

# 從二次霧社水庫集水區 航測調查探討航測技術的發展

◎吳麗娟／林務局農林航空測量所技士

## 一、前言

「農林航空測量所」(Agricultural and Forestry Aerial Survey Institute)是國內航測製圖、測量及資源調查等重要資料的生產單位。其前身是隸屬於農村復興聯合委員會(農復會)的「森林資源調查及土地利用航測調查隊」,是爲了配合始於民國43年的全國第一次森林資源及土地利用調查而成立。其後,曾隸屬於台灣省農林廳,名爲「農林航空測量隊」;在民國62年,改隸台灣省農林廳林務局,71年改組命名爲「農林航空測量所」(下文簡稱農航所)。農航所主要辦理台灣地區大比例尺像片基本圖測製、農林航測調查及遙感探測業務(1994,農林航空測量所簡介)。四十多年來,辦理過許多農林航測調查的工作,本文就農航所在民國77、82及86年各別辦理霧社水庫集水區土地利用、崩塌地航測調查,所建立的地理資訊系統,看台灣地區在10年間,土地利用之變遷與遙測技術及資料處理技術之發展。

## 二、前人研究

霧社水庫集水區位於濁水溪上游,奇萊山南側,屬高海拔地區。水庫主體工程爲長114公尺,高77公尺之曲線重力式混凝土壩,興建於民國48年,蓄水容量爲一億四千五百萬立方公尺。水庫涵蓄之水源主要在提供萬大電廠發電,並調節日月潭水量,再供大觀、明潭、水里及鉅工等電廠發電,亦兼具灌溉、給水、防洪、觀光等功能。

惟本區地形陡峻、土質鬆脆、土壤條件不佳,且地震、颱風頻繁,在豪雨集中的氣候環

境與近年來大量農民湧入區內擴增栽植高冷蔬菜、花卉、溫帶果樹、茶樹等經濟作物後，使得土地利用型態急速轉變。在林地超限利用嚴重、農地不當使用與水土保持未能配合實施的情況下，造成集水區內土壤經常崩塌，表土嚴重沖蝕與流失，水庫淤積日趨嚴重，已危及水庫功能與壽命。

為正確掌握集水區內土地利用變遷情形與有效掌控水庫淤砂量，並期建立輸砂模式，臺灣電力公司遂於民國 38 年起開始宣導及推動本集水區之保護工作，且於民國 42 年設立電源保護站，民國 76 年 5 月起更積極參與省府成立之治理與管理專案小組，並配合處理集水區防砂工程。包括調查規劃、設計、溪流整治、蝕溝控制、崩塌地處理、農業輔導、水庫保護帶經營、苗圃育苗、各種試驗研究及對外聯繫、協調等工作。

本集水區自民國 42~86 年止，已先後完成五次調查工作：

第一次：農復會，民國 42 年霧社溪集水區土地利用及崩塌地調查。

第二次：農林航空測量隊，民國 52 年霧社水庫集水區土地利用調查。

第三次：農林航空測量所，民國 77 年霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查。

第四次：農林航空測量所，民國 82 年霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查。

第五次：農林航空測量所，民國 86 年霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查。

本報告是針對最近三次的調查作研究，探

討這十年來，台灣地區在遙感探測 (Remote Sensing) 技術及資料處理技術上之發展。最近三次的調查均以航空照片及大比例尺像片基本圖，實施土地利用現況與崩塌地調查。並將航照判讀、描繪、現場勘查、校對、轉繪。最近兩次的調查更將調查結果予以數化、建檔、統計及分析等所得資料，提供臺灣電力公司對本集水區未來可能利用之趨向，作有效管理規劃與水資源保育利用及其他研究、參考之用 (1997, 霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查報告)。

### 三、調查及資料建檔之方法

#### 3.1 民國 77 年

##### 3.1.1 調查方法

###### (1) 資料蒐集

於民國 76 年，以 RMKA 15/23 及 RC-10 航空攝影機拍攝航空照片，其比例尺為 1:17,000，供判釋之用。底圖是使用農航所測製的一萬分一像片基本圖共 17 幅，再配合聯勤測量署測製的五萬分一地形圖、林務局的林班圖、原住民保留地範圍圖、農場用地範圍圖及地籍資料等以進行調查轉繪工作。

###### (2) 航照判釋

在照片有效覆蓋區域內，使用立體鏡觀察判釋，依據照片上影像之形狀、大小、色調、組織、蔭影、排列形態、及物體相關性、生育地等特徵辨別各類土地利用現況並在照片上用油性細字筆描繪土地類別界線加註代碼以便轉繪在像片基本圖

上。現列點說明航照判釋的因子：

#### a. 形狀 (Shape)

有關個別物體的外形、形狀，如五角大廈，其獨特的五角形；如針葉樹之樹冠多呈圓錐形，且有明顯尖頂；又如闊葉樹多為鐘形或橢圓形，呈不規則形狀，且無明顯尖頂。

#### b. 大小 (Size)

在判釋時，需要考慮航空照片的比例尺，如一小型的貯存棚，可能會誤判成大穀倉；又如公路、產業道路、小徑等可依照片比例大小判讀其寬度以分別種類。

#### c. 排列形態 (Pattern)

地上物體之排列情形，常因人為或天然而不同。如美國的露天汽車電影院 (Outdoor Drive-in Theatre)，其特殊的形狀和停車場的排列形狀可當判釋的依據；如造林地和果園呈規則排列，單株則呈團粒狀；又如山地水田 (梯田)、蔬菜地多呈平台階狀，天然林則參差不齊。

#### d. 色調 (Tone/Hue)

根據航照上影像之色調深淺可判讀物體種類，表面粗糙之物體，其色調較深，如森林；平滑的物體如田野、草地、道路等色調較淡；崩塌地及露岩之色調較為灰白。一般植物在黑白

航空照片上的色調深淺依次為：針葉林→闊葉林→灌木→高草→矮草。茶園因其明顯排列，色調較深，織地較粗，易於識別；草地則分布在山嶺或荒蕪地，影像色調淡，織地細，易與森林區別。

#### e. 組織 (Texture)

像片上影像組織係由一群微小而不能像片上一一辨認的細小物體所產生色調變化的頻率。一般而言，組織越細，則色調愈淺，通常分為光滑、細緻、粗糙、極粗糙等四類。如水面在像片上之組織較為光滑，稻田較為細緻，草地或竹林較粗糙，森林則極粗糙。

#### f. 陰影 (Shadows)

根據像片上物體投射之陰影，亦可判認物體的大小及形狀。如針葉樹有尖長樹冠，常造成長陰影，色調深，組織亦較粗糙，與呈扁平樹冠之闊葉樹陰影形狀不同。

#### g. 生育地 (Site)

生育地之環境因子在農林像片判釋上佔極重要地位，林木或農作物之分布因受生育地的限制而有所影響。例如地勢高度、地形、土壤因子等均可作為判釋的依據。本集水區上游原始林以冷杉、鐵杉、檜木、松類之分布為多，中游則以人工針闊葉樹林為主，

而原住民保留地及農場用地內則多栽種蔬菜、茶、花卉、果樹等經濟作物。

#### h. 物體的相關性 (Association)

大多數地物附近，常有些相關的物體存在。如學校必有運動場，藉以辨別 (Lillesand and Kiefer 1994, 農航所 1991)。

#### (3) 現場校對及轉繪

在室內完成航照判釋後，發現有疑問或難以判定之土地利用類型時，前往現場實地勘查與校對，現場校對時，土地利用類型界線，如發現判讀錯誤則以不同顏色之油性細字筆予以修正並轉繪在像片基本圖上。

#### (4) 清繪製圖

共使用 17 幅一萬分一像片基本圖。轉繪完成之基本圖經審查無誤後，在基本圖上覆蓋透明膠片，在其上描繪所有權別界線、土地利用類型界線、道路崩塌地位置河流與其他以完成清繪作業。繼而合併 17 幅一萬分一像片基本圖，將其縮小複製為比例尺五萬分之一之圖供使用。

#### (5) 面積計算與資料統計

在透明膠片下放面積板，用人工數點之方式計算每塊多邊形之面積，再綜合一幅圖內各種土地利用類型的總面積，繼而統計整個集水區之各種土地利用類型的總面積。

### 3.1.2. 資料建檔的方法

當時並無正式的使用電腦建立地理資訊系統，而是用人工清繪一幅幅的透明膠片後，合併縮版，製成一定比例的接合成果圖。面積資料是用面積板套在透明膠片，逐點數面積板上的點數，然後歸類相同土地類型的面積以作統計，進而統計整個集水區的面積，最後，所得的資料是用 PE-II 文書處理軟體製成表格報表。(農航所，1988)

## 3.2 民國 82 年

### 3.2.1. 調查方法

#### (1) 資料蒐集

於民國 81 年，以 RMKA 15/23 及 RC-10 航空攝影機拍攝航空照片，其比例尺為 1:17,000，以供判釋之用。底圖是使用農航所測製的一萬分一像片基本圖或五仟分一林區像片基本圖共 45 幅，再配合聯勤測量署測製的五萬分一地形圖、林務局的林班圖、原住民保留地範圍圖、農場用地範圍圖及地籍資料等以進行調查轉繪工作。

#### (2) 航照判釋

方法大致與前次相同，另加參考森林檢訂、造林台帳等相關資料予以土地利用分類。

#### (3) 現場校對及轉繪

在室內完成航照判釋後，發現有疑問或難以判定之土地利用類型時，前往現場實地勘查與校對，現場校對時，土地利用類型界線，如發現判讀錯誤則以不同顏色之油

性細字筆予以修正並轉繪在像片基本圖上。

#### (4) 清繪製圖

共使用 45 幅五十分之一像片基本圖。轉繪完成之基本圖經審查無誤後，在基本圖上覆蓋透明膠片，在其上描繪所有權別界線、土地利用類型界線、道路崩塌地位置河流與其他以完成清繪作業。

### 3.2.2 資料建檔的方法

首先以 Context Fss 5000 掃描機掃描清繪透明膠片，再使用 Cadcore /Tracer V4.0 掃描資料向量化轉換系統軟體，將資料轉成向量檔，再轉成 Arc-Info 系統格式作修圖、接邊、接圖，統計疊合並繪製不同比例尺及不同套疊資料的主題圖。是次的資料是真正建立地理資料系統資料庫。這次是以外包方式，由廠商完成建檔工作。

### 3.2.3 軟硬體之設備

#### (1) 軟體

PC Cadcore/Tracer V4.0

PC Arc-Info V3.4D

#### (2) 硬體

80486 個人電腦

Context Fss 5000 掃描機

Calcomp 2024 筆式繪圖機 (農航所, 1993)

## 3.3 民國 86 年

### 3.3.1 調查方法

#### (1) 資料蒐集

於民國 85 年使用航攝飛機是 Beech200 型與 Beech350 型雙引擎飛機，空中攝影機為 RMKA15/23 及 RC-10 空中攝影機(焦距各為 15cm，像幅 23cm 見方)。像片比例尺約一萬七千分之一，以供判釋之用。底圖是使用農航所測製的一萬分之一像片基本圖或五十分之一林區像片基本圖共 45 幅，再配合聯動測量署測製的五萬分之一地形圖、林務局的林班圖、原住民保留地範圍圖、農場用地範圍圖及地籍資料等以進行調查轉繪工作。

#### (2) 航照判釋

方法大致與前次相同，另加參考森林檢訂、造林台帳等相關資料予以土地利用分類。

#### (3) 現場校對及轉繪

方法大致與前次相同。

#### (4) 清繪製圖

本集水區範圍共涵蓋四十五幅五十分之一像片基本圖(內含一萬分之一基本圖放大圖壹幅)。由於在現場校對及轉繪時，已把判釋結果等，分版描繪其集水區範圍、土地所有權別、小集水區、道路、土地利用類型(河流、崩塌地位置)等界線，以完成清繪作業。轉繪在像片基本圖上覆蓋的透明膠片上，無需再由清繪人員重新清繪一次。

### 3.3.2. 資料建檔的方法

使用 PC Arc-Info 依據圖面數化完成調查成果，轉至 Sun 工作站，用 Arc-Info 進行整合，統計分析其全集水區內各土地所有權別、各小集水區之土地利用類型、崩塌地等面積，並編製資料統計表，供本集水區治理、管理、規劃參考應用。

為配合集水區經營治理規劃及水資源保育管理需要，除繪製五千分一調查成果圖外(土地利用型圖)，提供林區像片基本圖、等高線圖各四十五幅，並使用 Arcview 繪製不同比例尺之主題圖，供參考應用，又統計資料是從 Arc-Info 檔格式轉至個人電腦的 Excel 軟體作細部的統計，分析並製作圖表，而且整本報告是首用 Word 及 Excel 完成文字方面的資料，附圖則使用 Arcview 繪製 A4 大小的成果圖完成。

是次的作業由農航所完成所有電腦化工作，建立了地理資訊系統資料庫和文字報告。

### 3.3.3. 軟硬體設備

#### (1) 軟體

PC Arcinfo V3.4D  
PC Arcview V3.0  
工作站 Arcinfo V7.0  
Word 7.0  
Excel 7.0

#### (2) 硬體

80586 個人電腦  
Sun Spark 20 工作站  
HP Deskjet 690C  
Calcomp 數位板  
Calcomp Techjet 彩色噴墨繪圖機 (農航所, 1997)

## 四、調查結果

### 4.1. 民國 77 年

集水區總面積為 21940.36 公頃，其中國有林面積為 15721.64 公頃，佔全區面積之 71.66%；原住民保留地為 4397.99 公頃，佔 20.05%；農場用地 1820.73 公頃，佔 8.30%。詳細分類如表 1。(農航所, 1988)

表1. 民國77年霧社水庫集水區所有權別土地利用面積統計表

土地權別	面積														總計	佔比率
	林地	崩塌地	森林	草地	旱地	園地	耕作地	農地	其他農地	建設地	道路	河川水庫	其他	合計		
國有林用地	14068.82	425.46	8.30	816.35	4.84	2.24	6.84	11.12	0.03	34.44	0.00	6.52	1.52	330.48	15721.64	71.66%
原住民保留地	2792.25	59.88	105.24	56.20	171.34	354.08	28.40	828.12	8.40	77.48	3.44	0.00	0.00	52.56	4397.99	20.05%
農場用地	1131.20	16.00	0.00	321.92	4.48	195.00	1.84	81.40	0.00	38.64	3.52	0.00	2.16	28.10	1820.73	8.30%
合計	17962.28	513.56	114.32	1198.48	110.48	551.32	48.08	929.64	8.40	156.56	6.96	6.52	3.68	403.28	21940.36	100.00%
百分比	81.68%	2.34%	0.52%	5.48%	0.50%	2.51%	0.22%	4.28%	0.44%	0.89%	0.00%	0.30%	0.02%	1.84%	100.00%	

(本報調查)



## 五、作業方式及調查結果的比較

### 5.1. 航照判釋、現場校對及轉繪

大致上，三次外業調查的方法並沒有多大的差異，仍然是在航空照片有效覆蓋區域內，使用立體鏡觀察判釋，依據照片上影像之形狀、大小、排列形態、色調、組織、陰影、生育地及物體的相關性等特徵辨別各類土地利用現況，並在照片上用油性細字筆描繪土地類別界線，加註代碼，以便轉繪在像片基本圖上。在室內完成航照判釋後，發現有疑問或難以判定之土地利用類型時，則前往現場實地勘查與校對，現場校對時，土地利用類型界線，如發現判讀錯誤，以不同顏色之油性細字筆予以修正並轉繪在像片基本圖上。

### 5.2. 圖料

第一次的調查的底圖是一萬分之一像片基本圖共17幅，其後兩次則採用林務局特別針對轄內林班地，製作之五千分之一林區像片基本圖，共45幅，處理圖幅數較多，準確度亦較佳。

### 5.3. 資料建檔的方法

第二和第三次的調查均有建立地理資訊系統資料庫，但圖檔基本資料之建立是使用兩種截然不同的方式：第二次是用圖幅掃描後，用Cadcore軟體向量化，第三次則直接用Arc-Info數化。這主要是人的因素，第二次是以外包方式，由廠商數化建檔，該廠商是Cadcore軟體的台灣總代理，所以使用該軟體。第三次建檔是農前所內人員完成，其不採用Cadcore主要原因是經過評估後，認為使用Arc-Info較便捷；次要原因是缺乏大型掃描儀。

### 5.4. 統計資料之獲得

第一次的資料統計是用純人工之方法，使用面積板一點一點的數，累計單一多邊形的面積，再把相同的類別累加其面積，以這種方式類推至一幅圖，以至於一整個集水區，以求取總面積資料。第二次是以外包方式，由廠商數化建檔，是把圖幅掃描後，將資料轉至Arc-Info軟體系統作單幅圖面積統計，經過接邊、接圖後可計算出整個集水區的面積。第三次之方式大致與第二次相似，唯一不同是其數化是直接使用Arc-Info軟體系統來向量化幅圖的線條。

### 5.5. 成果圖

第一次的是由手繪的透明膠片合併，縮印成一定比例之接合圖，需要更多的圖時，通常是用藍曬機複製，但成果圖的比例尺不能更改，資料內容也固定。第二和第三次是用電腦建檔，資料具採用橫麥卡脫投影經差二度分帶的公尺座標系統，成果圖可就不同需求繪製部份或整個集水區的資料、不同比例尺，不同圖料及不同資料內容，具有彈性。

### 5.6. 統計資料之維護

第一次的資料是人工統計後，用PE-II鍵入後製表以做報告用。第二和第三次是用電腦建檔，第二次是用掃描方式把圖面資料向量化；第三次則用PC Arc-info直接數化；而後均用Arc-info軟體編修、整合與統計。第三次作業更將資料從Arc-Info圖檔轉至Excel作統計分析，或轉至Arcview製作不同比例尺、不同內容的主題圖。第二次作業的資料存在20片3.5吋、1.44MB磁片中，第三次作業的資料存在一片3.5吋640MB光碟片內。

## 5.7. 國有林班地內土地利用之變遷

由於民國 77 年至 82 年間，部份國有林班地劃歸玉山國家公園管轄，故民國 77 年的國有林班地與民國 82 年及 86 年的國有林班地面積相差達三千五百餘公頃，不宜做比較，故只針對民國 82 年至 86 年間的國有林班地內土地利用變遷作討論。

表4. 民國82年霧社水庫集水區國有林班地內土地利用面積統計表

土地類別	林地	崩塌地	灌木	農耕地	茶園	蔬菜	果園地	草場	其他農地	道路	建地	公墓	貯水池	水庫	池塘	荒廢水庫	合計	
																	面積	佔比
國有林班地	10833.28	194.06	0.00	608.09	12.82	5.47	0.83	2.72	0.26	51.73	4.16	0.22	0.80	229.36	29.17	68.57	12179.16	
百分比	89.12	1.51	0.00	5.22	0.11	0.05	0.01	0.02	0.00	0.42	0.03	0.01	0.07	2.70	0.17	0.55	100.00	

(資料來源：農航所，1993)

表5. 民國86年霧社水庫集水區國有林班地內土地利用面積統計表

土地類別	林地	崩塌地	灌木	農耕地	茶園	蔬菜	果園地	草場	其他農地	道路	建地	公墓	貯水池	水庫	池塘	荒廢水庫	合計	
																	面積	佔比
國有林班地	10854.5	198.41	11.33	582.83	7.54	5.29	0.30	4.55	1.064	--	3.525	2.654	10.881	229.38	0.895	75.82	12118.58	
百分比	89.60	1.54	0.09	4.83	0.07	0.04	0.00	0.04	0.00	--	0.03	0.02	0.09	2.72	0.01	0.62	100.00	

(資料來源：農航所，1997)

從以上兩表相比較可知，建地之面積有下降之趨勢，由 4.16ha 下降至 3.525ha，又經濟作物，茶園和蔬菜均下降，茶園由 12.92ha 下降至 7.94ha，而蔬菜之下降趨勢則較不明顯，唯果樹之面積有所增加，而林地面積增加至微，造林工作亟待加強。現在農委會及林務局正大力推動全民造林運動，相信我們的森林保育工作會更落實，造福全國人民。

## 六、結論

霧社水庫集水區在短短十年內，完成了三次全面性的土地利用、崩塌地航測調查，調查密度相當高，可見其在供電及供水上的重要性。歸納以上的分析，本研究作出以下的結論：

- 一、三次調查中，所使用的外業調查和航照判釋的方法大致相同。
- 二、作底圖用的圖料，由比例尺一萬分之一像片基本圖改成五千分之一林區像片基本圖，提升了準確度。
- 三、資料處理方面，由原來的手工繪繪及面積統計，以至於全面電腦化，建立完整的地理資料系統資料庫，顯示資料處理的軟硬體在這十年間有很大的進步。
- 四、調查結果顯示，國有林班地在民國 82 年至 86 年，雖建地、茶園等有下降趨勢，唯果園略增，而林地面積增加至微，顯示林務局林地管理及造林工作仍待加強。

## 【參考文獻】

1. 農航所。1988。霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查報告。
2. 農航所。1993。霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查報告。
3. 農航所。1994。農林航空測量所簡介。
4. 農航所。1997。霧社水庫集水區土地利用及崩塌地調查報告。
5. Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer, 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, pp.150-151. \*