



紅外線視窗與電弧等級 — 破除“電弧防護紅外線盤”的迷思

■ 范綱志 / 震江電力科技股份有限公司

摘要

電弧閃絡對電氣作業人員的危害逐漸受到重視，無論是IEEE、IEC、NFPA等國際規範，或是國內的CNS都針對此危害定義防護措施，如穿戴個人防護具、改變系統結構降低電弧能量、更改盤體設計降低風險等級，甚至是避免電弧的產生。其中紅外線(IR)檢測視窗便是一種減少開盤次數以降低風險的手法，但人們經常對於紅外線視窗的“電弧防護等級”有嚴重的迷思。許多現場人員或維護工程人員都認為紅外線視窗能夠在電弧導致的爆炸中提供保護，另外一部份的人則認為安裝紅外線檢測視窗能將非電弧防護盤變成具備耐電弧功能之配電盤。以上兩種迷思皆可能對現場的安全造成風險，因此有必要在此澄清。

壹、前言

市面上三大主要紅外線視窗供應商提供的視窗皆適用於各種品牌的開關設備、馬達控制盤和其他電氣設備。三種品牌都經過廣泛的評估與測試，並做於盤體的一部份進行電弧測試。然而，這些公司都不應該聲明任，測試或認證能夠符合各種不同種類的開關盤和電氣設備。簡單來說，並沒有任何部件測試能夠代表整體的“電弧抗性”，如有任何類似的聲明都屬於草率且危險的陳述。

安裝紅外線視窗的目的並非在電弧閃絡時提供保護，而是在於進行檢測時避免電弧閃絡的產生，即是透過降低風險甚至是消除風險的方式來取代高風險的檢測。透過紅外線視窗來進行無需開盤的檢測，使工廠能夠符合 OSHA (Occupational Safety and Health Administration, 職業安全與健康管理局) 與 NFPA (National Fire Protection Association, 美國消防協會) 以盡可能的降低工作場所的風險。

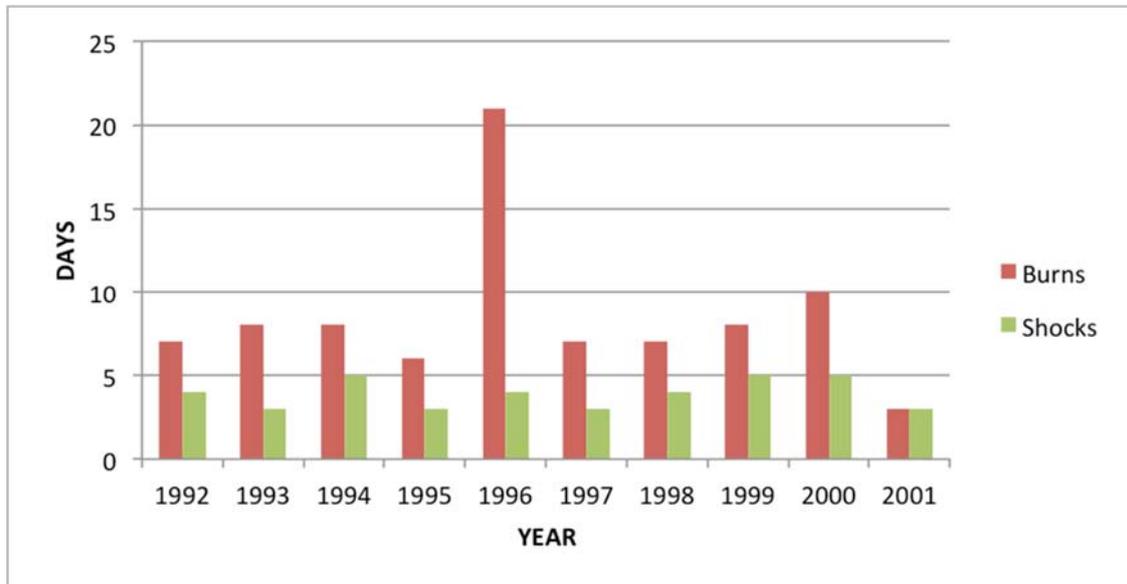


圖1 電氣事故造成的燒燙傷為現場人員因傷而缺工的主因。(資料來源: Trends in Electrical Injuries, 1992-2002)

貳、解析電弧閃絡

電弧閃絡乃因空氣中相對相或相對地的故障造成，其中心最高溫度可達華氏 38,000 度，相當於攝氏 21,093 度，並瞬間轉化成電漿型態，其體積在毫秒間放大 67,000 倍，挾帶著數千磅的壓力波、熱能、致盲閃

光與熔斷的碎片，造成工作人員燒燙傷、視力或聽力的永久性傷害，甚至是死亡。電弧閃絡事故的原因多為人員作業疏失或未適當保養(圖2)，另外環境因素和絕緣劣化亦可能導致電弧產生。

因電氣作業引起的事故

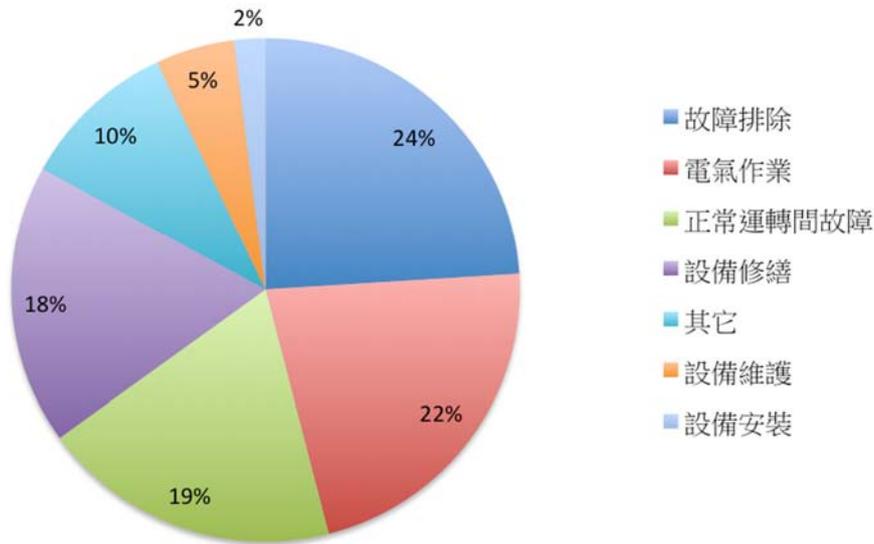


圖2 大部分電氣事故皆於作業人員進行電氣相關作業時引起。

(資料來源: Non-Contact Electric Arc-Induced Injuries in the Mining Industry: A Multi-Disciplinary Approach” , 2004 IEEE IAS Electrical Safety Workshop)

不同尺寸的開關盤、馬達控制盤或電氣箱將會影響爆炸時箱體/紅外線視窗所受到的衝擊力，舉例來說，爆裂物放置於郵箱和放置於火車的空車廂內造成的衝擊力將有所差異。另一方面，若箱體內具有較大量的銅(於爆炸時展開)，其產生的爆炸力道也會比同樣尺寸箱體內僅有少量的銅(電纜或bus)來的大上許多。其他，例如使用限流保險絲或電弧閃絡的位置和距離盤門/紅外線視窗的距離都會對盤體或視窗所受到的衝擊力有很大的影響。

因此，具有標準尺寸和配置的特定型號開關設備，如能承受爆炸即可以電弧等級來定義。

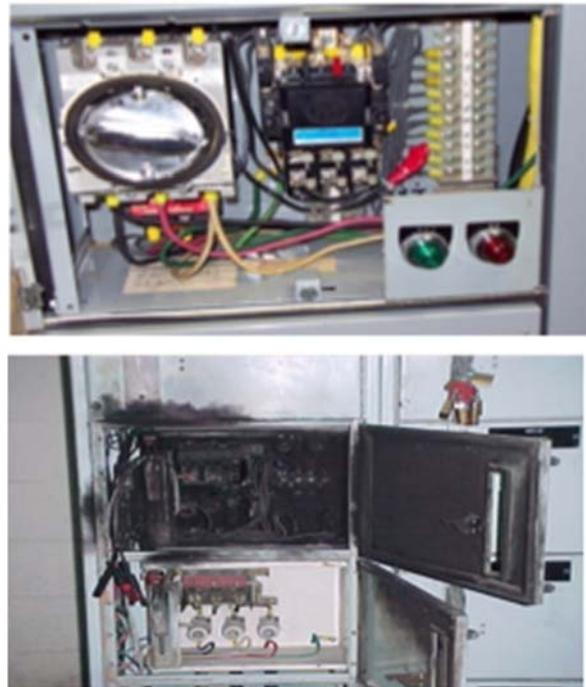


圖3 480V的馬達控制盤為電弧閃絡事故的常見盤型

參、電弧等級

由於電氣設備的構造因箱體尺寸、內容物和接線位置等設計不同的關係而有著近乎無限種變化(圖3)，很難以固定尺寸來定義所有電弧防護等級。因此，電弧故障測試皆以整套系統的方式進行測試，而非針對組成系統的組件進行個別測試。故此，開關盤體設計上的任何變化都需要重新測試來驗證新的電弧防護等級，儘管得到的結果會與先前的結果相當接近。

耐電弧開關盤和馬達控制盤採用多種安全機制，例如附加屏障和洩壓構造。這些安全設計能將電弧閃絡時產生的力量和熱量自盤門重新導向，並透過一系列的充氣系統，有效地減少爆炸的力道並最大限度地降低宣洩爆炸力道所造成的傷害。任何安裝於電氣設備上的紅外線視窗、觀察口或開關電錶都不應在測試時改變其電弧防護的等級，透過測試僅表示上述設計對盤體本身將爆炸力道重新導向的安全機制並無影響。便如同盤體上的螺絲一般，都不具有電弧抗性，其功用僅在於提供足夠的強度將盤門固定在盤體上而已。舉例說明：一家高級車製造商正在準備新車的撞擊測試，而此部車輛選配了BOSE 十六喇叭的高傳真音響與聲控系統。撞擊測試時，如預期中一般，車輛的潰縮區吸收了大部分的撞擊力道；安全帶將測試假人安穩地固定在最安全的區域；安全氣囊的作動提供假人緩衝力道；而高傳真音響，毫無意外地，依然固定在原有的位置，並於測試中未對任何其他安全機制造成影響也沒有傷害到測

試假人。此車輛於此撞擊測試中獲得五顆星的評價，但BOSE是否能宣稱自己的車用音響在撞擊測試中獲得五顆星的高評或是在廣告中看到此套音響能在撞擊發生時保護乘客？答案肯定是否定的。



圖4 開關盤不同目的或配置可能導致構造大相逕庭

請記住，電弧防護盤與一般盤在同樣威力的爆炸下，所受到的力量與溫度將有很大的差異。目前廠內使用的開關盤或馬達控制盤僅約1%具備將爆炸力道重新導向的安全機制，但卻有99%的顧客期望透過安裝一個視窗便能使未具備電弧防護等級的盤能夠承受爆炸的威力，此要求根本不符

合物理定律。在一個密閉的箱體內，電弧爆炸的力道足以將鋼製的盤門從鉸鏈和螺栓上給炸飛，如此強大的力道，即使開關設備的盤門亦無法保護在爆炸事故周遭作業的工作人員。這也是為何開關設備必須重新設計以改變和減輕爆炸造成的影響。

必須理解到IEEE C37.20.7中定義的測試程序是在窗口處於關閉位置的情況下進行的。當開關設備通過測試時，只要盤外的旗子未因盤內的熱氣所點燃，無論可視材料(視窗/觀察口)是否受到破壞都沒有關係。因此任何隱含對熱影像檢測人員於視窗開啟時所能提供的保護，不僅是可疑的陳述，更是一種對於測試時的誤導。

肆、為何使用紅外線視窗？

紅外線視窗旨在提供更安全、更有效率地取得熱影像數據，如NFPA 70B所述：可靠性可以透過設計嵌入設備中，但仍需要有效的維護來確保可靠性。過往經驗指出受EPM(電力預防保養)計畫保護的設備能運轉更長時間與提供更佳效能。電氣系統進行紅外線熱像檢測能降低昂貴且嚴重的設備事故和預期外的廠區停電。定期的紅外線檢測應每年於停電前執行，甚至是每半年或每季，並在損失經驗、新安裝之電氣設備或環境、附載、運行條件變化的情況下進行。受測的設備需在可能的最高負載或不低於40%的負載下進行紅外線檢測。

NFPA 70E將移除電氣設備的盤門列為現場工程師能進行的作業範圍內風險等級最高的一種。風險等級的升高是因為常見的電弧發生原因為開啟盤門或拆除蓋版造

成的。在不開啟盤門的情況下進行紅外線測試能避免99.9%在檢測時觸發的電弧閃絡事故。紅外線視窗的核心價值在於符合OSHA和NFPA 70E的主要目標，消除事故的風險，個人防護具僅作為無法消除風險或無法以低風險手法替代高風險來執行的情形下所選用的最後手段。



Before



After

圖5 有無紅外線視窗對進行檢測時的個人防護具的要求不同

另外，相較於開啟盤門進行的紅外線測試，透過紅外線視窗進行檢測亦可大幅縮短檢測時間。以符合NFPA 70E與OSHA的規定穿著個人防護具(40 Cal/cm²)的前提下進行檢測，檢測人員每次進行檢測將花上

平均30分鐘進行穿脫，並在一個29天的檢測週期浪費超過100小時等待電氣人員拆盤的時間，而拆盤的電氣人員亦需花費超過40小時(一人)等待檢測後進行蓋盤。安裝紅外線視窗能夠省去拆、蓋盤的時間與人力，同時避免掉等待時間進而達到更高效率與成本降低。

伍、結 論

紅外線視窗旨在消除熱影像檢測時觸發電弧閃絡的風險。以此為前提下，視窗應提供符合UL746對其它常用儀表和控制錶所要求的結構完整性，以及IEEE C37.20.2對觀察視窗的影響和附載所要求的完整性。但若有任何視窗製造商聲明具有電弧防護等級的紅外線檢測視窗，乃屬不符事實且魯莽的陳述，因為目前並無針對部件進行的電弧防護等級測試。

由於現場開關設備內的結構與內容物存在著無數的變化與組合，因此不同的開關設備或馬達控制盤因電弧爆炸所受到的力量亦不大相同。因此，不論視窗曾涉及過多少次電弧故障測試，都不能定義其電弧防護等級。紅外線視窗的目的在於提供使用者一種更高效率且更安全的檢測方式，進而達到省時、省錢、省力與安全的目的。