

雷擊突波之電磁干擾防治對策

經濟部標準檢驗局台南分局 技正 林昆平

摘要

台灣在東南亞算是落雷頻繁的地區，因此許多文章對雷的特性，早已探討過。本文針對各文獻加以整理，並分享筆者任職於泰興工程導雷接地網的設計經驗，從雷的生成特性、雷如何經由接地網與輸電線耦合至配電系統、配電系統如何防堵雷擊突波的電磁干擾、目前有那些先進的導雷系統、以及雷擊時的注意事項，多所著墨，希望建立讀者一完整的觀念。

一、前言

台灣位居亞熱帶，西南氣團對流旺盛，發生雷雨機率非常高，其中以台北、宜蘭北部、竹南、苗栗、台中、嘉義、台南與高屏南部山區為主要落雷區，落雷密度則以嘉義、台南山區與雲林縣較高，在整個東南亞算是高落雷區。目前全世界每天約有 44000 次雷暴，每年有 1000 人遭雷擊傷亡，在美國甚至造成數億美元的財物損失；另百分之七十以上無法解釋的電子設備破壞，肇因於雷擊突波，就有人發現，距離建築物五百公尺外之雷電，可使建築物內部通信電腦等精密電子設備燒毀，究其因是藉由建築物接地系統、金屬導線及與導體間的電容效應，進行電磁耦合，分別在電力線、電信線及接地系統上建立暫態突波電壓(電磁脈衝)，侵入建築物內，危及電子設備，可以說是電磁相容領域(EMC)中一個很頭痛的問題，因此本文從雷的特性、雷擊突波干擾途徑、及避雷策略逐一談起，並對埋設在建築物地基下的排雷接地網有所著墨，相信能讓讀者對「雷擊」有進一步的認知與自我防護知識。

二、雷的產生與電磁干擾[1][2][3]

2-1 雷的產生

春夏之交，大地溫度升高，海洋水氣大量上升形成雲氣，但高空溫度極低，雲內水氣凝聚成較重的雲並往下降，恰與上升的高溫雲氣產生對撞，水氣正負離子被分離並累積在雲內上下層，行成所謂的雷雨雲，待大量電離子累積一定程度後，開始有能力電離至地面間的空氣分子，並感應地表正負電荷至其附近集結，一旦空氣離子化範圍延伸至地面，即與地表電荷互應中和，將雲內電荷排放至地面，形成放電現象，先是發光，後有雷聲，此即為雷產生的原理。雷擊最大電流可達二十五萬安培，因此不管是直接擊中建築物或落雷產生間接感應，雷擊突波對人員及設備的危害，均應加以重視。

2-2 雷的電磁干擾

落雷電流約在 50KA~250KA 之間，其產生電磁干擾有三種方式，有必要進行了解。

(1)電阻耦合干擾

建築物的地基一般埋有接地網，接地網主要由接地棒、裸銅線組成並形成網狀結構，提供大樓內部設備接地引接使用，當雷電流由避雷針導入地面或直接雷擊地面時，由於大地土壤為一具導電率介質(電阻特性)，會產生電位湧升現象，透過接地網將電位傳送至電力及電信之接地幹線上，使接有地線的設備，遭雷擊感應突波侵襲(圖 1)。

(2) 電磁耦合干擾

雷擊電流會對附近導線體感應出突波脈衝電流，經由電力線、電信線進入建築物內部，導致電力設備燒毀並藉由變壓器傳送至低壓側，燒毀連接在其上的家電設備或電機電子資訊產品(圖 2)。

(3) 電容耦合干擾

雷雲電荷與各導體間，充斥著高濃度的電離空氣，恰好形成一電容效應，可將電荷耦合至導體上，產生突波電壓，傳送至屋內(圖 3)。

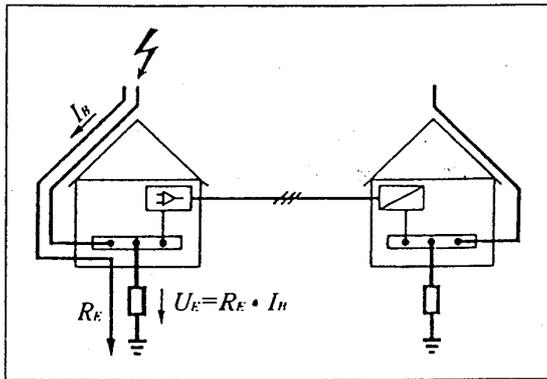


圖 1 電阻耦合干擾

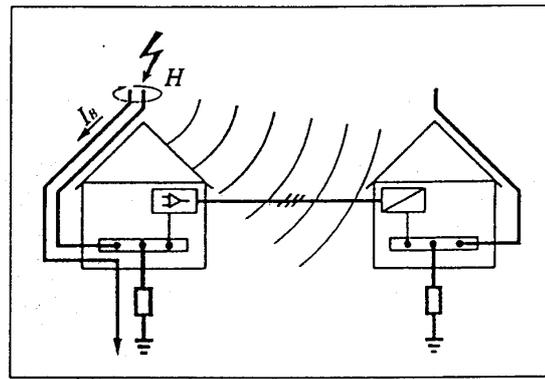


圖 2 電磁耦合干擾

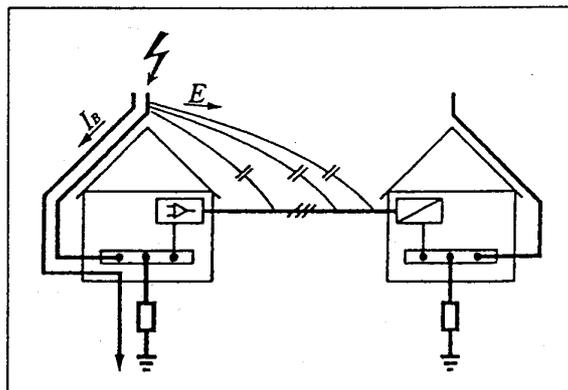


圖 3 電容耦合干擾

三、雷擊防護策略[4][5][6][7]

雷的防護對策可分為屋外與屋內，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經由電力線、電信線、接地線傳送至建築物內部，因此策略上，前者應採疏導，後者則採防堵，在避雷架構上當然不同。

3-1 建築物外部避雷策略

依建築技術規則，凡國內建築物之高度在 20M 以上或 3M 以上但從事危險商品製造，均需規劃避雷系統，裝設後可大大降低直接雷擊的危險(圖 4)。其架構主要由避雷針、裸銅線(接至地面的下導體)、接地棒所構成，但卻有下列缺點：

- (1) 傳統避雷針屬尖端誘雷放電結構，型式上為被動引雷。
- (2) 連接避雷針至地面的下導體，採裸銅線導雷，易發生跳火現象(火花)。
- (3) 建築物內部的避雷、電力、電信接地系統通常個別獨立接至地面，以防止彼此間產生洩漏電流的干擾；但雷擊發生時，雷擊電流經由避雷接地系統導至地面，

卻與電力及電信接地系統產生電位差，致使系統間的設備遭高電壓襲擊。

爲了改善上述缺點，這幾年外部避雷系統設計，已有嶄新的改進，圖 5 所示包括：

- (1) 避雷針代以主動誘雷避雷端子，利用其外部球體與內部被動電子元件結構，主動對雷發射電荷，以誘使雷電荷靠近，加以導引。
- (2) 下導體代以導雷電纜，利其特殊介電材料將雷電流局限在導體內，順利導至地面，防止跳火現象發生。
- (3) 避雷、電力、電信接地系統間，以暫態接地箝制器(TEC)互連， TEC 具備齊納半導體動作特性，平時斷路，各接地系統彼此獨立，一旦雷擊突波經過，TEC 電壓崩潰導通，各接地系統互連，形成等電位搭接，可有效防止接地系統間電位差的問題。
- (4) 土壤內埋設接地網並施予非水溶性導電水泥，提升土壤導電率，降低接地電阻，快速將雷擴散至土壤內，避免地面出現電位湧升(Ground Potential Rise)，危及地面人員。

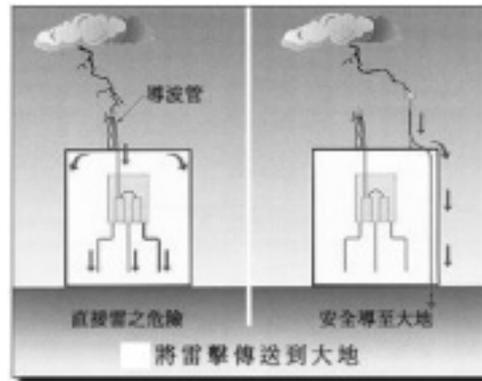


圖 4 裝設避雷系統前後比較

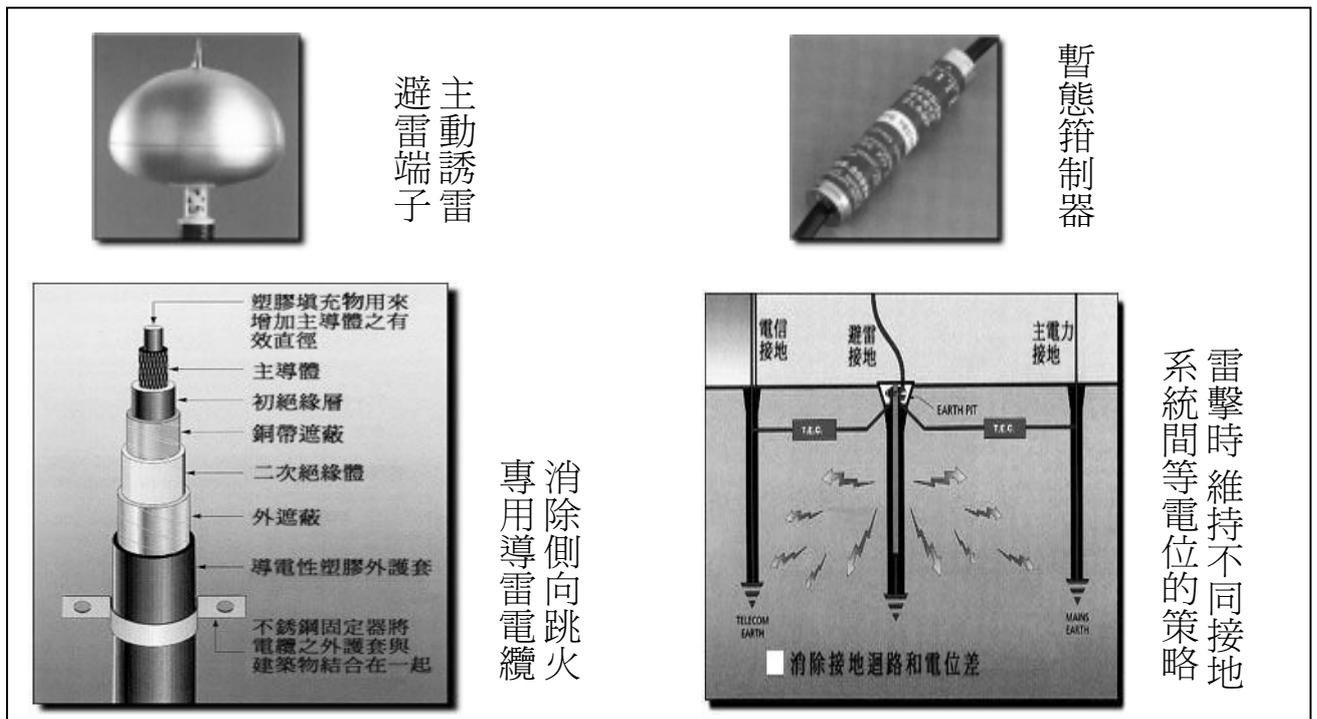


圖 5 新避雷系統構成要件

3-2 建築物內部雷擊突波防治

建築物內部雷擊突波防治，主要由避雷器及突波吸收器構成，前者屬前端保護，後者屬後衛保護，茲就兩種元件加以介紹。另依屋內配線規則，避雷器應設置於入戶高壓隔離開關之電源側，電源地下化且變電站設置屋外者，變壓器一次側需再加裝一組避雷器。

(1) 瓷製型避雷器 LA [圖 6]

利用特殊的『間隙結構』，平常開路並未導地，一旦突波電流經過避雷器並聯端，產生的突波電壓，使間隙放電導通，將突波電流導入地面。

(2) 氧化鋅避雷器 LA

為一半導體材質，類似齊納二極體特性且無間隙構造，平時不導通，一旦突波電流經過並聯端，產生的突波電壓，促使其電壓崩潰導通，突波電流順利導入地面，因具有較大的排雷能力，已成為目前市場主力。

(3) 突波吸收器 SA

單靠避雷器進行雷擊突波吸收，可能由於下列原因，造成排雷不良，故需進行後衛保護，突波吸收器自然應運而生，基本上它是一個大容量變阻器 (Varister)，具有類似非線性電阻特性，可持續承受高電流衝擊。

a. 避雷器容量不夠

無法完全排雷，造成部份雷擊突波滲入配電系統，經由變壓器傳送到低壓側，燒毀連接在電源上的低壓設備產品。

b. 接地網電阻設計太高

雷擊突波導入地面後，若建築物設計的接地系統電阻太高，便無法迅速排雷，此時地網電位湧升，將部份雷擊突波反射回來。

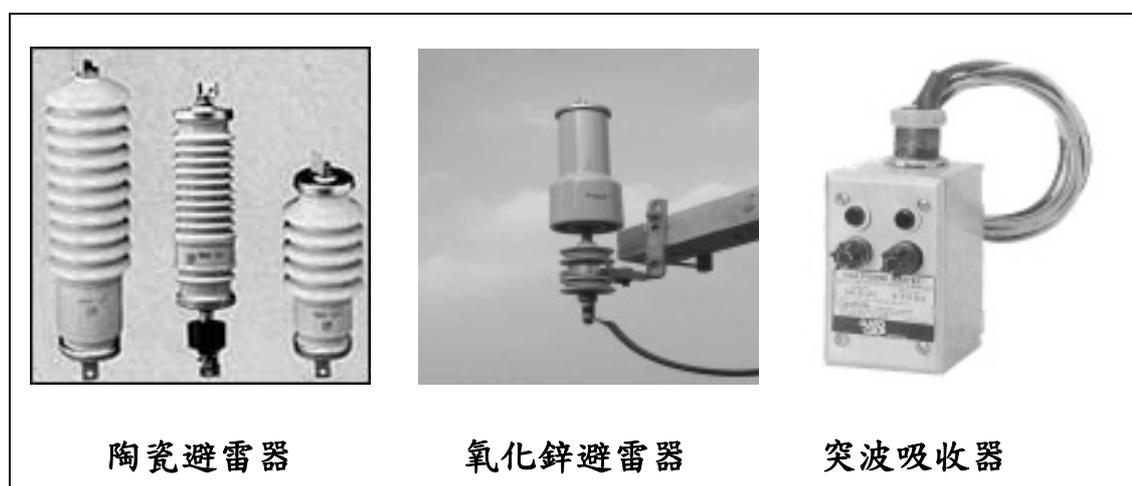


圖 6 建築物內部雷擊突波防治構件

四、接地網的重要性[8][9][10][11]

一般人對接地網可能有點陌生，但它卻是每棟建築物施工時必需先行埋設的，可提供建築物內部所有接地系統的引接，電力電器電信設備外殼再與接地系統連接，確實防止使用者觸電。老實講，大到電力設備，小到小家電，我們常以綠皮導線直接鎖在牆壁上或以 3 pin 插頭與插座內的接地系統搭接，有必要在地底下設置範圍如此廣大的地網

嗎？其實接地網主要功能並不在提供電力及電信接地系統的引接，而是提供迅速排雷用，因此其等效接地電阻要求特別低，將裸銅線交織成格子網並在其上熔焊接地棒，主要在建立一個比土壤更低的接地電阻，以達成快速排雷的效果，茲將接地網架構、目的、排雷特性，規納如下：

1. 接地網架構由下列構件組成(埋設約 1m 深) [圖 7]~[圖 11]
 - a. 接地棒規格:截面積 19mm^2 鋼包銅長 3m，熔焊在地網上。
 - b. 接地棒埋設間距: 一般需大於接地棒長度。
 - c. 接地母線: 150mm^2 、 200mm^2 、 250mm^2 之裸銅線編織成格子網。
 - d. 接地支線: 60mm^2 、 100mm^2 、 150mm^2 之裸銅線穿 PVC 管，與接地網搭接。
 - e. 接地井: 接地網四個角落設置接地井，其功能為測試整個接地網的接地電阻，並提供與其它接地網連結用。
2. 埋設接地網的目的
 - a. 電氣設備正常使用時，設備電源常向金屬外殼宣洩微弱的洩漏電流，設備若不提供其導地的途徑，容易形成電訊干擾。
 - b. 電氣設備發生異常故障，外殼容易帶電，接地可保障外殼電位為零，確保人員碰觸的安全。
 - c. 主要任務還是提供雷擊電流的宣洩管道。
3. 排雷時接地電阻沒設計好，會引發接地網面電壓浮升，造成上方人員的危險
 - a. 步間電壓(step voltage) : 人員雙腳間距 1m，兩腳間的地面電壓，造成雙腳電擊。
 - b. 接觸電壓(touch voltage): 人員一手接觸有接地的電機設備，雙腳位於接地網上頭的地面上，此兩點間電位差產生電擊。
 - c. 網心電壓(mesh voltage) : 人員一手接觸有接地的電機設備，雙腳位於任一網格中央上的地面，兩點間產生電擊。
 - d. 轉移電壓(transferred voltage): 人員不在接地網區域內，但手卻接觸來自接地網的接地線，產生電擊。

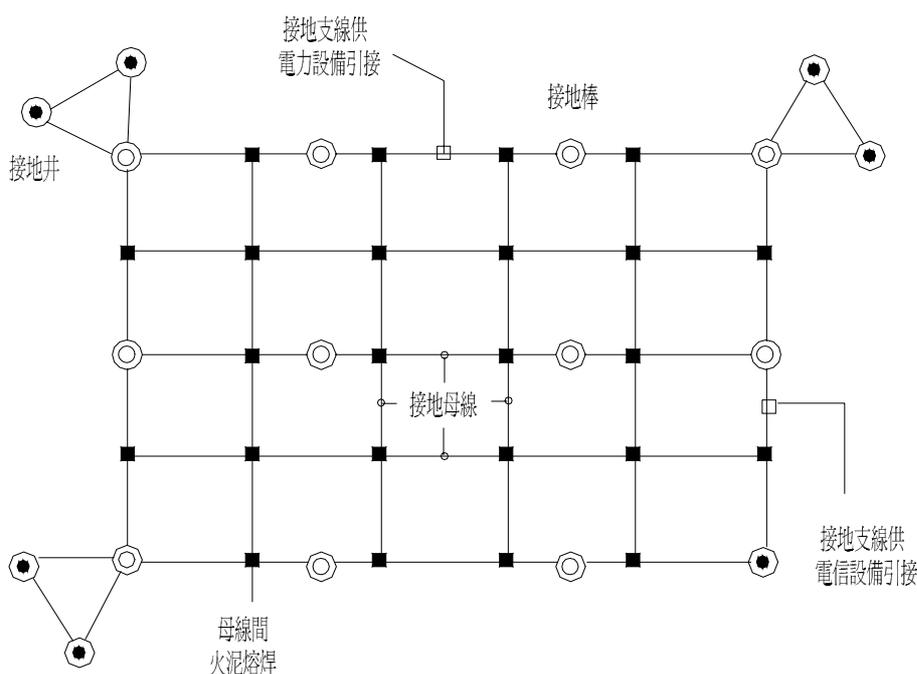


圖 7 埋在建築物下的接地網

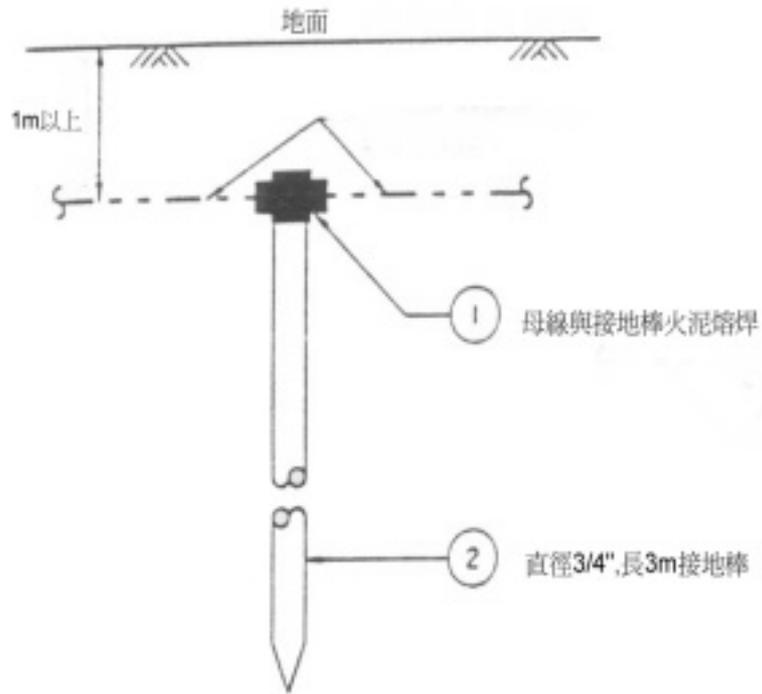
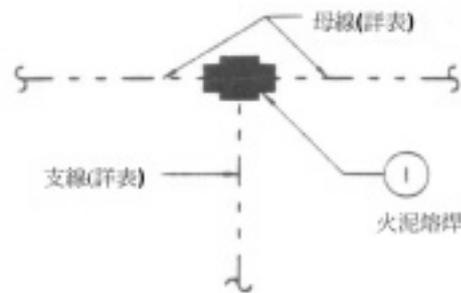


圖 8 接地棒



裸銅線規格 (mm ²)		型號	價目編號	火藥規格
母線	支線			
250	125	TAC-302V	C	*200
	100	TAC-3020	C	*150
	60	TAC-302G	C	*90
	38	TAC-30IV	C	*90
125	125	TAC-2V2V	C	*150
	100	TAC-2V20	C	*150
	38	TAC-3AIV	C	*90

圖 9 裸銅線交叉點的火泥熔焊

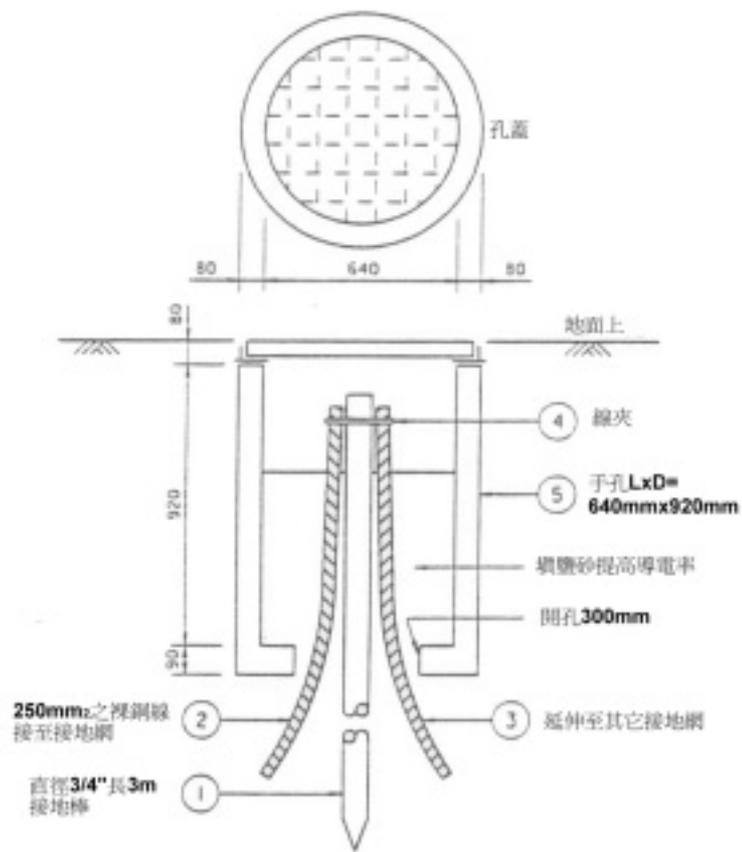


圖 10 接地井

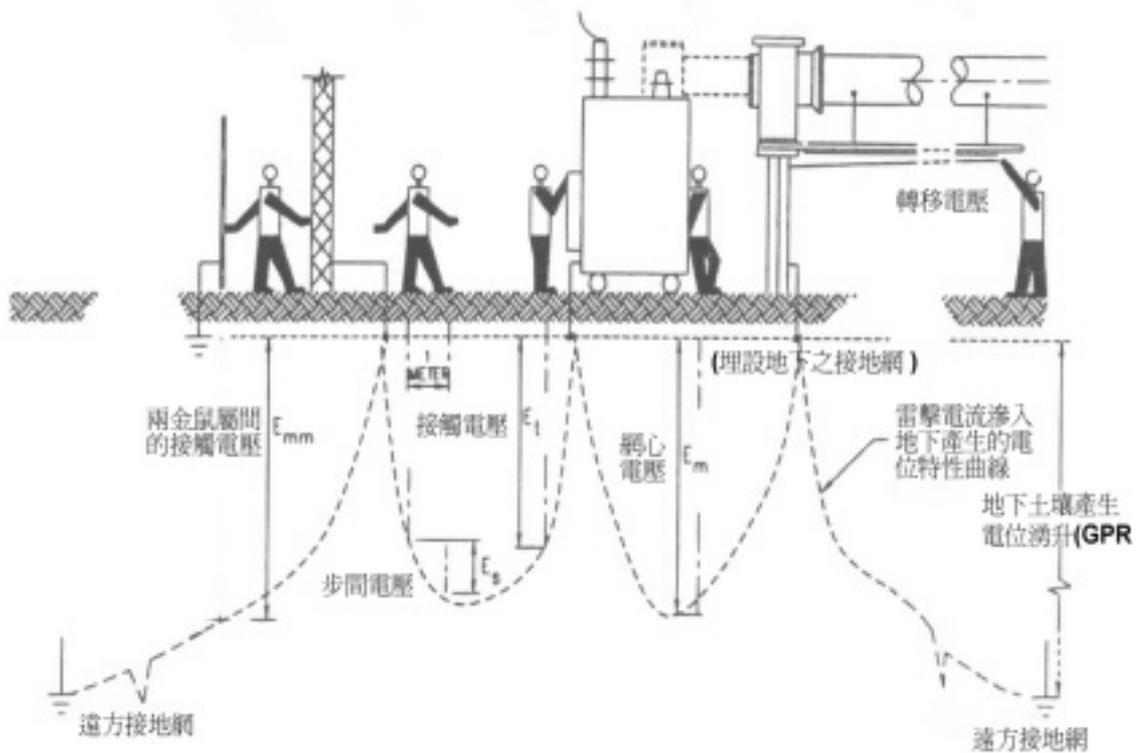


圖 11 接地網防雷衍生的土壤電位湧升特性

五、結論

本文讓讀者對雷的特性有充份的認知，雷如何藉由電磁干擾入侵建築物內部，也作詳盡的說明，並提供建築物內外部的防雷對策，尤其在描述建築物地基下的接地網架構，讓讀者了解平時沒注意到的防雷內函，絕對不是『雷過了無痕』，若你恰在建築物避雷系統附近，記得一打雷，避開步間電壓採金雞獨立(單腳站立)；避開接觸電壓、網心電壓、轉移電壓，則暫時不要接觸任何有接地的家電或設備，雖說遭雷擊中百萬分之一，中樂透頭彩五百萬分之一，但是每年照樣有人遭雷擊斃，每期照樣有人中頭彩，對雷應有戒懼才對。

六、參考文獻

- 1.梁志堅著,“雷擊分析與防護”,第 86 期電機技師期刊,APR,2001
- 2.張詩錦著,“雷保護及接地系統”,第 86 期電機技師期刊,APR,2001
- 3.Tim Williams, Keith Armstrong,“EMC for System and Installation” Newnes,2000
- 4.章任企業有限公司,“並聯型突波吸收器技術資料”
- 5.CNS 1246 避雷器
- 6.CNS 12872 避雷針
- 7.愛勞高科技公司,“半導體消雷針與避雷針的應用探討”,2001.
- 8.陳清巖著,“地網設計實務與模擬分析”,台電工程月刊第 655 期 92.3
- 9.Schwarz S.J,“analytical expression for resistance of grounging system”,AIEE Transactions on power apparatus and systems,vol.73 ,pp.1011-1016,aug,1954
- 10.IEEE Satd 80-2000,IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
- 11.集集有限公司,“接地系統的火泥熔接技術資料”