

表演藝術從業人員職業災害預防

感電危害及電氣火災-案例與成因/預防實務

大綱

⚡ 電氣危害概述

⚡ 感電危害及電氣火災成因

⚡ 感電危害及電氣火災預防實務

⚡ 感電危害及電氣火災案例

PART 01

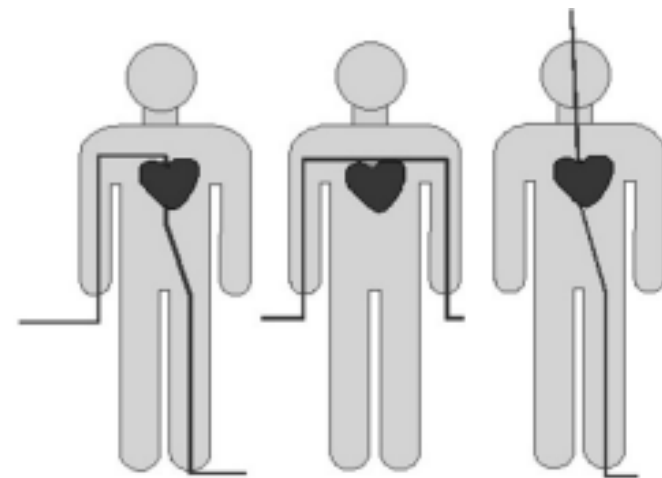
電氣危害概述

電氣危害

1. **火災**：電氣火花、電弧、電弧熔接的火花、靜電等造成火災、**漏電電流**等造成火災，爆炸所引起的火災。
2. **爆炸**：易燃性氣體或粉塵因電氣火花、電弧、靜電等而著火爆炸，斷路器因啟斷容量不足而爆炸，**金屬導線流通大電流**(例如短路)時，**金屬急激氣化**而爆炸(導線爆炸)，其他電氣設備本身爆炸。
3. **感電**：感電分為人因電擊本身而直接受害，或因電擊的衝擊而產生墜落、跌倒等二次災害及感電所致的熱傷(燒傷)。
4. **接觸高溫物**：電氣火花、電弧所致的熱傷等。
5. **其他**：如**雷擊**等

感電災害與防止

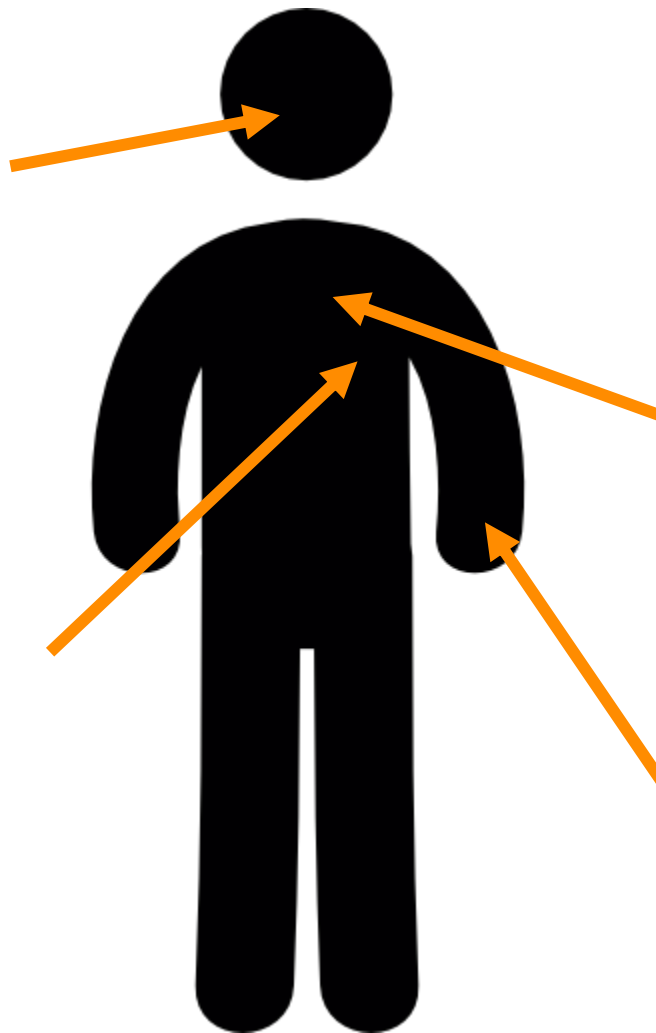
- 感電之危險性視通過人體之
 - 電**流**大小
 - 時間、頻**率**
 - 路徑、體重
 - 電**流**量與電壓成正比
 - 電**流**量與電阻成反比（總阻抗）相關
- 一般而言，100 mA的交流電**流**通過人體心臟，即可能造成心室細動而引起心臟衰竭而死亡



電流通過身體各部位之影響

停止呼吸
腦部觸電，會導致
觸電者停止呼吸

心跳停止跳動
若電流通過心臟，
心臟便會亂跳，最
後便會停下來



窒息
大多數的觸電意外
是由於電流經過胸
部。意外發生時，
胸部肌肉痙攣會導
致窒息死亡

觸電後無法鬆脫
當手接觸到電源時，
前臂的肌肉開始痙
攣而不能鬆脫，直
到電源被關掉為止

不同電流值對人體的影響

生理影響	電流 (mA)					
	直流		60Hz交流		10000Hz交流	
	男	女	男	女	男	女
感知電流： 開始有刺激	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
可脫逃電流： 肌肉尚可自由活動	62	41	9	6	55	37
無法脫逃電流： 肌肉無法自由活動	74	50	16	10.5	75	50
休克電流： 肌肉收縮、呼吸困難	90	60	23	15	94	63
心臟痙攣電流： 心室痙攣、呼吸停止	500	500	100	100	500	500

感電危害物理機制與致死數據

30 mA

致死性心室細動臨界電流

人體通過 30mA 以上交流電即可能致命

歐姆定律與人體電阻關係

通過人體之電流強度決定危害程度。皮膚乾燥時電阻約為 2000-5000 Ω ，但在舞台潮濕、出汗或積水環境下，電阻降至 500 Ω 以下。

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{110V}{500\Omega} = 220 \text{ mA (高致死風險!)}$$

人體電阻的參考值

- 人體的電阻主要由人體的體內電阻、皮膚電阻與皮膚電容所組成。
- 體內電阻之**數**值取決於電**流**的通路。
- 人體的皮膚電阻隨著皮膚的乾燥、潮濕之不同條件有極大的差距。

身體部位	電阻值	備註
手心表皮	10 ~ 50 kΩ	• 流汗時降到1/2 • 被水潤溼時會降到1/25以下
手膊表皮	2 ~ 5 kΩ	
人體內部	100 ~ 200 Ω	• 血液、肌肉、神經、骨骼等的平均值

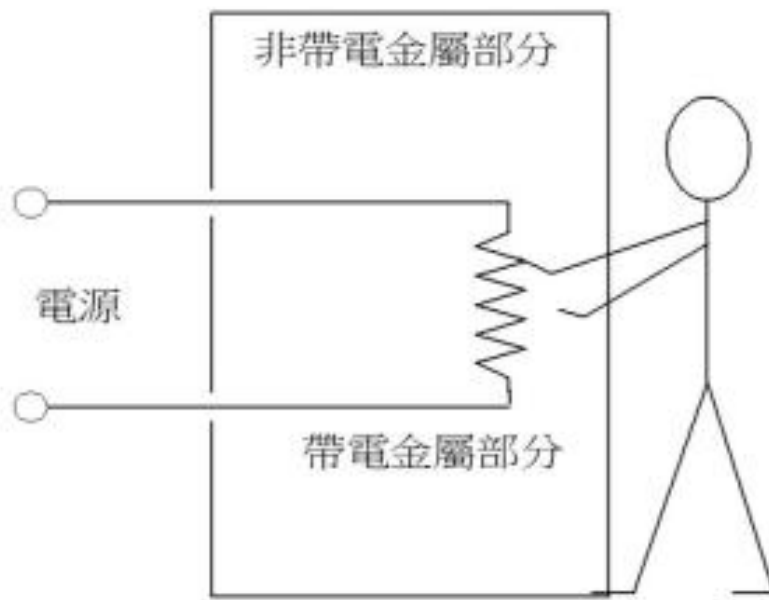
流經人體各路徑電阻值

電流途徑	電阻值 (Ω)	通過100 mA 所需電壓 (Volt)
由手至手，極乾燥，無壓力	500,000	50,000
由手至手，乾燥，無壓力	125,000	12,500
由手至手，乾燥，有壓力	40,000	4,000
由手至手，濕	20,000	2,000
由手至腳，電阻極低 由手至手，極濕	1,000	100
由手至腳，電阻極低	500	50
由手至耳，電阻極低	100	10

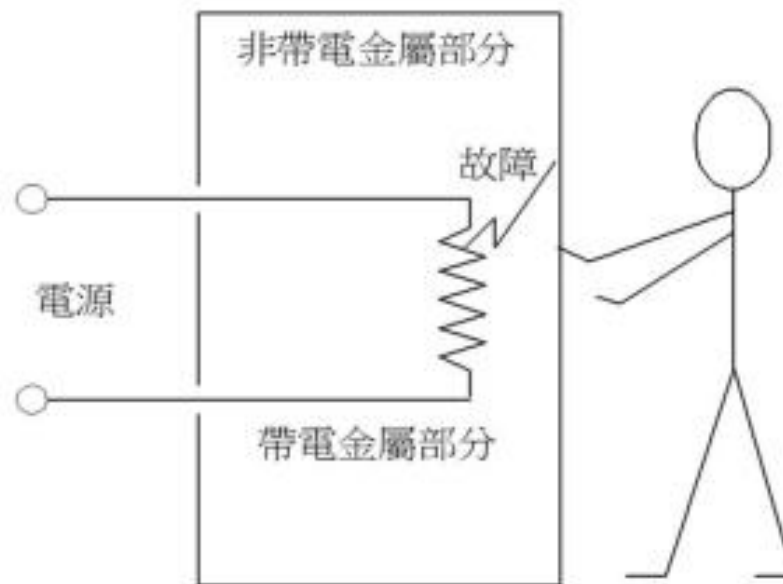
感電對人體所引起的傷亡

- 胸部肌肉收縮，妨礙呼吸
- 神經中樞麻痺，致呼吸停止
- 心室細動，妨礙正常心跳
- 感受大量電流後，心臟筋肉收縮致心臟停止跳動，但脫離電路後可恢復正常的心跳(反電擊)
- 大量電流產生的熱，使組織、器官、神經中樞及筋肉出血或破壞
- 觸及高壓電，造成血管栓塞後肌肉組織壞死，嚴重者導致腎衰竭
- 感電後筋肉收縮，失去平衡，致使從高處墜落造成二次性傷害

感電事故分類



直接觸電事故



間接觸電事故

- 感電災害的原因大略可分類如下：
 - 誤碰高壓裸電
 - 電氣器具及電線電纜絕緣不良引起漏電
 - 作業時直接碰觸帶電體
 - 作業上的疏失

PART 02

感電危害及電氣火災成因

事故成因深度剖析

環境與設備因素

- 戶外潮濕水氣：雨天搭台、露水與汗水大幅降低人體皮膚電阻，加劇感電致死風險。
- 防護等級不足：臨場設備未具備 IP54 以上防滴防塵規格，雨水滲入帶電零件。
- 線路包覆破損：纜線頻繁拆裝、遭重物壓迫或車輛碾壓，導線外皮破損露出導體。

管理與操作因素

- 未裝設漏電斷路器：臨時配電盤未安裝高敏感度漏電斷路器或開關失效未測試。
- 金屬 Truss 未接地：燈架未施作保護接地，設備漏電時整座金屬燈架帶電。
- 無證照無防護作業：未具備電工資格接電，且未配戴絕緣手套與絕緣鞋進行帶電作業。

漏電斷路器失效因素

- 安裝漏電斷路器，但仍發生職災之主要原因：
 1. 電源線未經過該漏電斷路器(bypass)
 2. 漏電斷路器之二次側發生再接地情形
 3. 漏電斷路器故障
 4. 接地線帶電
 5. 電焊機二次側感電事故
- 過去現場訪視亦發現有漏電斷路器安裝錯誤，只有安裝單一條火線，變成只是具有普通開關之功能而已

PART 03

感電危害及電氣火災預防實務

舞台現場臨時用電管理、接地工程檢測、迴路計算與緊急應變標準作業程序。

低壓用電器具設備接地

- 電業法用戶用電設備裝置規則第27條
 - 低壓電動機之外殼。
 - 金屬導線管及其連接之金屬箱。
 - 非金屬管連接之金屬配件如配線對地電壓超過150伏或配置於金屬建築物上或人可觸及之潮濕處所者。
 - 電纜之金屬被覆。
 - X射線發生裝置及其鄰近金屬體。
 - 對地電壓超過150伏之其他固定設備。
 - 對地電壓在150伏以下之潮濕危險處所之其他固定設備。
 - 對地電壓超過150伏移動性電具。但其外殼具有絕緣保護不為人所觸及者不在此限
 - 對地電壓150伏以下移動性電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。

低壓設備之接地電阻

- 安裝ELB時，設備之接地電阻值可較高

接地電阻	
對地電壓	接地電阻
150V以下	100Ω以下
151~300V	50Ω以下
301V以上	10Ω以下

漏電斷路器額定感度電流與接地電阻值

額定感度電流(mA)	接地電阻值	
	潮濕場所	其他場所
30	500	500
50	500	500
75	333	500
100	250	500
150	166	333
200	125	250
300	83	166
500	50	100
1,000	25	50

低壓電路之最低絕緣電阻

- 用戶用電設備裝置規則第 19 條

低壓電路之導線間及導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。

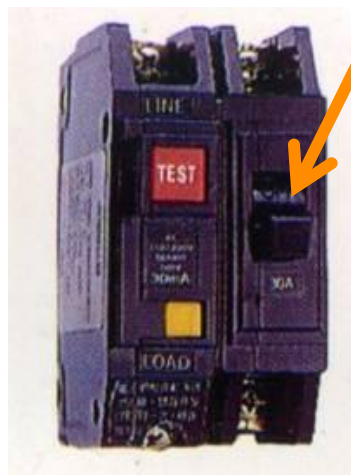
電路電壓		絕緣電阻 (百萬歐姆MΩ)
300V以下	對地電壓150V以下	0.1
	對地電壓超過150V	0.2
超過300V		0.4

安全電壓-職業安全衛生設施規則

- 良導體機器設備內之檢修工作所用之手提式照明燈，其使用電壓不得超過24V，且導線須為耐磨損及有良好絕緣，並不得有接頭

漏電斷路器相關法規-職業安全衛生設施規則

- 下列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
 - 對地電壓在150伏特以上之移動性或攜帶式電動機具
 - 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
 - 建築或工程作業使用之臨時用電設備



單相



三相

漏電斷路器相關法規-用戶用電設備裝置規則(1)

- 建築或工程興建之臨時用電設備
- 游泳池、噴水池等場所水中及周邊用電設備
- 公共浴室等場所之過濾或給水電動機分路
- 灌溉、養魚池及池塘等用電設備
- 辦公處所、學校和公共場所之飲水機分路
- 住宅、旅館及公共浴室之電熱水器及浴室插座分路
- 住宅場所陽台之插座及離廚房水槽1.8公尺以內之插座分路
- 住宅、辦公處所、商場之沉水式用電設備
- 裝設在金屬桿或金屬構架或對地電壓超過150伏之路燈、號誌燈、廣告招牌燈
- 人行地下道、路橋用電設備

漏電斷路器相關法規-用戶用電設備裝置規則(2)

- 慶典牌樓、裝飾彩燈
- 由屋內引至屋外裝設之插座分路及雨線外之用電器具
- 遊樂場所之電動遊樂設備分路
- 非消防用之電動門及電動鐵捲門之分路
- 公共廁所之插座分路
- 潮濕場所電路(例如：公共浴室、商用專業廚房、冷凍廠、製冰廠、洗車場等)
- 公共場所(戲院電影院、飯館、舞廳、車站、航空站及其他公共集會或娛樂場所)
- 臨時燈設施

依額定感度電流及動作時間分類

類別		額定感度電 (mA)	動作時間
高感度型	高速型	5 、 15 、 30	在額定感度電流時為0.1sec以內
	延時型		在額定感度電流時為0.1sec以上2sec以內
中感度型	高速型	50 、 100 、 200 300 、 500 、 1000	在額定感度電流時為0.1sec以內
	延時型		在額定感度電流時為0.1sec以上2sec以內
備註：漏電斷路器之最小動作電流，係額定感度電流50%以上之電流值（亦即額定不動作電流為50%之額定感度電流）。			

未依安全規定安裝之責任-雇主

- 職業安全衛生法

- 第 40 條：違反對防止電能引起之危害，應有符合規定之必要安全衛生設備及措施，致發生死亡災害者，處3年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣30萬元以下罰金。法人犯前項之罪者，除處罰其負責人外，對該法人亦科以前項之罰金。
- 第 41 條：違反對防止電能引起之危害，應有符合規定之必要安全衛生設備及措施，致發生災害之罹災人數在3人以上者，處1年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣18萬元以下罰金。法人犯前項之罪者，除處罰其負責人外，對該法人亦科以前項之罰金。

- 刑法

- 第 276 條：因過失致人於死者，處5年以下有期徒刑、拘役或50萬元以下罰金。
- 第 284 條：因過失傷害人者，處1年以下有期徒刑、拘役或10萬元以下罰金；致重傷者，處3年以下有期徒刑、拘役或30萬元以下罰金。

- 民法

- 相關侵權損害賠償責任。

舞台感電預防三層安全防線



第一線：漏電斷路器

所有臨時配電盤分歧迴路，必須加裝高感應度高速型漏電斷路器（感應電流 30mA 以下，動作時間 0.1秒 以內）。



第二線：外殼設備接地

金屬 Truss 燈架、音響控制台、音箱與高功率燈具外殼，必須以專用接地線（綠色）串接至現場主接地棒。



第三線：物理絕緣防護

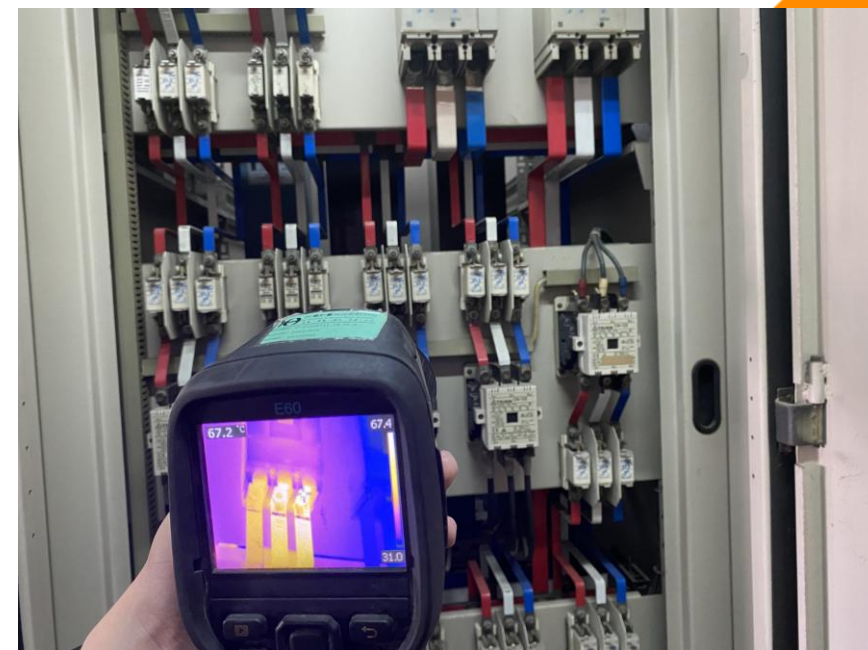
過路電纜必須設置過路保護板（過線槽）；接頭嚴禁裸露，戶外區使用 IP67 防水插頭並做架高防潮處理。

舞台臨時用電與接地檢驗標準

檢測項目	標準安全規範	檢測方法 / 工具	合規要求
漏電斷路器 (ELCB)	動作電流 $\leq 30\text{mA}$ ，動作時間 $\leq 0.1\text{秒}$	按下測試按鈕 (Test Button)	強制必備
設備保護接地 (Grounding)	接地電阻 $\leq 100\ \Omega$ (低壓設備)	三線式接地電阻計測試	強制必備
外殼漏電檢測	金屬 Truss 與音響機殼感應電壓 0V	驗電筆 / 數位萬用電表 ACV 檔	入場必測
絕緣電阻測試	導線與大地間絕緣電阻 $\geq 1\ \text{M}\Omega$	高阻計 (Megger 500V)	送電前量測

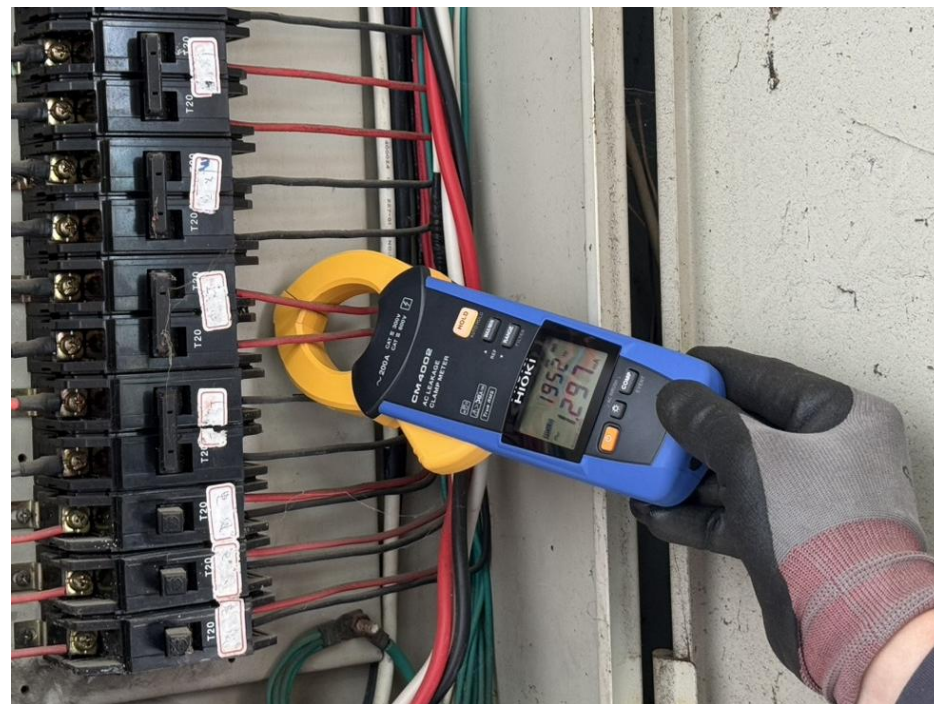
紅外線熱顯像儀

- 在廠房正常負載運轉下，掃描配電盤、變壓器及線路接頭，是否有溫度異常問題。
- 異常狀況：線徑、電流、無熔絲開關容量、壓接。



漏電鉤表

- 適用場景：機台設備維修、配電盤巡檢、產線機台漏電排查。
- 測量方式：利用鉤部的特殊感測器，同時夾住火線(L)與中性線(N)。正常情況下兩者電流抵銷，若有差值即代表漏電，可測得極小電流（如 mA 或 μA 等級）。

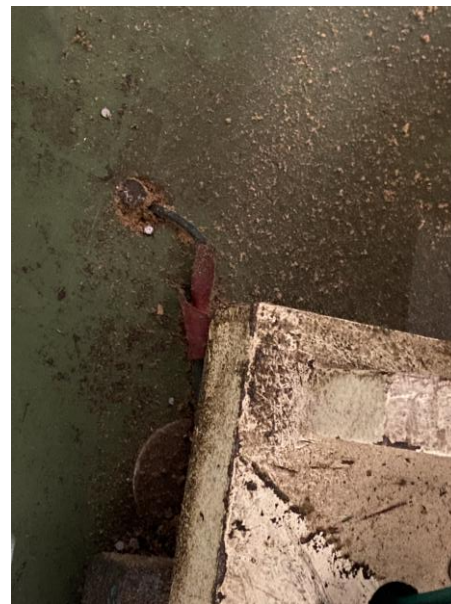


接地電阻測試儀

- 確保接地阻抗符合法規，確保接地有效性引導電流，保護人員與精密設備。
- 測量方式：傳統方法需於輔助地釘間拉線（三極法）；若空間受限，可採用鉤表法在不斷電的情況下，量測接地迴路電阻。



接地棒



設備端金屬外殼接地

驗(檢)電儀器



絕緣電阻-儀器選用

• 使用絕緣高阻計、絕緣電阻測試儀-需停機

數位高阻計 各型號比較							
	IR4056	IR4057	IR4052	IR4059	IR4053	IR5051	IR5050
主要用途	標準	高速測量		EV 維護	PV 維護		標準
量測範圍	低壓 (1000V 以下)					高壓 (5000V 以下)	
額定測量電壓 / 有效最大顯示值	50 V / 100 MΩ 125 V / 250 MΩ 250 V / 500 MΩ 500 V / 2000 MΩ 1000 V / 4000 MΩ					250 V / 500 GΩ 500 V / 1.00 TΩ 1000 V / 2.00 TΩ 2500 V / 5.00 TΩ 5000 V / 10.00 TΩ	
PV 專用測量模式	—				500 V / 2000 MΩ 1000 V / 4000 MΩ	500 V / 100 GΩ 1000 V / 100 GΩ 1500 V / 100 GΩ	—
洩漏電壓	—					0.00 nA to 3.00 mA	
DC 電壓	600 V	600 V	600 V	600 V	1000 V	2000 V	
AC 電壓	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V	1000 V	
低電阻	●	●	●	●	—	—	

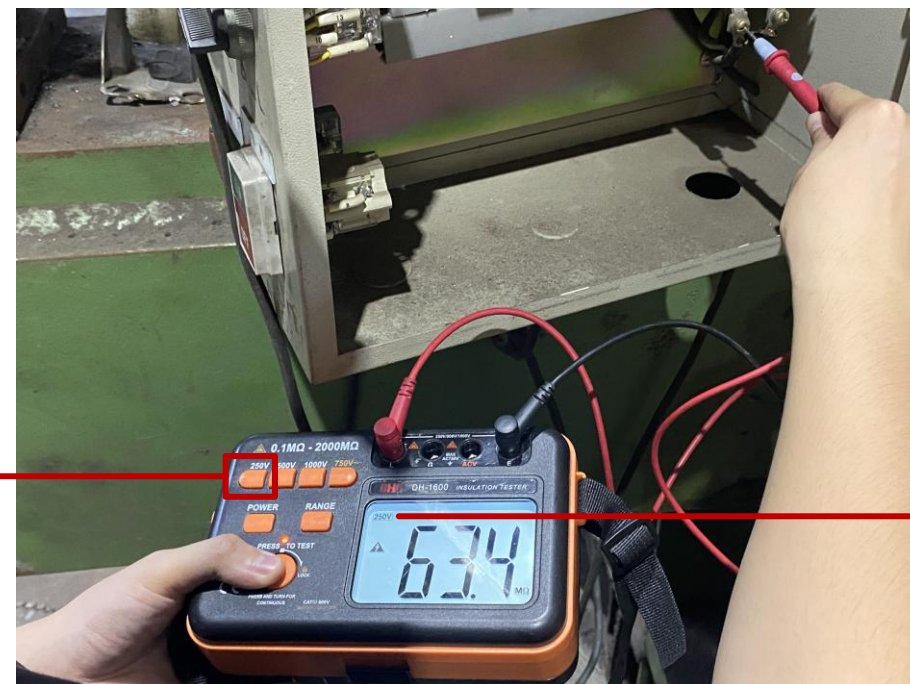
※測量時請務必戴上絕緣手套並請勿觸碰儀器屏障以上的開口部分以策安全。

絕緣電阻計（高阻計）- 需停機

- 對主幹線及分支迴路進行量測，確認導線絕緣層是否因劣化、潮濕而失去保護功能。
- 測量方式：透過輸出高壓（如 500V、1000V）來檢測線路或設備的絕緣電阻值，電阻過低代表絕緣劣化，未來極易發生漏電。



250V 500V 1000V



250V

接地電阻-儀器選用

- 使用接地電阻計、勾表型接地電阻測試儀



※測量時請務必戴上絕緣手套並請勿觸碰儀器屏障以上的開口部分以策安全。

配線測試器



電氣火災預防：負載與距離管控

迴路安全負載上限 (80%原則)

16A (額定 20A 開關)

傳統鹵素燈/金屬燈照射安全距離

1.5 公尺以上

LED 舞台燈具照射安全距離

0.5 公尺以上

安全核心法則：無熔絲開關 (NFB) 運轉負載嚴禁超過額定容量 80%；高熱燈具表面溫度可高達 300°C~500°C，必須與幕布、背景板及易燃道具保持足夠安全距離！

演藝作業全流程電氣安全管制



感電預防對策

- 防止感電之最好方式為使電氣設備不**漏**電，人體觸摸不到帶電體，其次加強各種安全保護裝置和措施。
- 而其一般預防對策可概分為下列幾種方式：
 1. **隔離**：隔離乃使帶電的電氣設備或線路與工作者分開或保持距離，使勞工不易碰觸。
 2. **絕緣**：絕緣為保持或加強電氣線路及設備之**良**好電氣絕緣狀態。
 3. **防護**：防護乃入者穿戴電氣絕緣用防護具，或使用活線作業用器具及裝備。
 4. **雙重絕緣**：雙重絕緣即強化電氣設備之絕緣。
 5. **接地(設備接地)**：設備接地係將電氣的**金**屬製外箱(殼)等，以導體與大地作**良**好的電氣性**連**接(例如馬達或電鋸機外殼之接地)。

感電預防對策

6. 低電壓：低電壓亦即安全電壓。
7. 安全保護裝置：安全保護裝置泛指一切施加於電路或設備上之保安裝置，如漏電斷路器、自動電擊防止裝置。
8. 直流或電池供電：人體對於直流電的耐力較高，因此，在某些允許的情況下，可考慮以直流或電池供電。
9. 其他

隔離

- 使帶電的電氣設備或線路與工作者分開或保持距離，使勞工不易碰觸
- 明確劃定標示電氣危險場所，必要時可加護圍或上鎖，並禁止未經許可之人員進入
- 電氣機具之帶電部分有接觸之虞時，可加設護圍、護板、護罩或架高使人不易碰觸
- 適當的配線與配管

變壓器帶電部份隔離保護



電源開關箱



防止外力壓傷線路



不正確



正確

開關帶電部份隔離保護



臨時用電所使用之配(分)電箱設置箱、蓋、中隔板等防止人員誤觸帶電部分



絕緣

- 電氣設備、開關、電線、電纜外層設有絕緣層，防護直接接觸有電的導體。
- 必須依電壓、溫度、溼度等條件選用適合之絕緣體。
- 絕緣之材料包括氣態（空氣、CO₂、SF₆、氟氯烷）、固態（塑膠、橡膠、紙張、大理石、雲母）、液態（絕緣油）等。
- 作業前應先檢查確認絕緣體是否完好無缺。
- 電氣作業人員使用絕緣用防護具

絕緣手工工具



正確安裝電氣設施

使用經檢驗合格之電器設備與線路

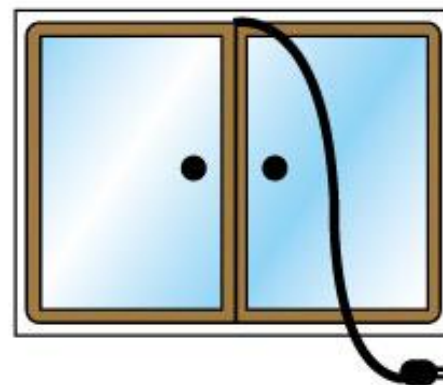


R30001
標準檢驗局
檢驗合格標識

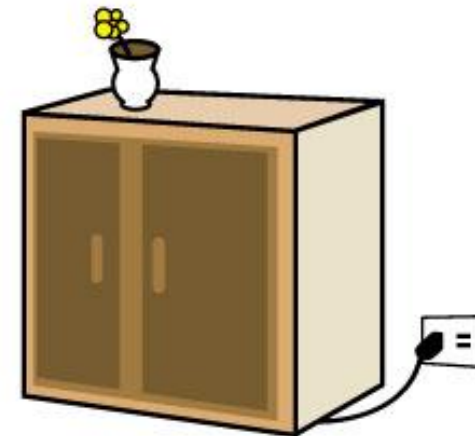


標準檢驗局
檢驗合格標識

電線應避免外在機械力之擠壓，
而發生斷線或絕緣損壞



電線不可直接穿越門窗



電線不可壓在傢具下方

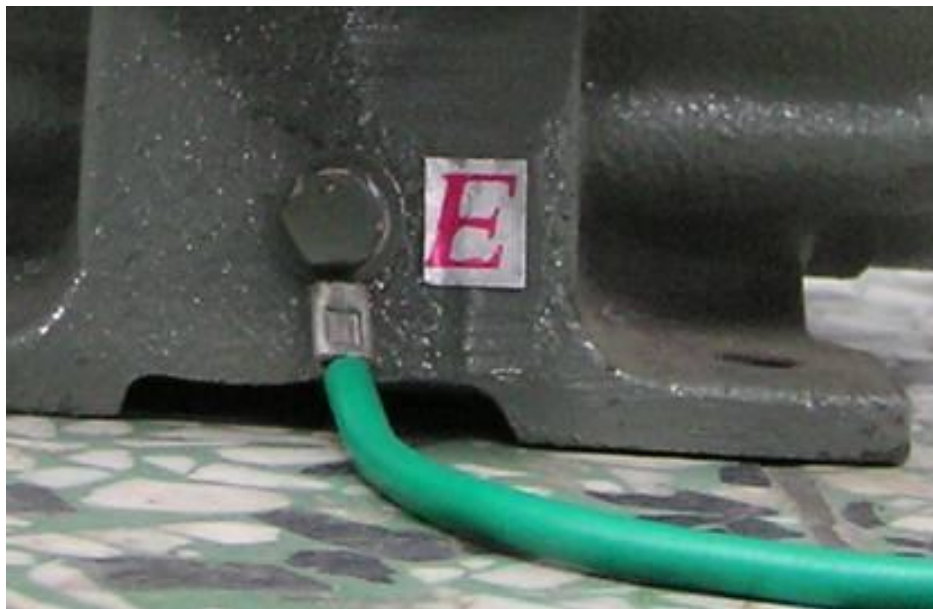
採用加強保護之雙重絕緣電器設備



“回”標誌雙重絕緣

設備接地保護

- 為防止**漏**電時所引起之感電，將目的物以導體與大地作**良**好的電氣性**連**接，稱為接地。
- 電氣設備外殼做好接地保護措施。
- 保護功能：電器絕緣劣化、損壞等因素而發生漏電時，避免或減低人員發生感電危險。



馬達外殼接地



飲水機外殼接地



無熔絲開關用途

- 過載與短路保護：

當電流超出電路的安全承載範圍時，無熔絲開關會自動切斷電源，防止電線過熱和火災發生。

- 緊急斷電：

在地震、火災等緊急情況下，可作為總開關迅速切斷全屋電源，以防災情擴大。

- 局部故障隔離：

若特定區域（如廚房）出現用電異常，無熔絲開關能夠針對該區域進行斷電，在不影響其他房間正常用電的情況下進行檢修。

無熔絲開關注意事項

- 開關自動跳脫後，應先將把手切至「OFF」位置，再向上切回「ON」位置。
- 開關電流量應小於電線負載電流，才能達到保護電線的作用（如 20A 電線搭配 15A 無熔絲開關）。

無熔絲開關跳脫處理

- 跳脫原因：
短路或用電量超過開關額定電流
- 處理步驟：
檢查電路是否超載使用，察明原因排除後再行復歸(Reset)

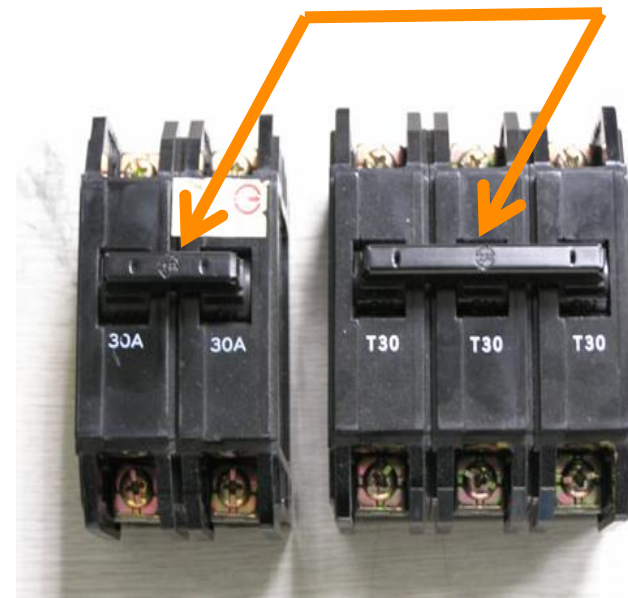
動力回路用



一般回路用



無熔絲開關跳脫
把手呈水平狀態



漏電斷路器規格

- 感度電流、跳脫時間、漏電保護專用或含過電流保護功能

額定電流50A

額定感度電流30mA
動作時間0.1秒以內



指示鈕

測試鈕

漏電斷路器用途

- 漏電保護

漏電斷路器的感度電流通常不得超過 30 mA，且斷電動作最好能在 0.1 秒內完成。

- 過負載保護

電流高於「跳脫電流」（或稱「額定電流」）時自動切斷電源，避免上述危險發生。

- 短路保護

短路：是指電路因異常原因導致電阻大幅降低、電流劇增的情況。
能在發生短路時立即切斷電源，避免更嚴重的故障及災害發生。

無熔絲開關 VS 漏電斷路器

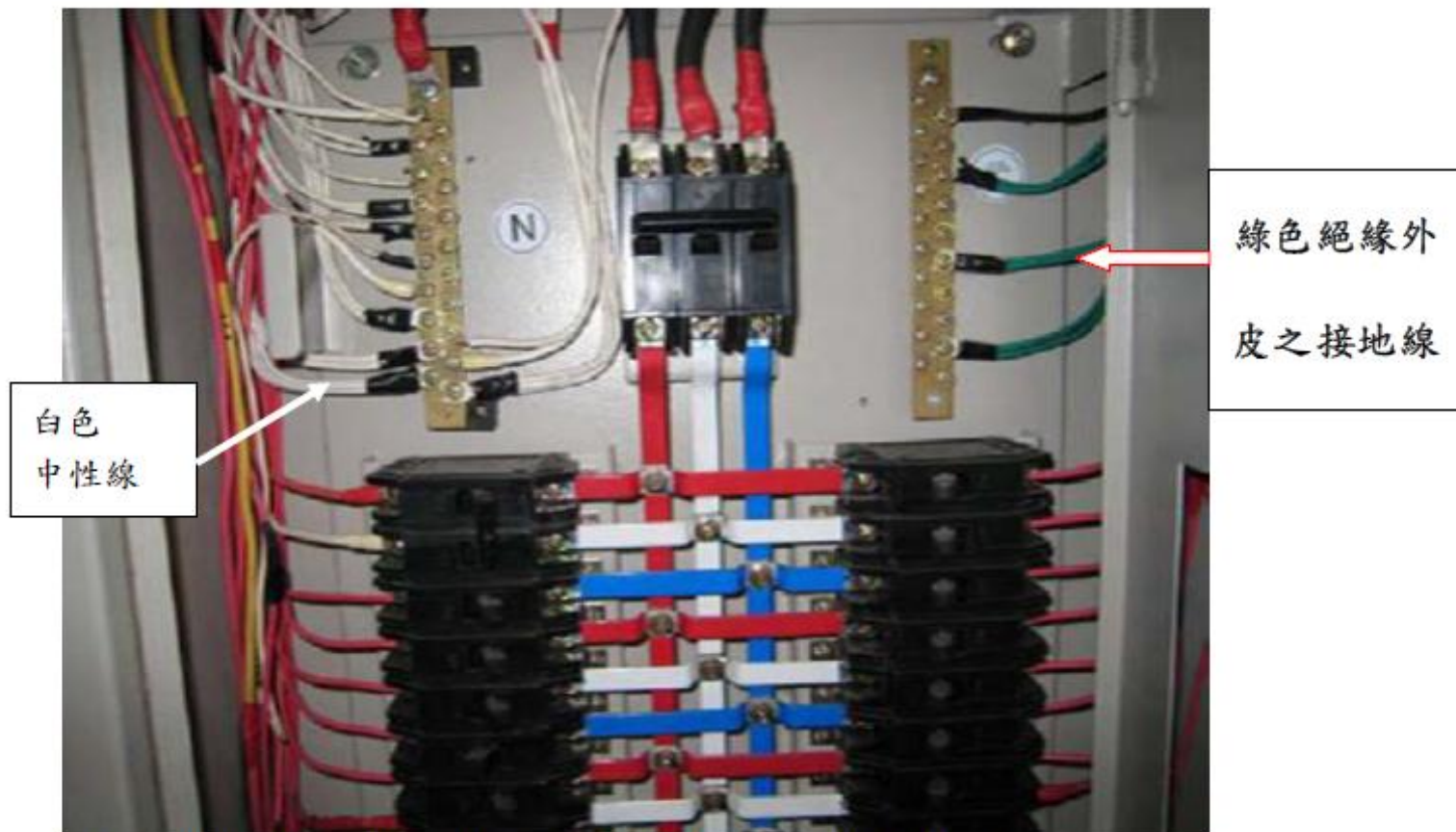
種類	無熔絲開關	漏電斷路器
主要功能	防止電路因過載或短路而損壞	防止因漏電導致的觸電和火災事故
工作原理	當電流 > 預設值（跳脫電流 AT）時，利用電磁或熱動效應斷開電路	當偵測到進出電流不平衡（漏電）時，迅速斷開電路
安裝位置	住宅及商用場所的配電盤、總電箱	居家近水區域分路（如浴室、廚房）、其他依法需安裝處
優點	可手動重置、不需更換保險絲	能有效防止漏電意外
缺點	無漏電保護功能	安裝不慎可能頻繁跳電，影響日常用電

無熔絲開關 vs 漏電斷路器

無熔絲開關	NFB 不累尬	保護功能：過載及短路保護 使用場所：總開關、分路保護 注意事項：開關容量不可任意加大	過負載及短路保護， 並無法偵測到「漏電」
漏電斷路器	ELB RCCB	保護功能：電器漏電保護 使用場所：潮濕處所、飲水機、路燈、 臨時用電及電熱水器等	負載、短路保護 及偵測到「漏電」

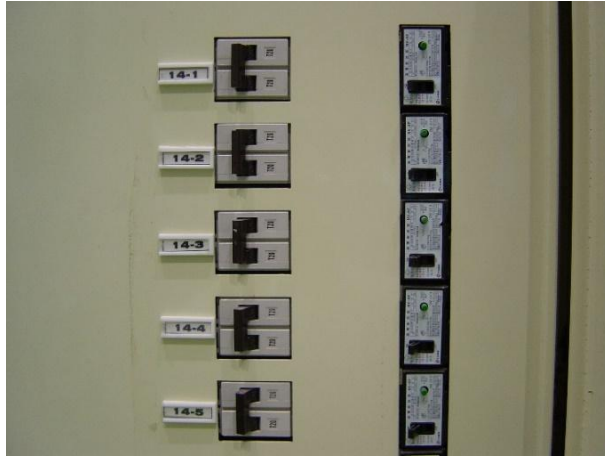
- 以下 3 種地方建議安裝漏電斷路器：
位於**潮濕空間**的（如浴室、廚房）插座
使用**用水器具**（如飲水機、電熱水器）的插座
戶外線路

- **安裝注意事項：**
安裝前先檢查迴路
裝設於「分路」而非「總電源」
額定電流 > 電路之負載電流



以全綠色外皮為識別之接地連接裝置防止混淆。

漏電斷路器安裝例



插頭型漏電斷路器



延長線使用注意事項

- 確實依延長線電源線組標示之額定消耗功率或電流使用。
- 耗電量高的電氣設備應避免共用同一延長線電源線組。
- 延長線不可一條接一條串聯使用，請選擇適用的線長及插座數。
- 貴重或長期使用不斷電之儀器設備，建議單獨使用一插座。
- 延長線不可緊貼辦公家具，若延長線使用不當而產生火警，可能會加劇火勢擴大，在擺放延長線時，應保留適當空間使其散熱。
- 不得自行拆解、改裝或有任何改變原樣式、規格的動作。
- 不使用之電器插座應拔除，或關閉延長線開關。
- 連假或長期離開崗位時，應拔除延長線電源線組之插座。
- 拔下延長線插頭時，應手握插頭取下，不可僅拉電線，而造成電線內部銅線斷裂。

延長線使用注意事項

- 延長線不可壓在家具或重物下方，以避免發生損壞產生危險。
- 使用延長線時，應注意不可將其綑綁，以避免導線溫度升高而將絕緣皮融熔，造成著火。
- 延長線避免放置爐具上方，因爐火高溫將絕緣皮融熔，造成著火。(抽氣櫃內)
- 延長線應在容許負載容量下使用，且延長線上有連接多孔插座，應使用具保險絲安全裝置或過負荷保護裝置之產品。
- 避免使用老舊、破損之延長線。
- 注意使用中之延長線是否有發燙或異味產生→過負載。

電氣安全管理

- 適當照明及工作空間。
- 不用之電線或設備應移除。
- 電氣箱或開關箱之設備線路應有連接標示圖，開關及斷路器應有用途標示。
- 任何不明之線路應視為活線。
- 電氣作業應以停電作業為主。
- 活線作業及活線接近作業應戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具、絕緣用防護裝備、活線作業用裝置
- 接近無被覆之高壓架空電力線附近施工時，應保持安全距離並置監視人員監視指揮、設置護圍、裝置絕緣用防護裝備或移開電路

絕緣電阻 vs 接地電阻

- 絕緣電阻 (Insulation Resistance) :

目的是測量電氣設備內部導體與接地（或設備外殼）之間的絕緣性能，以確保沒有漏電風險。

- 接地電阻 (Ground Resistance) :

目的是測量接地系統（如避雷針、變電站、建築物接地等）與大地之間的電阻值，以確保接地系統能夠有效導電。

絕緣電阻	為了確保沒有漏電產生	高電阻	兆歐姆 ($M\Omega$) 或以上
接地電阻	為了確保有效導電	低電阻	幾歐姆 (Ω)

電氣安全管理

- 高壓以上之停電作業、活線作業及活線接近作業，應將作業期間、作業內容、作業之電路及接近於此電路之其他電路系統，告知作業之勞工，並應指定監督人員負責指揮
- 非合格之電氣技術人員不得任意裝設及維修電氣器材。
- 加強一般電氣安全之教育。

專任電氣技術人員之設置

- 低壓(且50kW以上工廠或供公眾使用之建築物)：初級電氣技術人員
 - 乙種電匠
 - 室內配線、工業配線、配電線路裝修、用電設備檢驗、變壓器裝修或變電設備裝修職類丙級技術士
 - 具有高級或中級電氣技術人員資格
- 高壓(超過600V)：中級電氣技術人員
 - 甲種電匠
 - 室內配線、工業配線、配電線路裝修、用電設備檢驗、變壓器裝修或變電設備裝修職類乙級技術士
 - 具有高級電氣技術人員資格
- 特高壓(超過22.8kV)：高級電氣技術人員
 - 電機技師
 - 室內配線、工業配線、配電線路裝修、用電設備檢驗或變壓器裝修職類甲級技術士

感電危害預防六大口訣

- 1) 帶電**不**裸露
- 2) 不帶電應**接**地
- 3) 用電設**漏**電斷路器
- 4) 電氣作業應**停**電
- 5) 活線作業應**穿**戴絕緣防護具等
- 6) 高壓電線(設備)應**保**持距離

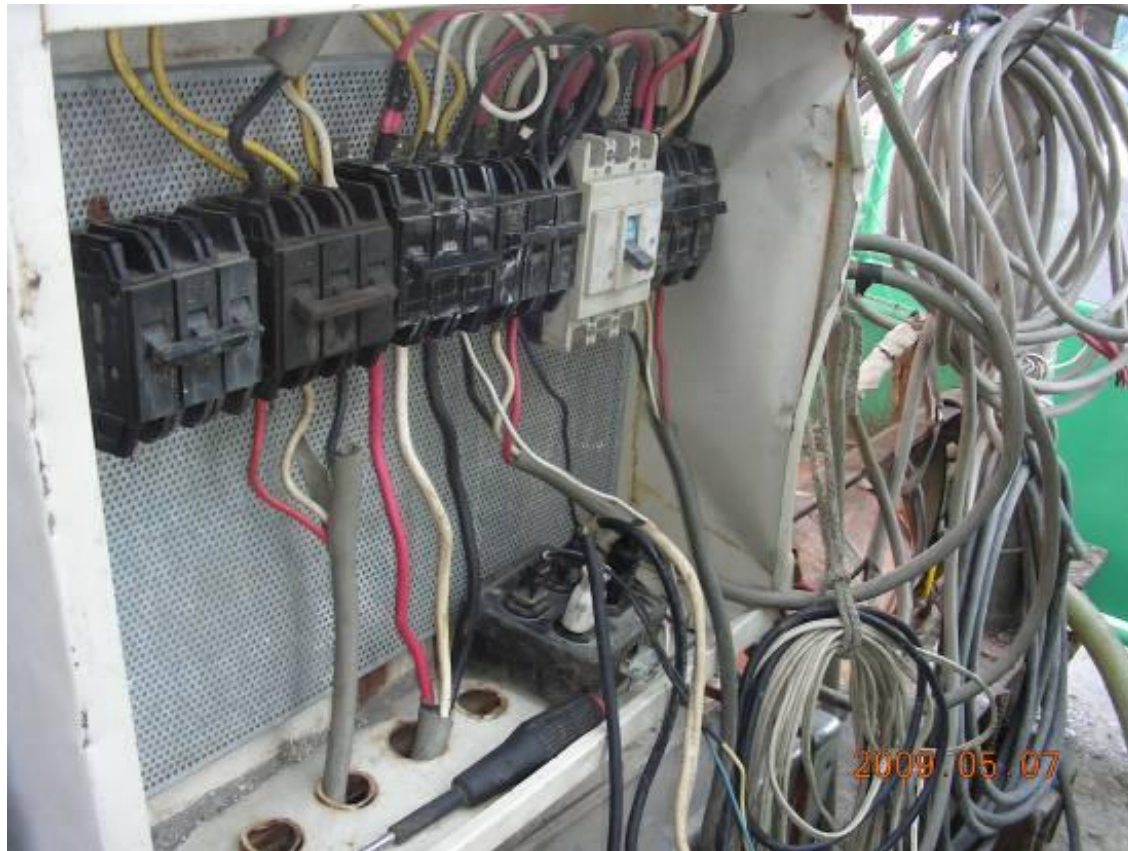
PART 04

電氣危害案例

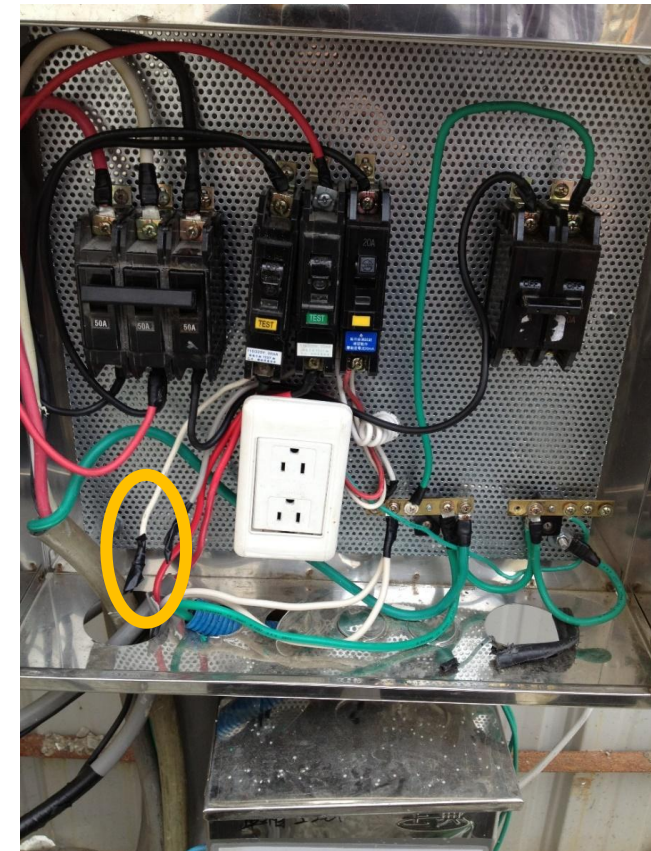
透過近 10 年表演藝術與舞台工程真實事故盤點，深入剖析環境、設備與人為操作的核⼼風險因子。

常見錯誤樣態

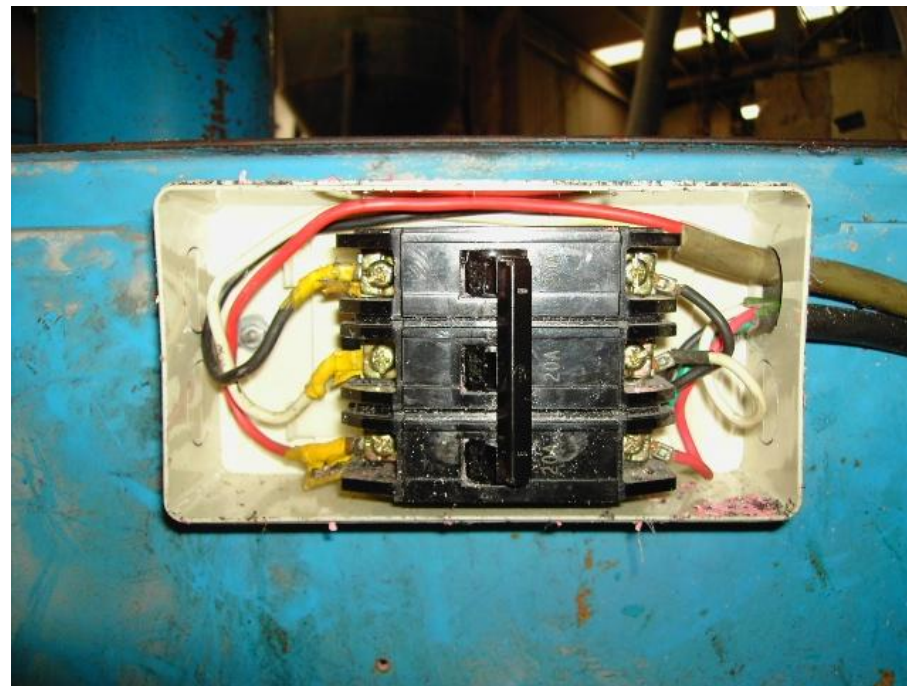
臨時分電盤未設漏電斷路器



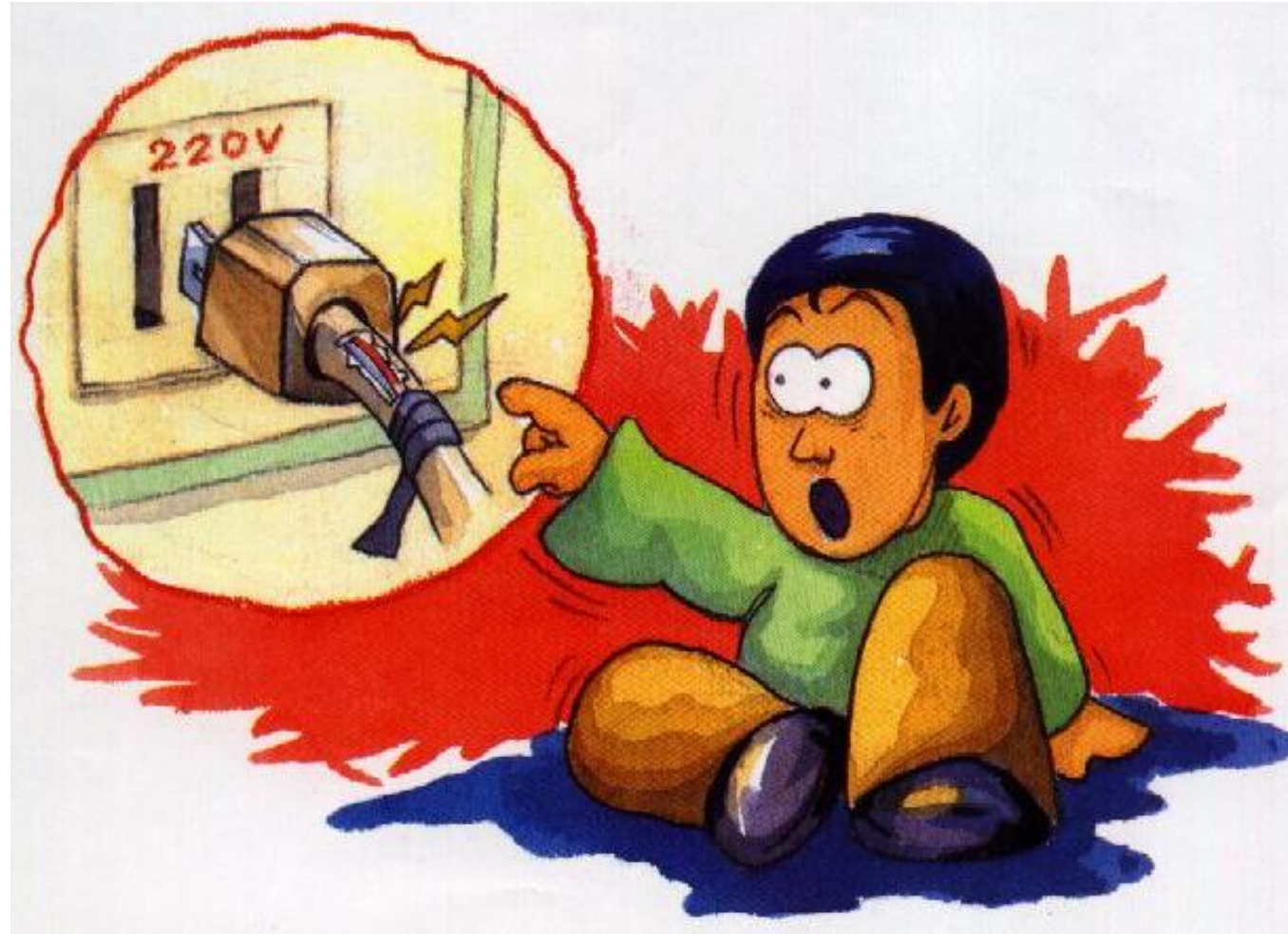
中性線未接



無熔絲開關裸露帶電部

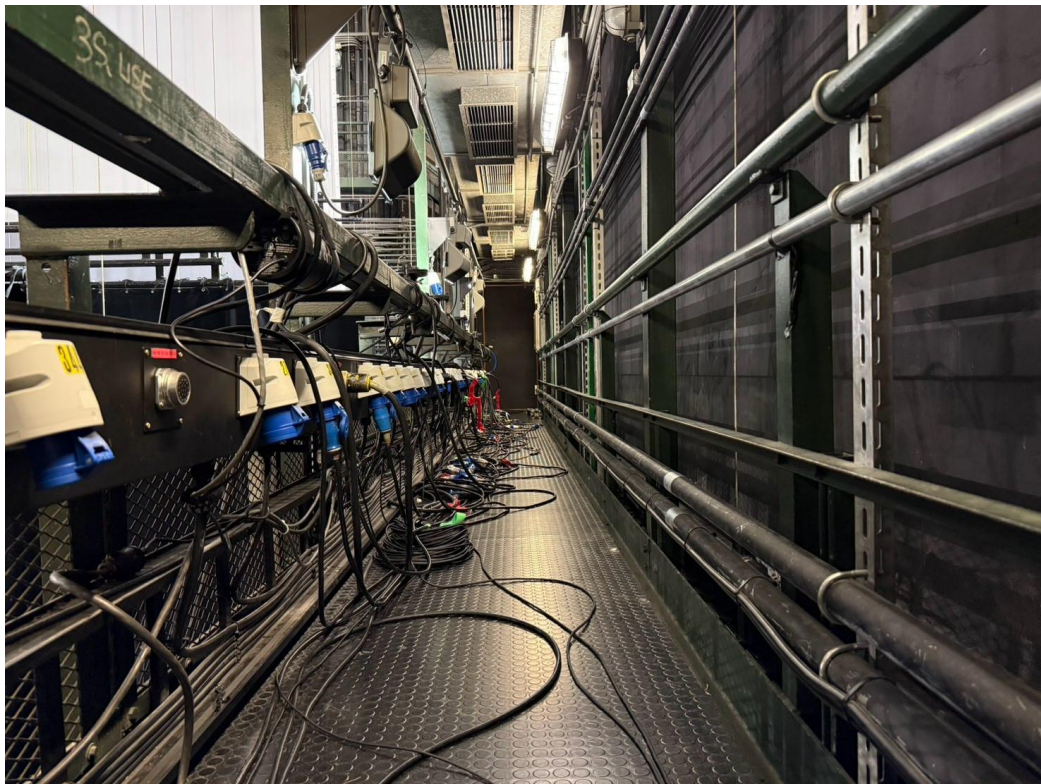


插頭電線破損而碰觸裸露電線

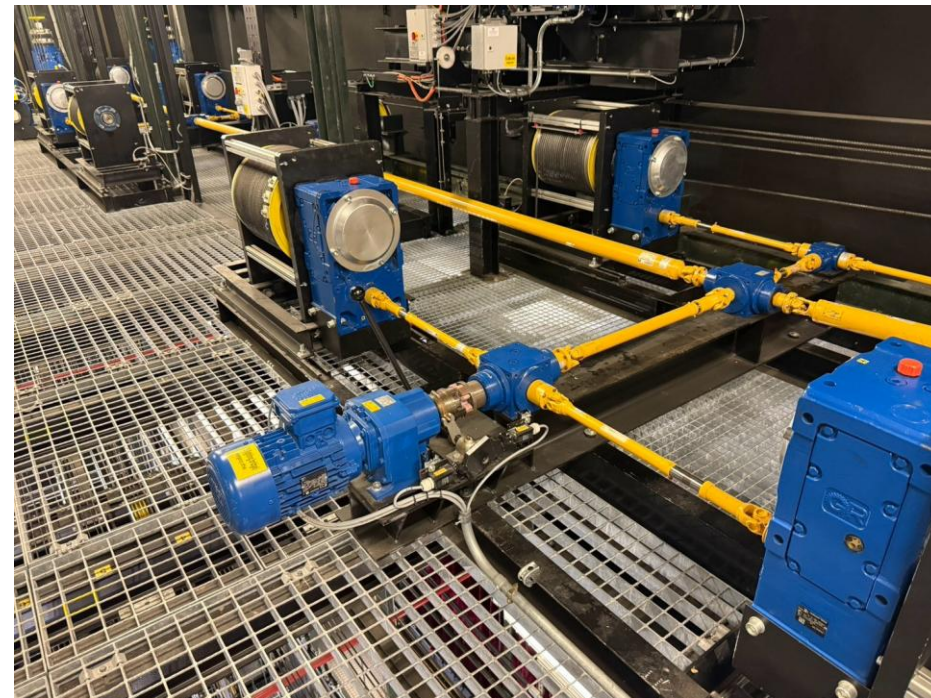


常見錯誤樣態

移動電線位有防止絕緣破壞措施



未完整標示接地線狀態



近十年舞台電氣事故典型案例

⚡舞台漏電與樂手感電意外

戶外演唱會因雨天潮濕且臨時用電未作設備接地，樂手接觸金屬麥克風與電吉他時發生強烈電擊昏迷事故。

💡燈具過熱引燃舞台幕布事故

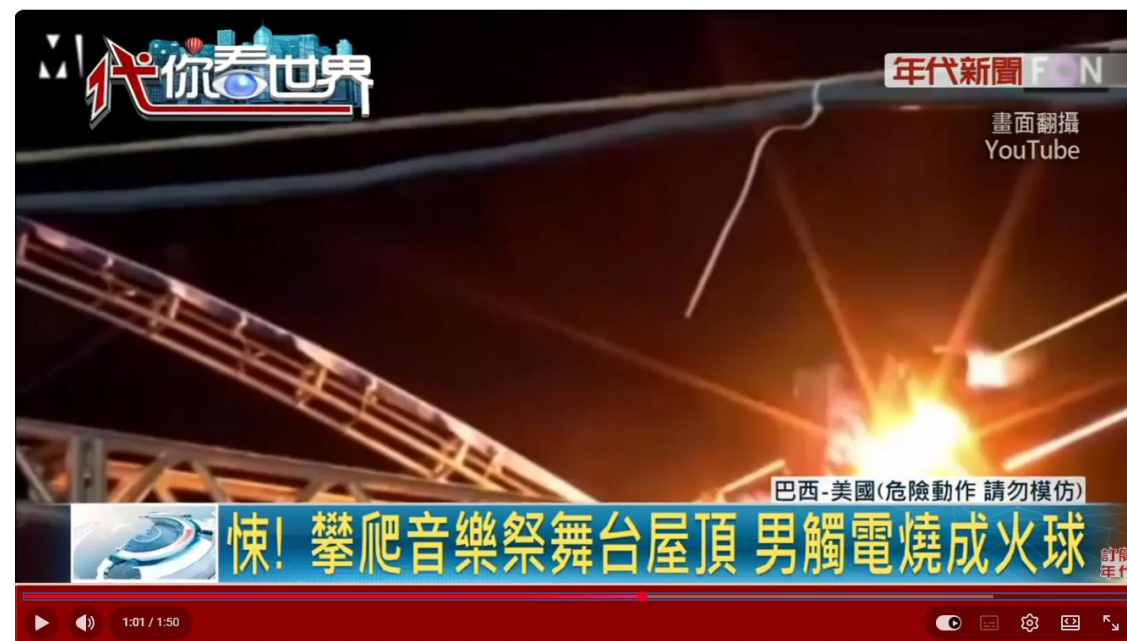
高功率鹵素燈/聚光燈與防焰布幕距離過近，高溫長時間輻射加熱引燃布幕，瞬間引發舞台上電氣火災。

🔌延長線過載熔融短路起火

臨場加設煙霧機與大功率設備，串接多條細線延長線導致導線過載發熱，線路熔熔爆出電弧火花。

巴西葡萄牙節音樂祭 (Brasil)：攀爬舞台 Truss 觸電身亡(2018年)

- 事故摘要：在巴西那杜巴 (Natercia) 舉辦的音樂節活動中，人員於舞台頂端金屬骨架區移動時，誤觸舞台頂部高壓供電線路或未接地之高壓照明迴路，瞬間產生強烈電弧 spark 並引燃衣物，當場觸電身亡。
- 主要成因：
 - 舞台高處電纜配線未做絕緣隔離防護。
 - 整體舞台金屬結構 (Truss) 未執行保護接地 (Equipotential Bonding)。



https://youtu.be/q4_ncD6yp8U?si=3Vo4Qm428Roh-OOk

巴西歌手舞台現場感電身亡事故(2024 年)

- 事故過程：35 歲歌手 Ayres Sasaki 在飯店舞台進行現場演唱時，因接觸到帶電纜線/漏電設備當場遭強烈電擊，送醫不治。
- 事故成因：舞台電纜線路絕緣破損，加上現場人員身體潮濕（雨水/汗水），造成人體電阻劇降引發致命感電。

歐洲音樂節 Tomorrowland 主舞台電氣大火 (2025 年)

- 事故過程：大型電子音樂節開幕前夕，主舞台突發大火，整座大型舞台結構與複雜的燈光音響電路被徹底燒毀。
- 事故成因：大型舞台大量高功率 LED、雷射與特效設備臨時線路過載、短路引發電氣火花，引燃周邊易燃裝飾造景。



<https://www.setn.com/news/168917>

3

音樂表演舞台漏電：主唱演出中遭感電擊暈 (2019 年，台灣)

- 事故過程：知名樂團於表演期間，主唱手持麥克風演出時突遭舞台設備漏電衝擊，當場被電暈倒地、表演一度中斷，所幸經緊急搶救後恢復意識。
- 事故成因：舞台臨時配電系統未做落實的設備接地（Grounding），且線路或設備發生絕緣劣化漏電，經麥克風金屬外殼與人體形成迴路。



<https://www.setn.com/news/556917>

校園舞台燈具過熱引燃布幕（電氣火災） (2019 年，台灣)

- 事故過程：彩排期間舞台兩側設置高功率鹵素聚光燈，因舞台佈景調整，布幕長時間過於靠近燈具，積熱引燃未施作難燃處理之布幕，火勢迅速蔓延至頂棚電線，造成後台大火及人員吸入濃煙送醫。
- 事故成因：高熱燈具未保持 1 公尺以上防火距離，且迴路超載發熱，引發電氣火災。

改善措施

1. 電源端與設備

- 保護漏電斷路器：所有臨時配電箱、分電盤迴路必須安裝高敏感度、高速型漏電斷路器。
- 等電位接地：舞台金屬結構（Truss 架）、燈光/音響控制台、機櫃外殼必須落實保護接地；入場前使用接地電阻計與驗電筆進行抽驗與確認。
- 線路防護與過路防護：電纜線全面升級使用防護插頭與耐磨橡膠線；戶外走道及車道鋪設重型過路保護板（線槽），嚴禁裸線直接曝露或接頭接點受潮。

2. 電源負載與熱源管理

- 容量控管：嚴禁使用延長線進行「串接（Daisy Chain）」；單一迴路總用電負載必須嚴格控管於無熔絲開關（NFB）額定容量的 80% 以內。
- 防火安全距離：高熱燈具（鹵素燈、金屬燈等）必須與舞台布幕、道具及背景板保持 1 公尺以上的安全距離。
- 布幕材料管理：舞台幕布、道具與背景裝飾必須選用符合消防法規之防焰等級材質，並定期重新進行防焰藥劑噴塗與檢驗。

3. 明火與特殊效果管制

室內禁用明火：室內表演場所嚴禁使用明火或未經核准之火舞表演；如需使用特效，須提出安全計畫並備妥二氧化碳或乾粉滅火器於舞台兩側。

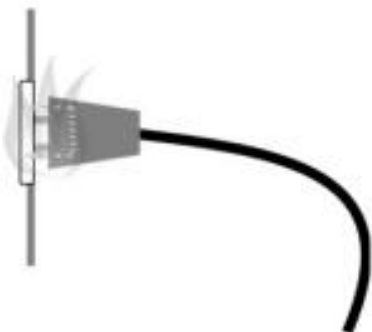
緊急應變與電氣火災處置實務

-  感電災害急救程序：發現有人感電，切勿直接用手拉扯！應優先切斷總電源；若無法立即斷電，須使用乾燥木棍、塑膠棒等絕緣物將傷者與帶電體分離。
-  電氣火災（C類火災）滅火規範：設備帶電起火時，嚴禁用水或泡沫滅火器！應使用二氧化碳 (CO₂) 或 ABC 乾粉滅火器，避免滅火人員二次感電。
-  緊急停電開關 (E-Stop) 標示：控台與主配電箱旁必須明確標示緊急斷電鈕位置，確保後台安全人員能在 3 秒內切斷總電源。
-  個人防護裝備 (PPE)：臨場接電與復電檢修作業，必須佩戴經檢驗合格之電工絕緣手套與絕緣防滑鞋。

火災分類

火災類別	說明
A類火災 (普通火災)	指木材、紙張、纖維、棉毛、塑膠、橡膠等 可燃性固體 引起之火災。
B類火災 (油類火災)	指石油類、有機溶劑、油漆類、油脂類等 可燃性液體 及 可燃性固體 引起之火災。
C類火災 (電氣火災)	指電氣配線、馬達、引擎、變壓器、配電盤等 通電中之電氣機械器具及電氣設備 引起之火災。
D類火災 (金屬火災)	指鈉、鉀、鎂、鋰與鋅等 可燃性金屬物質 及 禁水性物質 引起之火災。

C類火災



積污導電



電線纏繞



過負載



半斷線



短路

雷擊、高壓電

滅火適用性

火災分類 \ 適用滅火器	水	機械 泡沫	二氧化 化碳	強化 液	乾粉		
					ABC類	BC類	D類
A類火災	○	○	×	○	○	×	×
B類火災	△	○	○	○	○	○	×
C類火災	△	△	○	△	○	○	×
D類火災	×	×	×	×	×	×	○

1. 「○」表示適用，「×」表示不適用，「△」表示有條件試驗合格後適用。
2. 水滅火器以霧狀放射者，亦可適用B類火災。
3. 乾粉：
 - ① 適用B、C類火災者：包括普通、紫焰鉀鹽等乾粉。
 - ② 適用A、B、C類火災者：多效乾粉(或稱A、B、C乾粉)。
 - ③ 適用D類火災者：指金屬火災乾粉，不適用本認可基準。
4. 二氧化碳滅火器及乾粉滅火器適用C類火災者，係指電氣絕緣性之滅火藥劑，本基準未規範滅火效能值之檢測，免予測試。
5. 水滅火器、泡沫滅火器及強化液滅火器經依下列規定試驗合格或提具國內外第三公證機構合格報告者，得標示適用C類火災：
 - ① 電極板：1 m × 1 m之金屬板。
 - ② 電極板電壓及與噴嘴之距離：35 kV (50cm)、100 kV (90cm)。
 - ③ 實施噴射試驗時，漏電電流應在0.5 mA以下。
6. 適用B、C類火災之乾粉與適用A、B、C類火災之乾粉不可錯誤或混合使用。

PART 05

Q & A 交流與討論

藝術成就的追求，始終來自對安全的承諾~
落實安全防護，讓每一次演出完美落地！