

# 103年度電氣職業災害預防 宣導會

電氣安全概論(含電氣災害類型及  
預防策略)



# 內容大綱

- 基本電學簡介
- 電氣設備簡介
- 電氣災害類型及預防策略



# 基本電學

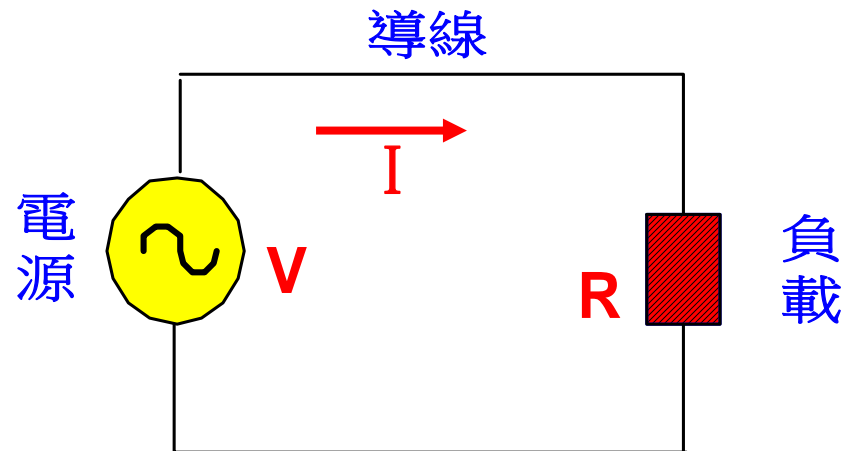
## ● 歐姆定律 (Ohms Law)

$$V = I R$$

電壓  $V$  » 伏特 (V)

電流  $I$  » 安培 (A)

電阻  $R$  » 歐姆 ( $\Omega$ )

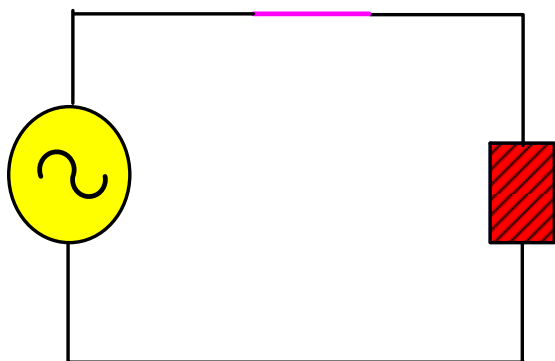


$$P = V I$$

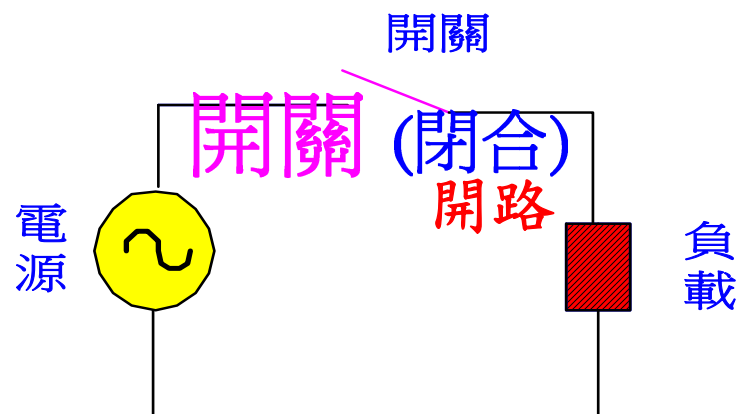
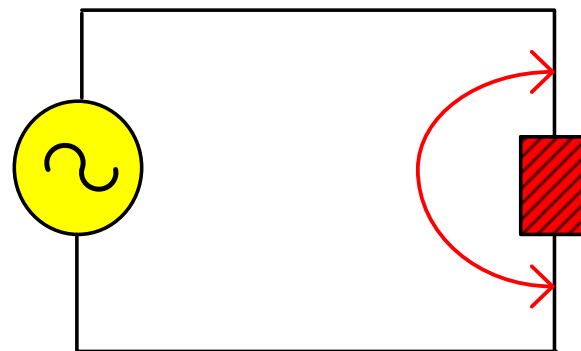
功率  $P$  » 瓦特 (W)



# 基本電路



開路:  $I=0$  A  
短路:  $I=\infty$



電源

# 電學常用單位

- 電壓：mV(毫伏)、V(伏特)、kV(仟伏)
- 電流：mA(毫安)、A(安培)、kA(仟安)
- 功率：W(瓦特)、KW(仟瓦)、MW(百萬瓦)
- 電阻： $\Omega$ (歐姆)、K $\Omega$ (仟歐姆)、M  $\Omega$ (百萬歐姆)
- 1度電=1KWH



# 基本電路

1900W 110V



$$I=1900/110=17 \text{ A}$$

560W 110V

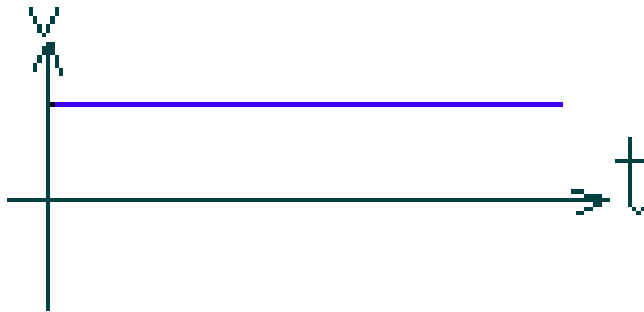


$$I=560/110=5 \text{ A}$$

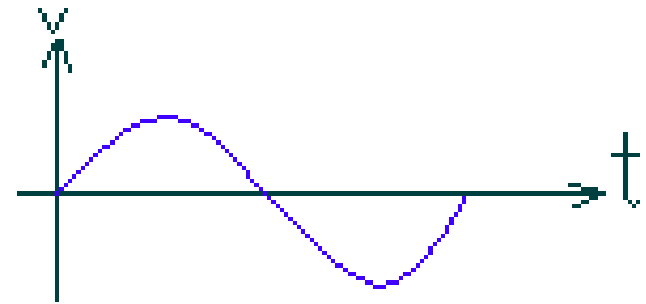


# 直/交流電

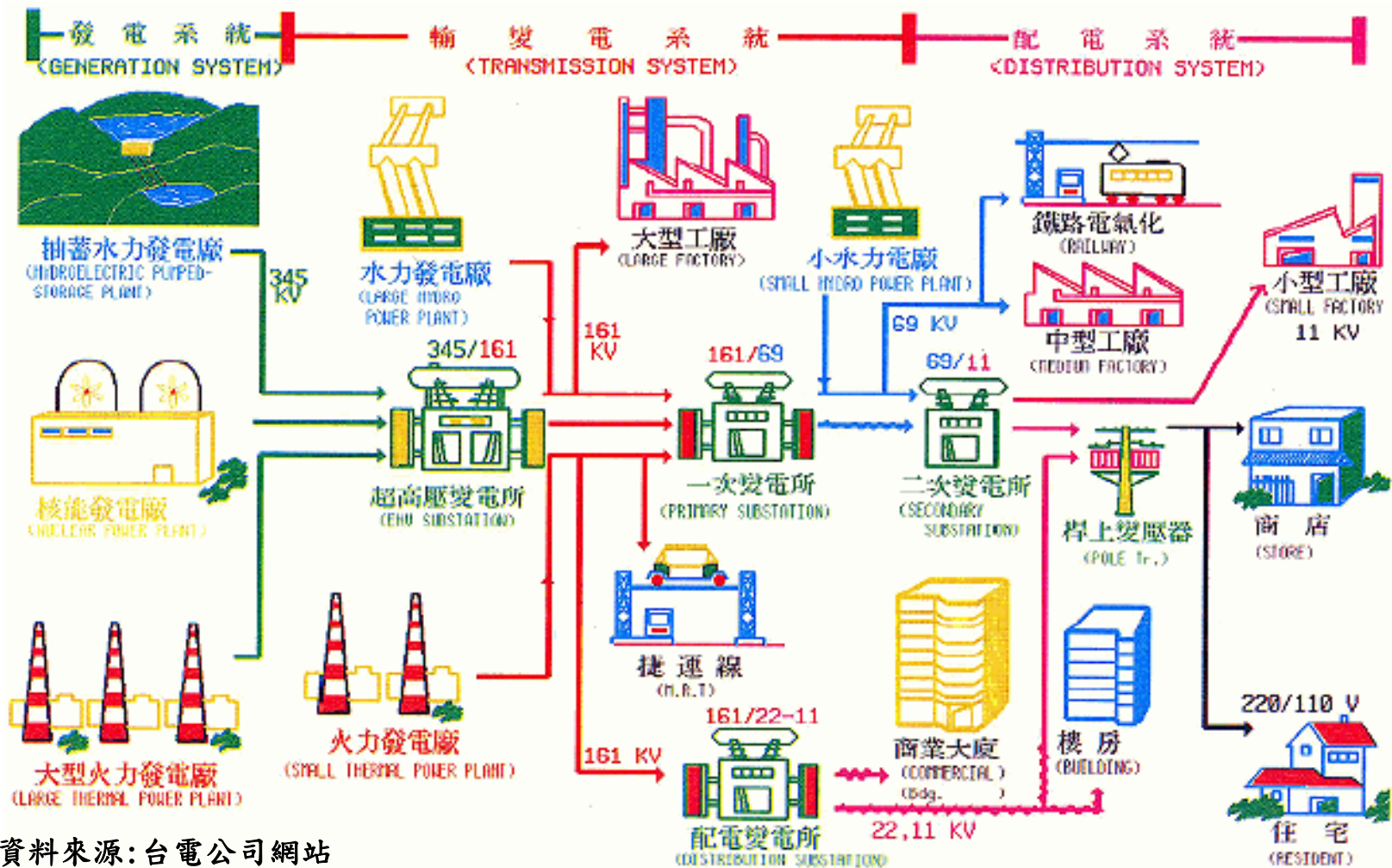
## ● 直流電 DC



## ● 交流電 AC



# 台灣電力系統簡介

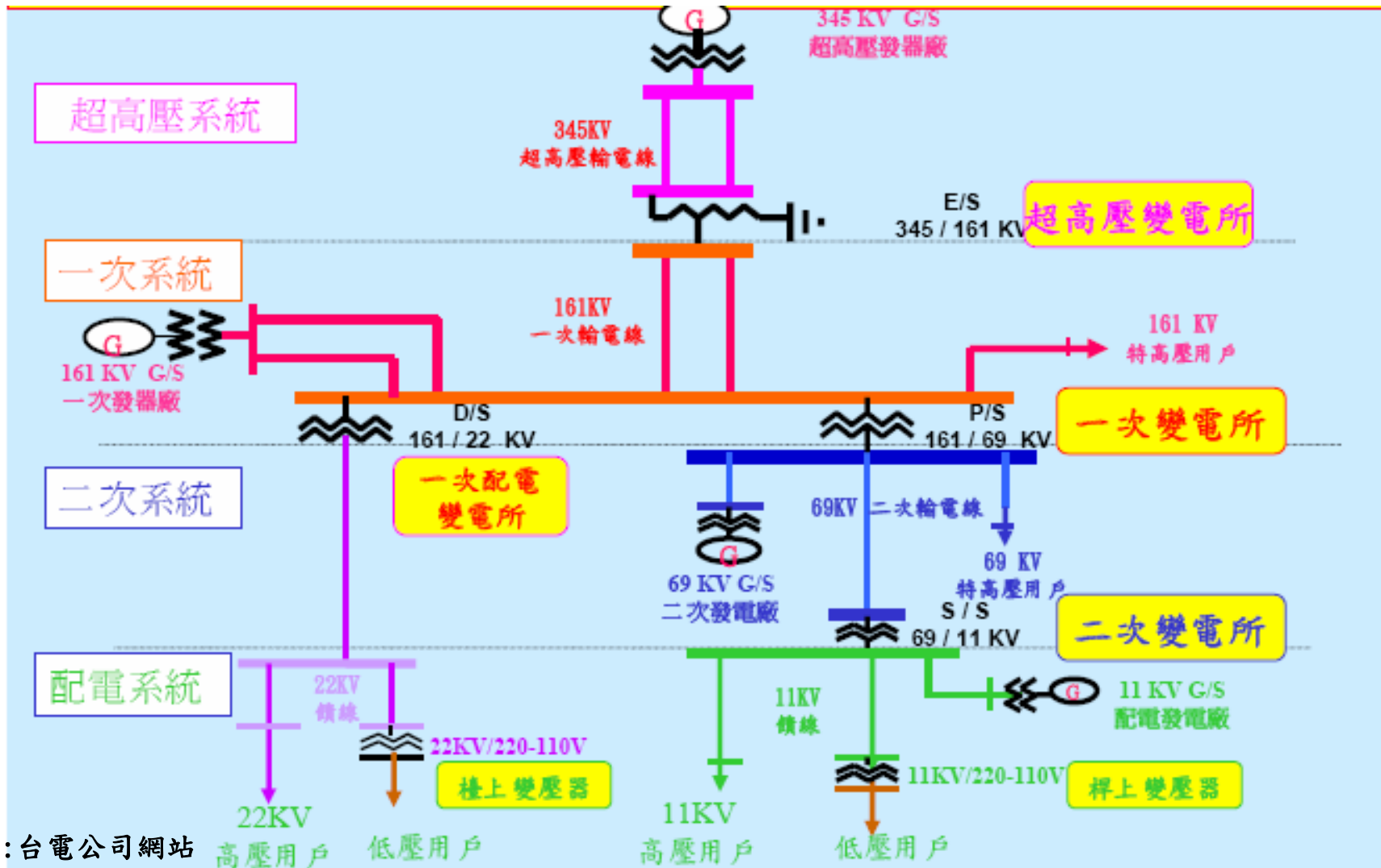


資料來源:台電公司網站





# 台灣電力系統簡介



資料來源:台電公司網站



# 電壓等級分類

## 勞工安全衛生設施規則第3條

- **特高壓**：電壓22.8KV以上。
- **高壓**：電壓在600V至22.8KV之間。
- **低壓**：電壓600V以下。



# 工廠受電電壓種類

- 特高壓用戶 **161KV** :

大型石化、鋼鐵廠、高科技面板廠

- 特高壓用戶 **69KV** :

中大型石化、鋼鐵、水泥、紡織廠

- 高壓用戶 **22KV / 11KV** :

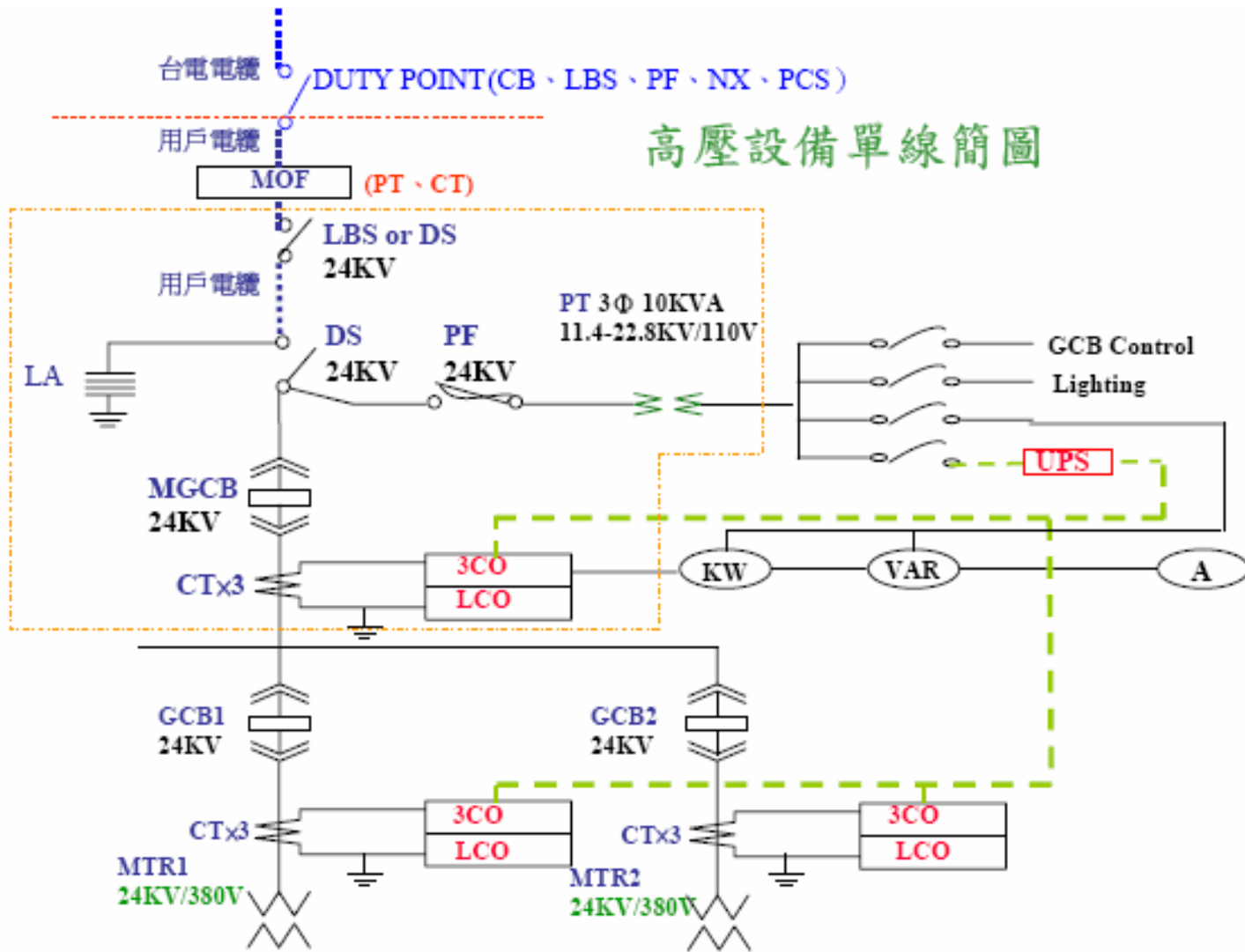
台鐵鐵路電氣化、捷運、中小型製造業工廠

- 低壓用戶 **440V/380V/220V/110V** :

小型製造業工廠



# 高壓配電系統



高壓設備單線簡圖



# 高壓配電盤



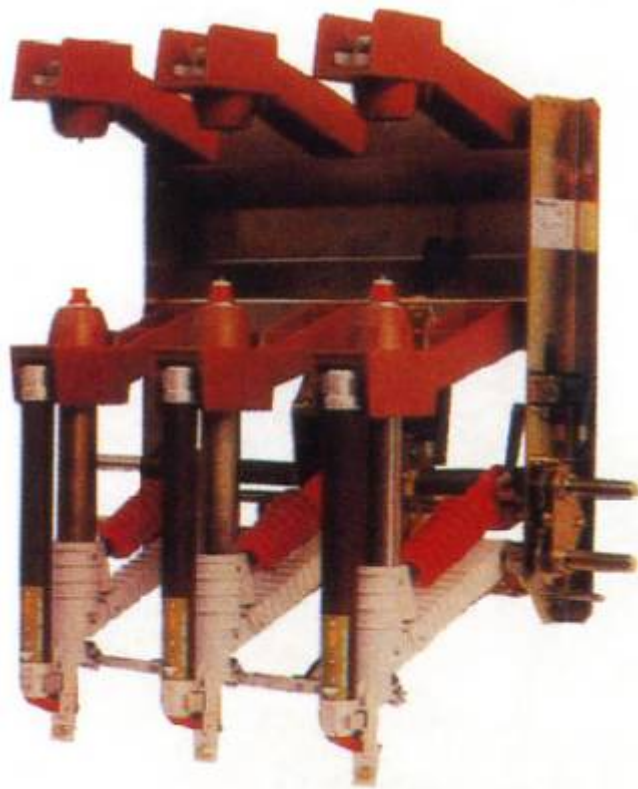
# 高壓電力設備元件

## ●DS(Disconnect Switch)隔離開關



# 高壓電力設備元件

## ●LBS(Load Burden Switch)負載啟斷開關



# 高壓電力設備元件

## ●PF(Power Fuse)隔離開關





# 高壓電力設備元件

- PT(Potential Transformer)比壓器
- CT(Current Transformer)比流器



# 高壓電力設備元件

## ●ACB(Air Circuit Breaker)氣體斷路器

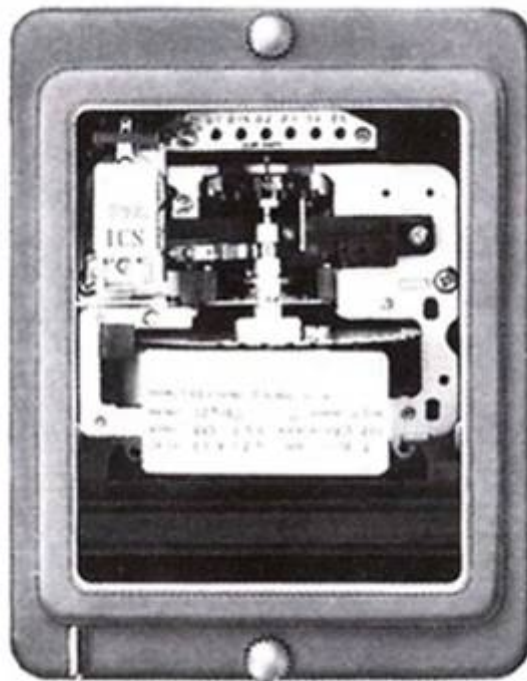


## ●VCB、GCB



# 高壓電力設備元件

## ●Relay(CO、LCO、UV、OV)保護電驛

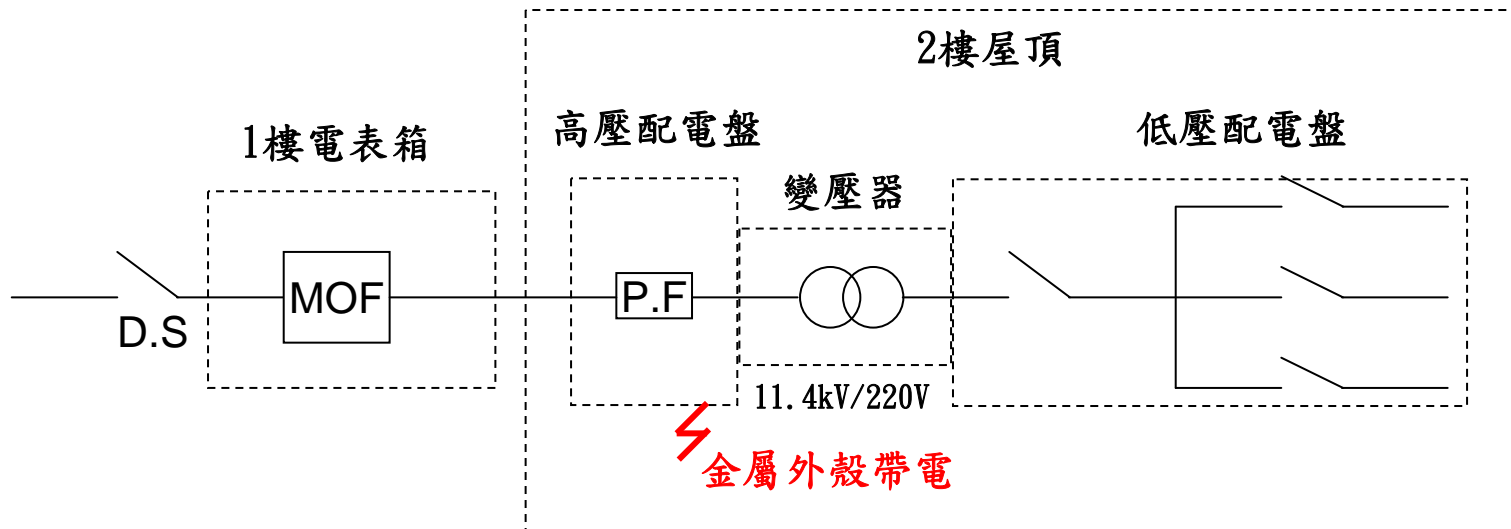


# 高壓電纜終端處理接線



# 案例探討

## 電力系統單線圖

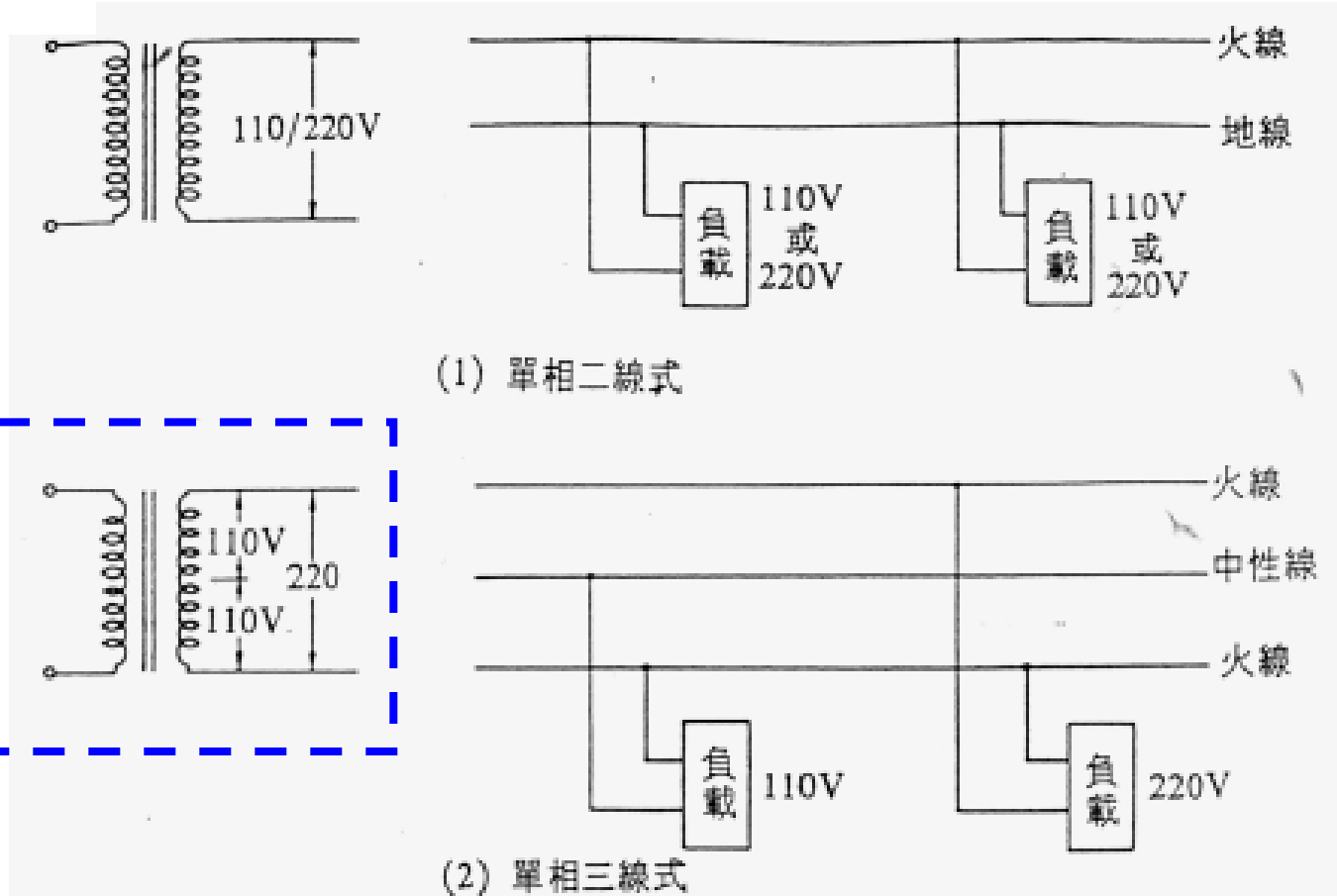


# 案例探討



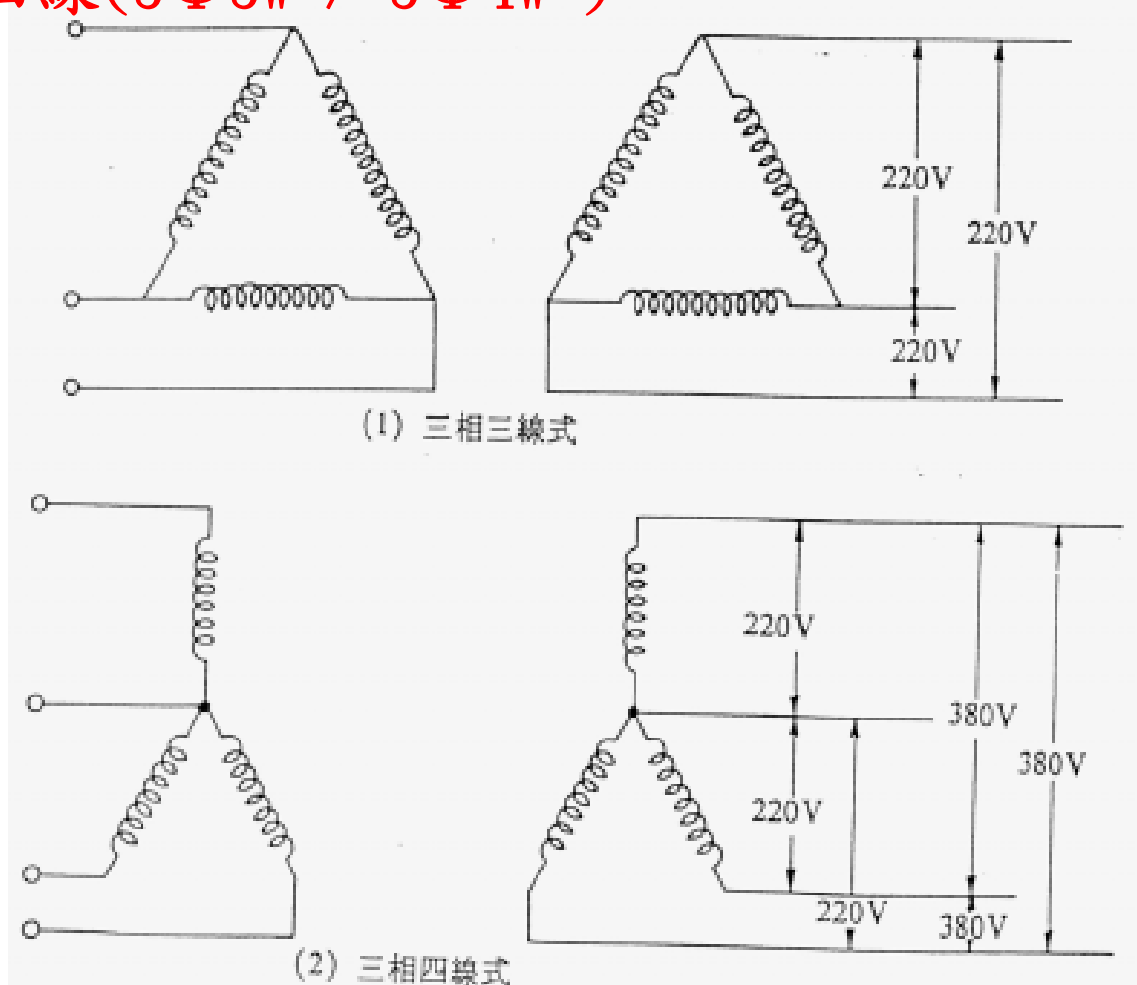
# 低壓配電系統

## ●單相二線/單相三線(1Φ2W / 1Φ3W )



# 低壓配電系統

## ● 三相三線 / 三相四線 (3 $\Phi$ 3W / 3 $\Phi$ 4W)





# 低壓配電盤



# 無熔絲斷路器(NFB)

- **AF框架電流**(安全電流): NFB內部導電結構框架，框架容量亦言容許流過這個框架的最大容量，也就是可以通過這個斷路器的最大電流。
- **AT跳脫電流**(額定電流): 在熔絲上面通常標示  $I_n$ 。AT ( $I_n$ ) 代表電流達到此數值時，會跳脫切斷電路，保障設備安全。
- **IC啟斷容量**: 表示能容許故障時的最大短路電流，因此IC 須大於故障短路最大電流才不致燒毀，單位為KA。



# 電磁開關(MC)



電磁接觸器(MC)

+



積熱電驛(TH-RY)

=

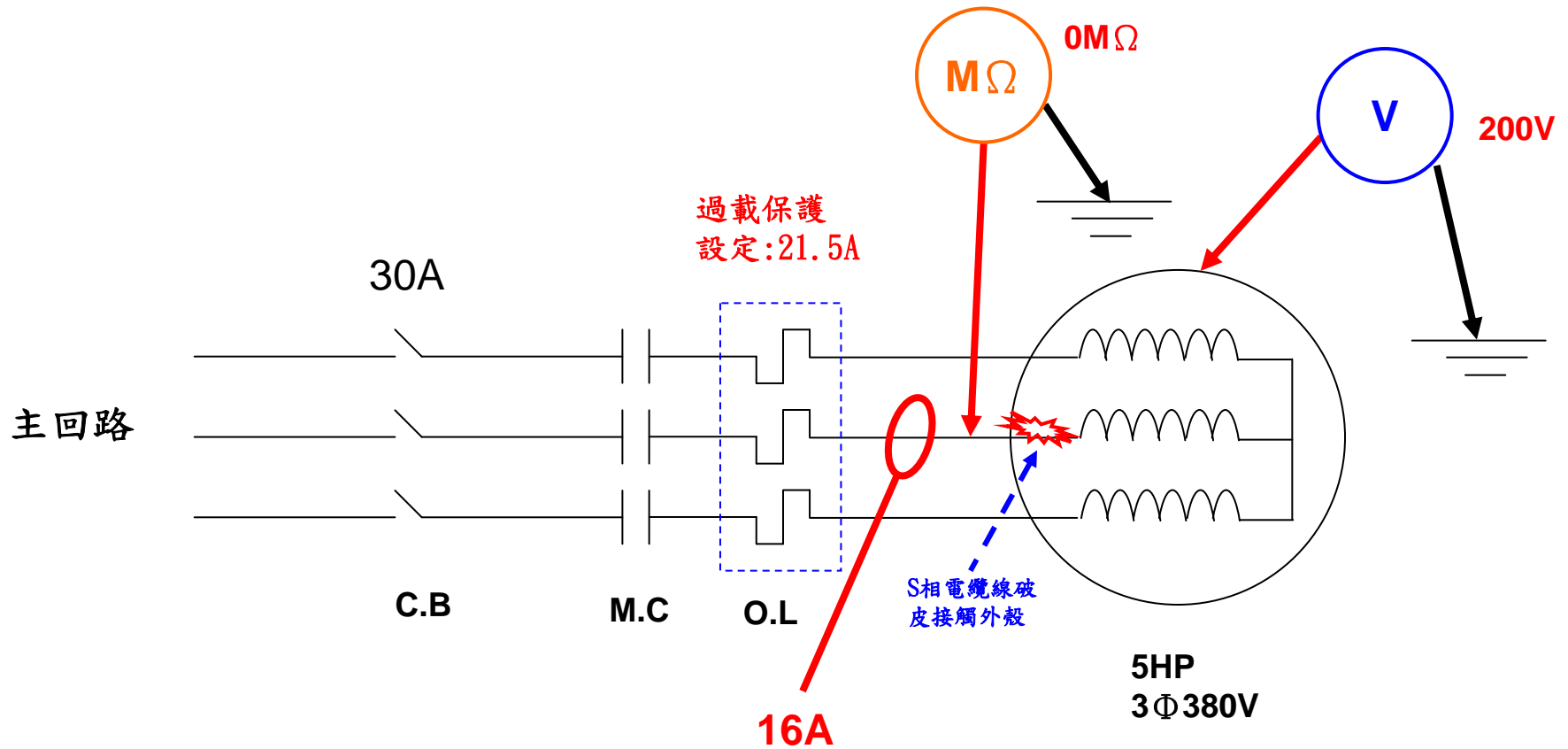


電磁開關(MS)





# 過載保護設定錯誤案例探討



$$I_r = 5 \times 746 / \sqrt{3} \times 380 \times 0.85 = 6.2A$$

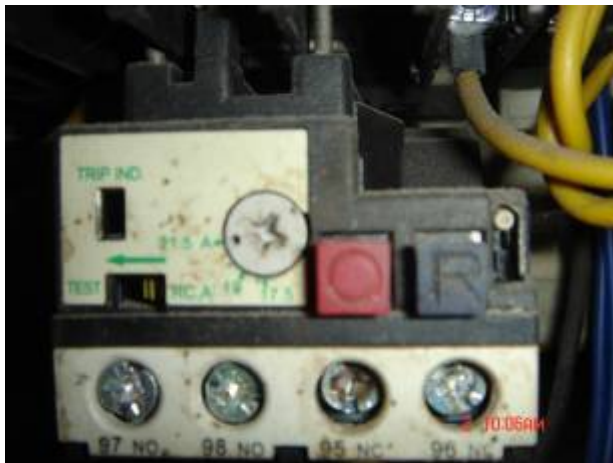
$$I_s = 6.2 \times 1.15 = 7.1A$$



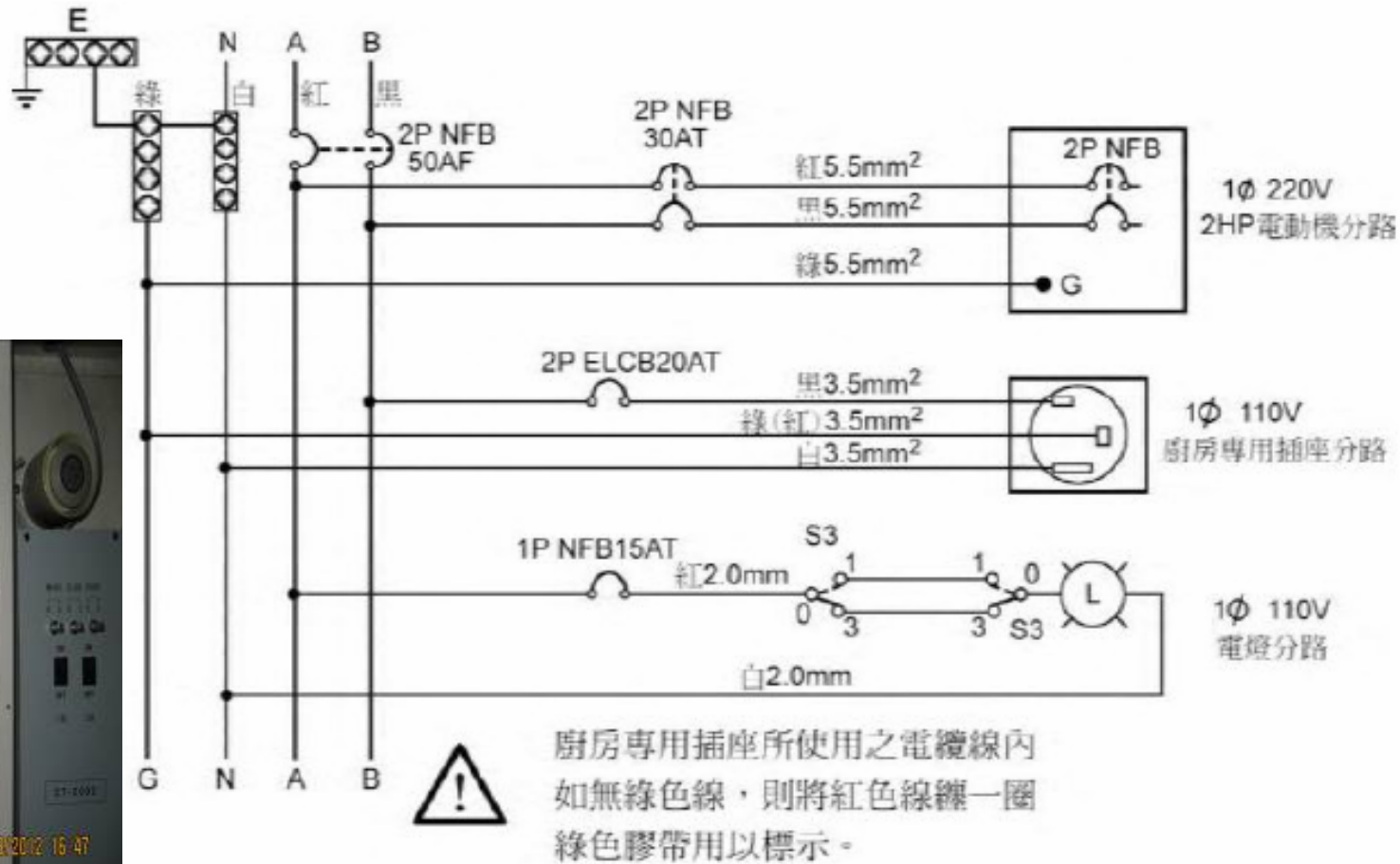
# 過載保護設定錯誤案例探討



# 過載保護設定錯誤案例探討

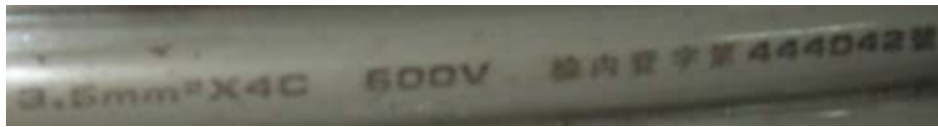


# 低壓配電系統





# 電纜線規格



# 一般常用電線之安全電流表

線徑/mm	負載電流(A)	負載電流(A)	NFB (無熔絲開關)
mm / 單芯線 mm <sup>2</sup> / 絞線	PVC管	鐵管	分 1P/ 2P/ 3P (AT跳脫容量)
1.6mm	15	15	15A
2mm	19	20	20A
2.6mm	26	30	30A
3.5mm <sup>2</sup>	19	20	20A
5.5mm <sup>2</sup>	25	30	30A
8mm <sup>2</sup>	33	40	40A
14mm <sup>2</sup>	50	55	50A
22mm <sup>2</sup>	60	70	75A
30mm <sup>2</sup>	75	90	80A
38mm <sup>2</sup>	85	100	100A



# 電氣災害類型及預防策略

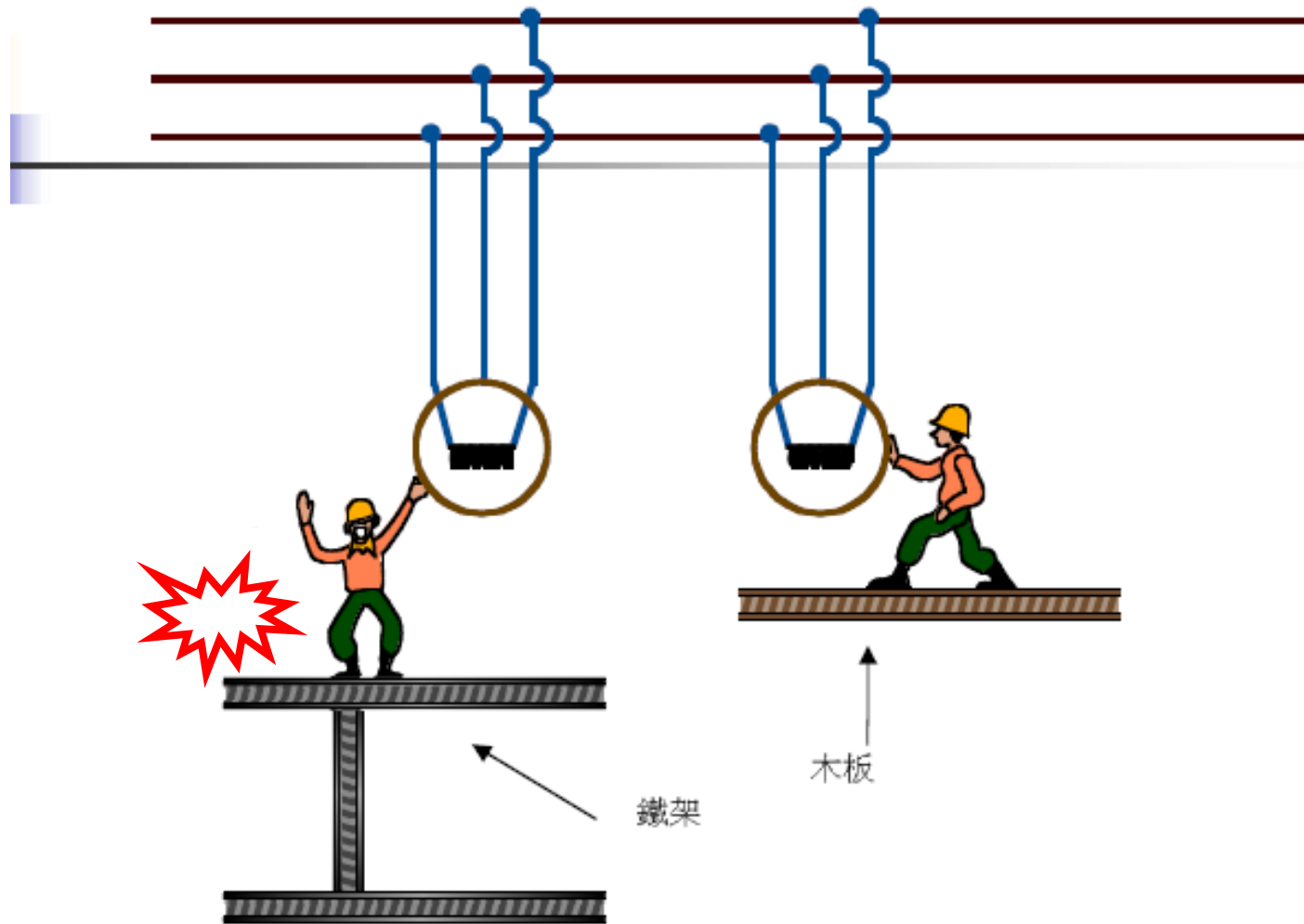
- 感電
- 電弧灼傷
- 電氣火災
- 靜電
- 雷擊



# 感電



# 感電



# 感電

- 電流通過人體所受到的一種衝擊現象。
- 人體的某一部位碰觸到電源，使之形成一電氣回路而引起。



# 電流與人體的關係

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



# 感電程度

## ● 影響人被電擊傷害程度因素：

- ◆ 流過電流的大小
- ◆ 電流流過的身體部位
- ◆ 電流流過的時間
- ◆ 身體的電阻
- ◆ 電擊的接觸物體

$$V = IR$$



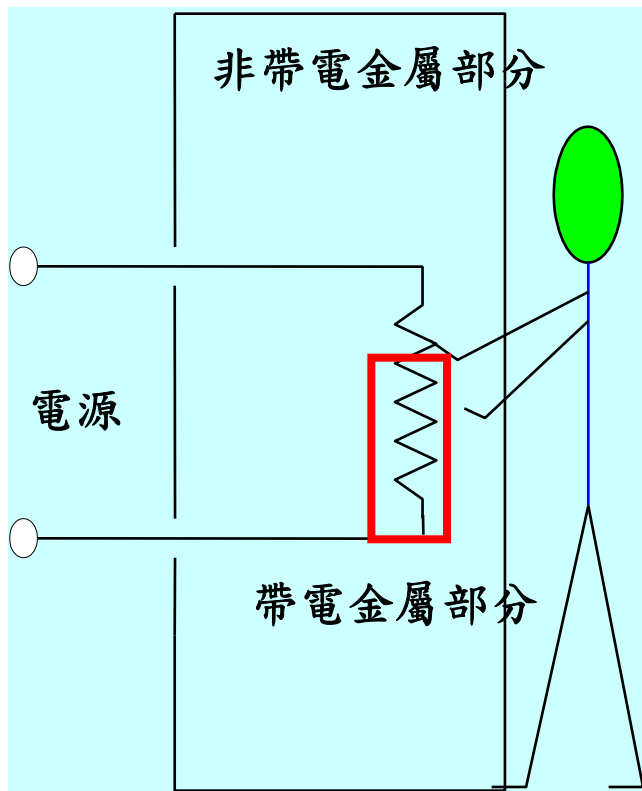


# 身體部位的絕緣電阻值

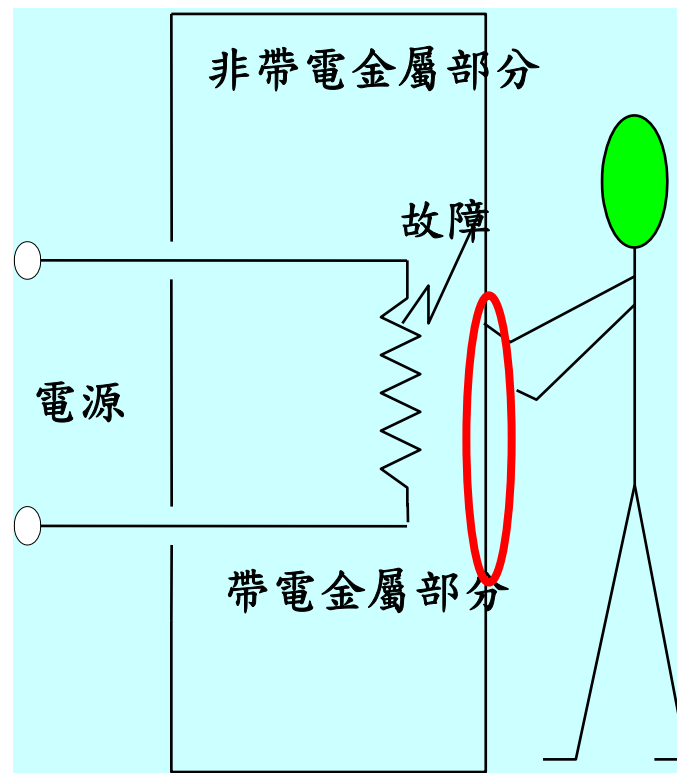
身體部位	電阻值 ( $\Omega$ )	備註
手掌表皮	10000~50000	汗濕時減為 1/12， 水濕時為 1/25 以下
手臂外側表面	2000~5000	
人體內部	100~200	依血液、神經、肌肉、骨頭之順序，電阻逐漸增大，以平均值表示



# 感電事故



直接感電



間接感電

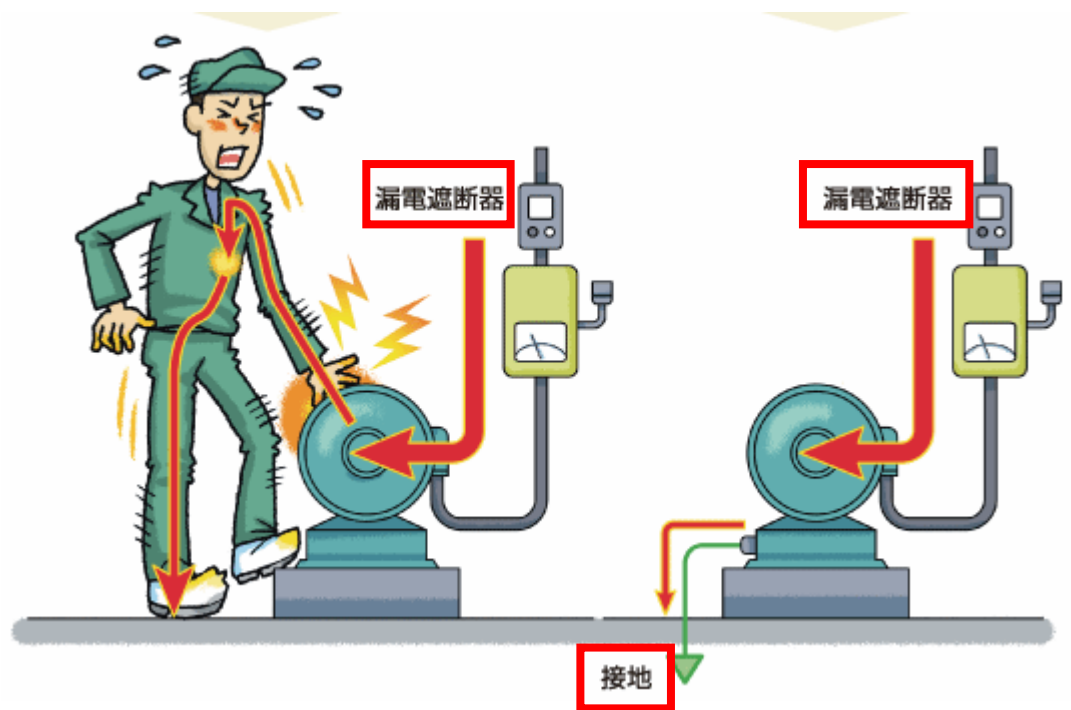


# 感電預防



設備未接地及裝設漏電斷路器

防止漏電引起之感電：  
⇒ 接地+漏電斷路器

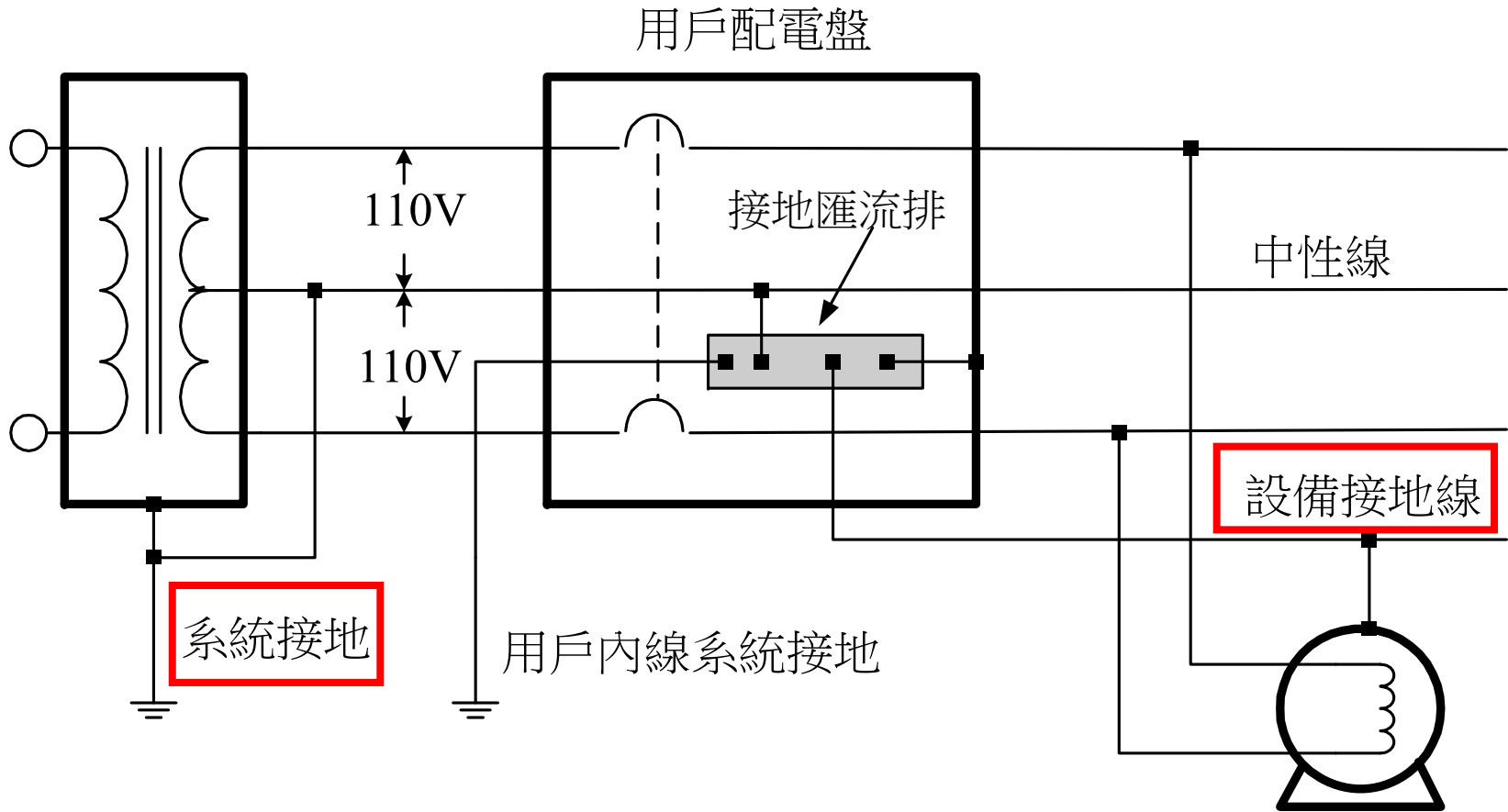


# 感電預防

- 接地
- 漏電斷路器
- 絕緣

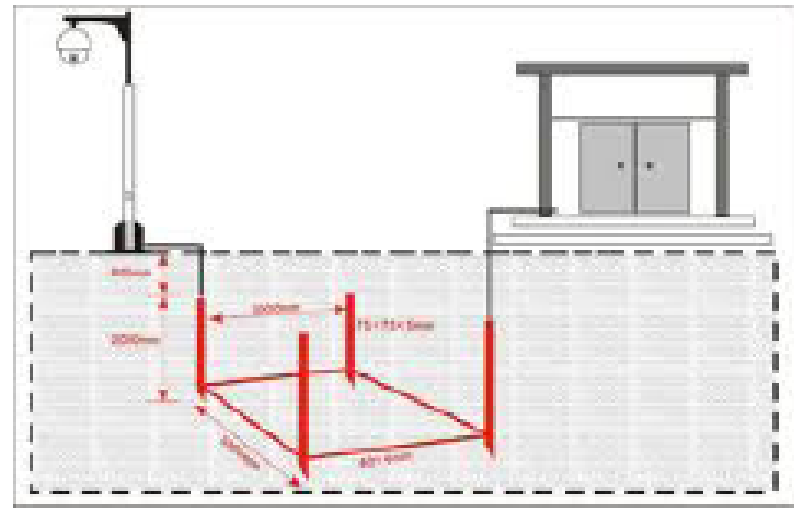


# 接地方式



# 接地施工

- 接地極應選用長3m，直徑19mm銅包鋼棒，其間隔應在2.0m以上。並以導線連接，導線標稱截面積 $30\text{mm}^2$ 以上，並以熱熔接方法接續。
- 其頂部埋設深度應在地面下至少3.0m或地下水位以下。
- 避雷接地電阻須在 $10\Omega$ 以下。



# 接地施工

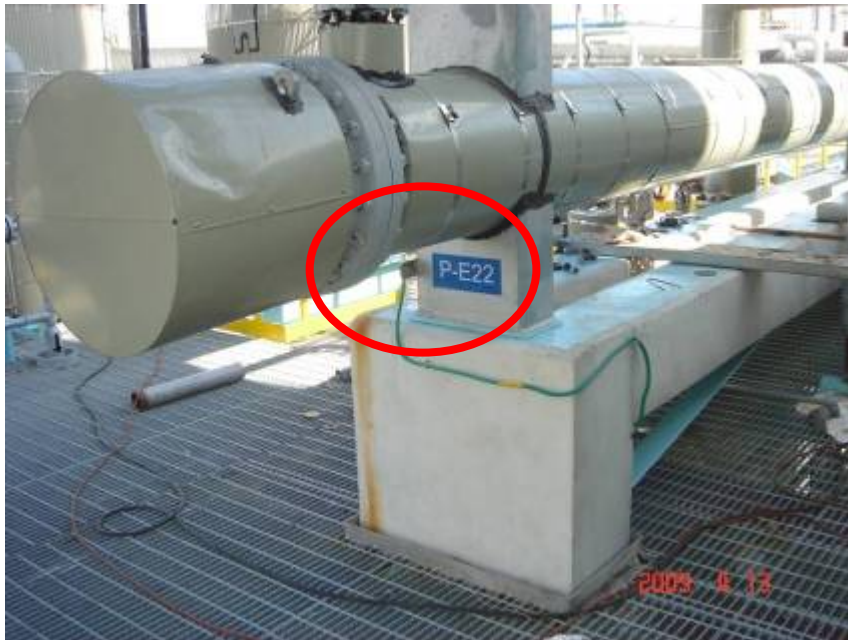


# 系統接地

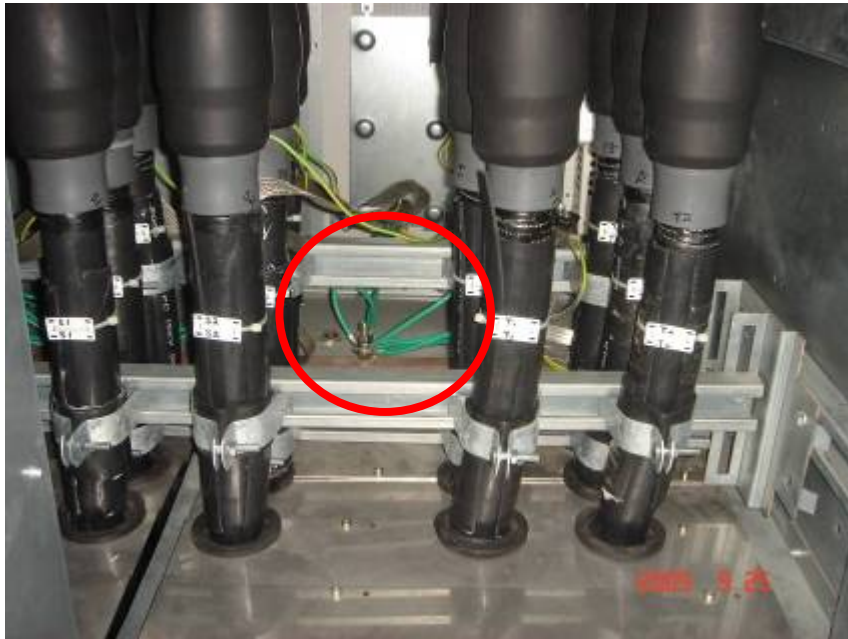




# 設備接地



# 設備接地



# 低壓用電設備應加接地

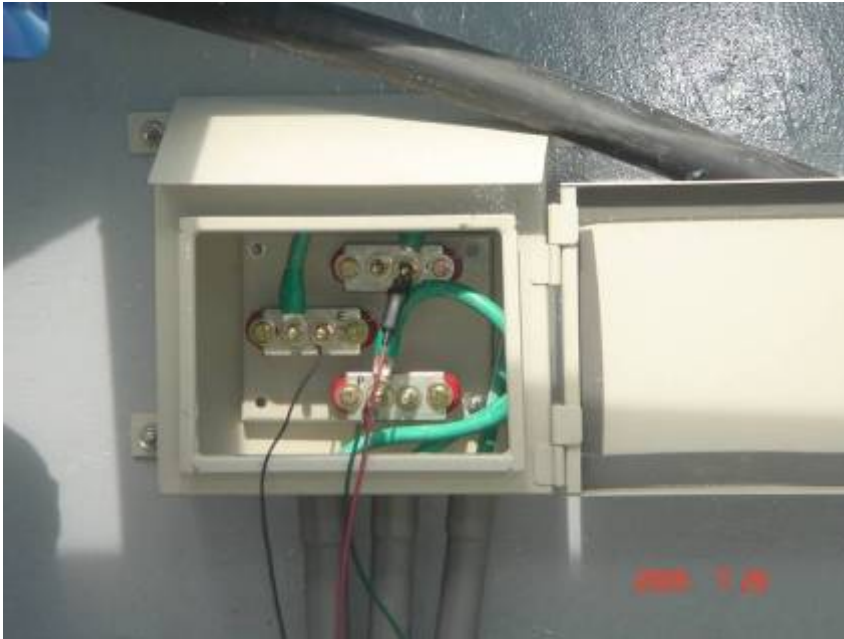
1. 低壓電動機之外殼。
2. 金屬導線管及其連接之金屬箱。
3. 非金屬管連接之金屬配件如配線對地電壓超過150伏或配置於金屬建築物上或人可觸及之潮濕處所者。
4. 電纜之金屬外皮。
5. X線發生裝置及其鄰近金屬體。
6. 對地電壓超過150伏之其他固定設備。
7. 對地電壓在150伏以下之潮濕危險處所之其他固定設備。
8. 對地電壓超過150伏移動性電具。但其外殼具有絕緣保護不為人所觸及者不在此限。
9. 對地電壓150伏以下移動性電具使用於潮濕處所或金屬地板上或金屬箱內者，其非帶電露出金屬部分需接地。



# 接地電阻量測



# 接地電阻量測

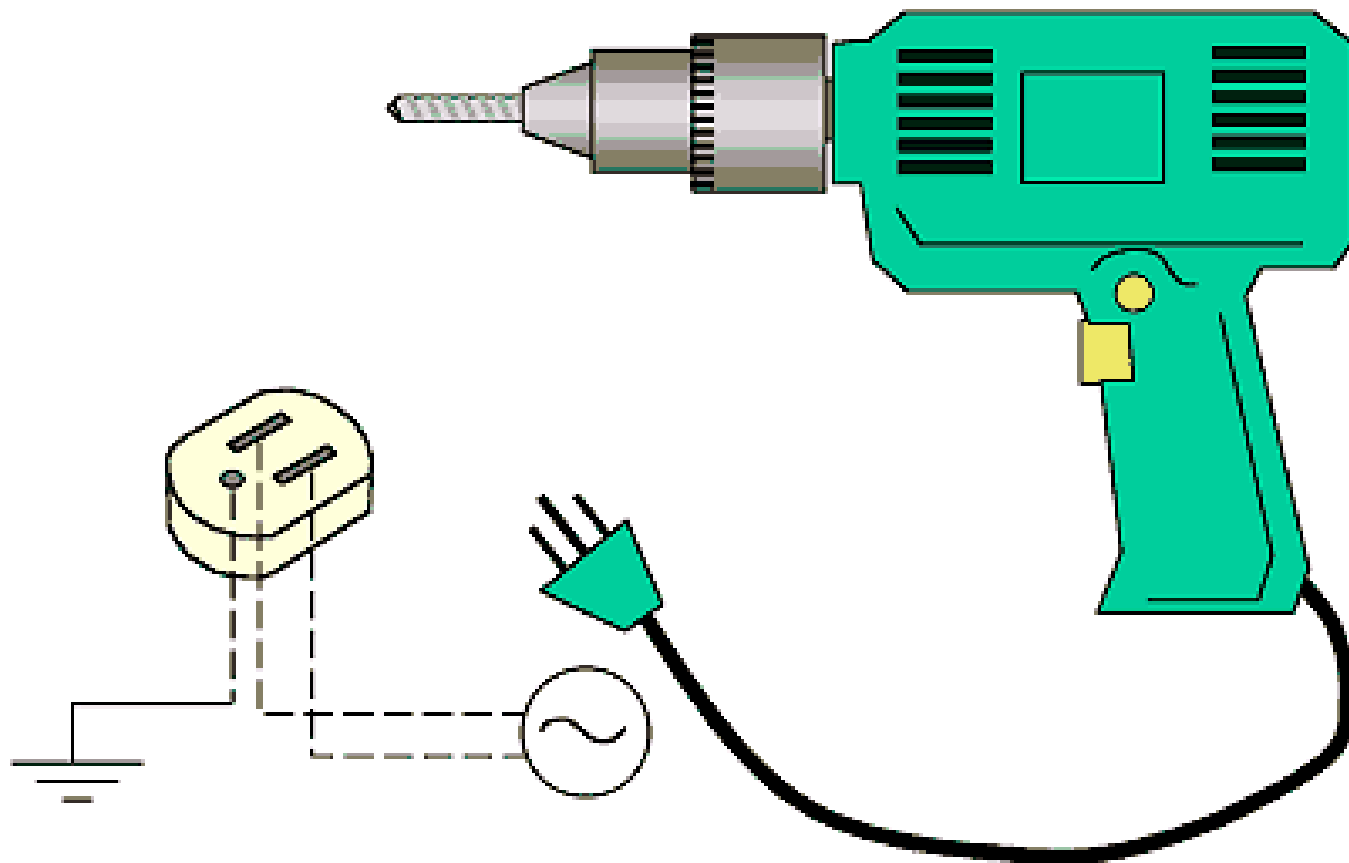


# 接地種類

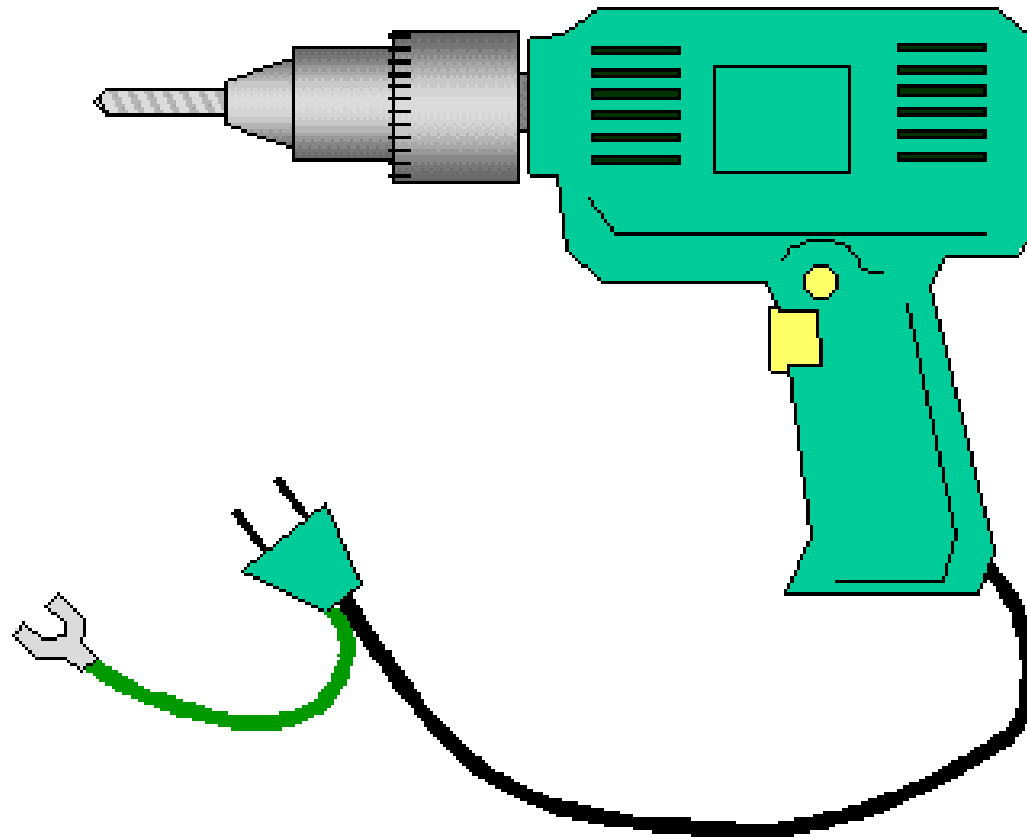
種類	適用處所	電阻值
特種接地	三相四線多重接地系統供電地區用戶變壓器之低壓電源系統接地，或高壓用電設備接地。	10Ω 以下
第一種接地	非接地系統之高壓用電設備接地。	25Ω 以下
第二種接地	三相三線式非接地系統供電地區用戶變壓器之低壓電源系統接地。	50Ω 以下
第三種接地	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 低壓用電設備接地。</li> <li>2. 內線系統接地。</li> <li>3. 變比器二次線接地。</li> <li>4. 支持低壓用電設備之金屬體接地。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對地電壓150V以下~100Ω 以下。</li> <li>2. 對地電壓151V至300V~50Ω 以下。</li> <li>3. 對地電壓301V以上~10Ω 以下。</li> </ol>



# 攜帶式手工工具接地



# 攜帶式手工工具接地





# 漏電斷路器



# 漏電斷路器

## 屋內線路裝置規則

- 第59條 下列各款用電設備或線路，應按規定施行接地外，並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、噴水池等場所水中及周邊用電設備。
  - 三、公共浴室等場所之過濾或給水電動機分路。
  - 四、灌溉、養魚池及池塘等用電設備。
  - 五、辦公處所、學校和公共場所之飲水機分路。
  - 六、住宅、旅館及公共浴池之電熱水器及浴室插座分路。
  - 七、住宅場所陽台之插座即離廚房水槽一·八公尺以內之插座分路。
  - 八、住宅、辦公處所、商場之沉水式用電設備。
  - 九、裝設在金屬桿或金屬構架之路燈、號誌燈、廣告招牌燈。
  - 十、人行地下道、路橋用電設備。
  - 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。
  - 十三、遊樂場所之電動遊樂設備分路。



# 漏電斷路器

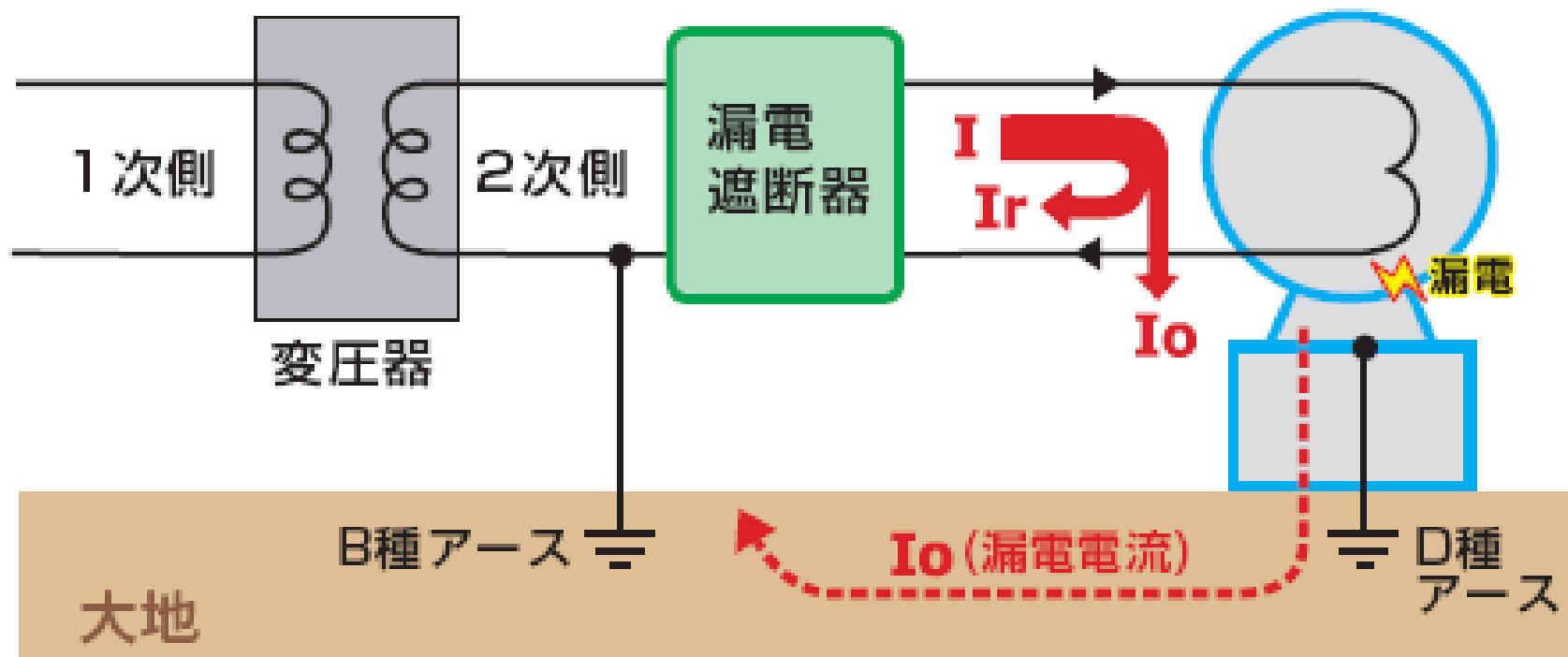
## 勞工安全衛生設施規則

- 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。

高敏感度、高速型漏電斷路器：30mA，100ms



# 漏電斷路器動作說明



# 漏電斷路器

## ●移動式抽水泵



## ●移動式切割機



# 漏電斷路器

## ● 飲水機



## ● 沉水泵



# 漏電斷路器

## ●水槽



## ●臨時電源箱



# 漏電斷路器

## ●浴室



## ●陽台

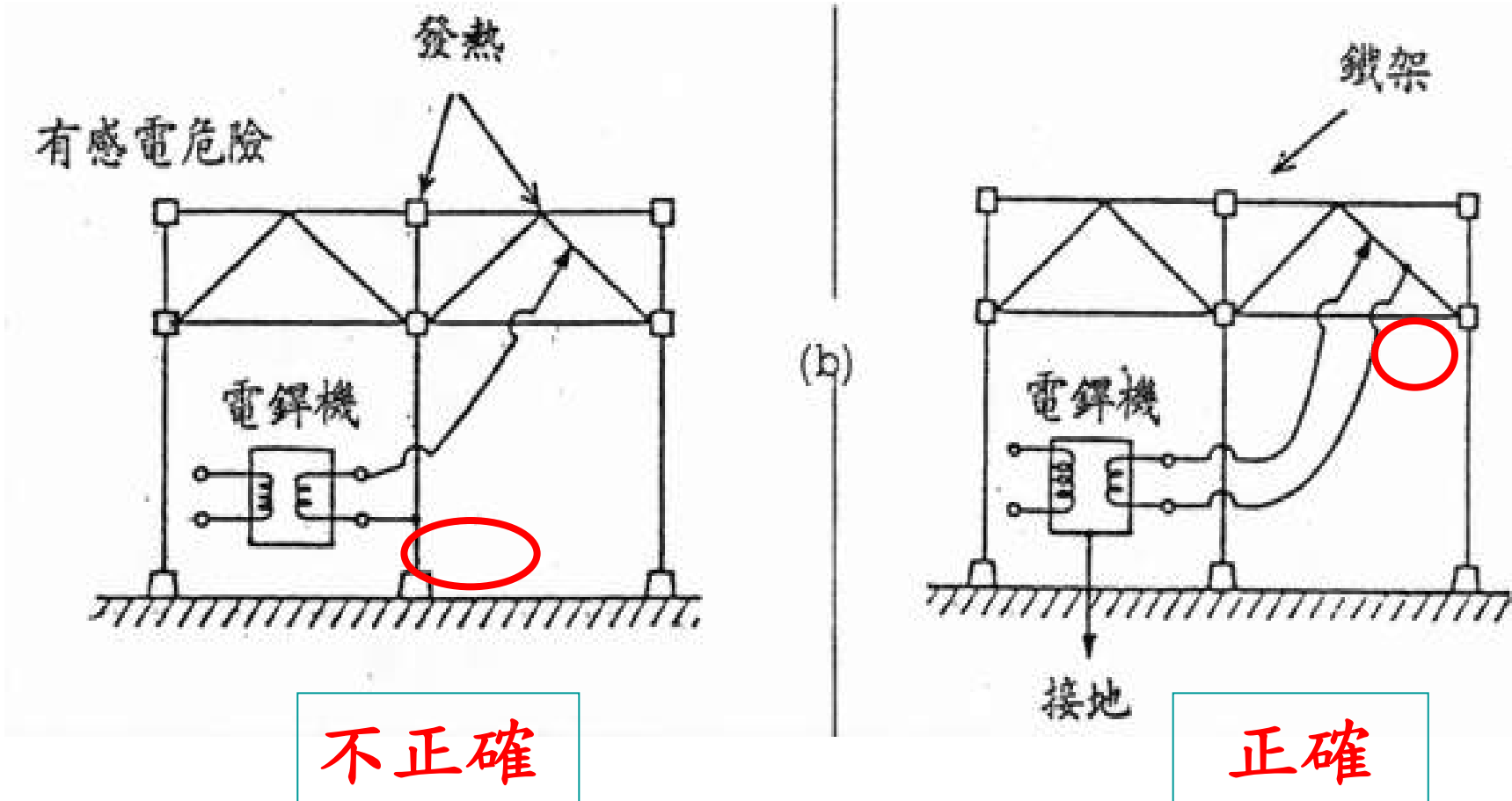




# 電焊作業



# 電焊作業



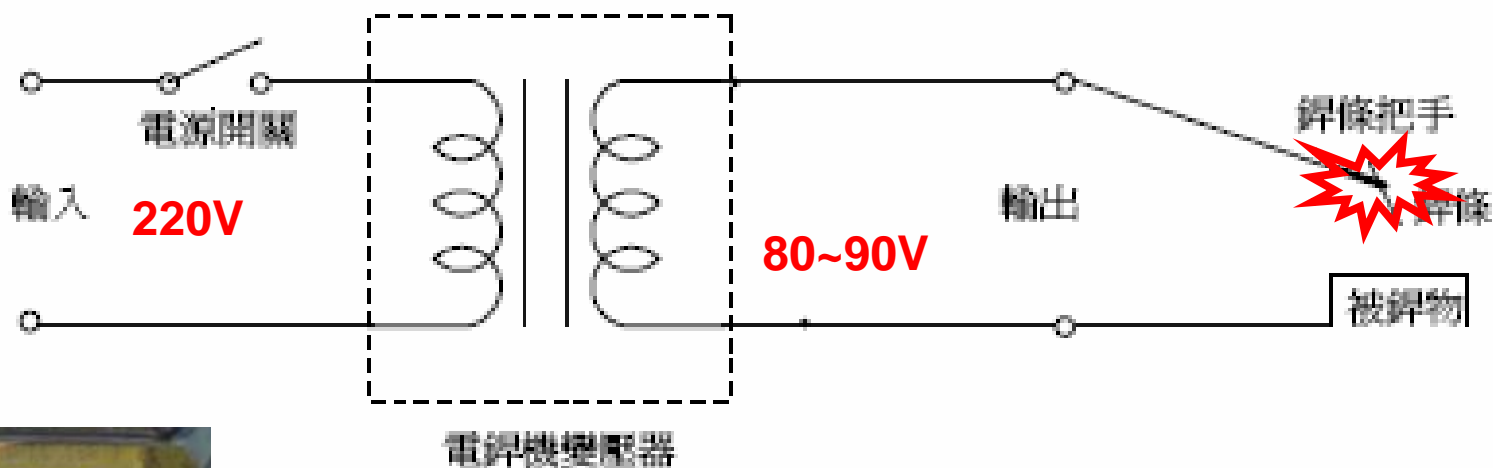
# 自動電擊防止裝置

## 勞工安全衛生設施規則

- 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。



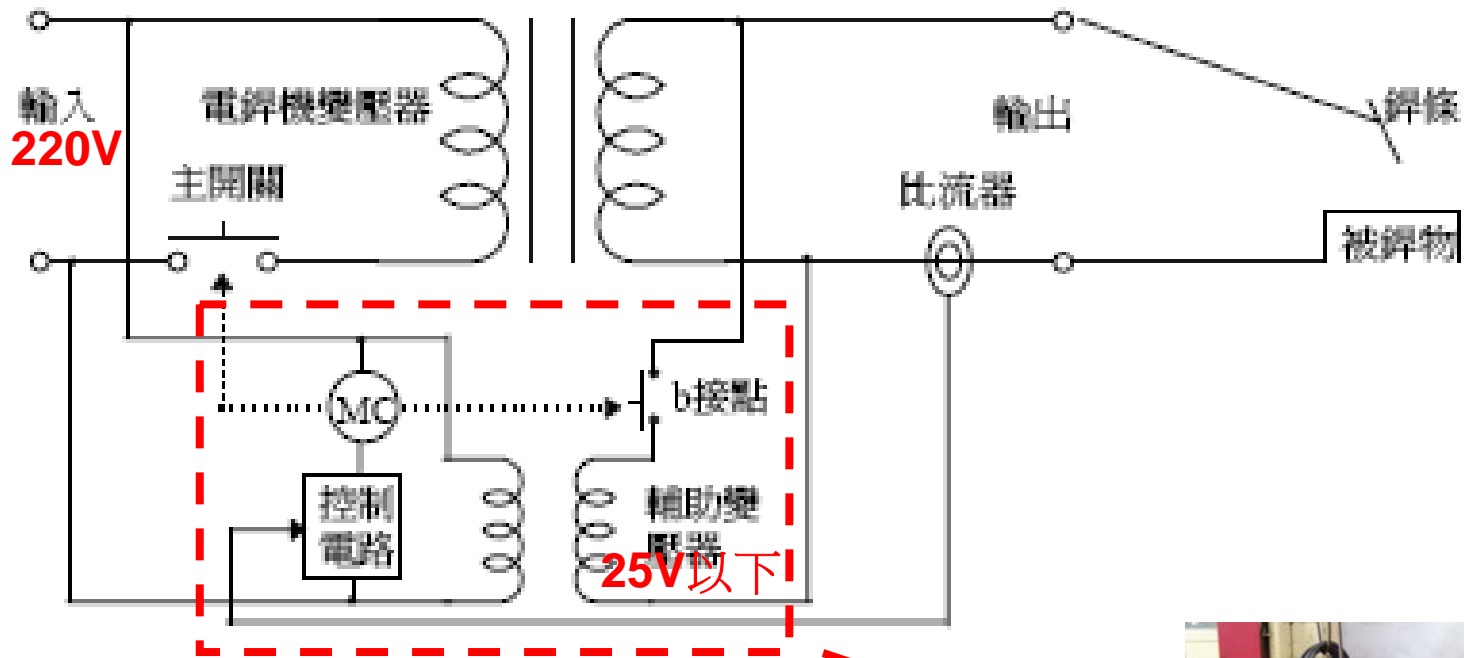
# 電焊機未裝自動電擊防止裝置



$$I=80/1000=0.08A=80 \text{ mA}$$



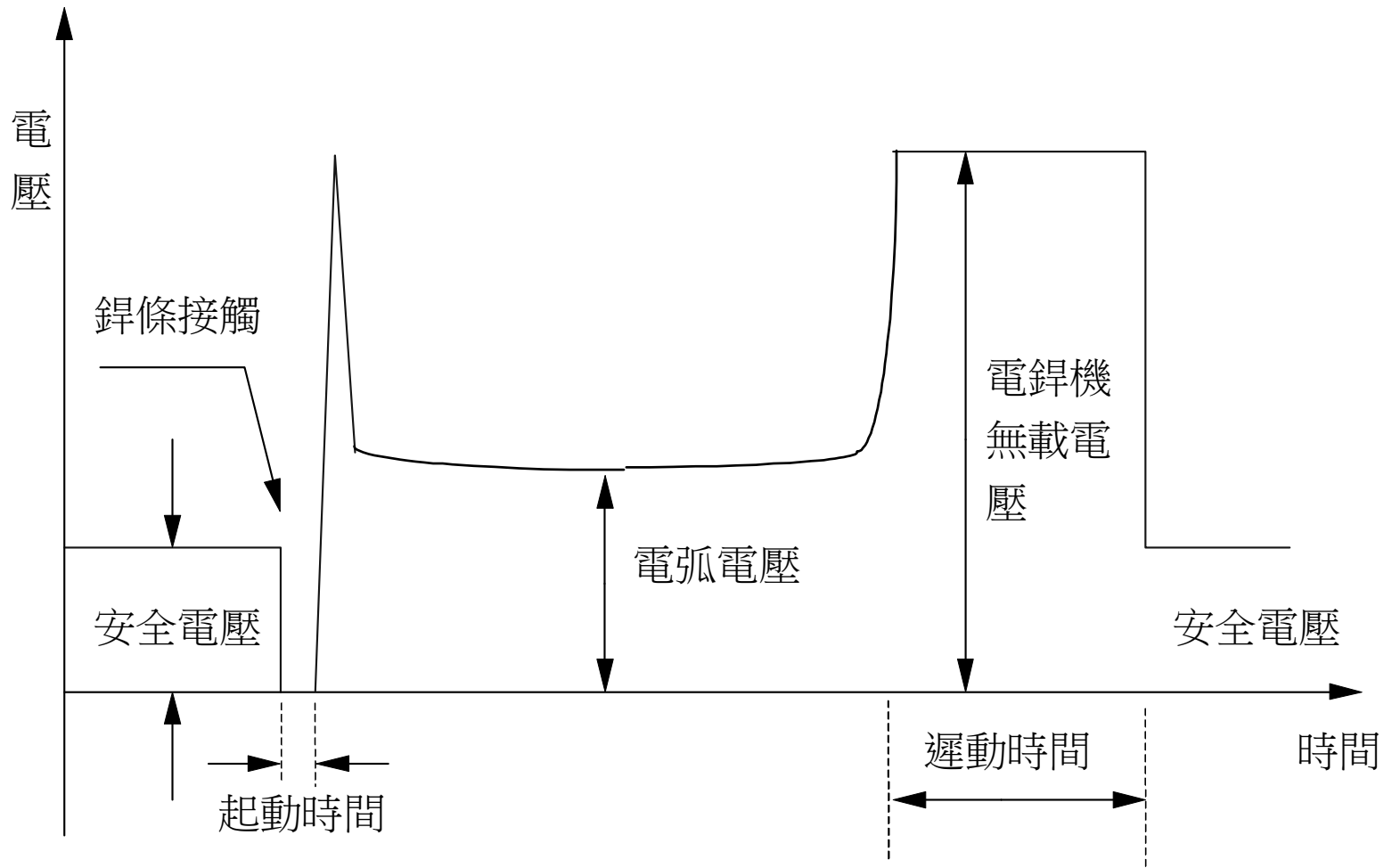
# 電焊機裝設自動電擊防止裝置



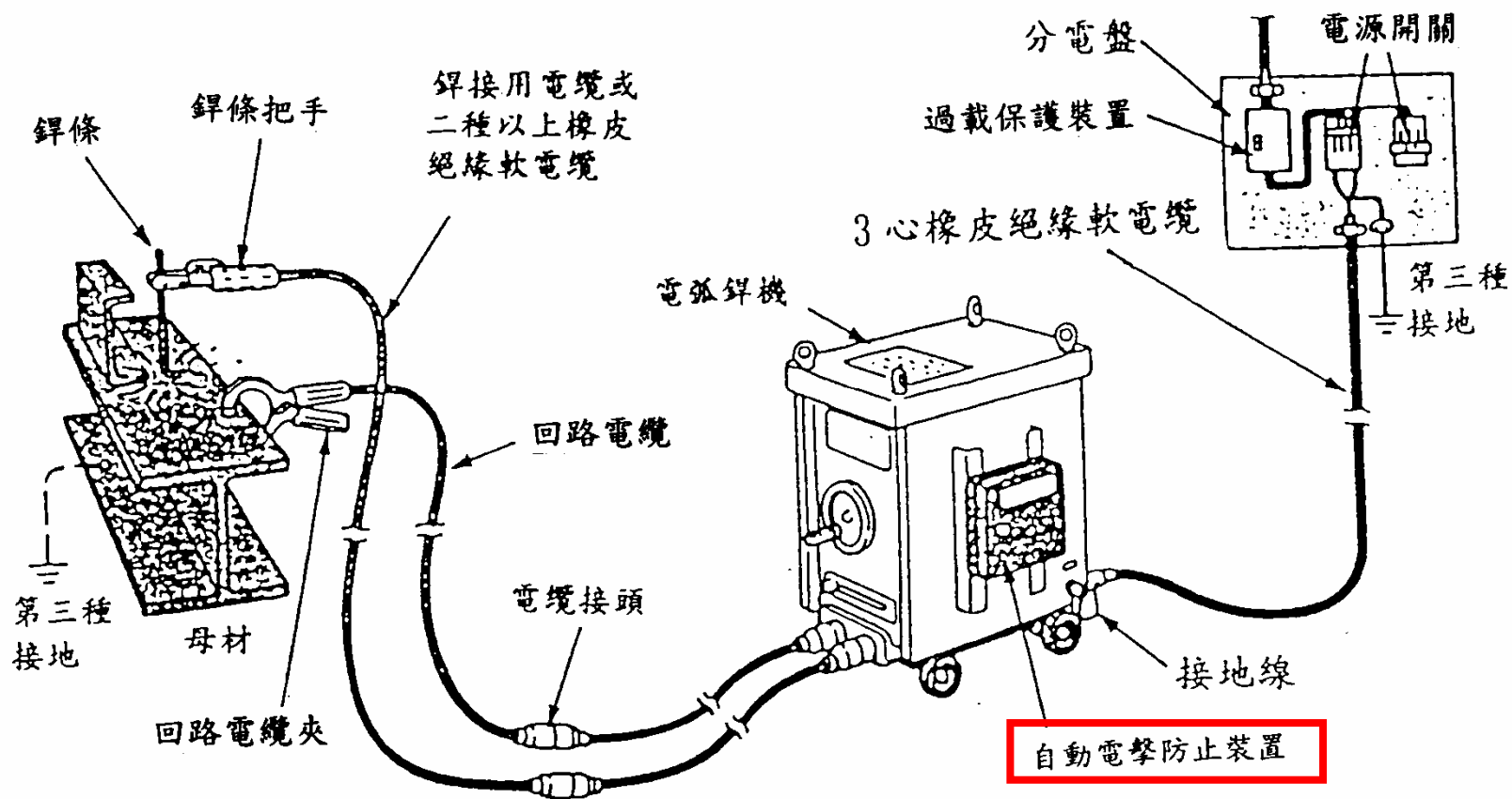
$$I = 25 / 1000 = 0.025 \text{ A} = 25 \text{ mA}$$



# 電焊機自動電擊防止裝置



# 電焊機自動電擊防止裝置



# 絕緣電阻

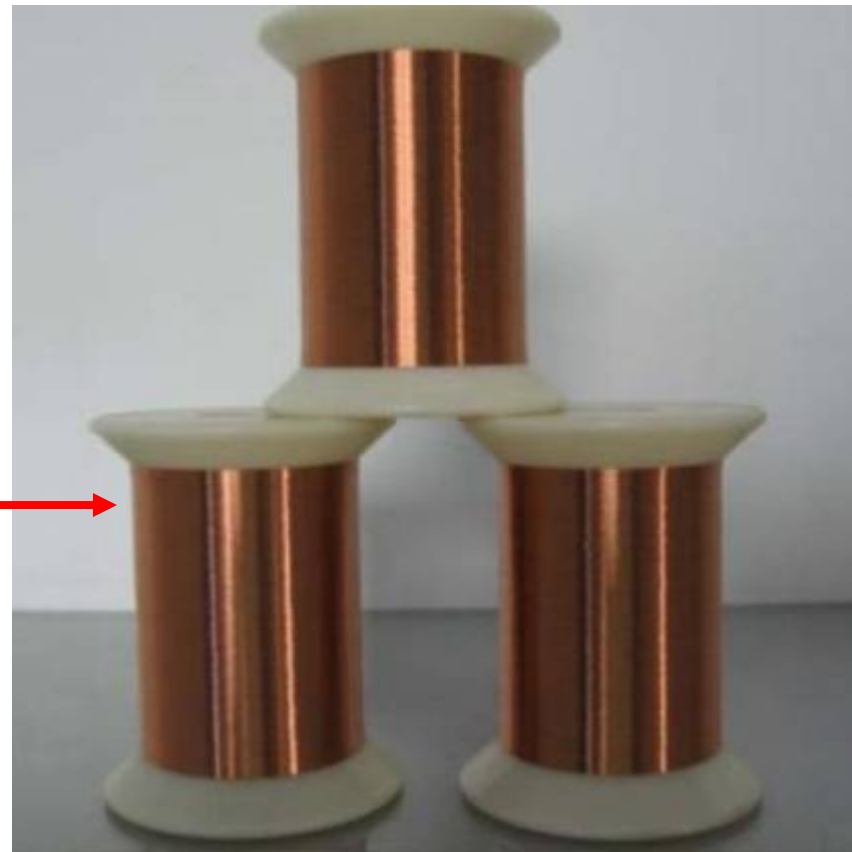
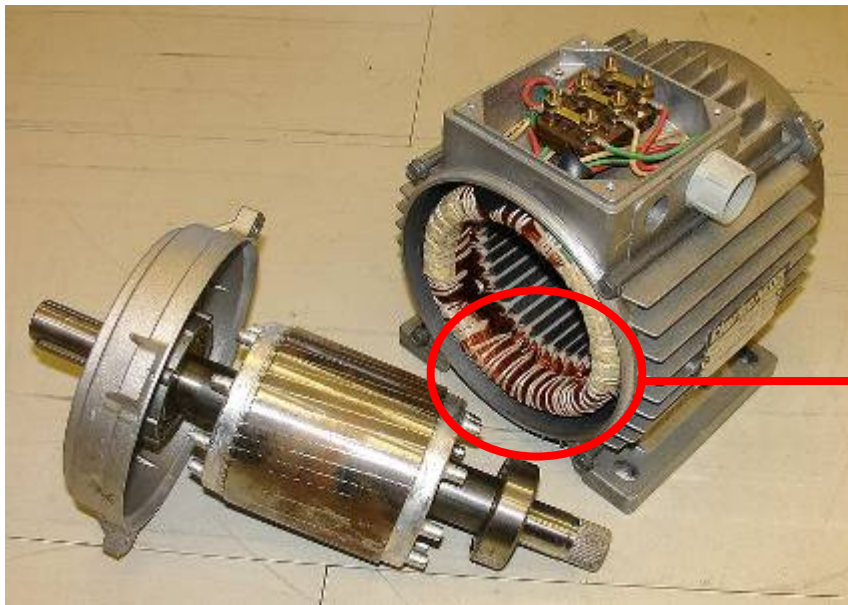
## ●屋內線路裝置規則

電 路 電 壓		絕緣電阻 ( $M\Omega$ )
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

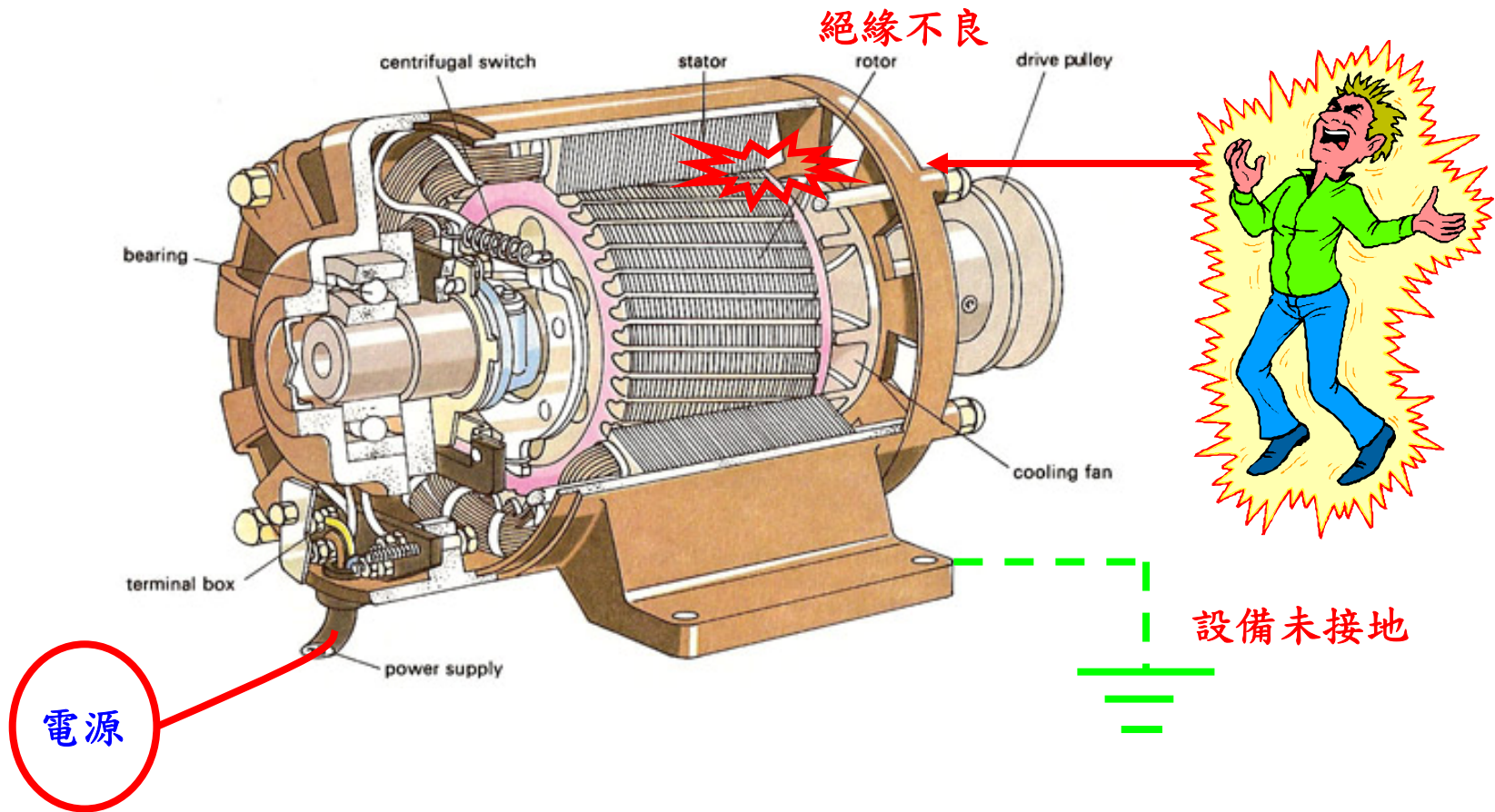




# 絕緣不良->漏電



# 馬達絕緣不良



電源

絕緣不良

設備未接地



# 馬達絕緣電阻量測



# 電氣量測儀器



三用電表

V、A、 $\Omega$



鉤式電表

V、A



高阻計

M $\Omega$



低阻計

m $\Omega$



# 驗電裝置



低壓驗電



高壓驗電



# 電氣維修工具



# 電氣人員防護具



# 電弧灼傷





# 電弧灼傷

- 線路或電氣設備發生**短路**、**接地**、**閃絡**現象或**不當的操作開關**等，皆能產生電弧使人體遭受灼傷。
- 電弧產生最高溫度達**35000度F**



# 電弧



# 電弧災害案例(一)

## ●從事電氣檢修作業遭電弧灼傷



# 電弧災害案例(一)

## ●從事電氣檢修作業遭電弧灼傷



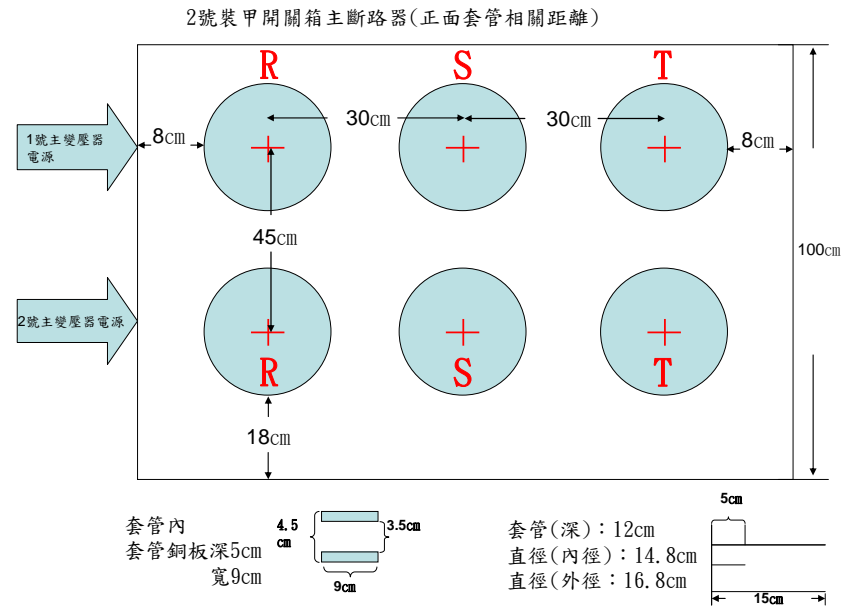
# 電弧災害案例(二)

## ●從事配電場所巡檢作業遭電弧灼傷

於某大學配電場所巡視22KV  
ATS盤打開箱門，發現受驚下  
老鼠竄入上方匯流排，造成  
線間短路，瞬間噴出高熱弧  
光，3人閃避不及遭灼傷。



# 電弧災害案例(三)



# 電弧災害案例(三)

- 從事11kV對相作業遭電弧灼傷



# 電弧預防措施





# 電弧預防措施

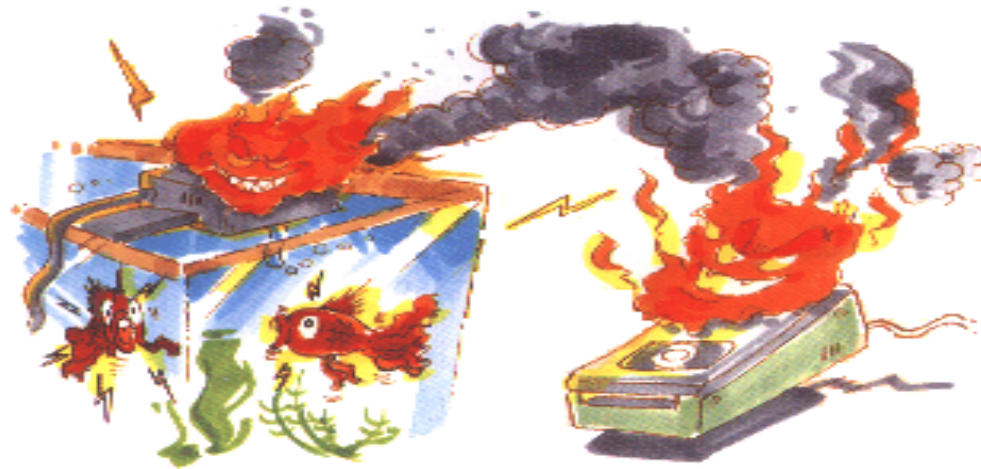


# 電氣火災



# 電氣火災

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



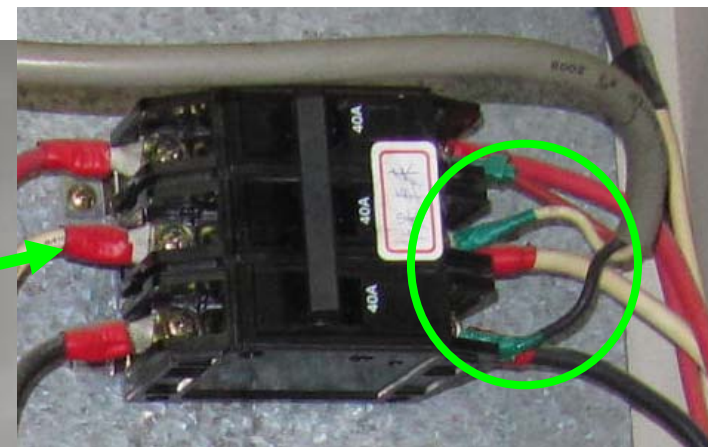
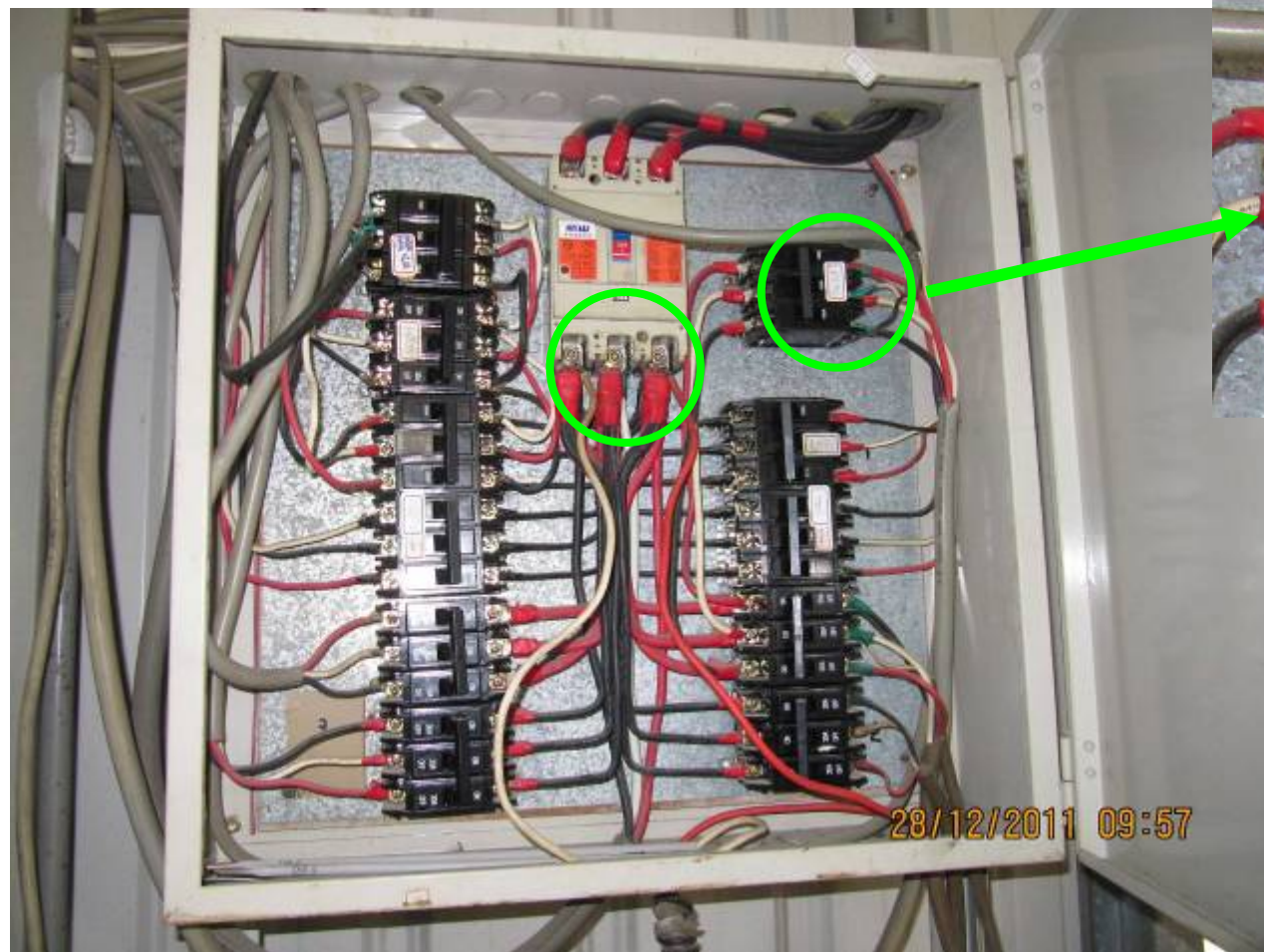
# 電氣火災



# 電氣火災案例探討-過載



# 電氣火災案例探討-過載



電纜規格：  
2.0mm \* 2C

28/12/2011 09:57



# 電氣火災案例探討-過載

導線安全電流：20A

過載



斷路器跳脫電流：40A



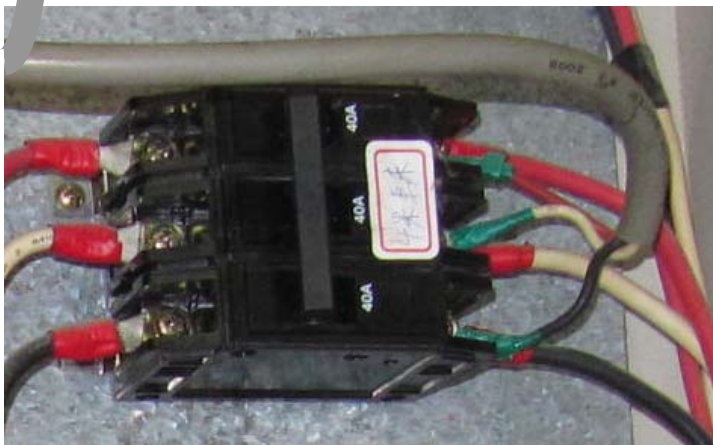
負載：25A

電鑽

砂輪機

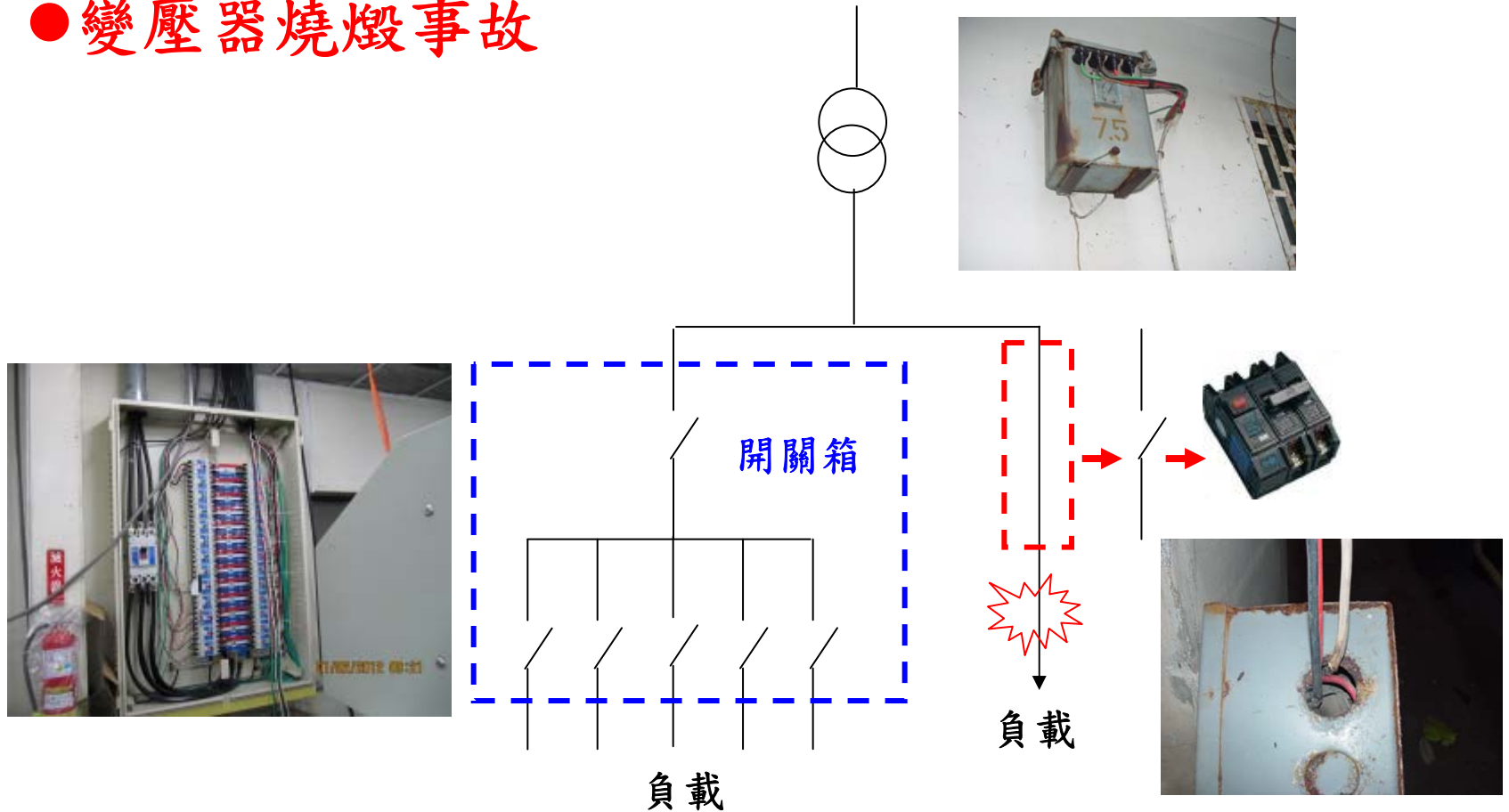
工業用風扇

投射燈



# 電氣火災案例探討-變壓器火災

## ●變壓器燒燬事故





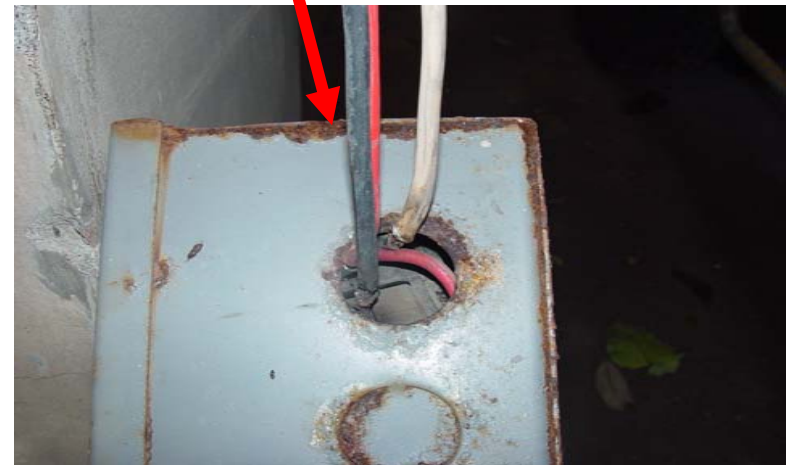
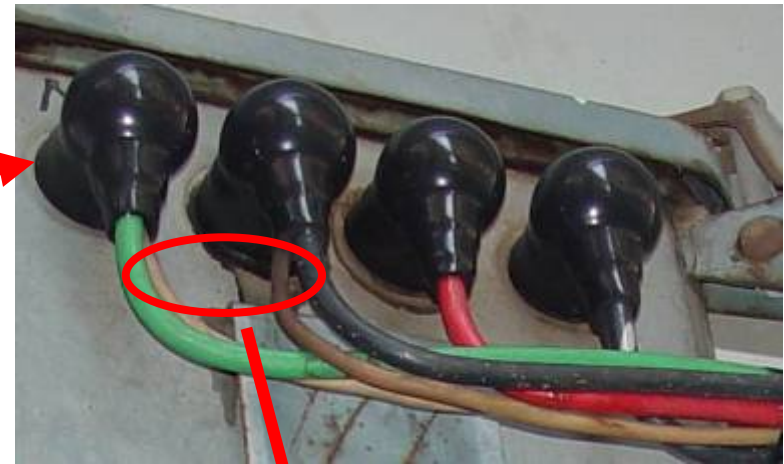
# 電氣火災案例探討-變壓器火災

## ● 變壓器燒燬事故



# 電氣火災案例探討-變壓器火災

## ● 變壓器燒燬事故



# 靜電

- 靜電是一種帶電現象，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**感電、爆炸和火災**。



# 案例探討-靜電閃燃

## ●勞工從事農藥加工作業遭閃燃灼傷



# 案例探討-靜電閃燃

## ● 勞工從事農藥加工作業遭閃燃灼傷



# 案例探討-靜電閃燃

- 勞工從事甲苯原料加料作業時引起火災



# 案例探討-靜電閃燃

- 勞工從事甲苯原料加料作業時引起火災



# 電氣火災預防-靜電防制



於工作鞋配戴靜電消除帶



測試靜電是否已消除



攪拌器及盛裝桶接地



廠內使用氣動堆高機





# 電氣火災案例探討-靜電防制

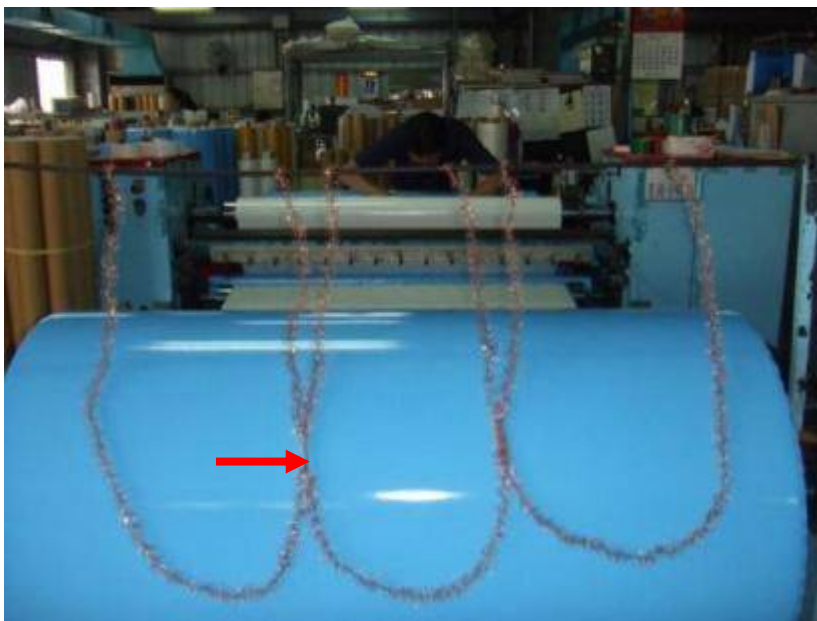
## ● 塑膠建材製造工廠靜電消除改善措施



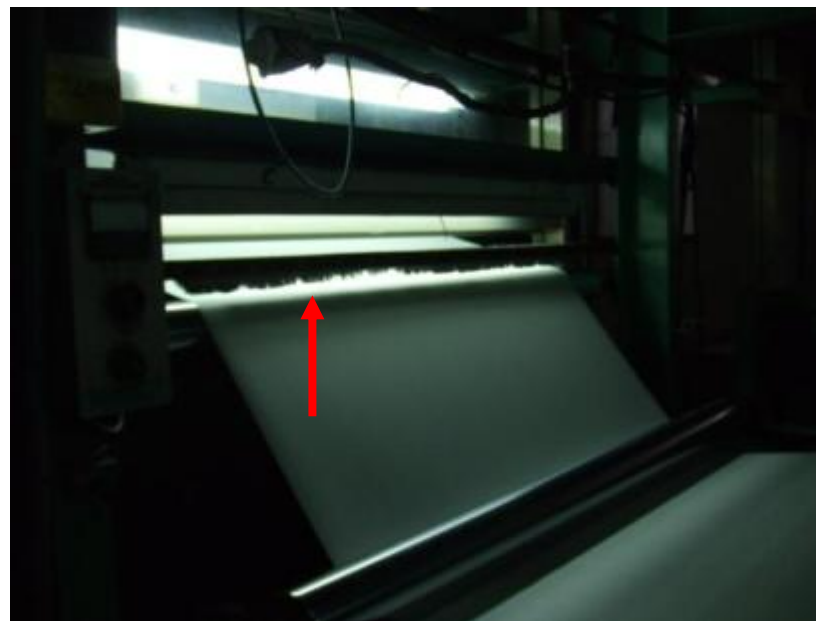
# 電氣火災預防-靜電防制

## ●靜電消除裝置

靜電銅絲



靜電刷



# 電氣火災預防-靜電防制

## ● 壓克力樹脂料攪拌製程 靜電消除改善措施



靜電消除銅板



半導體斜



# 靜電

## 靜電危害防止對策

- 抑制靜電設施
- 接地
- 使用導電材料
- 加濕
- 游離化



# 雷擊



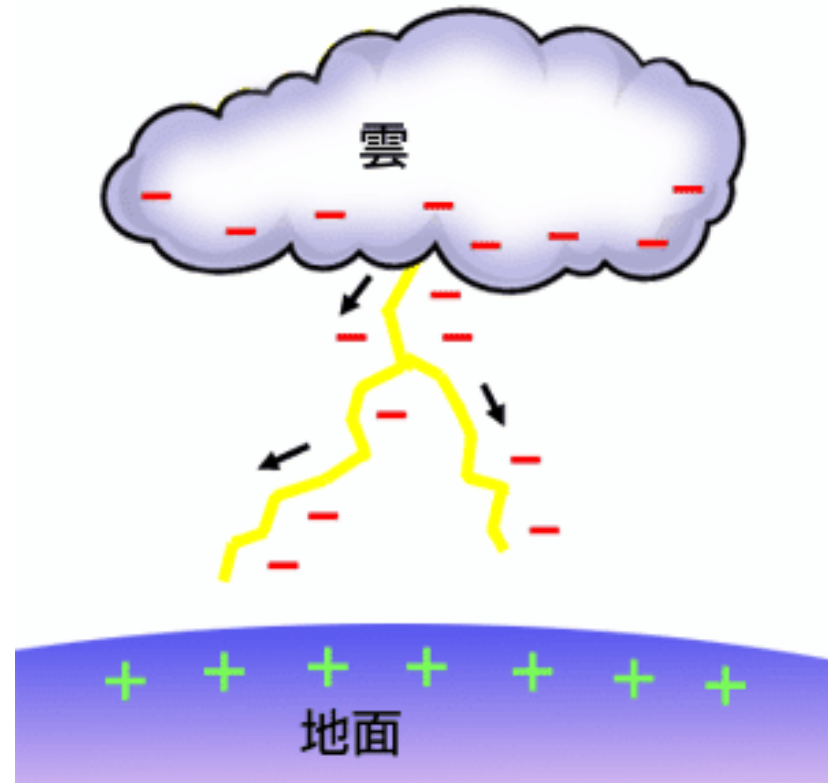
# 雷擊

- 大氣中的**放電**現象，具有強大的破壞力，會造成電氣設備或物品的毀損，甚至危及人的安全。



# 雷的形成

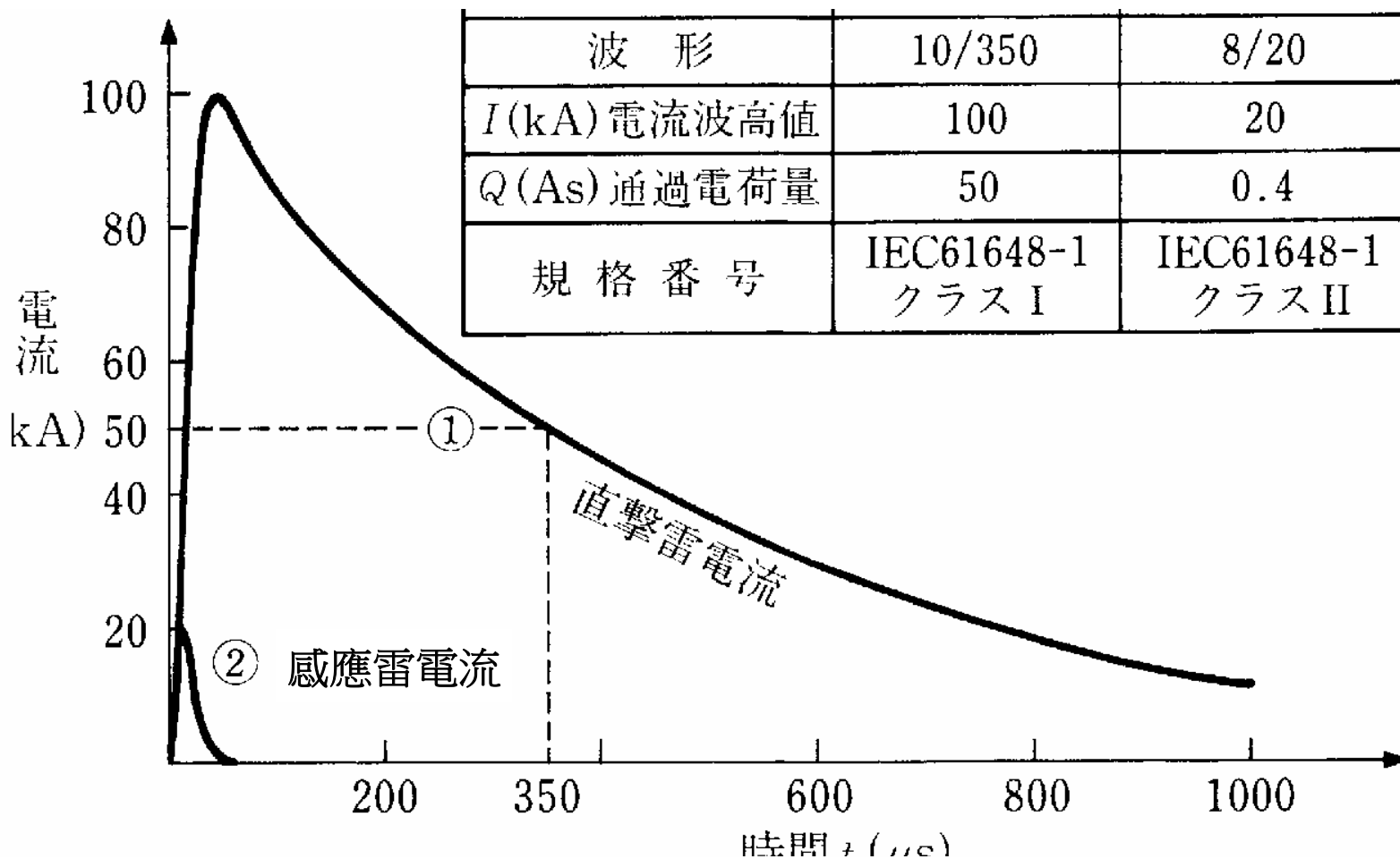
- 雷的形成(一)：根據觀測，雲層的上部帶正電，下部帶負電，因此地面便會感生了大量的正電。雲層下部的電位要比地面低得多，所以帶負電的電子便會向地面加速。當閃電開始時，雲底會向地面發出「**先導閃電**」(step leader)；先導閃電並不很光亮，但速度很快。它會前進約50 m，然後作一個很短的暫停，之後再改變方向前進、暫停。這個過程會重覆許多次，形成一條曲折的路徑如圖，充滿著**負電**。







# 直擊與感應的雷電流



# 直擊與感應雷

項 目	直 擊 雷	感 應 雷
電壓波高值	大約 5,000 kV	50 kV 以下
電流波高值	超過數十 kA	1 kA 以下
突波電壓波形	波頭：1~7 $\mu$ sec 波尾：約40 $\mu$ sec 波頭峻度：約 270 kV/ $\mu$ sec 在線路傳播時波形變形並衰減	波頭：1~30 $\mu$ sec 20~30 $\mu$ sec 較多 波尾：40~200 $\mu$ sec 波頭峻度：約 5 kV/ $\mu$ sec 在線路傳播時波形變形並衰減
極性	一般為負(-)極性 (單一極性)	一般為正(+)極性 (單一極性)
突波能量	極大，電器設備的絕緣必因此而閃絡 防備裝置：避雷針，避雷地線 (以突波吸收器無法吸收)	不太大，極少因此而發生閃絡 防備裝置：以突波吸收器吸收
發生頻率	低	高
其他	夏天較多，對鄰近設備有影響	夏天較多

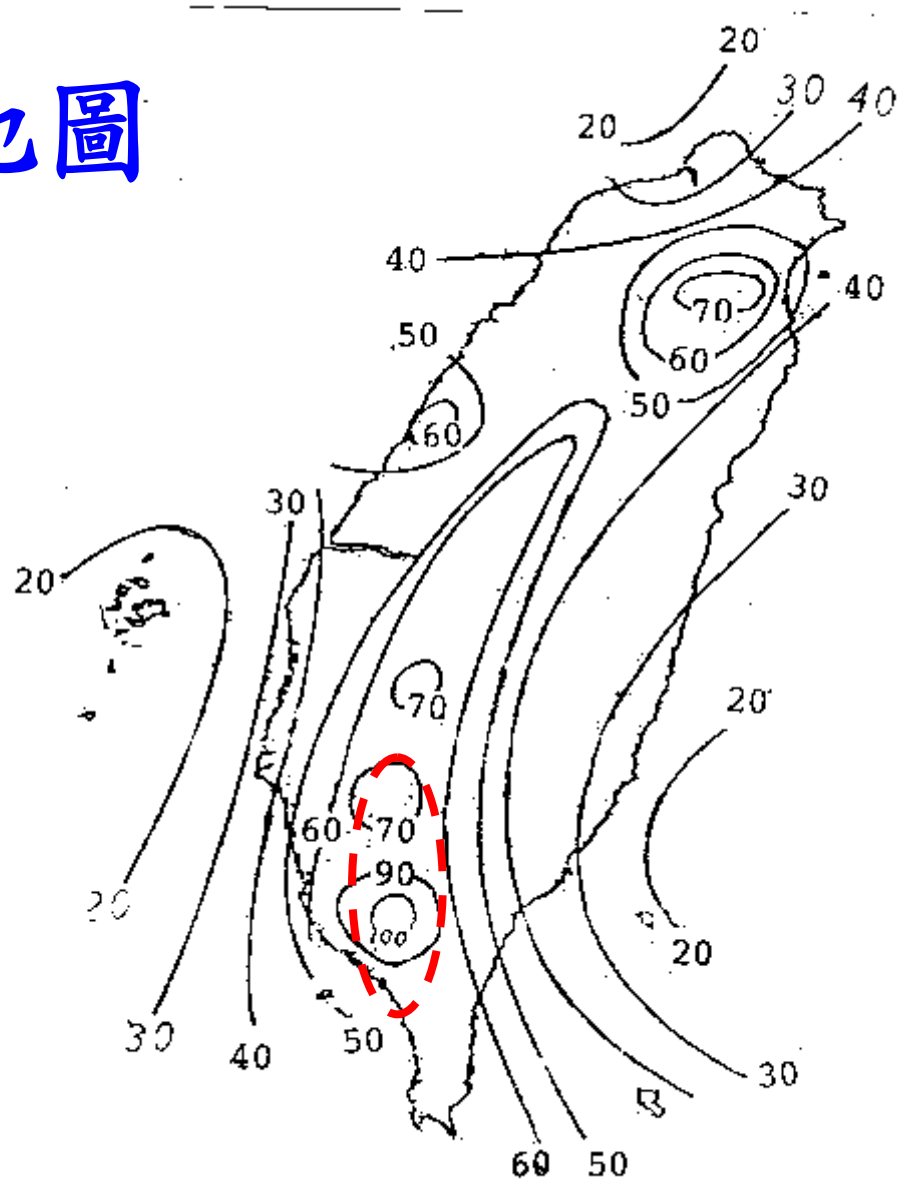


# 雷擊電流

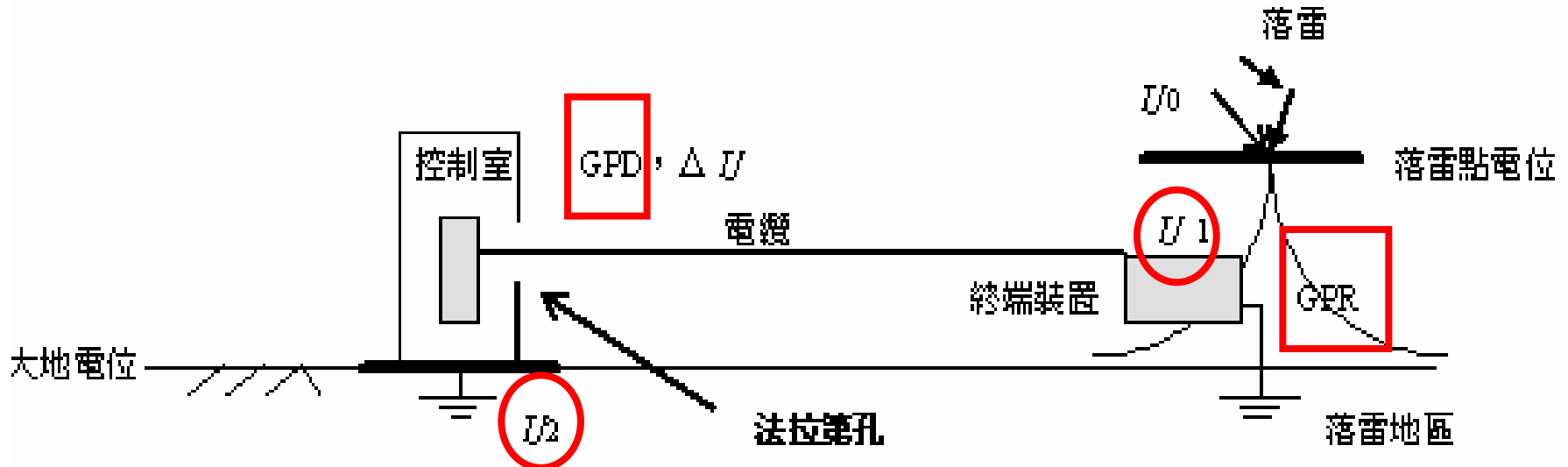
電流峰值kA	百分值%
5~10	3.03
10~15	6.57
15~20	10.13
20~25	13.02
25~30	12.67
30~35	11.14
35~40	8.73
40~45	6.69
45~50	4.94
50~55	3.89
55~60	3.06
60~65	2.39
65~70	1.99
70~75	1.57
75~80	1.33
80~85	1.08



# 台灣IKL地圖



# GPD/GPR



$U_0$  —— 落雷點電位

$U_2$  (低) <  $U_1$  <  $U_0$  (高)

$U_1$  —— 落雷區器物電位

GPD (ground potential difference) ——  $\Delta U = U_1 - U_2$

$U_2$  —— 控制室地電位

GPR —— (ground potential rise)

大地電位差 (ground potential difference, GPD)

大地電位的湧昇 (ground potential rise, GPR)



# 步間電壓

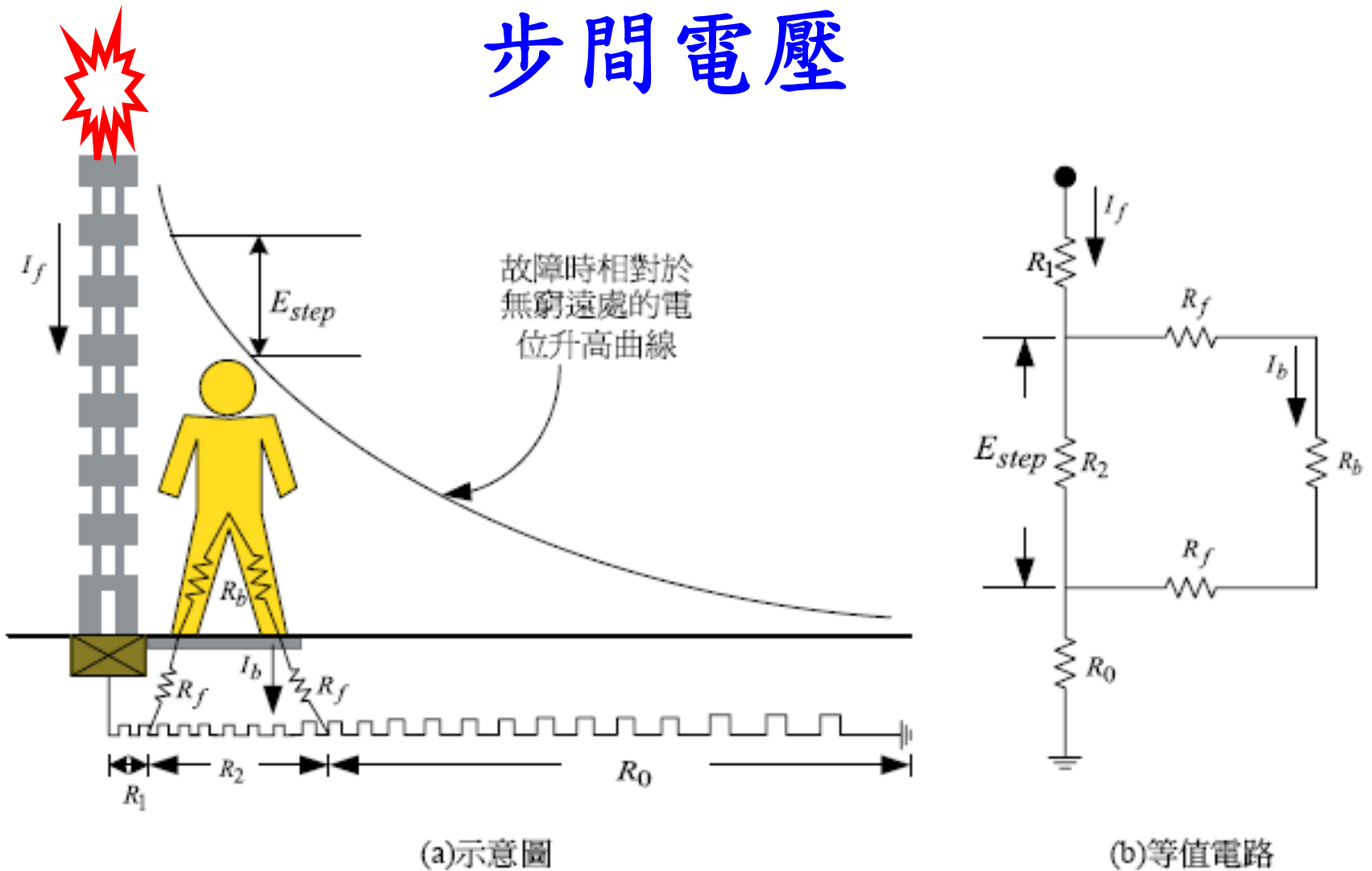


圖 1 接地鐵塔附近人體的步間電壓分析



# 接觸電壓

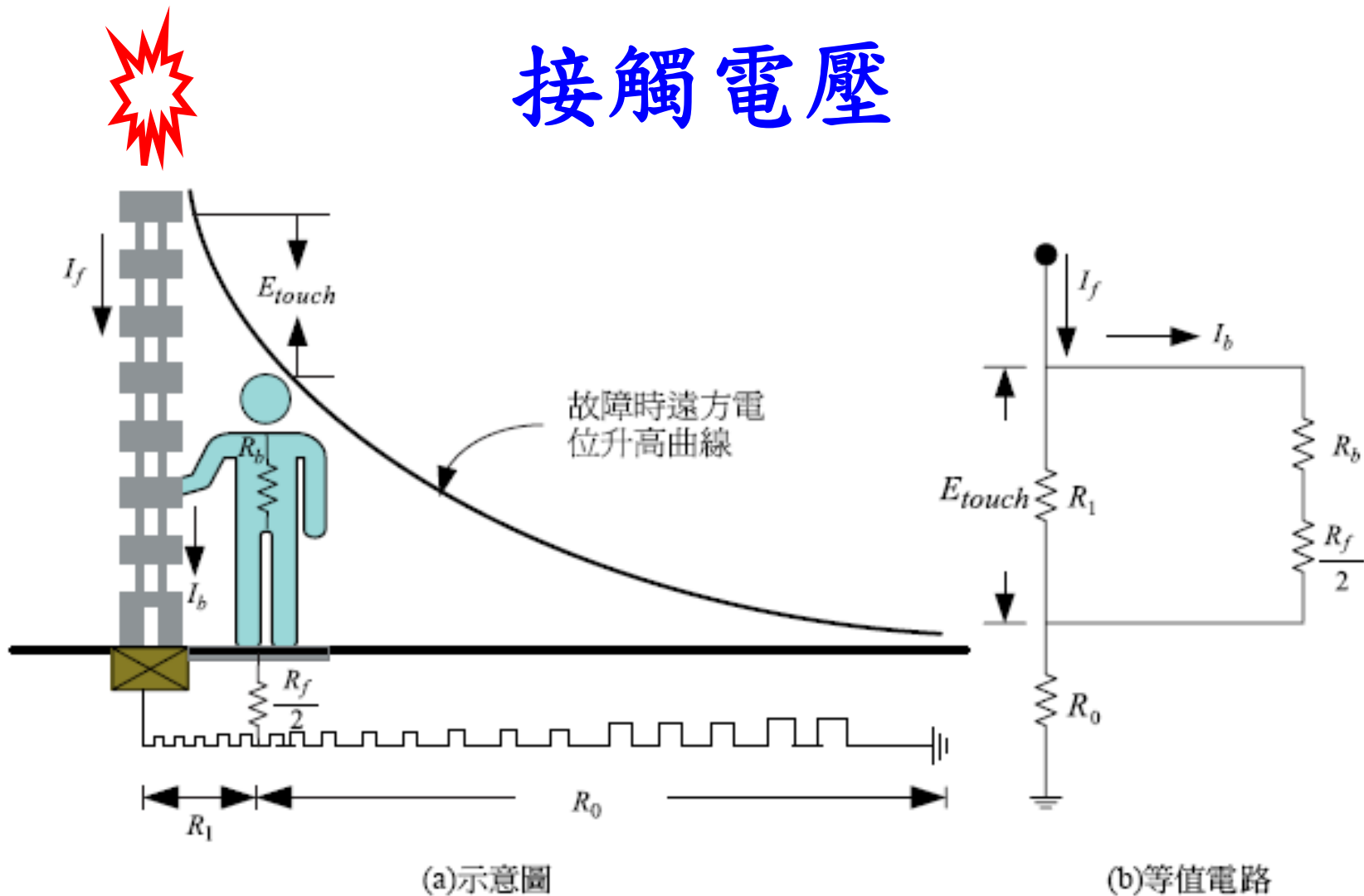
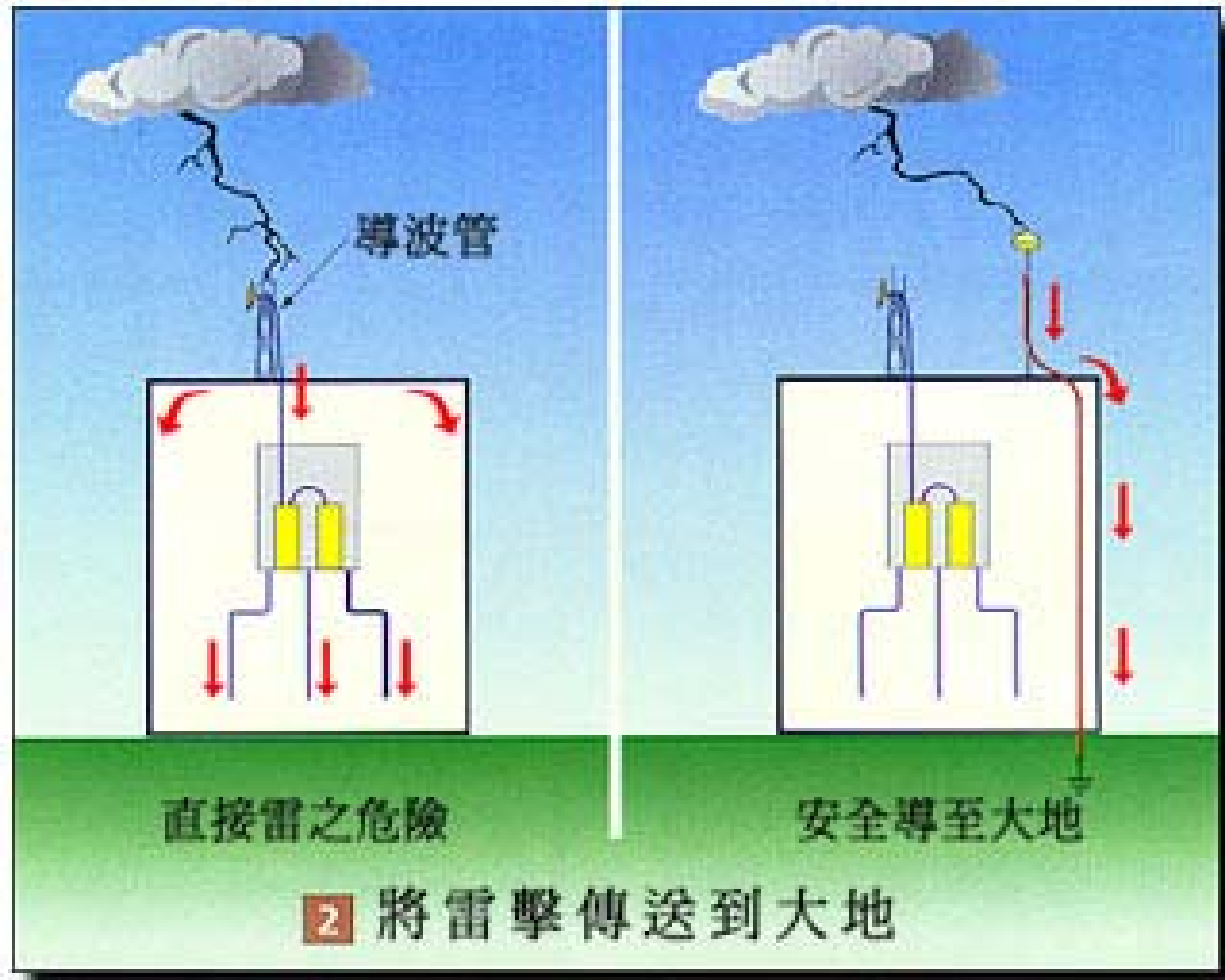


圖 2 接地鐵塔附近人體的接觸電壓分析



# 雷擊預防





# 屋內線路裝置規則

- 第439條：高壓以上用戶之變電站應裝置避雷器以保護其設備。
- 第440條：電路之每一非接地高壓架空線皆應裝置一具避雷器。
- 第441條：避雷器應裝於進屋線隔離開關之電源側，但電源如係地下配電系統而受電變壓器裝置於屋外者，則於變壓器一次側近處應加裝一套。
- 第442條：避雷器應裝於屋內者，其位置應遠離通道及建築物之可燃部分，為策安全該避雷器以裝於金屬箱內或與被保護之設備共置於金屬箱內為宜。



# 屋內線路裝置規則

## 屋內線路裝置規則

- 第443條：避雷器與電源線(或匯流排)間之導線及避雷器與大地間之接地導線應使用銅線或銅電纜，應不小於  $14 \text{ mm}^2$ ，該導線應儘量縮短，避免彎曲，並不得以金屬管保護，如必需以金屬管保護時，則管之兩端應與接地導線妥為連結。
- 第444條：避雷器之接地電阻應在  $10 \Omega$  以下。

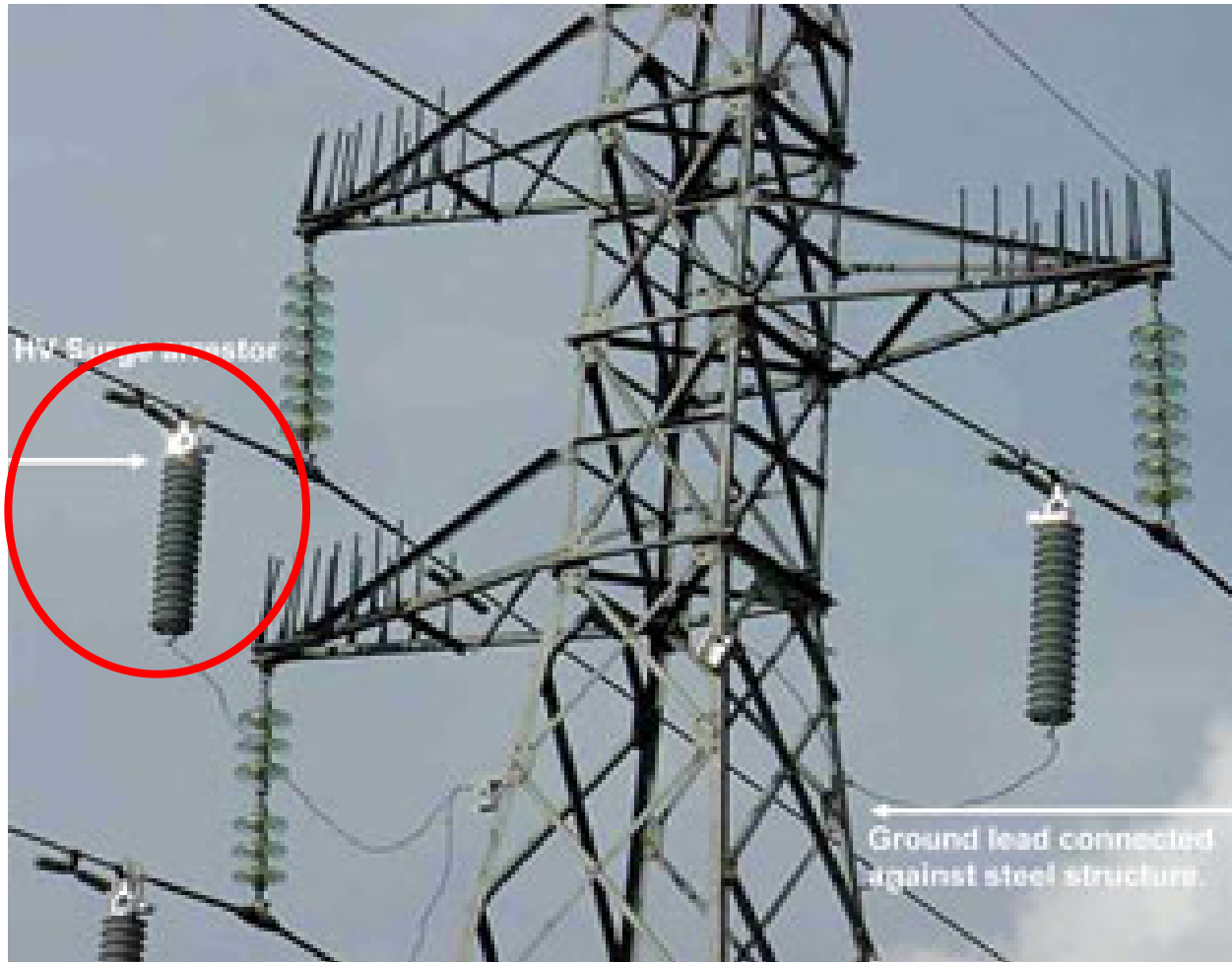


# 法規規定

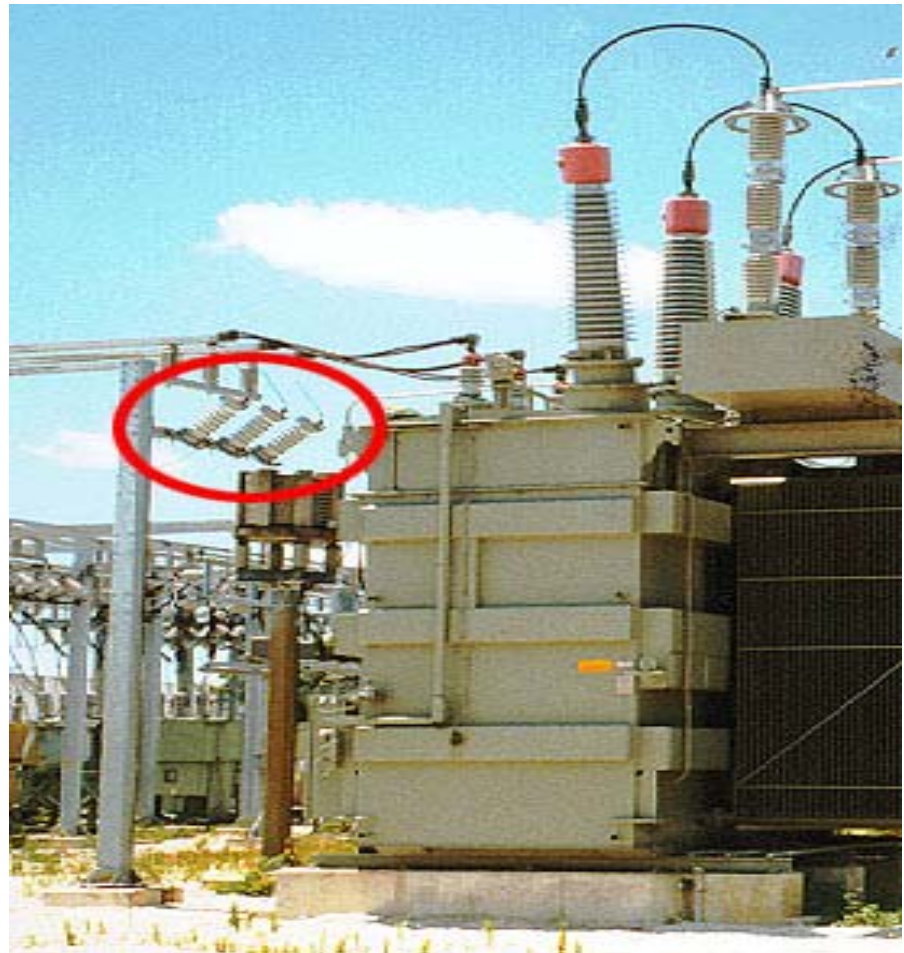
- 為保護高層建築物或危險品倉庫遭受雷擊，應裝避雷設備。
- 左列建築物應有符合本節所規定之**避雷設備**。
  - 一、建築物高度在**20 m** 以上者。
  - 二、建築物高度在 **3 m** 以上並作**危險品倉庫**使用者，（**火藥庫**、**可燃性液體倉**、**可燃性瓦斯倉庫**等）。



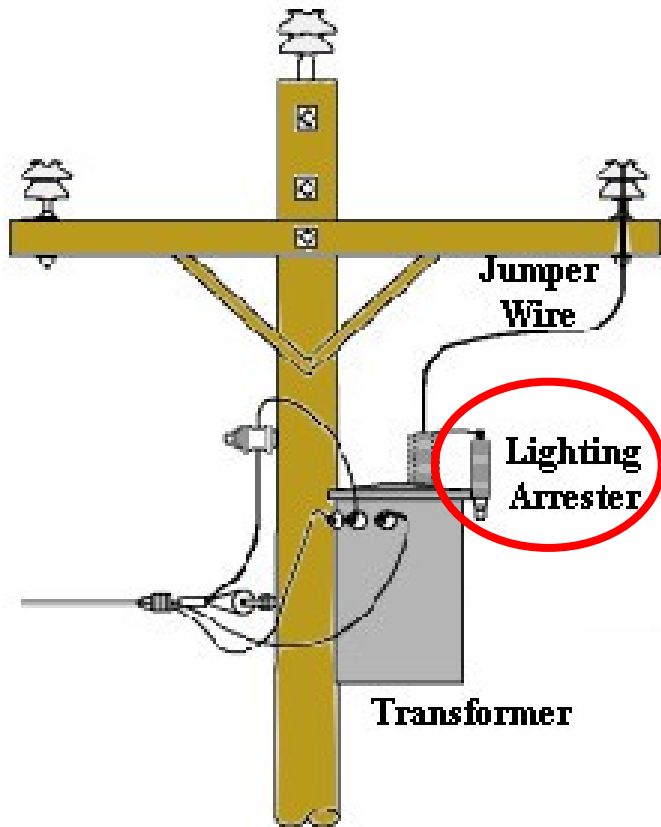
# 輸電線路避雷



# 變電站避雷



# 配電系統避雷



# 馬達設備避雷



# 電信設備避雷





# 電子電路控制設備避雷



# 建築物避雷



# 超高建築避雷

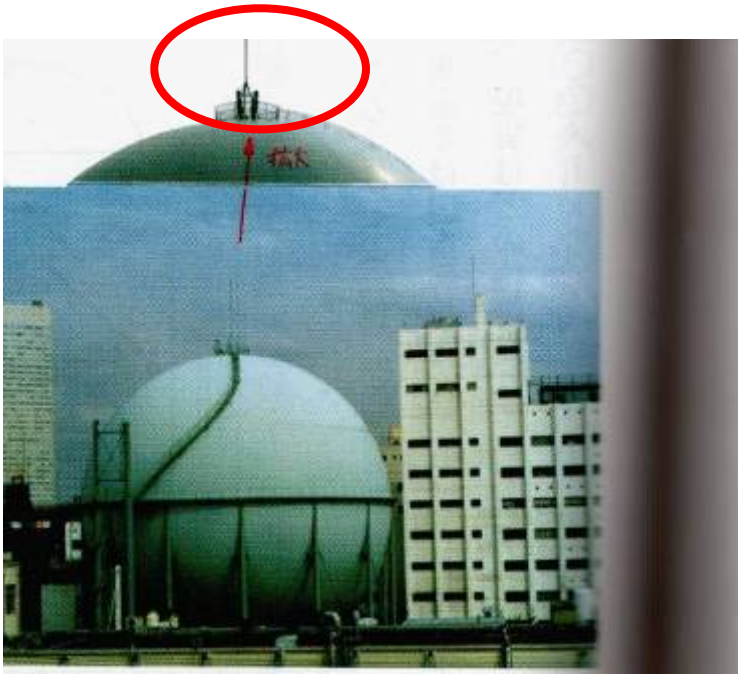


# 廠房避雷



# 易燃及易爆物儲存區

## ● 易燃及易爆物儲存區



日本東京市區某一儲氣槽區



有裝避雷針

台灣中油公司永安儲氣槽

