

# 望診樹木狀態，聽診內部實虛

- ◎文、圖/林業試驗所森林經營組·彭炳勳 (bspeng@tfri.gov.tw)、唐盛林、黃冠理
- ◎臺北林業技師公會·邱志明
- ◎新竹縣政府原住民族行政處·葉大裕

## 前言

套用中醫診察疾病的基本方法在都市林的樹木健康管理，可以快速識別出有潛在危險的樹木，進行林木風險管理(Tree Risk Management)，採取措施消除或者減少風險發生的因素，避免可能潛在的危險發生，為了辨識樹木可能產生的風險，可由樹木的生長環境、樹幹、樹冠、樹根等外觀狀況，由目視判定缺點位置與現況，分析是否可能對不特定對象產生危險，又或者樹幹內部有嚴重劣化腐朽、空洞，需以檢測儀器進行量化，而預知可能潛在的危險，加以防範。本次檢測為協助金門縣林務所了解管轄區域的木麻黃生長情況，分類出可能對居民、來往車輛、公共設施造成毀壞風險的樹木，使用樹木視覺化評定(Visual Tree Assessment, VTA)及聲學檢測儀器進行行道樹生長檢測。

德國學者C. Mattheck於1993年提出樹木視覺化評定，至今已發展出諸多不同的評定方式，大致上均以樹木外觀生長、樹木力學結構等兩大領域為主；以聲學原理的應力波與超音波檢測，是目前實際應用上最具可攜性和操作安全性的技術，其利用音速傳遞時間及衰減率，以評估檢測的斷面是否劣化腐朽空洞，國內外林業研究已對此技術進行相當的介紹及分類，可用於林木材質及腐朽程度的評估、老樹或行道樹管理應用以及蟲害程度偵測等。

## 金門縣木麻黃行道樹

木麻黃(*Casuarina equisetifolia* L.)極能耐於貧瘠的土壤，可抗風，抗旱，抗鹽，在海岸防風、攔砂等用途極具功效，金門地區自民國40年起，積極進行綠化，於荒地、重要道路、重要設施等地種植樹木，復舊造林，經數十年努力，奠定綠化基礎，完成裸露地被覆、綠化造林及防風定沙等目的，對金門地區生態環境之改善及軍民生活環境品質頗收宏效，道路兩側路樹以木麻黃種植時間為最早，數量也最多，對當地居民而言具有獨特的時代記憶及共同回憶；樹木的生長及老化是自然現象，栽植環境不適宜時，會加速發生生長劣化，金門冬季盛行東北季風，夏季亦時有颱風侵襲，強風吹襲常致樹幹折斷，影響道路交通行車安全，經檢視風折之樹幹，內部大多有中空腐朽，或根部受損造成倒伏，或外在不良環境使樹木提早老化，生長活力下降，故為預防樹木倒伏、斷枝等情形發生，避免造成民眾生命財產的損失，進行樹木檢測及後續風險管控是必須的手段。

本次於金門縣主要道路及重要公共場域共檢測666株木麻黃，現場評估方法參照日本綠化協會出版之樹木醫指南、日本樹木醫會堀大才等建議、本工作團隊及專家學者現場經驗進行修正之外觀評量表，做為危險度或健康評斷之量化依據，當樹木外觀有缺點需進行量化，或者對樹幹內部情形有疑義時，則以非破壞檢測儀器進行腐朽孔洞的定位及量測。

## 望診之樹木視覺化評定

樹木視覺化評定之架構，首先需對欲評估之行道樹，紀錄樹種、生長特性(包括胸徑、樹高、冠幅、冠長)、生育環境簡要描述(如立地場所、周圍狀況、潮、風的影響、日照條件、坡度、坡向和周邊樹木關係)，並確定其所有者及進行其它必要之記錄；由生物學及力學觀點，進行外觀目視檢查，生物學的觀點，包含生長勢、枝葉狀況、有無病蟲危害、全株有無真菌寄生、傷口之有無、大小、位置，或樹幹有無隆起；力學觀點包括樹幹可能斷裂(如樹幹某部份腫大、長瘤、傷口、傾斜、裂縫等)及風倒(如根張狀況、根部受傷情形、土壤狀況等)之評估。

檢測人員須具備完善經驗及敏銳觀察力，利用視覺證據來發現缺陷的存在位置及缺陷發生的程度，例如樹幹異常膨大處，內部是否有腐朽發生、子實體的種類、數量及位置方向，可能跟腐朽起始位置及程度有關、樹幹表面橫向或縱向的裂隙是否與應力分布不均勻有關、腐朽孔洞的大小與深度對於樹幹殘存強度的估算等等，彙整各種證據後對樹木的健康情形進行評價，但樹幹外部的劣化症狀或不具徵兆的內部腐朽往往會產生誤導，故配合其他工具的使用，將有助於更準確的評估樹木健康。

## 聽診之應力波檢測

樹木健康性與結構安定性的關係，雖互為獨立，但又具密切相關，因為具高風險結構安全性之樹木可能為健康，且具有茂密樹冠，但因強度結構的支持性不足，亦可能



圖1 從基部開始有多處樹皮開裂與腐朽，檢測後劣化腐朽率大於50%。

發生倒伏的危險，反之，健康狀況不佳的樹木，不一定具有結構安定性的問題，故若指樹木健康與結構安定性具有密切相關，是指健康的樹木可以發展適應性生長，降低腐朽、破裂、受傷等引起的傷害，故不可全憑外觀的健康論斷結構的安定性。

當樹木外觀呈現有健康性或安全性的疑慮，需要以科學的方法定量檢測時，為了不影響樹木生長，維護樹木既存的各項價值，現行多採用非破壞檢測(或稱無損檢測)技術，偵測其中的缺陷或異常現象。若要應用於樹

木檢測，考量儀器可攜性、操作安全性，以聲學原理為主的應力波或超音波檢測工具，例如Fakopp產製微秒計時器(Microsecond Timer)、聲學斷層掃描儀(Arborsonic 3D Acoustic Tomograph)，或CBS-CBT產製Sylvatest TRIO(超音波計時器)等較為常見，該等工具是以主動或被動的方式發出特定頻率的聲波，紀錄發射端到接收端之間的距離及時間，換算為音速值、音速衰減率、弦向徑向音速穿透時間、徑向對弦向的音速比值等，評估樹木橫斷面是否劣化腐朽空洞。

本次檢測使用ArborSonic 3D聲學斷層掃描儀，以8~32組探頭搭配增幅器，架設立木斷面腐朽偵測網絡，由鐵槌觸發探頭產生應力波，續由電腦軟體接收、演算各路徑音速值，採色差顯示音速高低情況，達到樹幹內部材質檢測、劣化及腐朽空洞的定量及定位效果。

## 診斷結果

本次所調查的666株木麻黃，胸徑介於19.9~117.2 cm，平均胸徑49.6 cm，完成樹木視覺化評定及非破壞檢測後，共計有42株在外觀上有嚴重危害，或內部腐朽空洞超過50%；從現場觀察所記錄的資料可知，大多是樹體外觀有嚴重的腐朽孔洞，造成主幹穿孔、縱裂，或者有大於50%的橫斷面面積腐朽空洞，或者全株任一部位發現子實體，有擴散發生的趨勢，或者樹皮剝落損傷，露出的樹幹表面乾裂，或者不當修枝傷口造成主幹腐朽，深達心材，或者主幹異常隆起、膨大，或者根部土丘攏起、受工程裁切。有風險疑慮的行道樹均經金門縣林務所進行預防性的伐除，維護綠化景觀也守護縣民及遊客的生命財產安全。



圖2 配合管理單位移除木麻黃時進行比對工作，檢測處(圖左)與基部(圖右)均劣化腐朽。

行道樹帶給大眾綠蔭與視覺景觀，而很難想像外表看似健壯高大的樹木，卻會在無預警、強陣風或颱風時發生倒伏斷裂，而樹木視覺化評定並非困難技術，透過適當的培訓，人人都可將此一技術融入生活，了解自己生活周遭的每一株樹。

## 結論

樹木視覺化評定是利用樹體的表徵，觀察是否有生長衰弱、枯死、嚴重腐朽或傾斜等現象，判定有無嚴重危害，是否對於周邊建物或行人車輛造成危害，進行風險的管控，但有些樹木危害可能沒有表徵出現，或看似輕微，如欲進行相關管理作業，常因樹木對於周邊居民在情感或文化上有強烈的連結而難以推動，故透過非破壞檢測技術進行結構安全檢查，可以不影響樹木正常生長，又能窺探樹體結構安全，其量化及圖像化的檢測結果可與視覺化評定相輔相成，提供地方主管單位及鄰近居民正確的資訊，提早進行必要的處理與預防。⊗