

淺談避雷安全

吳福山 羅國誠

空軍航空技術學校

摘要

本篇文章主要是探討大氣中雷雨現象一般存在的特性及偵測雷雨的工具與方法，提供一般非氣象專業人員對避雷安全的認識與警覺；畢竟台灣地區在夏季半年普遍存在著雷雨圍繞在你我四周，生活與工作相當密切，而每年不斷都有遭雷擊危害的個案，但許多雷擊事件是可以防範避免的，只要大家注意一些防範措施，藉由有關雷觀測常識，或隨時利用電話向各天氣單位查詢或經由國軍氣象網路以獲取雷雨發展動態，確遵避雷安全作業規定執行，則個人生命及作業裝備安全均可獲得絕對安全保障。

(2002年04月29日收稿；2002年05月20日定稿)

一、前言：

台灣夏季經常有午後雷陣雨發生，惹得路上的行人成為落湯雞而四處倉皇逃竄，雷陣雨來得急去得也快，但滂沱的雨勢、狂飆的陣風、甚至驚悚的雷聲閃電，使人責怪於老天變臉的迅速無情；雷雨的降雨量有時相當驚人，約數小時可達二、三百公厘以上的雨量，足使低窪低區淹水達半層樓高；山坡地區更易釀土石流災變，發生橋樑沖毀，民舍傾倒，山路崩塌之意外，雷擊事件也常引發森林大火，造成人民財產的巨大損失。近代，由於電子科技進步神速，精密儀器設備更畏懼於雷電的威脅，瞬間電壓脈衝會利用各種通道或電導天線入侵系統，損壞整個裝備並引發火災。

會產生雷雨的雲稱作積雨雲(Cumulonimbus, 簡稱Cb)，其定義為：濃厚龐大的雲體，其垂直伸展相當旺盛，高度常達三萬呎以上，外型猶如城堡或巨帆，通常雲頂有一部份相當平坦如砧狀（此高度已

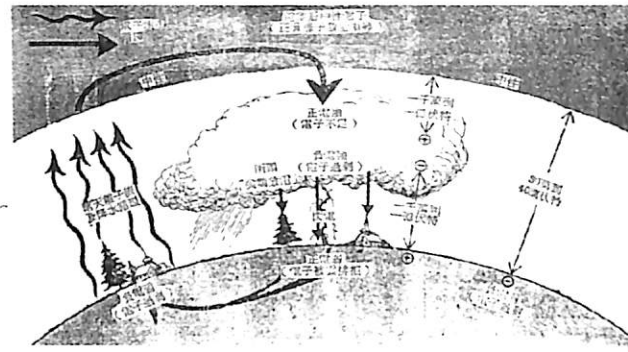
達對流層頂之極限，氣流無法再上升，只好外流出去形成平坦之狀），頂部顏色潔白如白鴿之羽，為冰晶結構之髮絲狀，其下方之雲體相當濃黑結實，成分結構為大型水滴或冰雹，因它可完全遮蔽陽光故如黑幕垂簾，又像大軍即將壓境，勢不可擋，其伴隨而來強冷陣風，使人有「山雨欲來風滿樓」之感。而積雨雲還有另一種特性，就是它會發電，所以除了帶來大陣雨或冰雹外，更會產生閃電打雷的效應，更強的積雨雲甚至會衍伸出龍捲風，使破壞威力達於極限，為一極嚴重之災害天氣。

二、天地間所存在之電流效應：

在大氣層內乾燥空氣成分是由多種氣體混合而成，依容積比率含有78%氮(N₂)，21%氧(O₂)，剩下1%不到的稀有氣體如氫、氬、氫、氦、二氧化碳及臭氧(O₃)，當然含有變動比率的水汽(H₂O)，其變動範圍在0~4%。由於太陽以電磁波方式將能量穿

越大氣層傳達到地球，在太陽輻射及宇宙射線作用下使氣體分子發生分解游離現象，形成所謂電離層，高度距離地球表面約85公里到800公里，依各層高度電離程度不同可區分為D、E、F層，其中E、F層最為顯著，可反射電波對無線電通訊具有重要意義。

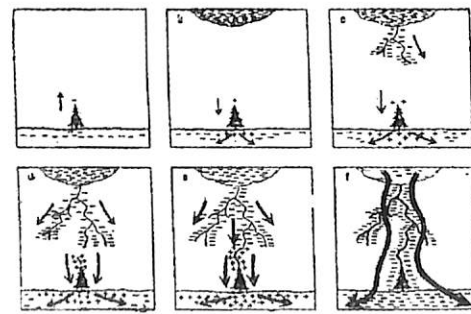
閃電就是基於地球表面、電離層及雷雨雲結合一起的觀念所建立的。其實氣體分子，是由依各以上的原子所組成，原子結構中（中子、質子、電子）屬於中性不帶電，經過太陽輻射產生光化反應後，可能使同一元素的原子有不同的電子數，若電子較質子為多，則為負電離子元素，反之為正電離子元素，逐漸於高空與地面間產生電位差，您可以想像地球至電離層好比是一個龐大的電容器，中間的空氣是由氮及氧分子所混合，當它們呈中性狀態時，可視為一絕佳之絕緣體（如圖一），然實際空氣是由不同量的中性分子及正負離子所組合而成，所以空氣其實為一劣質絕緣體，地球表面與電離層間經常有漏電之虞。若透過雷雨雲此類發展極高的雲系，藉由水滴成長與降水過程，就可將高空中活動較少的正離子帶至地面，相反電子攜至高空，就像個巨大的發電機一樣。雷雨雲所產生電位差約為一千萬至一億伏特（當一個人站立時，從頭到腳其電位差約為250伏特）。地球本身其實就是接地端，任何電流只要導入地裡，就算完成接地不具電壓狀態。



圖一 地球至電離層間電流循環圖

三、雷雨如何產生電：

依照科學家的計算，如果大氣中的電子停止製造的話，則就算有一千萬至一億伏特的電位差，地球在不到一個小時內即可喪失其所有電荷，所以雷雨雲便扮演著重要的發電角色，以彌補電子向大氣之損失，但這大部均集中於熱帶地區，在熱帶地區中雷雨雲設法把電子返回地球，維持電位差繼續存在，且此重要電子運輸任務是藉由閃電雷擊之劇烈手段達成（參考圖二）。據估計，每天約有1,800個雷雨發生於地球的每個角落，且平均每秒鐘發生100次雲端至地面的閃電。

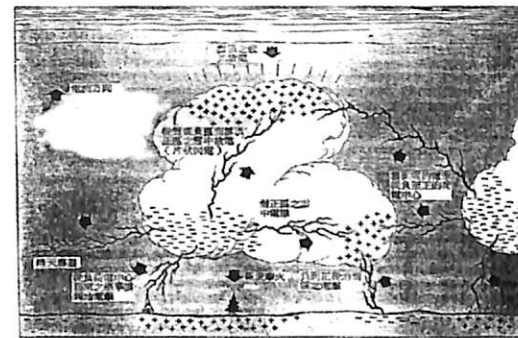


圖二 閃電過程示意圖

多數的雲或多或少皆為帶電物，且有擊碎分子使其變成離子的能力，然後在雲中隔

離這些離子，使成正、負離子區。總之，積雨雲或雷雨雲（按規定須為砧狀雲或濃積雲）有此能力，且扮演著像一個發電機或電容器，而達一特殊程度構成極強電力足以產生閃電的唯一雲型。

一完整的積雨雲可涵蓋20—200平方哩的陸地，垂直伸展由1,600呎向上可達30,000—45,000呎，更甚者可達60,000呎，雲中之上升及下降氣流速度達40—70哩/時，故中間可輸送極龐大之水滴或冰晶，藉由亂流撞擊磨擦，造成電離化之結果，使雷雨雲有兩個主要的荷電區分布：負區遍及伸展至整個雲體的下半部，正區則多半位於雲體上半部（參考圖三）。



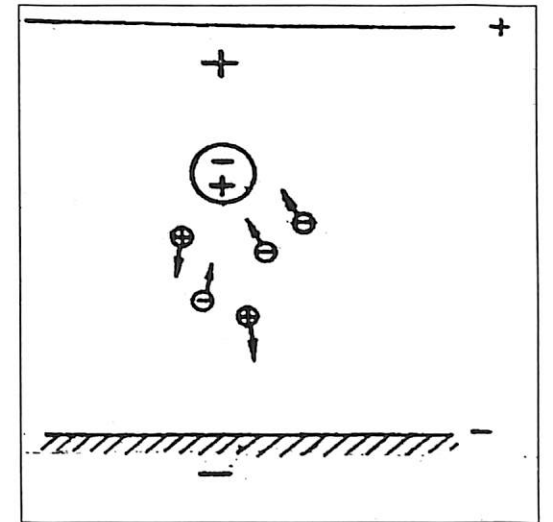
圖三 閃電變化圖

積雨雲中的電荷產生的理論有二，茲分別介紹之：

（一）、感應起電（見圖四）：

在大氣電場中，一個中性的大雲滴，由於靜電感應同性相斥，異性相吸的感應作用，使它的下半部帶正電，上半部帶負電，假如雲滴在下降的過程中，運動速度比離子快，遇到正離子將被雲滴下部正電荷排斥，而負離子則被吸引在雲滴下半部使大雲滴獲

得負電荷。如果大雲滴在降落過程中遇到中性的小雲滴，並且碰撞後被彈開，小雲滴將被帶走一些正電荷，也使大雲滴帶負電荷。由於大雲滴降落的速度較小雲滴為快，因此在重力作用下兩者逐漸分離，在遇有上升氣流作用，小雲滴反而隨雲上升帶負電。大雲滴在雲的下部，形成上部為正電荷，下部為負電荷的積雨雲體。



圖四 感應起電示意圖

（二）、溫差起電（見圖五）：

積雨雲發展高度均高過結冰高度，所以雲體中存在過冷水滴與冰晶，在冰晶中，含有帶正電的氫離子（ H^+ ）和帶負電的氫氧離子（ OH^- ），所含的離子數目隨溫度升高而增加。當冰晶兩端溫度不同時，高溫的一端自由離子（ H^+ 、 OH^- ）多於低溫一端，並由熱端向冷端擴散，由於 H^+ 離子較 OH^- 擴散速度快，結果，冷端出現 H^+ 離子過剩現象，使冷端帶正電，熱端帶負電，一旦在冰晶垂直於溫差的方向上斷裂，就會造成電荷分離，這種由溫差所造成的起電現象又稱冰的「熱電效應」。



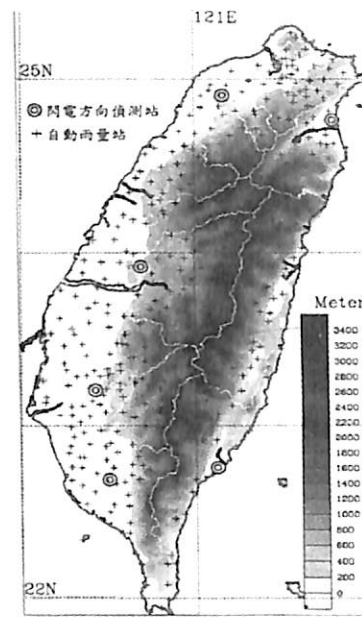
圖五 冰的溫差效應

四、如何偵測閃電：

在積雨雲發展成熟後，累積至一定電荷量，當電場強度達到每米 25,000—30,000 伏特時，正負電相互吸引產生放電此時產生之火花即為閃電，閃電完成後，雖然正負電相結合，但通路因中和而產生電流中斷。閃電的類型依放電過程可分為雲對地閃電（又稱落雷）、雲內閃電及雲對雲閃電三類，也可依雲內帶電粒子的極性分為正閃電及負閃電兩種。閃電的密度及頻率愈高，對流活動與降水量愈大，但降水量大不見得閃電就多，因為東北季風下的層狀雲系降水持續時間長，雨量頗為豐沛，但很少有閃電打雷情況，因此閃電量端視對流雲發展之高度及活躍性而定。

根據專家研究，台灣地區主要閃電分布在北部山區及中央山脈西側斜坡；而以台北山區、嘉義山區斜坡、台南市及屏東市附近的閃電密度偏高，東部最少。

本軍氣象中心對雷雨的監視及掌握，可透過與台灣電力公司網連取得落雷觀測系統資料，此系統為台電電力綜合研究所於 1989 年六月開始啟用至今，其原理乃利用一組裝置於台北的位置分析器（Advance Position Analyzer），六個方向偵測器（Direction Finder）分別裝置於台電的宜蘭區營業處、楊梅微波中繼站、南投區營業處、烏山頭微波中繼站、屏東營業處及台東營業處（詳如圖六）。



圖六 自動雨量站「+」及閃電方向偵測站「◎」分布圖，地形高度以灰階（間格 200 公尺）表示。

此系統係利用磁場天線偵測出落雷發生的方向、極性及強度，只要有兩個以上的方向偵測站偵測到落雷的方向，即可形成兩條直線，其焦點即為落雷發生的位置。因此可即時偵測出落雷發生時間、地點（經緯度）、極性及強度。

五、雷雨的種類：

雷雨的種類可分兩方面來論述。就降水強度來說，可區分為雷雨及大雷雨兩種；究其發生原因來說則可分成以下三種類型：

（一）、鋒面雷雨：

鋒面雷雨可分為冷鋒、暖鋒及囚錮鋒等三型，其中以冷鋒雷雨最為顯著，其形成之主因為冷、暖空氣相遇後彼此交互作用，暖空氣被急速強迫抬生所造成，若為活躍型冷鋒，則雷雨發展最為旺盛，尤其前方若有飆線發生，則有最強烈之雷雨胞、冰雹及下爆

氣流發生，其強陣風猶如中度颱風強度，對飛地安之危害相當嚴重。

（二）、氣團雷雨：

指的是台灣夏季受太平洋暖氣團籠罩下，由於氣團秉性相當暖濕，加上熱力作用旺盛，易有對流產生，尤以午後達到顛峰，為夏季午後雷陣雨，一般發生迎風面的山區，若水汽供應豐沛，涵蓋範圍可達整個西線區域，雷雨甚至延續到午夜，我們常在夜間遙望山區閃閃發亮的天空，即是積雨雲持續放電所致，有時局部地區雨量豐沛得相當嚇人，約一兩小時時間即可淹水達半層樓高。

（三）、地形雷雨：

產生之原因為山地日射較平原高，垂直擾動大。海洋氣團與山脈相遇，迫使空氣上升。故雷雨多發生向風面，而山之背風面，則因下沉氣流，氣溫絕熱遞增，且其大部分水汽已在山之向風面釋放故鮮少發生。地形雷雨發生在山區易發生突如其來的急流甚至引發土石流，其大雷雨會對尖型的物體放電，若佇立在山坡上或躲在孤立的涼亭中避雨，極易招致雷擊，須審慎選擇避雨之處。

儘管雷雨大致可分為上述三大類，但是有許多天氣系統卻能相互疊加形成雷雨事件，如西南氣流雷雨，常因颱風通過本省後引進暖濕不穩定之西南氣流，造成本省西部地區最惡劣之天氣型式；另外，如果有颱風或熱帶低壓移入本省，亦會發生強烈雷雨事件。

六、如何迴避雷擊：

雷雨對飛安危害堪稱第一頭號殺手，因為它將伴隨強烈亂流、極惡劣能見度、冰雹破壞航機結構、雷擊損害通信儀器等；對地面之危害則有直接電擊之危險，或透過天線

感應，導電體之傳輸，形成瞬間短路脈衝，危害室內之電子裝備，引發火災造成傷害，而在空曠地區雷雨常以尖形物體或人體，作為放電目標，避雷措施不可不注意。

以下列出幾點避雷措施供大家參考：

（一）、獨立之大樓、彈藥庫或重要裝備設施地點，均須裝設避雷設施，以吸引附近週遭之落雷電荷順利導引至地下。一般對搭地之導線，須依規定標示位置及電阻測定值，此避雷搭地之歐姆值標示應例行做好檢查，以符合安全避雷規定。

（二）、雷雨在頭頂上方時，應禁止使用各種通信器材，包括大哥大等現行的無線電話器，畢竟接收信號也會導引落雷感應電荷發生集中變化，成為放電通道捷徑構成人身危險。

（三）、在高山上之戰管或通信單位，聞及第一次雷聲時，應趕快向附近氣象單位聯繫，以便取得落雷資料，若研判有雷雨侵害之危險，應立即報請長官裁示後迅速採取關機手段，以維裝備之安全，待確定雷雨區完全脫離後，依開機程序逐一檢查各項功能。

（四）、自行架設的電視天線，也容易成為落雷放電的目標，國軍鋁製床鋪亦有導電之危險，所以務必將四個桌腳加塑膠或木片以隔離接地，但因環境內務經常整理搬動易導致木片脫落之虞，宜加強檢查以策安全。

（五）、遇午後雷陣雨，應避免躲在大樹下或涼亭內，以避免成為尖端放電的目標。曾有爬山郊遊之民眾，遇及午後大雷雨，正好山坡上有座中國式涼亭，具有燕尾式的尖塔涼亭且所建位置一般選擇在高地上，以便有「登高賞景，清風拂袖」之文人雅興，只因一念及躲雨，缺乏考慮雷擊之可能危害，致屢有電擊事件發生，可不慎乎？

(六)、機場內塔台、GCA、守視室...等位置較高且空曠獨立之單位，應對雷擊危害採取預防措施，經常詢問天氣中心雷雨發展狀況，各單位應經常辦理避雷關機作業講習，以提高值班人員緊急應變能力，務期以最少時間，完成專業作業程序，在不影響任務情況，使雷擊傷害減至最低。

(七)、精密裝備之維護，須做好平日保養工作，而避雷措施當列為重要考量，尤其電腦裝備，最怕瞬間電壓產生急遽不穩定，故一定要有UPS不斷電穩壓供電系統，以免瞬間斷電造成資料的流失及系統的損毀。而在處理關機後，須注意傳輸信號線應一併拔除以根絕瞬間脈衝進入電源系統內形成短路。

(八)、局部雷雨之雨量相當驚人，豪雨可能在上游處的短短幾個小時之內引發山洪激流，讓你措手不及，若正好在低窪處或河床上進行任務或重室休閒活動，只要一聞及雷聲，就應有危機意識，請迅速遷往較高處，以免危困在山洪中。

(九)、要知道雷雨離您現在位置有多遠，有一個簡單方法可以作測量，即雷聲是以聲速(340公尺/每秒)傳播，閃電則以光速(3×10^8 公尺/每秒)傳播，兩者懸殊太大，故計算雷聲與閃電相差幾秒，將340公尺乘以秒數即為雷雨胞的距離，下次遇到雷雨時，請看一下手錶，計算一下閃電後幾秒鐘聽到雷聲？並請提早作準備落跑，以免成了落湯雞。

參考資料：

林熹閔，1999：雲對地閃電與降水關係之研究。大氣科學，27，1，p75-97。

戚啟勳譯，1993：大氣科學，p306-313。
航空技術學校，1989：天氣預報實習教程。
張泉湧譯，1985：普通氣象學，P15-34。
空軍氣象聯隊，1989：大氣現象與飛行，p11-14。
空軍氣象聯隊，1985：松山地區雷雨之預報研究，p1-16。

How to Avoid The Strike of Lightning

Fu-Sane Wu Grow-Chen Lo

Air Force Aeronautical Technical School

Abstract

In this paper, we discuss especially for the characteristics of thunderstorms and how to detect them to provide understanding and awareness to amateur meteorologists. In Taiwan, thunderstorms are occurring very common in summer; therefore, we should do some preparations to avoid being stricken by lightning. By utilizing radar observations, quarrying the worker in meteorology or browsing the latest news of thunderstorm's development on military websites, our lives and operation equipment could be safer.