



南化水庫雷擊突波防治對策之研究

撰寫單位：第六區管理處南化給水廠

撰寫人員：工程師 賴建龍

撰寫日期：中華民國九十五年五月

目錄

一、研究動機及目的-----	1
二、突波的認識-----	1
三、接地工程-----	6
四、避雷觀念-----	10
五、南化水庫的經驗及對策-----	17
六、結論-----	27

一、研究動機及目的

隨著科技不斷的進步，我們的機電系統是越來越依賴電腦及精密的儀器設備，其好處是功能越來越強，你想要的它幾乎都可以幫你實現，但缺點就是功能太強一旦故障，其影響的層面就很廣泛，並且狀況的排除非一般人即可，非得求助於專業人員不可。而像電腦及精密儀器設備，其工作電壓都是幾伏特而已，其耐電壓能力與傳統粗壯的馬達相比，就顯得相當的脆弱而且不堪一擊，筆者服務於南化水庫已十年餘，歷年之維護經驗中因突波造成之修復佔大多數，除了增加本公司的維護成本之外，也增加現場維護及工作人員的工作量，故如何能有效降低突波侵襲所造成之破壞為本文研究之目的。

文章首先介紹相關的知識背景，讓讀者有一正確的突波防治觀念，最後再以南化水庫的實際經驗分享給各位讀者，希望能在工作上有所助益。

二、突波的認識

突波為一種異常電壓，一般可分為：雷擊突波過

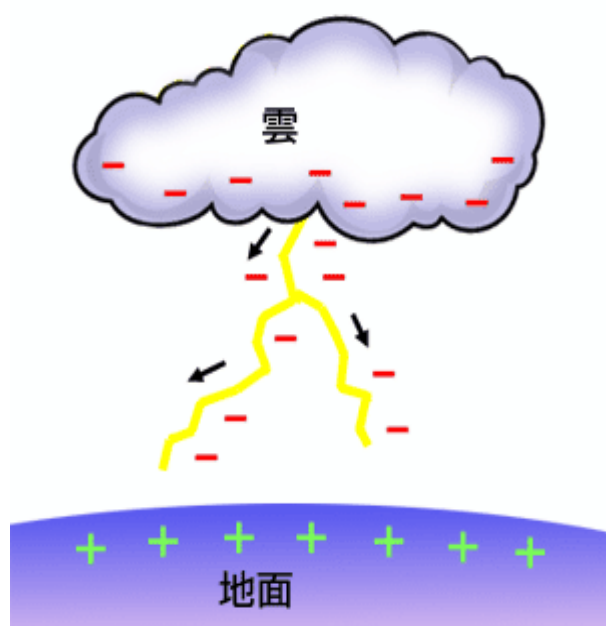
電壓 (lightning overvoltage)、開關突波過電壓 (switching overvoltage) 和短時過電壓 (temporary overvoltage)，其中又以雷擊突波過電壓最難精確預測，造成的破壞力也最大；台灣地區因處於亞熱帶，每年六、七、八、九月份雷雨日特別多，而南化水庫位於山區，幾乎午後都會有雷陣雨發生，因此在歷年的故障維護中，雷擊突波是最常發生的天然災害，故本文以雷擊突波為主要的研究對象。

雷擊突波的侵入主要是以逆閃落雷擊、直接雷擊和感應雷擊等三種途徑，一般逆閃落雷擊都發生在電力系統上，而水庫最主要是直接雷擊和感應雷擊，以下對大自然的雷電現象作一概略性的介紹。



雷電是大氣能量的傳遞活動，太陽熱輻射穿透大氣層到地面，地表溫度會漸暖和，當溫度達到臨界狀況時，熱在地面的傳導速度變慢，能量分子不能迅速的在地面附近流動，地表低層的大氣開始變得不穩定，氣流慢慢的會開始變成上下流

動，而在氣流上升期間，地表溼熱空氣會隨著傳送到高空較冷的大氣中，變成小水滴或結成冰，形成一團團白色的雲朵，此種現象若持續激烈的發生，當對流濕空氣到達一定高度時，雷雨發生的條件就如此形成。在整個形成過程中，如果雷雲與大地間電場強度到達約 3MV/m 時，開始產生電暈放電，此放電向下延伸一段距離後，由於雲中電荷的流散，電場強度減弱，放電現象會突然中止；此期間，雲中電荷繼續傳送到原放電尖端點的周圍空間，直到電場強度達到臨界值，電暈放電又開始繼續往下發生，在放電發生瞬間，因為大量電荷流通，通過的路徑會離子化和發光，一般所謂的前導（leader）



即指此現象。此前導重覆斷斷續續的往大地延伸，其路徑類似梯狀的往大地前進，因此稱之為梯狀前導，此種梯狀的行進路線，受到前導尖端

周圍電場環境的影響，每一階梯的進行方向並不一定，

由於雲跟大地有相當的一段距離，且兩區域間的電場強度並不很強，無法一次就直接完成兩地間的放電，必須借助梯狀前導多次的放電和充電往地表延伸，因此也就形成了閃電彎彎曲曲的現象，當然這些敘述的過程，在我們人類肉眼的觀察裡，可以形容是一瞬間。此外，由於數個電暈放電強光可能起源於雲中同一電荷團，每一強光都可以是一個前導，因此，多數的雷擊可以看到很多同一起源的閃光分歧，當雲中閃光前導逐漸接近地面，地表或其突出物如高層建築物、曠野大樹、高山以及輸電線等的感應電場會隨之漸增，在到達約 3MV/m 時，反極性電暈強光會由地表向上與雲中往下的前導互相結合，完成雲中與大地電荷的導通路徑，此時大量電流通過此通道，造成通道的發光和離子化。因為電流是由正極性到負極性，也就是由大地往雲的方向，此現象就被稱為回擊（return stroke）。回擊電流通常在 $20\sim 40\text{KA}$ 之間，但最大值可以達到 200KA 以上。通常某一前導強光完成回擊路徑後，同一路徑上的其它樹枝狀前導就不會同時有另一回擊現象的發生，但特定情況下也可能同時完成回擊路徑，此即所謂的分叉閃絡

(bifurcated flash)，然此種情況極少發生。

至於一般所謂的多重雷擊 (multistroke)，主要是因雷雨雲中電荷有不同的集結區，較強電場區域的電荷經過梯狀前導與大地回擊電流作用形成放電後，完成了第一次的所謂「主雷擊」，此時放電區的電荷大量流失，而在大量電荷流通瞬間，雲層與大地間閃絡路徑會瞬時離子化，形成一很好的導通路徑，此時鄰近雲區電荷很快的會被吸引往已放電的區域，循仍有良好導電性的原放電路徑作第二次的瞬間放電，此種現象連續的發生，即是所謂的「多重雷擊」。

多重雷擊中的每個單次電擊都是循著雲與大地間已高度離子化的同一路徑作連續性的瞬間雷擊，其中除了第一次的主雷擊在發生之前必需先有梯狀前導及地面的回擊完成閃絡動作外，其餘後續的各次雷擊則不需有前述的前導發展等先期動作，而是從雲中直接一次的閃絡到地面，通常所謂的“dart leader”就是指此種放電現象。在多重雷擊中，以主雷擊電流幅度最大，接續的雷電流幅度較小，而波前上升速率則是後者較快。根據 Anderson & Eriksson 的統計，大自然的雷擊中，

約有百分之五十是多重雷擊，而相鄰兩雷擊的時距約為30~50mS之間，間距期間的流通電流約為100安培，此電流幅度雖然不大，但如果長時間的流通，其累積能量亦是相當可觀的。

三、接地工程

接地工程主要目的在防止感電、靜電感應、電器設備損壞、提高系統可靠度及利用大地迴路等，而由其工程種類不同又分為系統接地、設備接地、避雷器接地、通訊系統接地、網路系統接地等。在上述接地工程中，如何有效接地為一重要課題，有效接地一般係指通往大地的傳導路徑，包括連續性、安培容量及低阻抗的設備接地導體三部份，其路徑則涵蓋了電路、設備及容納導體的管槽外殼等，除了有效接地外，另一個相當重要因素是要能持久性，由於大部分營建工程案尤其是建築工程之接地工程，必須在土建開挖完後筏基未施作前即要施作接地工程，待筏基施作完後要再更改或是修正接地工程，會增加很多困擾，因而接地工程粗看似乎很簡單，但如何達到效果並非想像中之容易，接地系統工

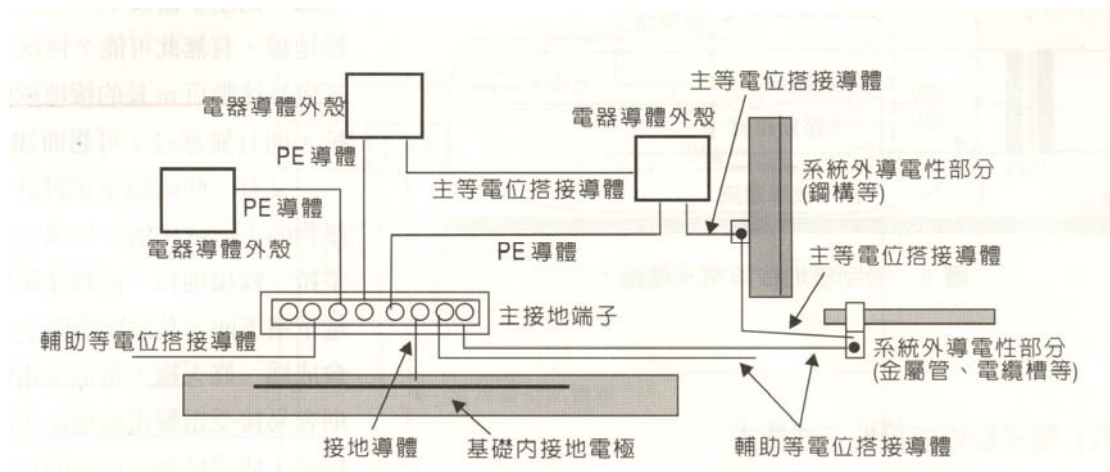
程於設計及施工階段尤須謹慎，尤其在施工階段，接地網或接地電極往往有一些施工瑕疵不易被發現，又因為接地網或接地電極必須覆土回填，此時，如果瑕疵處無法事先找到並予以修正，將造成缺失且無法為人知悉，進而影響接地品質。

以往大家都怕電子、通信、資訊等「弱電」設備之系統接地，與避雷等「強電」系統接地線間發生由於雷擊時的電流的干擾、破壞等。因此，都想將所有（尤其是電子設備）的接地必須與其他（尤其是與避雷措施等）的接地線間做到「徹底」分開。但現實上是做不到的。原因很簡單，在極有限的地皮中，如何做到各不相關的設備都需要很低的接地電阻能有幾處真正分開而呈互不相關的接地網？某些設計指針（code）中有規定，如要分開則需要隔離 30 公尺以上，而現實是如果要比照此指針要徹底分開是不容易做得到的。

以往對接地系統的要求是配合防止感電、作為電位的參考點、保護建築物本身結構等為主要目的。但是最近對接地的需求則因為近來各種電子設備的增加，各種干擾、雷破壞等障礙陸續出現，而需要更有效的雷保

護措施，為維持同電位以保護各內部間的故障與破壞、要求降低阻抗以及保持穩定的參考電位點等，必須做各接地間的協調，此即稱之為整合接地系統（integrated grounding system, integrated earthing system）。

在暫態情況下建立一接地等電位對人員和設備之安全而言是很重要的。一般而言，將建築物之避雷接地、電力設備接地、通信和電腦等接地分開是很普遍的，這種做法在正常運作之情況下是令人滿意的；但當雷擊或其它暫態電壓發生時，各分離的接地系統間產生電位差是不可避免的，這種電位差可能進入建築物，破壞室內設備或造成人員的傷亡，確實的過電壓保護是把可能會出現電位差的導體間以導體做等電位搭接（equipotential bonding）。等電位搭接時帶電位的導體部分（electrical active part）間要以過電壓保護器連接，以此維持於異常電壓發生期間亦可透過過電壓保護器之連接而維持導體間的同電位。



圖一 等電位塔接例

圖一是實施等電位搭接的一例。根據 IEC 60364-4-41，凡金屬瓦斯管、自來水管、排水管、資訊系統、通信系統、雷保護系統等都需要接在同一接地電極。不能說因為瓦斯管、油管裡面有可燃性、易爆性物質而似很危險就不敢接在一起。某些特別靈敏的設備、重要設備就不願意與所謂骯髒的設備（避雷系統）連接在一起，或拒絕把別的系統連在一起。

航空母艦上的所有電力、電子、通信設備，包括避雷設備的接地線等均接在船體，而船體是浮在海面上，即船上的所有設備的接地是連接在一起，且其對大地的接地電阻是 0Ω ；而空中飛機的所有設備，包括避雷設備的接地線等也都接在飛機的外殼，而飛機是在空中飛的，即飛機上的所有設備的接地是連接在一起，只

不過是飛機對大地的接地電阻是 $\infty \Omega$ 。不管是輪船或是飛機，兩者均是所有接地線都連接在一起而相安無事，接地電阻可為 0Ω 亦可為 $\infty \Omega$ ，當然也有介於兩者（ 0Ω 、 $\infty \Omega$ ）之接地電阻者；結論是將接地連接在一起求同電位化較降低接地電阻更為重要。設備儀器之所以會被雷電流傷害到是因為電位差的關係，「電位差」的觀念就如同我們水公司常用的「水壓」，壓差大到設備的極限當然就會從最脆弱的地方破壞掉，把能量釋放出去。

四、避雷觀念

當打雷時，往往機房內的電腦、電子設備會受到損壞，於是大家都會想到是「雷擊」所造成的，這時就必定要做有效的的避雷措施，而最常見的的避雷措施就是裝避雷針。其實避雷針的「避」字應該改為「引」字，即「引雷針」較為恰當，假如處理不慎，剛好就把「雷」引進屋內破壞重要的的電子設備。事實上，我們必須深入去探討到底雷電流是從哪裡來的？假如都是從天上直接打下來的，那事情就好辦多了，實際的情況並不是

這麼簡單；當我們瞭解到雷電流的侵襲途徑後，才能想辦法有效杜絕雷電流的入侵。

根據許多的文獻報告指出：「對電子設備而言，雷是從地下冒出來的，不是由天上打下來的」，因此為了避雷而一謂的裝設避雷針是無法解決雷害的，必須設法杜絕由地下冒出來的雷電流，始能保護屋內的電子儀器等設備，也就是必須要把雷電流入侵的路徑堵塞或在此路徑做適當的包括緩衝等阻擋防範措施，才是正確的避雷措施。只單純考慮加裝避雷針或是在電源、訊號的導線上加裝避雷器等就是做好了避雷措施，其實這是錯誤的觀念，並不是說完全無效，而是沒有全方位的檢討與規劃，破功的機率還是很大的；因為雷電流就像水一樣，是無孔不入的，只要有任意的路徑存在，它都不會放過的，有如洪水一般，找尋最脆弱的一方宣洩。

一般雷擊的種類可分為下列幾種：

1. 直接雷擊：

雷偶爾也有機會直接落在避雷針等經接地的建築物上，落雷路徑以及由於雷電流所造成電位上升如圖二所示，這時的大地電位上升 GPR 如下：

$GPR=I \times Re$ 式中：

I：雷電流

Re：接地電阻

GPR：接地電位上升（ground potential rise）

上式中，如雷電流很大時，則建築物周圍的電位上升會變得相當可觀，建築物內的電源測不會有落雷的大地電位上升問題（假設電源的中性接地點在很遠處）但此時由於建築物的電位上升了，原本同電位的屋內設備儀器（建築物電位）與電源接地線之間出現了電位差，能量夠大的話，就會把儀器設備破壞掉。

2. 附近雷擊的引進：

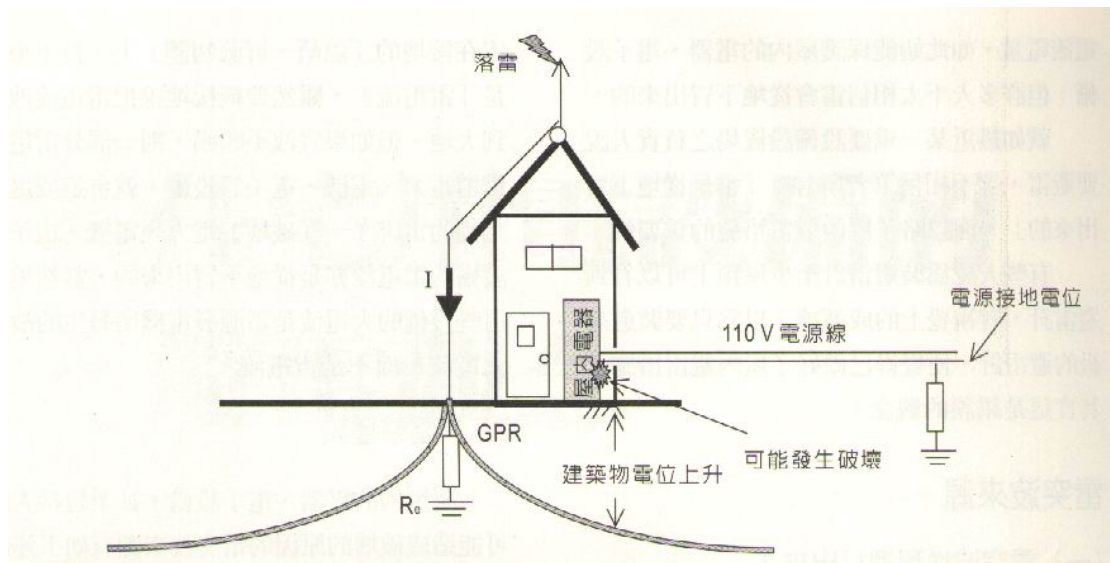
參考文獻資料所謂的「附近」是接近至 70 公尺以內的範圍都會發生，如圖三所示，大部分的雷不一定會落在建築物上的避雷針，但落在附近的樹木等物體亦會使建築物內設備儀器的電位提升，情況與第一項的直接雷擊一樣，會危害屋內的儀器設備。

3. 遠處雷擊的引進：

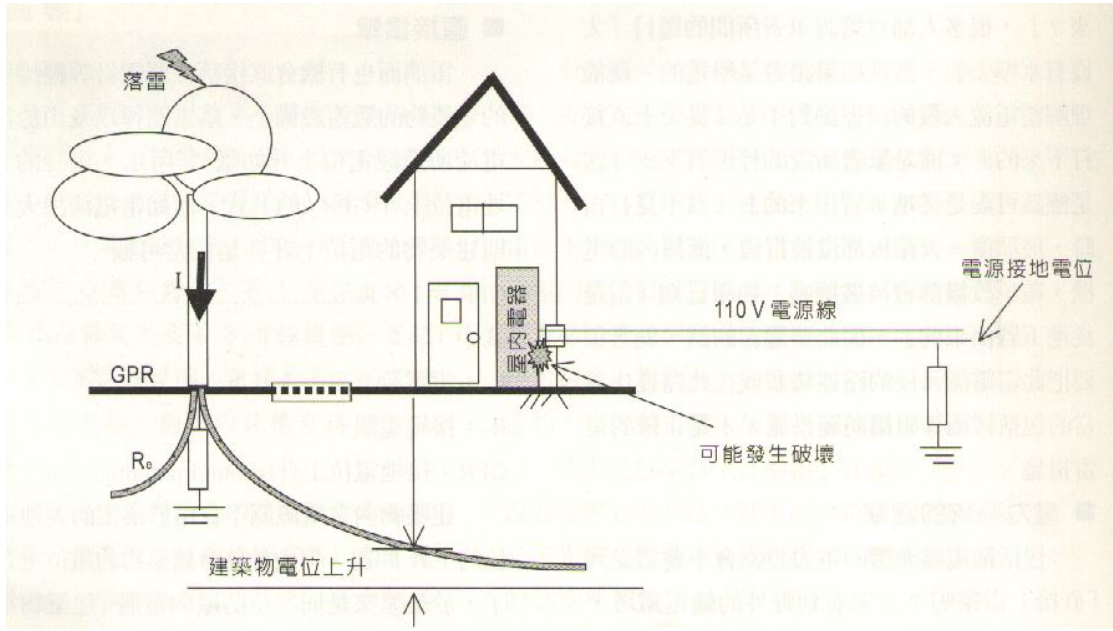
經電源線由屋外引進屋內或其它由屋外引進屋內的各類金屬導體如訊號線等都會如圖四所示，把具破壞性的異常電壓引進屋內，同樣會傷及設備。

4. 雷電流引發電磁感應突波電壓：

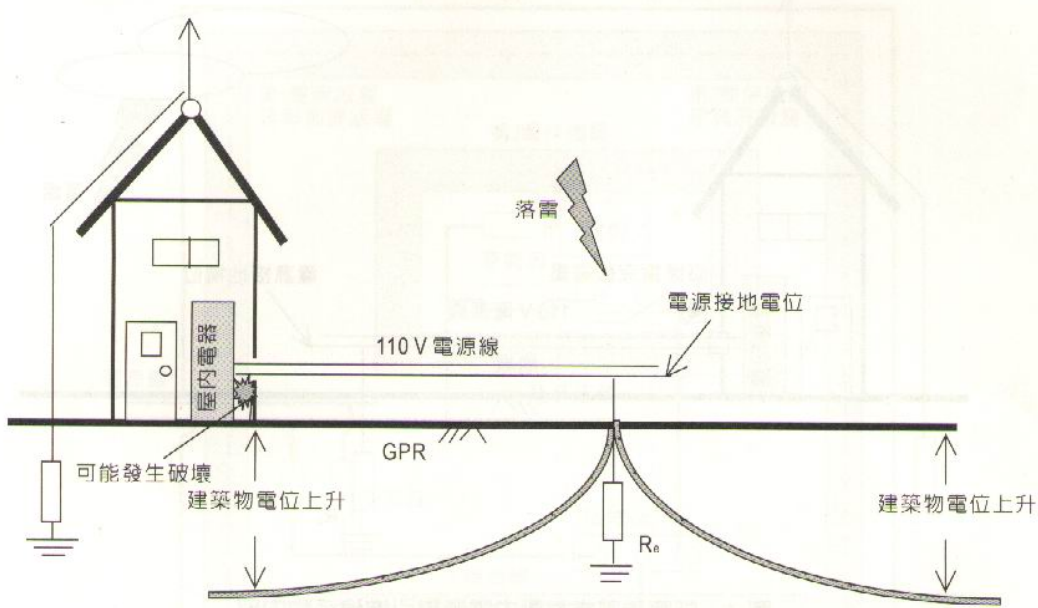
當雷電流行進的附近剛好有金屬導線經過，此時可能會感應出異常高電壓，並引進屋內，小則造成當機或誤動作，大則損壞設備，如圖五所示。



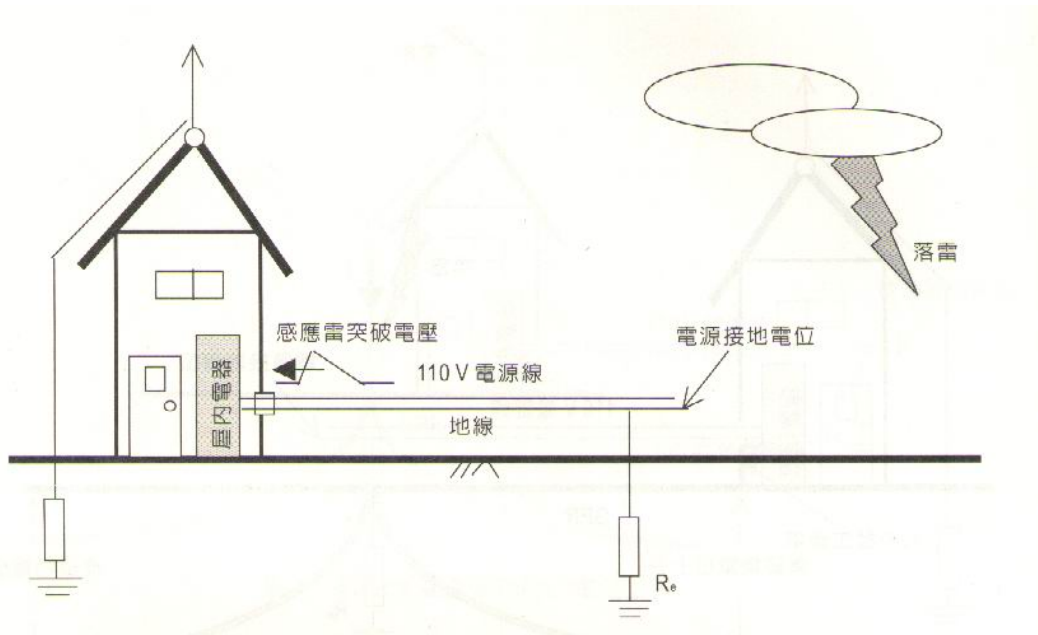
圖二 直接落雷建築物時的電位上升



圖三 建築物附近落雷時的電位上升

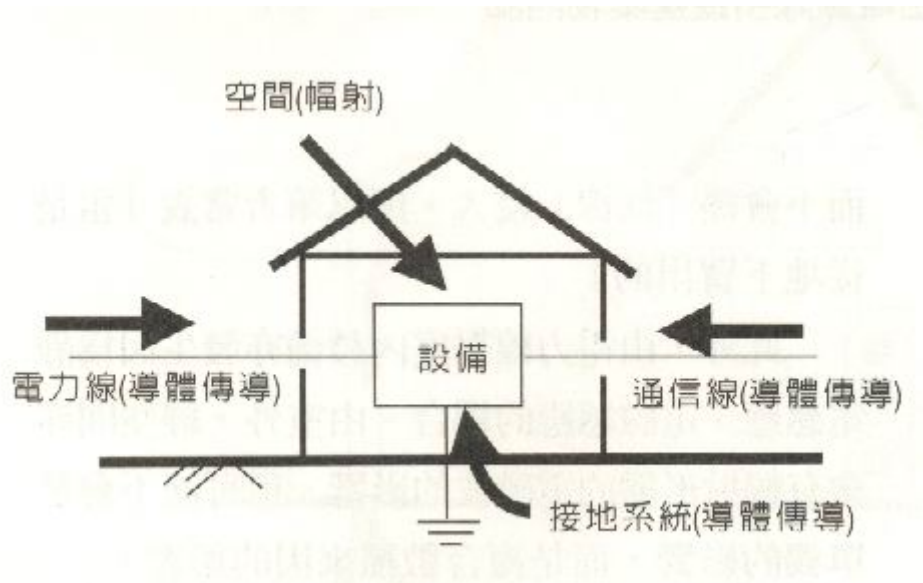


圖四 遠處落雷異常電壓由電源線引進建築物內部



圖五 感應雷異常電壓由電源線引進建築物內部

雷電流侵入屋內路徑如圖六所示，其中由電力線、通訊線的引進是屬於經金屬導體的引進，如設備有接地，則由接地線的引進亦是屬於導體的傳導引進，台電的電力系統中 110V 的電源線，其中一條為「活線」，另一條為「地線」，在大部份的情況下，雷突波電壓是經由「地線」侵入的。



圖六 雷電流侵入屋內路徑

此外，由電力線對室內設備亦會發生靜電感應、電磁感應的耦合。一個雷擊突波的破壞可能不是單獨的影響，而是複合數種因素的影響。因此，在設計避雷防護措施時，是要全方位的考量，疏漏一點都可能前功盡棄的，所以前面才會提到避雷防護不是單純的猛裝避雷針和避雷器就可以解決的。

接地及避雷工程在電機領域裡是一門相當冷門的技術，在實際的採購案件中，不論是設計規範或是監造施工，大家也都不怎麼去重視它，惟儀器設備的精密化及複雜化，以及電力諧波污染的日益嚴重，突波造成的影響越來越受到大家的重視，但此一領域大家眾說紛紛，一些似是而非的觀念無奇不有；以筆者親身的經

驗，多年前，水利署南水局在南化水庫參觀台旁邊的山頂裝設一支最新式的避雷針（先發閃流放電式），經詢問其想法是計畫在水庫主控室附近的山頭均裝設避雷針，將主控室上空可能發生的雷，引導到附近的山頭洩放掉，乍聽之下似乎蠻有道理的，殊不知每一支避雷針都有其保護半徑的限制，否則台北 101 大樓在其頂端裝設一支避雷針就好了，也不用在其建築物的側邊花大錢另裝置避雷措施；此外，南化水庫的戶外監視器也經常遭受雷擊突波的損壞，曾經有一家廠商建議在其上方訂製一個像雨傘型的大鐵罩來保護設備，讓人聽了真是啼笑皆非，詢問過大多數的廠商，幾乎絕大多數是在推銷自己的避雷器產品，頂多再建議我們加強接地設施而已。由於避雷並沒有一個絕對的準則和方法可茲依循，造成絕大多數人仍被廠商牽著鼻子走，也因此筆者才會在前面用了極多的篇幅，收集了國內外相當多的資料，來闡述對於避雷及接地要有正確的觀念。

五、南化水庫的經驗及對策

本節將針對南化水庫現有的系統中，提幾個代表

性的案例，來說明筆者歷年來的維護管理經驗及因應對策，由於這方面的領域不能用” 0” 和” 1” 的邏輯來下判斷和評論，亦沒有人敢誇下海口保證說：百分之百能保護你的設備。用比較科學理性的說法是：能降低你的風險，減少設備損壞的機率。希望藉由個人的經驗分享能拋磚引玉，並透過交流研討來澄清避雷的觀念。

1. 水文警報系統：

本系統包括主控電腦、無線電水位站、無線電雨量站、無線電廣播站及無線電中繼站等設備，為水庫營運資訊管理之中樞，其重要性可見一般；因水庫各水文外站大都位於荒郊野外，除了考慮惡劣環境之所需，及位處台電及中華電信的服務範圍外，所有的外站均以無線電的方式來通訊，部分外站更是以太陽能來獨立供電，如此封閉獨立的外站，比照圖六雷電流侵入屋內路徑的圖示，除了直接被雷擊打到或是在極近的距離被感應到，否則實在沒有其他路徑可供傳導，自 82 年完工後尚未有被雷擊突波損壞的紀錄，尤其是無線電烏山中繼站這一站，位於山的陵線上，屬於置高點，天線及避雷針又高又長，理應很容易被

雷打壞，但令人驚訝的是完全沒有被雷擊突波損壞的紀錄。推論是封閉獨立的系統或避雷針發揮效果所致，但筆者認為避雷針施工有極為嚴謹的規範及施工程序，才能確保效果，否則就如前面所述會「引雷入室」，依目前筆者所看過已安裝的避雷針，很少是及格的，該中繼站的避雷針也是如此，根據前面一再強調的，「對電子設備而言，雷是從地下冒出來的，不是由天上打下來的。」，雷直接打到的機會很少；曾文水庫有一無線電中繼站，因其耗電量大，須以市電供應才能維持系統正常運作，據了解該站經常受雷擊突波之困擾，故南化水庫無線電中繼站的情況，可大膽的假設是系統封閉獨立所致，建議如要進一步驗證，可在避雷針的導體上加裝雷擊突波計數器，以記錄受雷擊的次數。

本水文系統最脆弱的地方是主控電腦，位在水庫運轉室的二樓，經常因雷擊突波而損壞，最嚴重的一次是在民國 83 年間發生，不斷電 UPS 蓄電池多數炸裂，電腦主機就不用多加描述了。檢視此主控電腦讓突波有機可趁係肇因於以下幾點：(1) 因運轉室二

樓為所有水庫儀器設備的匯集點，所有線路包含電源線、通訊線及訊號線等，幾乎是以蜘蛛網的方式，散佈在壩區周圍的每一個角落，而壩區又是落雷區，經常看到閃電就打在你的附近，如此的條件下，又不能快刀斬亂麻，當然每次都是等著被挨打的份。(2) 儘管主控電腦電源的前端有裝設 On Line 型不斷電 UPS 系統（關於 UPS 的突波隔離效果，筆者尚未去驗證過，在此先假設是有效的。），但電腦室歷年來設備不斷增加，施工廠商不知不覺中就把 UPS 二次測出來的乾淨電源給接到電腦室外面的設備使用，無形中就形成了一條漏網之魚的路徑，供雷電流長驅直入來逞兇。(3) 大壩運轉室的基地是建在岩盤上，這意謂著接地電阻應該不會很好，當有一突波能量想要往大地洩放時，因路徑的阻力大，只好在設備間的電位差上宣洩了。(4) 既設管線中 3.3KV 高電壓的電纜線與通訊、訊號走同一路徑，雖然一個埋設在一公尺以下，另一個約在 60 公分左右，但到了窰井大家都纏在一起不分你我，而窰井大部分都是積水的，這加強了電磁感應的效果，就像一顆脆弱的雞蛋擺在搖晃的大石

塊旁邊一樣。

有了以上的自我評估及分析之後，其避雷防治對策就比較能依據學理及經驗來執行，現在分述如下：(1)所有線路的整理與確認。這是一個相當繁雜的工作，尤其時間越久越亂，有些線路莫名其妙的被拉到外面去，其用途也沒人知道？管路間在跑，通到哪裡也不曉得？有些線路已經被減掉停用了，也不抽掉，再加上後續增設的工程，也是這邊有空間就往這邊擺，哪邊有電源就往哪邊接，哪邊有接地就順便跟它一起接地。因此需要有一專職及專業的人員來從事管制及管理的動作，就像推動 ISO 的文件管制一樣，每一條線路、每一個接點都在管制中，其實這些動作並非新的創舉，線路圖及線號標示是電機從業人員的基本動作，只是有沒有確實在執行而已。筆者曾試圖想要把南化水庫主控室的線路整理出來，做沒多久就發現這並非憑藉著一己之力即可完成的工作，而且後續的管制措施如果沒有繼續執行的話，整個計劃的成果最終還是歸於零。所以筆者就先拿電源的部分來執行，首先在 91 年 2 月辦理「南化水庫中控室電源系

統化工程」將主控室的電源從不斷電 UPS 出去予以分區系統化，使設備不再亂接電源，經費是 32,464 元。92 年 3 月另辦理「南化水庫主控室接地改善工程」，除了在不斷電 UPS 的前端裝設避雷器外，另拉一條專用接地線至碼頭區的鄰水域草皮接地。費用是 65,411 元。(2) 未來計畫將水庫周遭的線路管溝給予重新規劃配置，以維護性、擴充性方便及防止相互干擾為原則。(3) 待所有線路都有系統的區分後，再致力於研擬各路徑的避雷防護措施。

2. 水工機械監控系統：

本系統主要是以可程式控制器 (PLC) 為主體，亦有一主控電腦，其情況與第一項水文系統主控電腦一樣，在此不再贅述，而監控外站則有取水口閘門站、放水口閘閥站、茅埔抽水站及濁度監視等站，訊號傳輸線以放射型方式從運轉室主控電腦向各外站鋪設出去，就體質上來講，PLC 這類型的工業控制器要比電腦強壯許多，因為它本是要應用在不同環境的工作場所。我們曾經有過一次這樣的經驗，因監控需要我們在高壓配電室

裡裝上一組國產的工業控制器，但每次跳電復歸後，該控制器總是會當掉，連裡面的參數設定也都消失不見，非得請專業廠商前來處理不可；最後不得已請該控制器原廠的工程師前來會診，結論是開關突波的關係，但是他們的控制器因不曾應用在這麼嚴苛的環境下，所以……，讓人聽了也只能打從心裡搖搖頭，爾後我們自行以時間延遲電繹來檢查突波到底是源自於電源亦或是訊號線，最後查出是來自訊號線，於是對症下藥在復歸送電的同時延遲訊號線的連上控制器，問題就完全解決了，截至目前為止還不曾再當掉過。

依南化水庫 PLC 的維護經驗來看，除了通訊模組外，其他像電源模組、CPU 模組及各 I/O 模組等都不曾因雷擊而故障，而通訊模組因通訊線向外延伸的關係，比較容易中箭受傷，現有通訊網路架構為 DH-485 四芯式，其手冊理論最大通訊距離為 1219m(4000 ft)，而最遠相鄰兩站約 1000m，扣除線材品質、施工因素、接頭及時間老化等影響，其通訊距離已經接近極限值，故本系統網路極為脆弱及不穩定；以近幾年雨季為例，每逢颱風豪雨期間網路必定當掉，但晴天後又恢復正常，

而颱風豪雨期間是本系統發揮功能的重要時刻，故筆者於 93 年 12 月辦理「南化水庫水工機械監控系統網路更新工程」，本工程改採光纖纜線傳輸，其通訊距離長且以光為傳輸介質，故不受突波，電磁等干擾。完工後使用至今效果良好，未來在規劃設計時將以光纖纜線傳輸為第一優先選擇，但光纖傳輸也有以下幾點因素必須審慎的評估考量：(1) 初期建置成本相對較高。(2) 後續維護檢修的技術門檻較高，尤其是接頭及接續的部分，非一般水電廠商所能處理，在修復的時效及費用上較不如傳統的電纜線。(3) 儘管是以光為傳輸介質，但最終的兩端還是需要光電轉換器，才能銜接儀器設備的，而這些轉換器仍需要電源的供應才能正常工作，而這電源輸入的部分，如果處理不當，很可能就成為雷電流入侵的途徑，就像希臘神話故事中木馬屠城記裡的大英雄「阿基里斯」一樣，儘管全身上下刀槍不入，但美中不足的是他的腳踝是唯一的一個弱點，最後也因為這個弱點，而戰死沙場，轉換器也可能成為光纖傳輸系統裡的一個致命傷，而且價格上光纖通訊模組要比傳統導線的通訊模組貴上好幾倍，因此，光纖通訊也不是避雷措施

的萬靈丹，必須審慎的評估考量，否則花了大錢不見得會得到效果。

3. 大壩埋設監測系統

本系統主要為埋設於壩體中的水壓計與土壓計，藉由氮氣的灌入與平衡，我們可以測出該位置的水壓，藉以分析追蹤壩體之行為，達到安全監測之目標。水庫完工後，本系統的自動化量測儀器經常處於故障狀況，因測量儀器由英國整套進口相當特殊，也好像是水土不服，加上廠商的維護能力不足及市場的需求不大，台灣僅此一套，就像被遺棄的孤兒一樣，最後還是放棄自動化，改以人工測讀方式辦理。因該自動化測讀儀器位於壩體上的量測室，而該區域是水庫落雷較嚴重的地方，加上一條電源線及訊號線大刺刺地經過該區域直達水庫主控室，所有最不利的條件它都具備了，難怪經常受傷故障，連帶也把主控室的設備一起弄壞。

筆者於 89 年 11 月辦理「南化水庫大壩埋設監測系統自動化改善工程」，規劃設計當初就捨棄連線遙測的功能，理由是：在無法確定避雷措施有效前，為避免

雷擊突波之影響，不予連線遙測，以減少雷電流入侵的途徑，並且以較耐惡劣環境的 PLC 來達成自動化測量的目的，工作人員只要偶爾至現場下載測讀資料回來分析即可，雖然還是需要少許人力，但為了避雷還是值得的。本工程完工後，筆者還是有點不放心，因為現場 PLC 的電源部份將會是一個弱點，與 PLC 同一間量測室由中研院維護的地震儀，當時尚未完全克服避雷問題，而我們的 PLC 儘管廠商有加裝電源避雷器，但沒人敢保證一定沒問題，最後，筆者想到一個因地制宜的權宜措施，效果相當不錯，完工使用至今不曾故障過，其方法是：因為本系統的監測頻率是每週一次，試想一週只須開機一次進行量測的儀器，為何要 24 小時持續開機來等待呢？這樣做無疑是隨時張開雙手，歡迎雷電流進來，尤其是南化水庫的落雷幾乎是集中在夏季的午後，只要在這些時段將電源切分離不安排測量工作，就可以大大減少其風險，一點點細微的改變，就能有效的提供避雷防護。

六、結論

1. 接地及避雷工程在電機領域裡是一門相當冷門的技術，國內外研究報告等文獻數量並不多，因此才會有一些似是而非的錯誤觀念，有心想要從事此一領域的電機從業人員，必須學理與經驗並重，才能發揮避雷的最大效果。
2. 避雷防護的投資必需考量整體維護成本的效益：當被保護的儀器設備重要性及價值並不是很高時，就必須考慮我的避雷防護投資規模是否符合經濟效益。但如果是攸關人員的避雷安全，則是必須要去防護的。
3. 專業人員的執行及訓練：此一領域必須由專業人員來負責及執行，而不是全部依賴廠商來協助，且人員需要定期接受訓練，了解最新的技術及互相交流經驗。
4. 自動化的迷思：並不是把所有東西自動化就是最好的，需要審慎的評估及反問自己：我們真的需要嗎？系統越複雜越容易出狀況。