

# 金門動物車禍調查與分析

林世強<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 國立金門技術學院營建工程系副教授；<sup>2</sup> 通訊作者([sclin@kmit.edu.tw](mailto:sclin@kmit.edu.tw))

**[摘要]** 道路是經濟發展重要之基礎建設，道路網促進人員與貨物之運輸。然而道路對區域生態系統之衝擊也極為嚴重，最顯而易見的是道路之車流造成不同物種之動物車禍，而道路對鄰近生態系統之最大負面影響可能是對物種產生之阻隔效應。調查動物車禍之成因可了解道路車流對區域生態之衝擊程度，同時動物車禍之頻率可作為鄰近生態系統之指標，據以了解路旁遷移性動物之種類及道路可能之阻隔效應。本研究以一年的時間每日調查金門 8 條道路之動物車禍位置、物種與數量，並分析造成車禍可能之因素，歸納出動物車禍熱點，針對各熱點探討物種、棲地、道路特徵、車流量、車禍型式、鄰近地景、植被等因素與車禍之相關性。研究結果發現道路鄰近動物棲地之路段多為車禍熱點，而聚落邊緣、自然區與農業區內之道路發生動物車禍之數量較開發區內高，道路之轉彎、T 型路口、十字路口、下坡路段等路型急遽變化處也有較高之車禍率，另一方面行道樹之樹種與密度對動物車禍發生率之高低有所影響，其重要性可能超過車流量。由研究獲致之動物車禍成因，本文提出相對之工程與生態性之減緩措施，以期降低道路對生態系統之衝擊，提高道路之生態友善性。

**關鍵字：**動物車禍、道路、生態系統、道路生態、減緩措施

## Survey and Analysis of Road Kill in Kinmen

Shyh-Chyang Lin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Construction Engineering, National Kinmen Institute of Technology; <sup>2</sup> Corresponding author ([sclin@kmit.edu.tw](mailto:sclin@kmit.edu.tw))

**ABSTRACT** As an infrastructure for economic development, road networks are important for facilitating the effective transportation of people and goods. However, they can also pose serious impacts on the regional ecosystem. One of the most significant ecological consequences of roads on adjacent ecosystem is road kill. Road kills reflect the fact that animals were making an attempt to cross the roads and that there are still interactions between the divided habitats. Barrier effect may be the most severe impact of a road on animals residing in the adjacent landscape, and may lead to loss of gene diversity or local extinction for some species. Road kill surveys may help understand the scale of ecological adversity on regional ecosystem brought by traffic. Daily survey of road kills on eight major roads in Kinmen was carried out in this research. Locations, species, and number of road kills were recorded to pinpoint road kill hotspots. Attributes of accidents, such as species, habitat, road attributes, traffic volume, accident patterns, adjacent landscapes, and vegetation, were then analyzed based on the ecological and engineering traits of hotspots. It was found that more road kills occurred at the edge of villages in natural and agricultural areas than in developed

areas. Relatively more accidents occurred at down slope and along sharp curves of roads. Patterns and density of road side trees are other decisive factors that influenced the probability of animal fatality. Based on the factors of road kill found in this study, several ecological and engineering mitigation measures are proposed to reduce the impacts of roads on the ecosystem and to facilitate planning of more eco-friendly roads.

**Keywords:** road kill, road, ecosystem, road ecology, mitigation measures

## 前言

道路網之建構是經濟擴張之基石，密集的道路網提昇人員交流與貨物運輸效率，但却對區域生態系統造成危害，道路所經之處除了對動植物棲地直接產生破壞，道路更促進人類的開發行為，對生態系統之演化可能造成無法回復之破壞，因此道路對生態之衝擊效應必須深入探討。

當前台灣地區大型道路工程大都以高架為主要興建方式，對生態之衝擊已有降低。然而省道、縣道與鄉鎮道路仍多為平面道路，且大多路經鄉村與山區，部份道路經過生態敏感區，各生態敏感區因道路之興建而降低生物多樣性之程度不一。我國有關動物車禍之調查首推陽明山國家公園，自 1995 年開始調查共發現 13,000 餘隻脊椎動物遺體，管理處依黃光瀛博士 11 年調查結果歸納之車禍熱點設置動物廊道與監測系統，發現有超過 3,800 隻次之動物利用廊道通過道路，成效十分顯著(陽明山國家公園管理處 2006)；另墾丁國家公園亦推行「護送螃蟹過馬路」活動，未來將規劃設置螃蟹地下通道，可見動物車禍已漸受民眾與政府之重視，惟動物車禍調查與研究重點除生物層面之考量外，工程、車流與開發面之探討亦是主要課題，因此檢視動物車禍熱點之成因實有其必要，因良好之工程減緩措施甚至可減少 97% 之動物車禍(McGuire and Morrall, 2000)。

道路對鄰近生態之衝擊與 5 項因素有關：(1)道路本身(寬度、鋪面、減緩措施)、(2)車流(車速、車流量)、(3)路緣(verge)(寬度、形狀、表面情形、植栽情形)、(4)鄰近土地利用(森林、城鎮、農地)與(5)物種(尺寸、重量、食物

型態、領域、族群遷移特性、播遷能力、稀少性)(Jaarsuma and Willems 2002)。動物與人類對道路有不同之需求，動物穿越道路時須有理想之庇護與視野，而駕駛則要求交通效益與安全性(Forman et al., 2003)，因此在道路交通之課題上人類與生物之需求經常是相互衝突的。道路可以吸引生物接近，常見之家燕常因路面之高溫而緊貼路面追逐穿梭，車輛沿途製造之垃圾及農車掉落之穀物皆是吸引野生動物與鳥類接近道路之因素(Slater 1994)，被車輛輾斃之動物屍體則又是食腐動物(scavenger)之食物來源(Gunther et al. 1998, Forman et al. 2003)，此類現象皆提高動物車禍發生之機率。另者，噪音為道路影響鄰近區域鳥類密度最重要之因素之一(Forman et al. 2003, Reijnen et al. 1995, Reijnen and Foppen 1994)，高速公路噪音對鳥類影響距離甚至可達 1,500m 至 2,800m，鳥類在此區域內築巢成功率下降，鳥類間訊息傳遞遭干擾，部份鳴鳥(songbird)因長期演化而具備躲避空曠區猛禽掠捕之天性(St. Clair 2003)，但對道路可能尚未發展出躲避之能力，無法預警道路上車流之危險性而容易造成車禍。自然區或農業區中之道路，由於接近生物棲地或覓食區而容易發生野生動物之車禍，尤其鄰近溼地、湖泊、河川等地區之道路發現較高之兩棲動物車禍率，另一方面在開發區或人口較密集之城鎮，家犬、家貓之車禍數量明顯升高。有些動物如爬蟲類與部份昆蟲常至道路取暖或築巢而發生車禍(Haxton 2000)，尤其數量多行動力緩慢之動物最容易遭車輛撞擊。

早期美國北部地區的研究發現，在單次的調查中，每 10km 有 0.95 隻脊椎動物車禍發生(Stoner 1936)，近來雖無類似系統性之研究，

但在加拿大安大略省 Lake Erie 鄰近地區之調查發現，二年間湖畔 3.6 km 道路上有 32,000 脊椎動物遭車禍撞斃(Ashley and Robinson 1996)，可見在生態區鄰近之道路極容易造成動物車禍。在某些情況下，動物車禍之死亡率甚至超過被掠食或因疾病死亡(如龜類與獾)(Forman et al. 2003)，對此類型之物種，道路車流將是改變族群數量之重要因素。在無法釐清影響物種數量之決定因素前，動物車禍調查將是簡易可行之初步工作，同時亦可評估道路干擾鄰近生態系統之程度。根據美國黃石國家公園之研究調查發現(Gunther et al. 1988)，動物車禍約佔 1%之大型哺乳類動物數量，對族群之影響並不大，而對鳥類亦是相同之現象(Reijnen et al. 1997; Reijnen et al. 1995)，但對稀有、瀕臨絕種動物或內居型物種(interior species)而言，車禍則可能造成無可挽救之危機，如倉梟(barn owl, *tyto alba*)族群數量對鳥類車禍極為敏感(Illner 1992)，因此系統化之動物車禍調查，可能釐清道路與其車流對動物族群與生態系統之影響程度，同時可依動物車禍調查結果了解道路是否已對某些物種產生阻隔效應，切斷該物種遷移路徑，而對該生物或生態系統造成嚴重之衝擊。例如，部份鳥類會迴避高噪音之道路，小型哺乳類動物則因道路之鋪面、缺乏庇護、鄰近微氣候與植被改變而迴避道路(Jaeger et al. 2005)。另，高車流量干擾鄰近生物使其怯於穿越道路，而道路部份設施(如分隔島，柵欄、高差等)亦將阻礙動物之通行，另較寬之道路寬度使生物曝露於空曠之路面，亦影響動物之穿越，以上之道路特性可能對某些生物產生阻隔效應(Barnett et al. 1978, Gunther et al. 1998)，若在相似生態環境中有不同之道路設施，即可分辨是否部份設施形成阻隔效應。對於數量龐大的生物，動物車禍不致於對族群數量造成嚴重影響(Gunther et al. 1998)，但對數量稀少之生物(如金門水獺，全島數量可能僅 150 隻左右)則動物車禍之數量可能對族群有決定性之衝擊，此類之評估相當重要，一般而言，動物車禍對族群數量之影響

依物種特性而有程度上之差異，播遷頻率高、行動遲緩、數量較稀少之物種，動物車禍之衝擊相對較大(Gibbs and Shriver 2002)，若未作大面積之生態調查，則其影響程度將不易精確推估，僅能以文獻資料得知個別物種受影響之情形。本研究以一年之金門實地調查，嘗試尋找車禍熱點、探討造成動物車禍之各項工程與生物因素，並研擬降低動物車禍頻率之改善措施。

## 研究範圍

本研究在金門選取 8 條道路：中央公路(11.86km)、環島東路(3.25km)、環島西路(12km)、環島北路(12.45km)、酒廠路(1.1km)、榜林路(0.74km)、大學路(0.5km)、高陽路(4.1km)，進行動物車禍之調查，全長度共 46 公里(圖 1)，橫跨金門島各鄉鎮，經過之地景與植被各異，各道路之車流量與車速亦不同，道路雖然皆為二線道，但路寬、路長、行道樹之樹種與道路等級皆不同，對可能產生之動物車禍型式將有所差異。

調查之各路段中環島北路連接金城與沙美，全線重鋪瀝青路面，近沙美路段則予以拓寬；環島西路近年亦拓寬改善，主要在聯絡金城、古寧頭與慈湖；榜林路連結環島北路與伯玉路，此路段路面狹小，全長僅 800 公尺，但動物車禍數量相當高；中央公路為金門最重要之幹道，自金城經金門國家公園至小徑轉往金湖鎮與料羅，車流量高，其行道樹已完全由木麻黃改為樟樹；環島東路連接料羅與溪邊，平時車流量低，但兩旁林林茂密，生物豐富度；高陽路為高坑與陽宅間新建之道路，平時車流量亦低，兩旁主要為農地，行道樹較稀；酒廠路是伯玉路前往金門酒廠之通道，緊鄰金門國家公園與金門酒廠；大學路則是專為國立金門技術學院開設之道路，由環島北路進入，兩旁為農地與樹林，行道樹主要為木棉，分佈稀疏。以上各道路皆有其不同之功能、特性與植被，易於分類，因此本研究選定此 8 條道路進



行 12 個月之動物車禍調查與分析，各路段基本資料如表 1。

## 研究方法

### 一、動物車禍熱點調查

為了解動物車禍熱點與特性，本研究以金門本島為研究範疇，調查情況如下：

1. 調查時段：本調查多數選擇在傍晚時分，但因學生上課時間因素，有部份調查在中午進行，繞行順序皆相同，每日需時 2~2.5 小時，依發現動物屍體狀況而異。
2. 調查方式：以 2 人為一組，共騎機車繞行各路段，時速約 30 公里，若發現動物屍體則加以拍照，以手提式雷射測距儀測量車禍地點至最近顯著目標(如路口)之距離，確定位置後，將屍體剷除移至路旁掩埋以防止重覆計算，所獲資料依比例於地圖上標示。
3. 調查頻率：每日一次。
4. 調查人員：本研究團隊共 4 人，分 2 組進行調查，每日 1 組。

為求得完整之車禍數量，研究人員亦同時廣為通告任職學校教職員協助調查，若有非研究人員發現動物屍體，則通知研究人員前往處理，惟次數僅 5~6 件。

經 12 個月之觀測獲致動物車禍熱點，嘗

試由熱點之車流及道路特性與動物物種，歸納造成動物車禍之原因，另由動物種類之統計，可用以探討道路對動物是否產生阻隔效應及動物之迴避效應。

### 二、道路與地景特性調查

道路本身之路型、坡度、寬度與曲度皆可能為動物車禍之因子，於調查時亦加以量測或紀錄，觀測之 8 條道路之行道樹之樹種與密度有相當大之差異，經過之地景也不同，其中有城鎮、農地、國家公園、林地、學校、湖泊、水庫、工業區等，各路段鄰近景觀基本資料如表 1。另為瞭解路旁樹景對鳥類飛越道路行為之影響，本研究選擇如下四處路段利用望遠鏡進行觀測、紀錄與比較，由於各路段之車流量皆高，彼此相距約僅 1 公里，鄰近生態系統相似鳥類種類亦相同，足以作為差異分析。

#### 1. 環島北路與小徑之 T 型路旁：

道路之南側為農地，北側為約 1 公頃之小型林地，小林地經常維持數十隻鳥類停留，因覓食經常飛越道路。

#### 2. 中央公路（成功與夏興間）：

道路為東西向，北側為小型林地與少數住家，林地高於道路，南側為南向坡之另一林地，但其高度較低，位於中央公路多為低矮之樟樹，平均高度約 4 公尺。

表 1 動物車禍調查各路段基本資料

路段	路寬(m)	主要行道樹	鄰近植被與景觀
中央公路	12	樟樹	農地/國家公園
環島東路	10	木麻黃/雜樹	農地/雜林/溼地
環島西路	10	木麻黃	農地/雜林/聚落
環島北路	10	木麻黃	農地/聚落
高陽路	12	樟樹	農地/溼地
酒廠路	8	樟樹/雜樹	雜林/農地/國家公園
大學路	12	木棉	雜林/農地
榜林路	8	雜樹	雜林/農地/軍營

表 2 各路段車流量與平均動物車禍率

路段	長度(km)	車流量(輛/小時)	動物車禍件數	平均動物車禍率 (件/公里/月)
榜林路*	0.74	282	18	3.24
環島西路	4.70	151	97	1.70
環島北路	12.45	371	250	1.67
酒廠路	1.10	118	9	0.68
大學路	0.50	42	3	0.50
環島東路	3.25	80	18	0.46
中央公路	11.86	802	61	0.43
高陽路	4.10	216	7	0.14

\*榜林路計算期間為 7.5 個月(自 2005 年 11 月 1 日至 2006 年 6 月 14 日，其後該路段持續進行拓寬工程，即未見動物車禍)。

### 3. 環島北路(瓊林與后盤間):

道路為東西向，兩側皆為農地，兩側行道樹皆為高大密集之木麻黃，高度約 15~30 公尺，平均間距約 8 公尺。

### 4. 環島西路:

道路為南北向，兩側多為農地，行道樹皆為高大密集之木麻黃。

以上 4 路段皆於 16:00-18:40 間各觀測 1 次，主要以目視觀察，另於環島北路(瓊林與后盤間)利用單眼望遠鏡觀測(觀測距離可達 900m)，主要紀錄項目有(1)行道路高度與植栽配置狀況，(2)鳥類穿越道路之數量，(3)大致飛行高度，(4)行走於路面之鳥類數量等，以上資料將可用以判斷路旁植栽對鳥類穿越道路之影響。

### 三、尖峰車流量調查

道路車流量在各時段皆不同，在探討各路段之動物車禍發生率時車流量為相對值，因此本研究以尖峰時段車流量代表該路段之車流

情形，研究人員於週一至週五間選取一日於 17:30-18:30 至調查路段量測車流量，由於各路段一日之平均車流量難以量測，因此本研究以下班時之高峰車流量為該路段之「代表車流量」進行分析。而此時段正是鳥類活動之高峰期，最容易造成鳥類車禍。車流資料可用以分析車流量、動物物種與車禍型態之相關性。

## 結果與討論

本研究自 2005 年 11 月 1 日至 2006 年 10 月 31 日調查期間共 12 個月，調查資料彙整如附錄 1，動物車禍數量共 466 件，鳥類、小型哺乳類動物與蛙類為動物車禍主要之物種。然而以上之調查之動物車禍數量可能皆被低估，根據前人研究觀測所得，兩棲爬蟲類動物車禍數目為實際值之 76% (Hels and Buchwald 2001)，因為部份動物屍體在研究人員發現前已被清理，或動物因車禍負傷至他處死亡，故動物車禍應比觀測所得嚴重，雖然實際被清理

與傷至他處死亡之數量不易獲得，但針對本研究而言，規律性之調查可平均化誤差，其結果應不影響車禍熱點之分辨。

### 一、動物車禍之地點特性

動物車禍在各調查路段之分佈情形如附錄，整理各路段平均動物車禍率如表 2，動物車禍熱點(hot spot)與道路相關資料歸納得表 3，熱點之選定在觀察有明顯動物車禍集中之地點，以 100-200 公尺為熱點範圍，探討鄰近地景與道路現況對可能產生之影響。彙整動物車禍熱點可歸納出以下各因素：

#### 1. 車流因素：

在車流量低的道路：環島東路、大學路、酒廠路等，動物車禍如預期較低，但全島車流量最高、路寬最大之中央公路伯玉路段(榜林至小徑間)動物車禍率卻非最高，部份研究指出高車流量未必有高動物車禍率，因高車流可能對動物產生阻隔效應，其路寬與干擾阻礙動物穿越本路段，動物反而迴避道路不願穿越(Huijser et al. 1998, Ramp et al. 2006, Clevenger et al. 2003)，本研究雖未調查中央公路伯玉路段週邊動物密度，而無法排除動物密度低而致動物車禍低的可能性，但中央公路伯玉路段車流量高、路面較寬、行道樹密集低矮阻礙動物穿越極可能有生態阻隔效應，因此動物車禍多為活動力高之鳥類，其他動物則可能迴避道路之高車流干擾。車禍發生率與車流量之關係可由表 2 顯示，車流量中等之環島北路⑧、⑨、⑩、⑪、⑫等處、榜林路⑬處與環島西路⑭處等路段卻有極明顯之動物車禍集中現象，故車流量可能並非決定車禍發生之最重要因子。

#### 2. 地景因素：

(1)開發區(道路鄰近聚落市鎮者)：調查結果發現在各路段之開發區或聚落內(如金城、古寧頭、瓊林、沙美、湖前等地)，可能因人類之干擾強烈，動物在此區駐留之時間較短，動物車禍明顯減少。

(2)農地處(如環島北路各路段)，動物車禍件數

較高，可能是農地之穀物吸引動物覓食，農地間之林地提供生物理想棲地，動物活動其間易於發生車禍。

(3)農地與開發交會區：道路位於聚落鄰近地區有相當高之車禍數量(圖 1 ⑬與⑭瓊林聚落兩側；⑮頂堡聚落旁)，此地區類似生態交會區(ecotone)，聚落型與農地型之不同生物交會該處，推測聚落鄰近地區的道路因附近農地提供食物與棲地可能吸引動物聚集，但聚落附近交通較為繁忙，因而容易發生動物車禍，在美國黃石公園也觀察到類似情形(Gunther et al. 1998)。另一方面，道路旁之植栽吸引鳥類駐留，行道樹(如環島北路各路段)改變鳥類飛行路徑，皆為動物車禍可能之因子。

#### 3. 車速因素：

榜林路⑬處與環島北路⑭處明顯之動物車禍集中於下坡道現象，下坡之車速較高，駕駛與動物之反應時間短，同時處於下坡之動物視野遭路面阻礙不易看清來車，可能是導致動物車禍之另一項因子。

#### 4. 棲地因素：

環島西路⑮處(雙鯉溼地)與環島北路后盤路段⑯(圖 1)，皆鄰近蛙類棲地，雖該二路段車流較少，黑眶蟾蜍於繁殖季(春夏)時，於棲地間移動使得車禍之機率提高，因蛙類活動力越高車禍發生率越高(Carr and Fahrig 2001)。

而環島北路⑩處鄰近鳥類聚集數量相當高的林地，此處亦有較高之鳥類車禍。

#### 5. 道路設計因素：

調查的各路段中之主要十字路口與 T 型路口皆有較高之動物車禍發生率，如環島北路⑮、⑯、⑰等處與中央公路⑱處，因路口附近之車流、車速、行車方向皆呈不穩定之變化狀態，且車禍潛在點(conflict point)增加(Khist and Lall 2003)，此類路口對人類而言已是十分複雜且危險，也可能造成野生動物通過道路之困難，因此易於發生車禍，環島北路⑩處為一道路轉彎處，並有建物，可能阻擋駕駛與動物視線，亦經常發生車禍。

表 3 動物車禍熱點特性分析

動物車禍熱點	熱點位置	尖峰車流量 (輛/小時)	行道樹	路況與鄰近景觀	動物車禍可能原因
①	環島北路近斗門	371	低矮路樹	兩側皆為平坦農地	兩側為農地，食穀鳥類與田間鼠類多穿梭其間。
②	環島北路與高陽路 T 型路口	371/216	中等疏密	兩側皆為平坦農地	T 型路口造成動物對來車感知之混亂，亦是植栽斷點，可能因此而易於造成車禍。
③	環島北路與 小徑 T 型路口	371	稀疏木麻黃	一側為小林地 另一側為平坦農地	小林地為鳥類棲地，鳥類與其他動物穿梭其中引起車禍，
④	環島北路 近瓊林村	371	高密木麻黃	兩側皆為平坦農地	農地穀物可能吸引動物聚集，而行道樹則改變鳥類穿越路徑，又因較高之車流而引起大量車禍。
⑤	環島北路 近后盤村	371	高密木麻黃	兩側皆為平坦農地	后盤路段為轉彎處，動物無法看清來車而容易遭車輛撞擊。
⑥	環島北路 近頂堡村	371	高密木麻黃	兩側皆為平坦農地	農地穀物可能吸引動物聚集，而行道樹則改變鳥類穿越路徑，又因較高之車流而引起大量車禍，同時此處近十字路口，易發生車禍。
⑦	榜林路	282	濃密樹木	西側為軍營 東側為農地與養雞場	軍營與養雞場可能吸引動物聚集，動物車禍多集中於右側下坡處，動物車禍多集中於右測下坡處，可能因下坡處鳥類視野不佳所致。
⑧	環島西路 金寧國小旁	151	稀、矮	北側為溼地	溼地為蛙類地，蛙類車禍集中於 95 年 4 月 6 日，應是蛙類集體遷移而遭車輛輾斃。
⑨	中央公路與酒廠路 十字路口	802/118?	稀、矮	兩側皆為平坦農地 與建物	近十字路口，易發生車禍。



## 二、動物車禍之季節特性

本研究完成完整之一年，動物車禍具有季節特性（如圖 2），1~3 月各類動物活動力低，故車禍數量亦相對較低，蛙類在春季之 3、4 月間為其繁殖季節，活動力強，尤其雨後蛙類大量出現，在棲地附近車禍機率將大為提高，若此時有高流量之車輛經過，則對蛙類族群可能造成十分嚴重之衝擊(Fahrig et al., 1995)，小型哺乳動物(嚙齒動物與食蟲目動物)於 7~8 月時為其車禍之高峰期，鳥類車禍分佈較為平均，1~3 月間動物活動力較低(如繁殖，覓偶、交配、遷移等)，產生車禍情形亦隨之降低。

## 三、動物車禍之物種特性

由圖 2 與附錄一可發現鳥類車禍之比例最高，其次為鼠類及蛙類，除鳥類與蝴蝶外，其他動物皆為陸行物種，穿越道路之速度不及鳥類，但由於鳥類遷移之活動力強，因此發生車禍之機會與次數亦高，細分鳥類車禍之物種可瞭解，八哥、白腹秧雞與褐翅鴨鵝為最常見發生車禍之鳥種，此三種鳥類在金門數量多，其中白腹秧雞與褐翅鴨鵝體型較大，拙於飛行，而八哥則習於路面上覓食，皆易於發生車禍，故族群數量越大發生車禍之機率也越高(Gunther et al. 1998)。而其他陸行動物之活動範圍(home range)較固定，穿越道路之需求低，發生車禍之機會相對較低，然而嚙齒類動物因分佈甚廣，故車禍發生率亦高，惟車禍對族群數量影響不大(Adams and Geis 1983, Gunther et al. 1998)，另外兩棲爬蟲類之黑框蟾蜍發生車禍集中於 95 年 4 月 6 日鄰近日期，季節特性十分明顯。

## 四、行道樹對鳥類車禍之影響

為了解行道樹對鳥類飛行路徑之影響，研究人員選擇環島北路與環島西路有高密度之木麻黃之四路段進行觀測(如表 4)，觀測結果可發現鳥類通過撞擊區(定義為平均車輛高度約離路面 2m 高度內之範圍)之比例在木麻黃密集之路段(c)、(d)遠高於另二路段，此類型

之行道樹確實會引導鳥類以較低之路徑穿越道路，而易於發生車禍，調查結果亦反映出環島北路(兩側為高密之木麻黃)有相當高之鳥類車禍率(如圖 1)。行道樹之特性與間距對鳥類車禍有其決定性之影響，對穿梭通過道路之鳥類而言，密集、高大、多枝葉之行道路可能增加鳥類發生車禍之機率，因其枝葉阻隔鳥類部份飛行路徑，迫使鳥類在穿越道路時產生路徑分流(如圖 3)，而集中於樹幹間飛越道路，飛行高度範圍與車輛之高度範圍重疊，尤其森林底棲(understory)鳥類多低飛穿越道路，而冠層(canopy)鳥種則以高於樹頂飛越或於樹冠中穿梭，此現象在環島北路最為明顯。因此行道樹之特性與距離對鳥類車禍有所影響，若欲降低鳥類車禍，必須有適宜之行道樹規劃。

## 五、車流量、車速與動物穿越速度對車禍之影響

各種研究指出造成動物車禍之主因在於車流量與車速(Forman et al. 2003, Reijnen et al. 1995) 當車流量愈高或車速愈高時，動物發生車禍之機率亦相對提高，另一方面，動物穿越道路之速度愈緩慢，同樣的動物車禍發生率將更提高。在考慮車禍型式、車流量、車速與動物穿越道路速度等，利用車流理論(traffic theory)動物車禍發生機率之關係式為(林世強、林鎮洋 2006, van Langevelde and Jaarsma 2004)

$$[1] \quad p = 1 - p_0 = 1 - e^{-\lambda \left( \frac{L_v}{V_v} + \frac{W_v}{V_a} \right)}$$

其中， $\lambda$ ：車流量(輛/s)， $L_v$ ：平均車輛長度(m)， $V_v$ ：車速(m/s)， $W_v$ ：平均車輛寬度， $V_a$ ：動物穿越速度(m/s)。

在車流量固定之條件下，(a)車速高：公式中指數之第一項  $L_v/V_v$  即愈小，動物撞擊車輛側面之機率變小，動物車禍主要之控制因素為指數中之第二項，即動物遭車輛正面撞擊或輾過。(b)車速低：公式中  $L_v/V_v$  變大，表示車距變小，動物撞擊車輛側面之機率提高，而動物

穿越道路之速度相對而言重要性降低，此時車禍控制因素為車速與車輛長度。(c)車速極低，此時車流形成類似阻塞(或車輛重疊)之情形， $p$ (動物車禍機率)趨近於 1，其情形如同阻塞之車群在道路上構成一牆，動物將無法穿越。以上之推導與計算是基於假設動物盲目穿越道路，亦即並未考慮動物對來車可能之躲避行為，然由模式計算結果與觀測所得之差異，可研判動物對車流之敏感度與躲避之能力，進而針對躲避能力較差動物提供合宜之措施以減

少其車禍之機率與次數。例如白腹秧雞在車禍死亡佔有相當大之比例(佔鳥類動物車輛之 14%)主要因素為其拙於飛行，通過道路之速度緩慢，躲避車輛之能力薄弱，因此發生車禍之機率極高。另陸行動物如蛇類、類與蛙類，因其行動緩慢亦容易發生車禍，道路密度大於  $1\text{km}/\text{km}^2$ ，單線車流大於 100 輛/日即超過陸龜之容忍度(Gibbs and Shriver 2002)，道路顯然形成此類動物之嚴重阻隔，影響其遷移行為與族群發展。

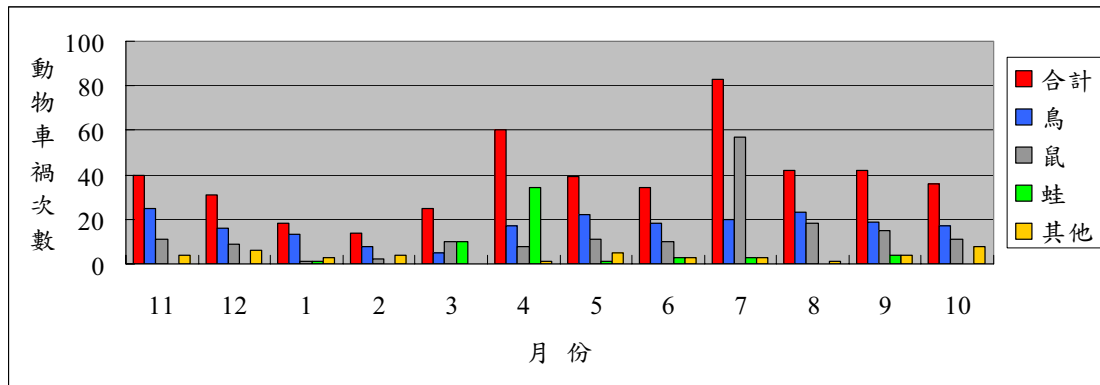


圖 2. 動物車禍之季節分佈情形

表 4. 鳥類穿越不同行道樹之觀測結果

地點	行道樹	觀測時段	觀測範圍	撞擊高度內 <sup>(1)</sup>	撞擊高度外	穿越總數
(a)	低矮	17:15-18:15	100m	5	71	76
(b)	低矮	17:05-18:35	200m	10	76	86
(c) <sup>(2)</sup>	高密	17:05-18:40	300m	95(地面 15 隻)	41	136
(c) <sup>(3)</sup>	高密	16:55-18:15	900m	155(地面 24 隻)	125	280
(d)	高密	16:00-18:00	100m	49(地面 1 隻)	37	86

註：(1) 鳥類撞擊區在此定義為離路面 2m 高度內之範圍，(2) 以目視觀測，(3) 利用單眼望遠鏡觀測。

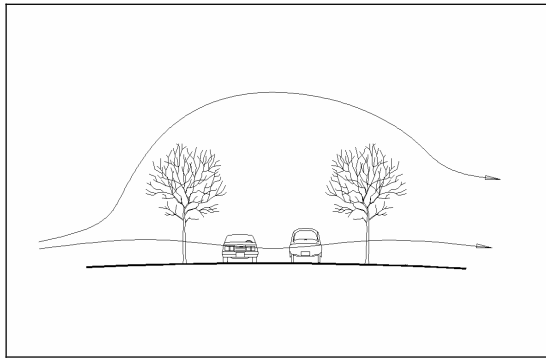


圖 3. 鳥類穿越道路時因行道樹產生路徑分流情形

#### 六、斜坡路段

本研究調查之榜林路是一有趣之路段，榜林路坡度為 4.2%，路寬 6m，尖峰單向車流量 140 輛/hr，離峰約 75 輛/hr，此路段車流量低，可利用公式[1]檢驗車禍發生頻率。經統計，下坡車道發生動物車禍共 15 件(鳥類 9，鼠 2，蛙 1，蛇 1，其他 1)，而上坡車道僅 4 件(鳥類 2，鼠 1，貓 1)，經量測之下坡車速平均約 55.7km/hr，而上坡車速約 49.8km/hr，若鳥類為探討之物種，當  $L_v = 5m$ 、 $W_v = 2.5m$ 、 $V_a = 40km/hr$ ，利用公式[1]則動物車禍之比(下坡/上坡)約為 1.07，表示下坡路段車輛造成之動物車禍僅為上坡之 1.07 倍，相差極為有限，但此路段下坡車道鳥類車禍數量為上坡之 4.5 倍，因此推斷車速並非下坡路段大量動物車禍之主要因素。造成鳥類車禍數量如此不平衡之主要因素可能是地形，當鳥類行走於道路時，其下坡側視野寬闊容易發現來車，其上坡側則遭路面阻礙，視野有限。鳥類雙眼分別為於頭部之兩側，一般鳥類檢視目標物並非如人類之凝視而是以快速螺旋狀之掃描(saccades)方式檢視目標物，掃描之幅度約為 10~12° (Wallman and Letelier 1993)，以榜林路為例，坡度為 2.04°，因此上坡可見視野僅  $11^\circ / 2 - 2.04^\circ = 2.96^\circ$  (掃描角度取 11°)，相較於下坡之  $11^\circ / 2 + 2.04^\circ = 7.54^\circ$  差距相當大，若令鳥類眼部離地面 10cm，其上坡水平可見之最長距離僅 2.38m。由此推測鳥類因斜坡之視野阻隔

而造成下坡路段鳥類大量車禍。經本研究之推測，鳥類於此路段之車禍死亡亦非因飛越道路遭車輛撞擊或自身撞擊車輛側面所致，下坡造成動物視覺之阻礙應是主要因素，一般鳥類容忍人類接近之距離約為 15m 至 60m 間 (Blumstein et al. 2003)，若車輛以時速 60km 接近鳥類停留點，鳥類僅有 1~3.6 秒之反應時間，對於起飛速度較慢之鳥種則容易產生車禍，而停留在下坡側之鳥類更因視線之阻礙，反應時間更短，提高車禍之機率，因此推斷此路段鳥類車禍之成因是鳥類於道路中停留覓食時遭下坡車輛輾斃或起飛時遭撞斃。

本路段自 2006 年 6 月 14 日起進行道路拓寬工程，施工初期約 3 個月期間，僅進行道路兩旁之清理，車輛仍照常通行，鳥類仍可飛越道路，惟開始道路施工後即未見鳥類車禍。若假設施工前之鳥類車禍肇因於飛越時遭車輛撞斃，則施工時應仍有鳥類屍體被發現，依推斷，道路施工時鳥類無法繼續於路面行走覓食，斜坡效應消失，鳥類車禍因而停止。

#### 結論與建議

台灣地區中小型道路(如縣道、鄉鎮道路、風景區或國家公園內道路)因分佈廣，動物易於接近或穿越，同時多未考慮生態保育或設計減緩措施，對生態系統之衝擊或許更大於經人口密集區之高速公路或快速道路，而中小型道路之型式與金門各縣道相似，鄰近地區生物豐富度，皆有較高密度之行道樹，且途經聚落、農業區或生態區，諸如此類之路旁地景皆可能易於發生動物車禍。

##### 一、結論

本研究歸納出一般中型車流量之平面道路發生動物車禍之部份現象與原因，其中位於棲地鄰近地區之道路，由於動物之聚集與活動，最易於發生動物車禍，若物種行動較遲緩或拙於飛行，則遭車輛撞擊之機率將大增。在車流因素方面，通常高車流量之路段易產生較

高之動物傷亡率，然而更高之車流則可能形成生物穿越道路之阻隔，車禍發生率反而降低。道路兩側之地形與行道樹可改變鳥類穿越之飛行方向，植被則提供生物棲息或聚集之空間，皆可能是造成動物車禍之重要因子。道路在社區或聚落之路段動物車禍數量較少，但金門在鄰近聚落之道路因附近農地可能提供動物食物與棲地，動物車禍發生率反而提高。另一方面，在動物活動力較高或繁殖之季節，車禍發生之次數亦增加，整體而言，夏季金門地區動物車禍較多，但蛙類車禍則好發於春季之繁殖季節。本研究亦發現路形與路況也可能影響動物車禍發生之頻率，道路交會處，如於十字路口與 T 型路口，駕駛與動物皆容易有感知上之混亂，且車禍潛在點增多，易於造成動物車禍，而道路陡坡區因車輛行駛於下坡向時車速較高，駕駛與動物之反應時間皆短，容易造成車禍之發生，小型陸行動物與行走於路面之鳥類，可能因斜坡阻擋上坡方向之視野而遭來車撞擊，另道路轉彎地區視野不佳，亦容易發生動物車禍。路面為平坦或下凹時，因動物易於接近或進入道路亦可能有較高動物車禍發生率。

生態保育在於降低人為或非自然之干擾，並維持生物自然之演化，動物車禍是人類造成生物傷亡之現象，因此當前之作法可能應在不影響交通運輸機能下，利用工程的方法或景觀之改善，達到降低動物車禍之目標。

## 二、鳥類車禍之工程減緩方法

在本研究中鳥類為發生動物車禍數量最多之物種，彙整各類車禍因子可歸納如下降低鳥類車禍之方法

### 1. 地形與植栽

(1) 地形：鳥類經常依地形與植被而飛行 (Bevanger and Brøseth 2004)，且與樹木之高度有關 (Ramp et al. 2006)，在加拿大斑芙國家公園之研究發現 (Clevenger et al. 2003) 築高之道路較平面道路發生鳥類與野兔車禍之頻率低，因築高之地形使鳥類以較大

之高度飛越道路，也提高陸行動物接近道路之困難度，因此而避免撞擊車輛。

- (2) 植被：樹木高度之調整與變化可改變鳥類飛行之途徑，因此可利用植栽方式減少鳥類進入車流範圍並引導鳥類遵循安全路徑穿越道路，例如：在路權範圍內將植被安排成趨勢向上並涵蓋行道樹樹幹間之空隙，鳥類將因植被之向上斜坡而以安全之高度飛越道路 (如圖 4)，亦減少在道路旁滯留之機會。若道路鄰近為鳥類棲地或位於鳥類飛行途徑中，則應避免路旁植栽或地形產生向下之趨勢，鳥類可能因地形或道路之資源 (如垃圾、溫度、水分等) 而向下飛行或停留，而發生鳥類車禍。

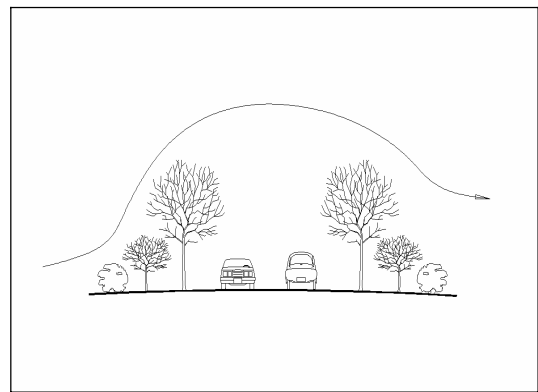


圖 4. 以植栽方法減少鳥類車禍 (縱向示意圖)

- (3) 植被斷點：另一方面，沿道路趨勢向上之植被應儘可能連續不間斷，以免植被之斷點 (gap) 成為陸行動物通道 (Forman, 1995) 與鳥類飛越道路之集中區，因向上飛行對鳥類而言較為吃力，若有植被斷點則於該處飛越較為節省體能，大量鳥類集中於該處穿越道路。

### 2. 路型與路況

- (1) 道路陡坡區：應儘可能將道路之陡坡減緩，或設置路突及警示標誌，以降低車速。  
(2) 道路急變處：可設置減速與停車標誌，讓駕駛提高警覺。另道路轉彎地區可將轉彎拉直或將轉彎處之障礙物清除以擴大視

野，同時亦應設置警示標誌與降低速限。

- (3) 動物車禍位於平坦或下凹路面區：可考慮提高路基，將道路築高，提高鳥類及陸行動物將接近道路之困難度，以減少動物車禍之發生，惟須避免對動物遷徙產生阻隔效應。

### 3. 車流與車速

- (1) 車流量：高車流量將提高動物車禍之機率，若動物車禍熱點位於高車流量之路段，則其減緩措施可考慮：引導車流至其他道路以降低車禍熱點車道之車流量、考慮增加車道數以減少區域總道路數，興建橋梁或隧道以避開熱點、於動物車禍高峰期暫時關閉道路、鼓勵或獎勵車輛共乘等以降低車流量。
- (2) 車速：降低車速不僅可減少動物車禍發生之頻率，亦可降低噪音，對鄰近生態系統之保育有所助益，降低車速之方法可採用：降低速限、設置路突或跳動路面、裝置測速設施、設置交通號誌、製造彎曲路線、樹立警示標誌等。

### 三、陸行動物車禍之減緩方法

陸行動物包括小型哺乳動物、兩棲類、爬蟲類等，其減緩措施主要在於興建動物穿越道路之廊道(上廊道或下廊道)，並應配合植被、柵欄之設置與廊道與引導措施方可得最佳之成效，廊道之設置依動物特性而異，設置原則可廣見於各種研究(Forman et al. 2003, 林世強 2006)。而建造柵欄之原則在：1.車流高、動物穿越成功率低、動物數量正減少時，可建造柵欄；2.生物數量穩定或上升且須道路兩側之資源時，則不建議使用柵欄，但合併使用地下廊道與柵欄為最佳之方式(Jaeger and Fahrig 2004)。動物車禍與季節亦有密切之關聯性，一般而言小型哺乳動物車禍多發生於繁殖季節之春季，鳥類車禍則多於繁殖與遷徙之 5~8 月間發生，兩棲動物則常在雨天後出現而產生車禍(Clevenger et al. 2003)，除了永久性之穿越廊道外，在考量經費與便利性則可有如下之措

施：(1)設置高度適當之臨時高架路面供動物使用，季節過後可拆卸回復原狀，(2)動物遷移季節高峰期之時段暫時封閉道路，疏導交通，同時配合生態教育之推廣，(3)規劃自然野徑，引導動物至溪流或溝渠處穿越道路。

本研究主要在利用現地調查道路相關因素對動物之影響，以系統性之田野調查，了解鳥類、爬蟲類、兩棲類及小型哺乳動物車禍之成因與特性，獲致道路設計、車流量、景觀、植被、氣候、地形、季節對動物車禍之關聯性，並嘗試以工程之觀點探討動物車禍之成因，同時以工程之方法規劃減緩措施。國內在這方面之研究十分缺乏，在沒有詳細生態調查與成因分析下，於開發建設過程中生態保育與工程施作一直無法取得平衡點，因此工程與生態相關之基礎研究應加速推動，以了解工程對鄰近生態系統實際衝擊之程度，作為工程設計之參考或依據，從而提昇建設與開發之生態友善性。

## 致謝

作者非常感謝兩位論文審查委員之不吝指正與寶貴意見，使本文更具參考價值。作者亦感謝本校徐志聰、廖宣惠、田怡欣同學與本校教職同仁協助動物車禍之調查，本文係行政院國家科學委員會專題研究計畫(編號：NSC 95-2221-E-507-001)之部份研究成果，特此致謝。

## 引用文獻

- 林世強，2006。陸域動物廊道型式之探討，國家公園學報，第十六卷，第一期，第 83-98 頁。
- 陽明山國家公園管理處，2006。陽明山微型生態廊道—野生動物穿越道路涵洞，2006 生態工程國際研討會論文集，行政院公共工程委員會，2006 年 11 月，第 377-378 頁。
- Adams LW and AD Geis. 1983. Effects of Roads on Small Mammals. *Journal of Applied Ecology*. 20:403-415.

- Ashley EP and JT Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 110:404-412.
- Barnett JL, RA How, and WF Humphreys. 1978. The use of habitat components by small mammals in eastern Australia. *Australian Journal of Ecology*. 3:277-285.
- Bevanger K and H Brøseth. 2004. Impact of power lines on bird mortality in a subalpine area. *Animal Biodiversity and Conservation*. 27(2):67-77.
- Blumstein DT, LL Anthony, R Harcourt, and G Ross. 2003. Testing a key assumption of wildlife buffer zones: is flight initiation distance a species-specific trait? *Biological Conservation*. 110:97-100.
- Carr LW and Fahrig L. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology*. 15(4):1071-1078.
- Clevenger AP, R Chruszcz, and KE Gunson. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109:15-26.
- Fahrig L, JH Pedlar, SE Pope, PD Taylor, and J F Wegner. 1995. Effect of Road Traffic on Amphibian Density. *Biological Conservation*. 73:177-182.
- Forman RTT. 1995. *Land Mosaics-The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. London. UK.
- Forman RTT, D Sperling, JA Bissonette, AP Clevenger, CD Cutshall, VH Dale, L Fahrig, R France, CR Goldman, K Heanue, JA Jones, FJ Swanson, T Turrentine, and TC Winter. 2003. *Road Ecology, Science and Solutions*. Island Press, Washington.
- Gibbs JP and Shriver WG. 2002. Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology*. 16(6):1647-1652.
- Gunther Kerry A, Biel MJ, and HL Robison. 1998. Factors influencing the frequency of road-killed wildlife in Yellowstone National Park. *Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. Ed. Gary. L. Evink, P. A. Garrett, D. Zeigler and J Berry, February 10-12, 1998. Fort Myer, Florida.
- Haxton T. 2000. Road mortality of snapping turtles, *Chelydra serpentina*, in Central Ontario during their nesting period. *Canadian Field-Naturalist* 114:106-110.
- Hels T and E Buchwald. 2001. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99:331-340.
- Huijser MP, PJM Bergers, and DJE Ter Braak. 1998. Het voorkomen van doodgereden egels in relatie tot de samenstelling van het landschap (the prevention of road kills of hedgehogs in relation to the composition of the landscape) *Ontsnipperingsreeks deel 37, Dienst Weg-en Waterbouwkunde* (in Dutch).
- Illner H. 1992. Road deaths of Westphalian owls: methodological problems, influence of road type and possible effects on population levels, In the *Ecology and Conservation of European Owls*(C. A. Galbraith, I, R, Taylor and S. Percival, eds) pp.94-100, Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.
- Jaarsma CF and GPA Willems. 2002. Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming. *Landscape and Urban Planning* 58:125-135.
- Jaeger JAG and Fahrig L. 2004. Effects of road fencing on population persistence. *Conservation Biology*. 18(6):1651-1657.
- Jaeger JAG, J Bowman, J Brennan, L Fahrig, D Bert, J Bouchard, N Charbonneau, K Frank, B Gruber, and KT von Toschanowitz. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*. 185:329-348.
- Khist CJ and KB Lall. 2003. *Transportation Engineering: An Introduction*, 3rd Ed., Pearson Education, Inc., New Jersey.
- McGuire TM and JF Morrall. 2000. Strategic highway improvements to minimize environmental impacts within the Canadian Rocky Mountain National Parks. *Canadian Journal of Civil Engineering* 27:523-532.
- Ramp D, VK Wilson, and DB Crof. 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 129:348-359.
- Reijnen R, R Foppen, and G Veenbaas. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation*. 6:567-581.

- Reijnen R, R Foppen, C ter Braak, and J Thissen. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland III, Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology*. 32:187-202.
- Reijnen R and R Foppen. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warbler (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *Journal of Applied Ecology* 31:85-94.
- Slater P. 1994. Wildlife road casualties. *British Wildlife*. 5:214-221.
- St. Clair CC. 2002. Comparative permeability of roads, rivers, and meadows to songbirds in Banff National Park," *Conservation Biology* 17(4):1151-1160.
- Stoner D. 1936. Wildlife casualties on the highway. *Wilson Bulletin* 48:276-283.
- Wallman J and JC Letelier. 1993. Eye movements, head movements, and gaze stability in bird. *Vision, Brain, and Behavior in Birds*," edited by H. P. Zeigler and H-J, Bischof, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

附錄 1. 動物車禍統計表

動物種類	動物物種名稱	死亡隻數	合計
鳥類	八哥 Crested Myna ( <i>Acridotheres cristatellus</i> )	40	206
	褐翅鴨鵝 Greater Coucal ( <i>Centropus sinensis</i> )	30	
	白腹秧雞 White-breasted Water Hen ( <i>Amaurornis phoenicurus</i> )	29	
	麻雀 Tree Sparrow ( <i>Passer montanus</i> )	20	
	珠頸斑鳩 Spotted-necked Dove ( <i>Streptopelia chinensis</i> )	16	
	鵲鴝 Magpie Robin ( <i>Copsychus saularis</i> )	10	
	棕背伯勞 Black-headed Shrike ( <i>Lanius schach</i> )	6	
	家燕 Barn Swallow ( <i>Hirundo rustica</i> )	4	
	黑喉鷓 Stonechat ( <i>Saxicola torquata</i> )	2	
	斑鳩 Spotted-necked Dove ( <i>Streptopelia chinensis</i> )	1	
	紅冠水雞 Moorhen ( <i>Gallinula chloropus</i> )	1	
	赤腹鸚 Brown Thrush ( <i>Turdus chrysolaus</i> )	1	
	花嘴鴨 Spot-billed Duck ( <i>Anas poecilorhyncha</i> )	1	
	白頭翁 Chinese Bulbul ( <i>Pycnonotus sinensis</i> )	1	
	鴿子 Rock Dove ( <i>Columba livia</i> )	1	
	黑鸚 Blackbird ( <i>Turdus merula</i> )	1	
	小水鴨 Green-winged Teal ( <i>Anas crecca</i> )	1	
	戴勝 Eurasian Hoopoe ( <i>Upupa epops</i> )	1	
	黃尾鷓 Daurian Redstart ( <i>Phoenicurus auroreus</i> )	1	
	黃雀 Siskin ( <i>Carduelis spinus</i> )	1	
無法辨識 unidentified	38		
蝴蝶	黃邊鳳 ( <i>Chilasa clytia</i> )	2	3
	紅斑脈蛺蝶 ( <i>Hestina assimilis formosana</i> )	1	
哺乳類	小黃腹鼠 Brown country rat ( <i>Rattus losea</i> )	119	186
	赤腹松鼠 Red-bellied Tree Squirrel ( <i>Callosciurus flavimanus</i> )	9	
	鬼鼠 Bandicoot Rat ( <i>Bandicota indica</i> )	3	
	錢鼠 Soricidae ( <i>Suncus murinus</i> )	27	
	高頭蝠 Chestnut bat ( <i>Scotophilus kuhlii</i> Leach)	1	
	家貓	12	
	狗	3	
	無法辨識 unidentified	12	
蛙類	黑框蟾蜍 Spectacled toad ( <i>Bufo melanostictus</i> )	53	55
	虎皮蛙 Chinese bullfrog ( <i>Rana tigerina rugulosa</i> )	1	
	無法辨識 unidentified	1	
爬蟲類	草花蛇 Common Scaled Water Snake ( <i>Xenohrophis piscator</i> )	8	16
	唐水蛇 Chinese water snake ( <i>Enhydris chinensis</i> )	2	
	臭青母 Stinking green snake ( <i>Elaphe carinata</i> )	2	
	金龜 Reeve's turtle ( <i>Chinemys reevesii</i> )	4	
合計	物種 35		466