

動物生態評估技術規範

中華民國 100 年 7 月

動物生態評估技術規範

- 一、辦理環境影響評估作業時，其動物生態之評估應依本規範之規定辦理，本規範未規定者，依其他相關法令規定辦理。
- 二、動物生態評估作業應包括與動物生態有關之環境現況說明、動物生態背景調查、動物生態影響評估及環境監測等。
- 三、動物生態評估作業步驟、內容、方法，依下列規定辦理：
 - (一)與動物生態有關之環境現況說明，其項目包括開發基地之地理位置、氣候、地質土壤、土地利用及與生態相關之特殊地區等，其作業內容、方法參考植物生態評估技術規範辦理。
 - (二)動物生態背景調查，包括陸域生態系調查、水域生態系調查，其調查範圍、時間、次數、方法、分析及統計等參考附件一辦理。
 - (三)動物生態影響評估，應依開發行為對生物的干擾與對棲息地的影響等予以考量，並視開發行為可能產生之化學性污染及物理、生物與棲息地變化、外來種之侵入等衝擊進行評估，並考量開發行為對於環境之影響，擬定減輕對策和生態補償措施，評估內容參考附件二辦理。
 - (四)環境監測，應選擇和進行背景調查時相同條件的調查方法進行，俾利比較分析，動物生態監測應參考附件三辦理。
進行動物相調查時，應儘量選擇干擾較少的方法為之，以不破壞為原則。但是若其他方法不適用時，可考慮使用捕捉的方式。進行調查前，依法令需先申請許可者，應依相關規定辦理。
- 四、因區位或開發行為特性，與動物生態無顯著關聯者，得免進行上述相關項目之作業，但須敘明理由。

附件一

動物生態背景調查

由於動物的活動力強，活動範圍依季節、食物量、天敵等因素而有變化，因此，進行動物生態背景調查時，調查範圍應視開發案件的特性來決定，陸域動物調查應至少涵蓋開發區及其周圍可能影響範圍的區域，以充分了解開發地點的生態狀況、生態特性、生物資源、在生態上的重要性。動物生態背景調查資料可用於評估開發行為對該地生物的可能影響，並作為未來生態監測的參考。

執行調查期間，除收集與開發地點相關的生態文獻外，應有實地調查或採樣，其內容應包含調查區域的環境概述、調查日期與時間、樣點之設立與描述、調查方法與努力量、使用的統計方法、調查結果與討論。調查的時間應包含兩個季節以上，在生態狀況良好或複雜的地點，應延長調查時間或增加調查次數。此外，報告中應附上清楚的樣區地形圖與土地覆蓋圖。

由於不同種動物的習性、偏好棲息地、活動時段差異極大，應依據動物類別擬定最適當的調查方法，詳細列於環境影響評估報告書內。一般依棲息地環境可分為陸域生態系與水域生態系，陸域生態系之動物種類至少應包含哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩生類、蝴蝶類等，而水域生態系之動物種類則至少包括魚類、蝦蟹螺貝類、蜻蜓類。若開發區位於河川之上游，應增加水棲昆蟲項目的調查。

一、調查範圍

動物生態之調查範圍，宜以開發區邊界向外延伸五百公尺為基礎，若此範圍內有百分之五十之環境內容為自然度小於或等於二之區位，或位於重要軍事區域無法執行調查，則應擴展至一公里為界。若開發案為線型開發型態，如道路開發案或線型開發案，亦宜以開發位置向兩旁延伸五百公尺為基礎。若此範圍內有百分之五十之環境內容為自然度小於或等於二之區位，或位於重要軍事區域而無法執行調查者，則應擴展至左右一公里為界（圖1）。

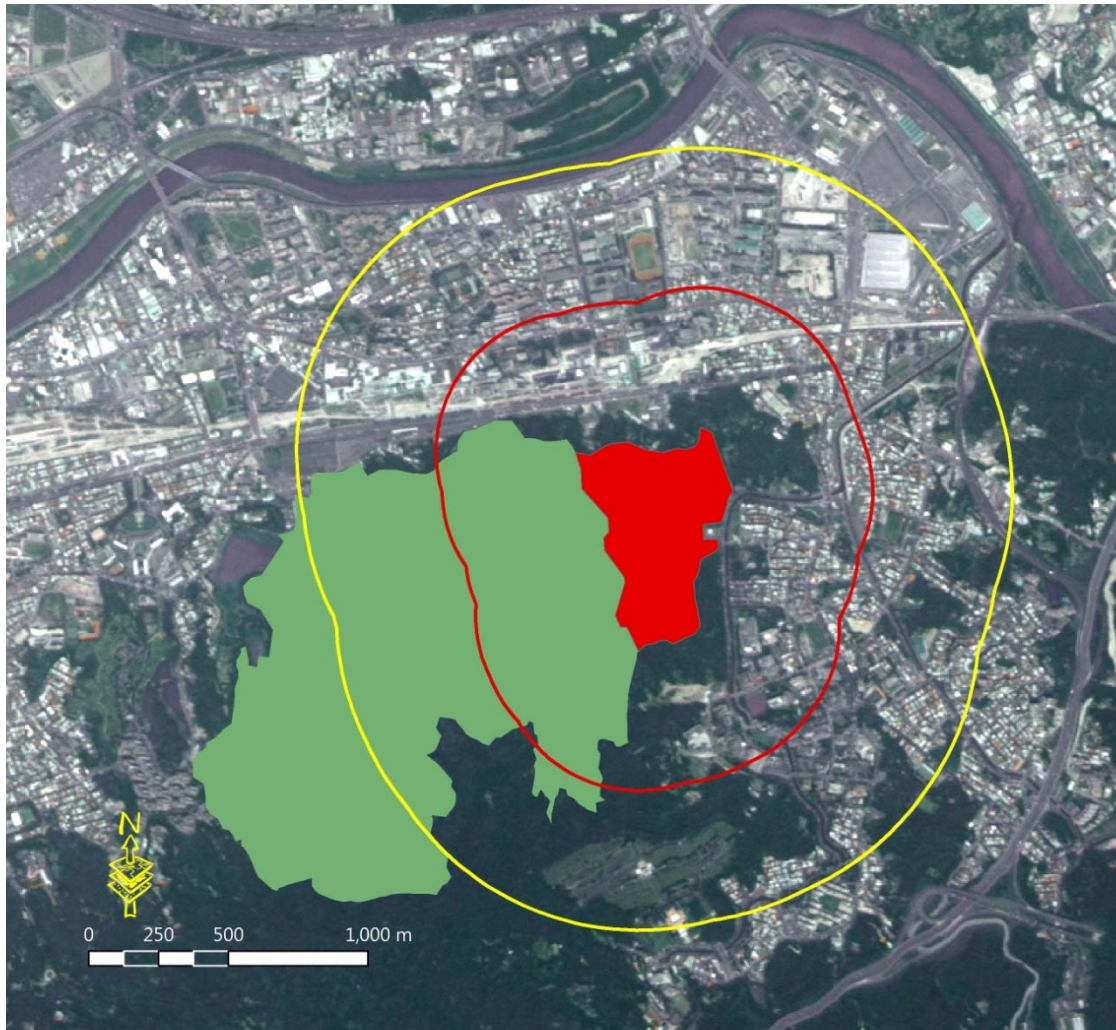


圖 1、動物生態調查之建議範圍，宜以開發區（紅色）邊界向外延伸五百公尺（紅色線）為基礎，若此範圍內有百分之五十之環境內容為自然度小於或等於二之區位，或位於重要軍事區域（綠色），無法執行調查，則應擴展至一公里（黃色線）為界。若開發案為線型開發型態，亦以開發位置向兩旁延伸五百公尺為基礎。若此範圍內有百分之五十之環境內容為自然度小於或等於二之區位，或位於重要軍事區域無法執行調查，則應擴展至左右一公里為界

二、環境概述

不同類型棲息地分布的動物種類也不同。在描述樣區環境時，除介紹該地點的地理特色，如經緯度、山脈、水系、年雨量...外，應簡單說明樣區的主要植被、地形，並列出樣區的棲息地類型（如次生闊葉林、農耕地、人工相思樹林），道路或聚落的密集程度，是否有河、湖、埤塘分布，樣區屬於平原地形或有陡峭山壁與緩坡，這些說明將有助了解該區動物組成

的狀況。此外，應附上樣區周圍實地拍攝的照片，照片中的植被與景觀要具有代表性，每種類型的植被或景觀至少要一張以上的照片。

以最新之航測（如正射化影像）或遙測影像資料呈現開發區域之地景生態（landscape ecology）特色。航測或遙測影像資料應以能展現開發區之植被覆蓋特性為重點，勿以空間解析度差之影像呈現開發區之現況。

三、調查日期、時間與次數

（一）調查日期

調查日期應清楚註明年、月、日。由於調查物種不同所需調查天數、時段皆有差異，通常在調查日期一項列出野外調查的全部日數，而在各物種的調查方法內另外註明實際工作天數與調查時段。由於天候不佳常造成調查結果的誤差，所以進行動物生態調查時，應選定氣候狀況「良好」的日子。

為了要能得到具有代表性之動物生態內容，調查天數至少要四天三夜，才可獲得較正確的動物相資料，建議每次調查時，均應有足夠之努力量，亦即哺乳類應有四天三夜之調查勞力，其餘之物種亦應有類似之努力量（建議每季一次之調查以至少三樣品為前題），環境影響評估（以下簡稱環評）書件內應清楚說明每一類型動物之努力量。

（二）調查頻度

動物生態調查之頻度，應依環境敏感等級狀態進行。動物生態的狀態常因所在區位之特性而有不同，動物族群的數量和群聚組成亦會有所變化，因此，開發區域應依環境敏感特性進行適當之動物生態調查，生態環境越敏感之區域，調查努力量要求越高。動物生態的環境敏感等級（圖 2）區分如下：

第一級區域：不含山坡地的平地，海拔在一百公尺以下。

第二級區域：山坡地（圖 3）、重要野鳥棲地（IBA）（圖 3）、國有林地（圖 3）、海岸保護區（圖 3）、國家重要濕地（圖 3）。

第三級區域：以自然保育為重點之保護區，包括國家公園（圖 4，國家公園法）、自然保留區（圖 4，文化資產保存法）、野生動物保護區（圖 4，野生動物保育法）、野生動物重要棲息環境（圖

4，野生動物保育法）、自然保護區（圖 4，森林法）。

開發區域位於第一級區域中，應至少進行兩個季節的野外調查，以了解生物在不同季節間的出現狀況。如果預定開發地點是在生態狀況複雜的第二級區域，則應增加調查時間與調查次數。第三級區域依國內之現行法令，屬於限制開發之區域，若有特殊因素必須進行開發時，應進行最詳細的調查。各級區域應調查次數及頻度，詳見表 1。若開發區位於海岸附近，應特別注意調查期間應包含候鳥季，必要時應增加調查次數，以獲得較正確的動物生態基礎資料。

季節的劃分一般以三月至五月為春季，六月至八月為夏季，九月至十一月為秋季，而十二月至隔年二月則是冬季。調查時不可以相隔太近的月份當作兩季的資料，為了避免爭議，造成環評審查之延宕，宜以七十五天至九十天為兩季之間隔。

表 1、在環境影響評估作業中，進行動物生態背景調查時，各級區域應調查次數及頻度

最低調查頻度	第一級區域	第二級區域	第三級區域
	兩季	兩季~四季	四季
說明	每季一次，每次至少相隔約七十五天至九十天	每季至少一次，應視開發區內動物生態特性延長或酌增調查（季節、次數等）	四季各二次以上

*動物生態調查之物種，陸域生態系至少應包括哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩生類、蝴蝶等，水域生態系應含魚類、蝦蟹螺貝、蜻蜓等。但得視開發區域之環境特性，予以增減，例如若開發區位於河川的上游區，則應增加水棲昆蟲項目。未能調查者，應詳細說明理由。但是，因開發區生態環境特性，經提出於專案小組初審會議或環境影響評估審查委員會中討論，並經決議應進行補充調查者，開發單位應依決議補充調查之。

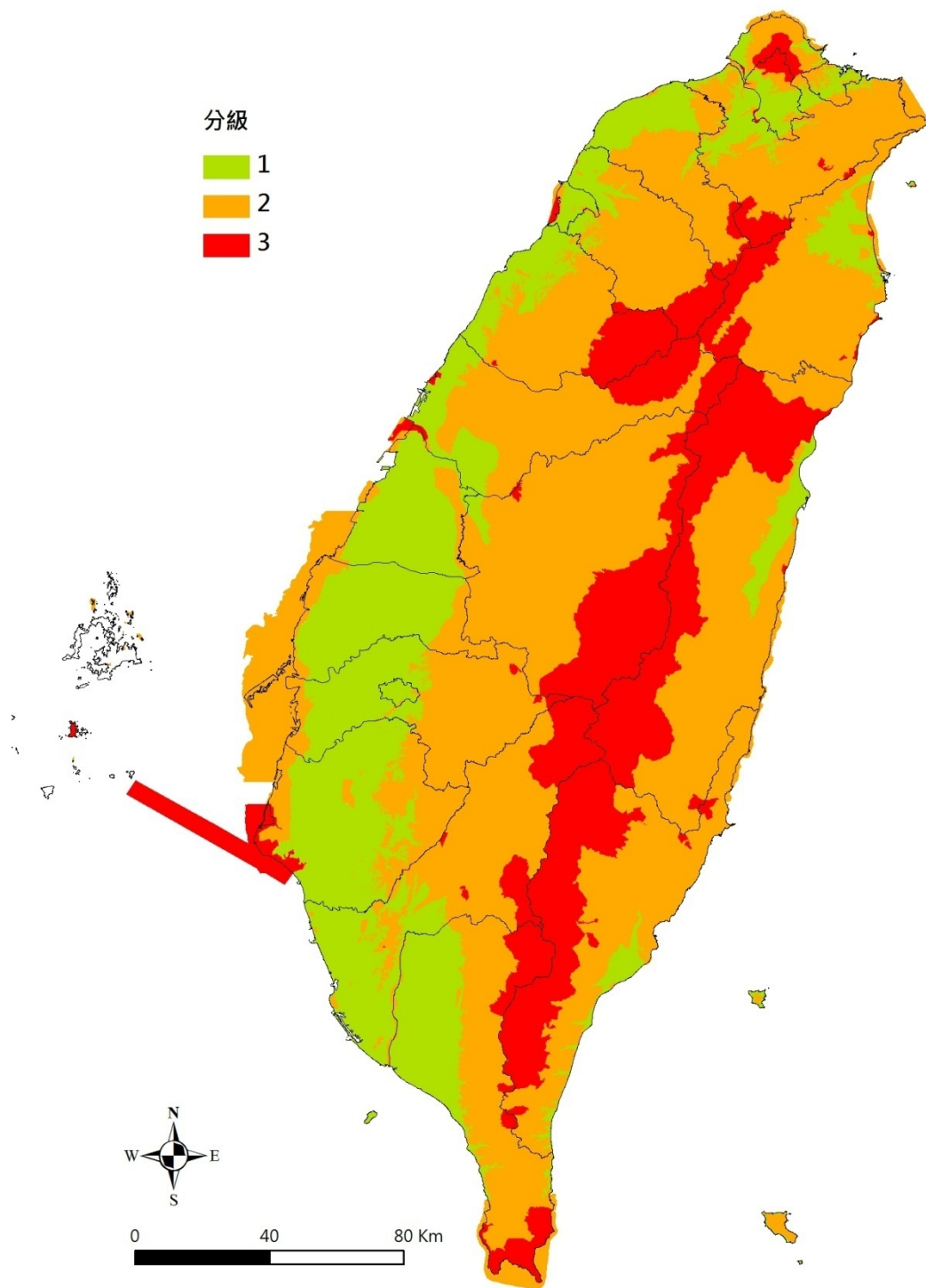
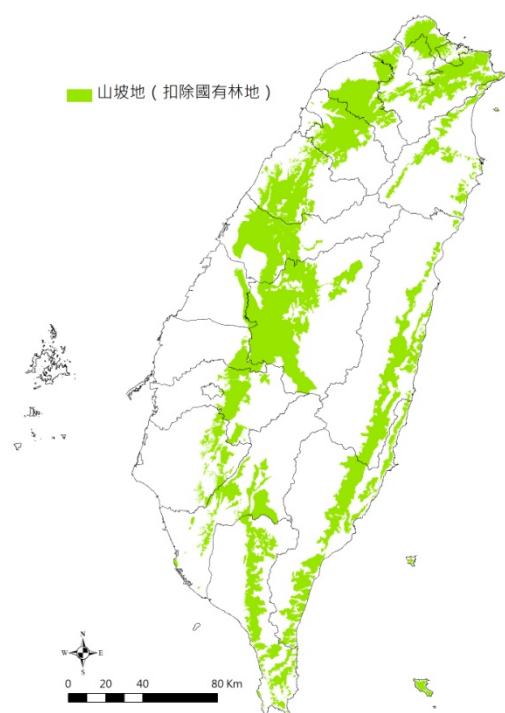
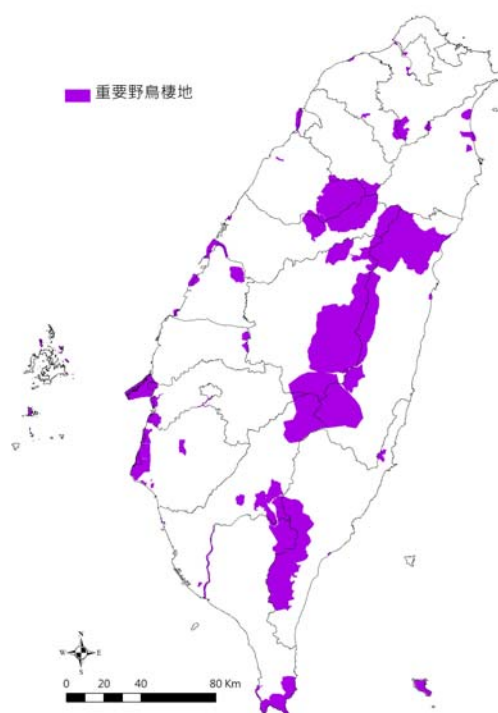


圖 2、利用 GIS 將各級區域圖層套疊後，所建立之動物生態環境敏感區域分布，本規範以此分區資料界定動物生態調查之頻度

山坡地



重要野鳥棲地 (IBA)



國有林地



海岸保護區



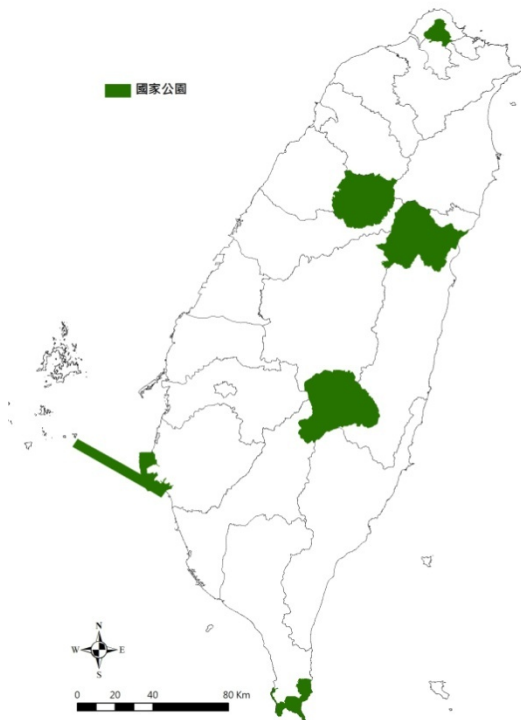
圖 3、臺灣山坡地、重要野鳥棲地 (IBA)、國有林地、海岸地區、國家重要濕地之分布

國家重要濕地

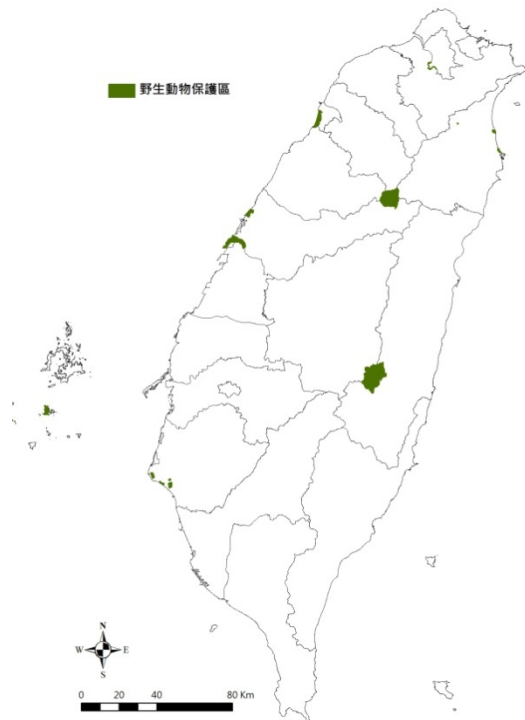


圖 3 (續)

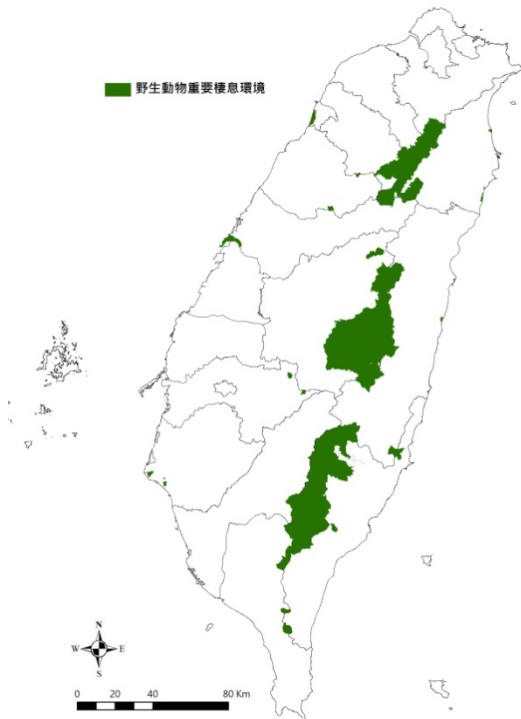
國家公園



野生動物保護區



野生動物重要棲息環境



自然保留區

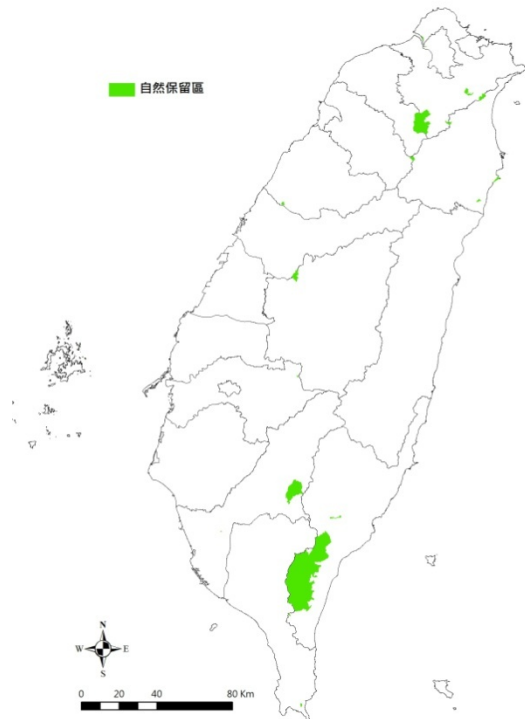


圖 4、臺灣的國家公園、野生動物保護區、自然保留區、野生動物重要棲息環境、自然保護區之分布

自然保護區



圖 4 (續)

四、樣點之設立與描述

宜以較新之航測（正射化影像）或較精細之遙測影像，製作調查範圍內之土地覆蓋圖，說明開發區域的土地利用狀況。

進行動物生態環境調查時，為有效利用人力、物力，可使用抽樣方法進行調查，一般常設置調查點或沿著穿越線進行調查或放置陷阱捕捉。在報告中應列出調查點名稱或編號，並說明調查點的環境狀況，且報告中應附上標明調查點的地形圖或像片基本圖，圖上必需有方向、座標、比例尺、代號說明，顯示該樣區的方位、面積大小與符號的意義，讓人容易判讀調查結果。在地圖上的調查點標記應正確且清楚，最好於野外調查時，先以衛星定位系統（GPS）定位，註明在報告中。

若調查路徑採沿固定路徑前進的穿越線法（Line Transect），則需在地圖上標明路線。由於棲息地的微小差異對移動力不佳的物種的分布有重大影響，因此，樣區內調查點的描述極為重要，不論是抽樣的調查點或行走穿越線，都應詳細描述周圍環境狀況。若在調查期間遇到天災或其他因素，導致調查點位置必需更動，則需在報告中清楚說明必需變更的原因，以及哪些調查點有變更，若繼續在原地點進行調查需說明環境的變化，若選擇新調查點則需描述環境並標示於地圖上。

五、調查方法

調查方法中應包含使用的調查方法名稱、該方法的使用限制、使用該方法的原因，並詳細描述該方法與使用工具、實際調查的時間、調查的人員數量；若設置樣點或穿越線應列出設置方式，如各樣點或穿越線相隔距離、行進速度、調查範圍、樣點數目。由於各物種的特性不同，其調查方法及應注意事項說明如下：

（一）陸域生態系

1. 哺乳類

由於哺乳類動物體型差異極大，活動時段也不同，要同時採用多種調查方法，才能獲得調查區域內的各種哺乳動物資料，又加上調查時，若欲

獲得族群豐度之資訊，必需採用國際間所沿用之標準方法。以下僅就臺灣過去 30 多年來，一般研究人員所使用之調查方法，分別介紹。

(1) 穿越線法

在樣區內選擇適當之穿越線，以徒步緩行方式，記錄沿線所目擊之哺乳類動物的種類、隻數、出現地點之海拔高度、棲息地類型以及動物之活動狀況，並記錄所發現之哺乳類動物的叫聲、足跡、排遺、食痕、掘痕、窩穴、殘骸等跡相，據此判斷動物之種類並估計其相對數量。夜間則是以強力探照燈搜尋夜行性動物之蹤跡，並記錄其是否有鳴叫聲。此法以中大型哺乳類動物為主要觀察對象，但亦可用於小型哺乳動物。

(2) 定點觀察

選擇哺乳類動物可能經過或出現之地點以及棲息之洞穴，以守候觀察或設立紅外線照相機拍攝之。此法比較適合觀察優勢物種，可以得到豐度資訊，不過，非常耗費人力或財力，且所得之數據可能達不到最理想之程度。但相對的，若地點恰當，則可能可以偵測到一些稀有性之物種。一般用於較特定之調查工作上，曾用於觀察飛鼠、蝙蝠與食肉目動物。

(3) 設立（紅外線）自動照相機

紅外線自動照相機的原理是利用熱感應器引發內裝高感度底片的相機，拍攝感應範圍內的哺乳動物與鳥類。設置地點以獸徑、水域旁、橫倒木邊為佳，亦可在開闊處設置誘餌吸引動物接近拍攝範圍內。架設相機時，最好與拍攝點呈 45 度角，焦距設在 3 到 5 公尺處。此法不會傷害動物，可發現隱密性高的物種，而且花費人力少，調查人員也不用滯留在調查區中，但因相機容易失竊或故障，造成維修上的問題且花費金額較多，而且常有重複拍攝同一隻動物的結果。此法常用於中、大型哺乳動物的調查。

(4) 設置氣味站

氣味站的原理是利用動物被特殊氣味吸引而接近嗅聞時，在預先鋪設的沙土上留下腳印，或被紅外線自動照相機所拍攝，藉此辨識物種。設置氣味站的地點以獸徑、水域旁為主。在選定的位置整理出半徑至少一公尺的圓形平坦區域，並鋪上約 0.5 公分厚的鬆軟土壤，在圓心豎立樹枝或其

他支撐物，枝上安置有強烈氣味之物，如魚肉塊、魚內臟、魚肝油、芳香劑、含動物尿液的棉花球等。此法適用於大型動物。

(5)超音波偵測器

蝙蝠之調查可以運用超音波偵測器進行。調查前期，可於黃昏時，以目視觀察蝙蝠出沒的狀況。於每個樣區中，擇定一條穿越線，用緩慢速度步行，以超音波偵測器記錄穿越線附近蝙蝠出沒的情形，此偵測器以錄音方式記錄蝙蝠所發出之超音波。所得之錄音結果可以委託臺灣蝙蝠學會進行音頻分析，或利用已有之超音波資料庫進行比對，以得到物種之鑑定。

(6)捕捉調查

此法較常用於平時不易發現或辨識之小型哺乳動物（如齧齒目之鼠類、食蟲目及翼手目）以及部分大型哺乳動物（如食肉目）。針對不同物種可分別使用掉落式陷阱（pitfall trap）、薛氏捕捉器（Sherman's trap）、蝦籠捕捉器（shrimp trap）、台製松鼠籠、博物館型捕鼠夾（museum trap）、塑膠製夾死器（snap trap）、霧網（mist net）、廣口捕蟲網、大型捕捉籠（Tomahawk trap）等。為了達到不破壞開發區域之動物，建議進行動物生態調查時，應避免使用會殺死動物的捕鼠裝置，如博物館型捕鼠夾與塑膠製夾死器。

設置陷阱時可沿調查的穿越線設置捕捉線，在捕捉線相隔一定距離放置陷阱，陷阱中須放置餌料，必要時要增加保暖的裝置。捕獲動物後，記錄其捕獲地點、海拔高度、棲息地類型、種類及性別，並測量動物之體長、頭軀幹長、尾長、後腳掌長、耳長及前臂長（翼手目）等各項基本形態值後原地釋放。

A.掉落式陷阱（pitfall trap）

利用食蟲目動物遇到障礙物會沿著邊緣前進的習性，使其掉落預先埋設的陷阱。選擇森林底層或林道旁平坦而土質鬆軟的地面，挖掘約 20 公分深的地洞（動物無法跳出為原則），洞中放置杯狀器皿，底面戳洞以排除雨水，杯中放置麵包蟲、碎肉、魚蝦粉或椰子粉，作為誘餌並避免動物因落入陷阱而餓死。地面安裝圍籬，可沿著圍籬向外呈 Y 型埋設，洞與洞相距約一公尺，將數個地洞設置成一個陷阱組。圍籬以厚塑膠布圍繫，並以筷子、鐵絲固定。全部設置工作須於日落前完成。此法適用於臺灣鰐鼠與水鼩以外的食蟲目動物。

B. 捕捉器捕捉法

活捉動物的捕捉器有大型捕捉籠 (Tomahawk trap)、薛氏捕捉器 (Sherman's trap) 與台製松鼠籠，其中大型捕捉籠以捕捉中型哺乳動物 (食肉目) 為主，其他主要針對小型哺乳動物。

在穿越線 (可與穿越線法的路徑不同) 上選擇石縫樹洞旁、林道邊、灌叢下方甚至住家附近的水溝放置捕捉器，捕捉器至少要相隔 7~10 公尺以上。每個捕捉點最好在間隔一公尺處放置兩個捕捉器，避免只捕捉到優勢種。設置時人員一定要戴手套，避免殘留氣味，將地面稍做清理或選擇地面平坦處放置，捕捉器的入口與籠身也要清理及偽裝，籠子上方可放置石塊固定，並於附近作記號表示位置。捕捉器中必須放置誘餌，一般使用地瓜沾花生醬、燕麥片、肉類、香腸、蘋果、柑橘、起士餅乾等。設置工作要在天黑前完成，若在冬天、雨天等惡劣天候或雪地、高海拔區域進行捕捉，應放置更多誘餌，並在籠外放置塑膠套或籠內放置碎紙，讓動物可以維持體溫。動物可能對新設置的捕捉器不熟悉而不易入籠取食，因此，捕捉器放置時間越長，捕捉機率越高，捕獲種類也會增加，但受限於人力與時間考量，建議至少放置四天三夜，應可捕捉到半數以上的齧齒目與食蟲目物種。

捕捉器設置期間，應每日檢視並補充餌料，若天氣寒冷或高溫，應增加檢視次數。捕獲動物後，將動物移到透氣網袋，進行測量與拍照後釋放，處理過程中調查人員要戴手套，以防被動物咬傷或感染。

C. 霧網 (mist net)

設置霧網是最常用於調查蝙蝠的方式。利用兩組竿子架開霧網，面積須大到可阻斷蝙蝠飛行通路。設置地點以棲所出口 (屋簷前、洞口)、樹冠呈隧道狀的林道、林道轉彎處、水域溪流上方、田野空曠處為主；設置前要先觀察是否有蝙蝠出沒與其飛行路徑。架設工作要在天黑前完成，因日落後的 2 到 3 小時是蝙蝠的活動高峰期，捕獲機會最大。調查人員在等候期間應保持安靜，避免走動與談話。至少 15 分到 30 分鐘就要檢視網面一次，避免蝙蝠上網後逃脫，或因掙扎過久而受傷。上網的蝙蝠要小心解下，除了不易辨識或特殊種類 (新種、新紀錄種)，可置於透氣袋內進行詳細檢視，其餘個體應盡快記錄及釋放。

(7) 訪問調查

訪問調查地點附近居民有關當地野生哺乳動物之狀況，包括種類、出現地點及動物習性等資料以作為參考。這是目前被使用最多之方法，由於調查者的時間有限，加上各種因素也會影響到調查之準確性，因此，本法被廣泛應用於目前的環評作業中。使用本法之優點在於補充調查人員可能的缺失，增加動物之種類；其缺點則在於這些動物出沒的時間、地點和種類比較難以掌握，資料不易量化，精確度稍差。一般是運用於大型哺乳類較多。

在臺灣的哺乳動物有大如臺灣黑熊，小至齧齒類的老鼠，因體型差異極大，一般將哺乳動物分為小型與中、大型哺乳動物兩類分別進行調查。

中、大型哺乳動物分布密度低，多半個性謹慎而且不易見到，因此，調查方式多以觀察是否有食痕、足跡、排遺、抓痕、訪問當地居民、設立氣味站．．．各種間接證據為主，在報告中應詳細說明調查路線與調查時段、人力．．．各項細節，調查時採用之調查方法或設立之調查站也應該一併說明。調查中小型哺乳類動物通常以各種不同類型的陷阱，配合食餌捕捉，報告中需要清楚說明捕捉位置、陷阱數目、捕捉時間（幾個 trap-night）、陷阱種類、陷阱設置方式與距離、餌料種類等項目，最好能對設置陷阱處稍作環境描述。不論有無捉到動物，都應該列出動物的測量項目與事後處理方式。陷阱設置的數量應隨調查樣區面積越大而越多，而為了符合統計上的要求，建議至少要放置 30 個以上的捕捉器。

若在夜間進行調查，應列出調查時段、使用工具、調查人力與調查路徑。

由於過去有關哺乳類的調查報告常忽略蝙蝠，或將偶然見到的極少數蝙蝠當作調查結果，常造成調查結果以齧齒目動物為主。因蝙蝠會飛翔且在夜間時段活動，調查方法須配合其習性，可尋找適當棲息地並配合蝙蝠偵測器觀察是否有蝙蝠出現，或以廣口捕蟲網配合架設霧網（mist net）捕捉。若使用霧網捕捉則須經常檢視網面，以免蝙蝠上網後咬破脫逃或掙扎過久而受傷，上網的蝙蝠應盡快釋放，當捕捉工作結束後要將網子拆除，避免誤捕鳥類。此外，使用霧網須預先向調查點所在的主管機關申請使用許可。

2. 鳥類

鳥類族群密度估算方法大致可分為重複捕捉法、數巢法、領域描圖法、穿越線法及圓圈法，近年來則有研究者利用航空照片或空載熱感應掃描器，進行鳥類密度估算（表 2）。

(1) 航空照片法

以拍攝之航空照片辨識鳥種及隻數，僅適用於水域或草原停棲的大型鳥類之估算且花費較高，對調查森林鳥類或性情害羞的鳥種則有實用上的困難。

(2)空載熱感應掃描器法

以儀器感應地面溫度，判斷是否有鳥巢，目前僅應用在澳洲塚鳥（malleefowl）巢穴數目的估算。

(3)重複捕捉法

此法須要較多的人力及時間，多用於局部地區調查，而有些森林的林冠層高達數十公尺，在實際操作上亦有困難。

(4)數巢法

此法受限於鳥隻須築巢在空曠而易於進行計數的地方，調查時間亦侷限於繁殖季，不適用於全部鳥種的調查。

(5)領域描圖法

較耗費人力、時間多，又只適合具有領域性的鳥種之族群研究，且森林內因為視線阻隔，也難以觀察描繪鳥類之領域。

(6)穿越線法

最常使用且理論發展完整的方法，適用於各類型棲息地，如海岸、開闊平原，不過此法的察覺線索依賴鳥類鳴聲與觀察者目視察覺，因此觀察者的察覺能力高低、冬季鳥類鳴叫次數變少等因素皆會影響調查結果。臺灣山區地形較陡峭且路徑大多崎嶇難行，調查者沿著登山步道進行調查時，危險性亦較高，因此以穿越線法估算鳥類密度在大部分山區並不適宜。

(7)圓圈法

一般當作穿越線法的變形，觀察者仍沿著預定路徑行進，但與穿越線法不同之處在觀察者停留在定點時才進行鳥類調查，比穿越線法更適用於崎嶇地形。

航空照片或空載熱感應掃描器法皆不適用於臺灣多森林的環境。重複捕捉法、數巢法、領域描圖法耗費的金錢與人力較多且有季節限制，無法

全年實施。目前，以穿越線法及圓圈法較適用於調查鳥種數目與各種鳥類隻數。

除了考量調查方法外，估算鳥類密度時還必須考慮調查日的天氣與風速、一天中之調查時段，以及每一取樣點於調查時的停留時間。大部分的陸棲鳥類於日出時最為活躍，之後隨時間之遞增，活動及鳴唱頻度遞減。每一取樣點停留的時間愈長，同一隻鳥被重複計數的可能性也愈大，但停留時間過短，則部分鳥種可能會被漏失。一天中之調查時段，以及每一取樣點的最適停留時間(optimal count period)會因不同的棲息地及季節而有所差異。另外，調查者須注意氣候不佳、風速過強的日子中，鳥類會減少活動及鳴叫次數，還有冬季鳥類的鳴聲頻度普遍偏低與繁殖期僅有單一性別鳴叫的現象，才能合理估算鳥類密度。

各種鳥類調查方法之比較

重複捕捉法因為須要較多的人力及時間，因此較適宜於局部地區的調查，就空間尺度較大的群聚生態研究而言，則因耗費的時間較多，因此並不適用，且有些森林林冠層高達數十公尺，在實際操作上亦有困難。數巢法則通常用於較空曠而易於進行計數的地方，有其棲息地類型上的限制，且侷限於繁殖季，因此在森林鳥類群聚研究上較難以應用。領域描圖法適合具有領域性的鳥種之族群研究，對並非所有鳥類都具領域性的群聚研究而言並不恰當，且森林內因為視線阻隔，也難以觀察描繪鳥類之領域。航空照片較適合在水域或草原停棲的大型鳥類之估算，對森林鳥類研究而言，則有實用上的困難。空載熱感應掃描器目前僅應用在澳洲塚鳥巢穴數目的估算，對其他鳥種而言，其實用性並不高。目前，在鳥類群聚研究中，只有穿越線法及圓圈法較為適用。

一般而言，臺灣的山區因為地形陡峭，兼以森林茂密，亂石倒木橫互，除非大眾化的登山步道，否則路徑大多崎嶇難行，以穿越線法估算鳥類密度在大部分山區並不適宜。而圓圈法係觀察者於一定點停留一段時間進行鳥類調查，不但較不受限於崎嶇地形，且在濃密的森林裡也可以比其他方法有較多鳥類察覺的機會。就臺灣山區而言，以圓圈法估算鳥類密度應該是一種較適當的方法。但在海岸區域，研究者大多以穿越線法進行鳥類調查。

鳥類調查須要註明調查的時段、行走的調查路徑方式以及使用之工具，其中調查路徑部分，必需附上詳細的路徑圖，建議以 1/5000 像片基本圖或正射化影像圖為基礎繪製。若調查地點是山林中，因視線易被阻擋，調查人員必需具有聽音辨鳥的能力，而且應選擇晴朗無風的天氣進行調查，以避免鳥隻減少活動而不鳴叫或強風干擾鳥音的問題。

表 2、鳥類調查方法之彙整

調查方法	特點與限制
重複捕捉法 (capture-recapture)	可發現隱密性鳥種
	人力及時間耗費大，僅適於小面積樣區
	森林上層鳥類不易捕捉到
數巢法 (nest count)	限繁殖季
	偏差小，惟一年若僅一個繁殖季，則只能得到一個估值，無法做統計檢測
	適用於開闊地（貓嶼的燕鷗）及小面積樣區
領域描圖法 (territory mapping)	領域性強之鳥種（紅尾伯勞）
	配合聲音回播法（蘭嶼角鴉）
	偏差小，但僅適用於小面積樣區
	有些鳥種僅在繁殖季有領域性
	森林視線差，且寸步難行，不易追蹤描繪
航空照片 (airscape)	水域、草原或疏林等開闊地
	大型鳥種（紅鶴）
空載熱感應掃描 (airborne thermal scanner)	僅能適用於特定之鳥類，如澳洲塚鳥（malleefowl）
穿越線法 (line transect)	察覺線索（鳴唱、叫聲、視覺察覺）
	觀察者察覺能力會影響調查結果
	最常被使用，理論發展完整
	適合各式棲息地
	森林鳥類之察覺線索大部分來自聲音，冬季或不太鳴叫鳥種的誤差較大
圓圈法 (point count)	可視為是穿越線法的一種（即在穿越線的行進速度等於零）
	適合於繁殖期
播放法 (Playback-response)	利用播放鳥類之叫聲以吸引同伴之回應，用於調查隱密性高之鳥種，如八色鳥，效果甚佳，但是，應選對調查日期。

日行性鳥類調查的時間最好在日出後至早上 8 點之前，有時亦採用日出後至早上 10 點前的資料；夜行性鳥類的調查時間，一般是在傍晚至凌晨 12 點前進行。

常採用的鳥類調查法有穿越線法與圓圈法兩種，不論何種方法都應避免重複計數。若採用穿越線法，除了應在報告內附上穿越線路徑圖外，並

註明行走穿越線的速率。調查時，需記下每隻鳥，距調查者的距離與發現時的方位，以便排除同一隻鳥被重複計數之可能，並可據以計算該區鳥類密度。一般來說，平坦地區的穿越線行進速率會比在山區小徑更快，臺灣由於地形崎嶇且調查人員多以步行為主，穿越線速率通常比較慢，一般為每小時 1.5 至 2.5 公里左右。在應用上，此方法常見於濱海區域或已開發的工業區等較寬闊而平坦的地點。若樣區採圓圈法調查，於地圖上標記樣點之位置，並應註明調查的樣點數目、停留時間、估算的範圍，以及密度估算的方法與公式。由於每種鳥類的察覺程度差異極大，估算鳥類密度時需特別注意鳥類是否結群，以及特定基礎半徑值（每種鳥類被察覺的距離）。

在調查工具方面，常用的有單筒望遠鏡與雙筒望遠鏡。調查在山林中的鳥種時，多以雙筒望遠鏡為主，而觀察水邊的鳥類時，還須要單筒望遠鏡，才能更加正確地估算種類與數量。若調查夜行性鳥種，則須要使用強光手電筒或其他照明設備。

3.爬蟲類

所有的爬蟲類動物都是外溫動物，環境常影響其體溫維持，故天候狀況會影響爬蟲類的出現率。爬蟲類的類別甚多，包括蛇、蜥蜴、烏龜、鱷魚等，體型與生活環境的差異性大，調查者須視種類、環境採取不同調查法。一般有徒手捕捉法（hand-capturing）、活套捕捉法（noosing）、陷阱捕捉法（trapping）。

(1)徒手捕捉法

徒手捕捉具有簡單、省錢等優點，但須要較多人力，對於不會躲藏在遮蔽物的種類或處於生活史某些階段的個體無法收集到資料，一般適用於陸棲的小型蛇類、蜥蜴及烏龜等。調查人員在可能出現爬蟲類的微棲地內，以徒手翻找環境中的遮蔽物（石頭、木頭、樹皮、廢輪胎、廢傢俱等），並輔助手電筒、耙子等工具，檢視洞穴或腐葉泥土，記錄看到與捕捉到的爬蟲類動物後，再將遮蔽物恢復原狀並放走動物。針對日行性蜥蜴與蛇類，可在最活躍的時間（早上十點前後）進行調查，通常可直接以肉眼觀察到或用手捕捉；夜行性種類應利用手電筒於夜間進行調查。

捕捉時應注意最好帶上手套並隨身攜帶急救器或血清，以維護調查人員的安全，捕捉部位應針對動物頭部或頸部，且應該避免用力過猛而壓傷動物，對尾部會自割的蜥蜴更須避免觸及尾部。捕捉毒蛇可利用捕捉夾、Y 型分叉的木棍挾住蛇的頭頸部後，再進行捕捉。陸龜可比照蜥蜴使用徒

手捕捉，水生龜鱉則需以浮潛方式計數或捕捉，通常在淺水域只需以水網捕捉，而海龜則利用其上岸產卵的時間來捕捉或計數。

(2)活套捕捉法

活套捕捉法的優點是簡單且花費少，適用於頸部較明顯或活動力強而易受驚嚇的物種，但無法施用於隱密性高的種類。

將釣竿或竹竿前端綁上一個釣魚線作成的活套，活套前端甚至可以鉤上昆蟲作餌，將竿子伸長使活套套入蜥蜴的頸部，再迅速將動物鉤起。石龍子或活動迅速的小型蜥蜴經常可用此法捕捉。

(3)陷阱捕捉法

對陸棲的爬蟲類動物最常用掉落式陷阱或下凹陷阱（pitfall trap），常和圍網法（drift fence）共同使用，讓動物沿著調查員設的圍網（30~40 公分高）行走，而落入預先設置的陷阱。陷阱一旦佈好後所需人力很少，但設置過程較為花費人力與金錢。陷阱一般以塑膠筒、鉛筒、大水管等物埋在地下，開口與地面平齊，陷阱上方可設置塑膠板等遮蔽物以防日曬雨淋，或防止動物逃跑的網子、蓋子之類的裝置；調查區域若是多雨，陷阱底部可打洞以排水並且內部放置石頭等重物，以免因地洞積水浮出地面。陷阱放置地點除了圍網的盡頭外，還可放置於牆邊、石頭、堤防邊等處。在地形崎嶇或岩石地面的區域可用平行地面的漏斗式陷阱（wire funnel trap），入口處成漏斗狀使動物能入不能出，此種陷阱配合餌料的使用亦用於捕魚及蝦蟹類，但捕捉淡水烏龜時，為防止其溺斃需加裝浮板。

陷阱佈好後需每日定時檢查，建議先以樹枝試探或戴手套後檢查。調查工作結束後，需將陷阱取走並破壞陷阱，避免動物掉入陷阱坑洞而犧牲。

4.兩生類

大部分的兩生類（或兩棲類）具有二態（二階段）的生活史以適應不同的環境，受精卵與蝌蚪在水中發育，成蛙仍不能離水太遠，受到溼度的影響極大。受限於特殊的生活史，兩生類動物多半會出現在特定的微棲地環境中。根據過去的資料，兩生類的調查方法大致分為三個類別：（1）收集動物名錄；（2）有時間限制的短期調查；（3）嚴格限定數量的系統取樣調查法（Systematic Sampling Survey, SSS）。三類的調查方式互相配合，可了解樣區內的兩生類動物相、比較樣區間物種數量，甚至不同時間內動物相的變化，不過若環境變異大就不適合進行比較。動物名錄以統一的取樣方式蒐集，特定地區物種名錄即可用於比較不同樣區間的動物相組成與物

種數量。短期取樣則易受採集方法和環境變因影響，且不能提供樣區內的確實種數，但動物族群密度相似時，仍可以比較不同區域的分布比率。

估算兩生類動物的方法至少有 10 種較為常用（表 3），依據不同的人力、物力狀況，單獨或合併使用上述的調查方法：

表 3、兩生類的調查方法比較

調查方法	可得資訊	所需時間	所需費用	所需人力
物種名錄清查	種數	多	少	少
目視遇測法	相對數量	少	少	少
穿越帶鳴叫技術法	相對數量	中	中	少
方塊取樣法	密度	多	少	中
穿越線法	密度	多	少	中
叢塊取樣法	密度	多	少	中
直線圍籬與下凹陷井法	相對數量	多	多	多
繁殖區調查	相對數量	中	少	中
繁殖區圍籬法	相對數量	多	多	多
兩生類幼蟲取樣	密度與相對數量	中	中	中

(1)物種名錄清查（complete species inventories）

常用於長期和短期的調查計畫、標本採集。調查者在白天和夜晚到所有兩生類動物可能出現的微棲地中（如農田、水塘、溪流等），以翻動木頭石塊或撥動草叢來搜尋兩生類動物。此法通用於動物相複雜、氣候差異大及兩生類個體稀少的地區，若兩生類種類多但個體相對稀少的區域，則需長期採樣才能得到較完整的名錄。

(2)目視遇測法 (visual encounter surveys)

調查人員在一定時間內有系統走過一特定段落的棲息地，記下眼睛看到的兩生類動物種類與數目。適用於動物資源的清查與監測，多用於研究一地區兩生類的種豐度 (richness)，及比較同一群聚中不同物種的相對數量，但不能估算族群密度。

(3)穿越帶鳴叫計數法 (audio strip transects)

由於青蛙（無尾目兩生類）繁殖時，會以鳴聲吸引雌蛙，故此法的前提是：(1) 每種蛙類的叫聲都很獨特，且每隻雄蛙都是單獨鳴叫；(2) 在每次的調查中不能重複計數同一隻蛙的叫聲；(3) 在調查樣區中包含各類型棲息地；(4) 調查者需熟悉各種蛙類叫聲，而且整條穿越帶中調查人員能察覺的叫聲距離是一致的。穿越帶鳴叫技術法較適用於熱帶森林，即使不易目視觀察仍可有效察覺不同高度的種類，但對於溪流沿岸、湖岸的區域或集中成群鳴叫的狀況應改用目視遇測法。調查人員沿著長度至少 1 公里的穿越帶前進，由聽到的聲音判斷種類與隻數，得到鳴叫雄蛙的相對數量、成蛙的相對數量、種類組成、各種蛙類的繁殖地或偏好的微棲地以及各蛙類物種的繁植物候學。

(4)方塊取樣法 (quadrat sampling)

方塊取樣法較花費時間與人力，不過可同時調查到底棲、樹棲與地表活動的物種，極適合環境狀況不均質的地區。此法的前提是假設為動物不因干擾而離開調查區，且動物被調查人員發現的機會相等，取樣的方塊不會重複。在樣區中以逢機的方式設立取樣方塊並調查方塊中的兩生類動物，而獲得種類、相對豐度 (relative richness)、密度等資料，適用於調查森林底層的兩生類及水域中的蝌蚪（用水網或陷阱捕捉），但在密林或陡坡的環境就不適合。

取樣的方塊依面積分為：(1) 大方塊取樣法 (broad sampling)：適用於分布分散的較大型個體，調查人員在大方塊中依亂數選擇 8m x 8m 或 10m x 10m 的方塊進行調查；由於方塊面積大，最好有 4 個人員同時進行；(2) 點狀取樣法：每個大方塊內至少有 10 個 1m x 1m 的方塊，適用於局部分布且分布密度高的單一種類。

(5)穿越線法 (transect sampling)

由於自然環境會有生態因子呈梯度變化的情形，因此兩生類的分布易呈現梯度變化之趨勢。穿越線法適用於比較物種與環境因子梯度間的變化關係，此法常與目視遇測法共同使用。

(6)叢塊取樣法 (patch sampling)

兩生類動物常出現在倒木、樹根基部、鳳梨或芋頭葉子積水的葉基之處，因此兩生類的密度常隨微棲地而異。適用於調查分布在特定微環境的種類。

(7)直線圍籬與下凹陷阱法 (straight-line drift fences and pitfall traps)

直線圍籬法是以 5~15m 長的圍籬引導或限制兩生類動物的行走方向，讓動物落下預先埋設在圍籬盡頭的凹陷陷阱，是調查兩生及爬蟲類動物資源時，最常被使用的方式。

(8)繁殖區調查 (surveys at the breeding sites)

兩生類動物在交配前常會大量聚集在水域附近，配合目視遇測法計數可了解種類、每種鳴叫雄蛙的數量與相對數量，此法亦可用於計數蝌蚪。繁殖區調查法可顯示調查樣區中最適合的繁殖點，污染及水域酸化對成蛙與蝌蚪的影響，所得資料可用於長期的監測比對。適用於聚集在水域中（溪流、池塘）生殖的種類，對在陸地或特殊環境（如鳳梨的葉基）築巢的種類則並不適用。

(9)繁殖區圍籬法 (drift fences at the breeding sites)

特別適合必需到水域進行繁殖的種類，但不適合善跳躍、掘地與攀爬的種類，且此法所需時間、人力多，選擇設置圍籬的水池越大越難以架設。以圍籬將小水池整個圍住，讓動物掉入預先埋置的陷阱，陷阱多設在圍籬的兩旁捕捉要進入或離開水池的動物，圍籬安置後需在每日早上檢查，且陷阱中需放置小塊濕海綿，避免動物乾死或被其他動物捕食。

(10)兩生類幼蟲取樣 (quantitative sampling of amphibian larvae)

利用拖網圍捕、撈網撈取、陷阱捕捉、圍網圍捕等方法移除蝌蚪來計數，可獲得種類組成及族群大小的資料，此法所需時間短、人力最少又以不傷害蝌蚪的方式進行，特別適合監測瀕危及稀有物種。

因兩生類與爬蟲類動物都喜歡躲藏或出沒於遮蔽物多之地點，因此，針對這兩類動物的調查法有部分極為類似，故一般生態調查報告中，常將此兩類動物的調查法合併撰寫。不過，由於此兩類之動物之習性差異甚大，不建議於環評書件中合併撰寫。

調查兩生類與爬蟲類動物時，會分為日間與夜間調查，且氣候會影響其出沒狀況，因此需註明調查時段與調查時的天氣狀況。因調查方式極多，故需清楚描述調查方法的名稱、詳細內容、參與人力...等各項資訊，若使用工具亦需註明。

因兩生類與部分爬蟲類會發出鳴叫聲，調查人員需具有聽音辨識的能力。有關兩生類聲音的資料庫，可參考網際網路上相關的多媒體資料庫。

5. 蝴蝶類

臺灣的蝴蝶種類約 400 多種，素有「蝴蝶王國」之美稱，但是由於許多蝴蝶棲息地遭受破壞，蝴蝶王國之名已不存在。各種蝴蝶的生態習性差異很大，例如：生活在森林中的蛺蝶類多半有固定的勢力範圍，淡黃蝶類會傾向聚集在一起，而臺灣紋白蝶會在同一地點群棲。依其一生的活動範圍又可區分為「定居性蝴蝶」、「移動性蝴蝶」。

一般常見的蝴蝶調查法有穿越線調查法 (Pollard Walk)、直接計數法 (Checklist) 兩種。為求正確估計族群數量，上述兩種方式並不會設置誘餌或以特殊光波的燈光吸引蝶類，僅配合手抄網捕捉來確定蝴蝶的種類，使用手抄網時不計入調查時間。

(1) 直接計數法 (Checklist)

直接計數法多用於樣區的初次調查，以了解當地的蝴蝶種類與數量。此法的優點是調查時僅考量氣象因素，方法簡單且花費費用少，調查者可主動尋找良好的觀察點，如蝴蝶繁殖地點、蝴蝶的棲息地 (蝴蝶谷)，以增加記錄到稀有蝶種的機會，而且此法可立即反應物種數量上的週期性變化，適用於稀有蝴蝶的數量監測。但是，此法的調查結果易受限於調查者的察覺能力，且無法深入分析資料或用於兩區域的物種豐度比較。

(2) 穿越線調查法 (Pollard Walk)

穿越線長度至少要 100 公尺以上，每 10 公尺設一標記，以便調查者紀錄精確的距離。穿越線需通過原生植被與棲息地多樣性高的區域。調查者以時速每分鐘 35 公尺速度前進，記下出現在道路兩側 2.5 公尺內、距地面 5 公尺以下、在觀察者前方 5 公尺內的蝴蝶種類與數量。調查時若雲量多於 50% 或風速高於每小時 25 公里就停止調查。

此法的調查路線、速度、範圍一致，因此可以進行不同樣區蝴蝶種類相、豐度的比較。不同植被類型所獲得的結果，可分析不同植被與出現蝴蝶種類、數量的相關性。明確定義的各項變因便於統計分析的計算，有利於長期監測。不過，相較於直接計數法可找尋適當地點，可能記錄到稀有蝶種與更多數量，穿越線調查法受限於調查路徑固定，對活動量低與僅出現在特殊棲息地的蝴蝶種類，可能會低估或沒有見到，對穿越線調查範圍外的幼蟲棲息地與蜜源地，即使長期監測仍無法觀察到蝴蝶數量的週期性

變化。此外，要利用穿越線調查法比較兩區域間的蝴蝶種類與豐度，必需先進行察覺比率的校正，才能正確的進行分析。

事實上，蝴蝶的分布會受到寄主植物與蜜源植物的影響，進行蝴蝶調查時可先依棲息地植被區分成不同類型的區塊，然後於不同區塊間設置穿越線調查，記錄蝴蝶種類及數量變化。

蝴蝶調查一般以捕蟲網掃網為主，若有設置吸引蝴蝶的調查站應一併說明。調查路徑如採用穿越線 (Pollard Walk)，應在地圖上畫出穿越線路徑，並清楚界定調查範圍是穿越線兩側多少公尺、行進速度、當時天氣條件、調查人力…。若以隨機調查法，則採由調查人員自行判斷適合的調查點，在報告中應將發現蝴蝶的地點、調查時行走的路線標明在地圖上，並加以說明該區域環境。

(二) 水域生態系

水域動物的調查方法依物種不同而有各類調查方式，使用何種方法除考量物種因素外，尚需依地形、水層流速與水層高度不同而有所變化（詳見表 4）。為了要能達到環境之代表性，考量臺灣在動物分類研究資料之進展，並能兼顧往後之生態監測計畫之執行，本規範建議以魚類、蝦蟹螺貝類、蜻蜓類為水域生態系之代表性動物。但是，若開發區域位於河川之上游，則建議增加水棲昆蟲之調查。

6. 魚類

魚類之採集方法有許多種，包括垂釣法、網捕法、誘捕法與電魚法等四種臺灣較具代表性與較常被使用之採集法。

(1) 垂釣法

垂釣法乃是利用釣竿、釣線及釣鉤等組合而成的釣具，再輔以誘餌，以捕獲魚類。垂釣法受棲息地的限制較少，在急水區與靜水區均可使用，同時，也針對不同魚種而進行採集，但使用之釣具、釣法及飼料則可能有所不同。

表 4、水域生態系調查方法

網具	生物與棲息地							
	水棲昆 蟲類	魚類 與蝦 蟹螺 貝類	蜻蜓 類	流水 棲地	靜水 棲地	軟質底質 (軟沙泥)	硬質底質 (石、硬 泥)	中上水 層
浮游生 物網	△							●
蘇伯氏 網	●			●	○		●	
踢擊法	●			●	○		●	
挖取法	●			△	●	●		
管心法	●				●	●		
人工底 質法	●			●	△		●	
漂流網 法	●			●	○	△	●	●
垂釣法		●		●	●	○	○	●
網捕法		●		△	●		○	●
誘捕法		●		●	●	△	○	○
電魚法		●		●	●	△	●	●
穿越線 法			●					

●：適用；○：可用；△：偶用。

(2)網捕法

主動網捕法為使用人力或機械力操縱網具以捕獲魚類的方法。在水庫、湖泊或河川下游等較廣寬水體，可利用船隻拖曳漁網進行採集；在水流較慢、底部平坦之支流或源頭溪流，則有小型曳網可以利用。小型曳網上端有浮線，下端有具鉛垂之沉線，以增加與底部接觸之範圍，同時，也具有防止魚類由網底逃脫之功能。曳網兩端均連接在木桿上，使用時，兩側各由 1 人執桿，在水中沿著河岸，由下游向上游運動，多數在使用曳網採集魚類時，也會將採集河段之上游與下游以網阻隔，以避免魚類由採集河段脫逃和由其他河段進入採集水域。

另一種國內常見的主動網具採集法為使用手拋網 (cast net)，手拋網上端由一繩索牽引，底部具有鉛垂以增加沉力，採集者以適當運用腰部與臂部之扭動方式，將網袋技巧性地拋出，並在空中成面狀展開，以增加採集區域，此法較適用於緩流水域，且需有適度之訓練，才可使用。

國內使用之被動網具採集法，以定置網為代表，定置網之上方縛有塑膠浮子 (float) 的浮線，下方為具有鉛垂之沉線，具有不同寬度之網目與不同長度之網長，可供選擇。使用時，將定置網懸於目標水域，另外亦可藉由適當增減浮子與鉛垂而調整定置網懸置之水層位置，經過一段時間後，再收取網具及捕捉被纏繞在網上之魚種個體。網具通常於黃昏放置，約八小時後，在第二天早上收網，可利用置網時間估算單位時間捕獲量 (CPUE, catch-per-unit-effort)。

(3) 誘捕法

誘捕法即是以塑膠、竹木、木材或網具製成採集器具，內置誘餌，引誘魚類進入，並藉由網具設計使其進入後，無法再脫逃之採集方法。此類器具多具有一開口外大內小的多重漏斗型設計，魚類進入最內層後，便不易再覓得出口而逸逃。此種方法由於採集器具之體積通常不大，且質料輕盈，常需加石塊或鉛塊作為沉子。置放時，以放置一定時間後再取樣之方式，進行採集。置放時間至少需經過一夜，靜水區與流水區均可使用。

(4) 電魚法

電魚法乃是以電力形成電場進行捕捉魚類，背負式電魚法多使用於溪流中上游之可涉水河段，在中下游河段、湖泊與水庫內，國外可利用電魚船，進行魚類採集，採集時可以固定河段長度作為採集範圍，採集時使用之時間，可用以計算單位時間內之捕獲量。

臺灣常用之電魚器具為背負式電魚器，即可背負於使用者背部運動之電魚器具，包括變壓器、8V 或 12V 之蓄電池、與長 1.5 至 2 公尺之陰極與陽極之電極棒。電力來源有來自於蓄電池的直流電，與國外較常用之交流發電機之交流電兩種。採集時由發電機或蓄電池產生電流，經由變壓器，在兩極間產生電流迴路，形成電場，經過電場的魚類即受電擊而呈現昏迷或死亡之狀態。背負式電魚器採集適用於不同棲息地，但需一人操作電魚器，後方則另需一至二人協助採集被電昏之魚隻，在河段中，通常由下游往上游以 Z 字型前進。

由於電魚法利用魚類電死或電昏後會浮上水面的原理進行調查，對於溪流的魚類相會產生較大影響，可能造成該溪流河段的魚群數目或種類減

少，使用電魚法前必先謹慎評估，並且依法向主管機關提出申請。調查人員亦需做好完善的防護措施。

使用網具採集魚類時，由於網具之種類繁多，同時，網具之尺寸、放置方式、網目大小及採樣次數或放置時間均會對漁獲有所影響，故均應詳細說明。使用之電魚器若有廠牌與型號，則應提供，以電魚法採集時，持續時間、河道長度或其他量化漁獲標準，應說明清楚。使用陷阱時，應敘述陷阱之種類、尺寸大小、擺置數量及擺置時間。

7. 蝦蟹螺貝類

在臺灣，蝦蟹螺貝類之調查，常以網捕法或誘捕法為主，相關之方法，請參考前述魚類之方法進行。

8. 蜻蜓類

一般而言，蜻蜓類（蜻蛉目）之調查時期，可以配合臺灣地區之氣候，分成兩個時期，即春夏型調查：每年四月至八月；秋冬型調查：每年十月至翌年二月。

由於不同型態棲息地內的蜻蛉目動物相差異頗大，因此調查過程需針對不同的蜻蛉目動物群聚，設立不同的記錄方法，較常運用之方法如下：

(1) 定點調查法（point count）

於調查樣區內選取一定數量之樣點，各樣點間需相隔適當距離（二百公尺以上），調查時在每一樣點停留固定時間（約五至六分鐘），記錄所發現的物種種類與數量。此方法較適用於開闊且能見度佳之空間環境。

(2) 穿越線調查法（transect count）

於調查樣區內選取一條長度在一至二公里的樣線，樣線最好能通過樣區內不同型態的棲息地環境，調查時以步行速度（小於二公里/小時）前進，記錄沿線所發現的物種種類與數量。

雖然在水域附近的開闊地較易觀察到蜻蜓，但部分種類的蜻蜓或豆娘，卻可能偏好濕地、遮蔽度較高之森林環境。各分區樣站內，將至少運用一種調查法，以確保定性和定量資料之蒐集。

在各調查點進行成蟲採集前，先以目視法或雙筒望遠鏡觀察現場出現之蜻蜓，記錄其種類、數量、行為（如飛行、追逐、停棲、交配、產卵、捕食等）、當時天氣狀況和氣溫，並以攝影器材輔助記錄。無法以目視法鑑定之相近種類則以捕蟲網（桿長二四〇至二五〇公分，網框直徑四十二至六十公分）進行掃網法採集，另以水網（網目一公釐）蒐集水中和水面上之蜻蛉目水蠅蛻殼作定性記錄，並配合圖鑑和檢索表來辨識種類。

9. 水棲昆蟲（若開發區位於河川上游時，應加強本類動物資料收集）

常見且具代表性的水生昆蟲採集法，包括蘇伯氏網法（Surber net）、踢擊法（kicking method）、挖取法（dredge method）、管心法（Core method）、人工底質法（artificial substrate method）和漂流網法（drift net）等。

(1)蘇伯氏網法（Surber net）

此方法是行政院環境保護署環境檢驗所公告，河川底棲水生昆蟲採集之標準方法（NIEA E801.30T）。蘇伯氏採集網可分為兩個部分，前方具備一不鏽鋼中空方形鐵框，框長在國外一般為 30 公分，國內則將其加長為 50 公分，後方也有一立起之 50 公分長不鏽鋼方形框架，但後方框架連接一個約一公尺長網袋，網袋近框處有時以帆布補強，網袋公告標準之網目為 24 目（mesh，每公分 9 條網線，網孔大小為 0.595 mm）。但是，為了減少水流阻力，亦有使用 1 mm 之網目採集。除了單人可操作之優點外，蘇伯氏採集網亦可利用前方中空之方框進行底面積定量採樣，以估算單位面積內不同水蟲之個體數量。

此網具之採樣地點多以卵石、礫石且水深不多於 50 公分之流動水域較適宜，採集位置應避免集中於單一處，通常在近岸邊及河中央處均需進行採集。

使用蘇伯氏採集網時，首先面向上游水流，將中空框架先置於河川底部，再將連接網袋之方框立起，讓水流通過網袋，然後在置於河床之方框內，以手或腳攪動底質，使棲息其間的底棲昆蟲，順水流入網中，若有附著在石塊者，可將其用鑷子夾入標本瓶或用刷子刷入網袋。完成採集後，可將網袋取起至岸邊挑取水蟲個體。

(2)踢擊法（kicking method）

踢擊法主要使用於水深約少於 100cm 之淺水流動水域，由於多數的無脊椎動物，多在急流河段河床的石頭或礫石中被發現，因此，利用擾亂和

踢擊的方式來擾動底質，使留存其間的動物與底質分離，並順水流進入採集網具，便成為踢擊法的原理。

在使用踢擊法採集時，採集者面向上游，利用腳或手擾動底質，同時在下游的位置放置踢擊網，進行採集，踢擊網 (kicking net) 有兩種型式，一種類似於手抄網，具有一根長網柄 (約 100 cm) 底部有一長方形開口 (長×寬×深約 45×25×25 cm，網目約 0.90mm)；另一種型式的踢擊網，則在網的兩側各有一木質網柄，網高與網柄約同高，網呈面狀，可藉此面狀網採集因擾動底質而順水流運動的水生昆蟲。

踢擊網之採集可以設定在一固定河段 (如 30 公尺長) 內，以固定時間 (如 3 至 5 分鐘) 之方式進行定性與定量之採集，由於網具之輕便易於攜帶，也可於不同棲息地依目視比例分配採集時間，再進行採集，以取得水域中水生昆蟲組成之完整資料。

(3) 挖取法 (dredge method)

挖取法乃是利用機械力量挖取部分底質後，再利用清洗或過濾的方式，採集生活於其中生物的一種方法。這種採集法較適用於水流靜止或流動較緩慢，且底質為沙質或泥土之水體環境。

挖取法的器具均為鐵製或鋼製，可分為較適合在近岸淺水域使用之艾克曼挖具 (Ekman grab)，及較適合於深水區使用的波爾挖具 (Ponar grab) 及彼得森挖具 (Peterson grab) 等。這些挖具均有兩片半圓筒狀的挖掘器，利用兩個半圓筒挖掘器之閉合，可以挖掘底土或底泥，並將其攜至水面，進行採集。

在水淺處使用艾克曼掘具，可以連接繩索或上接握柄之方式使用，它將兩個半圓掘具利用繩索固定並拉開，再利用握柄或信差 (messenger) 撞擊的方式使繩索彈開，因此，產生動力使兩個半圓掘具閉合，至於在深水區域使用的掘具則多固定在船側，再以船隻搬運至深水區域後，由船上操縱，進行採集。

(4) 管心法 (Core method)

管心法，或稱核心法，為一種使用於緩水或靜水區域，且具有軟性土泥底質環境之採集方法。該方法乃利用管狀採集器，以機械方式深入底質中採集，由於樣本呈長圓柱形，且通過不同土層，故可了解生存於不同土層深度之生物組成，同時，由於採集面積固定及樣本呈圓柱體，亦可以進行定量估算。

在淺水及底質較軟區域，可以利用裁成適當長度之塑膠水管管柱，以人力下壓的方式進行管心法採集，但是，在底質較硬與深水之區域，則需依賴如打樁機之機械輔助，進行採集。

(5)人工底質法 (artificial substrate method)

許多水生昆蟲會因為環境改變、覓食或逃避敵害等原因，離開棲息之石縫或底質，隨水流順流而下，進行遷移。在遷移的過程中，若是接觸到適宜之環境或底質，便會停滯而進行拓殖 (colonization)。因此，若能以人工方式提供水生昆蟲適合棲息之硬質底質，則能瞭解環境中喜好堅硬底質之水生昆蟲組成。

人工底質的形狀及材質相當多變，簡單者可置放磁磚、石頭或磚塊等於水中，市面上也有利用三夾板或木板製成的商業成品販售。商業成品之形狀有圓形，亦有方形，結構為利用長螺絲連接多塊板塊而成。採集時，人工底質可以懸吊於水中或埋於底質中作業，置放一段時間後，將人工底質取回實驗室，分離長螺絲與木板，再採集所有棲息於其上之個體，由於人工底質之形狀可估算總面積，因此也可提供定量之資訊。

(6)漂流網法 (drift net)

漂流網也是利用水生昆蟲或無脊椎動物會隨著水流而運動的特性而設計，其外觀類似於蘇伯氏採集網立起之網袋部分，具有框架與後方之網袋兩部分。採集時，將漂流網置於流動水域，且面向上游，經過固定時間後，可由取樣中瞭解在水中運動的無脊椎動物或水生昆蟲量。採集時間通常至少為 8 小時，且至少需經過一夜，但是，實際使用時，採集時間多為 24 小時。因為可分別估算日間與夜間水生昆蟲之流動量，一般的樣本採集頻率為每二小時一次，如此可避免過多的個體或雜物影響網具運作。

在使用漂流網時，如同時測量網前流速與網前水深，可以估算經過漂流網之水量體積，並以此進行估算單位體積之漂流生物量。

水生昆蟲之採集在國內多以蘇伯氏採集網 (Surber net) 進行。使用時應說明採集網尺寸、採集位置、各採集位置之樣本數量。樣本之保存方式與鑑定依據，亦建議說明。此外，亦有使用踢擊法 (kicking method) 採集之調查，踢擊法以踢擊網 (kick net) 採集，使用踢擊法應說明清楚之項目包含網具尺寸、網袋大小、網目寬度及採集時間等。上述兩種方法均使用於礫石或硬質河段，若於泥沙或軟質河段採集水生昆蟲，亦會利用篩網篩濾定量土壤進行調查。若使用該方法，則應列出採集位置之決定標準、樣本數、篩濾土壤體積 (或採集深度) 及篩網網目。

六、資料分析與呈現

每季調查之資料，因為有三個樣品，資料呈現時，宜以最大量、或平均量、或全部呈現之方式，展現所調查到的動物數量值。為了避免對於動物之損傷，若使用電魚法，可以不必執行三個樣品，應以最大之可能代表長度為調查範圍，以展現水域生態系內的生態特色。

因野外調查資料經過各種生態指標分析後，更易看出樣區的生態狀況，因此，野外調查資料應視資料性質分別計算適合之生態性指標，並以清楚簡單的圖表呈現資料結果。這部分應列出各項指標的名稱、公式、各符號代表意義、此計算法的適用條件、範圍與限制等項目。報告中至少在報告中需列出一種多樣性指標（亦稱為歧異度指標、豐富度指標、優勢度指標），與一種均勻度指標。茲列舉較常使用的多樣性指數與均勻度指標如下：

（一）多樣性指數

1. Simpson 指數 (Simpson's dominance index, C)：

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

N_i ：為第 i 種生物之個體數

N ：所有種類之個體數

2. Shannon-Wiener 多樣性指數 (Shannon-Wiener's diversity index, H')：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

S ：各群聚中所記錄到之動物種數

P_i ：各群聚中第 i 種物種所占的數量百分比

本指數可綜合反映一群聚內生物種類之種豐度 (Species richness) 及個體數在種間分配是否均勻。若 H' 值愈大，則表示群聚間種數愈多或種間分配較均勻。

附註：計算 Shannon-Wiener 多樣性指數的公式時， $\log$ 值可取 10 或取 2，但 H' 的值隨 $\log$ 而不同，因此，公式中需清楚標出取 $\log$ 的值。

3. Margelef 指標 (Margelef's index, SR)：

$$SR = (S - 1) / \log_{10} N$$

S：為第 i 種生物之個體數

N：所有種類之個體數

SR 愈大則表示該群聚內動物種類愈多。

(二) 均勻度指數

1. Pielou 均勻度指數 (Pielou's evenness index, J'):

$$J' = H' / H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \log_{10} S$$

$$J' = H' / \log_{10} S$$

S=所出現的物種

J' 值愈大，則個體數在種間分配愈均勻。

2. Shannon-Wiener 均勻度指數 (Shannon-Wiener's evenness index, E):

$$\text{Shannon 均勻度指數 (E)} = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S$$

S：各群聚中所記錄到之動物種數

H' ：Shannon-Wiener 多樣性指數的值

由於研究人員常使用各類電腦軟體進行資料整理與分析，建議於報告中，註明使用之軟體名稱與版本。

七、結果與討論

調查結果可用圖與表呈現，清楚而詳細列出所觀測到的物種種類與數量，表格格式應包含全部物種名稱、各物種的記錄數量、發現地點、時間等項。物種名稱除顯示中文外，應附上學名，動物之名稱請以臺灣物種名錄資料庫（可由 TaiBNET，<http://taibnet.sinica.edu.tw> 或 TaiBIF 臺灣生物多樣性資訊入口網，<http://www.taibif.org.tw/>）的資料為基礎，惟鳥類之名稱，請以中華民國野鳥學會所公告最新版之鳥類名錄為標準。用表格呈現物種數量時，最好使用阿拉伯數字，若以代號呈現亦可，但需在表格下附註說明組距值。

應明確標示物種是否為保育類或特有種。保育類之認定，依據行政院農業委員會林務局最新公告的「保育類野生動物名錄」（詳見該局之自然

保育網，<http://conservation.forest.gov.tw/mp.asp?mp=10>)，保育類野生動物分為三個等級，分別是瀕臨絕種、珍貴稀有和其他應予保育之野生動物。若發現的物種屬於保育類野生動物，應逐一列出於報告中，註明保育等級，並在地圖上註記發現地點與數量，若有非保育類，但在生態環境上可作為指標的物種，也要加以說明其意義。特有種之界定，得參考 TaiBIF 最新公告和中華民國野鳥學會所公告最新版鳥類名錄之資料。

各種動物的調查結果可以直接描述記錄到多少物種，再根據統計分析結果與指標物種、保育類物種出現與否來說明樣區的生態意義。此外，將調查到的物種依植被環境或生態環境類型分類，再加以描述，也是合理的作法。

調查結果與討論可合併或分開撰寫，但不論何種方式，都應說明報告中調查到的物種與該區環境的關係，例如：根據各樣站魚種調查結果及現場的水質分析，顯示景美溪上游石碇水質因第二次採樣有鯛魚（不耐污染指標魚種）出現，其餘三次採樣記錄到耐輕度污染水質之臺灣纓口鰍，故水質屬於未受污染水域至輕度污染水域。深坑河段因出現耐輕度污染水質之石魚賓及臺灣纓口鰍，水質屬輕度污染水域。

在報告中也可說明理論或引用文獻的文句，作為理論根據，充實報告內容，並提升調查報告之水準。

附件二

開發行為對動物生態之衝擊評估 及減輕衝擊對策

在環境影響評估中，考量生物多樣性的保育和永續利用，將可以降低環境開發的衝擊。生物多樣性的喪失，主要源自人類經濟發展中活動。這些活動大規模地開採資源、改變或破壞生態棲息地，甚至引進外來種。因此，在環評的生物多樣性保育考量中，可以依序從避免破壞、減輕衝擊和補償損失等層次，加以考量。

任何一個開發案均會對環境造成壓力，尤其是生態性的衝擊常常是不可逆的反應，因此，環評中的生態評估必需有充足的調查資料，方可作為評估的依據。評估開發案的環境衝擊時，可分為施工與營運兩階段探討。在施工期間，應評估整地、填土、施工的噪音、施工人員的進出、交通量的增加和土方坍塌等，對環境的可能影響，如增加的灰塵量、空氣污染和噪音污染對動物的影響，人員頻繁進出對環境干擾的增加，整地、填土與坍塌對植被的改變與移除，進而影響到動物之活動。在營運部分包含營運後的影響，此時的評估重點應注意為美化景觀所種植的植物是否為原生種，能否吸引動物利用，當地動物生態是否會恢復施工前狀態，此外，興建建物或道路後是否造成棲息地破碎、植被單調或棲息地消失，也是評估開發案對動物生態影響的重點。

目前國內申請進行環境評估的案件中，可分為興建或擴建等，其對環境的影響，依其預定興建地點而不同，一般而言，在環境已被破壞區域開發的影響，小於在環境完整而複雜地區開發的影響。此外，興建面積大小與形狀都有著不同程度的影響。以公路建設為例，公路開發後，人們在沿途逐漸建立聚落，並修築次要道路系統，沿著道路擴張開發的區域與範圍，使得原有的森林連續區域，解體成不連續的區塊，造成棲息地的破碎化，正是造成生物多樣性減少的最主要因素。

總之，評估環境受到的衝擊時，應以生物受到的干擾、棲息地受到的影響和生態系服務降低等三方面為主。若有歷史性生態調查資料，應納入

評估分析。當棲息地受到嚴重干擾而無法自行恢復原來狀況時，應有合適的減輕衝擊對策或進行生態補償措施。

一個對環境友善的開發案，雖然會對環境造成壓力，但也有機會讓環境獲得正面的助益。因此，開發者思考開發過程時，除了應該減少環境衝擊之外，也能夠多作點友善的環境措施，並盡可能補償生態損失，以營造開發與環境保護雙贏的局面。

一、生態影響評估項目

開發案對於環境的衝擊，從動物生態的角度而言，可以從物種（尤其是保育類、稀有種和特有種）、生態系價值和特定棲息地等項目，進行評估。評估時，宜考量零損失（No net loss principle）和預防（Precautionary principle）兩大基本原則，加強研擬減輕生態衝擊對策，並考慮執行生態補償措施。

（一）.物種

從功能性角度將當地的生態區域分類（如生殖棲息地、覓食行為、覓食棲息地、避難棲所等），考量地區內因開發行為所承受之干擾程度，就開發行為評估當地生態區域受到的影響，可能造成之干擾程度與動物的反應。

（二）保育類、稀有種和特有種之衝擊

依據現場調查資料和該物種的棲息地及生活史需求，評斷開發行為對於保育類與特有種、稀有物種野生動物的影響，同時特別重視：

- 1.評估現有保育類及特有、稀有物種之族群結構與數量。
- 2.若評估結果認為這些動物族群數量過於稀少或結構失衡，極可能因開發行為而危及當地動物族群的生存時，應考慮執行生態補償，如就地開闢保護區、遷移及復育之可能，或避免開發。
- 3.依據現場調查和歷史資訊的整合，以生物多樣性和保育類物種的角度，評估開發區域之生態價值，以及在臺灣或區域上所扮演之角色。例如依據實地調查資料來看，若當地的保育類動物或特有物種相較於其他地點較多（即屬於生物多樣性熱點區域），或屬於密度較高的分布區，或是調查樣區的多樣性指數較高，則應評估是否執行替代方案，或建立保護性的區域，並盡量避免開發此類地點。

（三）生態系價值

此階段的評估宜整合植物生態與動物生態之調查內容，從生物多樣性和生態特色之角度，注意受影響環境及其物種在該生態系中之生態重要性與整體的生態系服務，同時也需重視其經濟、社會與人文上之價值，以構思保護、重建和復育之需求強度與執行方式。尤其當該區域的生態系可能受到不可逆的破壞，無法自行恢復原來的地景與功能時，應執行人為復育措施。同時，應評估生態系服務所遭受到之衝擊程度，以及生態系是否可以保持其韌性，並得以恢復。

（四）對棲息地之衝擊

應針對開發區之生態棲息地特色加以評估。尤其是特定物種（如保育類野生動物）之棲息地需求，均應分析和評估。整合實地調查資料後，評估衝擊程度，對棲息地環境衝擊程度較為輕微，或是經由人工復育環境後可逐步恢復原有植被的案例，可經由審慎規劃評估後，進行施工作業，並依據環境影響評估報告中的建議事項，注意各項施工細節，盡量避免對環境的額外干擾，若有需要，應進行人工植被補植。若當地具有珍貴生態價值，而施工將嚴重破壞當地生態環境，且一段期間後仍無法恢復，應考量替代方案，即停止開發或另擇地點。

進行棲息地衝擊的評估時，應注意整合植物相與動物相，清楚說明兩者互相影響的部分，並針對棲息地破壞，造成物種、族群、群聚和生態系等生態階層的影響，進行預測。此外，若能進行模式分析，利用生態棲息地的損失，從空間的角度，評估對於環境的影響，應可獲得更合理的衝擊預測。

地景（含生態棲息地）的變化情形，也可以利用航、遙測方式進行。此方法透過飛機或衛星感測器讀取地貌資訊，以大面積的方式，經過判釋後，得到當時期的環境資訊。這些資訊也可以用來研判動物棲息地的可能改變情形，是否有被碎化之狀態？將有助於預測開發案之可能衝擊。

二、污染程度之考量

開發行為可能產生各種污染源，如化學性（如水溫、酸鹼度、營養鹽、重金屬、有毒物質、有機污染物等）、物理性（如水量、水深、流速、河（湖）寬、河（湖）岸水泥化程度）、生物性（掠食者、食物、競爭者、繁殖介質等）與棲息地（如山坡地開發造成優養化與土壤侵蝕、水生植物減少、藻類物種組成變動等），這些變化均會對生態造成衝擊。評估時，應自物種組成之數量、相對比例、優勢種、生態系服務等不同角度，進行

可能產生變化及其結果之評估。同時，由於氣候變遷日益明顯，評估時也應考慮氣候變遷下的加成效應預測。

三、外來生物之課題

外來入侵種生物對於生態或人類的影響，早已有明確之事證，如福壽螺、小花蔓澤蘭、紅火蟻，這些生物常造成人類經濟財產上的損失。然而在許多的場合中，由於外來種造成衝擊作用常會有一段長時間的潛伏期，我們常會因此而忽視其影響性。環境開發後，常會形成單一化的環境，往往讓外來種有機會入侵，需小心防範。而景觀綠美化工程所種植之植栽，也常帶有外來入侵種之植物種類，也應避免種植這類型的植物。

某些特定之開發項目如會進行外來水生生物之飼養與繁殖，開發單位應準備有關該生物生態與生活史之相關資訊，說明在其他國家造成生態危害之訊息，以供審查，並應提出防止外來物種逸出與散布所進行之準備，對生物逃逸後之危機處理程序，亦應有所說明。

四、減輕衝擊對策

良好的環評報告必需有對於生態衝擊之減輕衝擊對策，以期能讓生態系的韌性得以發揮至極大，在遭遇外來干擾時，得以保持恢復之彈性。從生物多樣性的角度而言，就是要擬定適應性和調適性的策略與措施，來降低開發案對於環境的衝擊。適當的減輕衝擊對策，可以維護生態系的韌性，避免開發完全破壞掉這種韌性，讓生態系保持復原之彈性，進而在開發完成後，生態系可以恢復舊觀，甚至變得更好。

如對生態影響在科學上尚有無法釐清之處，開發單位應考慮投入更多的環保經費，針對重點議題，進行相關之研究，藉由研究之成果，獲得更多面之資訊，以尋求更佳之生態衝擊減輕對策。

五、生態補償

在無法避免或減輕生態影響時，一個對環境友善的開發案，除了有良好的減輕衝擊對策之外，更應積極進行生態補償措施（如同質性棲息地補償、生態系復原、新生），考慮開發行為對環境所造成之破壞，給予適當的補償。

生態補償應遵守以下四點原則：考慮營造同質性棲息地、位置最好位於開發區域內、面積應至少與被破壞掉者相等或更大、營造時間要比開發時間更早等。

由於許多的生態過程和內容需要非常長的時間方可形成，一旦破壞，幾乎是不可逆轉的，而其影響也不見得立即可見。當開發不可避免破壞生態時，生態補償是必需的環境友善措施。

附件三

動物生態監測計畫

在臺灣，地區開發往往伴隨施工的進行，當地動物相因為棲息地類型的改變，而有大幅度的變化，因此開發前的生物資源調查與衝擊評估，甚至開發過程中的環境監測都極為重要，如此方能確保經濟發展與環境品質並重。

環境監測計畫可以釐清開發案是否對於開發區和鄰近區域造成衝擊，一套設計良好的環境監測計畫，可以為環境把關。以動物生態為例，動物監測計畫應考慮建議指標物種、監測地點、監測頻度和監測時程，同時，開發前，應建立翔實的基準資料，以作為後續追蹤之比較依據。

一、監測物種或內容之選擇

指標動物的選擇應以開發區域的生態特性，作為選擇的依據。基本上，這些指標動物必需能夠反應開發區的重要生態特性，同時，也是大眾關注的焦點。例如，以風力發電的風機設立而言，鳥類、蝙蝠是重要的影響指標，而所設之區位若與蝴蝶棲息地有關，亦需考慮。又如在臺灣海岸的開發案中，應考慮對中華白海豚、鳥類、魚類、螃蟹類之衝擊。再以湖山水庫的開發案為例，由於開發區域位在山坡地，此區域正是全世界瀕危物種八色鳥（*Pitta nympha*）的主要棲息環境，八色鳥當然成為重要的指標物種之一。理論上，開發面積越大，所在區位生態價值越高，則需考量的因子越多。

環評中指標動物的選擇，應以數量多、調查容易發現，或具有生態代表價值者為選擇依據。由於陸域生態系中，哺乳類、兩生類和爬蟲類動物的種類及數量，相對於鳥類而言，均較為稀少、不易發現或不易估算族群量；水域生態系的動物中，則以淡水魚類和蜻蜓類最容易發現，分類系統也最清楚，可明確辨認各物種的差異。而且這些動物的研究文獻也較豐富，在食物鏈中同樣從初級消費者到高級消費者，均有包涵，可說是最適宜作為指標性動物的種類，況且鳥類和淡水魚類作為環境改變的監測指標已有許多實例，亦有許多理論基礎。以鳥類為例，鳥類具有強大的遷移能

力，如果一個地區的環境變得不適合，鳥類將可以很輕易的移往他處，藉由調查鳥種數量與組成，可明確判斷該地區的生態狀況。因此，進行動物生態監測時，可以鳥類作為陸域生態系的代表，水域生態系則以淡水魚類和蜻蜓類為原則，惟仍應視開發基地實際生態特色，擇定適當之指標物種。

監測工作必需遵循定點、定時、定量和固定方法之條件，否則，各時期的資料將無法比對，也不易看出環境的變遷趨勢。由於環境的品質好壞、是否有重大改變等資訊，須藉由比較之前的資料才能了解，進行環境監測時，一定要使用和進行背景調查時相同的方法，以相同的人力、努力量、調查路徑（或地點）、調查方法...，甚至選擇相似的氣候條件進行。如此調查所得到的資料，才能用於分析環境是否受到不可逆的影響，了解其影響的範圍，也才能達到監測的意義。

採用航、遙測方式，監測地景的變遷情形，也是值得考慮之方法。此方法以大面積的方式，直接讀取環境的地貌，得到當時期的環境資訊，再藉由與之前的資料進行比對，可以看出環境的變化趨勢。不僅可以釐清地景的變化，也可以藉由建立動物與地景棲息地之關係，監看特定動物棲息地的改變情形。

二、調查資料與環境的關係

以下的說明以鳥類為例，利用鳥類調查資料，判斷環境是否受到影響及其可能的影響範圍。

進行鳥類資源調查時，可以發現各地鳥類群落有極大差異，主要因棲息地內食物供給量及周圍環境而影響鳥類種群結構。較原始的自然環境，植被種類多，可提供食物種類也多，棲息地較多樣化，容易吸引較多種的鳥類或其他野生動物前來棲息。

一般將棲息地類型大致分為樹林、草叢與灌叢區、農耕地、水域或溼地幾個類型，各個棲息地依其植物種類不同，又可繼續細分。各類鳥種因對棲息地需求不同，常出現在某些棲息地類型，茲列舉如下：

（一）森林

又可分為原始林與人工林。原始林有針葉林、針闊葉混合林、闊葉林；人工林分為人工針葉林、人工闊葉林、相思樹林、泡桐等。

原始林的植物結構複雜，在各層次，如林冠層、中層、底層及地表均有鳥類分布，常常是鳥類種類最多的棲息地類型，包括鷺鷹科、隼科、

鷓鴣科、雉雞科、畫眉科、鳩鵲科、山雀科、啄木鳥科、鵲科、鶇科、啄花鳥科、山椒鳥科、鴉科、杜鵑科、五色鳥科、鴝鵒科、卷尾科中的部分鳥種等都棲息於此。

人工林因植物種類單調、多樣性低、缺乏食物，對動物的吸引力比原始林低，以棲息於底層灌叢的鳥類為主，如畫眉科、雉科、鶇科、文鳥科、鶇科等鳥類。

（二）草叢及灌木

依分布海拔分為高山灌叢、高山箭竹草原、高山芒草原、低海拔箭竹草原、低海拔芒草原及人工草地等棲息地，有鶇科、三趾鶇科、畫眉科、鶇科、夜鷹科、文鳥科、鷓鴣科、雀科等鳥類分布。

（三）農耕地

包含果園、竹林、農地、墓地或荒地。其中荒地指曾加以利用，但現在已棄置荒廢的土地。此棲息地類型常因農作物的耕種週期，而出現植被的大幅度變動，對動物而言干擾極大，因此，出現在此的鳥類多是喜群棲於空曠開闊地，或適應力強，對各類型棲息地均可接受之種類，包括文鳥科、鶇科、繡眼科、伯勞科、鵲科、雀科、秧雞科、八哥科、鷓鴣科、鶇科及卷尾科的部分種類。

（四）水域或溼地

包括溪流、湖泊或水池、海岸溼地、海岸林、海岸草生地、珊瑚礁灌叢等。翡翠科、河鳥科、鷓鴣科、鶇科、鵲科、鵲科、鶇科、鶇科、朱鶇科、雁鴨科、鶇科的部分鳥種。

（五）其他

指人工設施區域或岩洞，以及不歸屬於上述棲息地類型的部分。由於這類地點的植物稀少、人類干擾頻繁，出現在這類型棲息地的鳥類極少，多是外來種或適應力極強的鳥種，如家八哥、白頭翁、麻雀、綠繡眼等，可依賴人類食物殘渣或少數為了美化景觀而種植的植物維生；此外，少數鳥種，如雨燕科與燕科，在空中捕捉昆蟲為食，較不受限於棲息地類型的種類，也是這類型棲息地的常見鳥類。

由於各種鳥的適應能力有別，各類型棲息地內食物的供給程度不同，鳥類對棲息地的植被組成、植被密度...等棲息地結構有不同的偏好。進行環境監測或開發案對環境衝擊影響評估時，除以是否出現保育類鳥種判斷，應特別注意不同環境類型鳥種所受到的影響。以同樣棲息於樹

林中的鳥類為例，啄木鳥科與畫眉科鳥類均出現於原始林中，但在人工林只能找到畫眉科鳥種，一旦原始林面臨開發或破壞，則勢必對啄木鳥科的鳥種造成重大影響，而畫眉科鳥種因可棲息於人工林的棲息地，相對受到的影響較小。臺灣由於地形崎嶇多山，且平緩地區多已開墾，往往各種類型棲息地相雜，形成鑲嵌的狀態，出現在原始林或草叢灌木林的鳥種，如畫眉科、三趾鶉科，有時會移動到林子邊緣的農作區，不過，這不代表農耕地是上述鳥種偏好的棲息地類型，因此，評估開發的衝擊與進行環境監測時，應多加注意鳥種與棲息地的關係。

一般而言，在植被完整而種類複雜的區域出現小規模干擾，會使邊緣效應增加反而能吸引其他棲息地的物種，短期內使多樣性稍微增加，但干擾出現在棲息地植被單純或干擾已較頻繁的地點時，干擾增加將使動物更少，長期下來可能變成不適合動物棲息之處。禁止干擾或設立保護區域對動植物普遍來說利大於弊，禁止干擾將使植被進入自然演替的步驟，在氣候適合的地區，草地與灌木叢將逐漸變成森林，短期中有可能增加更多物種，不過，原本適應草叢與灌木型棲息地的種類將消失，被遷移到其他適合棲息地中。溼地常面臨另一類問題，如關渡的農田，因農民廢耕而不再引水灌溉，造成土地的鹽化外，陸地植物逐漸入侵也造成陸化而面臨溼地縮小的問題；或如臺灣西部的溼地因超抽地下水而造成濕地鹽化、地層下陷與被堆放棄置垃圾等問題。

總而言之，雖然鳥類有時會出現在多種類型的棲息地，但鳥類要進行繁殖常有特定需求，因此，大部分鳥類會出現在特定的棲息地類型中，一旦最適合的棲息地受到輕微影響，雖可暫時遷移到鄰近的區域中，等到環境復原再次遷回，不過，環境如果遭到大幅改變，也將嚴重影響鳥類的生存。建議進行環境評估與監測時，應從生態系與群落的觀點出發，考量棲息在不同類型棲息地鳥種的差異與影響（表 6），而非認為鳥類會自行遷移而不受施工影響。

三、開發行為之監測

開發行為包含對陸域或直接施作於水域範圍等行為時，在開發行為開始前、執行中，與完工後均應該選擇適當或具代表性樣點進行監測，監測時應選擇與進行環境影響評估調查時，所選擇之資料整理方式，進行記錄，記錄時，應特別注意在歷史文獻與現場採集中消失及新出現之物種與其數量，對於環境之變遷狀態，亦應以同位置或角度之方式繪圖、拍照或攝影，予以記錄和詳加說明，以累積因開發行為所產生衝擊之相關資訊，作為評估未來類似工程開發案之參考資料。在攔截與整治之工程開發案評估，亦應特別注意工程污染物清理與生態基礎流量之維持與保留等事項。

若開發行為非直接施作於水域中，但會對附近水體產生影響時，評估單位即應對可能影響之水體，進行歷史資訊之蒐集與定期（如每季或每月）之現場調查。

表 6、棲息在不同棲息地類型的鳥類受到不同影響項目的結果。

影響項目	鳥類出現的棲息地類型					
	原始林	人工林	草叢與灌木	農耕地	水域與溼地	其他
整地或剷除植被	-	-	-	-	-	-
補植景觀用植種或外來種植物	-	-	-	±	-	±
增闢道路或道路拓寬增加邊緣效應	±	±	-	-	-	-
人類或車輛出現頻繁造成干擾增加	-	-	-	±	-	±
設立保護區禁止干擾	+	+	±	±	±	+
自然演替造成水域陸化或草地變樹林	+	+	±	±	±	+

-表示負面影響；+表示正面的影響；±表示同時有正面及負面的影響結果。

四、復育之監測

對進行棲息地保育和生態復育之動物族群、群聚和生態系，在剛完成遷移或工程時，應進行較頻繁（如每日、週或月，視物種而定）之現場調查，以瞭解物種之適應與移入狀態，同時也應對其數量與結構之變化情形，進行記錄，記錄方式除數目調查外，尚包括繪圖、錄影與拍照等。其後，方可進行較規律的監測，以確定其族群量之恢復情形。

參考文獻

- 環保署，2002。植物生態評估技術規範。環保署，臺北市。
- 環保署，2003。動物生態評估技術規範。環保署，臺北市。
- 林曜松、梁世雄。1997。魚類資源調查技術手冊。農業委員會，臺北市。
- 黃增泉、吳俊宗、謝長富。1999。環境影響評估及環境影響說明書有關陸域植物生態之調查及撰寫規範。中華民國自然生態保育協會，臺北市。
- 鄭錫奇。2001。陸域哺乳類動物調查方法介紹與物種特徵辨識。農委會特有生物中心，臺北市。
- 環境檢驗所。1995。環境檢測方法-環境生物檢測。行政院環保署，臺北市。
- Anjaneyulu, Y., and V. Manickam. 2007. Environmental Impact Assessment Methodologies, 2nd edition. BS Publications, Hyderabad, India.
- APHA, AWWA, and WEF. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater 19 edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Furness, R. W., and J. J. D. Greenwood, editors. 1993. Birds as Monitors of Environmental Change. Chapman & Hall, New York.
- Hannah, L. 2011. Climate Change Biology. Academic Press, Amsterdam.
- Hellmund, P. C., and D. S. Smith. 2006. Designing Greenways: Sustainable Landscapes for Nature and People. Island Press, Washington, D.C.
- Hill, D, M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry, and P. Shaw. 2005. Handbook of Biodiversity Methods - Survey, Evaluation and Monitoring. Cambridge University Press, New York.
- Cassatella, C., and A. Peano, editors. 2011. Landscape Indicators: Assessing and Monitoring Landscape Quality. Springer, Dordrecht.
- Institute of Environmental Assessment. 1995. Guidelines for Baseline Ecological Assessment. E & FN Spon, London.
- Jorgensen, S. E., R. Costanza, and F. L. Xu, editors. 2005. Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health. Taylor & Francis, Boca Raton.
- Kovacs, M., editor. 1992. Biological Indicators in Environmental Protection. Ellis Horwood, New York.
- Krebs, C. 1999. Ecological Methodology, 2nd ed. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm Ltd, London.
- Schröter, D., M. J. Metzger, W. Cramer, and R. Leemans. 2004. Vulnerability assessment - analysing the human-environment system in the face of global environmental change. The ESS Bulletin 2(2):11-17.
- Slootweg, W., A. Rajvanshi, V. B. Mathur, and A. Kolhoff, editors. 2010. Biodiversity in Environmental Assessment: Enhancing Ecosystem Services for Human Well-Being. Cambridge University Press, Cambridge.

- Spellerberg, I. F. 2005. *Monitoring Ecological Change*, 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sutherland, W. J. 2006. *Ecological Census Techniques: A Handbook*. 2nd edition. Cambridge University Press, New York.
- US EPA. 1997. *Revision to rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers – periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish*. US EPA, Washington, D.C.