

# 電弧防護裝備選用實務

徐明定

台電公司工安環保處

## 一、前言

電力普及與方便性是提供工業生產、交通運輸、商業活動、辦公場所...等等之原動力，電氣化設備提昇我們的生活水準，但一群默默為電力工程建設與電氣設備維修作業人員，往往無法預知因設備故障或個人行為疏忽所衍生之危害，諸如電力開關停送電切換、電氣設備故障、相間短路、線路接地及與高壓電路未保持安全界限距離等引起之高溫電弧(閃絡 Flash over)，高溫電弧灼傷作業人員之傷害事故屢有所聞，潛在之高溫電弧嚴重威脅作業人員之安全，因此雇主有責任提供符合標準之必要安全衛生設備供作業勞工使用，並對從事電氣作業勞工施以預防災變所必要之安全衛生教育訓練，督導作業人員確實使用防止高溫電弧傷害之護具，例如：電工帽、防護面罩，橡皮絕緣手套、絕緣鞋、防電弧火燄防護衣...等安全防護具，構築防止作業人員被瞬間高溫電弧灼傷之防護網，以有效保障作業勞工之安全。

## 二、潛在產生電弧作業場所

### (一)本質安全

勞工安全衛生相關法規，規範電氣作業場所安全衛生設備、措施之最低標準，電氣設備之維修應以本質安全為前提，以停電作業為優先考量，當無法停電作業時儘量由遙控方式操作自動化開關，讓作業人員在不與電弧接觸環境下作業，確保作業安全。

### (二)潛在產生電弧作業場所

為確保供電穩定性，實務上在不停電之情況下操作電氣開關或維修電氣設備有其必要性，開關切換過程產生電氣火

花或足以威脅作業人安全之高溫電弧，潛在危險源存在是不爭的事實，因此雇主提供必要之防護具，作業人員確實使用安全護工具，例如：棉質工作服、防焰衣、電工安全帽、防護面罩，橡皮絕緣手套及絕緣鞋等護具；無啟斷負載功能之分段開關及熔絲鏈開關就必須以負載切斷器來輔助操作，具消弧功能之限流熔絲開關、電力保險絲、亭置式四路氣封開關以及地下真空開關等則以一般之緣操作棒操作；與可能之危害能量隔離或保持距離，防止作業人員被突發高溫電弧灼傷。

### 三、電弧防護裝備選用實務

#### (一)安全工具：

- 1.絕緣操作棒：操作具消弧功能之限流熔絲開關、電力保險絲等。
- 2.肘型端頭操作棒：可操作負載電流 200A 以下肘型端頭。
- 3.負載切斷器：用以啟斷無遮斷電流功能之分斷開關及熔絲鏈開關。



圖 1：各類型操作棒

#### (二)個人防護具

##### 1.工作服

電氣作業人員應穿著棉質工作服，操作開關時更應穿著防高溫電弧灼傷之防焰衣。



圖 2.3：棉質工作服與防焰衣



圖 4.5：高溫電弧接觸後棉質工作服



圖 6 高溫電弧接觸後非棉質工作服

2. 電工安全帽<sup>[1]</sup>：適用於電壓在 7,000 伏特以下之電氣作業場所，防止使用者頭部被電殛、飛落物擊中或碰撞，分有邊緣之盔型及僅有前簷帽型，須符合 CNS4598 所訂標準。



圖 7.8：安全帽及防護面罩

(1)構造

A.帽體外層：應以良好絕緣材料製成，例如 ABS 樹脂製成。

B.帽體中層：衝擊吸收結構體為發泡熱可塑性樹脂製成，防墜落衝擊。

C.帽體內層：頭環帶、頤帶、下顎扣帶及後腦佩帶。

(2)檢驗及驗收標準：符合 CNS4598，4599 所訂之標準。

A.需有經濟部標準檢驗局檢驗合格證書及合格標籤。

B.安全帽耐電壓試驗週期，每 6 個月試驗一次，試驗電壓 20 kv、時間 1 分鐘，洩漏電流 8 mA 以下。

D.安全帽帽殼內面應有：商標、耐電壓，使用電壓、耐衝擊性、製造日期及使用說明等標示。

2.防護面罩：從事電氣開關或設備操作時，瞬間產生電弧、火花、熱氣，確保操作者不被高熱火花所灼傷，對鏡面材質、弧形、可調式、防熱、防衝擊，厚度、面積及內圈材質予以規範，並應具三段式掀開功能。

3.橡皮絕緣手套<sup>[2]</sup>：保護從事電氣工作者，免遭受電殛，為防為止刺傷、刮傷，搭配山羊皮手套使用。

(1)型式及種類：台灣電力公司材料標準，橡皮手套（電氣用）  
依耐電壓不同依據 ASTM D120-02a 分



Class 2 及 Class 4 二種。

(2)厚度：

A.Class 2：使用於 11.4kv 以下配電系統。

分叉處厚度為 1.02mm~2.29mm。

分叉處以外部分為 1.27mm~2.29mm。

B.Class 4：使用於 22.8kv 以下配電系統。

分叉處厚度為 2.03mm~3.56mm。

分叉處以外部分為 2.54mm ~ 3.56mm。

(3)電氣特性試驗：耐電壓試驗週期為每 2 個月一次，依據  
ASTM D120-02a 之規格。

A.Class 2：每隻手套均須通過 60-Hz 交流電壓 20,000  
volts (rms)連續 3 分鐘耐電壓試驗，洩漏電流  
在 20 mA (rms)以下。

B. Class 4：每隻手套均須通過 60-Hz 交流電壓 40,000  
volts (rms)連續 3 分鐘耐電壓試驗，洩漏電流  
在 24 mA (rms)以下。



圖 9.10：橡皮絕緣手套及山羊皮手套



圖 11.12：高溫電弧接觸後橡皮絕緣手套

#### 4.絕緣鞋

作業人員萬一碰觸帶電體時，保護人體不為電路通路一部分，耐壓等級為 15 kV，試驗週期為每 6 個月一次，試驗電壓 15 kV、時間 1 分鐘，洩漏電流 16 mA 以下。



圖 13.14：絕緣鞋

#### 5.防電弧火燄防護衣組<sup>[3]</sup>

保護從事電氣開關或設備操作之作業人員免遭弧光及火焰灼傷，其材質具柔軟及舒適性之防焰布料，符合 CNS10285 L3196-1995 A4 法 1 級(表 1)

級別	A-4 法		
	餘焰時間(S)	餘燼時間(S)	碳化距離(cm)
1 級	2 以下	7.5 以下	10 以下
2 級	5 以下	15 以下	15 以下
其他級	超過 5 者	超過 15 者	超過 15 者

### 主要構件

#### (1)防火頭罩及防護布罩：

需能搭配各式電工帽及各式防護面罩使用，保護臉部，頸部，及頭部兩側(兩側附防火內襯)，由帽緣懸帶、扣帶及粘扣帶構成，與帽緣懸帶垂直縫接，固定扣眼需在布罩中線距上緣處。

#### (2)防護衣：胸前無接縫式(附防火內襯)

配合作業人員體型，對立領尺寸、胸部與脖子正中接點至下緣長度、袖子緣長、下緣長、接肩口周長及袖口鬆緊式周長等尺寸加以規範、以方便作業人員穿著。



圖 15.16：防止高溫電弧防護衣組

#### 四、電弧灼傷案例<sup>[4]</sup>

##### (一)操作亭置式四路氣封開關作業勞工被電弧灼傷

###### 1.事故原因概述：

98年○月○日某事業單位勞工，從事地下配電線路故障搶修作業，作業人員初步排除故障點後，穿著安全防護器具，棉質工作服、安全帽(含防護面罩)、橡皮絕緣手套及絕緣鞋，在領班監視下操作亭置式四路氣封開關，試送小環路開關時，B相肘型端頭因線路故障電流產生電弧，肘型端頭彈出電弧灼傷作業人員腰部。



圖 17.18：事故現場及開關操作示意圖

###### 2.災害原因分析

###### (1)直接原因：

作業人員操作四路氣封開關因小環路電纜頭故障被電弧灼傷。

###### (2)間接原因：

S.O.P 規定使用之安全護具，棉質工作服、安全帽(含防護面罩)、橡皮絕緣手套及絕緣鞋等，尚不足以有效防止突發之電弧灼傷作業人員。。

###### (3)不安全環境：

供電中#1 肘型端頭故障，故障電流衝擊壓接端子融毀，產生電弧灼傷作業人員。



### 3.事故檢討

- (1)當日作業前工具箱邊活動及預知危險活動(TBM-KY)落實，作業人員能正確使用安全防護器具，雖電纜頭故障產生電弧，慶幸作業人員僅腰部體表部份被灼傷。
- (2)當時安全作業標準並未明定作業人員操作類似開關須穿著防燄保護衣。
- (3)該單位檢討事故肇因後，為杜絕爾後從事搶修人員免於被電弧灼傷威脅，購置電氣操作防燄保護衣(符合 CNS 10285 L3196 A4 法 1 級規範)，供作業人員操作類似開關時使用。
- (4)操作開關須穿著防燄保護衣，使用部門按月填報使用防燄保護衣意見表，每 6 個月彙整檢討成效。

#### (二)操作四路分歧接頭作業勞工被電弧灼傷

##### 1.事故原因概述：

98年○月○日某事業單位勞工，從事地下配電線路故障搶修作業，在領班監視下作業人員穿戴防護具，於裝甲開關箱內使用肘型端投操作棒裝設插頭封套時，C相套管插頭突然故障產生電弧，作業人員閃避不及被灼傷頸部。



圖 19.20：事故裝甲開關箱及使用之絕緣手套

##### 2.災害原因分析

###### (1)直接原因：

作業人員操作四路分歧接頭，套管插頭故障被電弧灼傷。

(2)間接原因：

S.O.P 規定使用之安全護具，棉質工作服、安全帽(含防護面罩)、橡皮絕緣手套及絕緣鞋等，尚不足以有效防止突發之電弧灼傷作業人員。



圖 21：作業現場使用之護工具

(3)不安全環境：

密封設備內部故障，無法經由外觀檢視察覺該設備失去應有之功能，有產生電弧灼傷作業人員之潛在危險。

3.事故檢討

- (1)當日作業前工具箱邊活動及預知危險活動(TBM-KY)落實，作業人員能正確使用安全防護器具，雖套管插頭故障產生電弧，慶幸作業人員僅頸部被灼傷。
- (2)當時安全作業標準並未明定作業人員操作四路分歧接頭須穿著防弧保護衣。
- (3)檢討事故肇因，為杜絕爾後從事搶修人員免於被電弧灼傷威脅，應督促從事類似作業人員處應正確使用防護具，並另購置電氣操作防弧保護衣(符合 CNS 10285 L3196 A4 法 1 級規範)，供作業人員操作開關時使用。

## 五、結語

提供符合標準之必要安全衛生設備，供作業勞工使用，並對從事電氣作業勞工施以預防災變之安全衛生教育訓練是雇主之責任，地下化開關設備受限於裝置地點空間狹窄，作業人員往往因未遵循安全作業標準施作或因設備故障，無法與突發之電弧保持防止灼傷之距離，導致傷害事故，藉案例來檢討安全作業標準之規定是否足以保障作業人員安全，必要時應及時修正，供作業人員遵循。

## 參考文獻

- (1) 中華民國國家標準 CNS、4598 Z2022。
- (2) 台灣電力公司材料標準 K105(94-07)
- (3) 中華民國國家標準 CNS 10285 L3196
- (4) 台灣電力公司事故專案檢討會議資料