

# 機械設備之作業

## 感電危害

### 預防手冊

機械設備之作業感電危害預防手冊

# 機械設備之作業 感電危害 預防手冊



委託單位



財團法人  
職業災害預防及重建中心  
Center for Occupational Accident Prevention and  
Rehabilitation (COAPRE)

編撰單位



中國勞工安全衛生管理學會  
Labor Safety & Health Management Society R.O.C

民國113年11月



財團法人  
職業災害預防及重建中心  
Center for Occupational Accident Prevention and  
Rehabilitation (COAPRE)

民國 113 年 11 月

# 機械設備之作業 感電危害預防手冊





# 目錄

圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI
第壹章 前言.....	01
第貳章 電的基礎知識.....	03
第參章 法令應用.....	09
第肆章 近 5 年內感電職災分析統計.....	23
第伍章 感電危害要因分析 - 魚骨圖之使用.....	33
第陸章 感電災害實務預防對策.....	37
第柒章 國際 EN60204-1 電氣安全說明.....	45
一、電氣設備應透過以下方式提供人員防感電保護.....	46
二、基本保護.....	46
三、故障保護.....	48
四、保護性超低電壓（PELV）的使用.....	50
第捌章 漏電檢測技術說明.....	51
第玖章 結論.....	63
參考資料.....	65





# 圖目錄

圖 2-1 直流電、交流電之電壓與時間關係與實際運用 .....	05
圖 2-2 直流簡易電路（電源、導線、負載三元件構成） .....	06
圖 2-3 開路與短路之電路圖 .....	06
圖 2-4 感電發生時電流通過身體連接至大地 .....	07
圖 2-5 感電類型 - 直接與間接感電 .....	07
圖 5-1 感電危害要因分析魚骨圖 .....	34
圖 6-1 保險絲與斷路器（無熔絲開關） .....	38
圖 6-2 機械設備外殼接地 .....	39
圖 6-3 漏電斷路器 .....	40
圖 6-4 隔離暴露帶電體的接觸 .....	40
圖 6-5 電工用安全帽、手套、眼鏡、鞋子 .....	41
圖 6-6 上鎖、掛牌 .....	41
圖 6-7 使用接地或雙重絕緣的電動工具 .....	44
圖 8-1 插頭與電線的連接處是最常見的電線破損位置 .....	52
圖 8-2 一般可顯示電壓之驗電器 .....	53
圖 8-3 類比三用電錶 .....	53
圖 8-4 漏電檢測箱 .....	54
圖 8-5 漏電斷路器動作原理 .....	55
圖 8-6 漏電斷路器 .....	55
圖 8-7 選擇所需的測試電流，使用“旋轉開關測試電流檔位”（30mA） ...	56
圖 8-8 確認漏電斷路器再開啟狀態 .....	56
圖 8-9 插入待測插座後按下測試按鈕 .....	56
圖 8-10 如果已經選擇了正確的測試電流，待測之漏電段路器會跳脫 .....	56
圖 8-11 系統接地與設備接地示意圖 .....	57

# 圖目錄

圖 8-12 電器開關箱內之系統接地端子 .....	57
圖 8-13 棒狀接地裝置 .....	58
圖 8-14 鉤表示電阻計量測設備接地線電阻式意圖 .....	59
圖 8-15 三用電表量測設備接地線電阻式意圖 .....	60
圖 8-16 絕緣電阻測試 .....	61
圖 8-17 電焊機自動防電擊功能檢測參考圖 .....	62
圖 8-18 延長線過電流保護裝置參考圖 .....	62





# 表目錄

表 2-1 電流量與身體反應關係 .....	08
表 3-1 低壓電路之最低絕緣電阻 .....	14
表 3-2 接地之種類及其接地電阻值表 .....	15
表 3-3 漏電保護接地電阻值 .....	16
表 3-4 內線系統單獨接地或設備共同接地之接地引接線線徑 .....	17
表 3-5 用電設備單獨接地之接地線或用電設備與內線系統共同接地之 連接線線徑 .....	17
表 3-6 漏電斷路器之種類 .....	21
表 3-7 漏電保護接地電阻值 .....	21
表 4-1 近五年勞工職業災害感電類型 - 按年度、行業分類 .....	25
表 4-2 近五年勞工職業災害保險感電傷害給付人次 — 按年度、行業、職業傷害分類 .....	28
表 4-3 近五年勞工職業災害保險感電傷害給付人次 — 按年度、性別、年齡、職業傷害分類 .....	31
表 6-1 界限距離一覽表 .....	42
表 6-2 台灣電力公司規定與輸配電線路應保持之最小安全距離 .....	42



## 第壹章

# 前言

# 第壹章 前言

工業革命以來，電能已是產業界機械設備不可或缺的驅動來源。一般作業人員、機械設備維修人員、電氣作業人員等間接或直接接觸電力的勞工群體，如果不採取足夠的預防措施，均可能會面臨危險。國內每年都有勞工因未適當管控的接觸電力而致意外事故受傷或死亡。當走捷徑且不遵循安全程序時，可能會發生生命損失、永久性傷害、工作時間損失、賠償成本增加與訴訟。

近年來，社會各界已經更加認識到勞工暴露於許多不同的電氣危害中，而職場勞工當然不應該亦不必要暴露於危險之中。作業勞工應該認知如何以及何時會接觸到危險，甚至如何評估危險與受傷風險。同時更必須了解如何選擇與使用可最大限度減少或消除受傷風險的工作實務，以及如何選擇與使用穿戴防護裝備可以減少或消除傷害風險。社會大眾意識到除了火災、感電之外，電弧閃光與電弧爆炸危險也會導致受傷。隨著距離勞工與電氣危險之間距離的減少、接觸頻率增加，電氣意外事故亦隨之增多。提升職場電氣安全環境，勞工必須先了解會面臨哪些危險。勞工將面臨所有相關電氣危險，且以多種不同作業需求方式呈現：

- ◎電氣設備、裝置與零件以及控制裝置具有使用壽命可能會故障。當發生故障時，工作人員應該找出問題所在，修復問題，使設備恢復正常使用。
- ◎延長電氣設備的使用壽命，必須對設備進行維護。作業人員開始維護任務之前，電能可被移除，但這些任務經常在電源通電時執行。
- ◎增添新的設備或電路必須修改設備或電路，員工可能需要暫時在帶電的環境中工作。
- ◎設備無法正常運作時，作業人員可能會打開門或取下蓋子而暴露帶電導體。在許多情況下，作業人員可能會在電路帶電時進行故障排除。
- ◎作業完成後，作業人員有時會留下新的危險情況，例如設備門蓋半開、門鎖打開；門蓋使用少數螺絲上緊；或拆除設備留下開口。

為消除或減少感電事故發生，勞工必須接受教育訓練，使其理解電學基本原理、危害、管控、檢測方法、與定期預防檢測管理等概念，方能期許其訂定與遵循相關管制措施，進而達到提升職場安全環境。本教材的內容是精進電氣安全工作場所的範本，亦為勞工與雇主提供有關如何避免意外事故的重要資訊。對於意外事故發生，藉由完整的調查方法，以使事故調查更有效率，並確認事實與情況、分析鑑定原因與決定改善行動，藉以降低感電事故再發生之機率。期許教材內容對於勞工與雇主而言，均為寶貴的資源。因為他們正在不斷努力，以確保職場安全，提供安全的工作場所不僅是一項經濟資產，而且是正確且該去做的事情〔Cadick, 2006〕。



## 第貳章

# 電的基礎知識

# 第貳章 電的基礎知識

## 一、電壓、電流、電阻與歐姆定律

### (一) 電壓：

水流過管道前必須存在力或壓力，相似地，電流過導體是因為存在電壓。電壓的測量單位是伏特，符號為 V。

### (二) 電流：

電子要向特定方向移動，兩點之間必須存在電壓差。電子的連續流動稱為電流，符號是字母 I。它的大小以安培為單位，字母 A。常使用的毫安培 (mA) 用於表示安培的 1/1000 (0.001)。

### (三) 電阻：

電流沿著導體的運動會遇到一些阻力，這種反抗被稱為電阻，符號是字母 R。電阻可以在電氣工作中很有用，阻力可用於加熱、控制電流並向設備提供正確的電壓。電阻的單位為歐姆，符號為  $\Omega$ 。

一般來說，導體的電阻取決於四個因素：導體的材料、長度、橫斷面積與溫度。不同的材料有不同的電阻，例如銀與銅的電阻較低，而鐵等其他材料的電阻較高。對於具有固定截面積的材料，總電阻與長度成正比，導體越長，電阻越大。電阻與截面積成反比變化，電阻隨著截面積的增加而減少。如以公式表示電阻 (R)、長度 (L)、截面積 (A) 三者之關係如下：

$$R \propto L/A$$

另外，金屬的電阻隨著溫度的升高而增加。

歐姆定律描述了三個基本電量之間的關係：電流、電壓與電阻。它是電學領域重要且最常用的定律之一。簡單來說，以伏特為單位的電壓 (V) 等於以安培為單位的電流 (I) 乘以歐姆為單位的電阻 (R)，以方程式表示如下：

$$V = I R$$

例如：如果電壓為 100 伏特，電阻為 25 歐姆，則電路中的電流為多少？

$$I = V/R = 100/25 = 4 \text{ 安培}$$

### (四) 導電性：

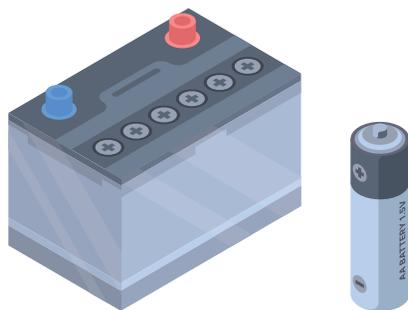
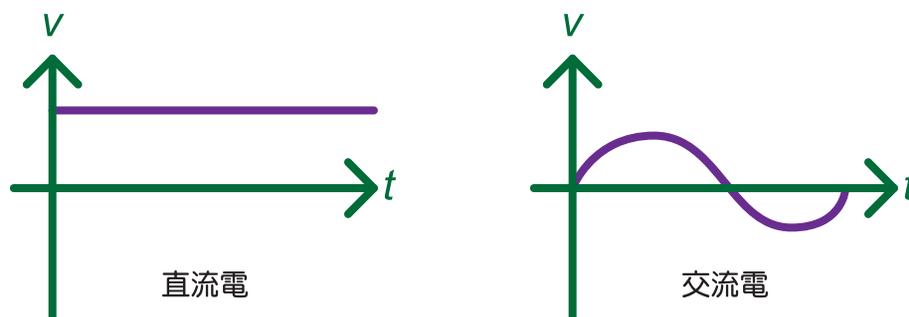
電流在某些材料比其他材料更容易流動，這些物質（例如金屬）通常對電流具有非常高的流動且阻力很小，稱為“導體”。一個常見但可能被忽略的導體就是地球本體或大地，其他如玻璃、塑膠、瓷器、黏土、陶器、乾木及類似物質通常減慢或停止電流，他們被稱為“絕緣體”。即使通常是絕緣體的空氣也可以成為導體，如電弧或雷擊期間發生的情況。

純水是不良導體，但少量水中的雜質，如鹽、酸、溶劑或其他物質可以轉變水本身，使通常充當絕緣體變成導體或更好的導體。例如，乾燥的木材通常會減慢或阻止電流，但當木頭被

水弄濕時，就會變成導體。人的皮膚也是如此，乾性皮膚有相當高對電流的抵抗力。但當皮膚潮濕時，它便成為導體。因此，在潮濕的環境中電氣相關作業需要格外小心，防止感電危險。

## 二、直流與交流電路

雖然交流電在電氣工作上較常用，直流電有其獨特之應用與優點。直流電總是朝著一個方向流動，例如，某些直流馬達的速度控制特性在某些方面較好操控。採用直流電為蓄電池充電，用於電鍍操作，用於鋁精煉，並操作電磁起重裝置與大多數焊接設備。直流電沿一個方向連續流過電路，因為電壓源的極性永遠不會改變，但交流電的方向與值都會快速變化（圖 2-1）。在交流電路中，電流從正極流向負極，就像在直流電路中一樣，但交流端子的極性定期間隔反轉，導致電流方向也反轉。



蓄電池、乾電池



3Ø AC220V 60HZ

圖 2-1 直流電、交流電之電壓與時間關係與實際運用

一個完整的電路控制電流沿線的流動或運動是有必要性的。一個完整的電路由電源（例如電池）、導體、與消耗設備（負載）構成，電流沿著完整路徑的運動提供能量，如圖 2-2。如果電路是這種排列使電流只有一條路徑，該電路稱為串聯電路；如果有兩條或多條電流路徑的電路，則稱為並聯電路。

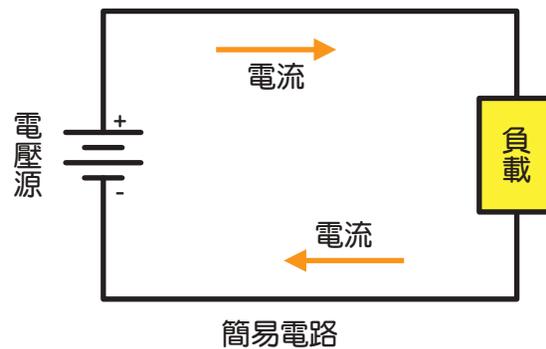


圖 2-2 直流簡易電路（電源、導線、負載三元件構成）

如圖 2-3 所示，開路是指沒有完整的電流路徑的電路，因此，沒有電流流動。這種不完整的路徑通常是因連接鬆脫或開關打開所致，而短路則是一種對電流具有低阻力的路徑，通常當低電阻線跨接在消耗設備上而形成。數量較大的電流通過電阻最小的路徑，而不是流經消耗裝置的路徑。短路通常會產生過量電流，導致過熱而可能造成火災或其他損壞。

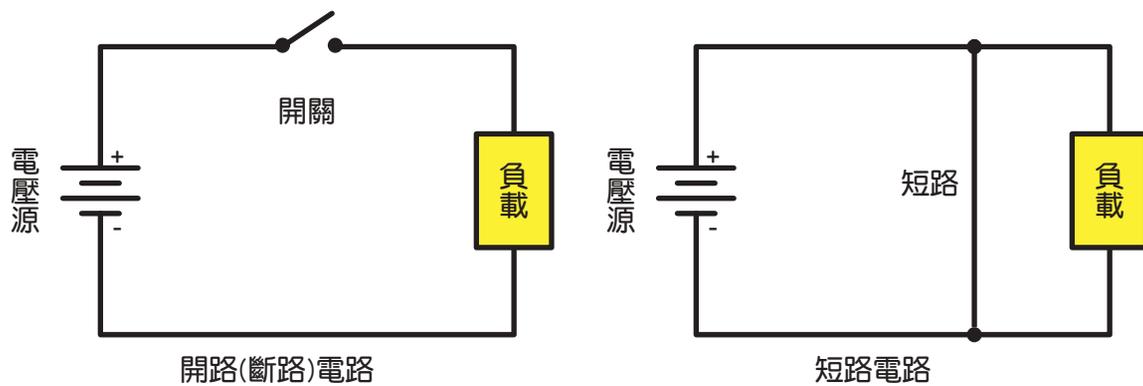


圖 2-3 開路與短路之電路圖

### 三、感電的發生

電流在閉合電路中透過導體傳輸，但有時一個人的身體即為一個有效率的電導體，錯誤地成為電路的一部分，導致感電的發生。當一個人的身體構成下列電流通路時便會發生感電情形：

- 有電壓差的兩條電線
- 帶電導體與接地線
- 因絕緣體破裂而漏電
- 一個承載電流的導體

當人受到電擊時，電流會在身體的某些部位或透過身體連接地表或大地，如圖 2-4。如以導體帶電正常與否加以分類，則有直接感電與間接感電（或稱為故障感電、漏電感電）之分，如圖 2-5 所示。



圖 2-4 感電發生時電流通過身體連接至大地

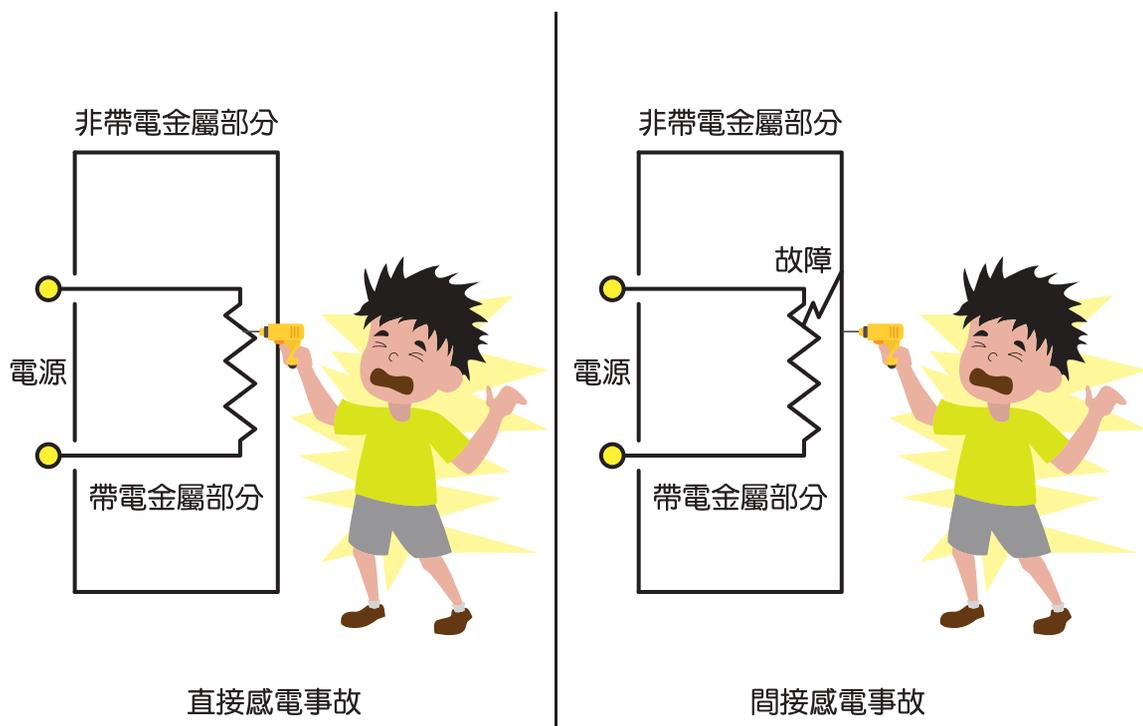


圖 2-5 感電類型—直接與間接感電

## 四、電的危害

感電可能會導致任何輕微的後果、刺痛感、或立即心臟驟停，嚴重程度取決於以下因素：

- 流經身體的電流量
- 電流通過身體的路徑
- 電流停留在身體的時間長短
- 電流的頻率

當電流通過身體從手到腳 1 秒的時間 [OHSA. 2002]，下表 2-1 顯示電流量與身體反應之間的一般關係。

表 2-1 電流量與身體反應關係

AC (mA) 60Hz		AC (mA) 10KHz		DC (mA)		人體反應
男	女	男	女	男	女	
1.1	0.7	12	8	5.2	3.5	有刺痛的感覺
9	6	55	37	62	41	肌肉可自由活動
16	10.5	75	50	74	50	肌肉無法自由活動
23	15	94	63	90	60	肌肉僵硬，呼吸困難
100	100	500	500	500	500	有心室顫動的可能（電擊時間 3.0 秒）

燒傷是最常見的感電相關傷害之一，感電事故可能會導致觸電燒傷，電弧燒傷、熱接觸燒傷或燒傷的組合。電燒傷是最嚴重的燒傷之一，需要立即就醫。燒傷的發生則因電流流經組織或骨骼，產生導致組織損傷的熱量所致。身體附近發生電弧或爆炸產生的高溫，亦可能導致電弧或閃光灼傷，這些燒傷應及時治療。當皮膚接觸過熱電導體、通路、或其他帶電設備的熱表面，會引起熱接觸的灼傷，而熱燒傷也可能是當電弧引起衣服著火時發生的。

除了電擊與燒傷危險外，電力還會造成其他危險。例如，由於短路而產生的電弧電路可能會造成傷害或引發火災。極高能量電弧會損壞設備，導致金屬碎片向各個方向飛出。當空氣中含有易燃氣體、蒸氣或可燃粉塵的環境，即使是低能量的電弧也會引起猛烈的爆炸。

當一個人受到電擊時，有時電刺激導致肌肉收縮，這種「僵固」效應使人無法掙脫電路。這是極度危險的，因為它會增加接觸電力的時間，因為電流引起水泡，同時降低身體的電阻而增加電流量。暴露時間愈長，發生嚴重後果的風險就愈大。即使在相對較低的電壓下長時間暴露，也會與短時間暴露在較高電壓下一樣危險，低電壓並不意味著低危害。

除了導致僵固的肌肉收縮之外，電擊亦會引起不自主的肌肉反應，這些反應可能導致多種其他傷害碰撞或跌倒，包括瘀傷、骨折，以及甚至死亡。如果一個人感電被帶電體僵固，請立即關閉電源。如果不可能阻斷電流，請使用任何非導電材料製成的棒、板等，安全地將人推或拉離接觸。快速行動很重要，但記得要做好防護自己免遭感電的傷害。

感電可能會造成比眼睛見到更嚴重的傷害，受害者可能會內出血，以及內部組織、神經與肌肉等非眼睛可見的損傷，或也可能發生腎損傷。如果有人遭受感電而休克，必須立即尋求醫療協助。



## 第參章

# 法令應用

# 第參章 法令應用

遵循國內法規要求正確使用與安裝電氣相關設備，並確實執行接地，確保配電與用電安全為降低電氣災害之首要原則，進而防止電氣引起之意外事故。遵守相關法令的所有要求（包括職業安全衛生法與電業法的要求）可協助保持工作場所安全並避免事故與傷害。

機械設備作業人員多處於低壓（600 伏特以下）電氣環境，因此，未將高電壓相關條文列出，相關人員宜參考有關的法令與事業單位規範。在職安法的部分依據過去勞動及職業安全衛生研究所之研究顯示，違反「職業安全衛生設施規則」較多之條款有十餘條之多，詳如項次一所列出。其中以違反第 256 條，雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器具最多，其次為第 239 條，雇主對於電氣設備裝置、線路，應依電業法規及職業安全衛生相關法規之規定施工，所使用電氣器材及電線等，並應符合國家標準規格，再其次為第 246 條，未採取防止絕緣被破壞或老化等措施，及第 243 條，未按規定設置感電防止用漏電斷路器。另外，在職業安全衛生管理辦法要求雇主建立管理系統，對於電氣設備應定期實施檢查，提升安全衛生管理水準。電業法的規定對於電氣環境之安全至關重要，因條文眾多僅將職場作業環境感電危害預防最為相關之內容，條列於項次二。

## 一、職業安全衛生法

### （一）職業安全衛生設施規則：

本規則依職業安全衛生法第六條第三項規定訂定之。

**第 239 條** 雇主使用之電氣器材及電線等，應符合國家標準規格。

**第 241 條** 雇主對於電氣機具之帶電部分（電熱器之發熱體部分，電焊機之電極部分等，依其使用目的必須露出之帶電部分除外），如勞工於作業中或通行時，有因接觸（含經由導電體而接觸者，以下同）或接近致發生感電之虞者，應設防止感電之護圍或絕緣被覆。但電氣機具設於配電室、控制室、變電室等被區隔之場所，且禁止電氣作業有關人員以外之人員進入者；或設置於電桿、鐵塔等已隔離之場所，且電氣作業有關人員以外之人員無接近之虞之場所者，不在此限。

**第 243 條** 雇主為避免漏電而發生感電危害，應依下列狀況，於各該電動機具設備之連接電路上設置適合其規格，具有高敏感度、高速型，能確實動作之防止感電用漏電斷路器：

- 一、使用對地電壓在一百五十伏特以上移動式或攜帶式電動機具。
- 二、於含水或被其他導電度高之液體濕潤之潮濕場所、金屬板上或鋼架上等導電性良好場所使用移動式或攜帶式電動機具。
- 三、於建築或工程作業使用之臨時用電設備。

- 第 246 條** 雇主對勞工於作業中或通行時，有接觸絕緣被覆配線或移動電線或電氣機具、設備之虞者，應有防止絕緣被破壞或老化等致引起感電危害之設施。
- 第 250 條** 雇主對勞工於良導體機器設備內之狹小空間，或於鋼架等致有觸及高導電性接地物之虞之場所，作業時所使用之交流電焊機，應有自動電擊防止裝置。但採自動式焊接者，不在此限。
- 第 254 條** 雇主對於電路開路後從事該電路、該電路支持物、或接近該電路工作物之敷設、建造、檢查、修理、油漆等作業時，應於確認電路開路後，就該電路採取下列設施：
- 一、開路之開關於作業中，應上鎖或標示「禁止送電」、「停電作業中」或設置監視人員監視之。
  - 二、開路後之電路如含有電力電纜、電力電容器等致電路有殘留電荷引起危害之虞，應以安全方法確實放電。
  - 三、開路後之電路藉放電消除殘留電荷後，應以檢電器具檢查，確認其已停電，且為防止該停電電路與其他電路之混觸、或因其他電路之感應、或其他電源之逆送電引起感電之危害，應使用短路接地器具確實短路，並加接地。
  - 四、前款停電作業範圍如為發電或變電設備或開關場之一部分時，應將該停電作業範圍以藍帶或網加圍，並懸掛「停電作業區」標誌；有電部分則以紅帶或網加圍，並懸掛「有電危險區」標誌，以資警示。
  - 五、前項作業終了送電時，應事先確認從事作業等之勞工無感電之虞，並於拆除短路接地器具與紅藍帶或網及標誌後為之。
- 第 256 條** 雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器具。
- 第 263 條** 雇主對勞工於架空電線或電氣機具電路之接近場所從事工作物之裝設、解體、檢查、修理、油漆等作業及其附屬性作業或使用車輛系營建機械、移動式起重機、高空工作車及其他有關作業時，該作業使用之機械、車輛或勞工於作業中或通行之際，有因接觸或接近該電路引起感電之虞者，雇主除應使勞工與帶電體保持規定之接近界限距離外，並應設置護圍、或於該電路四周裝置絕緣用防護裝備等設備或採取移開該電路之措施。但採取前述設施顯有困難者，應置監視人員監視之。
- 第 290 條** 雇主對於從事電氣工作之勞工，應使其使用電工安全帽、絕緣防護具及其他必要之防護器具。

## (二) 職業安全衛生管理辦法：

本辦法依職業安全衛生法第二十三條第四項規定訂定，雇主應依其事業之規模、性質，設置安全衛生組織及人員，建立職業安全衛生管理系統，透過規劃、實施、評估及改善措施等管理功能，實現安全衛生管理目標，提升安全衛生管理水準。

**第 31 條** 雇主對於低壓電氣設備，應每年依下列規定定期實施檢查一次：

- 一、低壓受電盤及分電盤（含各種電驛、儀表及其切換開關等）之動作試驗。
- 二、低壓用電設備絕緣情形，接地電阻及其他安全設備狀況。
- 三、自備屋外低壓配電線路情況。

## 二、電業法

### （一）用戶用電設備裝置規則：

本規則依電業法第 60 條第 2 項規定訂定之。

**第 15 條** 導線之連接及處理依下列規定辦理：

- 一、導線應儘量避免連接。
- 二、連接導體時，應將導體表面處理乾淨後始可連接，連接處之溫升，應低於導體容許之最高溫度。
- 三、導線之連接：
  - （一）接續：導線互為連接時，應以銅套管壓接，或採用銅焊、壓力接頭連接，或經設計者確認之接續裝置或方法。
  - （二）終端連接：連接導體至端子組件，應使用壓力接線端子（包括固定螺栓型）、熔焊接頭或可撓線頭，並確保其連接牢固，且不會對導體造成損害。
- 四、導線之連接若不採用前款規定者，應按下列方式連接，且該連接部分應加焊錫：
  - （一）直線連接：
    1. 連接直徑二・六公厘以下之實心線時，依實心線直接連法處理。
    2. 絞線連接，以不加繫線之延長連接時，依絞線直接連接法處理；七股絞線先剪去中心之一股，一九股絞線先剪去中心七股，三七股絞線先剪去中心一九股後再連接。
    3. 絞線連接，以加繫線之延長連接時，依絞線加繫線之延長連接法處理，中心股線剪去法同前述。
  - （二）分歧連接：
    1. 連接直徑二・六公厘以下之實心線時，依實心線分歧連接法處理。
    2. 絞線連接，以不加繫線之分歧連接時，依絞線分歧連接法處理。
    3. 絞線連接，以加繫線之分歧連接時，絞線加繫線之分歧連接法處理。
  - （三）終端連接：
    1. 連接直徑二・六公厘以下之實心線時，依實心線終端連接法處理。
    2. 連接線徑不同之實心線時，依不同線徑之實心線終端連接法處理。

3. 連接絞線，以銅接頭焊接或壓接，依絞線之終端連接法處理。

五、連接兩種不同線徑之導線，應依線徑較大者之連接法處理。

六、可撓軟線與他種導線連接時，若為實心線，依實心線之連接法；若為絞線，依絞線之連接法處理。

七、連接處之絕緣：

(一) 所有連接處應以絕緣體或絕緣裝置包覆；其絕緣等級不得低於導線絕緣強度。

(二) 聚氯乙烯 (PVC) 絕緣導線應使用 PVC 絕緣膠帶纏繞連接處之裸露部分，使其與原導線之絕緣相同。纏繞時，應就 PVC 絕緣膠帶寬度二分之一重疊交互纏繞，並掩護原導線之絕緣外皮一五公厘以上。

八、裝設截面積八平方公厘以上之絞線於開關時，應將線頭焊接於銅接頭中或用銅接頭壓接。但開關附有銅接頭者，不在此限。

九、導線在導線管內不得連接。

#### 第 19 條 低壓電路之絕緣電阻依下列規定之一辦理：

一、除下列各目規定外，低壓電路之導線間及導線與大地之絕緣電阻，於多芯電纜或多芯導線係芯線相互間及芯線與大地之絕緣電阻，於進屋線、幹線或分路之開關切開，測定電路絕緣電阻，應有表 3-1 規定值以上。冬雨及鹽害嚴重地區，裝置二年以上電燈線路絕緣電阻不得低於  $0.05 \text{ M}\Omega$ 。

(一) 符合前條規定之須接地部分。

(二) 符合第七款升降機、起重機及類似可移動式機器，以及第八款規定之遊樂用電車部分。

(三) 旋轉機及整流器之電路。

(四) 符合第二十一條規定之變壓器部分。

(五) 開關、過電流保護裝置、電容器、感應型電壓調整器、變比器及其他器具之接線及匯流排之電路。

二、低壓導線間之絕緣電阻應隔離電機器具內之電路，僅測定低壓屋內線、移動電線及燈具線等之線間絕緣電阻。

三、低壓電路之導線與大地之絕緣電阻應為低壓屋內線、移動電線及電機器具內之電路與大地之絕緣電阻，即電機器具在使用狀態所測定之電路與大地之絕緣電阻。

四、新設時絕緣電阻，應在一  $\text{M}\Omega$  以上。

五、既設線路之定期或非定期絕緣測定，以在接戶開關箱量測為原則。自接戶線至接戶開關間絕緣電阻測定有困難者，得僅測定洩漏電流。

六、低壓電路之絕緣電阻測定應使用五〇〇伏額定或二五〇伏額定（二二〇伏以下電路用）之絕緣電阻計或洩漏電流計。

七、升降機、起重機及類似可移動式機器，使用滑行導線供電者，除三〇〇伏

以下，採用絕緣導線或由一次電壓三〇〇伏以下之絕緣變壓器供電或接地電阻一〇 Ω 以下者外，導線與大地之絕緣電阻應保持表 3-1 規定值以上。新設時之絕緣電阻，應在一 MΩ 以上。

- 八、遊樂用電車之電源、接觸導線及電車內部電路與大地之絕緣電阻，以洩漏電流測定者，依下列規定辦理：
- (一) 接觸導線每一公里之洩漏電流，於使用電壓情形下，不得超過〇·一安（一〇〇毫安）。
  - (二) 電車內部電路之洩漏電流，在使用電壓情形下不得大於其額定電流之五千分之一。

表 3-1 低壓電路之最低絕緣電阻

電路電壓		使用絕緣電阻計 絕緣電阻 (M Ω)	使用洩漏電流計 洩漏電流 毫安 (mA) 以下
300 伏 以下	對地電壓 150 伏 以下	0.1	1.0
	對地電壓超過 150 伏	0.2	1.0
超過 300 伏		0.4	1.0

九、屋外配線之絕緣導線與大地之絕緣電阻，於多芯電纜或多芯導線芯線相互間及芯線與大地之絕緣電阻，在額定電壓情形下，各導線之洩漏電流不得大於額定電流之二千分之一。單相二線式電路，非接地導線與大地之絕緣電阻，於額定電壓情形下洩漏電流不得大於額定電流之二千分之一。

**第 24 條** 接地系統之接地方式及搭接依下列規定之一辦理：

- 一、系統接地：電氣系統之接地方式應能抑制由雷擊、線路突波，或意外接觸較高電壓線路所引起之異常電壓，且可穩定正常運轉時之對地電壓。其接地方式如下：
  - (一) 內線系統接地：用戶用電線路屬於被接地導線之再行接地。
  - (二) 低壓電源系統接地：配電變壓器之二次側低壓線或中性線之接地。
  - (三) 設備與系統共同接地：內線系統接地與設備接地共用一接地導線或同一接地電極。
- 二、設備接地：用電設備及用電器具之非帶電金屬部分應予接地。
- 三、設備搭接：用電設備及用電器具之非帶電金屬部分，或其他可能帶電之非帶電導電體或設備，應連接至系統接地，建立有效接地故障電流路徑。

四、有效接地故障電流路徑：

- (一) 可能帶電之用電設備、用電器具、配線及其他導電體，應建立低阻抗電路，使過電流保護裝置或高阻抗接地系統之接地故障偵測器動作。
- (二) 若配線系統內任一點發生接地故障時，該有效接地故障電流路徑應能承載回流至電源之最大接地故障電流。
- (三) 大地不得視為有效之接地故障電流路徑。

第 25 條

- 接地之種類及其接地電阻值依表 3-2 規定。
- 太陽光電發電系：統之直流側得依第三百九十六條之四十七第三款規定與交流內線系統共同接地，其接地電阻值適用表 3-2 規定。

表 3-2 接地之種類及其接地電阻值表

種類	適用處所	電阻值
特種接地	電業三相四線多重接地系統供電地區，用戶變壓器之低壓電源系統接地，或高壓用電設備接地。	10Ω 以下
第一種接地	電業非接地系統供電地區，用戶高壓用電設備接地。	25Ω 以下
第二種接地	電業三相三線式非接地系統供電地區，用戶變壓器之低壓電源系統接地。	50Ω 以下
第三種接地	用戶用電設備： 低壓用電設備接地。 內線系統接地。 變比器二次線接地。 支持低壓用電設備之金屬體接地。	1. 對地電壓 150V 以下：100Ω 以下 2. 對地電壓 151V 至 300V：50Ω 以下 3. 對地電壓 301V 以上：10Ω 以下

註：裝用漏電斷路器，其接地電阻值可按表 3-3 辦理。

表 3-3 漏電保護接地電阻值

漏電斷路器額定靈敏度 動作電流（毫安）	接地電阻（歐姆）	
	潮濕處所	其他處所
30	500	500
50	500	500
75	333	500
100	250	500
150	166	333
200	125	250
300	83	166
500	50	100
1000	25	50

第 26 條 接地及搭接導線之大小應符合下列規定之一辦理：

一、特種接地

- (一) 變壓器容量五〇〇千伏安以下接地電極導線應使用二二平方公厘以上絕緣線。
- (二) 變壓器容量超過五〇〇千伏安接地電極導線應使用三八平方公厘以上絕緣線。

二、第一種接地應使用五·五平方公厘以上絕緣線。

三、第二種接地：

- (一) 變壓器容量超過二〇千伏安之接地電極導線應使用二二平方公厘以上絕緣線。
- (二) 變壓器容量二〇千伏安以下之接地電極導線應使用八平方公厘以上絕緣線。

四、第三種接地：

- (一) 變比器二次線接地應使用三·五平方公厘以上絕緣線。
- (二) 內線系統單獨接地或與設備共同接地之接地引接線，按表 3-4 規定。
- (三) 用電設備單獨接地之接地線或用電設備與內線系統共同接地之連接線按表 3-5 規定。

表 3-4 內線系統單獨接地或設備共同接地之接地引接線線徑

接戶線中之最大載面積 (mm <sup>2</sup> )	同接地導線大小 (mm <sup>2</sup> )
30 以下	8
38-50	14
60-80	22
超過 80-200	30
超過 200-325	50
超過 325-500	60
超過 500	80

表 3-5 用電設備單獨接地之接地線或用電設備與內線系統共同接地之連接線線徑

過電流保護器之額定或標置	銅接地導線之大小
20A 以下	1.6 公厘 (2.0 平方公厘)
30A 以下	2.0 公厘 (3.5 平方公厘)
60A 以下	5.5 平方公厘
100A 以下	8 平方公厘
200A 以下	14 平方公厘
400A 以下	22 平方公厘
600A 以下	38 平方公厘
800A 以下	50 平方公厘
1000A 以下	60 平方公厘
1200 A 以下	80 平方公厘
1600A 以下	100 平方公厘
2000 A 以下	125 平方公厘
2500A 以下	175 平方公厘
3000A 以下	200 平方公厘
4000A 以下	250 平方公厘
5000A 以下	350 平方公厘
6000A 以下	400 平方公厘

**第 27 條** 接地系統應依下列規定施工：

- 一、低壓電源系統接地之位置應在接戶開關電源側之適當場所。
- 二、以多線式供電之用戶，其中性線應施行內線系統接地。
- 三、用戶自備電源變壓器，其二次側對地電壓超過一五〇伏，採用設備與系統共同接地。
- 四、設備與系統共同接地，其接地導線之一端應妥接於接地極，另一端引至受電箱、表前開關箱或接戶開關箱任擇一處，再由該處引出設備接地連接線，施行內線系統或設備之接地。
- 五、三相四線多重接地供電地區，用戶低壓用電設備與內線系統共同接地時，其自備變壓器之低壓電源系統接地，不得與一次電源之中性線共同接地。
- 六、接地導線應使用銅導體，包括裸線、被覆線、絕緣線或匯流排。個別被覆或絕緣之設備接地導線，其外觀應為綠色或綠色加一條以上之黃色條紋者。
- 七、一四平方公厘以上絕緣被覆線或僅由電氣技術人員維護管理處所使用之多芯電纜之芯線，在施工時於每一出線頭或可接近之處以下列方法之一做永久識別時，可做為接地導線，接地導線不得作為其他配線。
  - (一) 在露出部分之絕緣或被覆上加上條紋標誌。
  - (二) 在露出部分之絕緣或被覆上著上綠色。
  - (三) 在露出部分之絕緣或被覆上以綠色之膠帶或自黏性標籤作記號。
- 八、低壓電源系統應按下列原則接地：
  - (一) 電源系統經接地後，其對地電壓不超過一五〇伏，該電源系統除第 27 條之 1 另有規定外，必須加以接地。
  - (二) 電源系統經接地後，其對地電壓不超過三〇〇伏者，除另有規定外應加以接地。
  - (三) 電源系統經接地後，其對地電壓超過三〇〇伏者，不得接地。
  - (四) 電源系統供應電力用電，其電壓在一五〇伏以上，六〇〇伏以下而不加接地者，應加裝接地檢示器。
- 九、低壓用電器具及其配線應加接地者如下：
  - (一) 低壓電動機之外殼。
  - (二) 金屬導線管及其連接之金屬箱。
  - (三) 非金屬導線管連接之金屬配件如配線對地電壓超過一五〇伏或配置於金屬建築物上，或人員可觸及之潮濕場所者。
  - (四) 電纜之金屬被覆。
  - (五) X 線發生裝置及其鄰近金屬體。
  - (六) 對地電壓超過一五〇伏之其他固定式用電器具。

- (七) 對地電壓在一五〇伏以下之潮濕危險處所之其他固定式用電器具。
- (八) 對地電壓超過一五〇伏移動式用電器具。但其外殼具有絕緣保護不為人所觸及者不在此限。
- (九) 對地電壓一五〇伏以下移動式用電器具使用於潮濕處所或金屬地板上或金屬箱內者，其非帶電露出金屬部分需接地。

#### 第 27 之 1 條

- 五〇伏以上，低於六〇〇伏之交流電源系統，符合下列情形者，得免接地：
  - 一、專用於供電至熔解、提煉、回火或類似用途之工業電爐。
  - 二、獨立電源供電系統僅供電給可調速工業驅動裝置之整流器。
  - 三、由變壓器所供電之獨立電源供電系統，其一次側額定電壓低於六〇〇伏，且符合下列條件者：
    - (一) 該系統專用於控制電路。
    - (二) 僅由合格人員監管及維護。
    - (三) 連續性之控制電源。
  - 四、存在可燃性粉塵之危險場所運轉之電氣起重機。
- 非接地系統電源處，或系統第一個隔離設備處，應有耐久明顯標示非接地系統。

#### 第 28 條 用電器具及其配線應符合下列規定之一接地：

- 一、金屬盒、金屬箱或其他固定式用電器具之非帶電金屬部分，依下列之一施行接地：
  - (一) 妥接於被接地金屬導線管上。
  - (二) 在導線管內或電纜內多置一條接地導線與電路導線共同配裝，以供接地。該接地導線絕緣或被覆，應為綠色或綠色加一條以上之黃色條紋者。
  - (三) 個別裝設接地導線。
  - (四) 固定式用電器具牢固裝置於接地之建築物金屬構架上，且金屬構架之接地電阻符合要求，並且保持良好之接觸者。
- 二、移動式用電器具之設備接地依下列方法接地：
  - (一) 採用接地型插座，且該插座之固定接地極應予接地。
  - (二) 移動式用電器具之引接線中多置一條接地導線，其一端接於接地插頭之接地極，另一端接於用電器具之非帶電金屬部分。

#### 第 28 之 1 條 非用電器具之金屬組件，屬下列各款之一者，應連接至設備接地導線：

- 一、電力操作起重機及吊車之框架及軌道。
- 二、有附掛電氣導線之非電力驅動升降機之車廂框架。
- 三、電動升降機之手動操作金屬移動纜繩或纜線。

## 第 59 條

- 漏電斷路器以裝設於分路為原則。裝設不具過電流保護功能之漏電斷路器（RCCB）者，應加裝具有足夠啟斷短路容量之無熔線斷路器或熔線作為後衛保護。
- 下列各款用電設備或線路，應在電路上或該等設備之適當處所裝設漏電斷路器：
  - 一、建築或工程興建之臨時用電設備。
  - 二、游泳池、噴水池等場所之水中及周邊用電器具。
  - 三、公共浴室等場所之過濾或給水電動機分路。
  - 四、灌溉、養魚池及池塘等之用電設備。
  - 五、辦公處所、學校及公共場所之飲水機分路。
  - 六、住宅、旅館及公共浴室之電熱水器及浴室插座分路。
  - 七、住宅場所陽台之插座及離廚房水槽外緣一·八公尺以內之插座分路。
  - 八、住宅、辦公處所、商場之沉水式用電器具。
  - 九、裝設在金屬桿或金屬構架或對地電壓超過一五〇伏之路燈、號誌燈、招牌廣告燈。
  - 十、人行地下道、陸橋之用電設備。
  - 十一、慶典牌樓、裝飾彩燈。
  - 十二、由屋內引至屋外裝設之插座分路及雨線外之用電器具。
  - 十三、遊樂場所之電動遊樂設備分路。
  - 十四、非消防用之電動門及電動鐵捲門之分路。
  - 十五、公共廁所之插座分路。

## 第 62 條 漏電斷路器之選擇依下列規定辦理：

- 一、裝置於低壓電路之漏電斷路器，應採用電流動作型，且符合下列規定：
  - （一）漏電斷路器應屬表 3-6 所示之任一種。
  - （二）漏電斷路器之額定電流，不得小於該電路之負載電流。
  - （三）漏電警報器之聲音警報裝置，以電鈴或蜂鳴式為原則。
- 二、漏電斷路器之額定靈敏度電流及動作時間之選擇，應依下列規定辦理：
  - （一）以防止感電事故為目的而裝置之漏電斷路器，應採用高靈敏度高速型。但用電器具另施行外殼接地，其設備接地電阻值未超過表 3-7 接地電阻值，且動作時間在〇·一秒以內者（高速型），得採用中靈敏度型漏電斷路器。
  - （二）以防止火災及防止電弧損害設備等其他非防止感電事故為目的而裝設之漏電斷路器，得依其保護目的選用適當之漏電斷路器。

表 3-6 漏電斷路器之種類

類別	額定靈敏度電流（毫安）		動作時間
高靈敏度型	高速型	5、10、15、30	額定靈敏度電流 0.1 秒以內
	延時型		額定靈敏度電流 0.1 秒以上 2 秒以內
中靈敏度型	高速型	50、100、 200、300、 500、1000	額定靈敏度電流 0.1 秒以內
	延時型		額定靈敏度電流 0.1 秒以上 2 秒以內

註：漏電斷路器之最小動作電流，係額定靈敏度電流 50 % 以上之電流值。

表 3-7 漏電保護接地電阻值

漏電斷路器額定靈敏度 動作電流（毫安）	接地電阻（歐姆）	
	潮濕處所	其他處所
30	500	500
50	500	500
75	333	500
100	250	500
150	166	333
200	125	250
300	83	166
500	50	100
1000	25	50

第 62-1 條 插座裝設於下列場所，應裝設額定靈敏度電流為一五毫安以下，且動作時間 ○ · 一秒以內之漏電啟斷裝置。但該插座之分路已裝有漏電斷路器者，不在此限：

- 一、住宅場所之單相額定電壓一五〇伏以下、額定電流一五安及二〇安之插座：
  - （一）浴室。
  - （二）安裝插座供流理台上面用電器具使用者及位於水槽外緣一 · 八公尺以內者。
  - （三）位於廚房以外之水槽，其裝設插座位於水槽外緣一 · 八公尺以內者。
  - （四）陽台。

(五) 屋外。

二、非住宅場所之單相額定電壓一五〇伏以下、額定電流五〇安以下之插座：

(一) 公共浴室。

(二) 商用專業廚房。

(三) 插座裝設於水槽外緣一·八公尺以內者。但符合下列情形者，不在此限：

1. 插座裝設於工業實驗室內，供電之插座會因斷電而導致更大危險。
2. 插座裝設於醫療照護設施內之緊急照護區或一般照護區病床處，非浴室內之水槽。

(四) 有淋浴設備之更衣室。

(五) 室內潮濕場所。

(六) 陽台或屋外場所。

#### 第 100 條

- 可撓軟線及可撓電纜中間不得有接續或分歧。
- 可撓軟線及可撓電纜連接於用電器具或其配件時，接頭或終端處不得承受張力。

#### (二) 用電場所及專任電氣技術人員管理規則：

本規則依電業法第 60 條第 2 項規定訂定之。

##### 第 5 條第 1 項

用電場所應依下列規定置專任電氣技術人員：

- 一、特高壓受電之用電場所，應置高級電氣技術人員。
- 二、高壓受電之用電場所，應置中級電氣技術人員。
- 三、低壓受電且契約容量達五十瓩以上之工廠、礦場或供公眾使用之建築物，應置初級電氣技術人員。



## 第肆章

# 近 5 年內感電 職災分析統計

# 第肆章 近 5 年內感電職災 分析統計

依據勞動部統計數據，國內於民國 79 年至 88 年間（十年內）之重大職業災害件數中，感電災害計 746 件，平均每年發生感電重大職業災害約有 75 件，占有所有重大職業災害之 15.40%（占第 2 位）。

另有數據 [勞動及職業安全衛生研究所，2014 年] 顯示民國 100 年感電職災死亡 18 人為重大職災第 6 位（佔 6.7%），比二十年前（80 年）之感電 88 件，其死亡人數更大幅下降 79.5%。多年以來，在感電相關安全法規之完備補強，現場輔導檢查之強化，相關安全技術或設施之研究、引進與推廣，及落實電氣安全教育訓練，與現場設施之改善等產、官、學、研共同努力下，根據勞動部職業安全衛生署公布國內於民國 108 年至 112 年間（五年內）之職業災害件數中，感電災害計 231 件，平均每年發生感電職業災害約有 46 件，占有所有職業災害之 0.22%-0.45%。感電事故造成之重大傷害已有顯著減少，然每年仍有數十人罹災，許多家庭生計受到傷害，相關經濟損失不言而喻。

近五年（108 年至 112 年）發生感電災害之行業以製造業（109 件）與營造業（21 件）共 130 件最多，佔總災害件數之 56.3%，其次為電力及燃氣供應業（16 件）與批發及零售業（16 件）共 32 件，佔比總災害件數之 13.8%，詳如表 4-1。

罹災者之感電部位主要是手部，計 135 件，佔總罹災者 286 件之 47.2%，其次為臉部、腿部、胸部等。此外，在所有罹災者中，感電災害之媒介物以電氣設備最多，計 137 件，佔總災害件數之 59.3%，其次為其他媒介物（19 件）、其他設備（13 件）、一般動力機械（13 件）、環境（12 件）等。勞動及職業安全衛生研究所 2014 年的研究發現感電災害之媒介物以輸配電線路最多，其次為其他電器設備，再其次為手工具、電力設備、原動機、馬達及電弧熔接機，感電災害之觸電方式則以直接接觸帶電體較多。對於感電預防對策該研究報告亦多有闡述，相關作業人員應多加運用於實務工作，對於感電事故之防止定有助益。

此外，依據勞工職業災害保險給付人次資料顯示，近五年職業傷害、失能、死亡分別為 403 人（總傷害占比 0.17%）、49 人（總傷害占比 0.5%）、93 人（總傷害占比 3.6%），共計 545 人（總職災占比 0.2%），詳如表 4-2。如以性別分類，不論傷害、失能、或死亡，均以男性佔絕大多數比例 95% 以上。罹災者年齡分布範圍多集中在 20 歲至 60 歲之間，詳細分布如表 4-3。

在民國 104 年至 110 年間有限公開的重大職災摘要感電案例，包括 104 年 23 案、105 年 21 案、106 年 17 案、107 年 21 案、108 年 5 案、109 年 4 案、與 110 年 4 案，合計共 95 案。彙整分析案例發現職災媒介物以輸配電線路最多，其次為電力設備，再其次包括電弧熔接機、電鑽、冷氣機等。感電災害之觸電方式，則以直接碰觸帶電體最多。在許多感電案例中發現，工作環境存有潮溼、金屬等高導電性物質，例如積水、鐵架、鋼構等。本次調查 104 年至 110 年重大職災之感電事故的特質與過去研究之結果，並無顯著不同。然而，無論誤觸高壓電、直

接感電、或間接感電（漏電）之意外事故，其防範對策不外乎就是對高壓電保持安全距離，確保帶電體不外露即遮蔽與絕緣良好，交流電焊機裝設自動電擊防止裝置，設備做好接地，以及連接電路設置漏電斷路器等。但對於以上感電事故防止對策之落實，仍有賴釐定期維護保養計畫確保保護設備性能，與建立標準作業程序正確執行工序等，具備完善的管理系統方能提升電氣作業環境安全，消除與減少感電意外事故之發生。

表 4-1 近五年勞工職業災害感電類型 - 按年度、行業分類

年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
全產業人次	14442	13324	13448	12616	11318	65148
感電災害 全產業人次 (%)	45 (0.31)	60 (0.45)	30 (0.22)	45 (0.36)	51 (0.45)	231 (0.35)
農、林、漁、牧業		1				1
礦業及土石採取業						
製造業	18	37	16	18	20	109
食品及飼品製造業	2	2		2	1	7
飲料製造業						
菸草製造業						
紡織業	1	2	1	1		5
成衣及服飾品製造業		1		1		2
皮革、毛皮及其 製品製造業		1				1
木竹製品製造業						
紙漿、紙及紙製品製造業	1	1	1		2	5
印刷及資料儲存媒體 複製業						
石油及煤製品製造業	1					1

年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
全產業人次	14442	13324	13448	12616	11318	65148
感電災害 全產業人次 (%)	45 (0.31)	60 (0.45)	30 (0.22)	45 (0.36)	51 (0.45)	231 (0.35)
化學原材料、肥料、氮化合物、塑橡膠原料及人造纖維製造業				4	1	5
其他化學製品製造業					3	3
藥品及醫用化學製品製造業	2	1				3
橡膠製品製造業		1				1
塑膠製品製造業		4	2		4	10
非金屬礦物製品製造業		1			3	4
基本金屬製造業		2	1		1	4
金屬製品製造業	3	4	2		2	11
電子零組件製造業	1	4	1	4		10
電腦、電子產品及光學製品製造業		1	1	3		5
電力設備及配備製造業	3	3	2	2		10
機械設備製造業		7	4		1	12
汽車及其零件製造業	2	1			1	4
其他運輸工具及其零件製造業	1				1	2
家具製造業						
其他製造業	1	1	1	1		4
產業用機械設備維修及安裝業						

年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
全產業人次	14442	13324	13448	12616	11318	65148
感電災害 全產業人次 (%)	45 (0.31)	60 (0.45)	30 (0.22)	45 (0.36)	51 (0.45)	231 (0.35)
電力及燃氣供應業	6	2	3	3	2	16
用水供應及污染整治業	2		1			3
營建工程業	3	3		4	11	21
批發及零售業	3	1	2	7	3	16
運輸及倉儲業	3	4	1	3	1	12
住宿及餐飲業	1	4	2	2	1	10
出版影音及資通訊業	1	1			1	3
金融及保險業						
不動產業	2				1	3
專業、科學及技術服務業	1	1			1	3
支援服務業	3	1	3	1	2	10
公共行政及國防；強制性 社會安全		1	1		1	3
教育業		1		2	3	6
醫療保健及 社會工作服務業		2	1	5	3	11
藝術、娛樂及休閒服務業	1				1	2
其他服務業	1	1				2

表 4-2 近五年勞工職業災害保險感電傷害給付人次 - 按年度、行業、職業傷害分類

傷害						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
職業災害總數	45510	44225	47923	48408	46723	232789
感電災害全產業總數	85	71	81	76	90	403
農、林、漁、牧業	2	2	1	1		6
礦業及土石採取業						
製造業	23	19	22	17	23	104
電力及燃氣供應業	1		1	2	3	7
用水供應及污染整治業						
營建工程業	34	29	38	31	39	171
批發及零售業	6	4	6	12	7	35
運輸及倉儲業		2	2	1	2	7
住宿及餐飲業	4	1	1	2	2	10
出版影音及資通訊業	3	2			2	7
金融及保險業					1	1
不動產業		1			1	2
專業、科學及技術服務業	6	3	6	5	3	23
支援服務業	1	2	2	1		6
公共行政及國防； 強制性社會安全	1	1				2
教育業	1					1
醫療保健及 社會工作服務業	1		1	3		5
藝術、娛樂及休閒服務業		1			4	5
其他服務業	2	4	1	1	3	11
總計	85	71	81	76	90	403

失能						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
職業災害總數	1780	1797	2002	2092	2118	9789
感電災害全產業總數	11	8	8	12	10	49
農、林、漁、牧業						
礦業及土石採取業						
製造業	4	2	2	2	2	12
電力及燃氣供應業			2	1	2	5
用水供應及污染整治業						
營建工程業	4	3		6	4	17
批發及零售業		1	3	1		5
運輸及倉儲業		1		2	1	4
住宿及餐飲業						
出版影音及資通訊業						
金融及保險業						
不動產業						
專業、科學及技術服務業	1					1
支援服務業			1			1
公共行政及國防； 強制性社會安全		1				1
教育業						
醫療保健及 社會工作服務業						
藝術、娛樂及休閒服務業						
其他服務業	2				1	3
總計	11	8	8	12	10	49

死亡						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
職業災害總數	599	516	496	518	478	2607
感電災害全產業總數	18	20	19	20	16	93
農、林、漁、牧業	1	2		1	2	6
礦業及土石採取業						
製造業	3	5	6	5	6	25
電力及燃氣供應業					1	1
用水供應及污染整治業			1		1	2
營建工程業	8	8	8	10	3	37
批發及零售業	1	2	4	2	2	11
運輸及倉儲業	1				1	2
住宿及餐飲業	1					1
出版影音及資通訊業						
金融及保險業						
不動產業	1					1
專業、科學及技術服務業						
支援服務業		1		1		2
公共行政及國防； 強制性社會安全						
教育業						
醫療保健及 社會工作服務業						
藝術、娛樂及休閒服務業						
其他服務業	2	2		1		5
總計	18	20	19	20	16	93

表 4-3 近五年勞工職業災害保險感電傷害給付人次 - 按年度、性別、年齡、職業傷害分類

傷害						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
男	80	67	78	72	83	380
女	5	4	3	4	7	23
未滿 15						
15-19			1	1	1	3
20-24	5	5	8	7	11	36
25-29	6	9	12	9	12	48
30-34	8	12	13	8	8	49
35-39	13	8	10	7	11	49
40-44	14	10	9	11	10	54
45-49	10	11	3	9	15	48
50-54	8	5	9	11	13	46
55-59	9	5	10	6	6	36
60-64	8	6	4	7	3	28
65 以上	4		2			6
合計	85	71	81	76	90	403

失能						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
男	10	8	8	12	10	48
女	1					1
未滿 15						
15-19					1	1
20-24				2		2
25-29		3	1	1		5
30-34	2	1		2		5
35-39	4				3	7

失能						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
男	10	8	8	12	10	48
女	1					1
40-44			1	2	1	4
45-49	1	1	1	1	2	6
50-54	1	2	2		1	6
55-59	2	1	1	1		5
60-64	1		2	2	1	6
65 以上				1	1	2
合計	11	8	8	12	10	49

死亡						
年度	112 年	111 年	110 年	109 年	108 年	合計
男	18	19	19	20	16	92
女	0	1				1
未滿 15						
15-19						
20-24	1	2	2	3		8
25-29	2	2	5	2	4	15
30-34	4		3	2	4	13
35-39	1	5	1	3		10
40-44	2	5	1		4	12
45-49	2	2	1	7		12
50-54	3	2	2	2	3	12
55-59	3	2	1	1		7
60-64			2		1	3
65 以上			1			1
合計	18	20	19	20	16	93



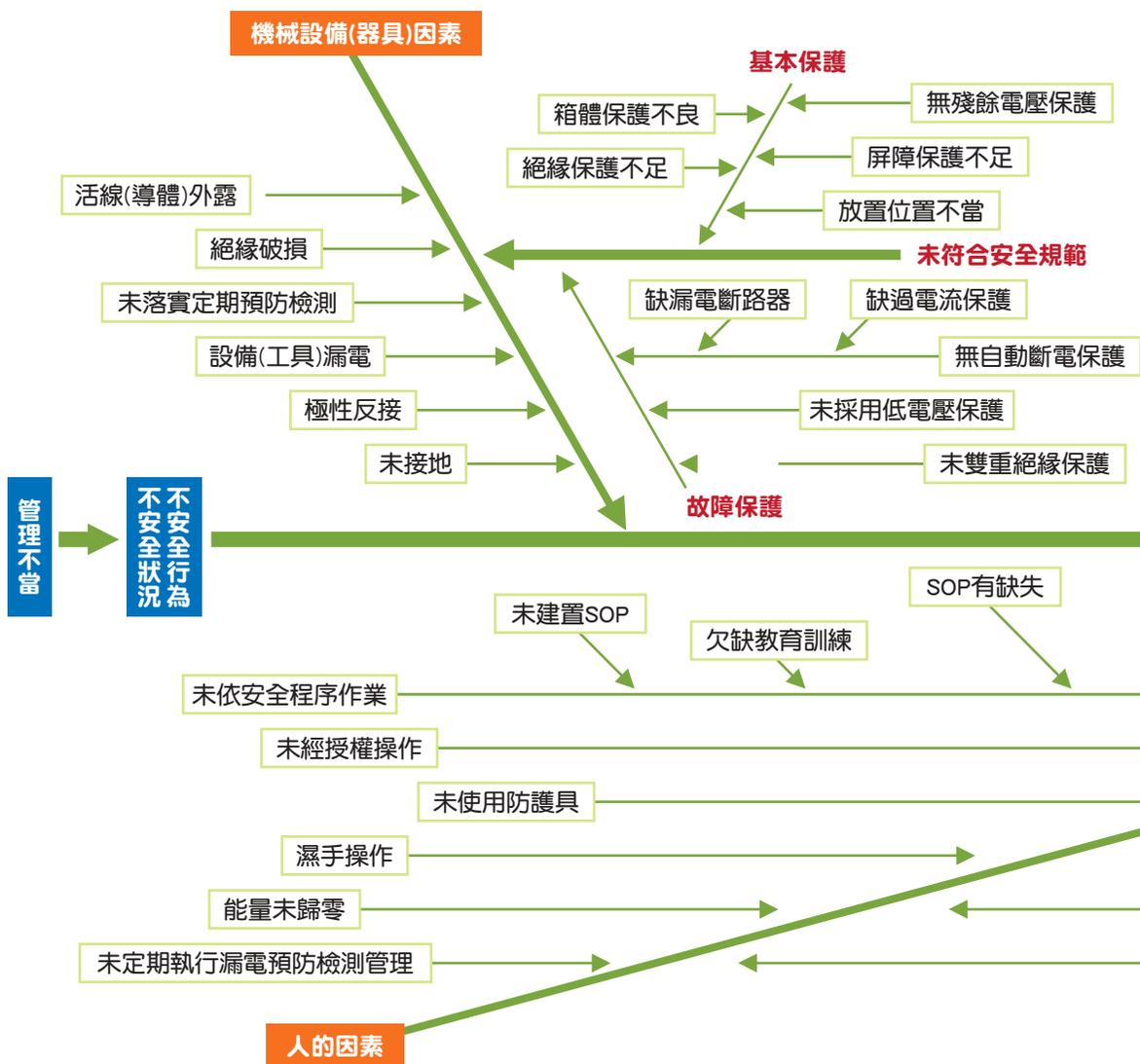
## 第五章

# 感電危害要因分析 魚骨圖之使用

# 第五章 感電危害要因分析 - 魚骨圖之使用

無論任何形式的危害，要防止其事故發生造成傷害，均有一共同原則，即”預防勝於治療”。職業安全衛生工作之目的，在於預防職業災害之發生，保障勞工身心安全健康，促進產業永續發展。然而，無災害零職災將為安全衛生永遠追尋之目標，唯有持續精進改善職場安衛環境，降低職災發生風險方為達標之道。任何意外事件或事故的發生，可能是多種原因造成之結果，唯有找到背後的發生原因，對症下藥才能做到亡羊補牢的效果，避免下次再度發生，進而提升職場安全環境。

職災發生不外乎存有不安全狀況與不安全行為（即間接原因），而根本原因仍為管理不佳。職場作業環境如能消除不安全狀況與不安全行為，便能防止意外事故發生。危害分析或意外事故調查常使用魚骨圖，以圖解展示問題與原因間的因果關係，特點為簡潔實用，深入直觀。意



外事故常為多種原因造成的結果，按相互關聯性整理而成的層次分明、條理清楚，並標出重要因素的圖形就叫特性要因圖。因其形狀如魚骨，所以稱為魚骨圖。選擇魚骨圖分析法，可識別造成問題的潛在原因，找出問題背後相關原因，對症下藥解決問題。

全員參與運用專業知識與經驗，進行腦力激盪分析要因，藉由引導進行有系統的探索人、機、環境內的危害，可同步促進團隊獲得共識及對問題的完整思考。魚骨圖右側代表問題導致之結果，魚骨側代表造成該結果之原因，包括脊椎骨、大骨、中骨、小骨…，分別代表趨勢、粗要因、中要因、細要因…，而成為完整之魚骨圖。在脊椎骨上下兩側記入大骨之粗要因，例如人（含方法）、機具設備（含材料）、環境三條大骨，或人、機具設備、材料、方法、環境五條大骨，在大骨之左右兩側記入中骨之中要因，以此類推繼續分析在中骨兩側記入小骨之細要因。針對魚骨圖標示逐項進行分析，深入分析造成感電事故主要原因，彙整重要原因分析結果，研擬因應對策進而提出具體可行解決方案。

下圖 5-1 為典型之感電危害要因分析圖，讀者可依據不同機械、設備、裝置、場域、作業類型等情境，增減魚骨分支進行系統化邏輯性分析，找出危害要因予以修正改善，消除或降低未來事故發生風險，或者調查導致意外事故發生之原因，加以補正避免下次再度發生。

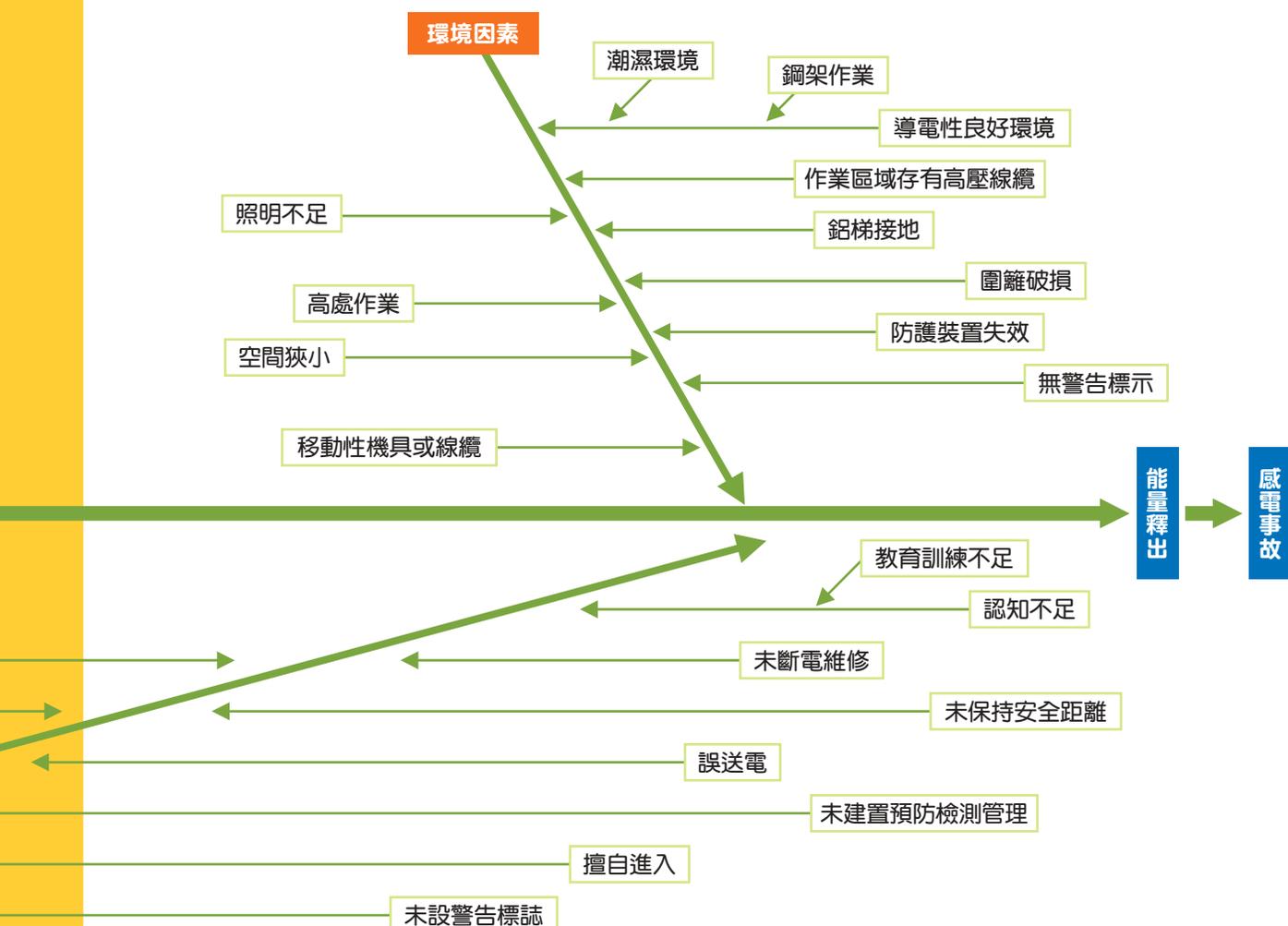


圖 5-1 感電危害要因分析魚骨圖

機械設備之感電危害要因分析有其共通性，三支大骨（粗要因）包括人、機、環境，其中人的因素屬於不安全行為，另不安全狀況則含機械設備與環境兩類。除環境因素因作業場域與方式各異，要因分析之中屬於環境的因素略有不同外，人的因素與機具設備在分析均有相當高之一致性。尤其，機械設備雖有各式種類，例如動力機械、裝卸搬運機械、其他設備等，仍可依循 EN 60204-1 標準對於電氣相關裝置之安全要求進行分析。

設計與安裝階段之安全考量是否完善？以及後續使用之維護檢查是否存有缺失？另外，在人的因素則考量是否有訂定作業標準？作業標準是否有缺失？或作業人員是否遵循作業標準？如對中要因探究原因，則可進一步發現更多導致結果的來源，然最終之根本原因應歸咎於管理不當有待精進。



## 第陸章

# 感電災害實務 預防對策

# 第陸章 感電災害實務預防對策

由於可能發生感電危險，法規規定（職安衛設施規則與用電場所及專任電氣技術人員管理規則）只有合格的員工才能在電氣設備或系統上工作。以下簡要總結了一些最常見的法規要求與實務作法：

- 一、在以下情況之前，不得對設備或系統的裸露帶電零組件進行任何工作：
  - （一）負責且合格的主管已確定在零件或系統帶電時完成工作。
  - （二）作業人員已接受了有關其工作中涉及的危險與具體技術的培訓。
  - （三）個人防護裝備（包括絕緣手套與護目鏡）已發放。
  - （四）必要的障礙物、路障、標籤或警告標誌已就位。
- 二、始終假設電路已帶電，除非已將它們鎖定並對其進行測試以確保已斷電。
- 三、工作完成後，主管負責確保重新安裝所有永久性屏障與覆蓋物。
- 四、在開始施工之前，雇主需要了解帶電電路的任何部分是否會與員工或設備接觸。雇主必須根據要求放置清晰的標記並張貼警告標誌來識別這些電路。
- 五、在開始挖掘工作之前，應確定地下設施的大致位置，例如電線、瓦斯管、水管等。
- 六、確保有足夠的間隙來安全操作與維修電氣設備。當人員在狹窄的空間內操作有帶電與裸露零組件的設備時，受到電擊的可能性會增加。
- 七、在所有電氣工程中，為了降低電氣火災與消除感電的危險，使用適當的保護裝置（例如保險絲、斷路器、接地、與漏電斷路器）極為重要。

## （一）保險絲與斷路器

保險絲與斷路器（圖 6-1）都是用於防止電流過大引起火災，以及線路與設備損壞的“過電流”保護裝置。保險絲與斷路器的額定電流非常高，但因人體的傷害電流很低，常無法防止感電。當電流超過額定水準時，保險絲熔斷或斷路器跳脫。無論哪種情況，電路都會切斷，電流無法流動。



圖 6-1 保險絲與斷路器（無熔絲開關）

## (二) 接地

未接地或未雙重絕緣的電氣系統，設備與工具可能很危險，接地或雙重絕緣設備可保護操作人員免受感電危害。如圖 6-2 接地導體將工具或設備的金屬外殼連接到地面，正常情況下，接地導體中沒有電流流過。然而，如果工具或設備漏電，接地導體會將故障電流安全接地。

如果設備外殼接地之連接不完整（例如：沒有接地、接地導體損壞、接地連接不完整或接地腳被拔除等），則設備漏電時，無法提供適當之接地路徑，產生足夠之漏電電流，搭配適當之漏電斷路器啟斷電路（若於設備與系統共同接地之情形下，可因產生足夠大之漏電故障電流，而啟斷無熔絲開關等過電流保護開關），因此設備接地之完整性，對防止漏電故障之感電危害有相當之重要性。

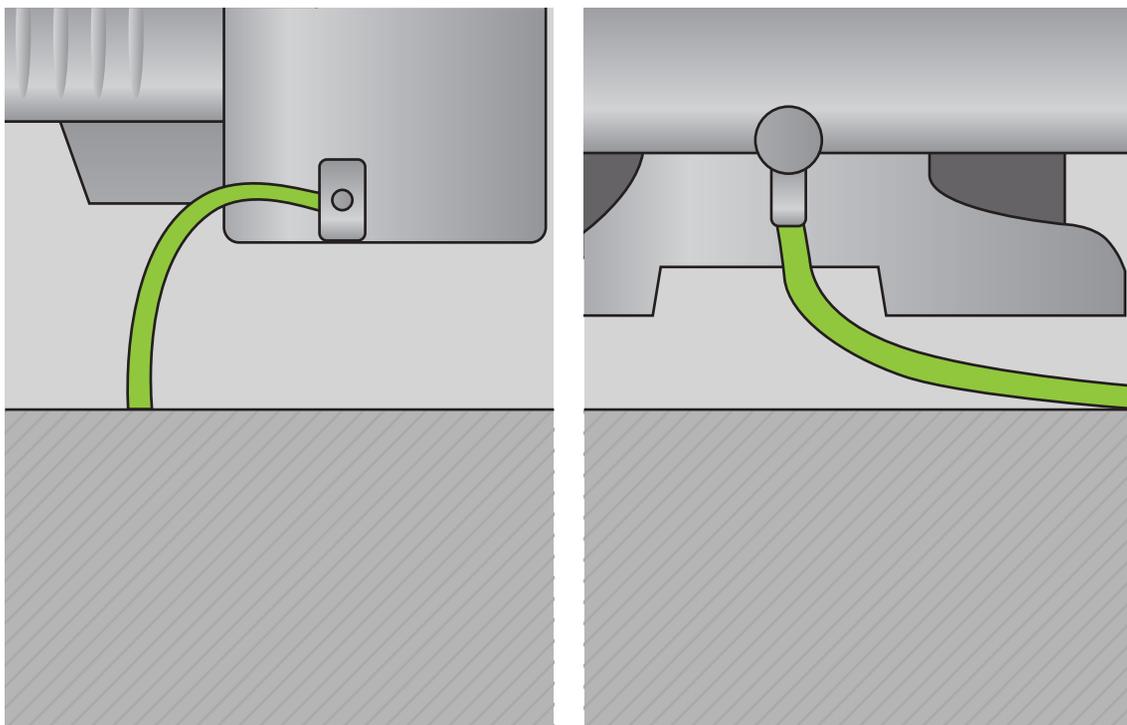


圖 6-2 機械設備外殼接地

## (三) 漏電斷路器

漏電斷路器是一種廉價設備（如圖 6-3），可測量進入與返回電氣設備的電流差異。當設備發生接地故障時，一定量的電流可能會經由操作者流向地面。漏電斷路器會在極短時間內，偵測到這種洩漏、跳脫並斷開電路。對操作者來說最嚴重的情況不是漏電，而是在電路斷開之前受到電擊，因此，及時斷電至為重要。操作電氣設備的勞工應受到漏電斷路器的保護，免受接地故障造成的殘疾甚至致命情況。漏電斷路器都會有測試按鈕，該按鈕按下後，斷路器會自行模擬線路中漏電而斷開，用於測試斷路器的漏電保護功能是否正常。如果按下後斷路器沒有斷開，則證明該斷路器已經損壞，應及時更換。使用前請先做測試按鈕試驗，以確認動作正常。



圖 6-3 漏電斷路器

八、開口與電氣盒上的蓋子可阻擋對暴露的帶電零組件的接觸，盒子、外殼或配件中的所有開口應有效防護或封閉，如圖 6-4。蓋子遺失與隨意接觸裸露的帶電零組件是涉及活線作業中常見的安全隱患。然而，這些危害很容易消除。更換配電板與配電箱中遺失的蓋子，並覆蓋可以輕易接觸外露帶電零組件的開口，可以使作業者免受電擊與感電的危險。

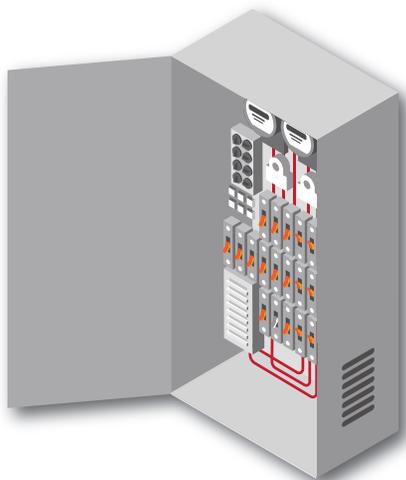


圖 6-4 隔離暴露帶電體的接觸

九、個人防護裝備可以保護作業人員免受危險。根據要執行的工作任務，電氣人員的個人防護裝備通常包括安全眼鏡、阻燃面罩、安全帽、安全鞋、皮革保護的絕緣（橡膠）手套、絕緣袖子與阻燃服裝等，如圖 6-5。根據工作中的潛在危險，可能需要額外的個人防護裝備，例如墜落防護裝備、呼吸器、耐化學或防割手套與護腿。各項裝備應依照製商建議之時間定期檢查確保功能正常。



圖 6-5 電工用安全帽、手套、眼鏡、鞋子

十、執行上鎖/掛牌（如圖 6-6）。許多職業傷害與死亡發生在機械的清潔、調整與維修過程中。原因如下：機械需要維修，工作者斷開機械的電源並開始維修機械。該工作者是否採取了必要的預防措施來防止事故發生？不會。維修機器的工作者可能會因他人誤啟動機械而感電或被機械的運動零組件捲夾。



圖 6-6 上鎖、掛牌

十一、保持與架空線路的間隙。高壓輸配電線路攜帶大量電力，如果不小心觸碰可能致命。由於農場與建築工人使用的設備可能會達到很高的高度，因此必須對這些員工進行有關高壓架空線路造成的危險的培訓。每年都有意外接觸高壓電線的勞工死亡或永久殘疾。我國職業安全衛生設施規則第 256 條至 276 條禁止在活線附近存有任何其他材料或設備，在活線作業及活線接近作業必須遵循相關規定。勞工不得將自己或任何工具或設備置於距離電壓的線路法規表定接近界限距離範圍內。如果工具、機械或設備在移動或使用時

可能位於最小間隙距離內，請勿將其存放在「帶電」高壓架空線路附近。當員工使用吊桿式起重或起重設備時，距離承載 22,000-345,000 伏特電壓的架空線路的最小間隙為接近界限距離（如表 6-1）。此外，台灣電力公司防範人、物（吊車、推、挖土機等）碰觸輸配電線亦有規範，與輸配電線路導線間應保持最小安全距離如表 6-2。雇主除應使勞工與帶電體保持規定之接近界限距離外，並應設置護圍、或於該電路四周裝置絕緣用防護裝備等設備或採取移開該電路之措施。如果不知線路是否“帶電”，請假設線路處於“帶電”狀態，直到擁有或操作該線路的人確認電源未開啟為止。

表 6-1 界限距離一覽表

充電電路之使用電壓（千伏特）	接近界限距離（公分）
22 以下	20
超過 22，33 以下	30
超過 33，66 以下	50
超過 66，77 以下	60
超過 77，110 以下	90
超過 110，154 以下	120
超過 154，187 以下	140
超過 187，220 以下	160
超過 220，345 以下	200
超過 345	300

表 6-2 台灣電力公司規定與輸配電線路應保持之最小安全距離

電壓等級	最小安全距離
1 萬 1 千 400 伏特（11.4kV）	1.0 公尺以上
2 萬 2 千 800 伏特（22.8kV）	1.0 公尺以上
6 萬 9 千伏特（69kV）	1.5 公尺以上
16 萬 1 千伏特（161kV）	2.5 公尺以上
34 萬 5 千伏特（345kV）	5.0 公尺以上

十二、遵循製造商的說明。大多數勞工每天都會使用電動設備。工作場所中存在電動工具、金屬與木工機械、餐廳設備、電腦與許多其他類型的電氣設備。不正確使用設備可能會對員工造成危險。一般來說，製造商都有關於每台設備的使用與維護的說明。勞工在使用與維護設備時需要遵循說明，以便安全工作。

十三、遵循安全工作實務。勞工還需要遵循行業安全實務，以了解如何在涉及電氣設備的工作中安全工作。以下表列一些常見的安全做法：

- (一) 使用清單來確保開始工作前一切正常且安全。
- (二) 每次使用前檢查工具、設備與電氣配件是否有損壞或磨損。立即修理或更換損壞的設備。
- (三) 使用符合您所使用的安培數或瓦特數等級的電線或設備。
- (四) 請勿使用裸露電線的插座或電線。
- (五) 請勿在防護罩拆除的情況下使用電動工具。
- (六) 請記住，在潮濕的區域感電的風險更大。採取適當的謹慎態度。
- (七) 每天檢查電源線與插頭。
- (八) 如果磨損或損壞，請丟棄。
- (九) 更換損壞的三插腳插頭，並確保第三插腳已正確接地。
- (十) 切勿使用延長線作為永久性接線。
- (十一) 請勿將多條電源線插入一個插座。
- (十二) 請勿從插座拉動或猛拉電源線來斷開電源。
- (十三) 始終使用正確尺寸的保險絲或斷路器。
- (十四) 請注意，插座異常溫暖或過熱可能表示有不安全的接線條件。
- (十五) 進行電氣作業時使用適當的個人防護裝備。
- (十六) 在有電或電線附近工作時，請務必使用木梯，或其他非導電材料製成的梯子。
- (十七) 將梯子、起重機、人力升降機與鷹架等設備遠離電源線與帶電電線。
- (十八) 了解緊急情況下斷路器與盒子的位置。
- (十九) 清楚標記所有斷路器與保險絲盒。
- (二十) 請保持通往斷路器或保險絲盒的走道順暢。
- (二十一) 假設所有架空電線已帶電且具有高電壓。
- (二十二) 切勿觸摸掉落的架空電線。
- (二十三) 在高處作業或搬運長物體之前，請檢查是否有架空電線。
- (二十四) 站在水中時請勿操作電氣設備。
- (二十五) 除非有資格與授權，否則請勿修理電線或設備。
- (二十六) 在通電之前，請合格的電工檢查受潮的電氣設備。
- (二十七) 需要維修、維護或調整電氣設備或線路時上鎖掛牌。
- (二十八) 張貼足夠的警告標誌，讓人們意識到安全隱患。
- (二十九) 僅使用接地或雙重絕緣（圖 6-7）的電動工具。

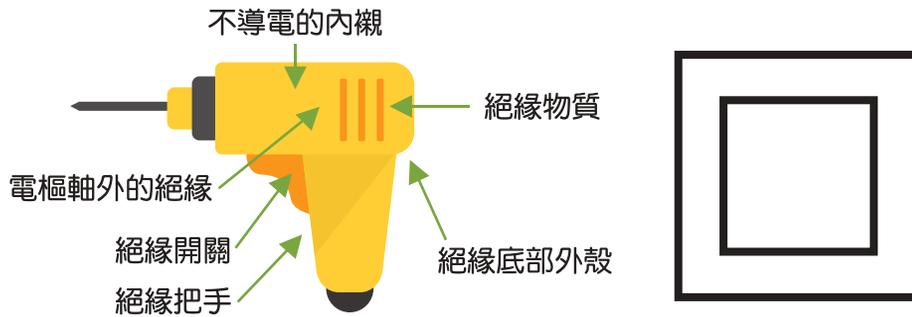


圖 6-7 使用接地或雙重絕緣的電動工具

- (三十) 在挖掘、鑽孔或類似工作之前確定電源線與電纜的位置。
- (三十一) 對所有隔離開關與斷路器，貼上標籤以表示其用途與所使用的設備。
- (三十二) 更換保險絲之前，請務必打開隔離裝置。
- (三十三) 使用經批准的機櫃或外殼來保護帶電零組件。
- (三十四) 根據需要保留所有電氣設備周圍的通道與工作空間。
- (三十五) 用適當的蓋子、塞子或板子封閉電氣外殼與配件中未使用的開口（包括導管孔）。

十四、建議建置預防檢查測試管理制度。對於作業場所使用之機械、設備、器具執行定期檢測與紀錄，並張貼檢測合格標章進行管理，落實電氣設備自動檢查與自主管理，以達消除或降低感電事故發生之風險。



## 第柒章

# 國際 EN60204-1 電氣安全說明

# 第柒章 國際 EN60204-1 電氣安全說明

因應歐體之規定以取得 CE 標誌，須依指令的規定做好機械本體安全與技術文件（TCF）。而機械在電氣系統方面應符合 EN 60204-1 的規定來做電氣安全設計；此標準提供了關於機器電機設備的要求與建議，以提高人員財產的安全及控制反應的一致性與容易維修。內容繁雜並引述其他 A、B、C 類各種標準，本教材僅先由防止感電保護章節進行較詳細介紹說明。對於電氣設備應透過以下方式提供人員防感電保護，基本保護（basic protection）與故障保護（fault protection）。本章節內容多屬機械設備設計、安裝階段應遵循之安全要求，一般操作人員應可予以忽略。

感電防護（本節文字直譯自 EN 60204-1 之項次 6）

## 一、電氣設備應透過以下方式提供人員防感電保護：

- 基本保護（見第二項與第四項），以及；
- 故障保護（見第三項與第四項）。

採用第二項、第三項與第四項 PELV 規定的保護措施，這些規定源自 IEC 60364-4-41。如果這些措施不可行的情況，例如由於實際或操作條件，可以採用 IEC 60364-4-41 中的其他措施（例如 SELV）。

## 二、基本保護

### （一）概述

對於電氣設備的每個電路或配件，不論是否採用第二項之（一）或第二項之（三）規定的措施，均應採用第二項之（四）的規定。

例外：如果這些措施不合適，可以採取其他基本保護措施（例如，使用屏障、置於伸臂無法觸及之處、使用阻礙物、使用結構物或可以防止碰觸的安裝技術）。

如果設備位於對所有人開放的地方，可能包括兒童，應採用第二項之（二）措施，其具最低防止接觸帶電零組件的保護等級對應 IP4X 或 IPXXD（參見 IEC 60529），或第二項之（三）的規定。

### （二）箱體保護

帶電零組件應位於箱體內，以防止與帶電零組件接觸至少為 IP2X 或 IPXXB 等級。

如果箱體的頂面易於觸及，則防止接觸帶電零組件的防護等級至少應為 IP4X 或 IPXXD。

只有在下列的一種條件下才允許打開外殼（即打開門、護罩、蓋子等）：

## 1. 需使用鑰匙或工具開啟。

註 1：鑰匙或工具的使用旨在限制熟練或受過指導的人員進入。

當設備需要帶電對電器重啟或調整時，可能會觸及帶電零組件其防止接觸的等級應至少達到 IP2X 或 IPXXB。門內其他帶電零組件防止直接接觸的防護等級應至少為 IP1X 或 IPXXA。

## 2. 在打開箱體之前斷開內部的帶電零組件。

這可以透過將門與斷開裝置聯鎖來完成（例如，斷開裝置的電源），這樣門只能在隔離裝置已打開時開啟，隔離裝置只能在門關閉時閉合。

例外：滿足以下條件可用供應商規定的鑰匙或工具解除聯鎖：

- 當解除聯鎖時，不論何時均能斷開切斷開關，並在斷開位置鎖住切斷開關或其他防止未經允許閉合切斷開關；
- 關門後，聯鎖功能自動恢復；

當設備需要帶電對電器重啟或調整時，可能會接觸到的所有帶電零組件（包括門內側的零組件），其防止無意直接接觸的防護等級至少達 IP2X 或 IPXXB，以及門內側的其他帶電零組件防止直接接觸的防護等級至少達 IP1X 或 IPXXA；

- 提供了有關解除聯鎖的程序的相關信息
- 提供給限制的技術人員或受過訓練人員接觸未與斷開裝置直接聯鎖的門後帶電零組件的方法。

關閉斷開裝置後仍帶電的所有零件應採取至少 IP2X 或 IPXXB 的防護措施以防止直接接觸。此類零組件應標有警告標誌，但下列情況除外：

- 僅由於連接到聯鎖電路才可能帶電的零組件，並透過顏色區分為可能帶電的零組件；
- 當電源斷開裝置單獨安裝在單獨的箱體內時，電源斷開裝置的電源端子。

只有當所有帶電零組件都受到至少 IP2X 或 IPXXB 的防接觸保護時，才能在不使用鑰匙或工具且不斷開帶電零組件的情況下打開。實踐防接觸保護，且有手動啟動的危害風險（例如手動關閉斷路器或繼電器），則應透過需要工具才能移除的屏障或阻礙物來防止此類啟動。

### （三）帶電零組件的絕緣保護

受絕緣保護的帶電零組件應完全覆蓋絕緣層，且只能透過破壞來去除。這種絕緣應能承受在正常工作條件下可能的機械、化學、電氣、與熱應力。

注意：油漆、清漆、亮漆與類似產品通常被認為不足以在正常操作條件下提供防感電保護。

### （四）殘餘電壓保護

斷開電源時殘餘電壓大於 60V 的帶電零組件應在 5 秒內放電至 60V 或更低，前提是該放電速率不影響設備的正常運作。儲存電荷為 60  $\mu$ C 或更低的組件不受此要求的限制。如果指定的放電率會干擾設備的正常運行，在打開箱體之前，則提供持久的警告通知，提請注意危險並說明所需的延遲，並應將其顯示在包含帶電零組件的箱體上

或緊鄰箱體易於看見的位置。

對於插頭或類似設備，其拔出會導致導體（例如插針）暴露，放電至 60V 的時間不得超過 1 秒，否則此類導體應至少受到 IP2X 或 IPXXB 的保護。如果既無法達到 1 秒的放電時間，也無法達到至少 IP2X 或 IPXXB 的防護，則應附加提供開關裝置或適當的警告，例如提醒注意危險並說明所需延遲的警告標誌。當設備位於對所有人（可能包括兒童）開放的地方，警告是不夠的，因此對帶電部件接觸防止的最低防護等級為 IP4X 或 IPXXD。

注意：變頻器與直流排線電源的放電時間通常長於 5 秒。

### （五）屏障保護

對於屏障保護，應採用 IEC 60364-4-41 的要求。

### （六）放置在構不到的地方或阻礙物的保護

對於放置在構不到的地方的保護，應採用 IEC 60364-4-41 的要求。對於阻礙物保護，應採用 IEC 60364-4-41 的要求。

防護等級低於 IP2X 或 IPXXB 的導線系統或導體棒系統。

## 三、故障保護

### （一）概述

故障保護旨在防止由於帶電零組件與外露導電零組件之間的絕緣故障而導致危險情況。

對於電氣設備的每個電路或部分，至少應採用第三項之（一）至第三項之（三）中的措施之一：

- 防止接觸電壓發生的措施；或者
- 在接觸電壓變得危險之前自動斷開電源。

註 1：接觸電壓造成有害生理影響的風險取決於多種因素，這些包括但不限於；接觸電壓、暴露的持續時間、環境因素、皮膚狀況。

註 2：IEC 61140 提供了有關設備類別與保護措施的資訊。

### （二）防止接觸電壓的發生

#### 1. 一般

防止接觸電壓發生的措施包括：

- 提供第 II 類設備或同等絕緣；
- 電氣隔離。

#### 2. 透過提供 II 類設備或等效絕緣進行保護

此措施旨在防止由於基本絕緣故障而在可觸及零組件上出現接觸電壓的情況。

此保護由以下一項或多項提供：

- II 類電氣裝置或裝置（雙重絕緣、加強絕緣或符合 IEC 61140 的等效絕緣）；

- 具有符合 IEC 61439-1 標準的總絕緣的開關設備與控制設備組件；
- 符合 IEC 60364-4-41 的附加或加強絕緣。

### 3. 電氣隔離保護

單一電路的電氣隔離旨在防止因與暴露的導電零組件接觸而產生接觸電壓，這些零組件可能因該電路帶電零組件的基本絕緣故障而帶電。

對於此類保護，適用 IEC 60364-4-41 的要求。

### (三) 自動斷電保護

任何電路因絕緣故障的自動斷電保護源旨在防止接觸電壓導致危險情況。

此措施由故障發生時透過保護裝置的自動操作來中斷一根或多根線路導體所組成。這種中斷應在足夠短的時間內發生，對 TN 與 TT 系統將接觸電壓的持續時間限制在附件 A 中規定的範圍內。

這項措施需要以下方面的協調：

- 供電系統的類型、電源阻抗與接地系統；
- 線路不同元件的阻抗值以及通過保護聯結電路的相關故障電流路徑的阻抗值；
- 偵測絕緣故障的保護裝置的特性。

此保護措施包括以下兩者：

- 外露導電部件的保護性聯結，
- 以及以下其中一項：

在 TN 系統中，可以使用下列保護裝置：

- 過電流保護裝置；
- 漏電保護裝置（RCD）與相關的過電流保護裝置。

註 2：可透過使用符合 IEC 62020 的剩餘電流監視裝置 RCM 來增強預防性維護。

在 TT 系統中，可以：

- RCD 與相關的過電流保護裝置，用於在檢測到帶電零組件到裸露導電零組件或接地的絕緣故障時自動斷開電源，或者
- 過電流保護裝置可用於故障保護，前提是故障迴路阻抗  $Z_s$  的值適當低且確保永久可靠。

註 3：使用符合 IEC 62020 的剩餘電流監測裝置 RCM 可增強預防性維護。

在 IT 系統中，應符合 IEC 60364-4-41 的相關要求。在絕緣故障期間，應維持聲光訊號。通告後，聲音訊號可以被手動靜音。這可能需要供應商與用戶之間就提供絕緣監測裝置與／或絕緣故障定位系統達成協議。

註 4：在大型機器中，根據 IEC 61 557-9 提供絕緣故障定位系統（IFLS）可以方便維護。

當提供電力驅動系統（PDS）時，應為電力驅動系統中由轉換器供電的電路提供故障保護。如果轉換器內未提供此保護，則應按照轉換器製造商的說明採取必要的保護措施。

## 四、保護性超低電壓 ( Protective Extra Low Voltage, PELV ) 的使用

### (一) 一般要求

PELV ( 保護性超低電壓 ) 的使用是為了保護人員免受間接接觸與有限區域直接接觸的感電。

PELV 電路應符合以下所有條件：

標稱電壓不應超過：

- 均方根值 25V 交流電或 60V 無湧波 ( ripple ) 直流電，當設備通常在乾燥場所使用且預計帶電零組件不會與人體大面積接觸時；或者
- 均方根值 6V 交流電或在所有其他情況下為 15 V 無湧波直流電；

註：「無湧波」通常定義為正弦波電壓，即湧波含量不超過 10% 均方根值。

電路的一側或該電路電源的一點應連接到保護聯結電路。

PELV 電路的帶電部分應與其他帶電電路電氣隔離，電氣隔離應不小於安全隔離變壓器初級與次級電路之間的要求。

每個 PELV 電路的導體應與任何其他電路的導體做實體隔離。

PELV 電路的插頭與插座應符合下列要求：

- 插頭不能插入其他電壓系統的插座；
- 插座不得插入其他電壓系統的插頭。

### (二) PELV 的電源

PELV 的電源應為以下之一：

- 符合 IEC 61558-1 與 IEC 61558-2-6 的安全隔離變壓器；
- 提供與安全隔離變壓器相當安全等級的電流源 ( 例如具有提供等效隔離的繞組的電動發電機 ) ；
- 電化學電源 ( 例如電瓶 ) 或獨立於較高壓電路的其他電源 ( 例如柴油發電機 ) ；
- 符合適當標準的電子電源，規定了要採取的措施，以確保即使在內部故障的情況下，引出端子上的電壓也不會超過第四項之 (一) 中的規定值。



## 第捌章

# 漏電檢測 技術說明

# 第捌章 漏電檢測技術說明

## 一、漏電檢測說明

常見的漏電狀況是因為帶電的活線接觸到機械設備金屬外殼或部分電流外漏導致金屬外殼帶電（例如：手提研磨機等移動式電動工具，因絕緣不良使用前未實施漏電檢測，造成勞工在啟動研磨機時感電休克死亡）。以下將為您介紹 2 種常見機械設備漏電原因：

### （一）機械設備或電線自然老化

為了避免電子原件與電線漏電，機械設備的電線外都會包覆具有絕緣效果的 PVC（聚氯乙烯）絕緣電線電纜，但 PVC 材質會因為溫度或濕度自然老化，導致絕緣效果減弱甚至脆化剝落，一旦電線失去絕緣材料的保護，就會產生漏電。

導體是具有很低電阻，可以導通電流的物質例如金屬。相反的絕緣體具有很高電阻值，無法導通電流例如塑膠、玻璃、陶瓷等。因此電流會優先往導電性較佳的材質流動，若電線皮未破損，其無法導電性的包覆塑膠 PVC（聚氯乙烯）材質能確保電流只會在導電性良好的電線銅芯中流動。

### （二）電線使用不當造成電線銅芯外露

如果因為機械設備電線使用習慣不當（過於用力拉扯電線、頻繁彎折電線），導致電線的 PVC 外皮受損而電線銅芯外露（請參閱圖 8-1），外露的銅芯若接觸到金屬或水流，就會發生漏電現象。

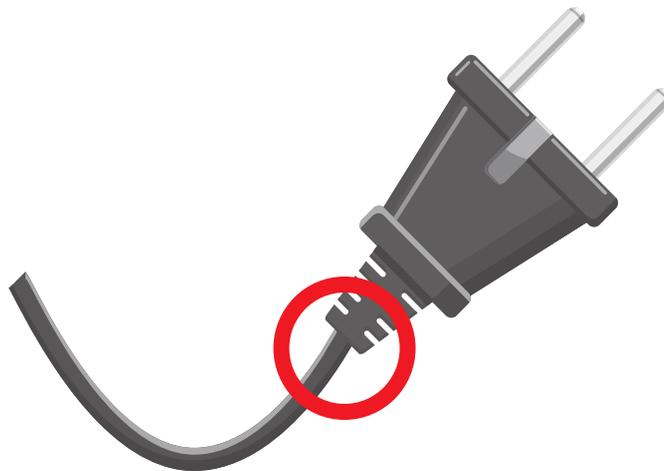


圖 8-1 插頭與電線的連接處是最常見的電線破損位置

## 二、簡易漏電測試方法

機械設備使用或操作者如果想自行檢測電器有無漏電，可以使用一般可顯示電壓之驗電器、三用電錶或是營建工地用漏電檢測箱等設備進行檢測，以驗電器測量有無漏電時，只需讓筆尖接觸電器外殼，驗電器就會顯示漏電的電壓數值或顯示閃電圖樣（請參閱圖 8-2）；



圖 8-2 一般可顯示電壓之驗電器

以三用電表檢測漏電時，需先將旋鈕轉至交流電壓檔位（通常以 $\sim V$ 表示），再將將探棒插入插座內，畫面顯示的數值就是插座電壓約為 110V 上下（請參閱圖 8-3）。



圖 8-3 類比三用電錶

以營建工地用漏電檢測箱測漏電時，將電動機具經漏電檢測箱測試 屬機體外殼及運轉時對地有無洩漏電流超出安全值危及人員安全（請參閱圖 8-4）。

外殼檢測



• 將機具外殼接地，送入適用電源

運轉檢測



1. 插上電源



2. 外殼持續接地



3. 送入電源



4. 運轉啟動

• 外殼持續接地，啟動運轉5秒以上

• 送入適用電源：插入所需電壓，按入NO鍵

圖 8-4 漏電檢測箱

### 三、漏電斷路器檢測說明

依職業安全衛生設施規則第 243 條規定，使用對地電壓在一百五十伏特以上移動式或攜帶式電動機具，或於含水或被其他導電度高之液體濕潤之潮濕場所、金屬板上或鋼架上等導電性良好場所使用移動式或攜帶式電動機具，未於各該電動機具之連接電路上設置適合其規格，具有高敏感度、高速型，能確實動作之防止感電用漏電斷路器。

漏電斷路器為預防感電事故之重要設備，其動作原理主要係利用零相比流器偵測電流，當負載側未有故障點發生時，根據克希荷夫電流定律，流入之總電流恆等於流出之總電流，即  $I_1 = I_2$ ，此時電驛不產生動作而電路維持導通狀態；反之當負載側有故障點時，有部分漏電電流流入大地，故負載流入電流  $I_1$  大於流出電流  $I_2$ ，因而電驛動作 斷電源，達到保護工作人員之

目的（請參閱圖 8-5）。漏電斷路器近年來已普遍應用於感電事故的預防，裝設後應注意定期使用測試按鈕確認其動作是否正常，並以裝設於分路為原則。

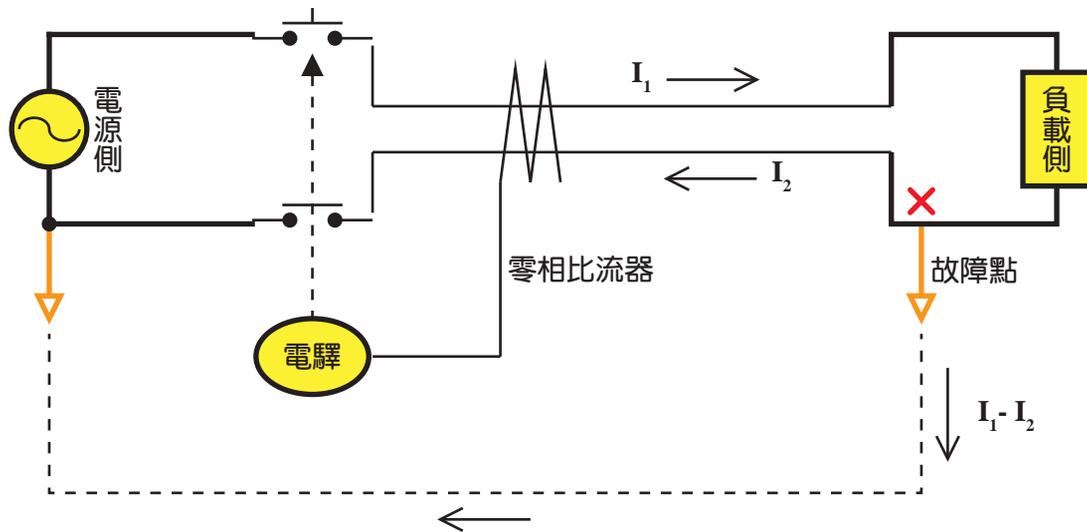


圖 8-5 漏電斷路器動作原理

機械設備使用或操作者如果想自行漏電斷路器功能是否正常，可以使用漏電斷路器本身測試按鈕或是市售進行漏電斷路器測試計進行檢測。以漏電斷路器本身測試按鈕只須每月 1 次按下測試按鈕，確認動作正常，漏電斷路器如果不在 TRIP（跳脫）位置表示發生故障（請參閱圖 8-6）。



圖 8-6 漏電斷路器

以漏電斷路器測試計進行檢測步驟（請參閱圖 8-7 ~ 8-10）：



圖 8-7 選擇所需的測試電流，使用“旋轉開關測試電流檔位”（30mA）



圖 8-8 確認漏電斷路器再開啟狀態

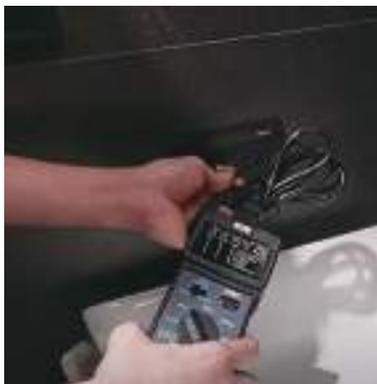


圖 8-9 插入待測插座後按下測試按鈕



圖 8-10 如果已經選擇了正確的測試電流，待測之漏電段路器會跳脫

## 四、接地電阻檢測方法

機械設備接地的目的是希望萬一發生漏電事故時，能夠透過系統接地或設備接地將故障電流傳導至地面，因而避免操作或使用人員不會因為碰觸漏電金屬外殼而發生感電危害（這也是一般電氣人員最常見的想法），然而一般的接地不一定就可以達到此目的，實務上卻也發生縱使機械設備已接地，但仍造成感電事故的案例。

接地（ground, earth）一般指的是在電力系統、電氣設備、設施、裝置的定點與地面之間做的連接，用以確保在任何時候均能即時釋放電能而不發生危險。此接地點相對於電路中其他位置之電壓為零，可作為測量系統電壓的基準。當電力系統的其中一點與大地相接，造成該點與大地同為 0 V，稱為系統接地，主要目的為使電力設備因電壓差距造成電流流動，進而驅動設備運轉。

一般最常見的系統接地方式，就是將中性線接地（請參閱圖 8-11），因此中性線在變壓器二次側的電位會是 0 V，任何站在大地上的人觸摸到中性線都是安全的。電氣系統之接地方式應能抑制由雷擊、線路突波，或意外接觸較高電壓線路所引起之異常電壓，且可穩定正常運轉時之對地電壓。

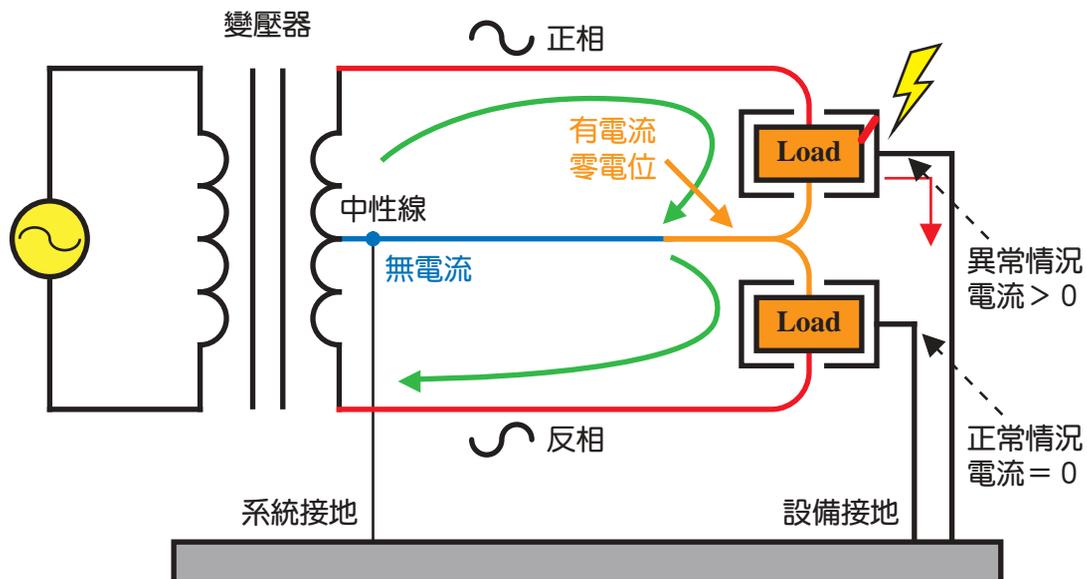


圖 8-11 系統接地與設備接地示意圖／圖片來源：科技創新實作社群網站

參考「用戶用電設備裝置規則」，各類接地電極系統之裝設方式如下：

- (一) 配電箱箱體與框架屬金屬製成者，應連結牢固，並予以接地。配電箱配裝非金屬管路或電纜時，供作個別接地導線連接用之接地端子板，應確實固定在配電箱內。接地端子板應與金屬箱體及框架連接，否則應與此配電箱電源之設備接地導線連接（請參閱圖 8-12）。



圖 8-12 電器開關箱內之系統接地端子／圖片來源：勞動部職業安全衛生署

- (二) 安裝棒狀及管狀接地電極者，與土壤接觸長度應至少二·四公尺，並應垂直 釘沒於地面下一公尺以上，在底部碰到岩石者，接地電極下鑽斜角不得超過 垂直四五度。若斜角超過四五度時，接地電極埋設深度應在地面下至少一·五公尺（請參閱圖 8-13）。
- (三) 板狀接地電極埋設深度應在地面下至少一·五公尺。



圖 8-13 棒狀接地裝置／圖片來源：維基百科

電力系統若確實接地，可將系統中過多之電荷排除，例如因為摩擦產生之靜電或雷擊產生之大量電荷等，避免電力系統及設備因過負載而受損，但並不能完全避免勞工感電危害。

但當設備非帶電金屬外殼或線路之絕緣層劣化、受損，可能導致電流短路通過非帶電金屬部位，此時工作人員若不慎觸碰到非帶電金屬部位，且無適穿著絕緣手套、絕緣安全鞋等感電防護裝備，電流就會直接通過工作人員身體進入地面，造成人員感電。因此，除了電力系統需接地外，電氣設備之非帶電金屬部位也應該有接地，將設備電路短路時產生之故障電流（fault current）導入大地，避免人員感電危險。

以下介紹二種機械設備簡易接地電阻測試方法，提供事業單位簡易檢測使用，專業檢測請委託專業電器技術公司之電氣技術人員使用電阻計實施檢測。

#### (四) 夾（鉤）錶檢測（詳如圖 8-15）

☆準備工具：

1. 夾（鉤）錶式接地電阻計
2. 接地輔助線之線徑 $\geq 2\text{mm}^2$ ，兩端並壓接鱷魚夾。
3. 電氣機具外殼接地導線確實配接

☆量測程序：夾（鉤）錶式接地電阻計量測前先校正

1. 取一條線徑 $\geq 2\text{mm}^2$ 之接地輔助線，一端夾在電氣機具設備外殼及另一端夾在系統接地或接地鋼構，與外殼接地導線形成一個
2. 勾住接地之導線後，確認鉤部確實閉合
3. 夾（鉤）錶式接地電阻計畫面即顯示接地電阻值。

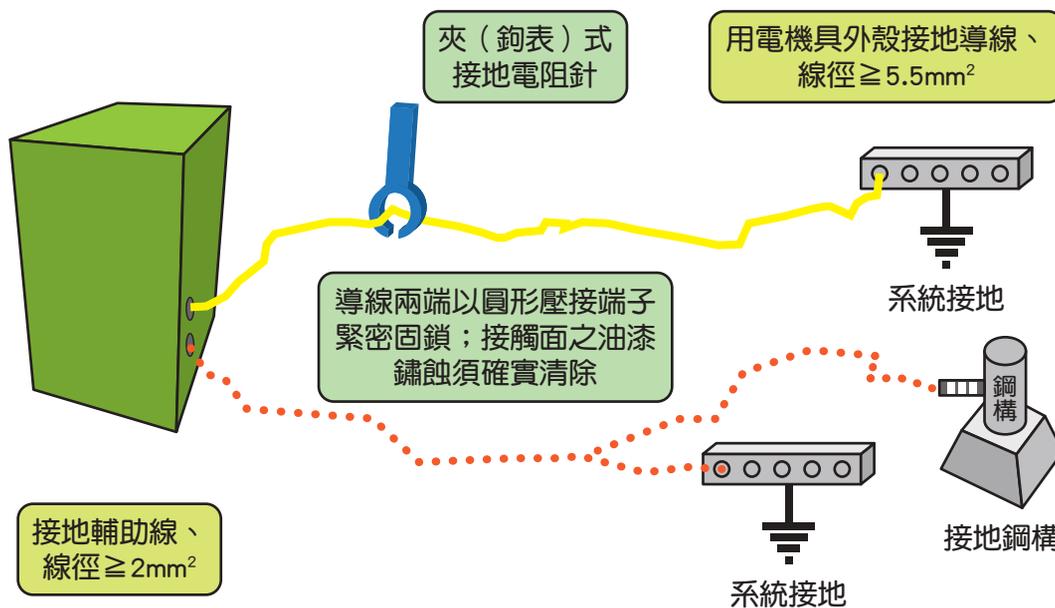


圖 8-14 鉤表示電阻計量測設備接地線電阻式意圖／（圖片來源台灣勞動電氣作業協進會）

（五）三用電表接地電阻檢測（詳如圖 8-16）

☆準備工具：

1. 三用電表
2. 接地輔助線之線徑 $\geq 2\text{mm}^2$  兩端並壓接鱷魚夾。
3. 電氣機具外殼接地導線確實配接完整。

☆量測程序：三用電表量測前先行校正。

1. 三用電表切換至歐姆檔
2. 接地輔助線一端鱷魚夾在接地銅排上，另端夾住三用電表其中一支探棒
3. 三用電表另一支探棒接觸至機具設備外殼金屬有效部位。
4. 三用電表畫面即顯示接地電阻值。

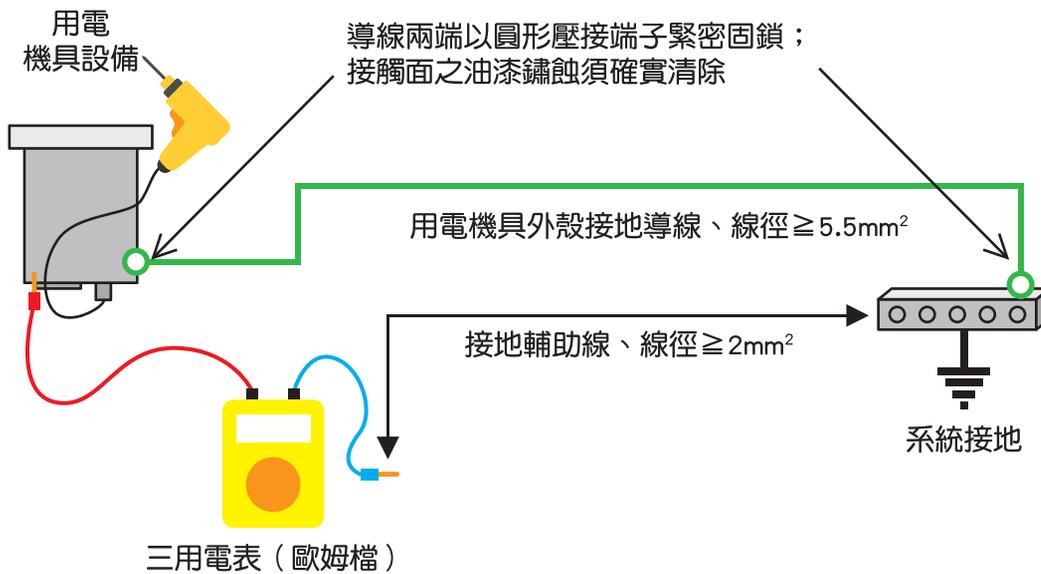


圖 8-15 三用電表量測設備接地線電阻式意圖

## 五、絕緣電阻檢測方法

### (一) 何謂絕緣電阻測試：

絕緣電阻是電氣設備和電氣線路最基本的絕緣指標，主要是量測兩個端點之間及其週邊連接在一起的各項關聯網路所形成的等效電阻值，絕緣電阻測試則以電阻值的形態作為判定依據，通常其測試值必須為  $M\Omega$  以上，一般測試要求絕緣電阻值越高表示電氣設備和電氣線路的絕緣越好。

### (二) 實施絕緣電阻測試的目的：

影響絕緣電阻測量值的因素有：溫度、濕度、測量電壓及作用時間、繞組中殘存電荷和絕緣的表面狀況等，通過測量電氣設備和電氣線路的絕緣電阻，可以達到如下目的：

1. 瞭解絕緣結構的絕緣性能；從由優質絕緣材料組成合理的絕緣結構或絕緣系統，應該具有良好的絕緣性能和較高的絕緣電阻值。
2. 瞭解電氣設備和電氣線路絕緣性能狀況；電氣設備和電氣線路絕緣處理不佳，其絕緣性能將明顯下降。
3. 瞭解絕緣受潮及受污染情況；當電氣設備和電氣線路的絕緣受潮及受污染後，其絕緣電阻通常會明顯下降。
4. 檢驗絕緣電阻是否承受耐電壓試驗；若在電氣設備和電氣線路的絕緣電阻低於某一限值時進行耐電壓測試，將會產生較大的試驗電流，造成熱擊穿而損壞電氣設備的絕緣。

### (三) 絕緣電阻測試的重要性：

主要的目的在量測電氣設備和電氣線路的絕緣是否夠好，在使用上工作者才不會被感

電，判定的標準是根據電阻值的大小，來判斷電氣設備和電氣線路的絕緣品質是否夠好。



圖 8-16 絕緣電阻測試

絕緣電阻測試是使用直流高電壓輸出，量測電流並換算為電阻值。簡單來說，就是電阻計的一種。這種電阻計，現在常常被放到高低壓用電設備檢查裡，成為標準測試項目（請參閱圖 8-6）。

1. 先確認 MEASURE 測量鍵於未開啟測量位置。
2. 將選擇鈕轉至欲測量的電壓範（50V~1,000V），若是設定 500V 或 1,000V 時，則需要按壓一下鈕來釋放解鎖。
3. 接上黑色探棒（測試夾）至欲測量的的接地端（搭鐵）。
4. 接上紅色探棒（測試夾）至電線上。
5. 按壓 MEASURE 測量鍵，若要持續測量一段時間，則可拉起測量鍵。
6. 讀取顯示器上穩定的數值則為測量值。
7. 關閉 MEASURE 測量鍵（測試探棒都還在測量物上）。
8. 當 HOLD 顯示時，最後測量的數值會鎖定。
9. 當消失時，測量完成。

## 六、其他檢測補充：

- (一) 電焊機之防電擊功能以攜帶式三用電表（多功能量測電表）測量交流電焊機二次之電壓。自動電擊防止裝置發揮作用時，電壓指示表指示之為安全電壓（25V）以下，電壓變化的遲動時間再  $1 \pm 0.3$  秒以內（請參閱圖 8-17）。交流電焊機自動防電擊裝置自 107 年 7 月 1 日起列入型式驗證設備。



圖 8-17 電焊機自動防電擊功能檢測參考圖

- (二) 延長線過電流管理，須經過經濟部標準檢驗局檢驗合格，並貼有「商品安全標章」，需設有過電流之跳脫安全開關，如此可减少電線走火引發火災之顧慮，保障生命安全（請參閱圖 8-18）。

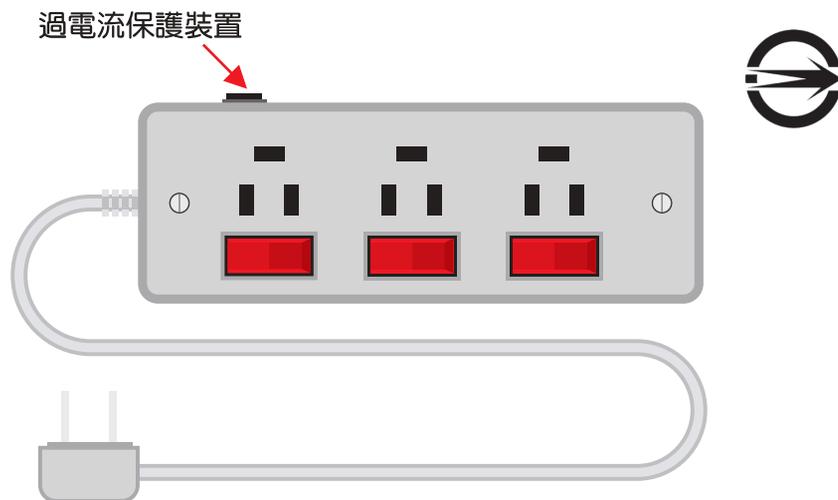


圖 8-18 延長線過電流保護裝置參考圖



## 第玖章

# 結論

# 第玖章 結論

感電意外事故總是由以下三個因素引起的：

- 不安全的設備或安裝
- 不安全的環境
- 不安全的工作實務

預防這些事故的一些方法是透過使用絕緣、防護、接地、電氣保護設備與安全工作實務。

絕緣體如玻璃、雲母、橡膠或塑料等，用於披覆金屬與其他導體有助於阻斷或減少電流的流動，而防止感電、火災與短路。為了有效性，絕緣必須合適於使用的電壓與溫度條件等環境因素，如水分、石油、汽油、腐蝕性煙霧或其他物質可能導致絕緣體故障失效。防護（guarding）涉及放置位置或封閉電氣設備，確保人們不會意外接觸到帶電零組件。有效的防護使得設備具有暴露部分在 50 伏特或更高電壓下工作，放置在只有資格或授權人員才能接觸的地方。推薦地點是房間、庫房或類似的封閉空間；陽台、長廊或高架平台；或高於地面 2.44 公尺以上之的場所；堅固、永久的柵欄亦可作為有效的防護。

電氣室入口處必須張貼明顯標誌或類似警語，警告人員避免感電危險並禁止未經授權的人進入。標誌可能包含“危險”一詞“警告”或“注意”，並在其下方添加適當的內容簡潔的措辭，提醒人們注意危險或給出指令，例如“危險／高壓／禁止進入”。將工具或電氣系統「接地」，意謂著有意建立一條連接到地球的低電阻路徑，這可以防止漏電而導致感電事故。設備接地有助於保護設備操作人員，它為電流提供了第二條路徑從工具或機器到地面的通路。接地通常是必要保護措施以防止感電，它不能保證不會因電流而受到電擊或受傷或死亡。當與在本教材中討論的其他安全裝置或措施結合使用時，將大幅降低感電發生的風險。

若機械設備或器具出現故障導致金屬外框變得帶電，漏電的電流可啟動漏電保護裝置或通過接地線路流至大地，以達到保護作業人員之目的。在所有電氣設備，使用適當的保護裝置如保險絲、斷路器、與漏電斷路器等極為重要。防止電流過大引起災害，或設備發生接地故障時，保護勞工免受漏電造成的感電傷害。此外，配合良好的安全工作實務方能確保整體電氣環境之安全，防止感電意外事故的發生。

## 參考資料

1. 中國勞工安全衛生管理學會，一般勞工安全衛生教育訓練教材，民國 94 年 1 月。
2. 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，國內感電類型之重大職業災害分析（蘇文源），民國 103 年 12 月，勞工安全衛生研究季刊，第 22 卷第 4 期，第 389-397 頁。
3. 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，營造業之感電原因與預防手冊，技術叢書 ILOSH107-T-156，民國 107 年 7 月。
4. 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，感電危害之防止（蘇文源），勞工安全衛生簡訊 No.16，民國 84 年。
5. 職業災害預防及重建中心，感電事故之預防與災害分析探討（李佶明）。（<https://www.coapre.org.tw/files/20240605091945774.pdf>）
6. 職安署南區職業安全衛生中心，感電危害預防暨職業安全衛生法（呂振文）。（<https://resource.iyp.tw/static.iyp.tw/37878/files/38e8679a-e68e-44d6-b531-50999612886c.pdf>）
7. 元太能源科技股份有限公司。
8. 勞動部職業安全衛生署，重大職災案例摘要，民國 104 年至 110 年。（<https://www.osha.gov.tw/48110/48461/48517/48553/>）
9. 行政院勞工委員會。79 年至 88 年重大職業災害檢查統計分析報告。台北：行政院勞工委員會；1991~2000。
10. 行政院勞工委員會。100 年度重大職業災害類型分析。台北：行政院勞工委員會；2012。
11. J. Cadick. et al. Electrical Safety Handbook (Third Edition) .McGraw-Hill Companies, Inc. 2006.
12. BS EN 60204-1 : 2018 , BSI Standards Publication, September 2018. ( <https://nobelcert.com/DataFiles/FreeUpload/EN%2060204-1-2018%20.pdf> )
13. OSHA Office of Training and Education, Basic Electrical Safety (ELECTRICAL/elbasic1/1-95) . ( <https://www.labtrain.noaa.gov/osha600/refer/menu12a.pdf> )
14. Occupational Safety and Health Administration, Controlling Electrical Hazards, OSHA 3075, 2002 (Revised) . ( <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3075.pdf> )

