



# 機電安全及危害防止

## E3 電氣



## 教材使用注意事項

本教材中所有投影片內容(含文字檔及圖檔)著作權皆屬於本部所有。

一、種子師資：對任一單張投影片之教材須完整擷取進行授課，不得將任一單張投影片內容任意進行修改及編輯。

二、作為一般授課使用之參考資料時需標註引用出處。



# 內 容

- 壹、基本電氣知識
- 貳、實驗場所的電氣危害與電氣火災
- 參、電氣安全保護裝置
- 肆、電氣危害防範措施



# 壹、基本電氣知識



# 直流與交流的認識

## 直流電

(蓄電池、乾電池)



## 交流電(60Hz)

- 一般小容量負載使用單相交流電
  - 1Ø2W AC110V
  - 1Ø3W AC110/220V
- 動力用大容量負載使用三相交流電
  - 3Ø3W AC220V
  - 3Ø4W AC220/380V





# 國際安全電壓

國名	安全電壓 (V)
中華民國	24
日本	30
美國	25(AC)、60(DC)
德國	24
英國	24
比利時	35
瑞士	36
荷蘭	50
法國	24(AC)、50(DC)
捷克	20

中國大陸: 42、36、24、12、6

資料來源: 勞安全衛生研究所

([www.iosh.gov.tw/Publish.aspx?cnid=31&P=674](http://www.iosh.gov.tw/Publish.aspx?cnid=31&P=674))



# 中華民國 電壓AC110V

## 各國電壓

國家	電壓	國家	電壓
日本	100V	荷蘭	220V
南韓	220V	盧森堡	220V
香港	220V	英國	220-240V
新加坡	220V	愛爾蘭	220V
澳大利亞	240V	法國	220V
紐西蘭	220V	瑞士	220-224V
印尼	220V	西班牙	220V
美國	120V	葡萄牙	220V
夏威夷	120V	德國	220V
加拿大	110V	挪威	220-230V
墨西哥	110V	芬蘭	230V
義大利	220-230V	丹麥	220V
奧地利	220V	瑞典	220V
俄羅斯	220V	南非	220V
比利時	220V	史瓦濟蘭	220V

資料來源：<http://www.travelonline.com.tw/>



# 電源電壓認識

(單相AC 110V和單相AC 220V)

測試儀器



微波爐



電扇



AC 110V  
附接地極插座



示波器



冷氣機



AC 220V  
附接地極  
插座







# 電源電壓認識

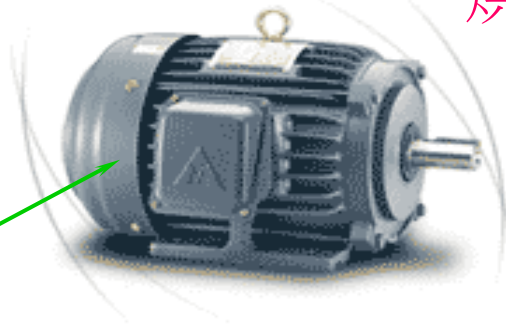
## (三相AC 220V)



箱型冷氣



烘烤箱



電動機



三相插座  
AC 220V



# 電學基礎

- V：電壓           單位：伏特 (V)
- I：電流           單位：安培 (A)
- R：電阻           單位：歐姆 ( $\Omega$ )
- P：電功率       單位：瓦特 (W)

**公式：  $V=IR$      $P=VI$**



# 電的單位

- 一度電等於 $1000\text{W}\cdot\text{hr}$ （千瓦·小時），故  
500W之電器使用4小時即使用了2度電
- 馬力(HP)等於746W。



## 5-1.1 電容器的構造與充放電

- 1.電容器之功能：具有儲存電荷的能力。
- 2.構造：在兩平行導電板間隔以絕緣材料而成，兩平行導電板稱為電極，中間的絕緣材料則稱為介質。

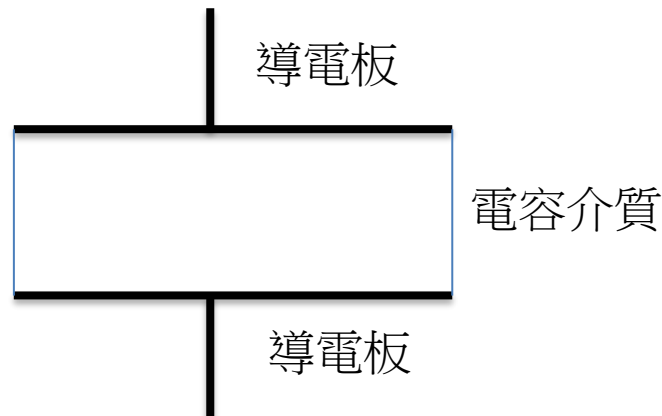


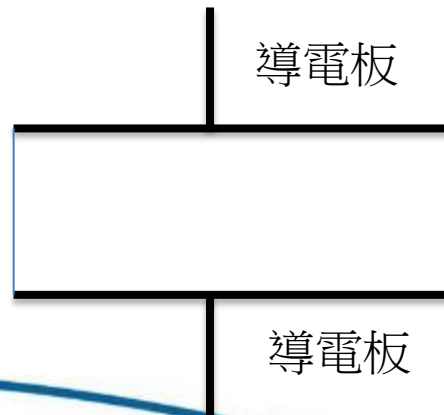
圖 電容器的構造



## 5-2.1 電容量的定義

4. **電容量**：電容器儲存的電荷量（ $Q$ ）和外加電壓（ $V$ ）成正比，其比值以電容量（ $C$ ）表示之；亦即：電容量為單位電壓所能儲存電荷的能力。其中電荷量之單位為庫倫，電壓之單位為伏特及電容量之單位為法拉之以數學式表示如下。

$$Q=CV$$





## 例題:電容量的定義

- 有一電容器，當外加110伏特電壓時，產生0.0055庫侖電荷，試求該電容器的電容量為多少？



$$E = \frac{1}{2}CV^2$$

E：電能，單位：焦耳 (J)

C：電容量，單位：法拉 (F)

V：電壓，單位：伏特 (V)

- 若槽車之電容為5000PF，其累積之電壓為10kV，請問其可放出之能量為多少焦耳？  
(P： $10^{-12}$ ，k： $10^{-3}$ )



# 消除電荷的方法

- 接地與連接
- 濕度控制及增加導電率
  - 一般而言，在常溫下，60-70%的相對濕度應可避免靜電問題的發生。
- 靜電消除器
- 導電性地板
- 靜電鞋及靜電腳輪

資料來源：勞研所SDSE015T0018



# 電力供應

發電廠至用戶端之間所連成的供電系統

- 基本構成：

發電 → 輸電 → 配電



協和火力發電廠



輸電鐵塔



配電 11.4KV



69KV



## 貳、實驗場所的電氣危害 與電氣火災



# 實驗場所的電氣危害

- 感電災害
- 電弧灼傷
- 電氣火災
- 靜電危害





# 電流對人體的反應

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	有心室細動的可能（電擊時間 3.0 秒）



# 身體各部位電阻值

身體部位	電阻值 (歐姆)	備註
手掌表皮	10000 ~ 50000	汗濕時減為1/12， 水濕時為1/25以下
手臂外側表面	2000 ~ 5000	
人體內部	100 ~ 200	依血液、神經、肌肉、骨頭之順序， 電阻逐漸增大，以 平均值表示



## 電流與通電時間

心室細動電流通過人體的時間實用上的容許界限值為

$$I * T = 30 \text{mA} \cdot \text{s}$$

I：電流，單位：安培(A)

T：流過人體時間，單位：秒(s)

mA·s：人體每秒容許電流

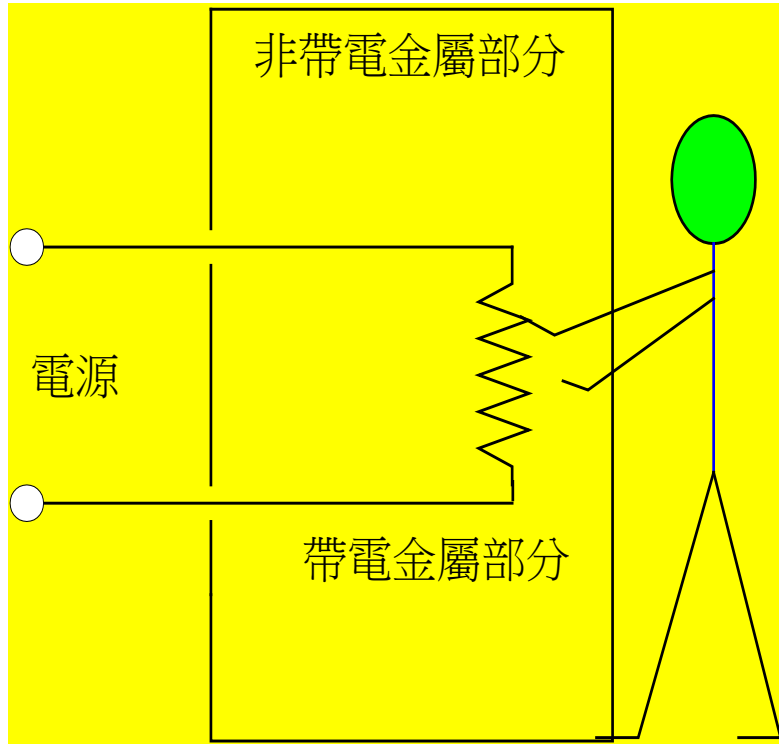


# 人體安全電壓與感電時間

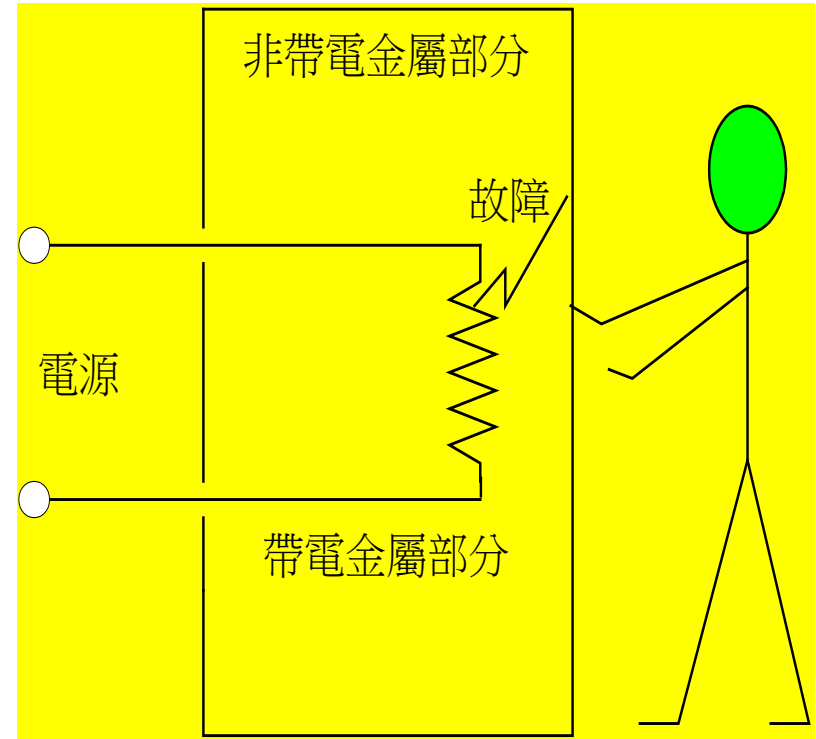
感電時間上限(秒)	安全電壓(V)	
	50 公斤	12.5 公斤
0.01	1160	381
0.015	947	311
0.03	670	220
0.05	518	170
0.1	367	120.5
0.175	277	91
0.2	259	85
0.25	232	76
0.5	164	54
0.75	134	44
1	116	38
2	85	27

註：人體等效電阻定為  $1000 \Omega$

# 感電事故的分類



直接觸電事故



間接觸電事故





## 【案例一】 直接觸電

### • 學生實習感電致死

某技術學院學生在實習工場遭電擊身亡  
該生在低壓配電箱門打開且線路通電情況下，左胸誤觸面板背部之裸線，而遭220V電壓電擊致死。

此事件是否可以避免，答案是肯定的。

## 【案例二】路燈漏電

北縣一名婦人因路燈電桿  
漏電，導致感電死亡。



**Q：路燈可能成為「危險殺手」？**

# 電弧灼傷

- 線路或電氣設備發生短路、接地、閃絡現象皆能產生電弧使人體遭受灼傷。



趕快送醫急救



# 電弧灼傷災害案例

## 測試無熔絲開關遭電弧灼傷災害

某人欲測試無熔絲開關電源側時，量測設備之測試棒金屬不慎觸及開關的機械操作外殼，使電源兩相短路產生電弧，造成該此人二度灼傷。



# 放電與電壓強度及介質強度均有關

介質材料	介質強度(kV/cm)
空氣	30
陶瓷	40
玻璃	80-100
樹脂	150

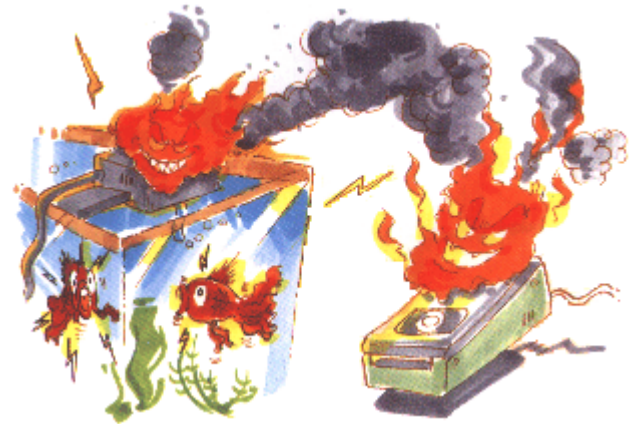


若空氣中a、b兩點相距0.5米，空氣之介質強度為30kV/cm，則兩點間會導致絕緣破壞的最低電壓為多少kV？

# 電氣火災的原因分析

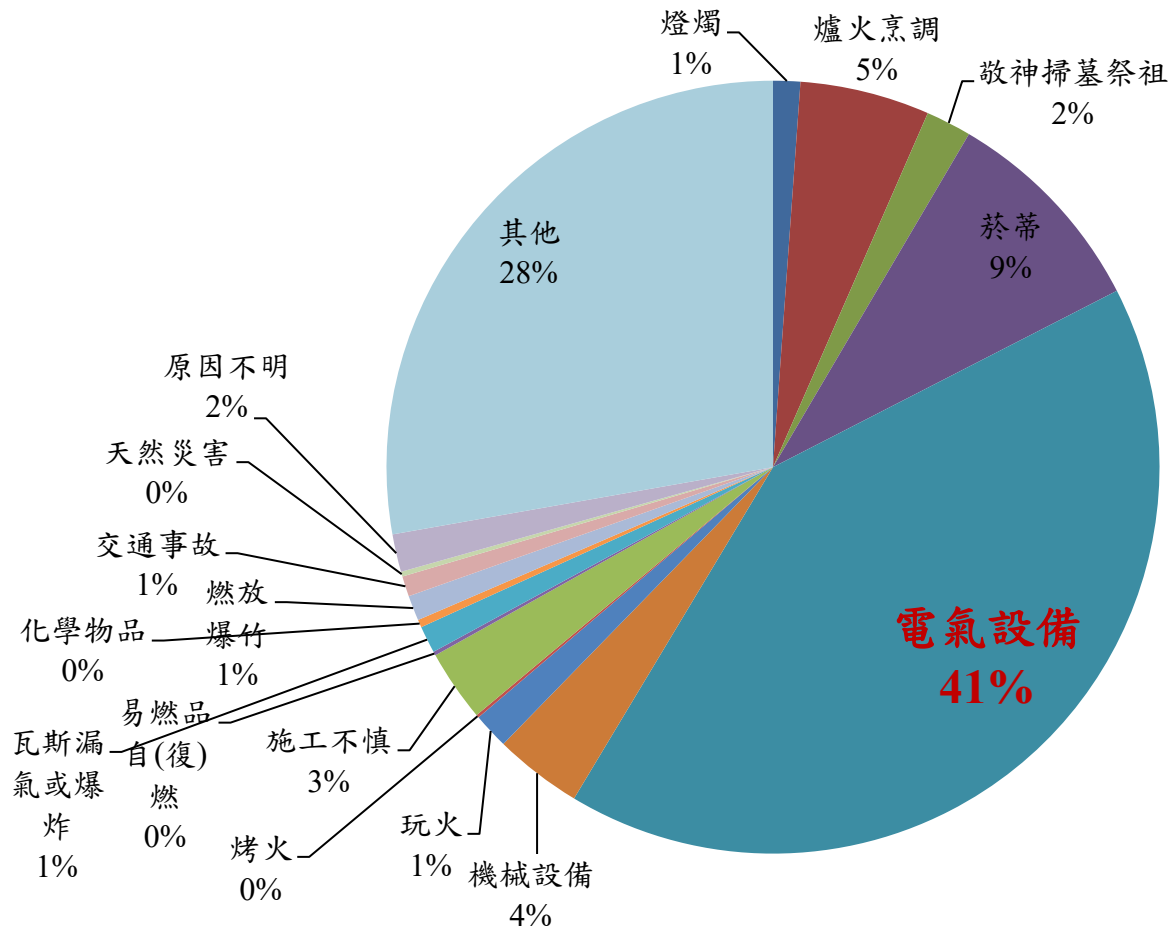
## 原因：

- 電路或電氣設備**過載、短路、接觸不良**等產生高熱。
- 電熱器、乾燥箱之發熱體靠近易燃物。





# 電氣設備引起火災佔41%



民國97年火災起因分析圖 資料來源:內政部消防署





# 熔痕

- **一次痕**:電線披覆因老化或破損而發生短路進而起火燃燒產生之熔痕為一次痕。此為火災之起火點。
- **二次痕**:而由外部火災燒到電線導致電線外皮絕緣失效短路所產生之熔痕為二次痕。

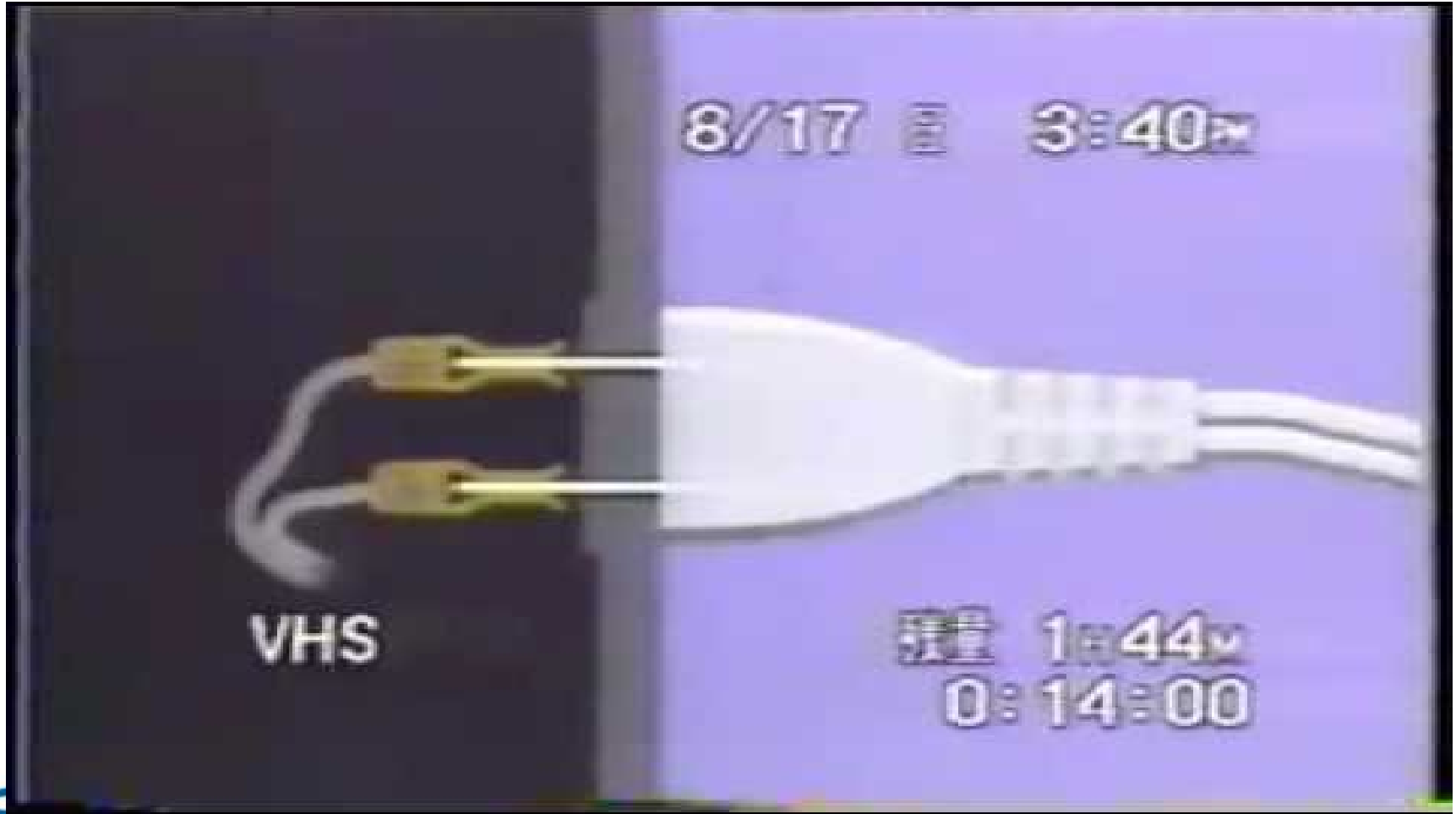


過負載:當電流使用量超過額定電流時之現象稱之。一般會引起絕緣披覆過熱而起火燃燒。





積污導電:插頭插在插座上時，累積灰塵及水氣下造成局部導通，因局部過熱而引起之火災稱之。





# 靜電危害

靜電現象是一種帶電現象，固體物質大面積的摩擦、固體物質粉碎攪拌等皆易產生靜電，生產過程中所產生的靜電可能引起爆炸和火災。





## 參、電氣安全保護裝置



# 防爆電氣

- 耐壓防爆構造
- 安全增防爆構造
- 本質安全防爆構造
- 內壓防爆構造
- 油入防爆構造



## 耐壓防爆構造

- 耐壓防爆之原理為侷限式，也就是將一般的電氣零組件（含顯在點火源）以器殼加以保護，並將爆炸侷限於器殼內而達到防爆化之目的。



# 安全增防爆構造

- 安全增防爆因其本身無顯在引火源，故構造上不具特殊防爆構造，只是藉由提高其可靠度，避免因故障等異常狀態的發生而成為引火源。
- 換言之，所謂安全增防爆構造其實只是對於在一般狀態下不會有電氣火花或高溫部位的電氣機具，增加其安全性，使其成為引火源的機率大為降低，而結果即具有一定之防爆性能。





## 內壓防爆構造

- 內壓防爆又稱為正壓防爆，和本質安全防爆相同的是以積極的手段排除點火的可能性，所以都是屬於預防式(active type of protection)防爆構造。但是，不同的是本質安全防爆是對點火性能採取對策，而內壓防爆則是排除點火源與爆炸性混合氣的接觸。



## 油入防爆構造

- 將電氣機具內部會發生火花、電弧或熱的部分浸入油中，油具有消弧與隔離作用。



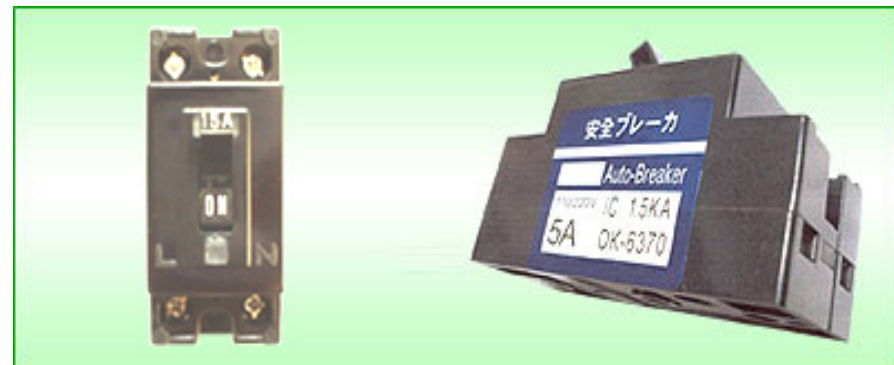
# 電氣安全保護裝置

- ◆ 過電流保護裝置
- ◆ 漏電保護裝置
- ◆ 自動電擊防止裝置
- ◆ 接地裝置
- ◆ 避雷裝置



# 過電流保護裝置

- 低壓熔絲
- 無熔絲開關
- 積熱電驛
- 配電函



# 1. 低壓熔絲 (Fuse)

利用低熔點金屬合金線受高溫熔斷的特性動作，具有切除電路過電流的功能



保護功能：過載及短路保護

注意事項：熔絲不可任意加大容量

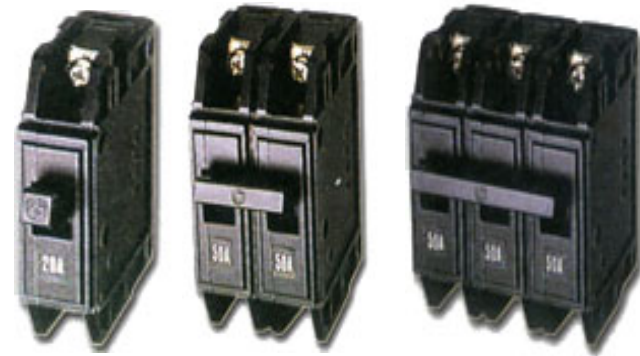
## 2. 無熔絲開關(NFB)

動力回路用



一種低壓過電流保護用斷路器，  
當電路發生短路故障時，可啟斷  
故障電流

一般回路用



保護功能：過載及短路保護

注意事項：開關容量不可任意加大

# 3. 積熱電驛(Th-Ry)

- 積熱電驛屬於一種過載的保護裝置，以雙金屬片為主要元件
- 使用三相電路保護如電動機、電熱類負載



## 4. 配電函 (VCB)

- 配電函為一閘刀開關內裝線狀熔絲，串接一只電流表，作為負載的短路保護及電流指示用



開關把手

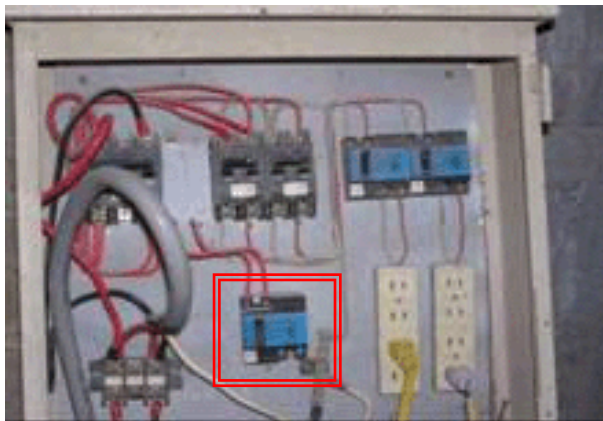
電流表



# 漏電斷路器 (ELCB)



- 電氣設備或線路發生絕緣不良造成漏電，使開關動作而切斷電源



保護功能：電器漏電保護  
注意事項：選用適宜開關規格



三相



單相





# 職業安全衛生設施規則

- 第243條: 雇主對於使用對地電壓在**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，為防止因漏電而生感電危害，應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

跳脫按鈕



指示鈕

測試鈕

使用場所：

潮濕處所如浴室、飲水機、路燈、臨時用電及電熱水器

# 漏電保護裝置

電氣設備或線路發生絕緣不良造成漏電，使開關動作而切斷電源。





# 漏電斷路之種類

類別		額定感度電流(mA)	動作時間
高感度型	高速型	5、15、 <b>30</b>	在額定感度電流時為 <b>0.1sec以內</b>
	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（一級額定不動作電流為50%之額定感度電流）。



## ◆ 自動電擊防止裝置

交流電弧熔接機因手持電壓接近110V的端子，在熔接金屬工作中具危險性，故使用須安裝自動電擊防止裝置

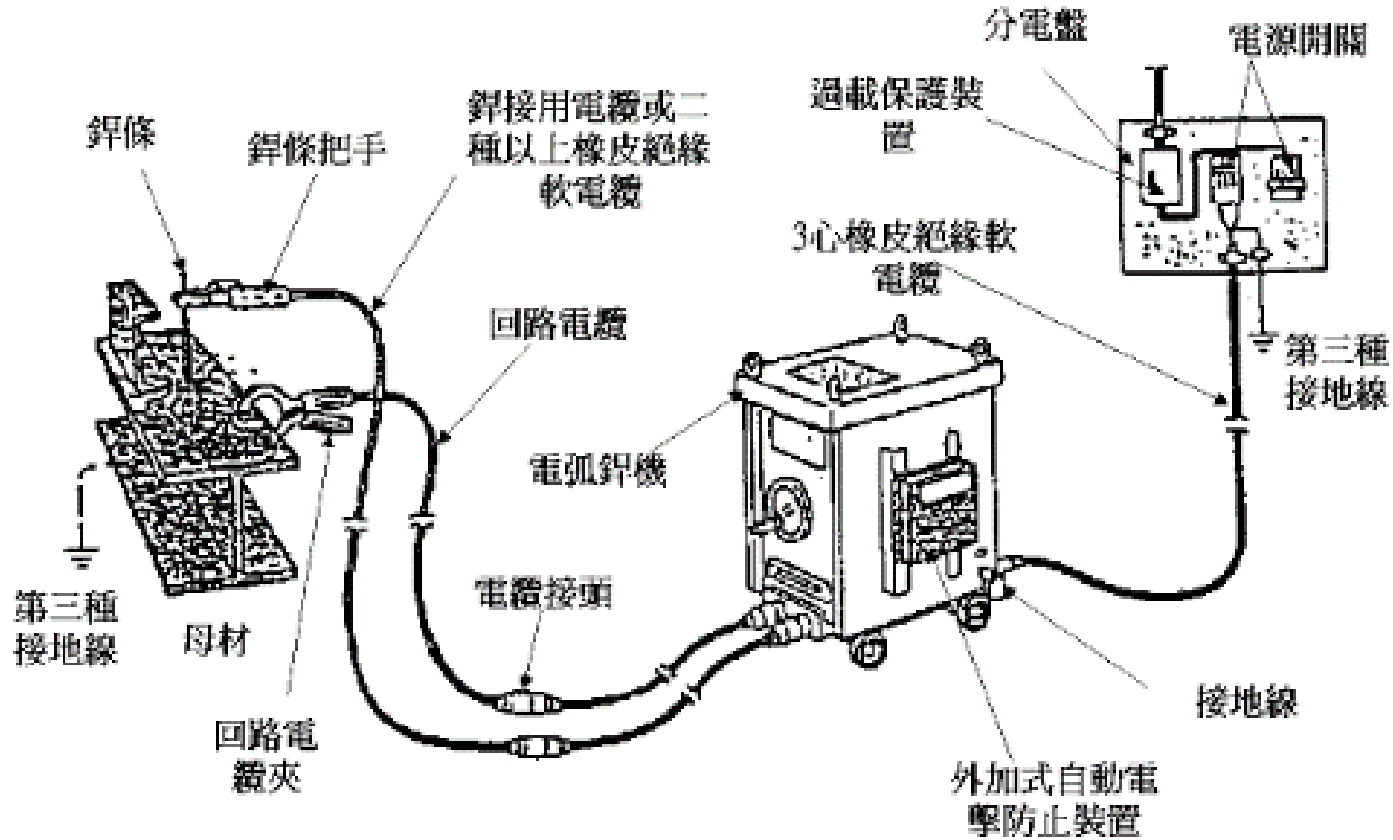




# 職業安全衛生設施規則

- 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。

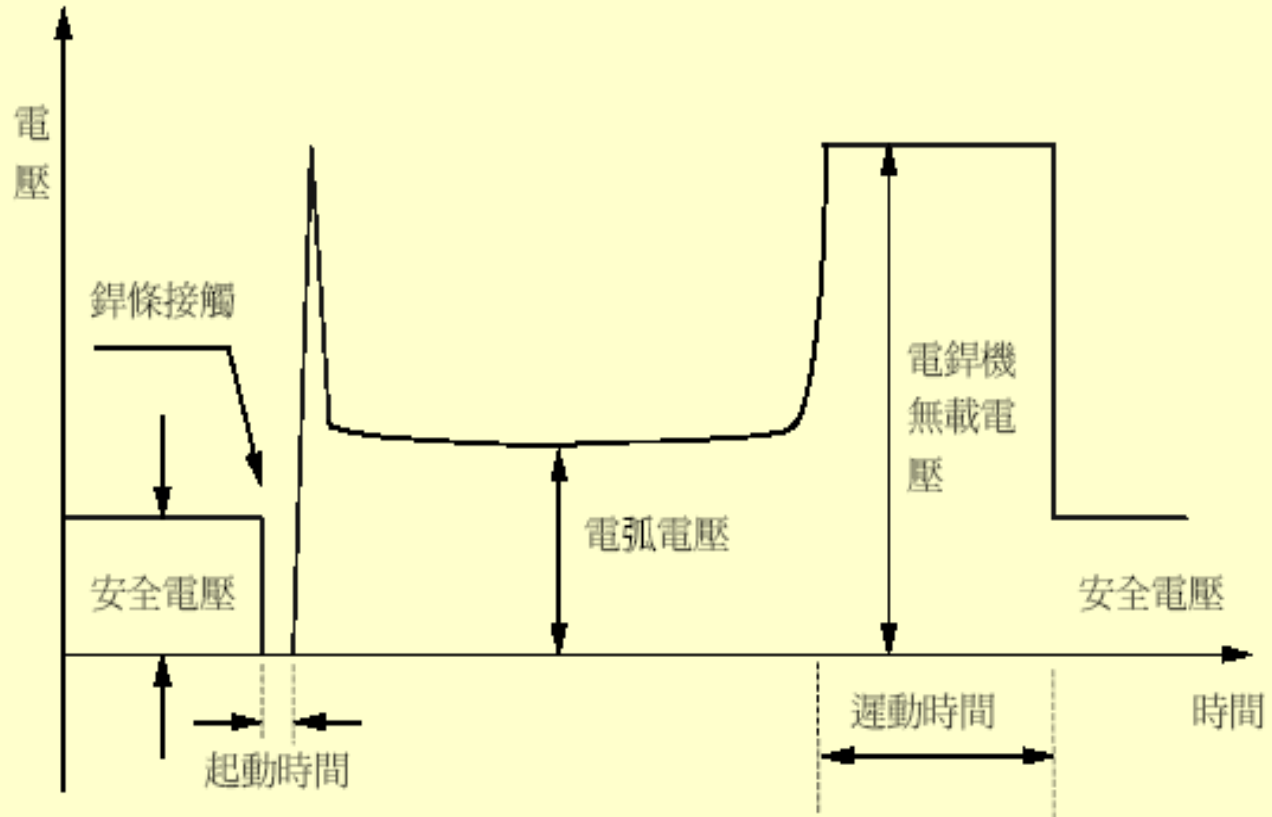
# 電焊機構造



資料來源：勞研所SDSP024T0119



## 自動電擊防止裝置之動作說明



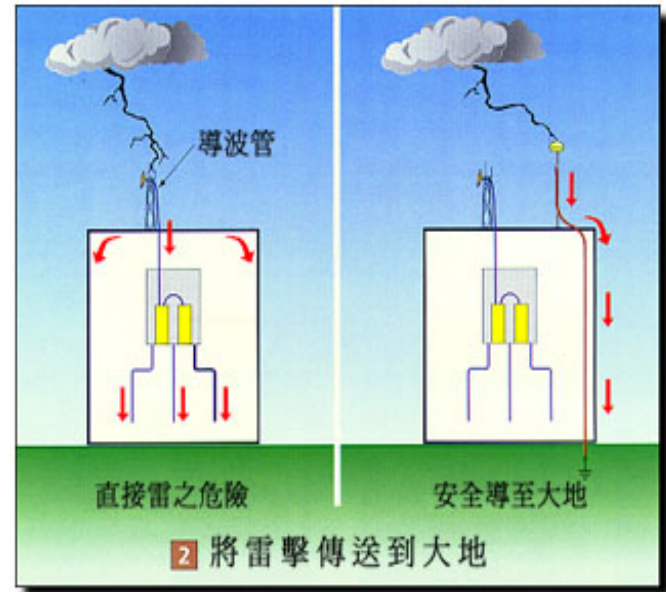
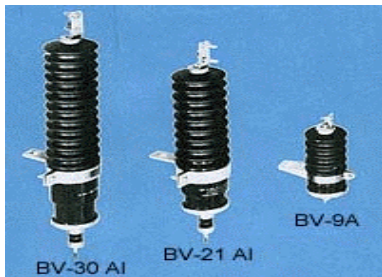
# 交流電弧熔接機



自動電擊防止裝置安置  
於內部



# 避雷裝置



高壓避雷器

低壓突波吸收器

保護功能：線路異常高壓突波瞬間經由接地導線放電，保護電氣設備安全



# 接地

種類	適用場所	電阻值
特種接地	三相四線多重接地系統之低壓電源系統接地	10歐姆以下
第一種接地	非接地系統之高壓用電設備接地。	25歐姆以下
第二種接地	三相三線式非接地系統之低壓電源系統接地。	50歐姆以下
第三種接地	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 低壓用電設備接地。</li><li>2. 內線系統接地。</li><li>3. 變壓器、比壓器的二次側系統接地。</li><li>4. 持低壓用電設備之金屬體設備接地</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 對地電壓150V以下~100歐姆以下。</li><li>2. 對地電壓151V至300V~50歐姆以下。</li><li>3. 對地電壓301V以上~10歐姆以下。</li></ol>



# 變壓器

- 變壓器是具有共通之磁氣迴路，由兩組以上的線圈組合而成。利用電磁感應的方式來進行交流電壓之昇壓及降壓功能，或是阻抗之變換的一種電子電路附組件。



# 變比器 (Instrument transformer)

- 比流器及比壓器之總稱，期使加於其一次側電路之電流或電壓，以一定比率重現於其二次側電路上，以便於量測或控制之用。
  - 比流器 (Current transformer, 簡稱CT)：變比器的一種，其一次側與被量測或控制的載流導體串聯，而二次側電流成比例於一次側電流，以便於量測或控制之用。
  - 比壓器 (Voltage transformer, 簡稱VT；或Potential transformer, 簡稱PT)：變比器的一種，其一次側繞組與被量測或控制的電壓電路並聯，而二次側電壓成比例於一次側電壓，以便於量測或控制之用。



# 絕緣

## 低壓電路之絕緣電阻

電 路 電 壓		絕緣電阻 (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



## 肆、電氣危害防範措施





# 電氣危害防範措施

- 隔離與接地
- 電氣設備安全保護裝置
- 電氣火災防止
- 電氣安全教育
- 電氣設備自動檢查與檢點

# 隔離

- 使帶電的電氣設備或線路與工作者分開或保持距離，使人員不易碰觸。

## 開關帶電部分隔離保護





## 高壓試驗場以鐵絲網圍住並標示警語



# 低壓電源開關箱

三相電源  
AC220V

中間護板

單相電源  
AC110V



開關箱內部



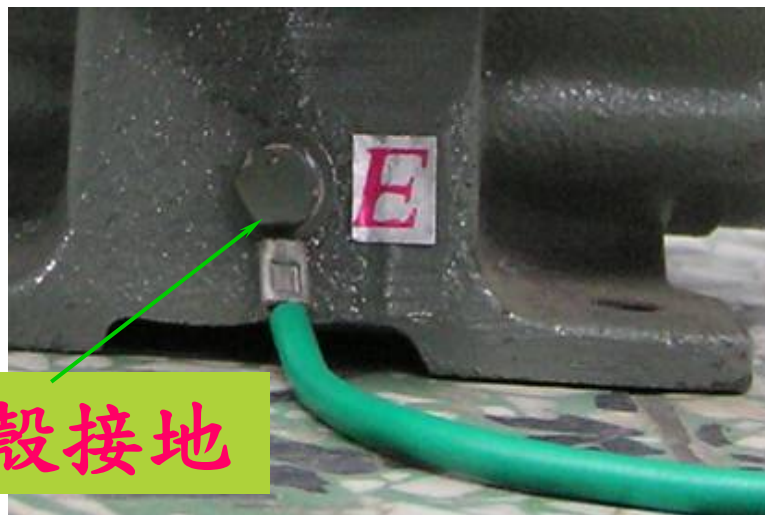
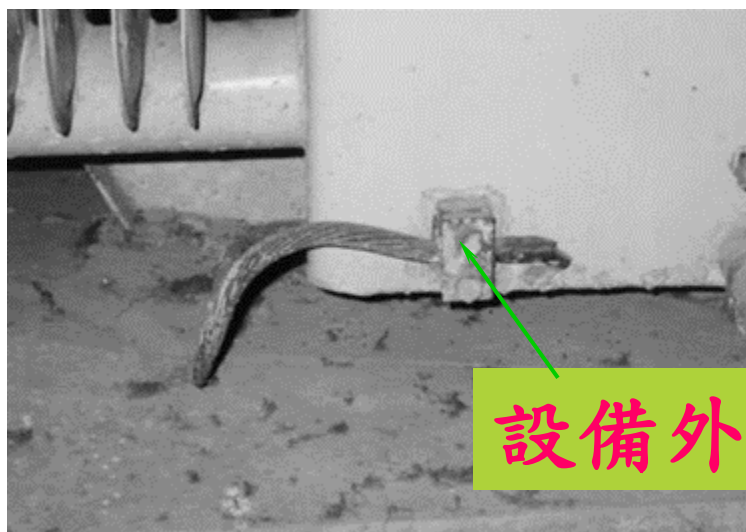
不適當的配線



正確

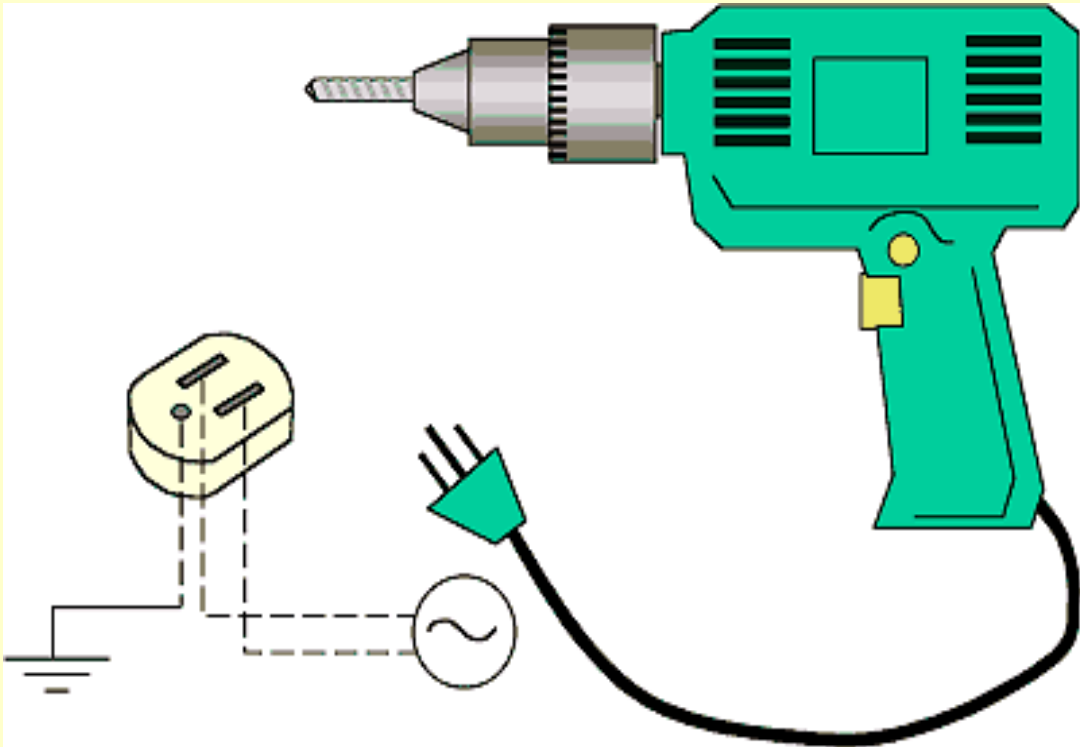
# 接地

- 電氣設備金屬外殼接地可將漏電電流引導至大地避免發生漏電感電危險。
- 接地電阻值大小，依法規規定。



設備外殼接地

# 以電源線插頭接地



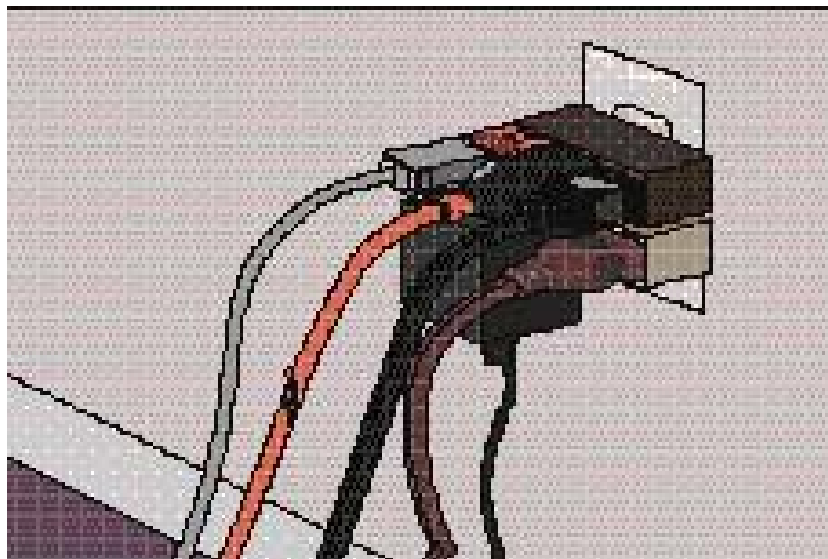
飲水機未接地





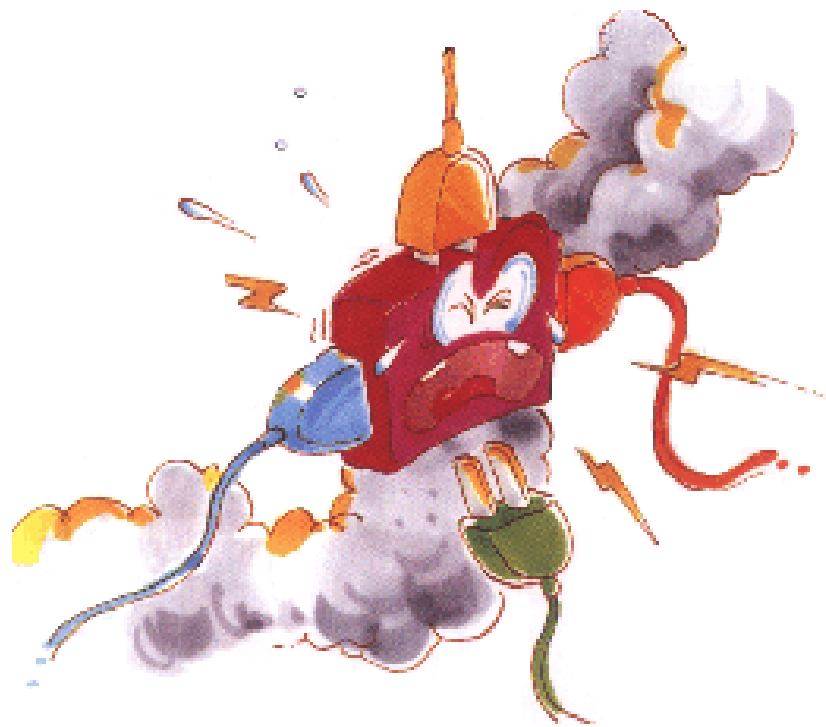
# 電氣火災防止

- 同一個插座避免使用多個電器，易引起**火災**。



圖片來源：<http://www.klfd.gov.tw>

- 電氣設備塵埃厚積易發生漏電或短路，發生火花引起燃燒或爆炸。





# 靜電防止措施

- 接地及連接(搭接或跨接)
- 加濕
- 使用抗靜電材料
- 靜電消除器

- 電氣設備或線路故障，應由**專業人員**修理。
- 離開實驗室應關閉電源，以免發生火災。



**電源總開關是否經常有跳電情形？**



- 實驗室應設置潔淨氣體、乾粉及二氧化碳滅火器，以利火災時即時滅火。



海龍滅火器



乾粉滅火器



二氧化碳滅火器

A類火災：

木材、紙張等易燃物質

B類火災：

溶劑油料類等石油系列物質

C類火災：

通電中設備(尚未切斷電源)



# 安全帽

- **電工用安全帽**：適用於電工施工時，預防頭部觸電及落物擊中或碰撞所用之安全帽。
- 工地用安全帽：適用於各礦場、建築工地、土木工程、伐木與工廠工作人員以防止頭部受落下擊傷、撞傷及觸電等，所使用之安全帽。
- 需依CNS 1336測試合格。



依職業安全衛生設施規則第239條規定，雇主使用之電氣器材及電線等，應符合國家標準規格。

- 電氣設備使用前應知道設備使用電壓及消耗電力，避免誤用電壓及過負荷使用。
- 平時應經常做電氣設備的維護及檢查，電氣設備若短期內不再使用，應將電源切離。





# 活線作業

雇主使勞工於特高壓之充電電路或其支持礙子從事檢查、修理、清掃等作業時，應有下列設施之一：

- 一、使勞工使用活線作業用器具，並對勞工身體或其使用中之金屬工具、材料等導電體，應保持下表所定接近界限距離。
- 二、使作業勞工使用活線作業用裝置，並不得使勞工之身體或其使用中之金屬工具材料等導電體接觸或接近於有使勞工感電之虞之電路或帶電體。

充電電路之使用電壓（千伏特）	接近界限距離（公分）
二二以下	二〇
超過二二，三三以下	三〇
超過三三，六六以下	五〇
超過六六，七七以下	六〇
超過七七，一一〇以下	九〇
超過一一〇，一五四以下	一二〇
超過一五四，一八七以下	一四〇
超過一八七，二二〇以下	一六〇
超過二二〇，三四五以下	二〇〇
超過三四五	三〇〇





# 復電時應注意開啟電源的順序

- **正確順序：**
  - 1.關閉室內所有電氣設備開關
  - 2.開啟總電源開關(無熔絲開關)
  - 3.逐一開啟室內的各項電氣設備開關
- **錯誤行為：**在室內所有電氣設備開關未關閉前，即開啟總開關電源。
- **目的：**避免所有電器同時通電，造成線路瞬間電流過大產生跳電。



## 電氣設備自動檢查與檢點

- 定期檢查低壓受配電、分電盤之動作試驗；低壓用電設備電氣絕緣、接地電阻；低壓配電線路。
- 實施日常或定期檢點，即早發現異常狀況，保持良好的電氣絕緣。

# 停電作業

- ▶ 須明確範圍，懸掛「停電作業中禁止操作」警告標示牌，切斷電源並施以開關加鎖安全措施





# 電氣火災滅火方式

- 電氣火災：涉及通電中之電氣設備，如電器、變壓器、電線、配電盤等引起之火災。
- 有時可用不導電的滅火劑控制火勢，但如能截斷電源後，以ABC乾粉或二氧化碳滅火器進行滅火。



## 資料來源

- 編撰者：台灣大學職業醫學與工業衛生所  
徐嘉偉老師
- 編修者：長榮大學團隊-何三平
- 參考資料：
  1. 電氣安全(102年編修)  
— 大專校院實驗場所安全衛生考試中心
  2. 電氣安全(100年編修)  
— 大專校院實驗場所安全衛生考試中心