

地工遙測與城鄉規劃—兼述IKONOS衛星

潘國樑 *

地工技術第82期(民國82年12月)的地工小百科曾說明地工遙測的簡單原理，之後，將逐步介紹地工遙測之應用面，且主要以IKONOS衛星影像為例。

IKONOS一字源於希臘文，為圖像(IMAGE)之意。IKONOS衛星是美國SPACE IMAGING公司於1999年9月24日所發射的一顆地球資源探測衛星，全重92.5公斤，位於距離地球表面681公里的太空軌道運轉；它繞地一周需時98分鐘，每140天可以重臨原來的地面軌跡(由於地球自轉的關係)之上空。它備有兩種取像儀器，一種稱為Panchromatic(可譯成泛色儀)，其感應波段為 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 至 $0.90\text{ }\mu\text{m}$ (即藍色至近紅外線)；解像力為1公尺，以黑白成像。第二種稱為Multispectral(可譯成多段儀)，其感應波段被切成四小段，分別為 0.45 至 $0.52\text{ }\mu\text{m}$ (藍色)、 0.52 至 $0.60\text{ }\mu\text{m}$ (綠色)、 0.63 至 $0.69\text{ }\mu\text{m}$ (紅色)及 0.76 至 $0.90\text{ }\mu\text{m}$ (近紅外線)；解像力各為4公尺。若取其中三小段，即可配成彩色影像，有配成常色影像，也有配成假色影像(又稱彩色組合影像)。如果將泛色黑白影像套疊在多段彩色影像上，即成為泛色顯銳影像(Pan-Sharpened)，其解像力為1公尺，且是彩色的，為最適於地工遙測應用的影像之一。IKONOS的鏡頭可以前後偏轉 75° (因此可以取得立體像對)，也可以左右偏轉 75° 。(因此每天可以取得解像力為2M的同一地區之影像；如果要取得解像力為1M的同一地區之影像，則每3天才能取得1張)。IKONOS的測量精度在水平向為12公尺，垂直向為10公尺；若有地面控制點可資修正，則水平向可精進到2公尺，垂直向為3公尺。IKONOS衛星影像可以說是目前商用測地衛星中最為精密的一顆。照片一及照片二即為IKONOS衛星於2000年1月22日

9:58AM所取得的台北市部份地區之泛色顯銳影像。

照片一的比例尺較小，它代表 4.9×4.9 平方公里的面積。因為植被顯現紅色，而水體顯示藍黑色，所以是一種仿紅外線照片；這種影像最適合於地工遙測之應用，此因其色彩對比最強，且辨釋率(Interpretability)最高。影像判釋的第一步是先行定位：影像的中心位置為台北捷運木柵線，六張犁站至麟光站的路軌(R)從西北斜向東南佈設；因為車站的屋頂反射極強，所以非常明亮耀眼。其他較重要的地標，如大安森林公園(P)、信義計畫區(H)、北二高萬芳交流道(I)、景美溪(J)、新店溪(K)等，均歷歷在目。重要的街道亦清楚地呈現，如忠孝東路(A)、仁愛路(B)、信義路(C)、和平東路(D)、辛亥路(E)、羅斯福路(F)、基隆路(G)、敦化南路(L)、復興南路(M)、建國南路(N)及新生南路(O)等。

該衛星影像具有幾項特徵：第一是色彩，由於該影像係仿紅外線照片，所以植被呈現紅色，如照片中的東南部份即是。植被稀疏的地帶則顯示棕黃色至白色，幾乎都是墓園(T)的分佈。影像中水體呈現藍黑色至藍色，比較明顯的有河水，如J及K，其中景美溪的水(J)要比新店溪的水(K)還乾淨，因為愈乾淨的水愈趨近於黑色。其他明顯的水體有台北自來水事業處的水池(W)、台灣大學的醉月湖(照片左中)、大安森林公園的水池(照片左上)、國父紀念館前的水池(照片上中)，甚至台北世界貿易中心的圓形溢水池(前者之右下側)也清晰可認。第二項特徵為垂直傾倒(Vertical Displacement)，即直立的物體在影像中呈現傾倒的姿態，不像直立物體在地圖上投影成一點。一般製圖係採用垂直投影的方式製成，而遙測影像則是利用中心投影(聚合於焦點)的原理成像。如

果影像是採用照像的方式成像時，則所有傾倒線(直立物體之頂端與底端在影像上之連線)的延長線均集中於一點(接近於照片的中心點)；如果影像是採用掃描的方式成像時，則所有傾倒線均互相平行，且直交於掃描儀的縱向中心線(即航線方向)。同時所有直立物體的頂端均向中心點或中心線的外側傾倒。這種傾倒現象可從照片二中，信義計畫區的高樓大廈群中獲得證明，可見所有大廈均倒向西北方，因此中心線係位於照片之外的東側。影像的第三項特徵是陰影，這與成像時間有關。本影像係於冬天的早上10點鐘左右取得，所以太陽尚未上昇到頭頂上，因此陰影特別顯著。陰影對影像品質的影響有好壞之分；適度的陰影有助於立體的呈現，如照片二中心的S處有兩棟獨立大樓，由陰影的形狀與位置可以更有把握的判斷其高度與互相分離的配置。但過度的陰影則掩蓋了很多寶貴的資訊，例如照片二左中位置的世貿中心國貿大樓，其陰影及其垂直傾倒現象共同覆蓋到基隆路及其斜對面的建物。再從照片一觀察，基隆路從信義路至和平東路的一小段，其高樓林立，致使路形難辨，也是受到上述同樣現象的影響。

以台灣單調的岩性，要在遙測影像上從事地層的歸屬(如大寮層、石底層、南港層等)，確有一定程度的困難。所幸，地層的鑑定，在大地工程的觀點並不是第一重要，所以沒有減損遙測影像在大地工程上的應用價值。遙測影像的判釋步驟與野外調查略有不同，遙測方法一般是採取先構造後岩性，先大局後細節的方式。地質構造的判釋，其首要工作是先確定岩層的位態，由岩層的位態再確認岩層的年代順序及研判褶皺、斷層及順向坡等。岩層的位態可由V字規則或三角面著手，如照片一中，三角面(t)極為醒目，由三角面的傾斜方向及傾斜角即可決定岩層的位態。以照片中為例，岩層係向東南方向傾斜，傾角估計在20度至30度之間。有些三角面暴露良好(如b)，所以三角面本身就是層面，又是順向坡。由是觀之，照片中的墓園(T)大多修建在順向坡上，故其穩定性堪虞。照片中有一條台北斷層的分支斷

層，稱為「崙頭斷層(f-f-f-f)」，其線形及斷層崖的表現甚為顯著，在照片上極易追蹤。不巧，國道3甲線的台北隧道II之西口(Q)正好從斷層帶鑿進，而隧道線則斜切斷層線而過。如果當初規劃時即有IKONOS影像，也能利用IKONOS影像，則是否有另外的規劃方案，倒是值得推敲的問題。本區強度較大的岩性應屬砂岩，在影像上表現凸起的地形，凡形成三角面的部份均為砂岩屬性。這套岩層分屬大寮層(2)及石底層(3)，但該兩種地層的界線在影像中不易鑑定；只有在崙頭斷層的東南側有較大面積的分佈，其在影像中最顯著的特徵是不見三角面的出現。石底層之上則被南港層(4)所覆蓋，南港層之厚層塊狀砂岩呈現明顯的陡崖峭壁(V)，該層之東南側則被崙頭斷層所截斷。

照片二是將照片一局部放大，使其比例尺變成1:20,000，雖然解像力沒有提升，但卻使細節看得更清楚，最明顯的就是停車場及街道上的汽車可以一一點數。一般而言，將IKONOS的影像放大至1:2,500至1:2,000時仍具有可讀性；但對地工的應用而言，在規劃階段採用1:10,000左右的縮尺即可，否則就失去遙測影像的廣域及宏觀之特性與優點。在特殊情況下，如工址或災害點的特寫，方有必要放大至數千分之一縮尺。

從照片一可明顯地看出山坡地(紅色部份)是如何地限制都市的發展，而都市化的結果住戶又如何侵入地工條件較差的山坡地。同時山坡地也限制了交通路線的佈局以及土地利用的型態。

從IKONOS影像中可將地形、地質、水系、植生、邊坡、地質災害、現有交通路網及土地利用型態全部結合起來一起進行評估與規劃，為其他任何圖件所無法辦到的。它是地工調查研究及規劃設計的利器，不但精確，而且省力省時省錢，值得加以有效地利用。



照片一 公元 2000 年 1 月 22 日 09:58 IKONOS 衛星所取得之台北市東區泛色顯銳影像(磐球公司影像處理)



照片二 台北市信義計畫區之放大泛色顯銳影像(磐球公司影像處理)