

# 通訊設備避雷保護措施

## PROTECTING COMMUNICATION EQUIPMENT FROM LIGHTNING

第三處：游飛龍

關鍵字：突波吸收器、接地系統、過電壓保護器、電壓駐波比、耦合

Keywords：arrester、grounding system、OVPD、VSWR、coupling

摘要：台灣地處亞熱帶，為落雷頻繁地區，因此有必要針對通訊設備做必要的保護，以避免通訊設備直接或間接遭雷電破壞的情形發生。本文將介紹雷電流特性及其破壞、干擾途徑，並據此討論如何利用避雷針、接地系統、突波吸收器、不斷電系統等設備及措施，來保障人身安全及保護設備。

**Abstract:** Since Taiwan is located in the subtropics, where lightens frequently. Protecting communication equipment from direct or indirect destroyed by lightning is necessary. This article will introduce the characteristics of the lightning current and its destroying and interfering path, and discuss accordingly how to use lightning rods, grounding systems, surge protectors and UPS etc. to protect men and equipment.

### 一、前言

由於半導體技術的進步，導致現代電子設備的體積愈做愈小，且功能越來越多，而人類也更加的依賴這些設備，因此對於這些設備的保護也更加的重要了。

電子設備的損壞除操作失當及設備本身所引起的故障外，最常見到的因素則是外在的突波所引起。突波一般又稱為暫態高電壓，產生的因素大致有兩種：第一種為開關切換或瞬間啟動高負載所引起，另一種則為雷電產生，也就是雷突波。前者經由設備電源端做必要的保護及抑制則可避免其所引起的故障；而後者由於影響之途徑較為複雜，因此保護措施也相對的較為多樣。

本文將針對雷電對通訊電子設備所造成的影響及保護措施分別提出說明。

### 二、突波對設備之影響

在固態元件尚未使用前，大部分的交流電力設備對於突波並不是很敏感，然而如今，半導體工業的發達，導致電子、電機設備普遍採用固態電子元件，以達成功能多、體積小的目的，也由於這些固態元件對訊號較靈敏，且不耐高電壓，故電子設備極易受到突波之影響，而導致設備的破壞。表一為常用零組件承受能量參考值。

突波對設備的損壞可區分為三個等級，第一個等級為重大損害，可引起永久性

破壞，肉眼可察覺，需立即更換零組件。第二個等級為輕微故障，為設備性能的降低，會引起設備的短暫故障，及暫時的資料流失。第三等級為潛在故障，在這個等級，設備元件已劣化，但是維修人員及使用者並無法適時察覺，而使其所可能造成的損壞無法預期。

### 三、雷突波影響途徑

兩帶電雲層或帶電雲層與地面間的放電現象，稱為閃電（或稱雷電）。至於帶電雲層（或稱雷雲）如何產生，在科學上並未有完全的定論。

當兩帶電雲層或帶電雲層與地面間的電場高達 10 kV/cm, 則將造成附近的空氣游離，並進而發生雷擊放電，產生閃電現象。閃電所帶來的瞬間突波電流有 50% 超過 18kA，約有 10% 的電流超過 65kA，1% 的電流超過 140kA，至於有紀錄的最大電流則為 400kA【1】，如圖一所示。

雷電對設備產生的影響途徑可分為兩種，一為直接雷擊，直接雷擊通常發生在戶外的設備，例如無線電天線鐵塔、閉路電視系統之攝影機、有線電視之強波器等電子設備，或是直接擊中輸電設備及線路（高、低電壓線路或訊號線）。

二為間接影響，也就是雷雲放電產生的電磁場所造成的影響，間接影響之途徑又可分為三種，即電阻性、電感性、電容性三種影響，如圖二所示。

若雷擊至某地或遠端設備，藉由傳輸線或大地，將雷突波傳導至其他設備，就是電阻性耦合效應，之所以會引起電阻性耦合的主要原因是兩相鄰之地間，有電位差產生。

若設備（傳輸線、訊號線或電子設備）經由電感耦合到雷電流，則稱為電感性耦合效應。

另與地隔絕之長距離傳輸線有可能經由電容效應感應到雷雲電場，而得到靜電高電壓，若末端設備絕緣無法承受此電壓，則設備將損害，此為電容性耦合效應。因此，根據以上所述，雷突波干擾路徑可歸納以下幾種：

- （一）從避雷設備
- （二）從接地系統
- （三）從電源線
- （四）從電磁波干擾（或電場，或磁場）
- （五）從訊號線

因此，要防止雷電對設備的損害，就須根據上述的可能影響途徑，採取有效的保護措施。

### 四、電子設備避雷保護措施

電子設備避雷保護，基本上應分為基本設施之保護，及系統設計考量兩方面來討論。其中基本設施包括避雷針之安裝及接地系統之設計，目的是避免直接雷擊，至於系統設計考量則是避免經由電阻性耦合、電感性耦合、電容性耦合所產生的雷

突波的破壞、傳導，而最有用的方式是安裝適當的突波吸收器，並輔以其他必要的設計考量。以下將分別說明：

### (一) 安裝避雷針

設備設置於戶外高處或空曠處，應安裝避雷針，以避免設備遭受到直接雷擊。安裝避雷針的目的並非避雷，而是為了控制雷電流路徑，以保護設備以及保障人員的安全，避免雷電流任意流竄來危害人體及設備。因此，避雷針除依法規設置外，尚須特別注意以下各點：

- 1、避雷引線不應安裝於鐵管內以避免增加電磁阻抗，若需放置於鐵管內，則須將鐵管開槽。
- 2、避雷導線應以離接地系統最近的方式佈設接地，避免繞線，以降低發生閃絡的機率。
- 3、避雷系統的接地是為了提供雷擊電流洩放的電路，故應避免距離電子設備太近，以防止干擾。

### (二) 妥善設計接地系統：

接地的主要目的是保障人員安全、保護設備安全及降低雜訊。而接地系統依所連接之設備可分為：避雷接地、電力系統接地及弱電接地等。避雷系統的接地是為了提供雷擊電流洩放的電路，而電力系統接地則是為了系統的安全及保護人身以避免感電。弱電接地一般並非為了安全，而是為了取得共同的參考電位，此與電力系統接地（安全接地）並不一致。

至於是否需將所有的接地系統連結在一起，則是一個相當令人困擾的問題。有些國家法規建議，應將避雷接地、電力系統接地、弱電系統接地等全部連結在一起，以避免電阻性耦合所產生的步間和接觸電位（step and touch potentials），危害人體及破壞設備。

然而卻有些專家主張，不同目的的接地應分開設置，以避免互相影響，產生不必要的雜訊干擾。台北捷運系統之接地設計就是採用分離接地系統方式，而非單一接地系統，針對不同系統之需求，接地系統分為電力系統接地、弱電接地、避雷接地三種，其中系統接地之接地電阻為  $1\ \Omega$ ，而弱電接地為  $4\ \Omega$ ，至於避雷接地則為  $10\ \Omega$ 。然而，為避免不同的接地系統所產生的瞬間步間和接觸電位，造成人身觸電及設備之破壞，故在系統接地與弱電接地間安裝過電壓保護器。此過電壓保護器若察覺兩接地間之電位差超過某一設定值（約 100 伏特），則設備啟動，提供一低電阻路徑，使兩接地系統成同一電位。

### (三) 系統整體考量

- 1、設備佈設電纜時，應遠離避雷導線，以避免受到電磁耦合感應。
- 2、設備盡量不要安置在頂樓、牆邊，以避免受到雷電閃絡的影響。
- 3、若必須跨區域傳輸則可考慮使用光纖做為傳輸媒介。光纜透過玻璃纖維

束，以光來傳遞資料，而非電子訊號，故不會受到雷突波之干擾，亦不會傳遞雷突波。而且以光纜傳輸資料，傳送的距離可以比銅纜傳輸更遠，品質更好，且更具保密性。

- 4、安裝不斷電系統可避免發生雷擊事件時，所導致的電力中斷。
- 5、傳輸線應選用具有遮蔽層的纜線，且遮蔽層需適當的接地，內部心線則使用絞線，以降低雜訊干擾。
- 6、設備安裝金屬屏蔽，以隔絕電磁波干擾。

#### (四) 安裝突波吸收器

突波吸收器之目的是將經由電源線或訊號線等途徑所傳導的雷突波，經由此設備而將其消耗或導引至接地系統，以避免破壞通訊設備。原則上由戶外進入室內，或將連接至戶外之電纜線（電源線或訊號線），都需安裝。下節將針對突波吸收器作詳細說明。

### 五、突波吸收器

突波吸收器之目的是將突波消耗或導引至接地系統以避免破壞通訊設備。適當的使用突波吸收器可降低設備的損壞及相對的維修費用。突波吸收器所使用之方式可分為串聯、並聯及串併聯。常用之元件有下列幾種：

- (一) Gas Tubes
- (二) MOV's
- (三) Zeners
- (四) Four-layer semiconductors
- (五) SCR's
- (六) SAS (或 SAD)
- (七) LC 元件
- (八) 以上元件之複合體

以上元件特性各有優缺點，應依設置地點、裝置成本、被保護設備、保護等級等因素綜合考量。在選購突波吸收器方面，根據 IEEE C62.41 - 1991 的建議【6】，依設備所在的位置來決定突波吸收器的額定承受等級，如表二，考慮因素有：雷暴露區等級（分為高、中、低三區）及設置區域，其中設置區域分為三區域（如圖三）：

C 區：電桿至主配電盤、戶外建築物、架空線、戶外設備

B 區：饋電區、距 C 區 20 公尺以內之分配電盤及設備

A 區：距 B 區 10 公尺以上之電源插座、距 C 區 20 公尺以上之電源插座

由於 C 區最有可能承受最大突波的區域，因此其耐突波等級當然是最高的，至於後端之區域（B 區、A 區），由於分流之效應，其耐突波等級是比 C 區還小。

除上述之耐突波等級外，選購突波吸收器尚須考量以下之因素：

- (一) 工作電壓
- (二) 洩漏電流

- (三) 電流額定
- (四) 串聯阻抗
- (五) 並聯電容
- (六) 頻寬
- (七) 電壓駐波比

對於不同的被保護設備而言，其適用之選擇因素，應有不同，選擇因素請參考表三。另外，在實際安裝時，應注意突波吸收器之引線越短越好，以避免產生過大的壓差，降低保護效果，且突波吸收器之輸入線與輸出線盡量分開，不得並排一起，以避免感應雜訊。

## 六、常用通訊設備避雷注意事項

### (一) 不斷電系統

不斷電系統具有改善電壓波形、提昇供電品質，且避免瞬間斷電等諸多功能，然而大部分不斷電系統所安裝之突波吸收器之等級並不太高，一般為電感電容元件所組成，其功能除濾除較小突波、雜訊外，也可避免因不斷電系統內固態電子元件所產生的諧波回灌至原供電系統。因此，若處於高落雷區，則建議安裝突波吸收器以確保不斷電系統設備之安全。

若不斷電系統用於重要的電腦系統，則可採用智慧型在線式 ( on-line ) 不斷電系統 ( 並具有自動旁路開關及手動維修旁路開關 )，除於電壓輸入端安裝突波吸收器外，亦於電壓輸出端與負載端間再加裝突波吸收器，以避免不斷電系統遭雷突波破壞後，啟動旁路開關，引起開關切換形式的突波，導致後端設備損壞。

### (二) 閉路電視系統

門禁防闖 ( 保全 ) 常使用閉路電視系統，尤其攝影機常安裝於戶外高點，以求得較為寬廣的視野，也因此較容易遭到雷擊，並進而透過電源線 ( 包括接地線 ) 及視訊線 ( 控制線及同軸電纜 ) 等將雷突波導引至設備。因此，若將攝影機置於建築物外牆邊，則應確定攝影機是在建築物本身的防雷保護線內 ( 約  $45^\circ$  內 )，若是使用攝影專用桿則需加裝避雷針，惟避雷針引線與電源線及視訊線等需保持相當的距離，以避免雷電流經由避雷針導引線感應至 ( 或直接擊穿至 ) 電源線及視訊線，一般距離至少 12"，尤其應避免在同一個管線內。一般安裝方式請參考圖四【1】。

戶外攝影機一般是使用鎧裝 75 同軸電纜，因此，電纜從桿頂拉至地面時可考慮先將鎧裝金屬就近接地，之後進入建築物時需再安裝突波吸收器，以將感應突波於進入設備前先行吸收。選擇突波吸收器需注意阻抗的匹配、接頭形式，以及鎧裝金屬與接地層間的連接等細節。

### (三) 電話系統

大、中型公司通常會裝置交換機，而線路是由電信公司的電信機房拉線至此交換機。電話線通常接至配線架上，以方便連接配線及跳線等接線事宜。為避免由外

線引雷突波進入交換機，必須在配線架上安裝突波吸收器。

配線架之上突波吸收器一般又稱為過電壓/過電流保護器，為三端元件，圖五為典型內部架構，此突波吸收器對於正常訊號是不影響的，然而瞬間高電壓突波將造成氣隙內之空氣游離，形成一個低阻抗路徑，將突波導至地極，直到訊號端電壓恢復正常。若為過電流突波，則將使熱阻器之電阻增加，變為高阻器，以降低電流或阻隔電流。若氣隙管啟動，且過電壓一直持續（例如：直接併入電源端），則過熱保護器將啟動導通，以保護後端設備。

#### （四）光纖

由於光纖是利用光做為傳輸媒介，而非利用電子訊號，故不會受到突波的干擾，惟應該注意的有兩點：

- 1、電子轉換為光信號（或光轉換為電子信號）之元件也有可能受到突波的影響，
- 2、通常廣域寬頻傳輸之光纖，常使用鎧裝型式，以避免外力破壞，因此，突波有可能藉由被覆金屬傳遞，傳導至設備端，故需在末端做適當的處理，以防止雷擊。

光纖之被覆金屬於進入建築物前可後折而不隨光芯進入屋內，則可降低雷突波導入設備的可能，惟若需進入建築物則需將光纖之兩端被覆金屬以最短及最適當之方式接地（亦可在被覆金屬上安裝突波吸收器），以避免雷突波藉由被覆金屬跳竄至其他設備，導致光纖之損毀及其他設備之損壞。惟維修時亦應注意在戶外之鎧裝光纖的絕緣被覆是否有雷電擊穿現象，因為雷電流有可能藉由被覆金屬進出，而使被覆破壞，引起水氣入侵，導致內部光芯劣壞。

有關光纖之避雷保護可參考 ITU CCITT IX K25 之建議 [2]。

#### （五）區域網路

區域網路（LAN）是由數個地理位置上彼此相近的電腦連結而成。建立網路的目的，則是希望能夠以可控制的方式，分享網路上的各項資源（包括硬體資源及軟體資源）。

在區域網路的架構下，不管是主從架構或是對等架構，大部分的電腦及伺服器都是並接在一起的，也就是透過相同的傳輸媒介，來存取資料，這意味著，若有一突波在某地出現，則可沿著銅纜線傳播，擴大損害範圍，進而導致網路的癱瘓。而就區域網路的電腦設備保護而言，除電源端的保護措施外，亦應針對區域網路之特性加重考量。在選購突波吸收器的規格時，需特別注意接頭形式（實體相容性）阻抗匹配、衰減值、反射損失、頻寬等重要因素，而這些考量是基於在保護設備的原則下，又不影響訊號的傳輸品質。

#### （六）無線電天線鐵塔

天線鐵塔之防治雷突波與戶外攝影機類似，惟無線電鐵塔為求得較廣之無線電

涵蓋區，都設置於較廣闊或較高處，理想地點通常選擇在高山上，因此，無線電鐵塔比一般設備更需要避雷保護，針對鐵塔接地避雷安裝可參考圖六所示【1】。

## 七、結論

基本上，避雷應區分為兩部分，一為外在避雷，另一為內在避雷，外在避雷的目的是避免直接雷擊，並控制雷電流路徑，迅速將雷電流引導至大地，這需依賴良好的避雷及接地設計。至於內在避雷最主要的目的是避免雷突波直接破壞設備，而最有效的方式就是安裝突波吸收器。

台北捷運之通訊系統技術規範【5】，對於突波之防制有許多相關措施規定，除無線電天線及機廠戶外攝影機需有避雷設備外，亦規定軌旁設備或經軌旁之電纜線需安裝突波吸收器，以防制電聯車行駛所引起的電磁雜訊及軌旁高壓電纜所可能引起的感應電壓突波。除此之外，亦規定在電力系統接地及弱電接地系統間安裝過電壓保護器，以消弭可能產生之電位。

綜上所述，台北捷運之通訊設備對於避雷保護及突波之防制，已經透過規範，落實於實際之設計及安裝，而能提供一個安全又可靠的系統。

## 八、參考資料：

- 1、 Roger R.Block, *"The Grounds for Lightning and EMP Protection."*, PolyPhaser Corporation.
- 2、 ITU CCITT IX K25, *"Lightning Protection of Optical Fibre Cables."*
- 3、 *"Earthing & Lightning Protection."*, W.J. Furse & Co. Ltd.
- 4、 *"Electronic Systems Protection Handbook."*, W.J. Furse & Co. Ltd.
- 5、 *"CD315 通訊系統特別技術規範"*, 台北市政府捷運局
- 6、 IEEE C62.41, *"Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits."*

