

新桃配氣站監控系統之雷擊 與改善對策分析

胡文富

天然氣事業部管線處

一、前言

台灣屬於多雷地區，雲氣豐富且對流旺盛，雷擊事故時有所聞⁽¹⁾，不幸打到建築物引起火災將造成人員死傷或財產付之一炬。

中油公司新桃配氣站位於電廠私人土地上，由於當年建站過程不順遂，只好暫居於私人電廠用地上，相關監控設備、電氣設備、值班操作人員等皆在臨時設置的貨櫃屋內。電廠的接地網涵蓋了新桃配氣站各項設施接地，因電廠周邊有台電架空輸電線路用鐵塔林立，當鐵塔頂端遭雷擊中時，鐵塔的電壓會因不同塔腳電阻、雷擊電流峰值和雷擊電流波頭值而造成不同的電壓升⁽²⁾，此時礙子兩端電壓若超過閃絡電壓，會形成逆閃絡現象，而造成線路接地故障，使系統電壓產生驟降，造成站內電力供電品質不佳，且鄰近鐵塔之地網因排放雷突波電流致使大地電位湧升 GPR(Ground Potential Rise)，這些均危害到配氣站內監控設施與天然氣供氣安全。

本文是以新桃配氣站監控設備之接地系統，在目前之環境狀況採取實務改善方案探討，針對該站環境特性，提出原則性的改善方法，以避免投資浪費俾予減少雷害事故發生率，降低財產損失。

二、事故概述

天然氣依靠管線輸送，在永安廠將液態天然氣氣化後分別以 26” 陸管與 36” 海管輸送給台灣西半部地區各電廠、工業與民生用戶使用，輸送過程中，沿途重要據點設有開關站、隔離站與配氣站，站內設置有遠端即時監控系統，將幹線上重要資訊(壓力、供氣量)及其他各項設備資訊傳送至各供氣中心所屬區域監控中心即時監控。新桃配氣站為整個天然氣輸氣管網之一，負責新桃

電廠天然氣供應與交易計量之監控。

新桃配氣站位於桃園龍潭鄉，地處台灣三大落雷區之一，夏季容易有旺盛西南氣流形成午後雷陣雨，新桃電廠於 2007 年 6 月 26 日晚間 18:50 遭受到雷擊，新桃電廠隨即發生跳俾事件，由於雷電流感應與排放效應，能量釋放不及，廠區地網電位 GPR(Ground Potential Rise)湧升，導致新桃配氣站控制室監控系統之部份電子設備(包含監控電腦、通訊卡片、瓦斯偵測器主機、不斷電設備 UPS 等)也受到損壞，不僅流量電腦失去計量功能，而且 DCS 系統之監視、控制功能亦癱瘓，整站盲目運轉情況危急，幸而值班同仁緊急應變，處置得宜，未讓災害損失擴大。

三、事故分析與檢討

由於新桃電廠的接地方式為電力設備接地、輸電線路接地、建築物避雷接地、儀電設備接地、通訊接地、等，全部共用同一地網，整個地網電位將因雷電流集中排放、能量釋放不及而致大地電位湧升，而且除了該次雷擊外，據現場值班同仁所述，只要遇到雷雨、閃電天氣時，不僅電廠內部電子設備損壞，配氣站內儀電、監控等設備也經常無法倖免，茲將損壞原因分述如下，提供參考。

損壞原因分析：

- (一). 從雷擊中鄰近配氣站周邊高壓輸電線路，再經鐵塔洩放雷電流引起站區大地電位湧升，可概估數據⁽³⁾如下：

$$GPR = R_e \times I \quad [1]$$

式中：I 為雷電流大小(A)

R_e 為接地電阻(Ω)

假設雷電流為 20kA(台灣地區的雷電流 70%在 35kA ~ 5kA)，接地電阻 25 Ω ，則 $GPR=500kV$ 。

GPR 再引起附近地區的地電位湧升稱為地電位遞昇，此地電位遞昇值 $V(x)$ 是與雷電流排放點距離成反比：

$$V(x) = \frac{kGPR}{x} \quad [2]$$

式中 k 與大地電阻係數及接地電阻有關，若等效成半球型電極，則當大地電阻係數為 100(Ω-m)，接地電阻 25Ω，則 k=0.637，則[2]式為 $V(x) = \frac{318.5}{x}(kV)$ [3]

[3]式可估算雷電流排放點附近區域之地電位遞昇值。

地點	與雷擊點距離	地電位遞昇值(kV)
貨櫃屋	50M	6.37
減壓設備區	30M	10.62

- (二). 側面閃絡(Side Flash Over)：所謂側面閃絡係指一物體遭閃電擊中時，所產生之雷突波電流，其中部份之分歧電弧能夠破壞空氣之絕緣電壓而閃絡至附近地面上的金屬管線，突波雷電流進而竄入控制室配電箱，破壞電子設備。
- (三). 當天雷擊受到破壞之設備器材幾為『弱電設備』，『強電設備』沒有損壞。
- (四). 據現場勘查，UPS 有損壞情形，由於 UPS 兼有穩壓與不斷電功能，倘若市電中斷而 UPS 仍無法發揮以電瓶組電能轉換供電，則可能雷突波電流經由電力輸電線路竄入 UPS 內導致電路板上 IC 晶片故障，使 UPS 失去應有功能。
- (五). 由於新桃電廠的輸電線路採三相四線式輸送電力，且輸電線路頂端均設有避雷線，若當時雷電直接擊中避雷線，隨即經由鐵塔排放雷突波電流流入大地，造成鄰近大地電位湧升，新桃電廠廠區地網電位亦會隨之湧升，輸電線路中性線電位亦上昇，配氣站站內電力電源將有雷電流諧波成份，設備容易受損。
- (六). 現場傳送器故障，惟經檢修後發現是位於控制室突波消除器損壞，研判可能情形是現場管線區地上明管感應雷突波電流，並藉儀控信號導線竄入控制室內，同時因雷電流能量太大，突波消除器無法承受而損壞，又由於控制室內電子設備採虛接地，亦即所有設備接地均相互連通，未排放入大地，雷電流在內部亂竄，此時能量已逐漸分散，惟若仍超過電子設備所能容忍極限，則仍會有卡片損壞，因此通訊卡片、電

腦主機板可能是此原因遭受損壞。

- (七). 據現場勘查瓦斯偵測器主機故障損壞，這部份需先檢測現場瓦斯偵測器正常與否與瞭解其所安裝位置，是否在故障之傳送器附近，另外再瞭解是否沒有安裝突波消除器，若是則原因同上述類似。
- (八). 為了減少雷擊帶來的傷害，建築物避雷保護系統不但要設置而且要發揮功能，避雷措施不可全靠避雷針及接地線來做防護⁽⁴⁾，應確保電位差最小，在避雷保護系統中較關鍵的一環便是接地系統，要讓避雷系統有效地發揮效果，必須提供一低阻抗接地系統，以便將雷電能量有效地發散到大地。接地電極必須使得接地電位上升減至最小程度，以減少造成人員傷亡或設備破壞之危險性，有很多不同的方法可提供一低阻抗接地系統，很多接地型式包括接地棒、銅帶和銅板或混合使用。但當土壤導電係數高，無法達到所需之接地電阻值時，則可採用接地增強劑，它能有效地降低接地阻抗。
- (九). 以新桃配氣站為例，是否加裝避雷針倒不是重要選項，應使各接地點達到等電位，不過現實上只要是導體就一定有阻抗，國外的標準建議將建築物之避雷接地、電力設備接地、通信和電腦等接地通通接在一起，以達到等電位的目標⁽⁵⁾，惟國內的施工品質、所使用材料均應大幅提昇，方足以達到等電位技術。

四、改善對策分析

由於無法取得新桃電廠內部地網設置狀況與相關接地電阻量測數據，任何廠內施工安裝工作均需獲得廠方同意，因此實務上，要避免爾後遭到雷突波電流造成地網電位湧升所衍生之二次災害，遷移配氣站使其遠離電廠各項設施之接地地網干擾是較長遠的解決方案。

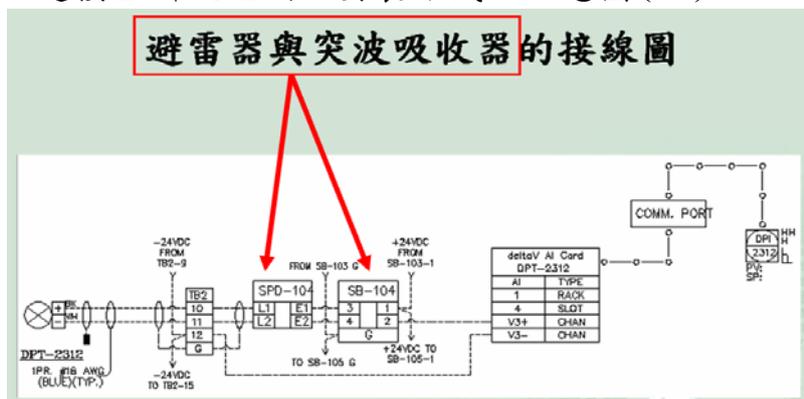
針對地網遭受雷擊時，地網的地電位湧升、地面電位、地網電位差、步間電壓及接觸電壓進行改善說明，並評估人員及設備

可能遭受的危害，另外電廠本身地網的洩漏電流經以鉤錶量測高達 1.2 安培，且干擾線上熱值分析儀(On-Line GC)無法正常操作，只能暫將其地線拆除，使 GC 恢復正常運作。至於是否使用電廠接地網，使配氣站內所有設施接地與電廠接地兩者可形成等電位的理念，由於國內法規尚未就此規定，且當接地網有外來迷失洩漏電流流動並非乾淨地網，成為另一回路形成對站內儀電設備嚴重干擾時，連接電廠接地網的設計方式就值得商榷，這些考量因素確定中油應自行另外設置地網的迫切性。

(一). 由於廠區找不到適當遠離已設接地網的新接地點，貨櫃屋本體、電腦與儀控的接地方式，改為深入地面下之多組、並聯銅棒式接地，且遠離新桃電廠的接地網，另其接近地表約 1/3 深的接地線需要絕緣(導線採表皮包覆並穿入 PVC 電管中)。實際施作時，由於電廠人員遲未同意深井法施工方式，遂改以淺井法施工，減少廠區破壞，惟土壤接地阻抗值會變高，其功效會折半。另雷電流排放造成地電位遞升與感應電壓問題，可能造成對人員與設備的加害性，對此，淺井法的接地棒位置應遠離貨櫃屋，連接導線不可為裸銅線應加設 PVC 管與絕緣披覆之措施。

(二). 儀電系統與監控系統安裝突波消除器與接地措施。

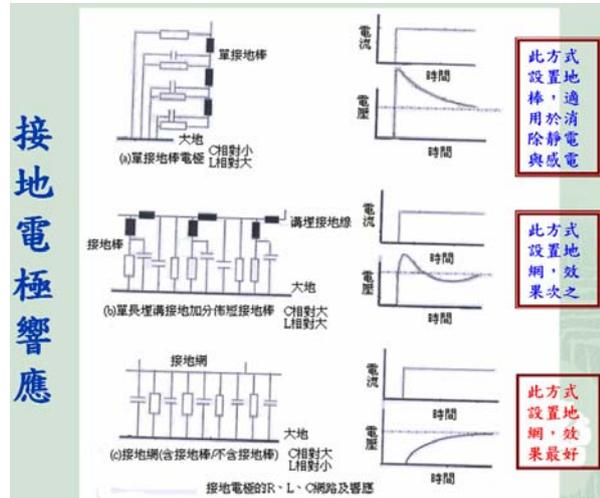
儀控設備由現場進入貨櫃屋內儀控盤之各儀控線路之信號線安裝突波消除器(Surge Protective Device, SPD, 選用避雷管或變阻體氧化鋅 MOV 與稽納二極體整合之材料)，並連接至新設地網，安裝方式如示意圖(一)：



圖(一)

(三). 進入 UPS 之電源端，先經過絕緣隔離變壓器，且耐電壓要夠，二次側還要加裝避雷器。

(四). 突波消除器(Surge Protective Device, SPD)都需與設備金屬外殼共同接地(突波消除器接地點須與設備金屬外殼相連)，接地方式另獨立出來，勿與新桃電廠相連，且儘可能降低接地阻抗，參考



圖(二)

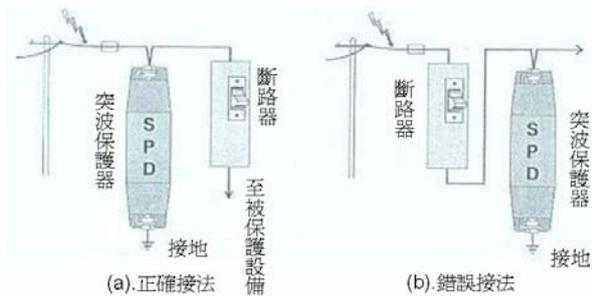
地網特性如圖(二)⁽⁴⁾，施工安裝。

(五). 突波消除器(Surge Protective Device, SPD)安裝位置：

1. 儀控信號輸入/輸出端：所有信號線的輸入/輸出端(包含類比輸入/輸出、數位輸入/輸出等之接線端子)。
2. 監控系統網路：集線器(Switch Hub)、RS232、RS485 的所有信號線之接線端子。

(六). 進入站內之電力電源端，加裝電力用避雷器額定電壓為線對地電壓之 1.35 倍至 1.55 倍⁽³⁾，且以選用氧化鋅 ZnO₂ 材料為佳(使用於低壓 AC

600 伏特以下)，若選用氣體放電管式或火花間隙式之避雷器，要注意規格與裝設位置如圖(三)所示，否則避雷器動作時，因氣體放電



圖(三)

導通，電氣回路瞬間短路產生大電流可能會造成二次災害。

(七). 安全檢查：對於新設之接地措施安裝完成後，應定期實施保養檢查，尤其在雷雨季來臨之前，以確實發揮其功用，

如此俾能收防雷之功效。

- (八). 遇雷擊電流通過產生很高的電壓升，乃引起大地電位湧升，對人員而言，即使人雖沒有觸及任何接地物體之情況下，兩腳跨距間之地面上就有電位差存在，即所謂步間電壓(Step Voltage)，瞬間會有電流自兩腳間流過跨下，造成間接雷擊，因此地網應至少深入地面下 1.5 公尺設置或與現場操作區有段距離，以確保工作人員安全。
- (九). 當一個人手臂接觸已被接地之結構物時，其立足點之地面電位與碰觸結構物之處，兩者間就有一電位差，即所謂接觸電壓存在，雷電流會從碰觸的結構物處經身體再釋放至大地。故雷擊發生時，人員雖未直接遭雷擊命中，但站立在高聳物旁亦具高度危險性，亦即遭受間接雷擊，因此值班人員應注意自身安全，雷雨閃電時，儘量留置室內，並保持身體衣物乾燥，防止意外發生。

五、結論

綜上所述，防止雷擊損害，一定要有良好的接地設施，與正確的接地電阻量測技術，因為所有的雷電流能量都需要經過接地系統釋放入大地，接地阻抗愈低，排放雷電壓、雷電流的速度就愈快，所引起的大地電位湧升也會愈低，以新桃配氣站的雷擊事故為例，防護重點在於檢討需另設地網及站內設備加裝突波消除器(Surge Protective Device, SPD)，以消除電廠地網之干擾及二次雷電流危害，此外應商請新桃電廠將排放塔避雷針之接地地網移設，遠離輸氣管線與儀電設備及其接地，至於避雷針(應稱引雷針)在本案中毋需裝設且作用有限，因為其根本還是需要優良的接地系統來快速釋放雷電流所產生的危害。

六、參考文獻

- (1) 行政院國家科學委員會，”臺灣地區閃電與雷擊之研究(II)”，81年。
- (2) 許柏毅，”345Kv 架空輸電系統之雷擊特性受鐵塔接地電阻

及線路避雷器的影響研究”，中原大學電機系碩士論文，民國 94 年 7 月。

- (3) 周至如，電機技師 83 期，2000 年 10 月，p89~90。王宏民，”通訊系統的雷害與防護”，北京愛勞高科技有限公司。
- (4) 顏世雄，避雷工程理論與實務，2001 年 12 月。
- (5) 台北市電機技師公會，電力突波及避雷技術國際研討會講義，2007 年 10 月 5 日，p109~117。