

投稿類別：生物科

篇名：
昆蟲的飛行

作者：
郭語喬。台北市立麗山高中。二年五班。
陳昱璇。台北市立麗山高中。二年三班。
葉德聲。台北市立麗山高中。二年六班。

指導老師：
郭瓊華 老師
林獻升 老師

壹●前言

在這多采多姿的世界中，動物有各種種類可以分門別類，其中以昆蟲綱占多數，而在這其中有多數的昆蟲飛翔至生活中，而依飛行的方式又可以進行多樣性的統整所以我們便以日常中的物種為題材進行飛行的類型統整，並且參考物理中翅膀的飛行原理做以下的解釋。飛行除了是昆蟲擅長的事，其中在生活中仍有一個為飛行祖宗的動物—鳥。鳥類的飛行方式以及翅膀都以昆蟲有很大的差異，所以在昆蟲的飛行中我們便在增加一項對比，進行鳥類與昆蟲飛行方式的比較。

貳●正文

一、昆蟲簡介

昆蟲分兩個綱，分別是無翅亞綱和有翅亞綱。無翅亞綱顯然不會飛行，因此只大致介紹有翅亞綱。

(一) 蜻蜓目

該目多為大、中型昆蟲。兩對翅膜質透明，翅前緣近翅頂處常有翅痣。腹部細長，雄性交合器生在腹部第 2、3 節腹面。全世界分布，以熱帶地區最多。蜻蜓，體長約 20—150 毫米。觸角短小，剛毛狀，3—7 節。複眼發達，占頭部的大部分，單眼 3 個。前胸較細，中、後胸合併，稱為合胸。

(二) 蜚蠊目

頭小且能活動、口器咀嚼式。觸角絲狀、多節。翅 2 對，前翅皮質，後翅則為膜質，少數無翅。腹部多節，尾鬚一對。俗稱蟑螂。

(三) 螳螂目

鐮刀形前肢長而有力，且具有非常鋒利的尖刺，在捕食時能牢牢抓住獵物。強而有力的口器，能快速殺死及咀嚼獵物。強力的消化系統，肉食性昆蟲之中少數能將獵物完全吞食消化。體型修長，通常是扁平。頭部呈三角形，可自由轉動。複眼突出，單眼則有 3 個。絲狀觸角較長，由多節所構成。前胸長，可自由轉動，有時往兩側擴展。翅膀 4 翼，覆蓋於腹部，某些種類的翅膀變小甚至退化。翅複雜，前翅通常短於後翅。螳螂是一種不完全變態昆蟲（卵、若蟲、成蟲），生活史各階段習性相似。雄蟲飛行能力較佳，觸角較發達，腹部通常有 8 節及體型較小，雌蟲則有 6 節及體型通常較大。

(四) 等翅目

個體扁且柔軟。顏色由白色、淡黃色、赤褐色到黑褐色皆有，因種而異，最多為白色工蟻、兵蟻則為棕、黑色。眼睛退化，怕光。口器咀嚼式。觸角是念珠狀。翅膀則有長翅、短翅和無翅，有翅類為兩對狹長膜質翅，兩對翅不論大小、形狀、翅脈序均相似，且比身體長。短時間飛行後，會自動於其特有橫縫脫落。胸腹交接位不明顯。

(五) 直翅目

前翅是革質，後翅則為膜質，靜止時成扇狀摺疊，口器咀嚼式。屬於不完全變態的昆蟲。有著發達的後腿，善於跳躍。一些直翅目的雄蟲會用翅膀和腿摩擦發出聲音，來吸引雌蟲。包括蝗蟲、螽斯、蟋蟀、螻蛄等昆蟲。

(六) 半翅目

由異翅亞目和同翅亞目所組成。異翅亞目包括椿象、水黽、紅娘華、水螳螂等；同翅亞目包括蟬、沫蟬、蚜蟲等昆蟲。半翅目的成蟲和若蟲都有吸管狀的口器，牠們大部份吸取植物汁液，有些種類則吸取動物或昆蟲的體液，甚至於成為其他半翅目的獵食者。半翅目昆蟲的最大共同特徵就是，牠的上翅前半部已硬化成革質，但後半部是膜質的。

(七) 同翅目

目前同翅目之分類仍有爭議，半翅目原先被視為獨立的目，許多地方也仍將半翅目和同翅目視為不同目。

(八) 鞘翅目

包括各種甲蟲。約182科，約有35萬種，超過全動物界其他所有目的總合。除了在海洋和極地之外，任何環境都可以發現甲蟲。甲蟲一般都有外骨骼，前翅為硬殼，通常可以覆蓋身體的一部分以及保護後翅；前翅不能拿來飛行。一些種類已經有部分的種類喪失飛行能力，如步行蟲和象鼻蟲。甲蟲為完全變態的生物（卵、幼蟲、蛹、成蟲）。

(九) 脈翅目

屬於完全變態的昆蟲。成蟲有兩對膜狀的的翅膀，前翅和後翅大約一樣大。牠們有可供咀嚼的口器。包括草蛉、蟻蛉、長角蛉等。

(十) 鱗翅目

包括各種蝴蝶和蛾類。鱗翅目昆蟲是完全變態生物。成蟲有兩對翅膀，上面覆滿鱗粉，口器則呈吸管狀。鱗翅目有約40個以上的總科、約120個以上的科及超過18萬種的種類，是僅次於鞘翅目的第二大目，絕大部份屬於蛾類，蝶類只佔約十分之一。

(十一) 雙翅目

許多種類是傳播疾病給人或其他動植物的媒介。另一方面，有關遺傳學的知識和發展大多根據對黑腹果蠅的實驗中獲得。雙翅目屬於完全變態的昆蟲，像是從無翅的蛆或孑孓變成會飛的成蟲。牠們大多攝取花蜜或樹汁，或是腐敗有機物，某些種類會吸食人類或動物的體液。雙翅目的昆蟲只有一對翅膀。後翅退化成一對棒槌狀的平衡桿以平衡飛行。包括蚊、蠅、虻等昆蟲。

二、飛行

說到飛行，第一個想到的就是鳥類了，而三百萬年前，地球上第一種會飛的生物則是昆蟲，這兩類生物的飛行究竟有甚麼差異？

(一) 鳥類的飛行

鳥類飛行的概念主要是由翅膀上下拍動而形成推動力，飛行時翅膀造成的壓力差就是鳥類的升力來源。不同的鳥有不同類型翅膀，飛行速度較快的種類翅膀大致成半月形，飛行空間小的鳥類翅膀通具有有效的空隙以減輕重量。翅膀拍動時內外翼型所造成的攻角（機翼對風速的相對量間之夾角）愈大而升力愈大，攻角愈小則阻力愈大。此外，翅膀也會因前後左右移動而隨時改變拍動方式。

(二) 昆蟲的飛行

昆蟲翅膀往往具有柔性和彈性，在振動過程中因受力作用產生變形，而空氣施在翅上的合力作用點大致位於翅扭轉軸之後，形成對扭轉軸的扭矩，而翅根部肌肉使翅內旋或外旋，因此昆蟲在飛行中空氣作用在翅面上的力和翅根部肌肉的共同作用下使翅呈螺旋狀。昆蟲與飛行相關的結構主要集中在翅胸節，而翅胸節

上有一對或兩對翅，在背板的帶動下上下撲動，同時肌肉群控制翅繞扭轉軸扭轉，從而產生足夠的升力和推力。昆蟲的運動感受器是多種多樣的。爲了控制飛行的速度和方向，以及飛行姿態，昆蟲要通過改變翅的運動方式來實現，而某些昆蟲能夠通過改變自身各部分的相對位置來控制飛行，例如蜻蜓會利用彎曲甚至卷曲其腹部，對飛行的控制有一定的作用。

膜質翅鼓動空氣飛行，革質翅則為保護膜質翅，兩對膜質翅者呈波浪狀振翅，確保氣流方向，也就是飛行時前翅和後翅永遠不會同時在最高點或最低點。此外，昆蟲的飛行也可分成下面三種模式：

1、翅上下撲動，同時翅沿扭轉軸扭轉，使攻角迅速地改變，在翅下拍至最低點時，翅快速地向內扭轉，而在翅膀拍動至最高點時，翅快速地向外扭轉。蜻蜓、黃蜂等昆蟲都具有這類振翅模式。表面看來，這種振翅模式是最簡單的，但是目前爲止我們對這一過程中各個控制參數都不了解。

2、「拍靠和剝開」和「接近拍靠和頂分剝開」是使翅拍靠或部分拍靠，然後從翅的前緣處開始分離，使下拍的初期得到較大的升力。目前已經證明脈翅目、鱗翅目、半翅目、直翅目昆蟲均能夠利用兩種方式的其中之一。這一種模式是早期研究的重點，但對於此模式背後的力學機制之理解還非常有限。

3、這類模式在下拍末期利用了橫向屈曲線。隨翅翼的減速使橫向屈曲線外的翅尖部分向內折。當由下拍轉換成上抬時，翅膀將急劇伸直，外段則急劇加速，而使昆蟲得到更大的升力。

（三）兩者比較

1、昆蟲的翅與鳥類不同，鳥類翅膀的骨架上有肌肉，可以控制翅膀各部分相對的運動，而昆蟲翅膀則是膜質的，沒有肌肉，管狀的翅脈較硬又有一定的彈性，起支撐和加固翅的作用，翅的運動只能靠根部的肌肉和作用於翅面的力控制。

2、由於昆蟲翅膀形狀不屬於流線型，因此昆蟲滑翔飛行的時間短。昆蟲必須通過不斷的振翅獲得升力，然而簡單的上下拍動是不太可能產生有效的升力，所以翅在撲動過程中必須扭轉。

3、鳥類有一種飛行方式為 Flapping Flight，可分為 flapping、Twisting、Folding，而昆蟲只有 Fling 和 Clap 兩種。

三、蜜蜂的飛行

1934 年，科學家安托萬馬根來和安德烈桑來古進行蜜蜂的飛行研究，他們應用數學分析和已知的飛行原理來計算蜜蜂的飛行，得出結論是「蜜蜂飛行是不可能的」。然而他們可像直升機一樣盤旋於花朵之上，也可像流星在你眼前劃過。長久以來，研究人員都致力於解開昆蟲飛行的謎團，因為昆蟲飛行與人類飛行的技能有極大的不同，物理學原理無法解釋昆蟲的飛行。

有個奧特蘇勒、迪克遜和他們的同事所進行的研究，他們將蜜蜂放進清澈的塑膠箱中，箱子旁放了三個高速錄影機，以每秒六千次的頻率拍攝蜜蜂的快照。他們發現，盤旋的蜜蜂以每秒 240 次的速度拍打一釐米長的翅膀，拍打幅度只有 90 度，比其他昆蟲還要小，但拍打的非常迅速，其他昆蟲拍打次數每秒不足 200 次，每次拍打幅度卻超過 165 度。

按照飛行專家的說法，昆蟲越小，翅膀就拍打得越快，但蜜蜂卻是例外。義大利蜜蜂拍打其 10 毫米寬的翅膀，每秒可到 240 次，但比蜜蜂還要小許多的果蠅每秒只有 200 次。而當這些蜜蜂在低壓高空條件下飛行時，他們將拍打幅度增加到將近 140 度，接近其他昆蟲的幅度，它們才能飛行，因此蜜蜂這種不尋常的飛行方式是為了適應其飛行中所面臨的不同需求，例如：找蜂蜜時，他們的重量最輕；當沾上花粉或帶卵時，他們的重量是則為平時的兩倍。在改變速度方面，短距離拍打較長距離拍打更加快速，因此蜜蜂的飛行方式能大大改變其上升的力量。

參●結論

一、目前科學家已證明了脈翅目、鱗翅目、半翅目、直翅目昆蟲的飛行方式，而其他種類的昆蟲卻沒有文獻能明確寫出他們的飛行模式。

二、蜜蜂的飛行可說是獨一無二的，其他的昆蟲是否也有其獨特的飛行模式？

三、蜜蜂可以為了適應其飛行中所面臨的不同需求而改變拍動幅度，蝴蝶能在翅膀上產生波以增加推力和升力，如果加以研究，是否可改善人類的航空技術？

肆●引註資料

(一) 宮敬為、張植康。蟲蟲滿天飛——昆蟲飛行淺論。國立台中一中。

(二) 王朝網路。3 月 23 日，http://tc.wangchao.net.cn/zhidao/detail_3310748.html

昆蟲的飛行

(三) 星島文化。3月23日，

http://www.stnn.cc:82/culture/knowledge/t20051208_88912.html

(四) 余清金（1980）。**世界的昆蟲**。台中市：木生昆蟲館。

(五) 俞秋豐（主編）（1990）。**台灣昆蟲**。台北市：行政院農業委員會。