

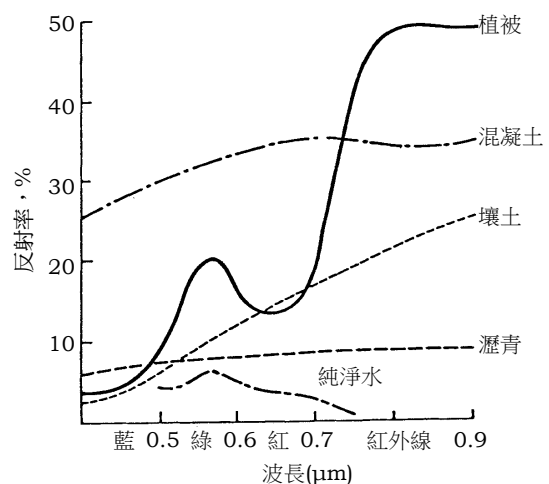
## 地工遙測

潘國樑\*

地球上任何物體只要其溫度大於絕對零度，都會輻射電磁波；其輻射波長是連續的，可以從零到無限大。如果以波長為橫座標，輻射能為縱座標，並繪出每個物體的輻射曲線，則每個物體都有不同的輻射曲線。每一條輻射曲線都有一個峰值，稱為最大波長，即物體輻射電磁波時，能量最多的波長。最大波長與物體的絕對溫度成反比；溫度愈高，最大波長愈短，相反則反是。例如太陽表面的溫度為  $6000^{\circ}\text{K}$ ，其最大波長為  $0.48\mu\text{M}$ ；地球表面的溫度為  $300^{\circ}\text{K}$ ，其最大波長為  $9.7\mu\text{M}$ ；人體的溫度為  $310^{\circ}\text{K}$ ；最大波長為  $9.3\mu\text{M}$ ，冰雪的溫度為  $273^{\circ}\text{K}$ ，其最大波長為  $10.6\mu\text{M}$ 。人類肉眼可感應的波長從  $0.4$  至  $0.7\mu\text{M}$ ，稱為可視光線波段。波長短於  $0.4\mu\text{M}$ ，長於  $0.7\mu\text{M}$  的電磁波，肉眼無法感知，所以地球上的物體所輻射出來的電磁波，人類是看不見的，一定要藉用人造的儀器(即感測器)先加以感應，然後再變回可視光線，才能看得見。夜視鏡就是屬於這一類儀器。

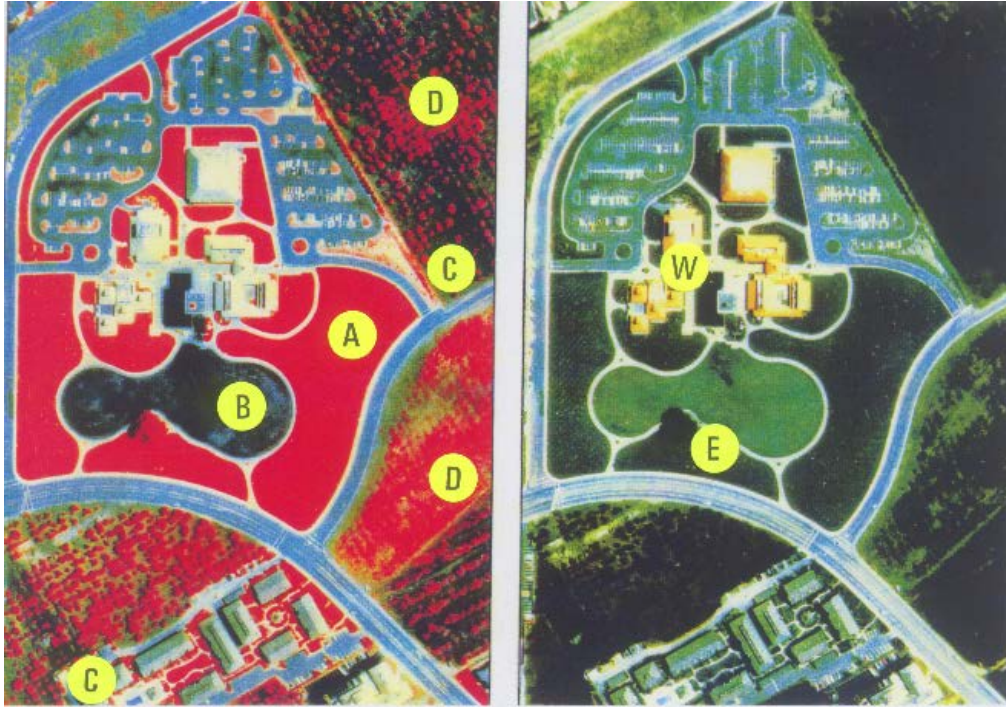
太陽是太陽系裏最大的電磁波輻射源。來自太陽的電磁波大約只有一半的能量可以穿透大氣層，然後到達地球表面；其餘的一半不是被大氣層的氣體分子及水氣所吸收，就是被雜質顆粒或小水滴所反射或散射。剩餘的太陽光電磁波照射到地球表面的物體後，有的部份被吸收，有的則反射回去。全部吸收的呈現黑色，全部反射的呈現白色；其餘的則呈現不同的色調，例如反射藍色光的呈現藍色，反射

綠色光的呈現綠色，反射紅色光的則呈紅色。如果以橫座標表示波長，縱座標表示反射能，則每個物體的反射曲線都不一樣(請見圖一)。其中最具特徵的是植被與水體。健康的植生在綠色波段( $0.5$ 至 $0.6\mu\text{M}$ )有一個小峰值，所以在肉眼下呈現綠色；在波長超過  $0.7\mu\text{M}$  以後(即進入紅外線波段)，植生的反射曲線呈現高原型峰值，也就是植生除了反射一小部份的綠色光外，其反射能中絕大部份是屬於近紅外線，為肉眼所無法感知；不過如果利用紅外線照像法或紅外線掃描法時，先利用儀器加以感應，然後轉換為可視光能時，則健康的植被呈現一片鮮紅色，極為醒目(見圖二)。但當植生有病時，即使其綠葉尚未轉黃，其反射紅外線的能力已大為減弱，在紅外線照片上不再是鮮豔醒目的紅色，而呈現暗紅色至藍褐色。另外值得一提的是彩色用的綠色顏料或色筆，只反射



圖一 不同物體的反射曲線

# 地工技術



圖二 天然彩色(右)與紅外線彩色(左)照片之比較(A：天然草皮，B：人工草皮，C：有病植物，D：健康植物，E：獨立樹，W：水體)

綠色光，而不反射紅外線，因此在紅外線照片中，綠色油漆及人造草皮呈現藍色，而不是鮮紅色，所以真偽立辨；這就是紅外線照像可以應用於辨識軍事偽裝的理由。

純淨的水體，其反射率一般都很低，所以在照片中較為暗色。但其最大的特徵則是吸收紅外線，也就是太陽光照射到水面時，不管有無波浪，所有紅外線全部被吸收，所以在紅外線照片中純淨的水體呈現黑色，這對水資源的調查研究，以及海岸線的變遷監測是非常有利的。如果水體中含有漂砂，則太陽光照射時，有一部份會被漂砂所反射，因此水體不再呈現黑色，而是有一點灰藍色，所以紅外線照像又可應用於水質的監測及水土保持工程。

由上所述，可知地球上的物體一面反射太陽光的照射，一面本身又輻射電磁波。因此白天的時候，遙測感測器(Sensor)既接收反射能(來自太陽光)，又接收輻射能(來自物體本身)；兩者能量重疊的波長大約是 $3.5\mu\text{M}$ (即反射曲線與輻射曲線交疊的地方之波長)，而反射的能量偏向短波側，輻射的能量偏向長波側。一旦到了夜晚失去太陽光的時候，感測器只接收到輻射能的部份，是物體因體溫而輻射出來的電磁波能量。因為地球表面物體的常溫大都是 $300^\circ\text{K}$ ，所以其輻射波段係以熱紅外線為主。由熱紅外線能量可以遙測物體的溫度。前幾段所說的紅外線是太陽光裏的紅外線(波長大約從 $0.7\mu\text{M}$ 至 $5\mu\text{M}$ )，故又

# 地工技術

稱為反射紅外線，與物體的溫度無關；本節所說的熱紅外線，波長較長(大約從 $3\mu\text{M}$ 到 $15\mu\text{M}$ )，才與物體的溫度有關。兩種紅外線必須清楚地區別，否則會引起影像的誤判。

由上所述，可知電磁波的來源：一種是太陽光的反射電磁波，另外一種是物體本身的輻射電磁波，還有第三種是人造的電磁波，即雷達波。它的波長可以從小於1公分到幾公分，其穿透大氣層的能力幾乎百分之百，不論晴雨、不分晝夜都可使用，是一種全天候的遙測方法。雷達波是測定地表粗糙度的利器，所以有關地形研究的大地工程計畫可考慮利用雷達影

像。由於科技不斷地研發，未來將可利用雷達波來進行高程測量。

遙測的結果，最後都以影像的方式展示，而影像的解像力(Resolution)影響辨釋力(Interpretability)至鉅。解像力是在影像中將兩個相鄰物體分開的能力，例如屋牆外面的瓷磚，遠遠望之是均勻的牆面，走近之後才能辨認是由細小的瓷磚組成。現在商用衛星(例如IKONOS衛星)的解像力已精細到一公尺的程度，相當於次航照了，為地工的調查研究提供一個嶄新且強有力的工具。以後將以照片為例，說明遙測影像在地工上的應用。