



# 來自遠方友人的 意外收穫 記婆娑美姿的 暗夜精靈

**Like manna from heaven - the wonderful pictures of  
whirling spirits at dark night**

周政翰 / 行政院農業委員會特有生物研究保育中心計畫助理  
Cheng-Han Chou

鄭錫奇 / 行政院農業委員會特有生物研究保育中心研究員兼組長  
Hsi-Chi Cheng

2012 年適逢臺灣蝙蝠研究史的 150 週年，國內研究者為了紀念並展現蝙蝠研究成果，倡議舉辦「2012 年蝙蝠國際研討會」，於是大家積極聯繫國際間蝙蝠研究的相關學者來臺共襄盛舉，其中一項重要的議題設定為風力發電對蝙蝠之影響。近年來由於石化能源的短缺趨勢明顯，世界各國莫不極力尋找替代能源。雖然大眾普遍認知，風力發電相較於其他發電方式似乎比較不會造成空氣污染、水污染或重金屬

污染，進而導致氣候暖化或環境污染等問題。但根據國內外許多的研究和觀察，風力發電所架設的風力機組運行時對飛行的動物（尤其是蝙蝠及鳥類）的確會造成直接的致死現象，終將會對生物多樣性產生影響。臺灣是世界上風力發電機密度第二高的國家，僅次於紐西蘭（周政翰等 2013），且擬將在 2020 年前增設超過千組風力發電機，我們至今卻對風機於臺灣生物的影響瞭解甚少。





架設於臺灣西部濱海地區的風力發電機。(周政翰 攝)

當時在紐西蘭奧克蘭大學 Stuart Parsons 教授的引介下，我們決定邀請致力於歐洲風機對野生動物影響頗有研究的瑞典籍 Jens Rydell 教授，來臺分享其相關的成果與心得，經聯繫 Rydell 教授後，確知其因故無法來臺，轉而推薦他指導的 Johan Eklöf 博士來介紹歐洲的風機經驗。「2012 年蝙蝠國際研討會」圓滿完成後（相關報導刊登於 81 期自然保育季刊），我們獲得許多有關風力發電（架設風力機組）對蝙蝠影響的資料。不過，對於 Rydell 教授未能來臺終究也留下了些許的遺憾。

### 因緣際會的好消息

2013 年，筆者在「臺灣生物多樣性研究」期刊發表一篇「臺灣小蹄鼻蝠 (*Rhinolophus monaceros*) 交配行為發現紀實」的學術論文。2014 年元旦，當我們透過網際網路興奮地與一些外國蝙蝠研究學

者分享那篇臺灣小蹄鼻蝠交配行為的刊出文章及相關影片時，瑞典的 Rydell 教授竟主動回信聯繫我們。提到他剛自澳洲與以色列完成一些飛行蝙蝠的拍攝工作，並有意願到東南亞拍攝蝙蝠飛行的生態照，臺灣是他考慮的地點之一，其中一項重要的因素是曾經看了行政院農業委員會特有生物研究保育中心（下簡稱特生中心）發行的「臺灣蝙蝠圖鑑」一書（可能是 Eklöf 博士帶回去分享的），發現書內介紹了臺灣蝙蝠多樣性的資料，並刊載蝙蝠飛行的照片引發了他的興趣，當然也想對臺灣蝙蝠的種類有進一步的瞭解。不過，日後我們才知道，並不是該圖鑑裡的蝙蝠照片拍得好，而是他希望我們能拍得更好的照片，尤其是蝙蝠的飛行照。經我們檢視他電子郵件附上的「蝙蝠飛行照」之後，令我們大大地驚艷，這些蝙蝠飛行照經常是許多國際發行的蝙蝠圖鑑或教科書上呈現的方式，



Rydell 教授參訪臺中市太平區的蝙蝠洞。(周政翰 攝)

頓時也瞭解他的心意，我們認為機會難得，當下即表示強烈的邀約意願。除了希望他來指導有關風力發電對蝙蝠影響的議題及因應改善之道外，更希望學會如何拍攝「蝙蝠飛行照片」的技巧。在幾次的聯繫並考量臺灣地區蝙蝠生理狀態與氣候條件，終於敲定 Rydell 教授於 5 月間的訪臺時間，我們也決定以他為主舉辦一場蝙蝠研究工作坊。

### 實際接觸臺灣蝙蝠

2014 年 5 月 12 日 Rydell 教授終於踏上寶島——臺灣。接機後自桃園機場一路南下至南投縣集集鎮的特生中心。沿著國道 3 號高速公路，我們刻意於路程上介紹臺灣西部新竹沿海已架設多年、為數不少的風力發電機組，另亦指出有零星機組架設於苗栗山區。他大致觀察一下，有感而發地指出，風力發電機組對於飛行動物影響甚鉅，而且對蝙蝠的

影響遠大於鳥類，一般大眾卻不會關注這種效應。蝙蝠研究工作坊由特生中心動物組哺乳類研究室籌辦，在 19 日召開。除了 Rydell 教授之外，因應去年臺灣爆發之鼬獾 (*Melogale moschata*) 感染狂犬病事件，我們亦邀請專注於蝙蝠身上病毒研究的中原大學生物科技系的陳怡寧助理教授，來向大家介紹於 2014 年欲進行的一項跨院際合作計畫——「臺灣蝙蝠研究人員體內冠狀病毒抗體的血清學調查」內容。這是一個難得的機會，於是我們廣發英雄帖邀請臺灣的蝙蝠研究者共同參與，彼此研討。Rydell 教授抵達臺灣後距離蝙蝠研究工作坊的召開還有一週的時間，利用此空檔，我們安排他實地去認識臺灣的蝙蝠與地方文化，在南投和臺中地區的蝙蝠洞，他親眼看到臺灣葉鼻蝠 (*Hipposideros armiger terasensis*)、臺灣小蹄鼻蝠 (*Rhinolophus monaceros*)、東亞褶翅蝠 (*Miniopterus schreibersii fuliginosus*) 等洞穴型物種；到雲林縣北港鎮和水林鄉參訪金黃鼠耳蝠 (*Myotis formosus flavus*)，以及一些有蝙蝠圖騰的廟宇。短短幾天，他留下了深刻的印象，體會了臺灣的鄉土風情。不過，他告訴我們最期待看到的物種是臺灣無尾葉鼻蝠 (*Coelops frithii formosanus*)。

### 蝙蝠研究工作坊

蝙蝠研究工作坊舉行的當天來了近 50 位蝙蝠研究者或關心蝙蝠保育的人士。Rydell 教授和大家分享二個議題：「Effects of wind turbines on bats, an overview of survey techniques and mitigation（風力發電機組對蝙蝠的影響——調查技術和減緩措施的回顧）」和「Bat-moth interactions（蝙蝠與蛾的交互關係）」，在幾個小時的演說中，他給了我們很多寶貴的資訊。第一場的演講中他提到北歐因風力發電機組致死





的蝙蝠類群依種類有別，屬於高風險者包含夜蝠屬 (*Nyctalus*) 的 *N. noctula* 和 *N. leisleri*、家蝠屬 (*Pipistrellus*) 的 *P. nathusli* 和 *P. pygmaeus*、蝙蝠屬 (*Vespertilio*) 的 *V. murinus*，以及棕蝠屬 (*Eptesicus*) 的 *E. nilssonii*，這 6 種蝙蝠就占了因風機致死亡蝙蝠總隻數的 98%，令人咋舌！另外偶而受害的 2% 蝙蝠分別是鼠耳蝠屬 (*Myotis*)、長耳蝠屬 (*Plecotus*) 及蹄鼻蝠屬 (*Rhinolophus*) 的蝙蝠；致死率最高的環境狀態為夏季末高溫低風速（氣溫至少高於 15°C，風速小於每秒 6m），蝙蝠活動頻繁的夜晚（8-9 月間），而且高度越高的風機在運轉時蝙蝠的死亡率越高，尤其是高度約為 80m 的風機。由於歐洲所有的蝙蝠物種及其棲息地都是受到法律的保護，其中有三個重要的規範：（一）不得無故任意殺害蝙蝠；（二）不能任意破壞蝙蝠的生殖棲所或棲息地；（三）在蝙蝠進行生殖或遷徙時不得故意干擾。基於風力發電是當前世界上極力發展的綠能之一，不可能禁止這個發展趨勢。因此為了發展乾淨能源並注重野生動物保育雙贏的觀點下，Rydell 教授提出風力發電機組對蝙蝠影響的減輕對策，也就是風力發電機組的運作應考量所謂的「蝙蝠模式 (bat mode)」，即對蝙蝠影響最輕微的運轉模式，最重要的就是避免在蝙蝠覓食活動或遷徙移動的地方（諸如湖泊水域或山區稜線）設置太多的風力發電機組。若因效益考量而已設置了，則必須在蝙蝠活動的高峰期間暫停運轉，以避免高致死率的發生。

### 蝙蝠精美的飛行照片

Rydell 教授的第二場演講以蝙蝠與其掠食的蛾類在一片高草原中行為交互作用與回聲定位變化的研究為例，探討捕食者與獵物間的交互關係。當蛾類飛出草叢上的空域時，蝙蝠捕食的成功率

幾乎達 100%，因此蛾類為了避免蝙蝠的掠食，發展出可以偵測出蝙蝠覓食時的超音波，並在蝙蝠活動的特定時間中儘量潛伏於草叢間，如此行為導致蝙蝠的覓食成功率僅有 0.1%。過程中研究人員回播蝙蝠的回聲定位音頻，再以偵測器蒐集其回聲，同時瞭解蝙蝠如何以回聲定位看世界，並進行獵捕行為之聲音呈像。會中 Rydell 教授以問答方式和與會人員探討蝙蝠的生物特性與覓食行為，然而大家對其演講引言中所播放的照片最感興趣。這些令人驚艷的照片是一幅幅在自然狀態下所拍得的蝙蝠精美飛行照；蝙蝠臉部的特徵、飛行時雙翼的姿勢、皮膜與骨骼的紋路，既精細又清楚地呈現在大家的眼前。就像蝙蝠原文書籍所展示的自然棲地下蝙蝠飛行飲水的動作或捕食昆蟲的行為。說真的，筆者當下對其研究成果內容的演說記憶不深，只是一直讚嘆並思考著他如何拍得如此影像？在工作坊之後的蝙蝠影像拍攝之旅，我們終於學習到此奧妙的拍攝技術。

### 拍攝臺灣蝙蝠飛行影像需知

事實上，本次 Rydell 教授訪臺的主要目的之一是為了拍攝臺灣蝙蝠的飛行影像，有機會的話也想體驗與蝙蝠圖像相關的臺灣文化與意象。他規劃將來要出書，以各種蝙蝠飛行的相片來呈現牠們真實的生態樣貌，希望能藉以扭轉蝙蝠在人們心中吸血鬼的刻板印象。為了協助 Rydell 教授順利記錄臺灣蝙蝠飛行影像的願望，我們在他來臺之前的聯繫信件中就有討論蝙蝠拍攝技術與適合場域。Rydell 教授總是毫無保留細心地為我們解說拍攝方式及需要注意的事情。他特別指出夜間拍攝野生動物（蝙蝠）無可避免需要補光，但所使用的閃光燈的閃光輸出設定值必須要很低，以自動偵測模式之閃光力道相對較弱。由於這種



臺灣葉鼻蝠是 Rydell 教授來臺觀察的第一種蝙蝠。（鄭錫奇 攝）

拍攝技術是蝙蝠在自然狀況下自由飛行時觸發感應裝置而引發拍攝，所以拍攝過程幾乎無法確認所拍到蝙蝠的飛行狀態，但卻可以拍得各式各樣的飛行動作。Rydell 教授比擬這種拍攝方式好似是釣魚競賽 (fishing game)，如此記錄到蝙蝠多樣化的飛行姿態，但對蝙蝠的影響可降到最低。此外，他還提醒為了避免對蝙蝠黃昏時外飛活動造成干擾，所以我們必須在蝙蝠外飛前至少 1 小時就完成拍攝設備的架設，而且根據他對蝙蝠的光害研究結果顯示，一般使用的手電筒所發出的持續白光對蝙蝠的影響很大，因此在調查蝙蝠時建議使用紅色燈來進行觀察。筆者研究蝙蝠多年，過去在進入蝙蝠棲所進行觀察時，在心中往往會產生諸多對這些神奇動物飛行行為的疑問。譬如臺灣葉鼻蝠這種翼展長將近 60cm 的大型食蟲蝙蝠，牠們張開雙翼如何穿過植物蔓生紛雜的

洞口？甚至是空間有限的閘門欄杆？牠們會不會彼此碰撞而墜落？在複雜的林間環境中飛行如何閃避或迅速逐蟲？當我們記錄到牠們神奇而美妙的飛行姿勢後，過去所有的疑問迎刃而解，並透過拍得的照片也讓我們探知到蝙蝠不易觀察或不甚瞭解的一面。

### 伸展臺上的飛行美姿

Rydell 教授造訪臺灣所觀察到的第一種蝙蝠是臺灣葉鼻蝠，也是第一種讓我們見識到如何拍攝飛行美姿的對象。臺灣葉鼻蝠是臺灣特有亞種蝙蝠，常見棲息於中低海拔的洞穴或隧道中，是體型最大的食蟲性物種。黃昏時刻，所有的拍攝設備早已設置妥當，大家在蝙蝠棲所（洞）外靜聲屏息等待。天色逐漸昏暗，當第一隻臺灣葉鼻蝠自棲所外飛時，觸發感應器而相機隨之拍攝的聲音真是





臺灣小蹄鼻蝠是臺灣地區典型的洞穴型蝙蝠（黃光隆 攝）



金黃鼠耳蝠是 Rydell 教授在臺灣拜訪的唯一樹棲型蝙蝠。（周政翰 攝）

美妙。我們從拍得的影像發現，飛出自同一個棲所出口的每一隻臺灣葉鼻蝠所展現的飛行姿態不盡相同，飛掠過洞口時，部分個體即使將雙翼延展到最大極限似乎也不擔心會碰撞到周邊的藤蔓或同伴。牠們在如伸展臺般的飛行通道上恣意地展現飛行美姿，炫耀凌空技巧，完全無視於我們這一群窺探牠們的狗仔隊。第一次拍得蝙蝠飛行姿勢的我們看著一張張數位相機上的照片，雖然還沒達到盡善盡美，但都臉露微笑而心滿意足。



東亞褶翅蝠是臺灣地區常見的洞穴型蝙蝠。（周政翰 攝）

### 每一種蝙蝠都是大自然的傑作

第二種拍攝的是臺灣分布廣泛洞穴型蝙蝠——臺灣小蹄鼻蝠，體型相對嬌小。根據過去的調查紀錄發現牠們有很好的適應能力，不論是天然洞穴或人工隧道、排水圳溝，甚至是一個淺凹的穴型結構就能提供牠們棲息，部分人為干擾嚴重的洞穴偶而也可以發現零星個體棲息其中。我們這一趟蝙蝠飛行拍攝之旅，臺灣小蹄鼻蝠是被記錄最多影像的物種。相較於大型的臺灣葉鼻蝠，洞穴出口對小型的臺灣小蹄鼻蝠而言，好似在一個大舞臺上觀賞跳躍奔馳的頑童般，不容易掌握牠們的飛行路徑與焦距。不過在 Rydell 教授豐富經驗的指導下，我們也拍得許多精美的飛行照片。飛行中的臺灣小蹄鼻蝠時而將雙翼展現到極致，時而內縮；有些個體將雙翼往前延伸展現孔雀開屏之姿；部分個體連翼膜上的外寄生蝠蠅也看得一清二楚；當有多隻個體同時傾巢而出時，過程中的動作就像國慶閱兵中整齊劃一的士兵，以類似的



雙翼展開可達 60cm 的臺灣葉鼻蝠，牠是臺灣最大型的食蟲蝙蝠。（周政翰 攝）



臺灣葉鼻蝠將雙翼收斂，瞬間穿過棲所前的藤蔓障礙物。（周政翰 攝）



臺灣小蹄鼻蝠有時會以整齊畫一的動作飛離棲所。（周政翰 攝）



臺灣小蹄鼻蝠飛行時會將雙翼極致延展，好似孔雀開屏般。（鄭錫奇 攝）



屬於小型蝙蝠的臺灣小蹄鼻蝠，在於夜空中展現純熟操控的飛行技巧。（周政翰 攝）





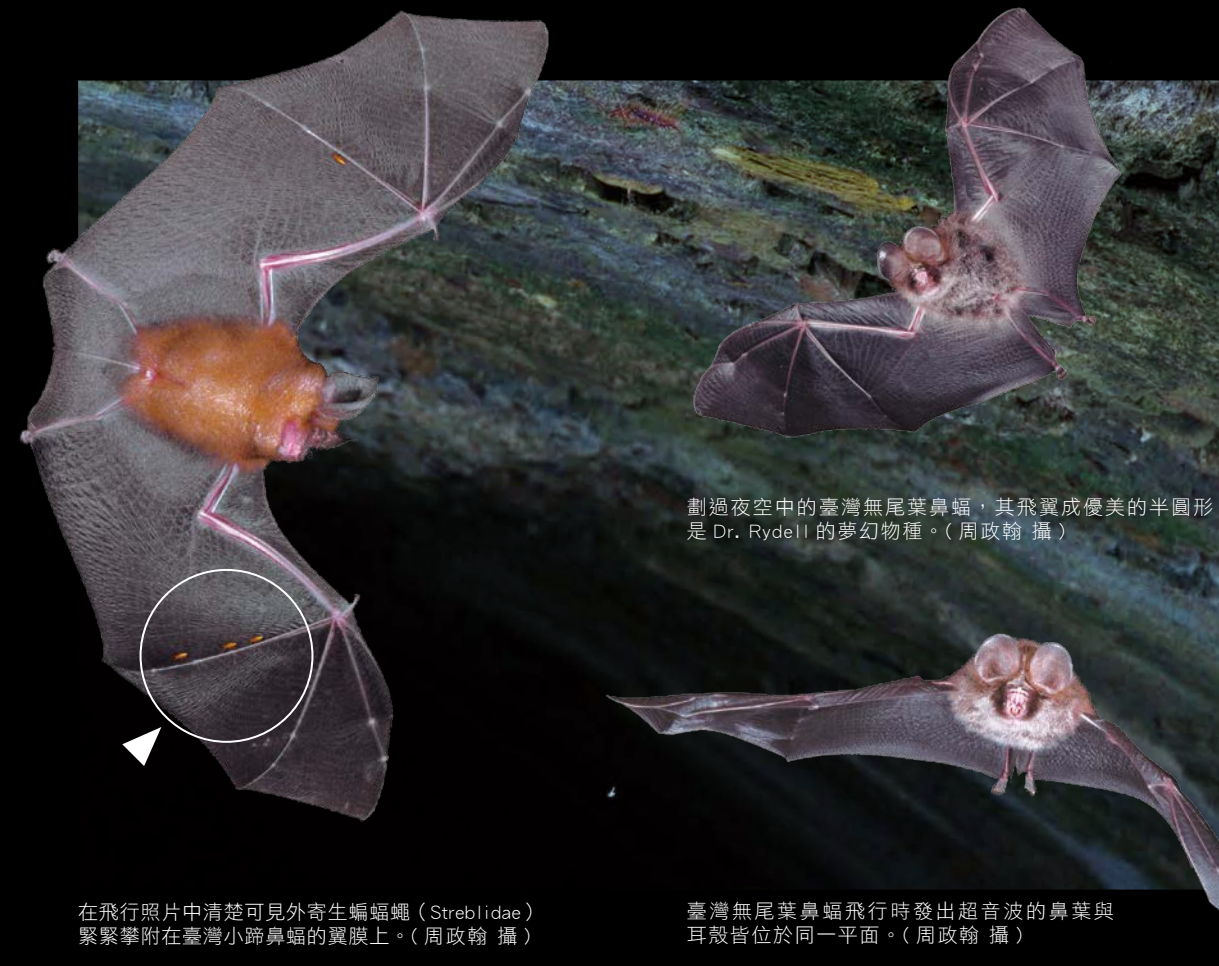
東亞褶翅蝠因有特化的長翼所以常被誤判為大型蝙蝠。左為東亞褶翅蝠，右側為臺灣小蹄鼻蝠。(周政翰 攝)

動作飛掠而過。這些影像讓我們體會到每一種蝙蝠都是大自然的傑作，每一個飛行動作都是盡善盡美的演化結晶。

### 由飛行動作探知保育之道

褶翅蝠也是一種常見的洞穴型物種，牠們雖是一種中型的食蟲蝙蝠，但由於具有特化伸長的指掌骨所形成的長翼，翼面承載能力(wing loading)優異，遷徙能力頗強，幾乎世界上每個角落都有牠們的分布。臺灣地區的東亞褶翅蝠相當常見，從濱海的洞穴到海拔 3,000m 的高山森林中都可發現牠們的蹤影。2004 年澳籍學者 Lindy Lumsden 博士來臺參訪時曾提醒我們，保

育人士常在蝙蝠生殖季或冬眠期於棲所洞口架設柵欄避免遭到人類的干擾，但對於棲所內若是聚集的褶翅蝠就不適合，因為褶翅蝠飛行速度快（如燕子一般），一旦棲所前突然增設障礙物，將可能導致快速飛行的蝙蝠遭到傷害，甚至死亡，進而棄用該棲所。我們拍得的第三種蝙蝠就是東亞褶翅蝠。從拍得的影像發現，東亞褶翅蝠在飛行的過程中幾乎都會把翼儘量伸展，看起來就好像是大型蝙蝠。由於牠們數量多而飛行速度超快，在外飛出洞時有時難免會與同棲所的同種蝙蝠或不同種蝙蝠碰撞，或辛苦地折弄長翼來改變方向以避免彼此干擾，呈現出我們難以想像的高難度飛行動作。



在飛行照片中清楚可見外寄生蝙蝠蠅（Streblidae）緊緊攀附在臺灣小蹄鼻蝠的翼膜上。(周政翰 攝)

劃過夜空中的臺灣無尾葉鼻蝠，其飛翼成優美的半圓形，是 Dr. Rydell 的夢幻物種。(周政翰 攝)

臺灣無尾葉鼻蝠飛行時發出超音波的鼻葉與耳殼皆位於同一平面。(周政翰 攝)

### 婆婆美姿的暗夜精靈

Rydell 教授來臺約兩週的期間，念茲在茲就是希望能拍到罕見的臺灣無尾葉鼻蝠。在他離臺前夕，我們終於帶他去南部造訪一處有臺灣無尾葉鼻蝠的洞穴。臺灣無尾葉鼻蝠是珍貴稀有保育類野生動物，數量不多、分布侷限。這一種葉鼻蝠顧名思義其鼻葉也有特化現象（超音波是由鼻孔傳出，鼻葉的構造有聚音效果），而且尾巴甚短（僅約 1cm），耳殼寬圓而纖薄。更特別的是牠們活動時所發出的超音波是變頻式(Frequency Modulated, FM)，而非如一般葉鼻蝠（如臺灣葉鼻蝠）是定頻式(Constant Frequency, CF)的音頻，而且其頻率最高可達到 200kHz 以上，真是

匪夷所思。臺灣無尾葉鼻蝠在飛行過程中所發出的回聲定位音頻與牠偌大外耳殼的構造及方向，是 Rydell 一直很好奇並感興趣的研究課題。根據觀察，牠們在棲所內懸掛狀態時會一直轉動耳殼來蒐集周邊環境的聲音，但在飛行過程耳殼呈現的方向則好像是朝前聆聽迴音？經檢視我們所拍得的飛行照片證實，飛行中的臺灣無尾葉鼻蝠發出超音波的鼻葉與接受回聲的外耳殼，幾乎是朝向同一方向。此外，我們也拍得臺灣無尾葉鼻蝠在飛行過程中靈巧操控雙翼的飛行技術，在有限的凌空環境中進行三度空間的翻滾動作，或是呈現完美的扇形形態，簡直就是一種展現婆婆美姿的暗夜精靈。





大腹便便的臺灣小蹄鼻蝠身手依然優雅靈巧。(周政翰 攝)

### 蝙蝠攝影技術的加值應用

由 Rydell 教授來臺指導我們所拍得的蝙蝠飛行美姿到底對於臺灣蝙蝠研究有什麼幫助？這是他一直提醒我們思考的重點，而不只是得到一些精美的照片而已。我們從這一趟拍攝蝙蝠飛行照片的結果與心得發現，這種技術至少提供一個研究人員不必進入蝙蝠棲所內就可以記錄到蝙蝠物種的方法。過去研究人員為進行蝙蝠調查而必須進入棲所時，無可避免地會干擾正在棲息的蝙蝠，而且在忙於探知種類及估算群集數量時，幾乎無法同時觀察牠們的行為與活動模式，或僅看到非常態性的逃離行為。若以事先設定且在自然

狀況下拍攝蝙蝠個體陸續飛離棲所的方式，我們不僅可以得到各類蝙蝠的飛行美姿，更可以記錄到某一特定棲所內的物種、組成，以及常態性的活動模式。這一趟拍攝的結果也讓我們知曉，幾乎每個我們造訪的棲所只要有臺灣小蹄鼻蝠，牠們都是先鋒部隊，最早外飛離巢活動，然後才是其他共棲同一棲所不同種類的蝙蝠陸續外飛。此外，臺灣地區在 5-6 月間適值蝙蝠繁殖季，許多隱密的洞穴一直是懷孕母蝠選擇來生產仔蝠、哺育幼蝠的場域。以往研究人員在調查繁殖現象的過程中最為擔心的事就是干擾到母蝠的生殖育幼，因為蝙蝠是非常敏感的動物，尤其是育幼期



Rydell 教授參訪臺南市的孚佑宮，對香爐上的 107 個蝙蝠圖騰相當有興趣。(陳宏彰、周政翰 攝)



間的母蝠。然而我們運用此種幾乎是零干擾的拍攝方式，靜靜地在棲所外守候而拍得牠們飛行的自然影像，不僅可以記錄到雌性蝙蝠懷孕狀況（腹部膨大），甚至也拍攝到已經產仔、攜帶仔蝠外飛的母蝠護幼景象。此外，如果夠幸運，在拍攝蝙蝠飛行的瞬間，有時還會獲得蝙蝠偵測鎖定或追逐獵物（昆蟲）的難得影像。

### 後記

Rydell 教授在 5 月 23 日離開臺灣搭機返回瑞典，在他後來給我們的感謝信中，一直盛讚臺灣的風土民情，以及遇到的人所展現的友善及熱

情。當然，他對臺灣蝙蝠的印象深刻，覺得我們得天獨厚，擁有這麼好的自然棲地與豐富獨特的野生動物資源，包括這麼多樣化的蝙蝠種類與棲所，應該好好珍惜。其實，我們才是要感謝他，一個留著一副濃密鬍子，已經 60 多歲卻還精力旺盛的老傢伙，終身奉獻於蝙蝠研究，不辭艱難到處上山鑽洞想要拍得自然的蝙蝠生態照，藉由一張張美麗照片告訴一般大眾蝙蝠的奇特，以及對生態的貢獻。他帶給我們的不只是如何拍得精美而細緻的蝙蝠飛行照技術，也潛移默化地告訴我們對待蝙蝠的態度，還有不計代價對理念的堅持。祝福他，福（蝠）氣滿滿。