

◎陳忠軍／農林航空測量所資源調查課課長

### 一、羅盤儀在林業經營上的地位

林業經營管理，免不了要用到許多圖面。而台灣林地，大多位於崎嶇山區，在這種惡劣的地形內測繪林地，考慮到人力、效率及所需的圖面精度，輕巧耐用的羅盤儀（Compass），即自然被選為最佳工具，多年來一直沿用至今不綴，即連最近各種新穎的科技測量儀器，如雷射測量儀（CRITERION LASERS）及全球衛星定位系統（GPS），也無法完全取代它在林業上屹立不搖的地位。這並非新式測量儀器功能有何不及，而是羅盤儀基本一貫易學易用的本質，先天上就極適合台灣的林地環境，其價廉物美特性，更易為大部份林業人員所樂於接受。

不過任何測量儀器，使

用日久，終不免相沿成習，優良正確的使用習慣，會逐漸遭人遺忘。由它所測繪的圖面，如舊式的六千分之一林班基本圖、造林台帳圖、租地造林圖等，常遭人詬病，謂其精度不準，常滋生錯誤。此種論調，幾乎無日無之。其實這種現象，是羅盤儀背了黑鍋，所謂玉璧無瑕，懷璧其罪。有關造成此種現象的原因，當於後面說明。固然羅盤儀有其無法改變的精度限制，但如欲驟然以新式測量儀器，全盤瓜代，恐亦有犯雞進之虞。

個中原因，經作者十餘年來推介電腦化「羅盤儀林地測繪系統」（S511）的使用，及在各種不同研討會場合所做的實證說明，應已稍有澄清。如今林地測繪環

境，已較昔日改善甚多，儀器樣式已不固定於羅盤儀一種，資料處理方法也可機動選擇。因此林務局新進的年青同仁，須面臨許多的工具選擇，也有繁簡不一的電腦軟硬體可利用，尤其套疊新舊圖面，更要處理精度不一的成果，可能會有有些茫然，甚至有不知從何正確著手之感。所以本文即在配合最近完成的視窗九五版新「羅盤儀林地測繪系統」啓用，針對其能搭配的各種新式測量工具考量，做一說明，以使人們對林地測繪作業，有完整認識，使其應用，更臻完美。

### 二、測繪系統軟體的沿革與變遷

衆所皆知，羅盤儀測量分外業與內業。外業主司拿

測量儀器到現場施測，須爬山涉水，流血流汗，勢所難免。內業職司將測量外業所得的數據，做展繪與計算，但因林業界展點所用的比例尺，大都小至六分之一或五分之一，對眼力與心力，也是一種僥勞。所以二者同樣辛苦與重要，且是互為表裡，相輔相成。

要測繪成果精準美觀，外業須全力以赴，內業也須盡心盡力。但業務上使用成果時，一般人見到的，仍以最後的圖面居多，所以加強內業展圖的方便、快速與準確，便首先引人注意。林務局即因此早在民國63年個人電腦未出現前，就用大型電腦上的FORTRAN IV語言，設計一支處理羅盤儀測量數據的程式，可說是此一作業電腦化的濫觴。

不過這支程式的使用度不高，原因是它須先將測量的「方位角」，換算成度、分、秒，才能打成80欄的卡片，輸入電腦計算。而計算導線面積時，碰到誤差大於1/300者，報表會用英文印出

「誤差太大，請重測」的字樣，且不計算面積，更無法繪圖。而最不方便的是，當時的電腦是林務局與其它單位，共同分時租用的大型主機，作業前，測量資料須先抄成專用的輸入表格，寄到局本部資訊作業單位，才能再送往電腦公司處理，所以當時知道有此項電腦化工作者，甚為稀少。

至民國71年，個人電腦剛萌芽，作者所屬的文山林區管理處（現新竹林區管理處）新購一台八位元的日製

PC 8001A小型電腦，才首度可用其N88BASIC語言，研究設計處理羅盤儀測量的程式。而當時因繪圖儀（Plotter）極為昂貴，欲用其繪圖，幾無可能，故經嘗試用當時僅有的九針點矩陣（Dot Matrix）印表機，模擬人工展點的做法繪圖，才一舉解決了無繪圖儀的困擾，這是初版的雛型系統。記得當時一個330個測點的導線面積測量，即需耗時33分鐘才能畫完，如圖一。但這已是當時唯一能用廉價設備，自力用電腦處理的系統。



圖一 九針點矩陣印表機繪製之初版系統

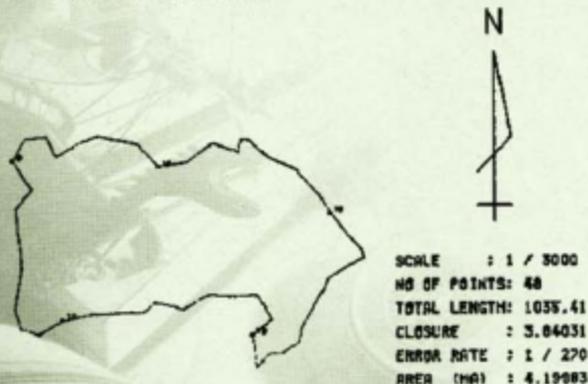
民國73年，作者調至林務局森林經理組，從事經營檢訂調查工作，因檢訂工作需要處理大量的文數字資料，藉業務上需申請二套 NEC-9800 個人電腦之便，附帶購置一台日製 WX4675 型的 WATANABE 小型繪圖儀，原羅盤儀測量程式才有機會據此真正改寫成使用繪圖儀，產製所需圖面的次版系統，如圖二。至此整個測量內業，才初具規模，可進入推廣使用階段。而鑒於當時使用羅盤儀測量業務最多者，首推造林地的預定地勘測及新植驗收，故當時的造林組及森林經理組即行派員，分赴當時的13個林區管理處，個別針對現場測量人員，講解測量電腦化的種種

有關事項及實務上應行配合改變的觀念。

民國75年，林務局改自租王安 VS 80 中型電腦，同時有餘力花33萬元購買當時最新的王安微寶 8086 十六位元個人電腦。當時為提昇舊程式效能，改善作業效率，整個系統再一次改用微軟的 MBASIC 語言重寫，並依執行功能，分成三個模組，同時加入導線「重組」及「切割」等功能，以因應來自各林區管理處的需求，這是再版的系統。惟因當時電腦仍然昂貴，無法普及，各管理處有需處理的測量資料，仍需先抄入輸入格式後，逕寄經理組電腦室，由專人輸入、處理、繪圖，再將結果寄回使

用。整個流程雖需透過郵寄，稍嫌緩慢，但因已不必用人工展繪計算，效率大幅提升，電腦化測繪觀念，也漸為同仁們接受。作者印象最深者，曾有玉里林區管理處的同仁，在年終造林地新植驗收繁忙之際，一大早專程攜帶20餘塊新植造林地的測量資料北上，當天下午即處理完竣返回，於最短時間內，可完成昔日非3天不能做完的工作，且成果正確美觀，其欣喜之情，溢於言表。

民國78年時，國產十六位元電腦已大為流行，林務局也有充裕經費，購置電腦及繪圖儀，配發各林區管理處使用。在此之前，個人電腦仍以英文為主，介面還是英文，而今為方便同仁們自行操作系統，故整個系統復用當時已極普遍的 Turbo Pascal 語言，重新再編譯一次，務求徹底中文文化，以利推廣，是為第四版的系統。在此期間，系統雖已推廣至各管理處使用，但遇有問題時，經理組仍會派員，分赴各該處協助解決，故迄未辦



圖二 以 WATANABE 小型繪圖儀繪製之次版系統

理正式的推廣教育訓練。只因測量作業向為例行工作，幾無間斷，故仍能照常持續使用無礙，而系統功能也在同仁們不斷的反應中，日漸修改增益，「導線網」即於此期間加入。

民國81年左右，個人電腦雖流行視窗（WINDOWS 3.1）操作系統，該系統仍維持DOS版繼續使用。但圖形使用者介面，畢竟較為吸引人，視窗軟體日漸增加，各管理處電腦的DOS版軟體，漸趨減少。此時系統推廣，也已面臨瓶頸。

因為DOS版的繪圖部份，必須用到繪圖儀，而要將系統在林務局內，再擴大推廣至各工作站，單是新購繪圖儀，即有龐大經費的困難。故作者又將其再改為視窗版，如圖三，以便利用視窗環境軟硬體分離的功能，藉視窗標準元件的印表機驅動程式（Printer Driver），取代繪圖儀，輸出圖形。因為任何電腦大都搭配有印表機，系統經此一改，障礙全消，推廣容易。

當時改版是用甫推出上市，以設計功能強勁，有Visual Basic 殺手之稱的Delphi V1.0版設計，此即第五版的系統。完成之後，因作者已調至農航所，故僅於各林區管理處要求時，才個別提供使用。至民國85年9月，始藉推廣「基本圖資料系統」(S520)之便，正式一齊向全局8個林區管理處推介分發。所幸DOS版與視窗版的資料檔，完全相容，故於全局各單位間，二者通用，併行不悖。

視窗九五流行後，它三

十二位元軟體的高級處理方式，逼使舊式的十六位元軟體，漸遭淘汰，且DOS環境已不再獲微軟公司支援。更重要者，軟體整合做法，業已充斥於九五環境內，漸成未來軟體發展主流。十六位元視窗軟體於此，已感捉襟見肘，為避免「羅盤儀林地測繪系統」終亦遭淘汰，並順應高階系統發展趨勢，視窗版系統自流傳之日起，即計畫更新為三十二位元系統。所幸Delphi業已同時更新為3.01a版，其對三十二位元軟體技術的支援，更是表



圖三 羅盤儀林地測繪視窗

現得淋漓盡致，整個舊系統改版之舉，歷時2個月即完成。系統內更加入處理全球衛星定位系統(GPS)的數據及自動產生1/5000「基本圖」圖框的功能，使其能在處理羅盤儀測量資料之外，亦可將成果配合時尚流行的地理資訊系統(GIS)使用。整個系統終於在民國87年6月，透過林政管理組推廣保林業務時，首度正式向各林區管理處的保林人員，推介使用。

### 三、電腦化測繪應有的觀念

羅盤儀林地測繪系統，嚴格說來是一種工具軟體，所處理的資料量不多，但處理功能與林業專業有關，市面上很難找到能貼切符合此項業務需求的套裝軟體，故系統從一開發使用以迄最近，都由局裡同仁，研發設計及維護，機動地配合業務需要，更新改進。所以從第一版到最近第五版的功能內涵，都能隨業務需要發展，也能隨電腦軟硬體技術改良，與時俱進。十餘年來，這個系統在實務上，對工作效率提昇，幫助極大，但同

時也突顯了一些過去被視為理所當然，但實際上卻不一定正確的觀念與事實：

#### (一) 測量數字的正確性，一直因人工繪圖作業影響，未受重視。

過去人工展點所用的比例尺為六千分之一。在這種小比例尺情況下，不管人們如何仔細精調展繪工具，測量數據上的小數，均無法真確反應到圖上。所以「方位角」、「高低角」、或「斜距」等，都能達到人工可以輸出者為滿足。最常見者如「方位角」僅記至整數或半度、「高低角」小於5度者，即以抬高或壓低測繩，取其水平而以0度估計、「斜距」亦僅記至半公尺，因再予細分，也無法畫出等等。即測量數字在記錄時，就以人為主觀截奪掉部份正確的數值。這在以處理數字為主的電腦系統裡，自是一種錯誤。不過經晚論此種道理後，施測成果大都立能改善。如今明於此理者，再也不會視1/300的允許閉合差(Closure)高不可攀了。

#### (二) 測量注重單一區塊面積

的成果，未具整體圖面觀念，難以落實套圖整合工作。

林地測繪，大都以尋求面積為主，對其準確的圖面位置，大都留待事後再考量。實務上，這也是因為要測量一條定位用的引線，有時所耗費的時間和精力，要大過測量面積本身。當面積測完，眼前的業務需求，大致亦即完成，至於套圖整合，畢竟為後事，非當務之急而予忽略了。此外，林地內的測量控制點，稀少難覓，也是助因。另外，所有方位角常忽略校正磁北偏角，也是造成套圖失準的另一原因。鑒於磁北偏角的有無修正，只會影響成圖位置，不會改變面積大小。用此觀點檢視舊日用羅盤儀測繪的長距離林班界，或造林台帳圖內的造林地重疊情況，即不難推斷，為何這些圖面會有如此巨大的誤差。不過自民國75年後，農航所測製的航照「基本圖」及「林區圖」，隨時都可提供無所不在的輔助控制點及磁北偏角修正值，應足可彌補。至

於全球衛星定位系統的利用，就更不必贅言了。

### (三) 測量誤差的正確修正方法，未能深植於測量者徹底執行。

羅盤儀測量的誤差修正 (Balancing)，比起正統測量的平差 (Adjustment) 方法，僅能算是一種誤差比例配賦。但不管「羅盤儀法則」、「經緯儀法則」或「君島法則」，若能正確徹底實施，對大小面積的施測成果，都會有一視同仁的客觀效果，不過要真正做到比例配賦，若無電腦協助，很難達成。試想於 1/300 的閉合差範圍內，每條測線的修正量，大都只有幾公分而已，計算都極繁雜，惶論要人工輸出。所以昔時所謂的誤差修正，大都含有或多或少的權宜變通，不是將測線做平移，就是增減測線長度，而非逐條測線修正，這種情況最常見於大面積的測量。作者曾多次對照人工與電腦處理的成果，屢見不爽。

以上所述三項：忠實取

得測量的數據、建立整體圖面的測繪、及貫徹實施誤差的修正，俱屬羅盤儀測量的專業觀念，於今透過「羅盤儀林地測繪系統」，均已可輕易做到。若仍沿襲舊法，草率施測，徒賴電腦，即欲產生業務上所需的成圖資料，不僅誤導科技用途，亦置系統功能於誤用之地。在此另需剴切叮嚀者，為外業測量的正確性，仍最重要。正常產生的測量「誤差」(Errors)，電腦系統或可予以消除，但外業的「錯誤」(Mistakes) 做法，則需竭力避免。這是使用電腦系統，處理測量資料必先牢記在心的基本觀念。畢竟電腦系統只能在測量內業上有所幫助，外業仍需人們正確實施。至於有關如何提高測量精度，可詳閱「台灣林業」第 19 卷第 1 期彭錦奎所著之「林地測量與座標製圖」一文。有關雷射測量儀之檔案如何併入本系統使用，可參閱「台灣林業」第 22 卷第 4 期「改進林地測繪技術—雷射測量儀的應用」一文。

## 四、新系統的建立與功能

新系統是延續舊 DOS 版及早期 WINDOWS 3.1 視窗版功能，更新開發的，為一個專為處理羅盤儀林地測量資料的應用系統，適合在個人電腦的視窗九五操作環境下執行。其前身在林務局及所轄各林區管理處內，流傳使用，歷經八位元、十六位元，以迄 Pentium 等三十二位元電腦至今，為因應不同時期不同電腦性能需要，軟體本身業經五次改版重寫。所用的繪圖設備，也由繪圖儀改至印表機。目前的版本為用 Delphi V3.01a 設計的第五版。軟體雖曾改版，介面容已有所改變，但所用的資料檔卻仍保持完全相容。亦即不管那一版系統所建的資料檔，都可在其它版本內使用，不須做任何轉檔或修改。

實務上，舉凡用羅盤儀「逐點前進法」測得的導線資料均可使用本系統。處理後的成果可用印表機列印，也可將計算出的導線座標，存成系統專屬的 ASCII 檔或 AUTOCAD 的 DXF 檔，螢幕

顯示的影像 (image)，也可存成點陣圖檔 (Bit Map File)。操作系統時，均採用鍵盤按鍵或滑鼠。輸入的資料，除少數檔名須用到英文外，其餘都用數字。系統修正導線閉合差，採用改良過的「羅盤儀法則」(Compass Rule)，以求快速明瞭。計算面積，採用「座標法」(Coordinate Method)，所使用的長度單位為「公尺」，精度至「公分」，面積單位為「公頃」，精度至小數點第6位。整體言之，作者仍需強調，使用者最好具備羅盤儀測量的常識及座標觀念，以便能充份發揮系統內含的功能，包括：

1. 可將導線測量資料及必要的說明文數字，建檔儲存。
2. 提供編輯新建或舊有導線資料的界面。
3. 可拆解 (Separate) 及重組 (Reorganize) 一條或多條單一導線，同時自動實施必要的測向反轉 (Reverse) 及連接 (Link)，以存成新的單一導線檔。
4. 可將單一導線經過嚴謹的控制設定，予以連接，建

成控制檔，以便整合繪圖及修正。

5. 導線的閉合差 (Closure) 修正，可在操作時，由使用者決定是否實施。
6. 可繪製二種導線圖及列印六種輸出報表。

上述功能分成「單一導線」、「導線重組」及「導線網」三個模組建置，繪圖部份，則由系統自動連結另一個自成獨立系統的「簡易繪圖」模組執行，這也是「單一導線」及「導線網」模組會共享的部份。各模組的使用時機及內容，約略概述如下：



#### (一)「單一導線」模組

線段	方位角	距離	面積
0-1	34.90	2.30	12.92
1-2	63.50	1.20	24.34
2-3	315.80	1.50	31.90
3-4	358.20	0.00	10.24
4-5	334.80	0.00	27.76
5-6	342.50	1.80	16.53
6-7	357.20	0.00	15.63
7-8	44.90	2.80	10.87

圖四 單一導線 (一)

本系統的「單一導線」是指從「起點」到「終點」的測量導線 (Traverse)，所有測線 (Lines) 均首尾相接，且保持同一測向，中間無任何其它分叉導線進入或接出。其資料來源，除現場實測外，亦可由其它「單一導線」藉「導線重組」連接或切割產生。它是系統最基本的線段，也是組成「導線網」的單元線段。如果一個測量是由許多條導線構成，則必須先將它們各別建成單一導線檔後，再行處理。惟須特別注意的是，導

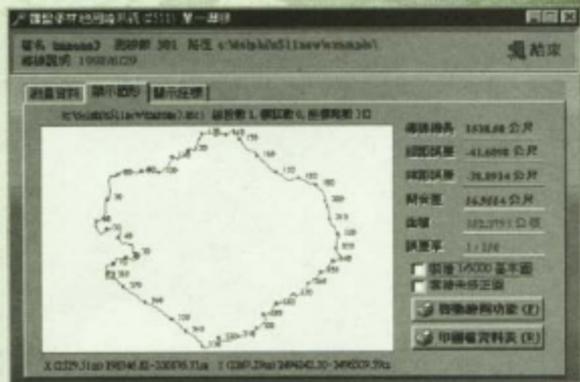
線「起點」的編號為0，不是1。

所測的導線，若能取得起終點的TM二度分帶座標輸入，系統還可立刻套繪出其座落的「基本圖」或「林區圖」圖框如圖六。這種圖框的座標精度至公分，與農航所製圖的精度相埒。如再透過系統功能，將其存成 DXF 檔，也可與一般的地理資訊系統整合。

## (二)「導線重組」模組

導線重組 ( Traverse Reorganization ) 的目的，在連結 ( link ) 或切割 ( separate ) 已建好的導線檔，重新組合成一條完整的單一導線儲存，以供計算面積或其它目的的使用。每次重組，只能產生一條新的單一導線，儲存後立可使用「單一導線」模組處理。

本模組最常使用的場合是，接合包抄圍測林地的兩條基本導線。因為林地面積測繪，大都是由一條完整的閉合導線完成，兩條包抄圍測的導線起點大都相同，但



圖五 單一導線 (二)

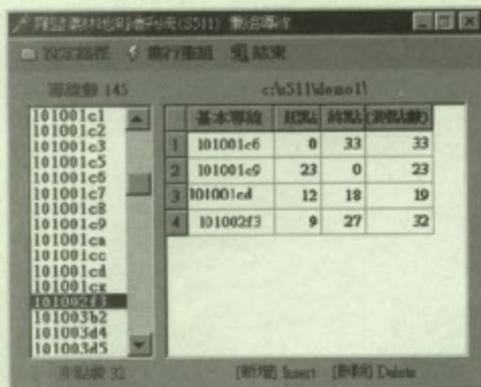


圖六 單一導線 (三)

測量方向不一定相同，此時即必須將它們連成一條完整且測向一致的導線，才可在「單一導線」模組內處理。

又如面積測量時，雖也是用由一條導線完成，但因其中部份測線屬於引線，不

全是圍圍封閉面積的線段時，也須用導線重組，先將圍圍封閉面積的線段，一起切割出來，另存成單一導線，再用「單一導線」模組，修正閉合差及計算面積。至於若欲同時將引線及面積閉合導線計算並繪出，則屬



圖七 重組導線

「導線網」範疇，應在該模組內處理。

其它如測量時，多條導線間有盤根錯結的連接關係，但使用上僅要其中某個由數條線段圍成的面積區塊 (polygon) 時，也可用導線重組，先將組成該區塊的線段抽出，組合成單一導線檔，再進行閉合差修正及面積計算。當然，若欲同時將所有導線繪出並計算圍成的面積，也屬「導線網」範疇，應在該模組內處理。

### (三)「導線網」模組

「導線網」是由「單一導線」組成。如果測量的導線構成一個網狀，其中某條導

線的情形時，即屬「導線網」的範圍。



圖八 導線網

處理導線網的先決條件，仍是先將各別的導線資料，建成單一導線檔，再用本模組設定「控制檔」處理。設定控制檔時，首先應選擇

線的端點，落在另一條必須先修正誤差的導線上，或是圍圍的林地面積，超過一塊，且有互相毗鄰共用邊

導線的連接順序，使之聯結成一個導線網，再據以設定計算面積的控制方式。要正確連接導線，現場施測所繪的「草圖」，必須隨時備安在側，提供參考，否則難以入畫。輸入導線資料時，須特別注意導線的「起點」編號也是0，不是1。計算面積時，連接的導線行進方向，必須維持一致，不能中途轉向。圖九即為文山事業區內，由前羅東處吳逸達先生測繪的一個連接34條導線的「導線

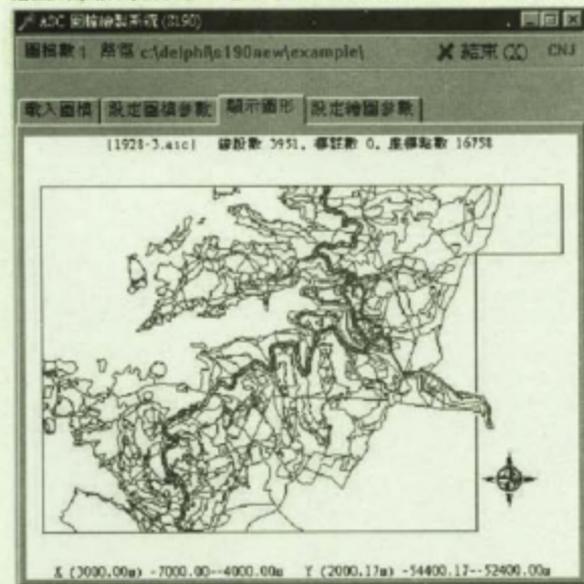
網」實例。有關其操作方法，稍為麻煩，欲進一步瞭解者，須詳閱使用說明，此處不贅。



圖九 導線網圖例

#### (四)「簡易繪圖」模組

這是系統進入視窗階段後，專為取代繪圖儀，改用印表機繪圖所設計的新模組。它最早採用微軟公司的 Visual Basic 設



圖十 簡易繪圖圖例

要功能在顯示圖形，及將圖檔送到印表機，繪成具準確比例尺屬性的圖面，此外也有轉換圖檔的功能，圖十即為由林務局保安林課林飛亮先生提供，直接從EMAPS軟體載入的EMP檔，所繪出的保安林圖。整個系統為一支不到700K的小執行檔，可單獨執行，也可供其它程式調用。本系統及「基本圖資料系統」(S520)即靠本模組擔任繪圖功能。惟不管單獨執行或被其它程式調用，執行方式，大致相同，操作規則也都遵循視窗環境的規範。整個執行過程分成「載入檔案」、「設定圖檔參數」、「顯示圖形」及「設定繪圖參數」第四個階段進行，但不一定得依此順序操作。為免文章篇幅超限，有關本模組的功能，當另為文介紹，此處僅做概略提示。

## 五、系統與其他測量資源的整合應用

大部份的林地測量，都有明確的任務目標，能適切達成目的，最為重要。而林地測量要求的精度都不甚高，試以測量新植造林地，

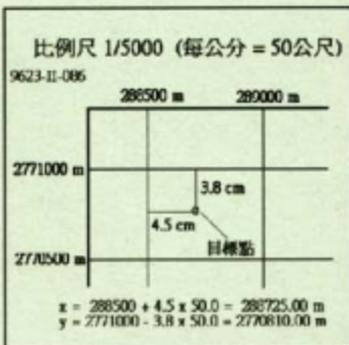
並將之套繪進「林區圖」或舊式的「造林地籍圖」為例，若定要尋覓高精度的圖根點為控制點，並要測達誤差率至公分的極限，可能就近吹毛求疵。因為這種測量原即非輻錄必較的地籍測量，背景圖亦不能符合這種標準，定此高標，無異徒耗人力與時間。所以配合目標，慎選可用的工具及方法，不拘泥於特定儀器，還可得道多助，順利完成工作。

測量工作的背景圖面，是極為重要的參考資料。過去僅有六分之一林班基本圖的時代，每次做測量，尋覓參考控制點是椿苦差事。若非對施測週遭環境極為熟悉，要正確標示施測起點，不是要從附近三角點或圖根補點，引測定位導線，就是要多測一段地形地物輔助線，以便事後套疊舊圖時，當參考控制線用。這種情形因航照基本圖的出現而大為改觀。

因為不管是「林區圖」或「基本圖」，圖上清晰的地形地物影像就是一種極方便的

控制點，配方合格線量測，圖上任何點都可以據以推算二度分帶的平面座標，如圖十一。將之鍵入系統的「起終點座標」欄，繪出圖面即可套繪「基本圖」圖框，可說方便至極。在一般林業測繪用途上，以此方法測量者已足夠應

用，可惜尚有許多同仁仍未予重視，徒讓這種方便又精準的航照圖東之高閣。



圖十一 施測起點實例

至於全球衛星定位系統 (GPS)，這是另一極端科技性的工具，以之求取控制點



圖十二 阿里山事業區山英種植地測繪圖

座標，可說是林業上的最佳用途。若過份強調其「動態測量」的功能，以一般林地高低起伏，林木枝椏密佈的情況言之，隨時都會遭逢困難。圖十二即為嘉義林區管理處奮起湖工作站廖錦偉先生最近施測提供的，阿里山事業區內山葵種植地的測繪圖。它的每塊種植地都是用羅盤儀測量，但配合用 GPS 測取週界上某一個測點，經差分推算出 TM 二度分帶座標後，透過本系統計算，再用「簡易繪圖」模組套疊繪出

者。這是未測量連接引線，充分利用 GPS 固定圖幅位置的範例。詳閱圖下的座標範圍，當即可知其為 TM 二度分帶座標無誤。

## 六、結語

自首次研發「羅盤儀林地測繪系統」至今，已歷 16 年。它的軟體生命週期，幾與個人電腦同時成長。而一個政府行政機構內，供業務使用的工具軟體，能歷經如此長時間的考驗與改變，迄仍存在應用者，殊不多見。

而這段期間，林業經營型態，已多次變化，測量環境也進入新階段，林務局內從事測量工作的同仁，也都世代交替。惟一仍不變者，應是作業方式需再求精進，提高效率，以便測取更精準的成果，輔助建立高水準的林業地理資訊。在此方面，本系統深盼局內後繼新進人員，能於林業本業之外，對有關測量與電腦軟硬體應用技術的研發，同時專心鑽研，俾能長保系統功能與實際用途，密切配合。■

# 檢舉貪瀆 人人有責

檢舉信箱：台北市郵政第84-2號

檢舉專線：(02)23417808

傳 真：(02)23517914

電子信箱：m5511@forest.gov.tw