

通資站台(機房)雷擊防護探討

作者/林明昌 上校

提要

理論上，雷擊與 EMP 的防護，在防止傳導性突波破壞裝備的技術是一樣的，只是雷擊現象產生的輻射性突波較低，故通常不考量此項威脅。隨著科技的進步，大部分人通資人員對於 EMP 的防護均能達一定程度的瞭解，然對於通信站台暨資訊機房所面臨的最基本威脅—雷擊突波，卻仍停留在傳統的思維，因此作法上均以疏導及隔離為訴求，強調安裝避雷針(帶)及接地設施之改善，並增加不斷電系統，藉以防止突波損壞設備。此舉對低頻信號及直接雷擊現象產生時，或許能起很大的作用，但若對高頻訊號而言，卻無法發揮功效，因為高頻訊號可透過傳導、電感感應或電容耦合等方式，將雷擊突波導入系統而造成裝備破壞。檢視國軍目前的標準作業程序律訂，規範各單位在近雷現象產生時應儘速將系統「關機」以降低裝備損壞率。但不幸的是，即使裝備已「關機」或已安裝避雷針(帶)暨接地設施，然雷擊突波透過傳導或感應方式，經由電力線、信號傳輸線(饋線)或接地線等路徑侵入裝備，進而造成裝備損壞的事件卻一再發生。況且就戰備角度而言，通資設備通常是不允許「關機」的。因此本文提出防禦縱深的概念，將雷擊防護區分成預警防處、疏導隔離(讓雷擊進不來)、降低傷害(進來後降低突波影響力)、吸收殘餘(避免突波流竄損壞裝備)等四道防線，從雷擊的特性分析，進而擬定雷擊防護策略，並就目前國軍相關防雷作法與現有商用市場技術提出探討，最後提出相關具體作法及建議，俾利國軍各級單位參考。

關鍵字：雷擊特性、雷擊防護、突波防護、雷電偵測

前言

雷擊防護可以做到百分之百嗎？我想沒有人敢保證。但就風險的角度而言，海島型氣候、高地多的台灣，正是閃電打雷頻繁的地區，加上雷電的形成係由帶負電的雲層吸引地表正電荷，當累積到一定能量，即產生電擊現象(電流由雲層向地表放電)。另外，鑒於高地的曲率半徑較平地小，所以單位面積累積的電荷較高，相對的也就更易發生雷擊現象。而拜科技進步之賜，商用市場上已推出許多避雷器，可以有效抑制或吸收雷擊突波的瞬間能量。換言之，若妥善規劃，則雷擊突波所造成的裝備破壞將可大幅降低，對於任務的遂行亦不易產

生影響。因此，本文就雷擊特性、現行防護技術及如何利用風險評估方式妥善採取因應措施實施探討，期提供各單位研擬相關解決方案之參考。

本文

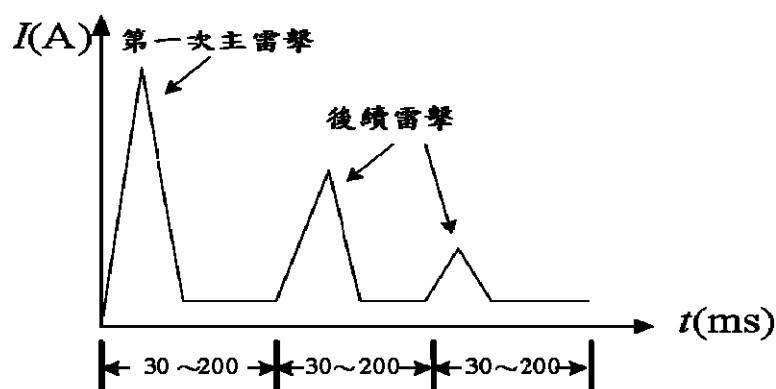
在談雷擊如何防護前，應先瞭解雷擊特性、侵入路徑及破壞力，以利風險評估與妥採相關控制措施，降低裝備損壞風險。因此本文除簡要將雷擊特性、分類與來源、相關防護策略與現行防護技術加以探討外，另就就台灣本島落雷風險評估與後續精進措施提供建議作法，期提供各單位規劃雷擊突波防護之參考。

雷擊特性

雷擊能量固然強大，但還不至於完全無可防護，只要避雷設施(備)能在極短的時間內，將有限的雷擊能量吸收或消耗，其對裝備所造成損壞之風險自然降低，甚或可將危害消弭於無形。一般而言，雷擊具有以下特性：

一、雷擊發生時可能伴隨一次以上的中和放電現象。

二、多重雷擊發生機率約 75% 以上，一般平均為 3 次，最多高達 20 次再雷擊被記錄，後續雷擊與前次主雷擊間約相距 30~200ms (毫秒； 10^{-3} 秒)，如圖一所示¹。



圖一 後續雷擊與前一次主雷擊間距時間圖

(資料來源：王琮賢，張宏展，〈線路用磁雷器於塔腳電阻變化之可行性研究〉，國立台灣科技大學電機工程所論文，民國 95 年 6 月，頁 8。)

三、間接雷擊遠多於直接雷擊；據統計，間接雷擊約佔 80% 以上。

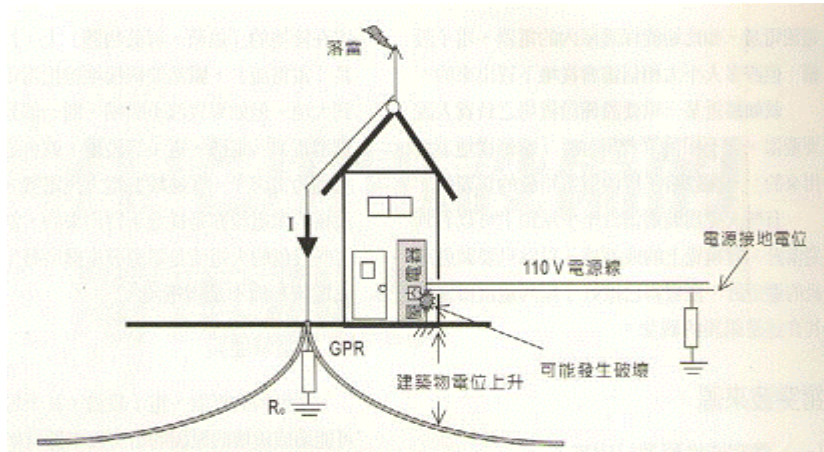
四、當建築物或設備具備良好的接地系統，可能會因此而提供附近雷擊一個宣洩的管道，而產生所謂之逆電流現象。

若依雷擊方式分類，則可概分成直接雷擊與間接雷擊兩種，而間接雷擊又區分側向雷擊與感應雷擊，摘述如後：

¹ 王琮賢，張宏展，〈線路用磁雷器於塔腳電阻變化之可行性研究〉，國立台灣科技大學電機工程所論文，民國 95 年 6 月，頁 8

一、直接雷擊

係指雷雲之間或雷雲對地面某一點迅速放電之現象，若雷擊直接落在避雷針(帶)等經接地的建築物上，如圖二所示。此時原本同電位的屋內設備儀器(建築物電位)與電源接地線間出現電位差，如能量夠大，就會破壞儀器設備。



圖二 直擊雷示意圖

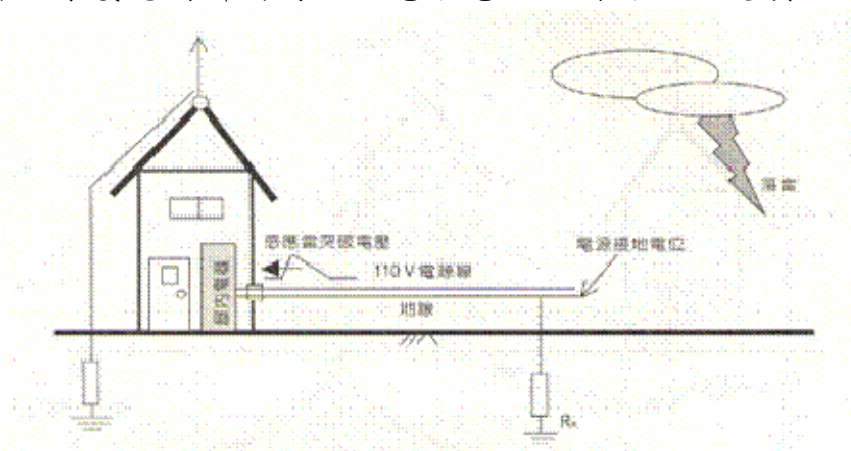
(資料來源：賴建龍，〈南化水庫雷擊突波防治對策之研究〉，自來水公司第六區管理處南化給水廠論文，民國 95 年 5 月，頁 14。)

二、側向雷擊

雷雲雨低於山頭的坡地上通常產生雲對雲的側向雷擊。

三、感應雷擊

係指雷雲放電時，在附近導體上產生的靜電感應和電磁感應等現象稱為感應雷擊，如圖三所示。當雷擊通過避雷針(帶)地線導入大地或者附近發生雷擊時，會產生很大的電場，一旦電源輸入線、電話線、網路線或其他電子設備的金屬引出、引入線感應到瞬間高壓，電子電器設備將因此受損。



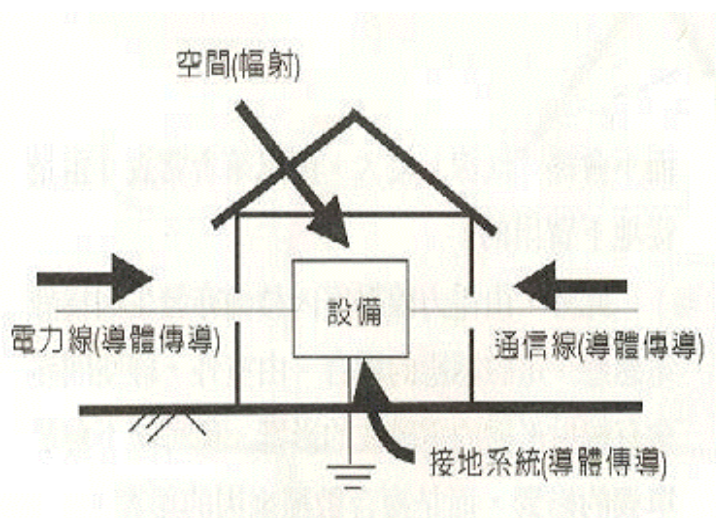
圖三 感應雷示意圖

(資料來源：賴建龍，〈南化水庫雷擊突波防治對策之研究〉，自來水公司第六區管理處南化給水廠論文，民國 95 年 5 月，頁 15。)

雷擊侵入路徑及破壞力

在探討雷擊防護策略前，必須先瞭解雷擊突波侵入破壞通資設備的路徑，其次，必須瞭解雷擊電流(電壓)的突波強度及發生的機率，方能妥善擬定應變的防護對策。理論上，雷擊電流竄入通資設備的管道有四（如圖四所示）：

- 一、電力系統：由電力輸配線直接傳導或間接感應至設備。
- 二、設備線路：由信號線直接傳導或間接感應至設備。
- 三、接地系統：雷擊後升高之地電壓經由地線反饋至設備（逆電流現象）。
- 四、空間輻射。



圖四 雷擊電流侵入路徑

（資料來源：賴建龍，〈南化水庫雷擊突波防治對策之研究〉，自來水公司第六區管理處南化給水廠論文，民國 95 年 5 月，頁 16。）

根據 IEC1312 標準，當雷擊中建築物時，即使建築物裝有避雷針(帶)，大約仍有 50% 的電擊能量會分配到電源系統。因此，一旦電源輸入線、電話線、網路線或其他電子設備的金屬引出、引入線感應到瞬間高壓，電子電器設備仍有遭雷擊破壞的風險，此時避雷針(帶)就無能為力了。至於雷擊現象對設備產生的破壞力究竟多大，基本上必須先了解各種雷擊方式產生的電流(電壓)的突波強度及發生的機率。其中，因側向雷擊產生的突波不易量測，且造成裝備損壞的機率較低，故本文不予討論；另空間輻射涉及建物結構及裝潢材料，本文亦不予討論。

為契合實務，經統計並研析台電公司電子綜合研究所暨 IEEE 網站相關雷擊現象的公開討論資料，將直接雷擊與感應雷擊的突波電壓強度、突波電流強度、發生的頻率及可運用的防護設備，概略綜整如表一所示。從表中發現直接雷擊的電壓波峰值可高達 5,000kV，電流波峰值則超過數 10kA，其強度遠遠超過電

子電器設備所能承載的能量；感應雷擊的電壓波峰值約達 50kV，電流波峰值約 1kA，突波能量雖不及直接雷擊高，惟仍超過大部分電子電器設備所能承載的安全能量範圍。

表一 直擊雷與感應雷的比較

項 目	直 接 雷 擊	感 應 雷 擊
電壓波峰值	約 5,000kV	50kV
電流波峰值	超過數 10kA	1kA 以下
突 波 能 量	極大	較小
發 生 頻 率	20%以下	80%以上
防 備 裝 置	避雷針(帶)(帶)、避雷地線(因突波保護器無法吸收)	以突波保護器吸收

(資料來源：作者整理台電公司電子綜合研究所暨 IEEE 網站相關雷擊討論資料)

雷擊防護策略

綜上所示，可知防護雷擊破壞的因應對策必須區分直接雷擊與感應雷擊來分別研擬應變措施。從風險管理的角度考量，一個是避免雷擊直接命中建築物，一個是避免雷擊感應突波由電力線、信號線、接地線傳送至電子電器設備。因此策略上，前者應採疏導，即利用避雷針(帶)及地線將雷擊電流疏導至大地；後者則採防堵，利用避雷器或突波保護器防堵突波進入設備。從治理的角度而言，雷擊防護可採取作戰運用的「防禦縱深」概念，積極建立以下四道防線：

一、第一道防線為預警防處（爭取應變制變整備時間），方法係採雷電偵測、觀雷、先期處置等措施。

二、第二道防線為疏導隔離（降低雷擊突波侵入機率），方法係採避雷、接地等措施。

三、第三道防線為降低傷害（減輕侵入設備突波能量），方法為裝設各類型突波保護器。

四、第四道防線為吸收殘餘（避免突波流竄損壞裝備），方法為使用吸波材料吸收雷擊突波。

因此，當我們瞭解雷擊並非無可抵禦的自然災害，且透過適當的措施可有效防護時，更應該以「雷擊治理」與「風險管理」的角度重新思考以下四個要素，俾利採取更積極的雷擊防護作為。

一、雷擊預警暨通報機制是否健全

目前國軍並未建立完善的雷擊預警暨通報機制，各單位僅能自行根據氣象局氣象資訊或空軍氣象中心「雷電偵測網頁」所提供之資訊先期預警。然也僅能針對雲雨效應，且通常須開始有近雷現象後方採取因應措施（關機或切換電池、發電機供電），具體效果有限。

二、各類型避雷針(帶)是否運作正常

一般而言，避雷針(帶)會隨外在環境、人為操作等因素而失效，尤其是已遭受過雷擊的避雷針(帶)更容易發生問題，為了保證避雷針(帶)隨時處於正常運作狀態，必須定期請專人檢查保養暨檢測。

三、接地系統是否合乎標準規範

依據中華民國電工法規第三十四條規定暨台灣綜合研究院電力工程技術規範民國 97 年屋外供電線裝置規則，接地系統依對象物的不同，概可分為電力系統接地（提供電力系統迴路或電力系統保護迴路，以維持電力系統電壓穩定、平衡或保護設備與工作人員的安全）、電子系統接地（提供殘留電荷的洩放電路及做為穩定的參考電位以便降低電子雜訊）、避雷系統接地（提供雷擊電流的洩放路徑）等三大類。若接地不符標準規範，不同系統接地隨意混搭，或避雷接地與其它接地沒保持適當距離，則無法達到接地的真正目的。依據經濟部能源局屋外供電線路裝置規則，避雷器、設備及導線之接地線不得小於 14 平方公厘銅線或等值電流容量之其他導線。接地棒全長不得小於 240 公分（得分節）。直埋裸線直徑應大於 0.4 公分，埋入深度不得小於 30 公分，直埋裸線可呈直線排列或柵狀排列。直埋金屬板：暴露於泥土之總表面積不得小於 0.18 平方公尺，埋入深度不得小於 1.5 公尺。

四、避雷器或突波保護器是否合乎需求

不符所需(如反應時間、吸收容量、適用範圍等)的避雷器或突波保護裝置是無法保障電子電器設備安全的。然現行國軍並無明確規範各單位採購避雷器或突波保護器之參考規格。

現行雷擊防護技術

一、傳統式避雷針(帶)

利用尖端誘雷放電原理，將雷擊突波導入大地。採傳統錐形保護，向下保護，被動式保護方式，當雷電打到它時，避雷針(帶)才會將雷電導引到大地，其裝設地點(位置)為建築物，主要缺點摘述如後：

(一)產品反應速度慢，待啟動時，雷擊突波已有部分竄入電力系統而造成破壞。

(二)導通時的瞬間短路電流，會造成地電位瞬間大幅提昇，並遠超過饋線之額定電壓，若附近有其他接地點，便成為最佳之逆電流輸入口，進而造成破壞。

二、離子式避雷針

提早主動實施大地靜電放電，以中和地表感應電荷，避免自然雷擊釋放之巨大能量造成破壞。採提早擊發裝置架構，向上保護，主動式保護方式，當雲層電荷飽和準備向下導通時，避雷針會主動引導到預設目標，將雷擊電流導引到大地，其裝設地點(位置)為建築物，主要缺點摘述如後：

(一)即使主動中和放電，瞬間提高之地電位，仍可能產生夠大的突波電流，循地線進入電力系統造成破壞。

(二)須搭配完善的接地系統，所費不貲，但卻不能達 100%防護目的。

三、地線系統

構築低阻抗地線及大面積地網，期望大地能藉此便利管道，將雜訊及突波完全吸收，並消弭於無形，其裝設地點(位置)為建築物，主要缺點摘述如後：

(一)鑑於大地本身亦有阻抗，因此當突波電流進入大地瞬間，會形成極高的電壓，並以同心圓方式向外擴散遞減，一旦遇到地線接點，突波電流即刻循此進入電力系統，對設備造成破壞。

(二)地網面積越大，雖有阻抗值越低的優點，但也越容易將鄰近落雷引入電力系統，而此舉將造成地電位逐漸提昇，並產生逆電流現象。事實上，此類間接雷擊造成的破壞遠高於直接雷擊。

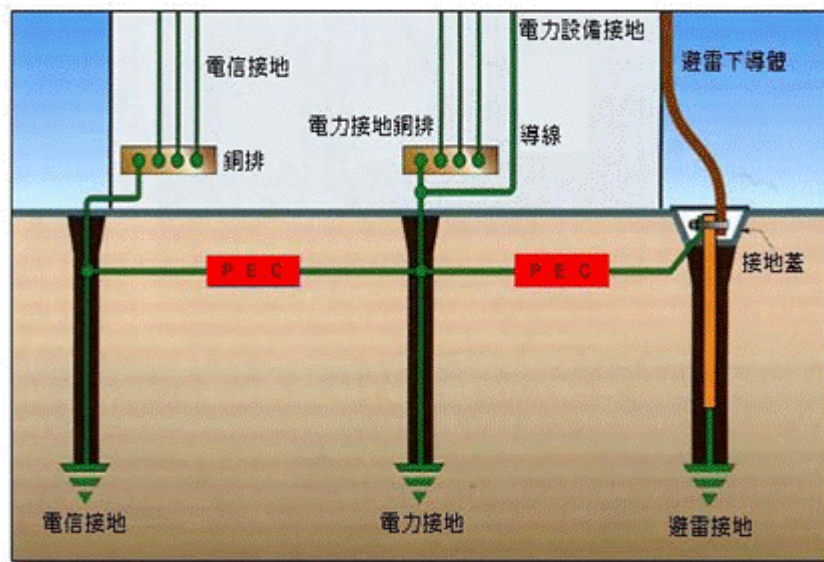
四、消除接地迴路

將建築物避雷接地、電力設備接地、通信和電腦等接地分開是很普遍的，但當雷擊時，各接地之間會產生電位差，導致雷擊進入，破壞室內設備，因此須裝設等電位箝制器(Potential Equalization Clamp, PEC)來消除接地迴路的問題。通常等電位箝制器呈開路狀態，但當兩端接地電位差超過等電位箝制器之崩潰電壓(在暫態情況下)時，等電位箝制器會馬上呈短路狀態，使所有接地系統造成等電位，其配置說明如圖五²，裝設地點(位置)為各接地線間。

五、避雷器或突波保護器

利用 MOV 過壓導通原理，將雷擊突波導入地線或中性線，當沒有瞬間過電壓時呈現為高阻抗，但一感應雷電瞬間過電壓時，其阻抗就突變為低值，允許雷電流通過，其電流電壓特性為非線性，相關工作原理如圖六所示，裝設地點(位置)為電力線、信號線，主要缺點摘述如後：

² 章任企業有限公司網站，<http://www.lightning.com.tw>。

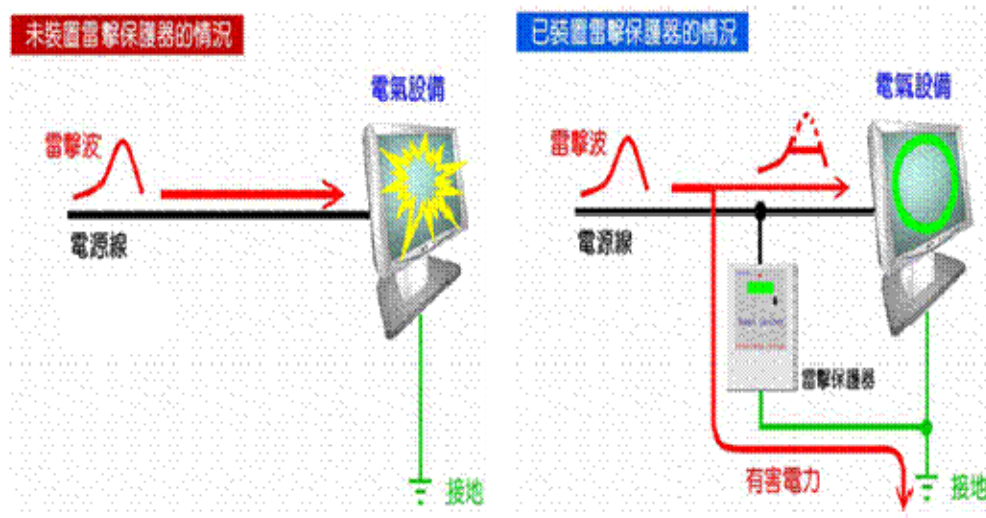


圖五 等電位箝制器配置圖

（資料來源：〈消除接地迴路〉，章任企業有限公司網站，
<http://www.lightning.com.tw>。）

（一）MOV 雖然反應夠快，但受限於材料特性，使通過突波之能量及次數皆受限制，非常容易損壞，尤其在落雷密集區更為明顯。

（二）因利用導通方式，突波並未被完全吸收或消耗，突波電流仍會循導線，在電力系統中形成迴路，在其他地方造成衝擊破壞。



圖六 突波保護器工作原理(資料來源：作者整理繪製)

六、隔離變壓器

利用變壓器之工作頻寬所產生阻尼作用，將突波隔絕在初級圈，其裝設地點(位置)為電力線，主要缺點摘述如後：

（一）雖然突波電流無法直接傳導至次級圈，而線圈也無法對快速突波感應至次

級圈，但初級圈及次級圈間的雜散電容，卻替突波提供了一個非常良好的通道。

(二)根據美國 Angstrom Laboratory³ 專業機構 Division for Electricity and Lightning Research 實驗，只要突波頻率超過 10Khz，便可從隔離變壓器的初級圈，經過雜散電容完全耦合至次級圈，反之亦然。而典型的雷擊突波，其頻率剛好在 10Khz 之上。

七、突波吸收裝置

以「吸收、吸收、再吸收」的概念處理突波，具追蹤、濾波與吸收功能，可將電源的突波及高頻雜訊移除、吸收，進而以散熱方式處理瞬間電壓的突波與浪湧、高頻率雜音、環波。商用市場大部分產品內部結構為突波抑制器、低通濾波器暨奈米吸波材料，其裝設地點(位置)為電力線主配電盤、分電盤暨負載端。

台灣地區落雷風險評估

鑒於氣象局及國軍對於台灣地區年落雷數並無明確統計資料，因此本文為探討台灣各地區通資站台(機房)遭受雷擊之風險，係以台灣電力公司官方網站所公佈之台灣本島各鄉鎮市落雷統計資料為基礎(不含金門、馬祖、澎湖)，藉以統計民國 96 年及 97 年台灣本島各縣市(鄉鎮)落雷數，以作為雷擊風險評估中事件發生機率的參考數據。鑑於台電公司資料僅針對雲對地雷擊實施統計，故與實際落雷數稍有誤差，經統計民國 96 年、97 年、98 年台灣本島縣市落雷數(僅統計雲對地雷擊次數)分別如圖七、圖八、圖九所示。

由台電公司電力綜合研究所的統計數據可歸納出以下落雷分布特性：

一、季節性

以第二季與第三季落雷次數最頻繁，尤其第三季颱風過境造成佔落雷比例最大。

二、區域性

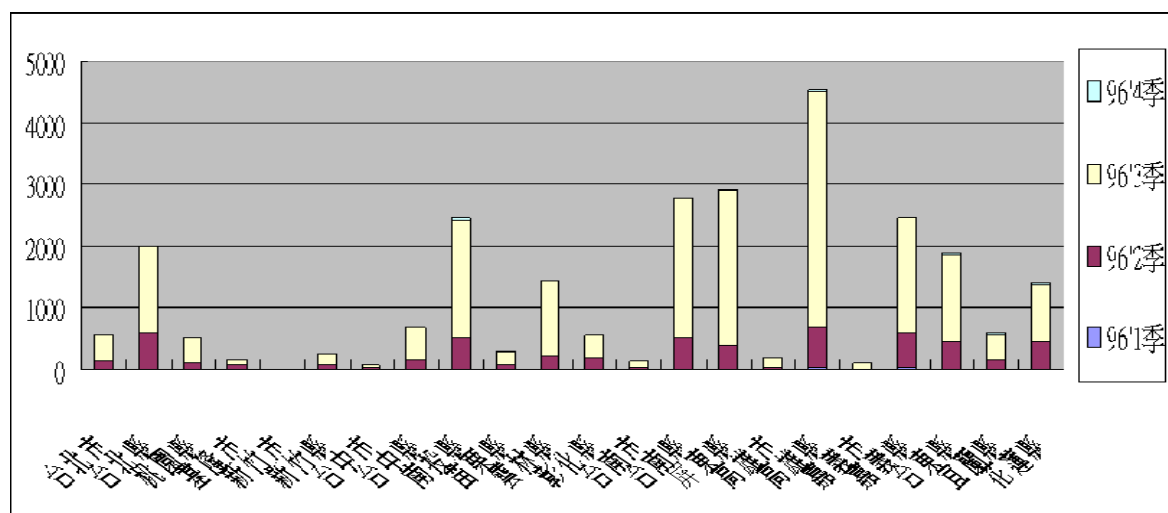
依落雷次數排名分為是高雄縣、屏東縣、台南縣，三大落雷縣所屬鄉鎮排名摘述如後。

(一)高雄縣：桃源鄉、六龜鄉、美濃鄉、杉林鄉、茂林鄉。

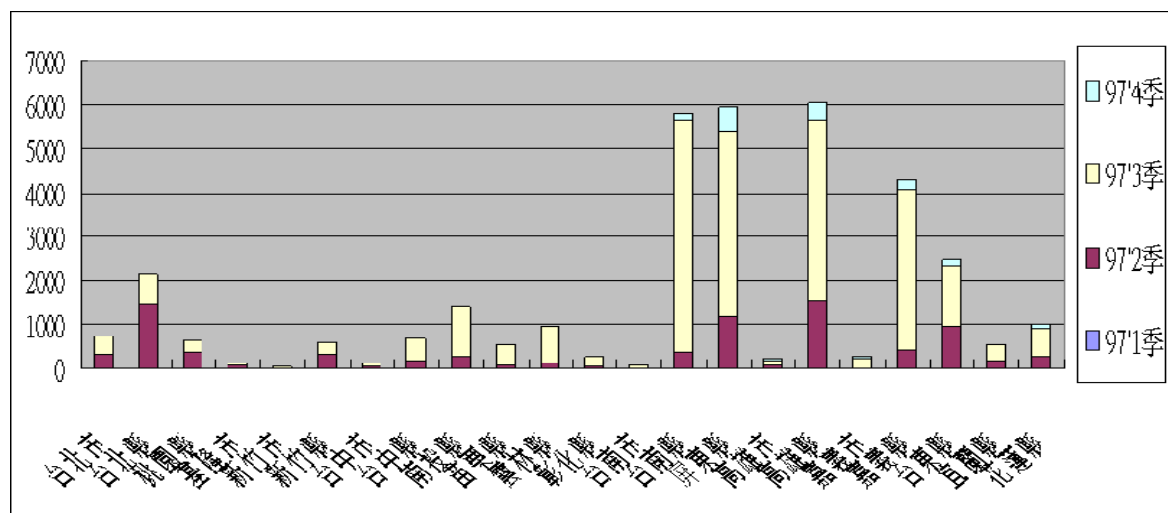
(二)屏東縣：高樹鄉、山地門鄉、霧台鄉、鹽埔鄉、泰武鄉。

(三)台南縣：南化鄉、白河鎮、東山鄉、楠西鄉、玉井鄉。

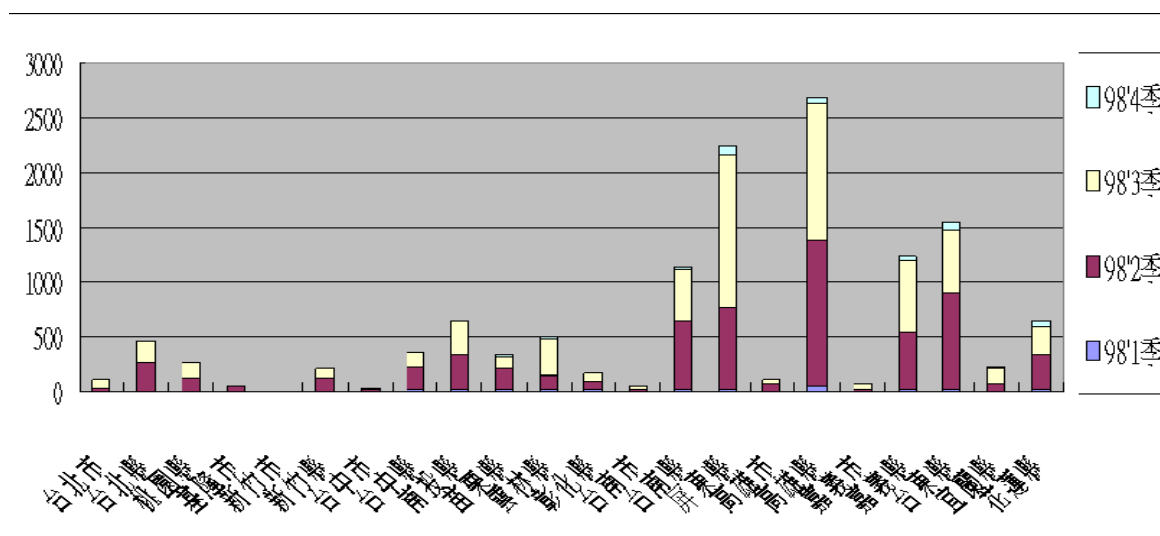
³ Angstrom Laboratory, <http://www.angstrom.uu.se/eng/>.



圖七 民國 96 年台灣本島縣市落雷統計 (資料來源：台電公司電力綜合研究所)



圖八 民國 97 年台灣本島縣市落雷統計 (資料來源：台電公司電力綜合研究所)



圖九 民國 98 年台灣本島縣市落雷統計 (資料來源：台電公司電力綜合研究所)

為利本文之落雷風險評估，初步僅能就各地區落雷數來判斷各地區遭受雷擊之機率，而鑒於各單位風險可接受度均不相同，因此以下討論係以筆者任職之資電作戰指揮部風險管理計畫中各通資站台(機房)遭受落雷風險之初步計算法則實施說明，譬如本單位係以各鄉鎮市區民國 96 年第 1 季至民國 98 年第 4 季落雷次數總和來區分落雷風險，並暫定 150 次以下為低風險地區、150 次(含)至 299 次為中風險地區、300 次(含)以上屬高風險地區。而各地區大隊遵循上述原則，依據各通資站台(機房)所處之特殊地理環境因素及裝備損壞之衝擊因素，並考量單位風險可接受度，再行詳訂各通資站台(機房)遭受雷擊風險值。

故建議各單位評估各所屬通資站台(機房)時，應加入裝備屬性、地理位置及週遭環境等因素，以更精確訂定該站台(機房)遭雷擊之精確風險值(機率 $\times$ 衝擊)，並針對風險值實施風險管控作為，進而「量身訂作」各項防雷措施。

雷擊防護具體作法

雷擊風險管理在規畫一套合理且實際可行的管理暨稽核程序，提高防範雷擊傷害的整備效益，並降低裝備損害的發生機率，進而降低雷擊事件帶來的斷訊風險。經蒐整國軍各單位目前作法，並考量現行防雷技術發展與商用市場避雷設備，綜整以下具體作法，俾利各單位重新檢視精進。

一、實施雷擊風險評估暨管理作業

針對欲防護之通資站台(機房)實施雷擊風險識別暨評估作業，並考量現有防護措施、預算獲得、人力、裝備備援等因素，擬定風險管控方法與優先順序，逐步建立或檢討精進雷擊防護的四道防線。當然，管理階層(單位主官、管)的決策是十分重要的，以下為本部執行各類站台(機房)雷擊風險管理所採取的基本策略，提供各單位參考運用。

(一)低風險站台(機房)：採低成本策略，積極改善避雷接地措施，避免直接雷擊所造成的損害，並俟預算狀況逐步籌設離子式避雷針或突波保護裝置。

(二)中風險站台(機房)：採中成本策略，除積極改善避雷接地外，建案增設離子式避雷針(帶)暨突波保護裝置，並俟預算逐步籌設突波吸收裝置。

(三)高風險站台(機房)：採高成本策略，除避雷接地、離子式避雷針暨突波保護裝置外，加裝突波吸收裝置。

二、全面檢討現有防雷器規格

突波保護裝置之規格(如反應時間、吸收容量等)、適用範圍(如電力線、訊號線等)等因素，直接影響突波保護裝置是否可有效運作且即時將突波隔絕於裝備之外，間接也影響各通資站台(機房)遭雷擊時裝備是否能保持妥善，建議應全

面重新檢視暨妥採精進作為。至於需檢視避雷器哪些項目以判斷是否符合需求，提供以下五項參考建議俾利各單位運用。

(一)避雷器吸收容量是否不足

經研析並統計台電公司電子綜合研究所暨 IEEE 網站相關雷擊討論資料，直擊雷的等級與發生的機率如表二所示，電流突波從強度大於 200 仟安培分佈至小於 10 仟安培，發生機率由 1%至 28%，其中電流突波強度從 10 仟安培至 50 仟安培發生機率約佔 81%。經統計雷擊突波電流平均值約 33 仟安培，因此避雷器至少要能承受平均值之上的雷擊電流方可降低裝備因雷擊所造成的損壞機率。當然，能承受的雷擊電流愈高愈能降低裝備損害風險，畢竟電流突波強度等級大於 40 仟安培的發生機率高達 25%。

表二 直擊雷的等級及發生機率

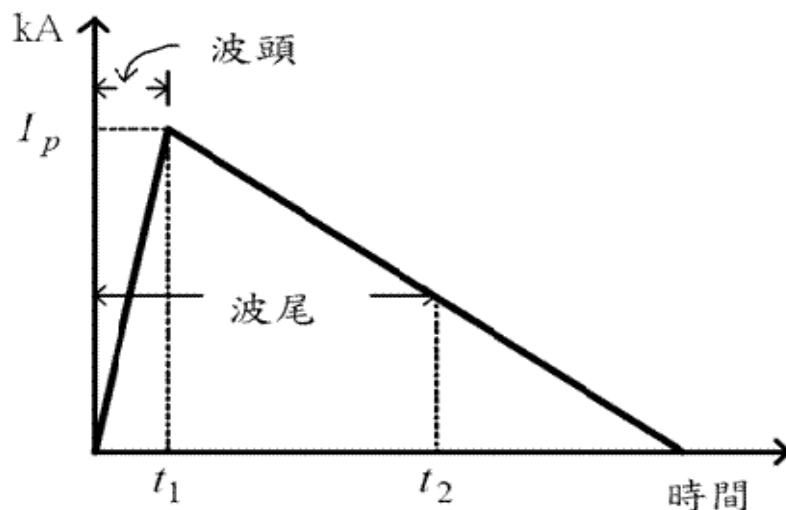
等 級	發 生 機 率
<10 仟安培	5%
10~20 仟安培	24%
20~30 仟安培	28%
30~40 仟安培	18%
40~50 仟安培	11%
50~60 仟安培	5%
60~70 仟安培	3%
70~80 仟安培	2%
80~90 仟安培	1%
90~100 仟安培	1%
100~200 仟安培	1%
>200 仟安培	1%

(資料來源：作者整理台電公司電子綜合研究所暨 IEEE 網站相關雷擊討論資料)

(二)避雷器反應時間是否太慢

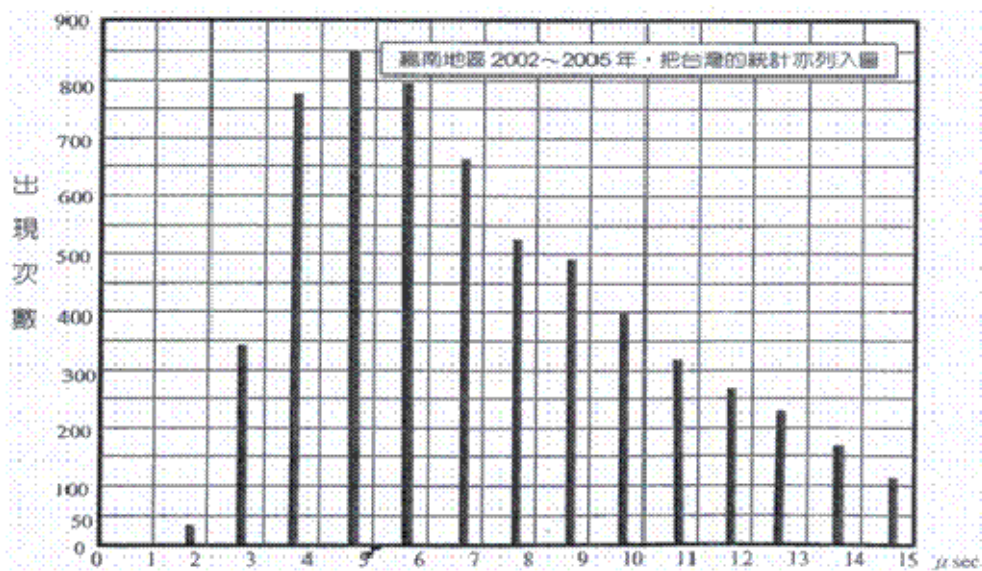
雷擊突波之波形經測量統計，波頭之上昇時間通常在幾個 μs (微秒； 10^{-6} 秒)以下，波尾則可以持續至數毫秒(ms)。以圖十中三角波為例，雷擊電流的三個重要參數為電流峰值(I_p)、達到峰值之時間(t_1)及衰減至 $0.5I_p$ 的時間(t_2)， t_1

時間又稱為波頭， t_2 時間稱為波尾⁴。圖十一為台電公司針對台灣嘉南地區雷電流波頭長統計資料，從圖中可看出，若欲防範所有雷擊突波，則避雷器的反應時間必須小於 2 微秒。當然，各單位也可依據不同的風險忍受度或預算選擇採購具較高反應時間的避雷器。



圖十 雷擊突波波型圖

(資料來源：賴明宏，〈多地網大型接地系統雷擊特性研究〉，私立中原大學電機工程學系論文，民國 85 年 6 月，頁 21。)



圖十一 台灣嘉南地區雷電流波頭長統計

(資料來源：作者整理台電公司電子綜合研究所網站資料)

(三) 避雷器防護方式是否恰當

前已談及雷擊電流(電壓)入侵的逕路、避雷器的吸收容量、反應時間等因

⁴ 賴明宏，〈多地網大型接地系統雷擊特性研究〉，私立中原大學電機工程學系論文，85 年 6 月。

素，因此避雷器裝設位置是否依建物內之電源及裝備配置而量身訂作，直接影響避雷器的防護效益。因此檢討購置避雷防護器前，必須勘查裝設場所，釐清電力線、信號線及接地線之路徑，評估相關風險因素後，再予以妥適配置。

(四)避雷器是否有實際測試及相關認證

避雷器的品質與效益直接影響設備遭雷擊突波竄入時的安全防護，因此檢查避雷器是否經過連續雷擊的測試，並注意其雷擊的能量、波形及次數乃變得十分重要且必要。譬如檢查避雷器是否有合格安全認證和規範(如 CE、UL1449 3rd Edition、NEMA LS -1、台灣電力驗證、ANSI/IEEE C62.41、NFC17-102 等)，檢測項目應包含漏電流、溫昇、耐壓、突波抑制、電壓特性、異常電壓之電流特性、接地阻抗、零件失效模擬、應力釋放、機械特性等。

(五)避雷器是否有特殊安全設計

當雷擊能量過大或市電上升超過一定時間，仍會破壞避雷器而造成內部元件短路，此時若無特殊安全設計將有問題線路形成開路而分離，下次雷擊將可能導致火災或爆炸。

三、強化早期預警機制

培養站台(機房)人員之「觀雷」與「先期處置」之能力與觀念，以防處於機先，以下為本部訓練各類站台(機房)人員執行觀雷之基本作法，提供各單位參考運用。

(一)掌握氣象資訊

由中央氣象局及國軍氣象中心掌握天氣預報資訊，或由空軍氣象聯隊雷電偵測顯示系統早期獲得預警資訊。

(二)觀測旱雷發生的可能性

藉由目視範圍內是否有看見閃光？聽覺範圍內是否有聽見雷聲？來判斷是否發生旱雷現象。

(三)觀測雷雨發生的可能性

藉由目視範圍內是否有看見閃光、下雨？聽覺範圍內是否有聽見雷聲？觀測空中是否有積雨雲？雲底是否呈現黑色內凹狀？來判斷是否將發生雷雨現象。

(四)備便因應措施

依據標準作業程序檢視並備變電池暨發電機。

(五)遵循機制回報

循指揮暨業務管制機制回報，候令實施因應措施。

四、檢討裝設雷電偵測裝置

利用電場偵測器偵測大氣層電場，並由電場變化判斷電擊發生機率，主動提出警告，避免人為疏失影響觀測結果或延誤通報時效，俾利爭取更多因應時間。

結論

裝備因間接雷擊（感應雷）造成損壞的機率高達 95%。因此依不同安全需求籌建不同等級的突波保護器，可降低雷擊對裝備的損害。而以具突波吸收設備「吸收」竄入之突波，為新型態之防雷方式，對雷擊高風險站台(機房)應能發揮防雷效果。本論文僅就個人工作經驗，並蒐整相關資訊研究探討，俾提供通資人員執行雷擊防護或電子脈衝防護任務參考。

參考資料

- 一、台電公司電力綜合研究所網站，<http://www.taipower.com.tw>。
- 二、IEEE 網站，<http://www.ieee.org/portal/site>。
- 三、IEEE 台灣網站，<http://www.ieee.tw>。