖隅點標示之經緯座標為參考橢球上的球面座標，然四個圖隅點的相對位置，卻非橢球上的實際位置，而是經過 UTM 公式改算成平面座標後，在方格圖上繪製而成。例如要算出某圖幅的經線長，必須利用經線兩端點的緯度算出緯距，然後查 UTM 投影表算出此經線在橢球上的實際長度，而不能直接在地形圖上量出圖面上的長度，按照比例尺換算。此二者之差在於，前者算出為橢球上的經線長，後者算出為橢球經線投影在圖面上的實際距離。

(六) 確定編繪之方法，利用單色編稿或多色編稿，採取由舊有的基本圖料縮攝，或直接移繪等。

(七) 正式編繪稿圖，在保持新編圖之現時性的原則下，適切運用各項確定之資料。

稿圖之編纂，乃根據研判資料之結果，研究報告之建議，將保有或獲得之地圖資料、航攝照片以及其他地形資料等，作一綜合之選擇以編制新穎適用的地圖。地圖精度之好壞，完全取決於地圖之編纂，於編稿作業中有關各項誤差



之規定，務必嚴予遵守，稿圖中所用之記號，其中心與方向應力求與所代表地物之中心與方向一致。編稿作業所用之材料亦對精度有直接影響，應選擇具有準確性與穩定性者。

- (八) 圖廓的四周所著的圖例、比例尺、地球原子說明、方格資料、投影說明、海平面基準、圖料說明（編圖所用的資料說明）等資料，供作用圖者審定該圖的精度與價值，並協助其判讀地圖內容之用。
- (九) 編稿完成後需連同之前該測區之航照像片，到實地進行編稿圖精度之檢測。其方式為根據實地測量之平面和高程控制點，經過精密的化算，繪製於編稿圖上，檢測圖上地物與實際測量計算點之誤差。按照地圖投影上之地理位置，90%經檢測過之地物其誤差必須在 0.5mm 之內，任何不符合上述精度者，編稿不予採用。
- (十) 攜帶編稿圖、複蓋圖、航測照片、控制資料等材料，進行編稿圖與實地地物比對之野外調繪作業。
- (十一) 繪圖：經過以上之步驟完成之稿圖須經攝影、印藍、清繪（雕繪），製印及複審等，整個成圖手續才完成。

早期地形圖繪製的方式是將編稿圖攝成陰像底片，經裱鋅晒藍，分色清繪與剪貼註記後，在攝成複製的底片，才能用於製版印刷。民國 47 年以後，開始採用塑膠雕刻的方式代替筆墨分色分塗的繪圖法。其方法是利用表面塗有藥膜之塑膠片，流佈感光液後與攝影底片重合，經露光顯像後，塑膠版上即形成反形之圖像（陽像），依所需顏色，每色晒印一張，分色於塑膠版上雕刻出所需的線劃與記號，並剪貼註記，晒製成複製地圖的底片。

## 小 結

光復後地形圖的測繪，是經過航空攝影、大地三角測量、測區內導線測量、細部地形測量，並依據投影法將地物繪製於平面紙圖上，在測量儀器與技術的改良下，其測量精度較日治時期要高，相較於地圖套疊時可能產生的誤差來看，因為測量所造成的誤差影響有限。但是在繪圖方面，人為的誤差始終存在，筆者曾將 1951 年之美製多色圖與 1967 年之老五萬地形圖加以比對，發現採用相同橢球體和投影法的兩張地圖，其共同點虎仔山的三角點記號相對於 UTM 方格網的位置略不相同，檢視整個製圖過程，此部分的差異應是在於剪貼記號時造成位置的誤差。無論是早期利用模片描繪記號，或是後期

利用記號剪貼紙貼於圖上之點位，由於三角點是地圖的主要控制點，所需的精度較高，只要在圖面上有些許的位移，相對於測量精度的要求，其造成誤差將超過編稿圖對控制點的檢測標準。（編稿圖的平面控制精度為 6 公尺，圖上 0.2mm 在五萬分一比例尺地圖上相當於實地距離 10 公尺）。因此在評估地圖套疊比對工作之結果時，需考量因為剪貼記號所造成的誤差。