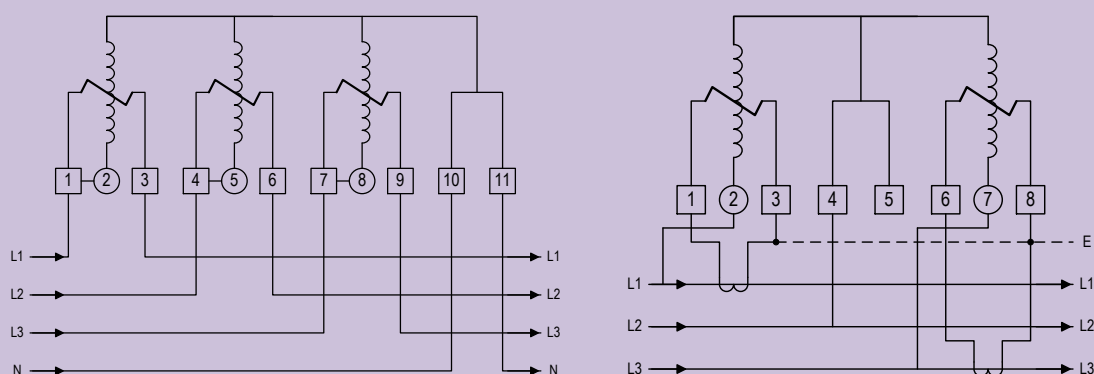


Electrician Installation Technology



麥家聲、歐陽浩斌、麥啟榮 編著

目錄

1 電工常用的工具及配件	1-1
1.1 電工常用的工具及配件之規格及選擇	1-2
➤ 鉗	1-2
➤ 電工絕緣膠布	1-6
➤ 電工刀	1-7
➤ 螺絲批	1-7
➤ 鐵鋸	1-9
➤ 電工鎚	1-9
➤ 銼	1-10
➤ 鋼尺	1-12
➤ 拉尺	1-13
➤ 皮尺及測距輪	1-13
➤ 超聲波電子尺及雷射電子尺	1-14
➤ 角尺	1-14
➤ 平水尺	1-14
➤ 平水儀	1-15
➤ 粉線盒	1-15
➤ G形鉗	1-16
➤ 大力鉗	1-16
➤ 鐵剪	1-16
➤ 電動切割工具	1-17
➤ 手提電鑽	1-18
➤ 沖擊鑽	1-18
➤ 平鑽	1-19
➤ 油壓鑽	1-19
➤ 鑽嘴	1-20
➤ 游標卡尺	1-23
➤ 石屎鑽咀	1-24
➤ 令梳	1-25
➤ 擴孔器	1-25
➤ 其他開孔工具	1-25
➤ 圓孔沖子	1-26
➤ 圓孔野界刀	1-26
➤ 油壓衝孔機	1-27

➤ 劃針	1-27
➤ 中心衝	1-27
➤ 絲攻及扳手	1-28
➤ 螺旋絲攻	1-28
➤ 螺絲拔出器	1-29
➤ 絲攻與鑽咀的選擇	1-29
➤ 絲板	1-30
➤ 鉚接	1-30
➤ 熱鉚接	1-30
➤ 冷鉚接	1-31
➤ 空心鉚釘鉚接	1-31
➤ 拉帽與拉帽鉗	1-32
➤ 螺紋扣接	1-32
➤ 螺栓	1-33
➤ 螺絲	1-34
➤ 螺帽	1-35
➤ 墊圈	1-35
➤ 螺紋扣接標準	1-36
➤ 板手	1-38
➤ 銲接	1-39
➤ 放線工具	1-42

2 常用單相及三相基本電路 2-1

2.1 常用的電路 2-2

➤ 並聯電路	2-2
➤ 串聯電路	2-2
➤ 兩路掣電路	2-3
➤ 兩路掣電路—單路掣改兩路掣	2-4
➤ 中途掣電路	2-4
➤ 三燈串並聯組合電路	2-5
➤ 兩單路電路連主控開關—兩燈常開	2-5
➤ 兩路掣電路連主控開關—燈常開	2-6
➤ 二燈組合電路 1	2-6
➤ 二燈組合電路 2	2-7
➤ 閃燈電路	2-7
➤ 5 安培插座電路	2-8
➤ 15 安培插座電路	2-8
➤ 13 安培插座幅射電路	2-9

➤	13 安培插座環形電路	2-9
➤	啟輝式光管電路	2-10
➤	半諧振式起動光管電路	2-11
➤	快速起動光管電路	2-12
➤	電子鎮流器光管電路	2-13
➤	24 小時時間掣電路	2-13
➤	特低壓門鐘電路	2-14
➤	3 段火力焗爐掣電路 1	2-15
➤	3 段火力焗爐掣電路 2	2-15
➤	6 段火力焗爐掣電路	2-16
➤	13A 拖蘇電路	2-17
➤	16A 工業插頭及插座電路	2-18
➤	電路常用配件	2-19
➤	多層大廈供電系統	2-22
➤	三相及單相電力用戶供電電路	2-25
➤	滙流排	2-28
➤	分支接線聯合	2-29
➤	仟瓦時錶	2-29
➤	單相配電箱	2-31
➤	鎖類設備	2-35
➤	三相配電箱	2-35
➤	三相感應電動機直接起動電路	2-36
➤	電動機控制電路的電路保護	2-38
➤	壓力開關及流水掣	2-39
➤	直接起動器	2-40
➤	守則 7 電流需求量	2-43
➤	守則表 7(1)：接容許參差額	2-44
➤	守則 8 隔離及開關	2-46
➤	守則 9 過流保護器件	2-49
➤	守則表 9(1)：一般材料的最終極限溫度	2-52
➤	守則表 9(2)：過流保護器件的最低斷流容量	2-52
3	電力裝置佈線管理	3-1
3.1	電力裝置佈線系統	3-2
➤	明線佈線系統	3-2
➤	銅皮線	3-2
➤	線架	3-6
➤	扎線帶	3-9

➤	暗線佈線系統	3-10
➤	燈喉系統	3-10
➤	線槽系統	3-10
➤	線坑	3-13
➤	各種佈線系統的應用及特點	3-13
➤	佈線系統的選擇	3-16
3.2	金屬鋼喉管及 PVC 喉管	3-17
➤	燈喉弧度曲位內半徑	3-17
➤	金屬鋼喉管的標準及防銹	3-17
➤	金屬鋼導管的規格	3-18
➤	不銹鋼導管的規格	3-18
➤	金屬鋼導管的接駁	3-18
➤	金屬鋼喉管的優點	3-19
➤	金屬鋼喉管的配件及工具	3-19
3.3	金屬鋼喉管屈曲－屈喉機	3-25
➤	向下屈曲	3-25
➤	向上屈曲	3-25
➤	量度尺寸	3-26
➤	試喉(曲位)	3-26
➤	試喉後所得的結論	3-27
➤	使用屈喉機的總結	3-28
➤	之字曲	3-29
➤	角度量度尺	3-29
➤	量度之字曲尺寸及角度	3-30
➤	屈之字曲	3-30
➤	小之字曲	3-31
➤	屈小之字曲	3-31
➤	曲軸(拱橋)	3-32
➤	屈金屬喉應注意的事項	3-33
➤	守則 25A 使用導管的線路裝置	3-33
➤	導管支承物間距 [守則表 25 (1)]	3-34
3.4	聚氯乙烯(PVC)膠喉系統	3-35
➤	膠導管規格與接駁	3-35
➤	機械性能的分類	3-35
➤	PVC 喉管的優點	3-35
➤	PVC 喉管的配件與工具	3-35
➤	PVC 軟喉管	3-37
➤	膠導管扳屈方法	3-38

➤	PVC 喉管的安裝	3-39
➤	電纜因數和導管因數表的運用	3-39
➤	直線延伸及不超過 3 米長導管的電纜因數和導管因數	3-39
➤	超逾 3m 或有彎位或曲位導管的電纜因數和導管因數	3-40
3.5	線槽	3-43
➤	鋼線槽的規格及標準	3-43
➤	金屬線槽的槽殼材料最小厚度 [表 14(1)]	3-43
➤	線槽及標準接駁曲位	3-43
➤	線槽的常用配件與工具	3-46
3.6	線槽的屈摺製作	3-48
➤	直角平曲(面蓋)	3-49
➤	直角內曲(內頂蓋)	3-50
➤	直角外曲(外底蓋)	3-51
➤	平之字曲	3-52
➤	側之字曲	3-53
3.7	PVC 線槽	3-54
➤	線路裝置用線槽之電纜容量的決定	3-56
➤	任何長度線槽的電纜因數和線槽因數 [表 14(4)]	3-56
➤	守則 25B 使用線槽的線路裝置	3-57
➤	導管支承物間距 [表 25(1)]	3-59
➤	線槽(鋼或塑膠或聚氯乙烯)支承物間距 [表 25(2)]	3-59
➤	裝置於可接觸位置的電纜的支承物間距 [表 25(3)]	3-59
➤	安裝電氣設備在混凝土(石屎)牆上	3-60
➤	安裝電氣設備在防火間牆上(輕磚/砂磚/石膏板)	3-63
3.8	線架的製作	3-64
➤	梳茜 90°平曲	3-65
➤	梳茜 90°平曲實例	3-66
➤	梳茜三叉介面	3-68
➤	梳茜四叉介面	3-69
➤	梳茜 90°內曲	3-70
➤	梳茜 90°外曲	3-71
➤	線架的安裝	3-72
➤	接線箱及編組箱	3-73
➤	接線終端	3-74
4	首次檢查、測試及發出證明書	4-1
4.1	守則 19 首次檢查、測試及發出證明書	4-2
➤	19A 簽發電力裝置完工證明書	4-2

➤	19B 完工證明書	4-2
➤	守則 20 定期檢查、測試及發出證明書	4-2
➤	20A 規例第 20(1)條所指定的固定電力裝置	4-2
➤	20B 規例第 20(2)條、20(3)條及 20(4)條所指定的固定電力裝置	4-3
➤	20C 定期測試證明書	4-4
➤	檢查及測試	4-4
➤	21A 低壓電力裝置的檢查	4-4
➤	21B 低壓電力裝置的檢查	4-5
➤	保護導體的電氣連續性測試	4-6
➤	環形最終電路的電氣連續性測試	4-7
➤	絕緣電阻測試	4-11
➤	極性測試	4-12
➤	接地極電阻測試	4-15
➤	接地故障環路阻抗測試	4-16
➤	電流式漏電斷路器的測試	4-17
➤	高壓電力裝置的檢查	4-19
➤	高壓電力裝置的測試	4-19
➤	電力線路測試記錄表	4-20
5	電動機安裝及更換軸承	5-1
5.1	電動機的整體安裝程序	5-2
➤	安裝場地之選定	5-2
➤	電動機的搬運	5-2
➤	適當的吊運工具	5-3
➤	設備拆箱點件	5-4
➤	安裝前的檢查	5-4
➤	電動機安裝	5-4
➤	電動機的接線	5-6
➤	控制、保護和起動設備安裝	5-7
➤	試運行前的檢查	5-7
➤	試運行及驗收	5-8
➤	外部乾燥法	5-11
➤	電流乾燥法	5-11
5.2	聯軸器	5-12
➤	電動機聯軸器軸心偏移與調準	5-12
➤	偏差的種類	5-12
5.3	軸承	5-15
➤	軸承檢查	5-16

➤	軸承的拆卸及安裝-----	5-16
6	選擇題 -----	MC-1
➤	選擇題建議答案表-----	MC-18

1

電工常用的工具及配件

學習成果

完成此課題後，讀者能夠：

1. 明瞭電工常用的工具/手工具及配件的名稱、用途、特性及規格；
2. 掌握操作、使用及選擇一般電工常用的工具/手工具及配件。

註：筆記中以斜體字印出的文字為節錄自「電力（線路）規例工作守則」內文。

1.1 電工常用的工具及配件之規格及選擇

電工常用的工具有多種，如（圖：1.1）示，以下為其名稱、用途及規格之說明。由於電工有機會於帶電時工作，所以購買時必須注意用途、大小、質素及耐壓值等，從而防止觸電發生的機會。



（圖：1.1）

鉗 (Pliers)

用於穩固地拿着物件，或切斷和彎曲材料，以工具鋼製造，一般以長度作基本規格，手柄有絕緣膠套著，惟必須考慮其耐壓值。常用的款式有：

- 平咀鉗 (Combination/Electrician Plier)

平咀鉗的前端較為寬大扁平，可以夾較大件物品等，如（圖：1.2）示，常用規格有 150 及 200mm。



（圖：1.2）

- 尖咀鉗 (Long Nose Plier)

尖咀鉗的前端像鳥類的咀一般，多用於夾拿較細小的物件，或彎曲材料，如（圖：1.3）示，常用規格有 150 及 200mm。



（圖：1.3）

- 斜剪鉗 (Diagonal Cutting Plier)

俗稱「Cut 鉗」，前端較為尖銳，鉗口為斜角，如（圖：1.4）示，用於剪斷幼電線或金屬線，電纜剪口會呈現斜角，惟不可剪較硬的鋼線，常用規格有 150 及 200mm。



（圖：1.4）

- 開線鉗 (Wire Stripper)

左面的為非固定式開線鉗用於電工簪線時去除絕緣體之用，它有二個切線位，一個用作剪線用，另一個可調較切口深度，用作去除絕緣膠皮，若切深度調較正確，將不會傷及導體，而右面的為固定式開線鉗，俗稱飛髮剪，只要把電線放入適當的開線吼便可，因為無需調較，所以選擇合適的開線孔是不會傷及導體，如（圖：1.5）示。



（圖：1.5）

- 電纜剪 (Cable Cutter)

一般電工常用俗稱「蛇鉗」的電線剪，作用與開線鉗一樣，但結構更堅固，刀刃更為銳利，較適合剪斷約 35 平方毫米以下的電纜，電纜剪口會較為平直，如（圖：1.6a）示，常用規格有 150 及 200mm；右則的電纜剪在香港已經較少用，可以剪斷約 70 平方毫米以下的電纜，而且亦較為吃力，如（圖：1.6b）示。



（圖：1.6a）



（圖：1.6b）

- 電纜剪 齒輪/油壓/電動 (Ratchet / Hydraulic / Electric Type Cable Cutter)

與一般電工常用的電線剪有明顯的分別，主要針對較粗的電纜，視乎工具本身大小可

以剪斷最大 1000 平方毫米的電纜，結構更堅固之外，設計也較為省力，使用時須要著力扶正工具，否則操作時會因物理現象而使電纜的剪口成斜口，如（圖：1.7）示。



（圖：1.7）

● 線耳及壓線鉗 (Cable Lugs and Crimping Tool)

由於線耳的款式可謂五花八門，如包膠線耳（圖：1.8a）示，光身線耳（圖：1.8b）示及配合光身線耳用的絕緣套通（圖：1.8c）示，因此在進行壓線工序時必須使用相應的壓線鉗，主要分類為包膠線耳及光身線耳，使用不當會造成膠皮、線耳受損、受壓不平均或壓力不足成，而導致載流量下降，以致燒毀電纜，包膠線耳的壓線法，開線時銅芯不應過長或太短，壓線後，壓紋要清晰展示在線耳上，更不應該用光身線耳鉗或其他工具代替。如（圖：1.9a）示；同樣在光身線耳施工時也不可以用包膠線耳鉗代替，因為光身線耳並沒有膠皮，因而會引至壓力不足，打釘位置應該在線耳正面，如（圖：1.9b）示；較大的線耳一般會用六角形壓線鉗施工，如（圖：1.9c）示；如港鐵或其他要求高的地方施工時，是不會接受打釘的壓線法，特別是 16 平方毫米或以上的電纜，如此一來便應該選用六角形壓線鉗，而且更會要求進行線耳的拉力測試，如（圖：1.10）示，圖表內數據為澳洲測定局的標準，如圖表示 1.5 平方毫米電纜最少能承受 22.7 千克的拉力，要是測試結果低於標準便要把該批線耳剪掉(只限以同一壓線鉗施工計算)重打一次；一般來說拉力測試最少做兩次，一次在施工前，確保施工前該壓線鉗能有效壓線，另一次在施工後，確保壓線鉗沒有在施工中途損壞。包膠線耳在顏色分類已經上已經是標準紅色是 1.5 平方毫米、藍色是 2.5 平方毫米、黃色是 4-6 平方毫米及比較上少用的黑色為 6 平方毫米，而包膠線通的顏色分類是不同的，至於光身線耳則會壓印於線耳上，如「10-25」意思即是用來穿螺絲的位置是 10 毫米直徑，用以壓線部份可以穿入 25 平方毫米電纜。



各種款式線耳



包膠線耳鉗

（圖：1.8a）



光身線耳鉗



油壓線耳

(圖：1.8b)

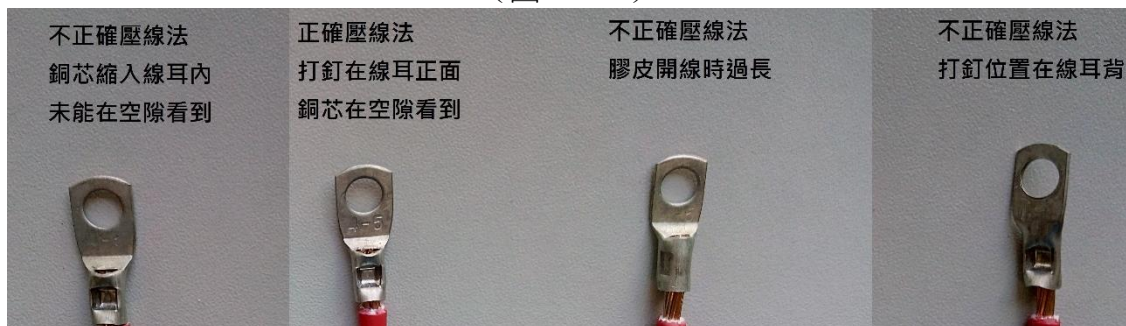


(圖：1.8c)

註：單芯電線是不可以進行壓線工序的。



(圖：1.9a)



(圖：1.9b)



(圖：1.9c)

導體尺寸		導體測試 電流值	最大電壓降容許值		拉力負重 (min) Kg
SQmm	AWG		測試前	測試後	
0.50	22	9	1	3	6.8
0.75	20	11	1	3	8.6
1.00	18	16	1	3	17.3
1.38					
1.50	16	22	1	3	22.7
2.50	14	32	1	3	31.8
4.00	12	41	1	3	50.0
6.00	10	55	1	3	68.2
10.00	8	73	1	3	102.3
16.00	6	101	1	3	136.4
50.00			1	3	200.94
95.00			1	3	391.3
120.0		1000	1	3	400
185		1000	1	3	400
195		2000	1	3	400
300		2000	1	3	400

(圖：1.10)

電工絕緣膠布 (Electricians Insulation Tape)

電工絕緣膠布多數以 PVC 製成，用作包裹壓線後的光身線耳，提供有多種顏色，一般的絕緣膠布只需數元一卷，但其實絕緣膠布也有不少分類，而且有著不同的用途，如編號 33 的膠布與普通絕緣膠布用途無異，不過膠布本身質料較為柔軟，韌性也較高，價格可達普通膠布數倍；編號 1710 的阻燃膠布 (Vinyl Electrical Tape)，而阻燃膠布並非不能燃燒，只是較難燃點及不助燃，價格可達普通膠布十倍；編號 23 的自溶膠布 (Self-Fusing Tape) 俗稱生膠布或防水膠布，使用時需拉長，時間久了會互相融合，不能再撕開，價格約為百多元；編號 13 的半導體膠布 (Semi-conducting Tape) 只會在高壓電纜中使用，要特別留意不能亂用，因為它是導電的，而用法與自溶膠布一樣，如 (圖：1.11) 示。



(圖：1.11)

電工刀(Electricians Knives)

多用於開線皮、切割水松等工序，由於較大口徑的電纜是不會有開線器，所以一般來說是以電工刀來完成，雖然大多數電工會用文書界紙刀代替，但是電工刀的刀身是為了應付電工的日常工作而設計，刀身與刀柄的剛性亦較強，所以時至今日坊間仍然可以找到。要是使用文書界紙刀亦應該使用闊刀片的，而且較貴價的刀柄較硬，渾力時亦比較好，畢竟開線皮時線身比文書界紙刀硬的話，普通的文書界紙刀會容易彎曲，甚至折斷。如（圖：1.12）示。



（圖：1.12）

螺絲批 (Screwdriver)

正式名稱為螺絲起子，螺絲批分為批身及手柄兩部份，使用時以旋轉方式將螺絲固定或取出的工具。批身主要用金屬製成，大部份品種將批咀磁化，使它在工作時將螺絲攝緊，螺絲便不易跌落；螺絲批手柄大部份都由膠製造，並加上凹凸坑或防滑料從而方便握緊，選擇時可考慮批身大部份都用 PVC 絕緣的品種，使用時會更適合電工帶電操作使用，如（圖：1.13）示，螺絲批常用類型有：

- 一字批 (Screwdriver, Flat)

以批身長度及批咀寬度作規格，例如：8 x 150mm (-)；較高價產品會在批咀上加硬鍍層，便螺絲批更為耐用，使用時要留意螺絲批及螺絲的大小是否相配合，否則會損害螺絲批及螺絲的接觸面。

- 十字批 (Screwdriver, Phillips)

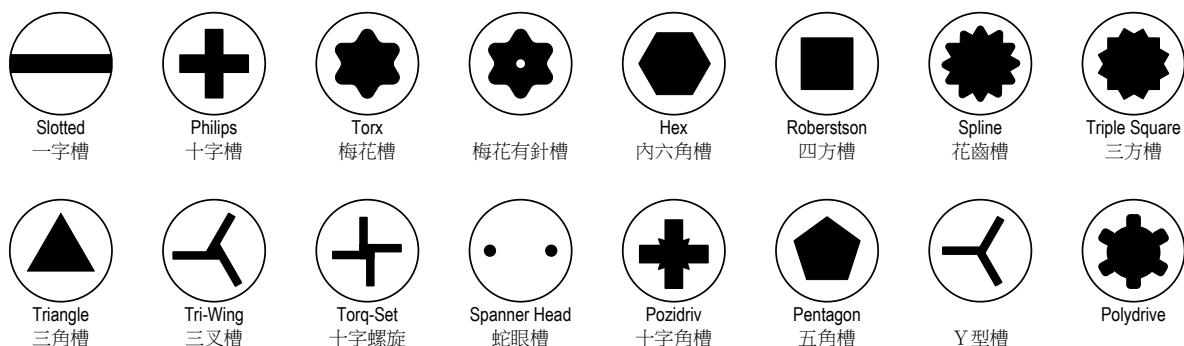
以批身長度及號數作規格，6* 150，「0」號為最幼小；也有用直徑及長度 5 x 150 (+) 表示，使用時同樣要留意螺絲批及螺絲的大小是否相配合，否則也會損害螺絲批及螺絲的接觸面，十字螺絲頭損壞後更難拆除。



（圖：1.13）

除以上的品種外，螺絲頭還有很多款獨特的形狀，例如：內六角槽、梅花槽（形狀如

星形，也似梅花，以英文字母「T」字開頭作編號）、內四方槽、內三角槽、Y形槽、三方槽等較少用的品種，如（圖 1.14）示，多用於一些較貴的電子產品，目的是不想用家很容易便可拆開，所以裝拆時必須配合相關的螺絲批款及大小進行，如（圖 1.15）示。



（圖：1.14）



（圖：1.15）

● 撞批 (Impact Screw Set)

左面為木工常用撞批，首尾金屬部份連貫，因此不可以進行帶電工作，但好處是比一般螺絲批較高的剛性。右面為機械工較常用的撞批，全支以鋼材製成，因此較重，除了批咀可以更換為一字及十字之，拔除前端後會變為 4 分 BOX SET 頭，以便轉換為六角匙及套筒等使用；搞打手柄尾部時批咀部份會旋轉，電工多數只會在拆除準備棄置的舊有設備時才有機會使用，如（圖 1.16）示。



（圖：1.16）

鐵鋸 (Hacksaw)

多數以鐵製成，較高級的則會用鋁合金或混合物料製成，用作切割金屬的工具，規格主要以 300mm 為主。鋸弓需有足夠硬度及有絕緣為上佳，鋸片以 25mm 或 1 吋有多少齒作及製造材料作規格，可分 18T、24T、32T 及用高速鋼、鉬鋼、鎢合金鋼、高碳鋼等製成，亦有一種較小型的鐵鋸叫手工（弓）鋸，鋸片長度為 150mm，如（圖 1.17）示。手鋸於安裝鋸片時必須是齒尖向前，鋸齒會分為單雙數，而向左及加斜角，使用一段時間後斜角角度會減少，鋸路會較窄；因此如需在切割中途更換鋸片，新鋸片可能出現較鋸路為闊的情況，這時新鋸片會較易因為出現夾鋸而折斷，所以剛更換新鋸片時應以輕力切割。



（圖：1.17）

電工鎚 (Electrician Hammer)

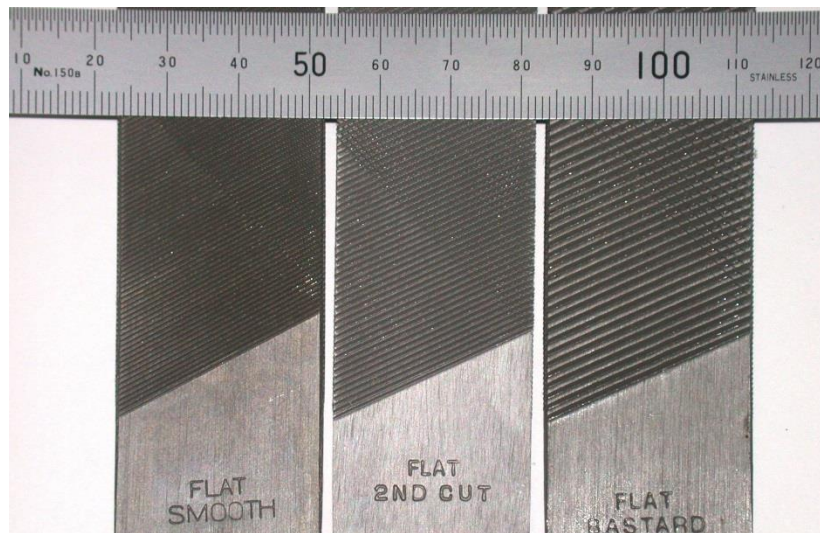
敲打用的工具，頂部平直是其特點，以鋼材為上佳，並以重量及形狀為主要的規格，電工鎚的手柄主要以胡桃木或纖維造成，胡桃木木質堅硬、耐用是大多數木製工具的主要材料，一個手鎚的價值也有大部份落入手柄之中、因此不可隨意使用其他木材代替，否則容易引至飛脫而擊傷他人，也有可能因此而負上法律責任，纖維手柄，其耐用性及硬度比胡桃木更優勝，電工鎚的常用規格有 1/2 及 1 磅重，以頂部平直最適合釘明線用；另有不同用途、重量、形狀及質料製成的鎚，其中橡膠鎚也是我們間中會使用的工具，主要是避免在工件上留下鎚痕，如（圖 1.18）示，然而市面不難找到鎚頭與手柄全支以鋼材製造的手鎚，由於較為重身，因此並不適合電工長期使用。



（圖：1.18）

銼 (File)

用高碳鋼製造，經過淬硬和回火製成。功能是去除銳邊、或將多餘部分整理；以銼紋分類：粗、中、幼、特幼等，共有 4~6 個級別，以每吋多少切齒為標準如（圖 1.19a）示；另外以形狀分類：平、圓、半圓、三角等、橢形(雙弧)等，如（圖 1.19b）示，常用規格有 150、250 及 300mm，電工的主要用途是切割工件後，把披風削平（去除銳邊）；什錦銼（針銼）基本分類與銼相同，只是較為細小並針對較幼細工作上或細緻的修口，如（圖 1.19c）示，旋轉銼刀，主要使用在電動工具上，如（圖 1.19d）示；除此之外在使用沒有手柄的手銼工作時會容易引致手部受傷，亦不合勞工法例。



（圖：1.19a）



（圖：1.19b）



（圖：1.19c）



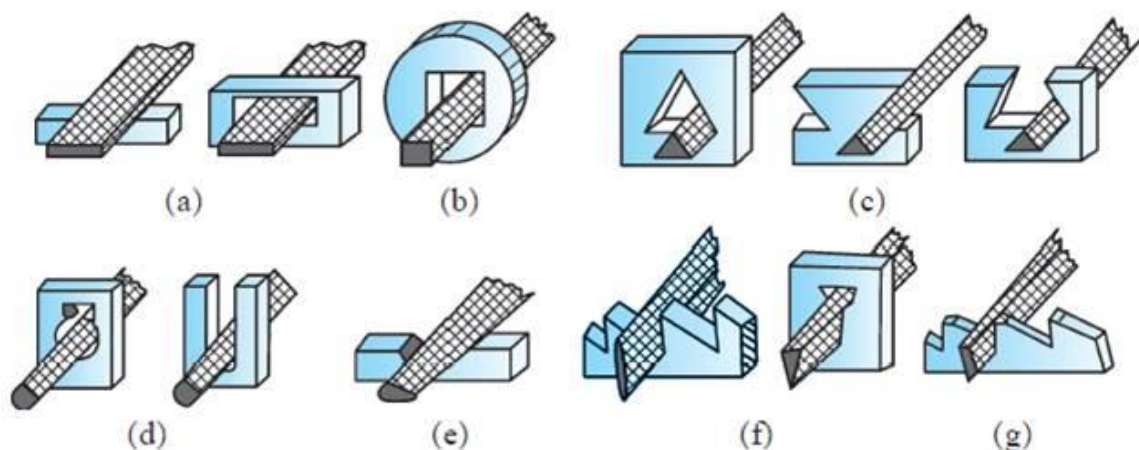
（圖：1.19d）

手銼的形狀是基於它本身的特定用途而設計，如（圖 1.19e 及 1.19f）示，用銼的基本手法分為直銼法、交叉銼法、斜銼法及平銼法（推銼法），如（圖 1.19g）示，而當手銼用

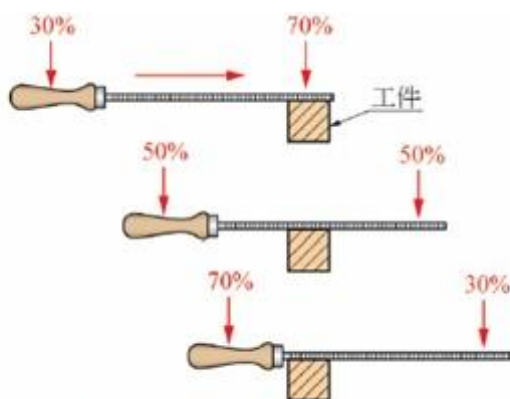
久了或推銼時覺得順滑，並感到阻力減低時，原因是切齒間夾雜了切削時鐵碎，這時應以銅絲刷刷洗，如（圖 1.19h）示，如以鋼絲刷刷洗的話，手銼的使用壽命將會降低。

銼刀類型	銼刀圖示	基礎運用
半圓銼 <i>Half-Round</i>		主要銼修 曲面、圓弧洞、圓弧角落、金屬邊緣 處 實用性: ★★★★★
三角銼 <i>Three-Square</i>		主要銼修 直角角落、直角洞、金屬邊緣 處 實用性: ★★★★★☆
正方形銼 <i>Square</i>		主要銼修 方形洞、直角角落、金屬邊緣 處 實用性: ★★★★★☆
平板銼 <i>Equalling</i>		主要銼修 平面、金屬邊緣 處 實用性: ★★☆☆☆☆
圓銼 <i>Round</i>		主要銼修 圓弧洞、圓形內側角 處 實用性: ★★☆☆☆☆
雙弧銼 <i>Crossing</i>		主要銼修 曲面、曲面和平面接縫處、圓弧角落、處 實用性: ★☆☆☆☆

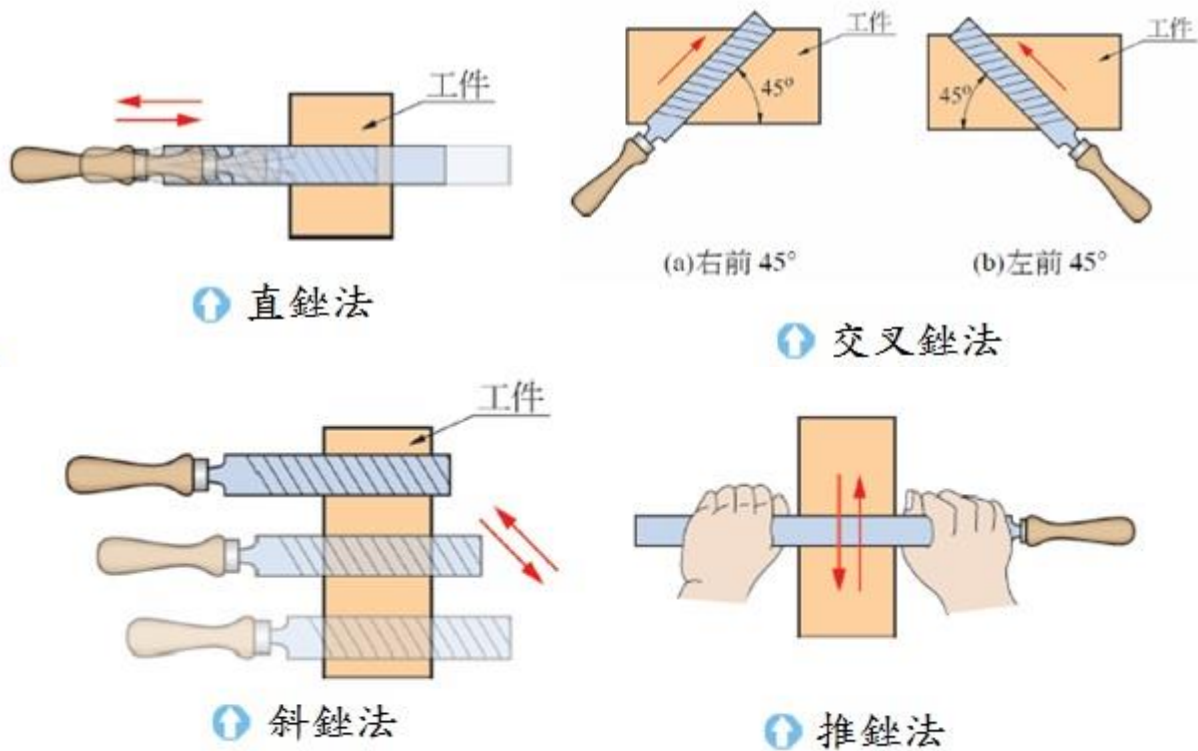
(圖：1.19e)



(圖：1.19f)



⬆ 銼削左、右手壓力比



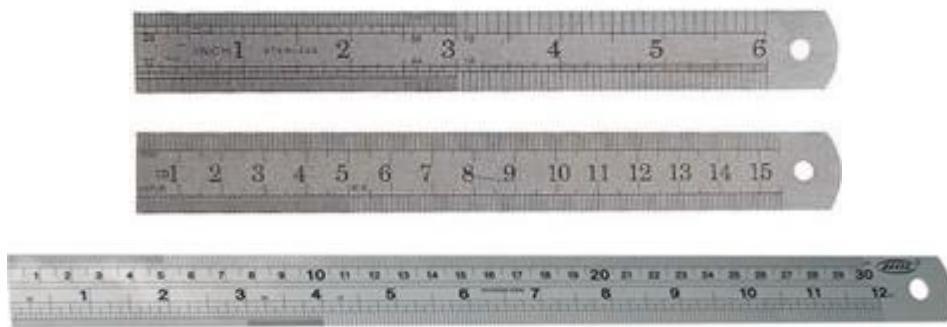
(圖：1.19g)



(圖：1.19h)

鋼尺 (Stainless Steel Rule)

量度長度或劃線之用，用鋼材製成，堅固耐用及不易變形，能直接及迅速地量度尺寸，常用有 150mm(6 inch)、300mm(12 inch)、600mm(24 inch)及、900mm(36 inch)規格，如（圖 1.20）示。



(圖：1.20)

拉尺 (Measuring Tape)

量度長度之用，以薄鋼片製成，厚度與寬度比普通鋼尺為小，可以拉出或捲入，主要用於量度一些硬尺不能放入的部位，也可用作曲線的量度，大多備有公、英制刻度，如（圖 1.13）示，電工常用規格有 3.5 及 5M，供其他工種用的亦有 7.5M 可以選擇，惟尺太長會較重及不適合電工做用，反而較闊（20mm）及尺身弧度較高的尺會更實用，如（圖 1.21）示。



(圖：1.21)

皮尺及測距輪 (Leather Measuring Tape and Distance Measuring Wheels)

皮尺同樣用作量度長度之用，準確度較低，以軟布材質製成，可以拉出或捲入，由於具有一定彈性只會用於工程報價時估算距離之用，大多在正反兩面印有公、英制刻度。測距輪(輪尺)的準確度較皮尺為過，但準確度仍會受使用者影響，量度後只需觀看讀數便可，如（圖 1.22）示。



(圖：1.22)

超聲波電子尺及雷射電子尺 (Ultrasonic and Leaser Distance Measurer)

超聲波電子尺的規格為 20M，內置了公英制尺吋，準確度比皮尺高，不過使用上亦有不少限制，雷射電子尺的規格有 20M、50M 及 100M（隨著生產商不斷增加，其他測距規格亦相繼出現），內置了公英制尺吋，而高級型號更內置計算機，可計算總長度及立方體面積等，準確度及量度距離比超聲波電子尺更高，如（圖 1.23）示。



（圖：1.23）

角尺 (Try Squares)

主要量度兩相交面是否垂直 90°或 45°角度之用，常用於製作線槽及線架時角度之量度，以不同的大小、長度作規格，大部份以鋼材製成；而活動角尺則適合量度其他角度時使用，如（圖 1.24）示，主要使用在非垂直 90°或 45°角度之用。



（圖：1.24）

平水尺 (Spirit Level)

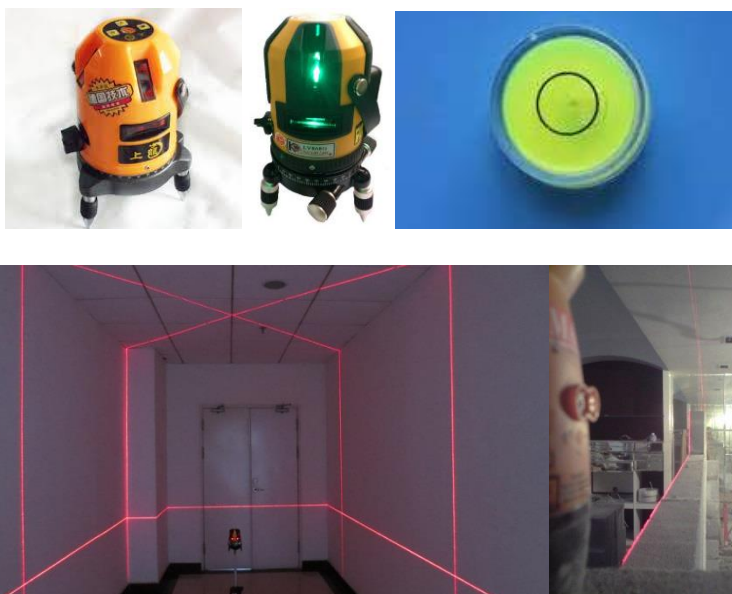
量度水平及垂直面是否絕對水平 180°或垂直 90°之用，大部份以鋁合金製造，常用規格有 300、450 及 600mm，內裝有多個小型密封玻璃瓶，瓶內有未裝滿液體，所以呈現小水泡，使用者可根據水泡的位置來決定水平及垂直位置是否正確，由於被量度的物件不一定為絕對性的直線，所以使用上較長的會比較準確；由於使用久了平水珠可能因為碰撞出現移位，使用時亦應首尾對換，再量一次以比較尺身的平水珠是否有誤差如（圖 1.25）示，由於成本下降，近代的中價產品亦已經加入電子水平尺，部份型號更會加入雷射指示，不過仍然有不少人以透明膠軟喉用作平水喉。



(圖：1.25)

平水儀 (Line Lasers)

平水儀，由低能量激光投射影像線於牆壁來定位，因此具有一定危險性，在放置水平儀時，在使用前必須先留意頂部平水珠，然後調節基部三腳架，直至平水珠在中心位置，才開啟電源，如激光直接射入眼球內，可在 0.5 秒內致盲，因此使用時要十分小心，避免直接望向雷射光源及配戴合適的護目鏡，亦應避免小孩接觸，平水儀的價格由最初超過一萬元一台，到現在只需要數百元一台，因此使用上已經極為普遍，較新款的是使用綠光雷射，比較適合在戶外使用，在數千元的中價產品已經內置自動追平水平線及垂直線，如（圖 1.26）示，值得注意的是高能量激光是受制法律的監管，如私自修改內部結構有可能因而承擔法律責任。



(圖：1.26)

粉線盒 (Chalk Reel Line)

以建築地盤常用的「墨斗線」原理一樣；由於墨斗線較難退色，而電工多數在地盤的中後期才開始進場工作，所以電工較少選用墨斗線。粉線盒主要以金屬或膠製造外殼，內有儲存色粉的容器，容器內有線軸繞著一定長度的棉線，如（圖 1.27）示，當棉線從粉線盒拉出後，棉線便會從容器帶出色粉，並黏於線上，使用者便可在電氣設備安裝前在牆或

地上，拉直粉線，用手指「彈」出水平、垂直粉線，以作參考；它也可當作一個垂直的吊墜，作為垂直參考之用。



(圖：1.27)

G 字鉗 (G Clamp)

用金屬製成，可將工件固定地夾緊作劃線、鑽孔或其他用途，用螺絲杆調較高低或鬆緊，如（圖 1.28）示，常用規格有 150、200 及 250mm。



(圖：1.28)

大力鉗 (Locking Pliers)

以金屬製造，也俗稱為「錨鉗」。用於夾緊工件之用，鉗柄尾的螺絲可調校鉗口大小，附有鎖掣，鉗緊物件會發出「得」聲，所以使用者無需將鉗用手握緊也能工作。以不同的長度及鉗口形狀作規格，如（圖 1.29）示，常用規格有 200 及 250mm。



(圖：1.29)

鐵剪 (Snips)

用作剪裁金屬薄片，以金屬製成，規格尺寸主要整把長度為基礎，其夾刀有直、圓、鷹咀等，更有用左、右手之分，如（圖 1.30）示，不同夾刀的選擇可得到更佳之剪裁效果，

由於效益較低一般只會裁剪 3mm 以下的金屬薄片。



(圖：1.30)

電動切割工具

用作剪裁 3mm 以下的金屬薄片，分別為金屬切割器，切割的金屬碎塊為月牙形，在已建設掣櫃加裝儀錶時較方便，因其震動較小，但缺點是切口較闊；其次為唧梳及老虎鋸，兩者主要分別在於鋸片大小，施力方向亦有所不同，而較高價產品在切割金屬時有明顯分別，特別是切斷不銹鋼時，兩者也可以切割較厚物料（要是切割 2 分厚鐵板，唧梳及老虎鋸也不是上佳選擇；而切割銅鋁等物料時，也會因為工件升溫出現夾鋸片情況），惟老虎鋸的鋸片更長可以切割更厚物料，同時兩者的切口較粗糙，由於切割時鋸片可能出現彎曲，同時工人手工藝亦可能導致工件切口不垂直，使用時要配帶適當護目鏡及留意工件背後空間，鋸片可能會出現頂底或把其他不應切割的物件一起切斷的情況，如（圖 1.31）示，亦會以配件形式出現，配合電鑽、電池鑽或風鑽使用。

唧梳刀及老虎鋸鋸片同時亦有分為切割木料與金屬及粗幼齒的不同等級，與鋸片一樣以每吋多少齒作為規格，此外不同品牌的唧梳刀及老虎鋸必須配合同廠的唧梳刀及老虎鋸鋸片使用。

另外這類電動工具在使用時有較高的嘈音，使用時應該配帶合適的聽覺保護。





(圖：1.31)

手提電鑽 (Drilling Machine)

手提電鑽可配合相關鑽咀於金屬、木材、混凝土及磚牆上鑽孔。手提電鑽可分為沖擊鑽、平鑽及油壓鑽三類，規格以供電壓及可以裝最大直徑的鑽咀為標準，如（圖 1.32）示，購買時應選刻有「回」形標記，設計為雙重絕緣的產品，使用時更安全。

設有雙重絕緣的電氣產品及電動手工具，都包括基本絕緣及輔助絕緣。這類產品的帶電部分與易觸及部分之間設有兩層絕緣，所以較不容易發生觸電事故。如果產品的外殼是用絕緣物料製造，則外殼本身便構成其中一層必要的絕緣層。

另外，選擇手提電鑽時，也可根據需要選擇充電/無線式，在未有供電需要施工的場合時，只需將手提電鑽預先供電，便可維持一定時間施工的能量。這類手提電鑽也適合於高空/高台工作，減少手提電鑽電源電線可能帶來絆倒的危險。

沖擊鑽(Impact or Hammer Drill)

較舊式可鑽入石屎的手電鑽，電鑽內有一種機械結構會令石屎鑽咀一邊旋轉，一邊像鎚子般擊碎石屎，這種鑽探方式主要以撞擊為主，故此又稱為撞擊鑽或震鑽，變成鑽石屎時俗稱（震波），惟大部份舊式產品都沒有任何變速裝置。基於現今有油壓鑽的出現，所以又稱「人壓鑽」，由於只靠人力去鑽石屎牆，使用時較吃力及效率低。

平鑽(Electric Drill)

平鑽則沒有這種沖擊的機械結構，一般只配合鋒鋼鑽咀去鑽木及金屬等，即使配合石屎鑽咀，也不能鑽入石屎；如在地方狹窄的位置工作時，由於鑽咀頭至手柄有一定距離，普通平鑽未必可以施工，這時可以轉用曲尺式平鑽。

油壓鑽(Hydraulic Drill)

油壓鑽也是沖擊鑽的一類，但其結構再附加了油壓系統，從而增加機械利益，所以使用時無需像「人壓鑽」只靠人力去鑽孔，十分省力，單靠手指力度也可以控制變速，但重量較一般的沖擊鑽重，價錢也較貴。

大部份油壓鑽前部都會有一個旋轉掣給使用者選擇以震鑽或一般的平鑽方式操作，所以油壓鑽也可作平鑽使用。但由於油壓鑽的鑽咀尾部特別不同，而索緊鑽咀的油壓鑽之頭部亦特別不同，兩者配合使用時可不需鑽匙收緊，當油壓鑽咀插入油壓鑽前端的孔，再聽到「的」一聲，表示索頭已卡住鑽咀。若需要當平鑽使用時，大多會另加一個索頭作為轉換器，再配合一般的鑽匙，才可以使用其他鑽咀。當油壓鑽加索頭作平鑽使用時擺動會比較大，沒真正的平鑽那麼穩定。

在香港的油壓鑽以石屎鑽咀身有多少條坑作規格，有「4 坑 SDS Plus」及「5 坑 SDS Max」二種，後者可鑽較大孔徑的孔，但價錢也較貴。

現時較新推出的油壓鑽，會附設用作塵土回收的吸塵系統，免卻使用時一隻手拿油壓鑽，另一隻手拿吸塵機所產生的危險性或由另一名工人操作吸塵機，可以減少人手之外，亦符合焦塵工作間的環保要求。



(圖：1.32)

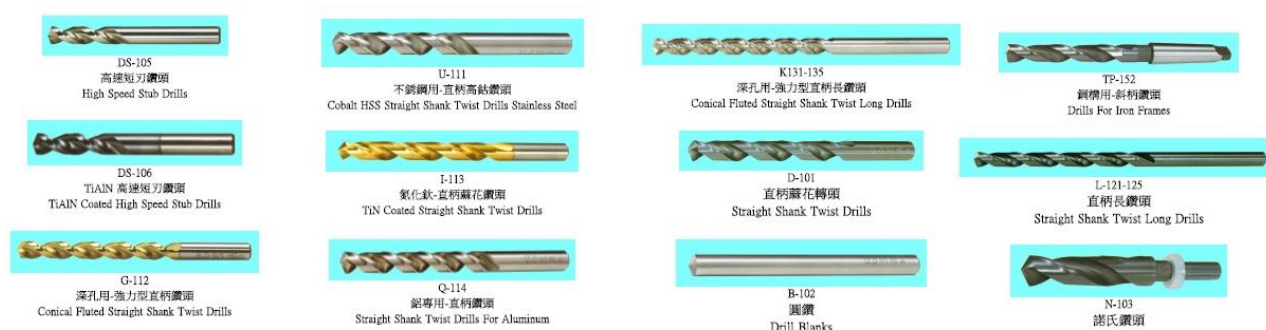
鑽咀 (Drill Bit)

鑽孔工具，由於多以鋒鋼製造，所以一般稱為鋒鋼鑽咀，適合切割金屬工件，也有以較便宜的炭鋼製成，雖然也可以切割金屬工件，不過鑽頭會比較容易燒毀，所以一般來說是用於剛性較低的材質上；例如銅、鋁、木等等，要是在不銹鋼等較高硬度的金屬上開孔，則要轉用較高級的鍍鈦鑽咀；鑽咀以直徑及長度作為規格，只需配合電鑽，便可於金屬、木或較軟的質料上鑽孔，但過於柔軟的材料並不適合以鑽咀來開孔，如軟膠、水松等等，鋒鋼鑽咀前端鋒利，更配以螺旋形刀口，它與可以鑽混凝土表面的鑽咀是不同的，如（圖 1.33）示，選擇時可考慮一套（盒）不同直徑的鑽咀作參考，大多數售價的鑽咀是以 0.5 或 1 毫米為單位，而高精確度鑽咀則以 0.05 及 0.1 毫米為單位，當然價格亦較貴。至於特長鑽咀價格更是標準長度鑽咀的一倍以上，鑽咀的設計也是專業的，因應不同用途有不同的鑽頭開鋒及螺旋紋，而部分大口徑鑽咀更只可以在鑽床上使用，在不了解特殊設計的鑽咀時切勿胡亂使用。

鑽咀在工件鑽孔，難免會發生鑽咀與工件之間的磨擦，工件的溫度上升必須依靠潤滑油來降溫，否則鑽咀很容易燒毀，以至不能切割工件，甚至爆裂飛射而出發生危險。正確的鑽咀刀角角度，所切割出來的金屬絲會形成扭紋條狀，反之會形成碎片狀。如果鑽咀刀角已燒毀，除了形成碎片狀，顏色更會呈現紫藍色，如（圖 1.34）示。

鑽咀的鋒角愈尖，切割的金屬愈多，鋒角愈鈍，切割的金屬愈小，因此在厚料上開孔一般會把鑽頭磨得較鈍。不適當的角度也會令鑽刀更容易燒毀，當進行磨鑽咀的工序時應該在砂輪機或磨鑽咀機內進行，如（圖 1.35）示，並絕對禁止在界機上進行磨鑽咀的工序，避免界碟因為爆裂時引起的嚴重傷亡，如（圖 1.36a）示。

使用轉動工具必須注意安全，使用鑽床及電鑽進行金屬鑽孔時，不可以配戴綿砂手套，衫袖要扣好鈕扣，注意工作證、領帶等.....以防被捲入，如（圖 1.36b）示，曾經有一名東主因類似意外而被扯斷手掌。



（圖：1.33）



（圖：1.34）

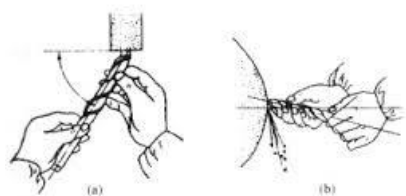
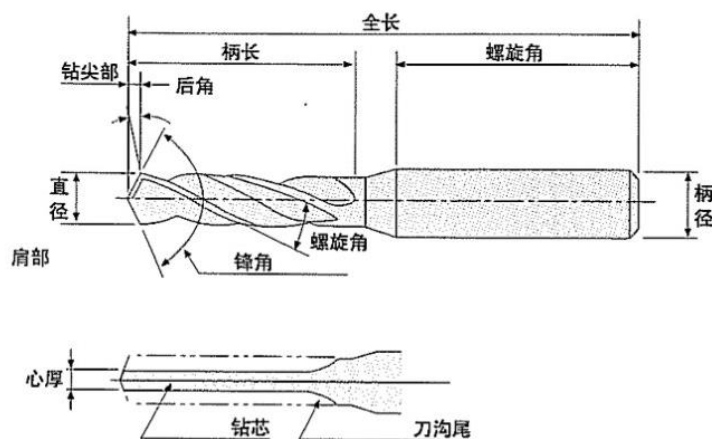
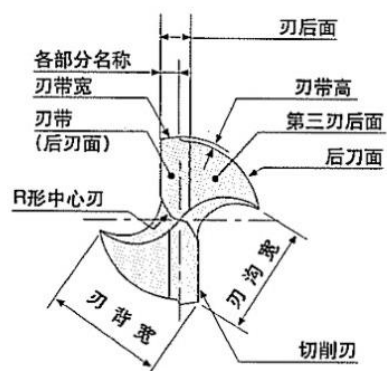


图2 标准麻花钻的刃磨方法



(圖：1.35)



(圖：1.36a)



(圖：1.36b)

不銹鋼用-直柄高鈷鑽頭

Cobalt HSS Straight Shank Twist Drills For Stainless Steel


U-111

- ◎使用高鈷材質HSE, 具有耐高熱, 耐磨耗之特性。
- ◎心厚大, 提高鑽頭剛性, 振幅小。
- ◎“X”削薄, 推力小, 求心性佳, 切削熱擴散容易。
- ◎適用於不銹鋼、鈦合金、耐熱鋼等難切削材。

- ◎Basic on HSE features heat and wear resistance.
- ◎Think web design provides high rigidity and minimum vibration.
- ◎“X” thinning reduces thrust load, accurate concentricity and dissipates heat easily.
- ◎Suitable for drilling tough materials, such as Stainless Steel, Titanium Alloy and Heat-resistant Steel, etc.

HSS-CO 8% (in. m/m.) PA130°

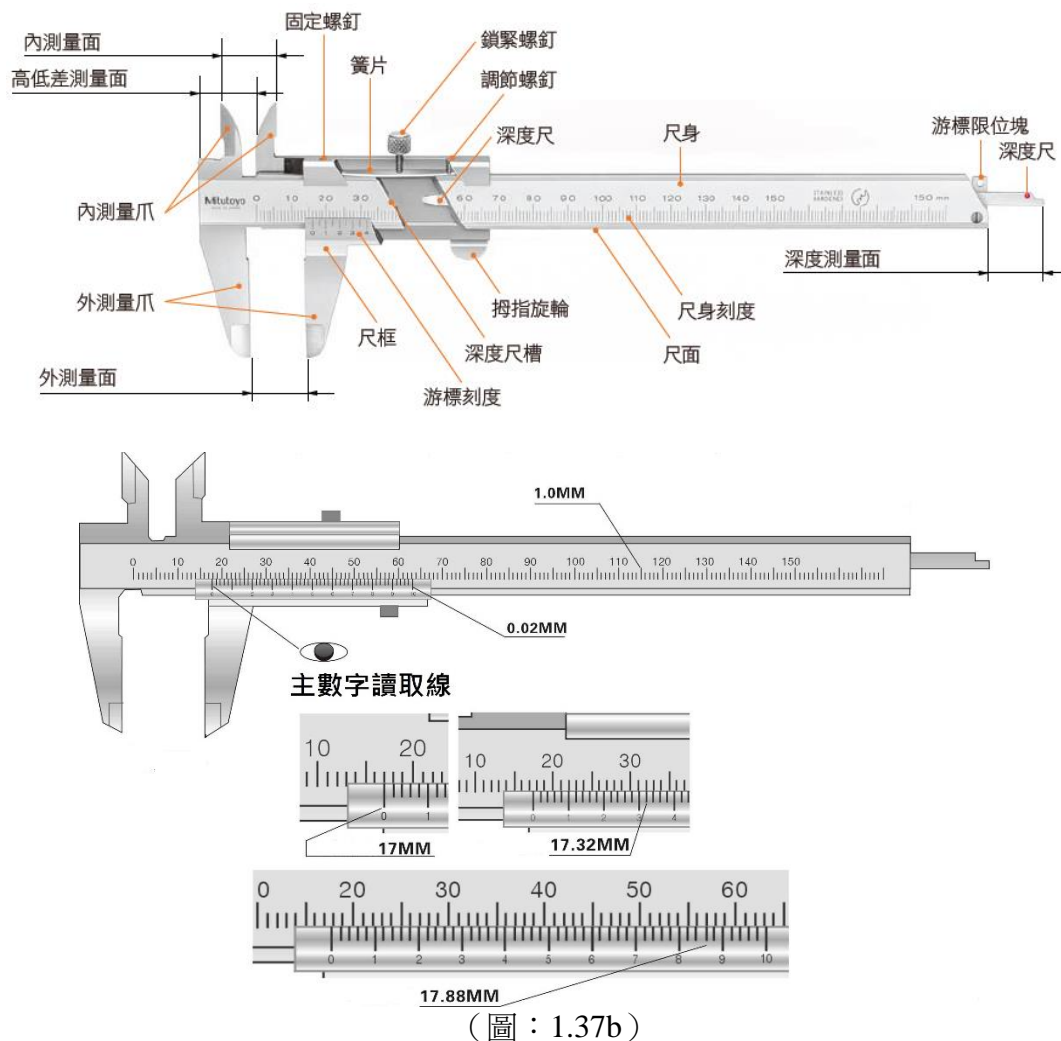
直徑 D mm	全長 L mm	溝長 l mm	直徑 D mm	全長 L mm	溝長 l mm	直徑 D mm	全長 L mm	溝長 l mm	直徑 D mm	全長 L mm	溝長 l mm
0.8	33	10	3.5	71	35	7.6	108	61	11.7	144	85
0.85	35	12	3.6	74	36	7.7	111	63	11.8	144	85
0.9	35	12	3.7	74	36	7.8	111	63	11.9	144	85
0.95	39	14	3.8	74	36	7.9	111	63	12.0	146	87
0.98	39	14	3.9	77	38	8.0	111	63	12.1	146	87
1.0	39	14	4.0	81	42	8.1	115	65	12.2	146	87
1.05	41	15	4.1	81	42	8.2	115	65	12.3	146	87
1.1	41	15	4.2	81	42	8.3	115	65	12.4	149	89
1.15	41	15	4.3	81	42	8.4	119	68	12.5	149	89
1.18	41	15	4.4	84	44	8.5	119	68	12.6	149	89
1.2	41	15	4.5	84	44	8.6	119	68	12.7	149	89
1.25	44	16	4.6	84	44	8.7	119	68	12.8	149	89
1.3	44	16	4.7	87	45	8.8	122	70	12.9	149	89
1.35	47	18	4.8	87	45	8.9	122	70	13.0	149	89
1.4	47	18	4.9	90	49	9.0	122	70			
1.45	47	18	5.0	90	49	9.1	122	70	1/16	49	19
1.5	47	18	5.1	90	49	9.2	124	70	5/64	53	22
1.55	49	19	5.2	92	49	9.3	124	70	3/32	56	23
1.6	49	19	5.3	92	49	9.4	124	70	7/64	65	28
1.65	49	19	5.4	92	49	9.5	124	70	1/8	69	34
1.7	49	19	5.5	92	49	9.6	127	72	9/64	74	36
1.75	51	20	5.6	95	51	9.7	127	72	5/32	77	38
1.8	51	20	5.7	95	51	9.8	127	72	11/64	84	44
1.85	51	20	5.8	95	51	9.9	127	72	3/16	87	45
1.9	51	20	5.9	95	51	10.0	127	72	13/64	92	49
1.95	53	22	6.0	99	54	10.1	131	77	7/32	92	49
2.0	53	22	6.1	99	54	10.2	131	77	15/64	99	54
2.1	53	22	6.2	99	54	10.3	131	77	1/4	99	54
2.2	56	23	6.3	99	54	10.4	131	77	17/64	102	56
2.3	56	23	6.4	102	56	10.5	135	81	9/32	105	59
2.4	59	25	6.5	102	56	10.6	135	81	5/16	111	63
2.5	59	25	6.6	102	56	10.7	135	81	11/32	119	68
2.6	62	27	6.7	102	56	10.8	138	83	3/8	124	70
2.7	62	27	6.8	102	56	10.9	138	83	13/32	131	77
2.8	65	28	6.9	102	56	11.0	138	83	7/16	138	83
2.9	69	34	7.0	102	56	11.1	138	83	15/32	144	87
3.0	69	34	7.1	105	59	11.2	141	85	1/2	149	89
3.1	69	34	7.2	105	59	11.3	141	85			
3.2	69	34	7.3	105	59	11.4	141	85			
3.3	71	35	7.4	108	61	11.5	141	85			
3.4	71	35	7.5	108	61	11.6	144	85			

游標卡尺 (Vernier Caliper)

當要進行精細量度時，一般的量度工具未能提供一毫米以下的讀數；當中以游標卡尺最為常用，它分為推桿式、轉針式及電子讀數式三類，其中推桿式是要學習如何讀取正確數值的，普遍使用的精準度為 0.02 毫米，而更精準讀數規格的價格會更高昂，如（圖 1.37a 及 1.37b）示。



（圖：1.37a）



石屎鑽咀 (Masonry Drill Bit)

可鑽開混凝土、磚牆等的工具，規格以石屎鑽咀頭之闊度與長度為主。石屎鑽咀頭與一般鋒鋼鑽咀不同，石屎鑽咀不鋒利，前端扁平，鑽咀頭粗過鑽咀身，好似有兩隻翼凸出一樣，鑽身的螺旋紋主要用途是為了帶走爆破時的粉塵；最右則的一款四刃鑽頭有更好的爆破力，售價亦更高，而且售賣的地方不多；使用時特別注意，它是沒有鑽鐵的能力，如碰撞上鋼根的話，必須尋找其他合適位置再施工，如長時間與鋼根磨擦是會引至鑽咀頭損壞，因此盡可能配合金屬探測器一起使用，如（圖 1.38）示。



(圖：1.38)

令梳 (Hole Saw)

令梳是電工常用的工具，作用是在金屬面上開較大的孔，例如：接駁燈喉及其他配件，有用不同鋼材製成的產品，電工常用的有 20、25、32mm 等規格等。令梳是由中心鑽咀和梳身組成，鑽咀先鑽出中心小孔，用以固定圓心再梳出大孔。令梳有很多款式，例如：密齒梳、鑽石鋼梳、筒疏等，如（圖 1.39）示。



(圖：1.39)

擴孔器 (Reamer)

當開孔後才發現太少，特別是在薄的金屬板上，未必可以用鑽咀或令梳來令直徑再擴大，這時便可以選用擴孔器，它用來擴孔會較鑽咀、令梳等穩定，如（圖 1.40）示。



(圖：1.40)

其他開孔工具 (Other Drill Bit)

在電氣工程之中，難免在已完成裝修工程的地方上打孔，要是在工序上處理不當，將會面對不少賠償問題，例如在雲石大堂頂部安裝一條膠燈喉，當你使用不當工具鑽入牆身時，一度裂痕直達地面，除了賠償之外，你的工程費亦可能因此變成無了期的壞帳，更壞的情況是可能引致人身傷亡，所以亦應該多留意。例如：左起的雲石／玻璃／磁磚令梳、中央的雲石／玻璃／磁磚鑽咀及右邊的木鑽咀等，如（圖 1.41）示。



(圖：1.41)

圓孔沖子

圓孔沖子，俗稱雞眼鑿，主要用於不能使用鑽咀的物料上，如水松及軟膠墊（燕梳臣）上，以鐵或鋼製成，規格以直徑 0.5mm – 30mm 也有，使用時以手鎚打擊其手柄末端，如（圖 1.42）示。



（圖：1.42）

圓孔野界刀

圓孔野界刀用於界出圓孔，如（圖 1.43）示。



（圖：1.43）

油壓衝孔機 (Hydraulic punching machines)

油壓衝孔機主要作用是在金屬面上開較大的孔(但不合適用在生鐵製品上)，特別是在 3 毫米以上銅板上開孔，由於銅被鑽咀切割時，因磨擦而產生的升溫特別快，縱使是 3 毫米鑽咀在厚銅料上開孔亦會因為金屬膨脹，而引致夾鑽咀及爆裂情況出現。而以油壓衝孔機開孔則可避免，而且工件開孔亦較令疏和鑽咀平滑；市面上亦可以找到手泵式，使用上由於沒有基座，因而較電泵式靈活及輕巧，但唧孔前需先用電鑽開一個小孔用以固定唧筒，如（圖 1.45）示。



（圖：1.45）

劃針 (Engineer Scriber)

用於金屬表面劃線之用，主要用工具鋼製成，尖端經過淬硬和回火，規格長度約 180~200mm，大部份產品都是一端「直」，而另一端屈「曲」90°，以方便不同的劃線位置。劃針必須保持尖銳，否則不能劃出清晰而精細的線條，如（圖 1.46）示。



（圖：1.46）

中心衝 (Centre Punch)

俗稱「賓子」，用工具鋼製成，再經過淬硬和回火製成，長度一般為 100~150mm，它把尖端磨成 90°，於金屬表面上做成一小凹位，使鑽孔更為準確，鑽咀的損耗也較低，惟其尖端也要保持尖銳，如（圖 1.47a）示：右邊兩支為自動中心衝，如（圖 1.47b）示，以人力向下壓及彈簧的回彈力運作，不需使用手鎚，合適在生鐵製品上使用，避免生鐵製品因用力過大而爆裂。



（圖：1.47a）



（圖：1.47b）

絲攻及扳手 (Tap & Tap Wrench)

以鋒鋼製成，外型像有螺絲坑紋的鑽咀，但並非全為圓形，而是留了坑道，方便攻出內螺絲紋，讓碎屑能夠移出，以免卡於隙縫令絲紋崩裂，頂端多呈四方形供扳手固定，如（圖 1.48）示，以需要攻出絲紋螺絲的直徑作規格，但攻紋前預先鑽的孔必須較絲攻的直徑小，但有一定尺寸的規定。香港使用的標準為公制粗芽(ISO Metric Coarse)，而常用的也是右芽螺絲攻及螺絲，左芽的用途主要是在汽車業，因為車輪的慣性運動下，其中一邊是不可以使用右芽的。



（圖：1.48）

內螺絲攻一套有三枝，可根據其功能應用於不同場合：

- 頭絲攻：粗攻（推拔絲攻），適合起始應用，以錐形斜面壓向內孔邊緣，削出坑道，只能作起攻之用，所切削的切屑量約為總切屑量的 50%。
 - 二絲攻：中攻，適合在內孔全段使用，相當於總切量的 30%。
 - 三絲攻：細攻，讓整個攻絲的深度都得以加工，相當於總切量的 20% 左右。
- 使用時必須「回芽」，用以切斷及排掉攻出來的金屬絲，否則容易折斷螺絲攻。

螺旋絲攻 (Spiral Fluted Tap)

又名機床絲攻，適合在機床（包括車床及鑽床）、電子調速手提電鑽 或手提電池鑽上使用。攻芽時，切屑捲曲的方向與螺旋溝槽為同方向，所以切屑會由孔的上方排出，不會殘留在孔內。特別適合使用於粘性的材料之盲孔加工。對於孔內具有鍵槽的螺紋加工，即使是斷續切削也能發揮良好的切削力。而且因應工件材質亦有提供多種形號選擇（註：因應不同廠方會有不同分類方法，以下為其中一種德國品牌的分類），如（圖 1.49）示。



（圖：1.49）

螺絲拔出器(Screw Extractor)

又名反芽(逆芽)絲攻，跟左芽絲攻是不一樣，主要用途是把已損毀螺絲頭的螺絲拔除，如（圖 1.50）示。



（圖：1.50）

絲攻與鑽咀的選擇 (Drill Bit Selection)

依據以下圖表，我們主要使用左一及左三項。以 M3 螺絲攻為例，第一項的 M3 – 代表公制直徑 3 毫米，第三項的 0.5 – 代表絲芽的深度，在新購回來的絲攻會看見 [M3 X 0.5] 字樣，在選擇鑽咀時應該用 3 毫米減去 0.5 毫米，即是說用 2.5 毫米鑽咀便對。如果是用 M10 絲攻，那麼鑽咀使應該選用 8.5 毫米。要是選用的鑽咀過小，容易使螺絲攻折斷；相反若是過大，則會引致螺絲芽深度不足及拉力不足，容易出現滑芽。至於被螺絲通過的部份最小尺寸必須與螺絲攻直徑相同，過小的話螺絲本身不能通過，過大則可能引致螺絲頭的壓著力不足，如（圖 1.51）示。



規格	直徑	螺距	L	l	d'	a	l ₂
M3	3	0.5	40	11	3.5	2.7	6
M3.5	2.5	0.6	45	13	4	3	6
M4	4	0.7	45	13	4.5	3.4	6
M4.5	4.5	0.75	50	16	6	4.9	8
M5	5	0.8	50	16	6	4.9	8
M6	6	1	50	19	6	4.9	8
M7	7	1	50	19	6	4.9	8
M8	8	1.25	56	22	6	4.9	8
M9	9	1.25	63	22	7	5.5	8
M10	10	1.5	70	24	7	5.5	8
M11	11	1.5	70	24	8	6.2	9
M12	12	1.75	75	29	9	7	10
M14	14	2	80	30	11	9	12
M16	16	2	80	32	12	9	12
M18	18	2.5	95	40	14	11	14
M20	20	2.5	95	40	16	12	15
M22	22	2.5	100	40	18	14.5	17
M24	24	3	110	50	18	14.5	17
M27	27	3	110	50	20	16	19

（圖：1.51）

絲板 (Die Set)

絲板一般以鋒鋼製成，又叫螺紋模，製成環形板狀及六角形的工具。將絲板裝於絲板扳手中，便可在圓柱狀的杆周邊外圍上製造螺絲形的絲紋。其內圓部份非為全圓形，一般預留了圓形弧坑道，目的讓攻紋時的碎屑流出，如（圖 1.52）示。絲套有開口式(Split type)與定徑式(Solid type)之分，前者是在絲套的輻向開有一道細縫，藉其本身彈性可以適應或多或少的直徑變化，所以又有可調式絲套(Adjustable die)之稱。

絲板的選擇，只有因應工件。例如工件是 6 毫米直徑，哪麼只能使用 M6 的絲板，攻出來的便是 M6 螺絲桿。



（圖：1.52）

鉚接 (Riveting)

鉚釘(Rivets)常用於金屬板片之間的連接，使用時，穿過被連接的金屬片後，在釘幹的另一端用錘頭敲出另一接頭而將其壓緊，使之永久連接。

常用的鉚釘有多種不同的類別，釘頭也有不同的型式。以柔軟低碳鋼製成的適用於熱鉚接，用黃銅或鋁合金製造的，可通過冷鉚接方法處理、鋁質鉚釘常用於緊接鋁材構件，取其輕便，其釘頭形狀及尺寸與鋼製者略有不同。

熱鉚接 (Hot riveting)

將鉚釘燒紅後置於板片孔中，用重錘壓住頭部，使其緊貼於板面後趁熱以手錘或其他工具在他端鍛成第二頭部。熱鉚的釘孔直徑一般較釘幹直徑略大，經過錘擊後，其幹部擴大直至填滿釘孔為止。大量鉚接所用的工具包括油壓或氣動機械設備。

冷鉚接 (Cold-riveting)

用錘擊或特種鉚釘工具壓出鉚釘尾部使之成為另一釘頭的方法，一般適用於非鐵金屬鉚釘。

空心鉚釘鉚接

空心鉚釘又名密閉鉚釘(Blind rivet)，常用於單一面鉚接的構件，但行內人士則習慣稱為「拉釘」，鉚接工具為特別設計的拉釘鉗(Clinching pliers)，用法是透過拉力把拉芯拉向後，釘頭部份把拉釘壓扁，直到拉芯因拉力而折斷；注意在施工時拉釘與工件之間不應存在隙縫，拉釘鉗及拉釘如（圖 1.53）示，大量鉚接則使用精密的油壓或氣動機具處理。拉釘的規格以：直徑 x 長度（接合件的厚度，一般要太過此數值）為標準，例：1/8" x 3/8"。

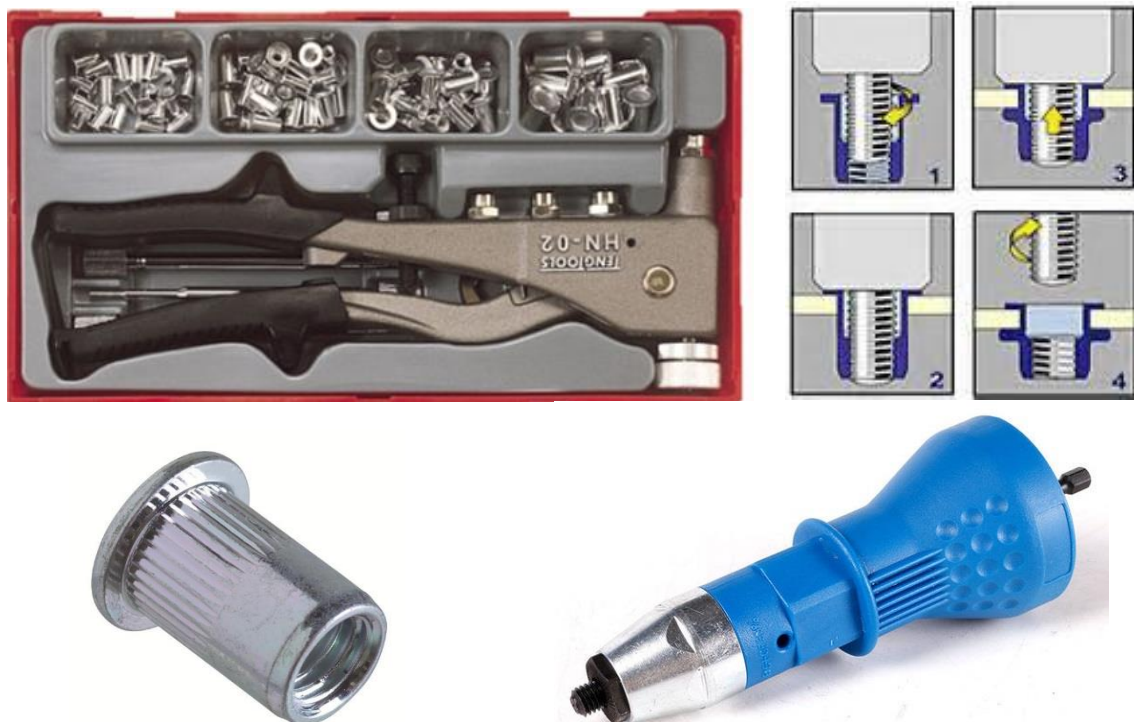
拉釘適用於金屬片的聯接，此外還可鉚接小型的金屬棒及非金屬材料，如纖維或塑料之類，可說是既適宜金屬與金屬間的聯接，又可用於金屬與塑料及玻璃纖維與金屬間的聯接。因此，在汽車、飛機、傢具及玩具製造業中應用最廣。



（圖：1.53）

拉帽與拉帽鉗 (Rivet Nut and Pliers)

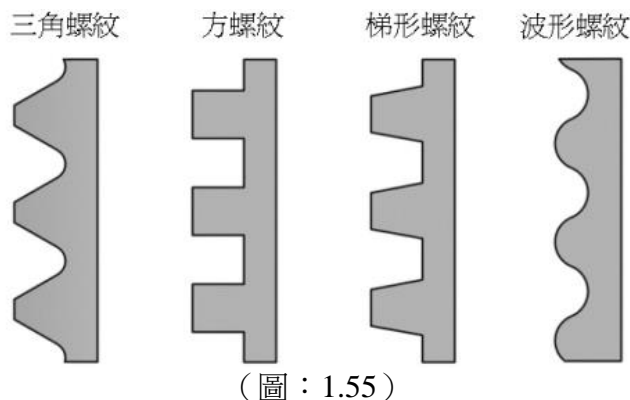
拉帽是設計像拉釘一樣的絲帽，因此用法跟拉釘相類似，拉帽的形狀主要有圓形及六角形，它是靠拉力把拉帽拉至變形及壓在金屬板上；如用力不足會造成無法穩固鎖緊在工件上，相反可能造成拉芯折斷，常用於掣櫃(Switchboard)、滙流排(Bubar Chamber)及熔斷開關(Fuse Switch)等.....的外殼也會見到，它的常用公制規格有 M3、M4、M5、M6、M8 及 M10，如（圖 1.54）示。



（圖：1.54）

螺紋扣接 (Threaded fasteners)

螺紋扣接是利用螺紋角產生楔形作用使生夾緊壓力，常用螺紋主要有四種，因為承重量不同而使用不同類型的螺紋，常用的螺絲一般以三角螺紋為主，而鋁通架或受力較高的設備則會以方螺紋為主，如車床等，將零件扣緊固在一起，如（圖 1.55）示。最常用的螺紋扣接配件如下：



螺栓 (Bolts)

用於不需高度精密的扣接工件上，常穿過兩工件的圓孔，以螺帽收緊。常用的螺絲有以下幾類，如（圖 1.56）示：

1. 鍍彩鋅螺絲 (Colour Zinc Coated Bolts)
2. 鍍鋅螺絲 (Galvanized / Zinc Coated Bolts)
3. 熱浸鋅鋼螺絲 (Hot Dip Galvanised Bolts)
4. 鍍銅螺絲 (Copper Coated Bolts)
5. 不銹鋼螺絲 (Stainless Steel Bolts)

材質	抗氧化能力	導電性	拉力	特點	用途
鍍彩鋅	良好	非常好	非常高	各種特性較為平均，亦有良好導電性，鍍鋅層之硬度值比鋼材還大	主要用於銅巴等帶電部份及掣櫃外殼接駁位置
鍍鋅	普通	良好	非常高	價格較鍍彩鋅相宜，鍍鋅層之硬度值比鋼材還大	戶內的非電氣性安裝
熱浸鋅	非常高	普通	非常高	較重，在鹽分較高的地區仍然有高抗氧化能力，鍍鋅層更厚，硬度更高	戶外，海邊，腐蝕性較高的非電氣性安裝
鍍銅	良好	非常好	一般	有良好導電性，但鍍銅容易磨損而銹蝕，引致導電性下降，沒有拉力標準	主要用作線槽及梳西等的電氣性接駁水線位
不銹鋼 304	高	較低	一般	於一般環境可能在數年內銹蝕，容易因為拉力過大而變形	一般不會使用在電氣性接駁，適合室內安裝
不銹鋼 316	較高	較低	一般	在鹽分較高的地區可能在一年內銹蝕，容易因為拉力過大而變形	一般不會使用在電氣性接駁，適合一般室外安裝

註：

1. 不銹鋼又稱為白鋼；
2. 部份不銹鋼會用較低標準的 201 或更高標準的 403 等等.....；
3. 黑鐵螺絲，由於抗氧化能力較低，不論電氣性與非電氣性安裝都不會選用；
4. 鋅的氧化速度約為較鐵慢十七倍。



(圖 1.56)

螺絲 (Screw)

螺絲用於較高品質的工件上，具有較高精度。主要用於下列用途：

1. 可配用六角或四方螺帽，亦可穿過工件的孔而旋另一工件的螺紋孔內。
2. 固定兩件於一定的相對位置以防滑脫，如固定皮帶輪或齒輪於轉軸上。
3. 一端旋入機件內、另一端再加螺帽收緊，例如汽車發動機的氣缸體的扣接。
4. 使用自攻螺絲(Self-tapping screw)於木材、軟質材料、金屬薄板上自己攻製螺紋；多用於金屬板的扣接上。

常用的螺絲有以下的種類，如（圖 1.57）示：

1. 平頭(Flat head)
2. 圓頭(Round head)
3. 套頭(Socket head)
4. 凸圓頭(Fillister head)或有槽頭
5. 六角頭(Hexagon head)
6. 雙端螺柱



(圖 1.57)

螺帽 (Nuts)

螺帽（絲母）與各種螺栓、螺柱和機器螺絲配合使用。普通有六角和四方形兩種，螺帽也用於不同的用途，如（圖 1.58）示。

1. 鎖緊螺帽(Lock nut)，它與普通螺帽共用，互相迫緊，防止鬆脫。
2. 開槽螺帽(Slotted nut)使用開槽螺帽的螺栓或螺柱鑽有小孔，以便當螺帽上緊並使槽與孔對正後，穿過開口鎖使螺帽不致鬆脫。
3. 自鎖螺帽(Self-locking nut)，配有特別的鎖銷，使陷入螺栓的螺紋間有如棘輪，當螺帽收緊時沿螺紋滑行，但能將螺帽夾緊，以防受震時鬆脫。自鎖螺帽很易拆卸，又可再用。
4. 帽形螺帽(Cap nut)用於兼有裝飾或美觀要求方面，常用黃銅製造，或在表面鍍鉻或鍍，當中也有不銹鋼製造的供選擇，以防氧化及增強美觀效果。
5. 翼形螺帽(Wing nut)又稱蝴蝶形螺帽，用於常需裝拆或調整的工件上。大的翼面給予手指擰轉的方便，不必使用扳手。
6. 長螺帽，俗稱駁帽，主要兩粒螺絲之間或把兩條絲桿駁長。



（圖 1.58）

墊圈 (Washers)

一般稱為「介子」，主要角與螺紋配件共用，墊於螺帽或螺栓頭之下，是承受壓力的零件。常見有以下幾種，如（圖 1.59）示：

1. 平墊圈(Plain washer)，俗稱平介，將壓力分配於較大的面積，並兼具保護機件表面，以免裝拆旋轉時擦傷。
2. 彈簧鎖固墊圈(Spring lock washer)，俗稱彈介，利用彈簧力而避免螺帽受震鬆脫。
3. 內、外鎖固墊圈(Internal/External lock washer)，俗稱菊花介，設計上有三種：內外式、內式、外式。有扭曲的硬齒，上緊時受壓咬住或夾住螺栓頭(或螺帽)與工件的平面，以免受震鬆脫；當中另一個主要功能是用來刮花工件上的油漆來提供電氣性連接，因為大多數油漆是以樹脂製造，當達到一定厚度便會形成絕緣層。
4. 錐形墊圈(Cone Spacer)，又名迫力墊圈或壓力墊圈，同樣以彈簧鋼製成，錐形設計已經擁有彈簧鎖固墊圈的功能，因此使用錐形平墊圈時並不需再加彈簧鎖固墊圈。



(圖 1.59)

螺紋扣接標準

各種螺栓、螺絲、螺帽和墊圈皆有標準尺寸，成為標準通用零件出售。螺栓及螺絲以長度 x 直徑為標準，絲帽以能配合螺絲直徑尺寸為標準，主要有下列三種，其表示方法如下：

- | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------------------|
| 1. 公制粗牙螺紋規格(JIS) | M4 x 20 mm | 直徑 4 毫米，牙距 - 0.7mm |
| 2. 公制細牙螺紋規格(JIS) | M4 x 20 mm | 直徑 4 毫米，牙距 - 0.5mm |
| 3. 英制粗牙螺紋規格(UNC) | 1/8" x 1" | 直徑 2 分，牙距 - 20/64" |
| 4. 英制細牙螺紋規格(UNC) | 1/8" x 1" | 直徑 2 分，牙距 - 28/64" |
| 5. 英國螺紋協會(British Association) | 4 BA x 25 mm | 直徑 3.6 毫米，牙距 - 0.66mm |

BA 的規格由 25BA 至 0BA，0BA 為最大尺寸，直徑 6 毫米，牙距 - 1mm。

香港常用的高拉力螺栓為 8.8 的標準，如需使用其他標準可能需要訂購；拉力標準愈高的螺絲可施予工件的壓力愈大，相反如果螺絲的拉力愈小，螺絲可施予工件的壓力愈小，螺絲亦有足可能會因此被拉斷，對應的單位為牛頓或牛頓/米，有時候也會因為購買回來的工具規格而換算成磅或千克來使用，如（圖 1.60）示。

Recommended Maximum Bolt Loads and Torque Values (Metric Coarse Threads)

	3.6		5.6		6.9		8.8		10.9		12.9		A/F
mm	Newtons	N.m	Newtons	N.m	Newtons	N.m	Newtons	N.m	Newtons	N.m	Newtons	N.m	mm
2	284	0.12	378	0.16	731	0.31	863	0.37	1216	0.52	1461	0.63	4
3	726	0.44	966	0.59	1863	1.13	2206	1.34	3109	1.88	3727	2.26	5.5
4	1255	1.00	1677	1.34	3226	2.60	3825	3.04	5374	4.31	6453	5.15	7
5	2059	1.96	2736	2.65	5286	5.10	6257	6.03	8806	8.48	10591	10.20	8
6	2903	3.43	3864	4.51	7453	8.73	8836	10.30	12405	14.71	14906	17.65	10
8	5315	8.24	7090	10.79	13680	21.57	16230	25.50	22751	35.30	27360	42.17	13
10	8473	16.7	11278	21.57	21771	42.17	25791	50.01	36284	70.61	43541	85.32	17
12	12356	28.4	16475	38.25	31773	73.55	37657	87.28	52956	122.60	63547	147.10	19
16	23340	69.6	31087	93.16	60016	178.50	71196	210.80	100027	299.10	120131	357.90	24
20	36481	135	48641	180	93849	384.1	111305	411.9	156415	578.6	187796	696.3	30
24	52563	230	70019	308.9	135331	598.2	160338	711.0	225552	1000	270662	1196	36
30	84043	466	112286	622.7	215745	1206	255952	1422	359902	2010	432471	2403	46
36	123073	814	164261	1089	316753	2099	374612	2481	527595	3491	632526	4197	55
42	169164	1304	225552	1746	435413	3364	515827	3991	725688	5609	870826	6727	65

P, S & T are the Material grade for unified inch and Whitworth fasteners (BS1768 & BS1083)
 P = grade UTS of 35 tonf/in² and min. yield of 21 tonf/in². S = grade UTS of 50 tonf/in² and min. yield of 40 tonf/in².
 T = grade UTS of 55 tonf/in² and min. yield of 41 tonf/in²

(圖：1.60)

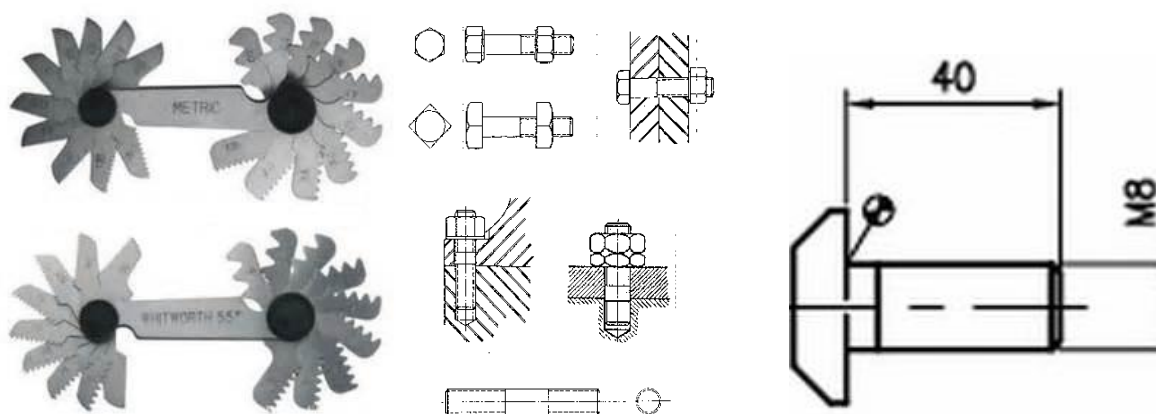
在要求較高的安裝工程或政府有規管的安裝上，往往對螺絲的拉力有嚴格要求，而用以測量拉力的工具名為扭力扳手 (Torque Wrenches)，較小型的也有扭力螺絲批，俗稱磅

尺，除了用作測定拉力是否足夠之外，亦是用以測定拉力是否過大，特別是 M12 以下的螺絲及接線釐，如（圖 1.61）示。



（圖：1.61）

一般來說，如 M8X40 或以下的螺絲，所購買到的都會是全芽，M8X45 或以上的便會分為全芽及半芽，而全芽價格會較高；螺絲的規格 M8 是包括螺絲牙在內的 8 毫米直徑，40 是除去螺絲頭部份的 40 毫米長度。基本上一套螺絲除了螺絲及絲帽之外，亦應該包括雙平介及一只彈弓介，不過在工件的內徑與螺絲直徑相同時，是可以考慮放棄平介的使用，如果工件的內徑與螺絲頭大小接近或更大時，理應更換更大直徑的螺絲；假若無法更換便必須特別訂造厚度與螺絲頭相等及完全覆蓋的平介，以確保能施予工件及螺絲之後有足夠壓力；而用以量度絲芽大小的工具名為芽規或螺紋規，如（圖 1.62）示。



（圖 1.62）

在選擇螺絲的長度時，應該在螺栓、螺絲、螺帽和墊圈及工件，收至完全緊貼後，留有一至兩花芽為標準，如（圖 1.63）示；如果螺絲芽只是平頂甚至凹入絲帽之內，則屬太短；如果多於三花芽則屬過長，除了容易因碰撞令螺絲芽受損之外，在電氣性安裝時也會縮短導電體的空間距離。



（圖 1.63）

板手 (Wrenches)

板手的種類及尺寸同樣多，分類有梗頭(Wrenches)、令士(Rings)、單向令士、尖已卜(Box) 及套筒板手 (Box Set)。分為公制及英制，互不通用，錯誤選擇會損壞螺絲頭，引致尖角變圓，磨損嚴重的話會造成難以拆除，如（圖 1.64）示，六角板手，俗稱六角匙及星角板手俗稱星匙，如（圖 1.65）示。注意：包膠手柄的六角板手，兩端金屬部分是相連的，因此不可以進行帶電工作。



（圖 1.64）

常用的六角螺絲與板手尺寸對應表

板手尺寸(mm)	7	8	10	14	17	19	22	24
螺紋規格	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
板手尺寸(mm)	27	30	32	36	41	46	55	65
螺紋規格	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M42

常用的內六角螺絲與六角板手(六角匙)尺寸對應表

板手尺寸	S3	S4	S5	S6	S8	S10	S12	
螺紋規格	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
板手尺寸	S14		S17		S19		S24	S27
螺紋規格	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M42

常用的內星角螺絲與星角板手(星角匙) 尺寸對應表

板手尺寸	T20	T25	T30	T40	T50	T55		T60
螺紋規格	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
板手尺寸	T70	-	-	-	-	-	-	-
螺紋規格	M18	-	-	-	-	-	-	-



六角板手



星角板手



萬向六角板手（波子頭）



（圖 1.65）

活動板手 (Adjustable Angle Wrenches)，由於它可以調較尺寸用以應付不同大小的螺絲，所以有著方便攜帶、靈活的好處，但是亦有它的明顯壞處，在活動部份隙縫較大，容易因此而鬆脫或在調較不正確時，而造成螺絲頭受損，甚至使用者受傷，板手頭部亦較梗頭、令士等為大，對於在較窄小位置工作時，實在有點困難，如（圖 1.66）示。



(圖 1.66)

銲接 (Soldering)

利用熔點低於接合物的合金，將兩件或多件金屬連接在一起。先用焊接工具加熱至一定的溫度，現時一般會用電烙鐵 (Electric Soldering Iron)，將熱量傳至焊料和工件，當焊料熔化成液體，便會將焊點或工件都包含焊料，然後將電烙鐵離開，焊料便會慢慢變回固體，接點便被焊料連接，如（圖 1.67）示。



(圖 1.67)

烙鐵頭部是由銅製成，大多數會鍍上一層鎳用以增加其壽命，尖端可按需要而製成各種形狀，較新的品種有溫度調節，使用時可根據需要選擇適當功率的電烙鐵，太高溫度有機會於焊接時令一些電子零件燒毀，所以在半導體上使用，特別是在集成電路，別忘了恆溫式電烙鐵；有時候也會因為工件的大小而改用錫爐，如（圖 1.68a）示，而燃氣烙鐵也能提供我們流動性的選擇，不過缺點是溫度的穩定性較低，如（圖 1.68b）示。



(圖 1.68a)



(圖 1.68b)

銲劑的作用是清除金屬表面的污漬及氧化膜，防止新氧化層的形成，可解除焊料的表面張力，從而使銲料容易流動。

焊料主要為錫和鉛的合金，如（圖 1.69）示，其熔點由錫和鉛的比例而定，常用「錫線」有：錫 50%，鉛 50%；錫 60%，鉛 40%。錫線心內有酸性或松香焊劑，所以錫線又有酸心(Acid Core)與松香心(Resin Core)兩種。



（圖 1.69）

良好焊接要注意的事項：

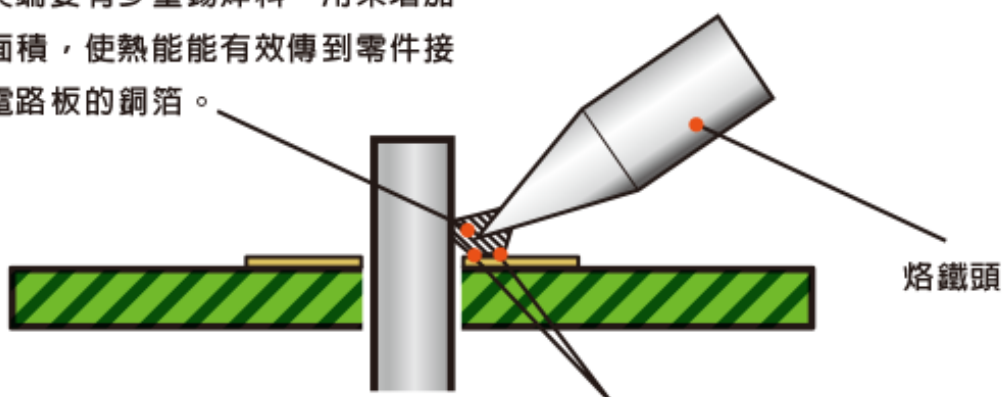
- 焊接處需經過清潔
- 需焊接的接口必須緊接
- 使用合適之焊劑
- 焊接處必須加熱至可將焊料熔化之溫度
- 部份焊料本身不含松香，而松香亦具有一定的清潔能力，所以在焊接前必須先塗上
- 由於松香有腐蝕作用，使用時不可過量或必須把它完全燒掉
- 燒出的松香煙具有一定份量的毒性，焊接時應盡量避免過量吸入
- 焊接後要檢查錫線熔解在接口的質量，以防出現焊假錫的情況
- 焊接時要留意，焊料是否完全滲透入絞合線內部
- 焊接時間過長，會導致[錫水老代]，呈現啞色亦會影響焊接質量
- 烙鐵咀必須清潔及掛錫，這是因為殘留的松香會腐蝕烙鐵咀，掛錫的做法是用乾布輕抹至烙鐵咀展現銀色錫層便可以
- 焊接後需將接口清洗
- 焊接完成後，因應需要而以絕緣物包裹，除了電燈膠布之外便是使用熱縮通，配合熱風槍或石油氣火槍使用，如（圖 1.70）示



（圖 1.70）

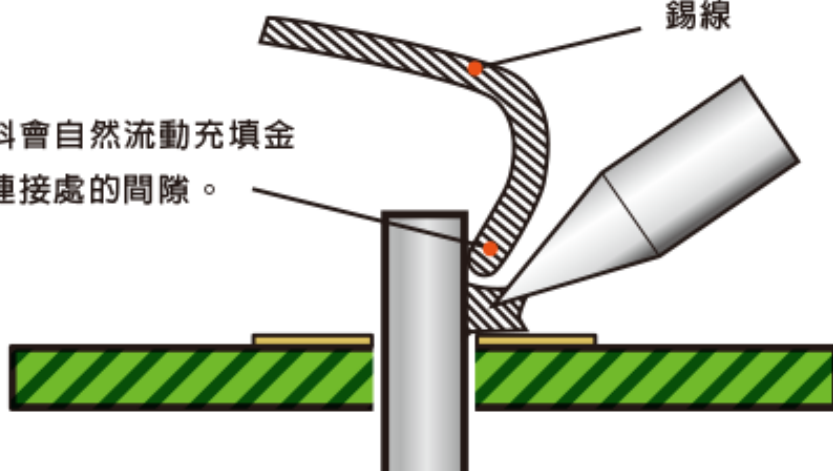
把電線焊接於電路板等的方法，如（圖 1.71a 及 1.71b）示。

烙鐵尖端要有少量錫焊料，用來增加接觸面積，使熱能有效傳到零件接腳及電路板的銅箔。

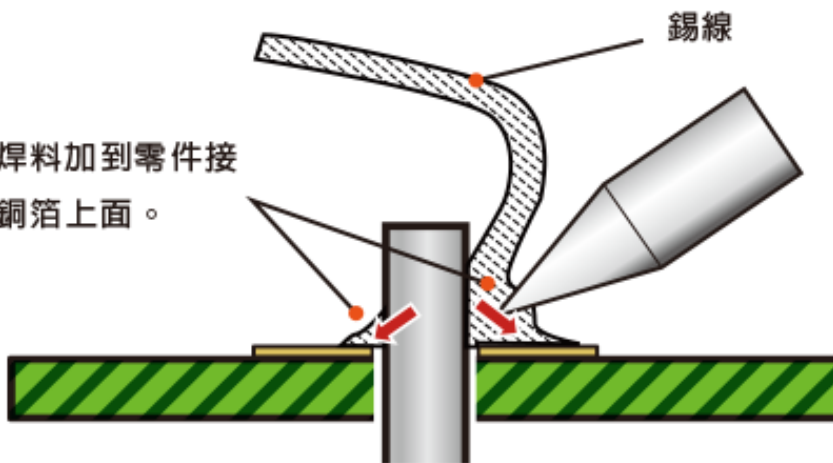


同時接觸零件接腳及電路板銅箔，不要施加過多力量。錫線

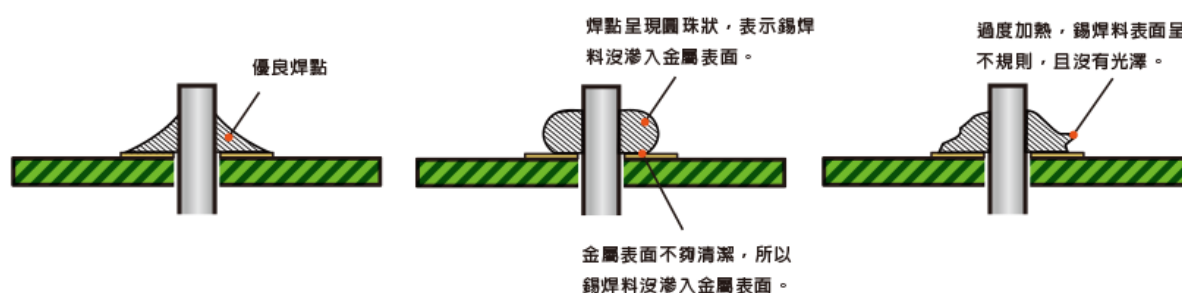
錫焊料會自然流動充填金屬件連接處的間隙。



把錫焊料加到零件接腳或銅箔上面。



(圖 1.71a)



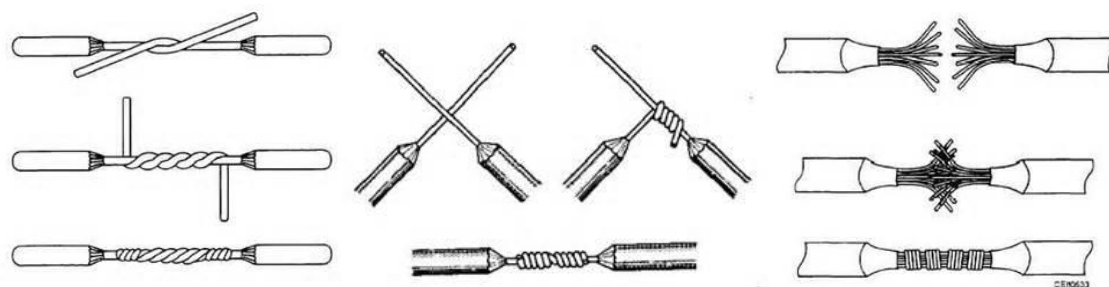
(圖 1.71b)

除錫用具：吸錫槍及吸錫線，吸錫槍用法是以電烙鐵把多餘錫金屬溶解成液態，以彈簧的回彈力，將液態錫金屬吸入吸錫槍內，清理後可循環再用。吸錫線用法是以電烙鐵把多餘錫金屬溶解成液態，再把吸錫線靠近，待錫金屬依附在吸錫線時拿走，不可循環再用，如（圖 1.72）示。



(圖 1.72)

在無工具使用時的認可電纜接駁方式，當然在接駁完成後必須再以絕緣電工膠布包裹，較大的工地一般來說並不允許以下接駁方式，原因在於接駁質量受工人手藝所影響，接駁不良可引至點駁位置發熱甚至燒毀，如（圖 1.73）示。



(圖 1.73)

放線工具 (Laying Tools)

放線唧，主要分為縲絲唧與油壓唧兩類，俗稱千斤頂；縲絲唧較輕型，主要在放置較細小的電線時使用；油壓唧較重型，主要在放置較粗的電纜時使用，如使用時底部不穩妥，會有倒下危險，使用時亦應唧起較高位置，然後以縲絲或穩固物承托，避免因為油壓唧的膠圈老化而漏油，使放置中的電纜著地或會壓傷腳部，如（圖 1.74）示。



(圖 1.74)

滑輪，在適當位置放置，可以有效減少人手及避免電纜外皮被磨損，如（圖 1.75）示。放線鋼索，俗稱豬籠，用以套緊電纜前端，如（圖 1.76）示，一般被鋼索套緊部份會剪掉棄置。

鋼索卷揚機，俗稱 WIN 子，以電動機或柴油引擎帶動滾輪，以收納繩纜或鋼索來帶動電纜向前推進，如（圖 1.77）示。



(圖 1.75)



(圖 1.76)



(圖 1.77)

由於電纜以機械放置時，電纜與繩纜也會被拉至繃緊，隨時也可能會把接駁處或繩纜拉斷，特別是經驗不足的卷揚機操作員；這時電纜本身會產生回彈作用力，如不幸被擊中有可能彈飛十尺以外，因此站立位置應盡量避免在電纜彎位的外則。

電纜放置時，如跨越不同樓層，應該由下面上拉上，過去發生多次工業意外也是因為把電纜由上而下放置，因為部分管工貪圖放便及可以減少工作人手的誘因下，而作出這種放線方式，不過電纜由上而下放置時，會因為物理定律引至下墜力愈來愈大，這時制衡力一旦不足，電纜便會迅速飛墮，本港過往亦出現不少案例，當中包括死亡個案。

放置長距電纜時，除了使用機器及滑輪輔助之外，如（圖 1.78）示；一般會選擇電纜路徑的中間點作為放線點，放置完成其中一個方向後，會把餘下電纜全數拉出，並以打八字方式收納，（如以圓圈方式收納，電纜本身再拉出時，可能會出現扭曲現象，俗稱「氣」，全數拉出後再放置另一方向。



（圖 1.78）

2

常用單相及三相基本電路

學習成果

完成此課題後，讀者能夠：

1. 明瞭及掌握常用單相及三相基本電路及訓練學員思考之趣味電路的有關配件的結構、原理、常用規格、特性、應用及電路工作原理；
2. 應用電路的工作原理和特性，解決常用單相及三相基本電路的問題；
3. 根據已有單相及三相基本電路及趣味電路之電路圖，選擇適當配件，接駁及排故有關電路，並符合相關電力條例；
4. 選擇適當之單相及三相基本電路於電力工程上，有需要時可作出簡單的建議及改動。

註：筆記中以斜體字印出的文字為節錄自「電力（線路）規例工作守則」內文。

2.1 常用的電路

一般家居電源供電都以單相 220V 為主，由相線(L)、中性線(N)提供電力，若負荷外殼是金屬構成，便需接上保護導線(地線)(E)。現時本港電線對應之顏色標準為：相線－棕色、中性線－藍色、保護導線(地線)－黃/綠間色。

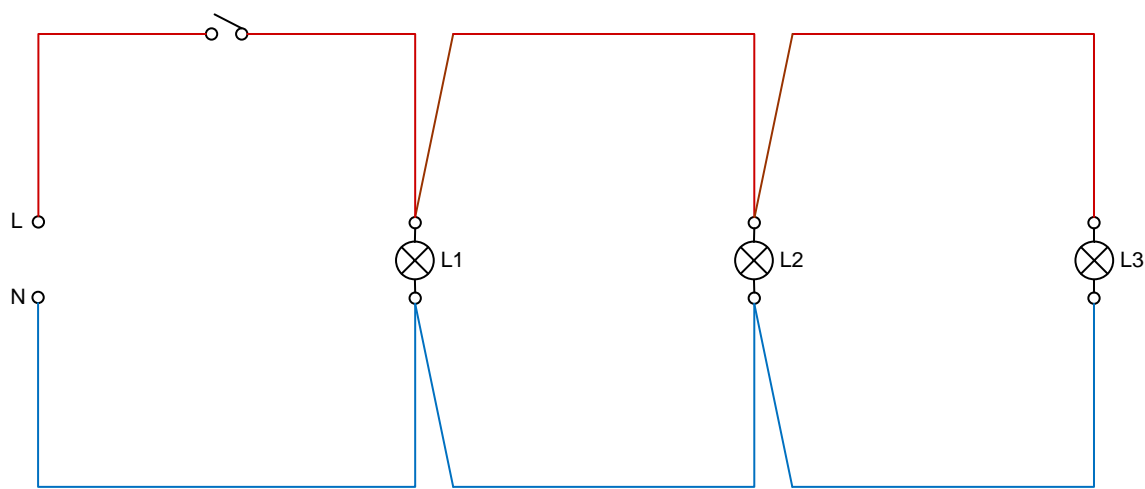
一般家居照明以燈泡和螢光管為主，由開關控制帶電的相線，燈泡經由燈座通電，常用的燈座分 BC 型(卡口式或俗稱釘頭)和 ES 型(螺紋型或俗稱螺絲頭)，螢光管的長度是和功率有著正比的關係。

一些常用的單相基本電路的工作原理、特性及應用，電工必須可根據相關電路圖，選擇適當配件，接駁及排故有關電路，從而達致完工，並符合相關電力條例。另外，筆記也提供一些訓練學員思考之趣味電路，雖然在實際情況未必有這些電路的需要，但這些電路主要是使學員明白一些電路的運作原理及解決問題的方法。

註：以下之電路有關的燈泡全部採用鎢絲燈泡，若同學將鎢絲燈泡改為慳電膽或 LED 等的電子式照明裝置，某些電路得到的結果可能有所不同。

並聯電路 (Parallel Circuit)

一般家居電器負荷及照明都是以並聯方式連接，電路如(圖：2.1)示，負荷便可獲取相同的最大電壓及不受其他負荷影響。



(圖：2.1)

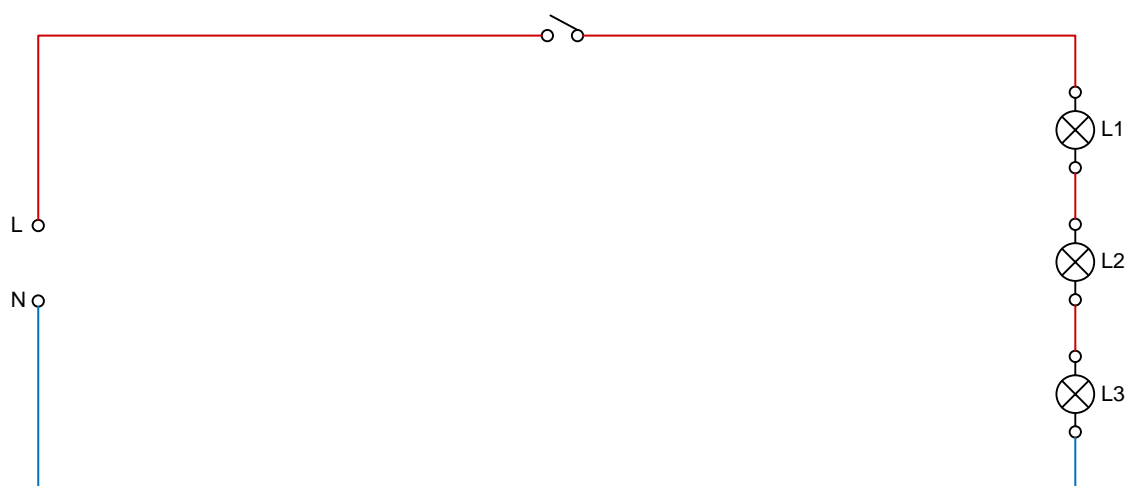
串聯電路 (Series Circuit)

由於一般家居電器負荷及照明都是以並聯方式連接，負荷串聯方式連接較不多見，因其中一個負荷出問題都會影響其他負荷，使整個電路都不能工作，電路如(圖：2.2)示，這電路有分壓作用，所以聖誕燈串便多使用此方式連接，從而降低每個燈泡的電壓，使成

本降低及較安全。

● 思考題：

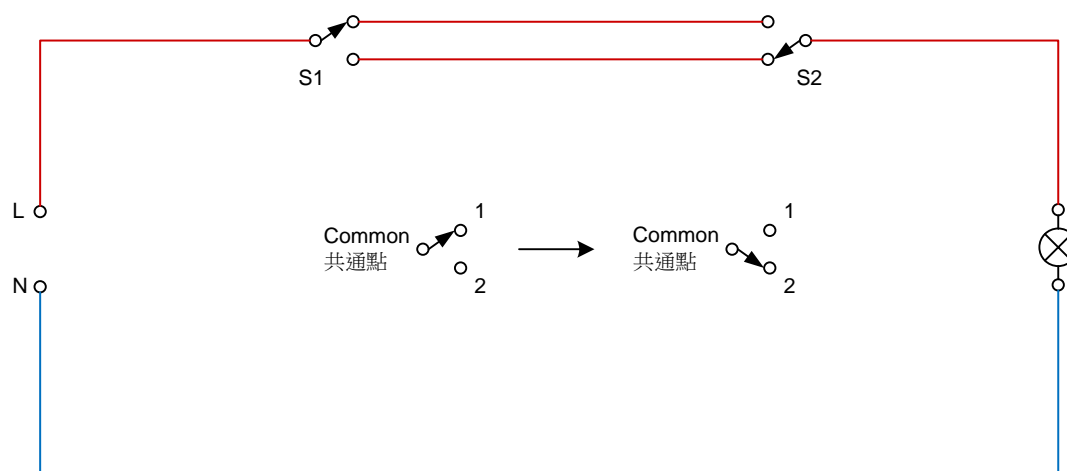
- ✓ 若以下之串聯電路分別裝上 3 個 100W 的燈泡，為何其光度較並聯時暗？
- ✓ 若以下之串聯電路分別裝上 25W、60W 及 100W 的燈泡，哪一個會最光？
- ✓ 現實生活中，哪裡可以找到串聯電路？



(圖：2.2)

兩路掣電路 (2 Way Switch Circuit)

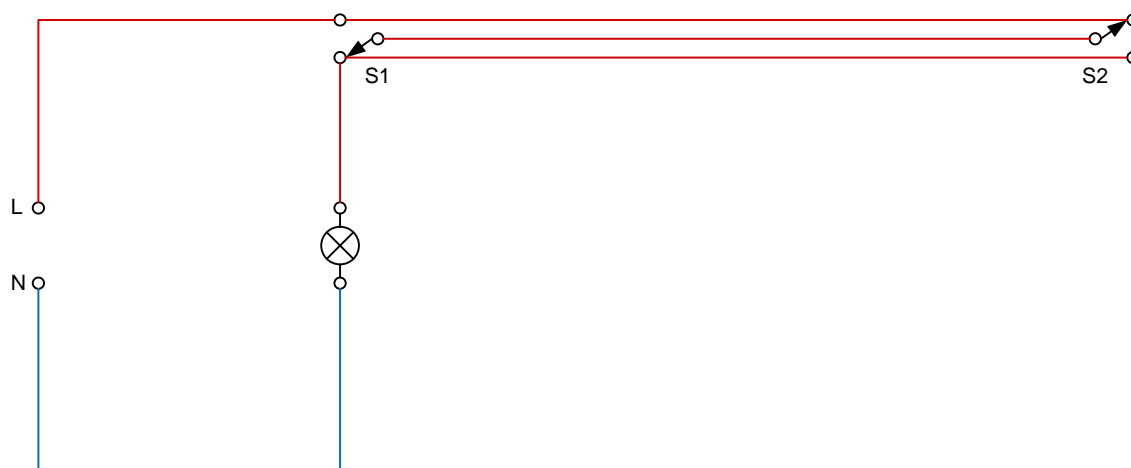
一般家居電燈控制只需一個開關便可操控，但有些場合，例如一條長走廊，若在走廊首尾位置各裝上二路開關制 $S1$ 及 $S2$ ，並以如（圖：2.3）示電路圖方式連接，兩個燈掣位都能獨立地控制燈位「開、關」，使用者可於 $S1$ 位置時開燈，行到 $S2$ 位置時關燈，便能帶來一定的方便。此電路也適用於較大的客廳、有前後門的房間及舊式的樓梯等。



(圖：2.3)

兩路掣電路－單路掣改兩路掣 (Conversion of 1 Way to 2 Way Switching)

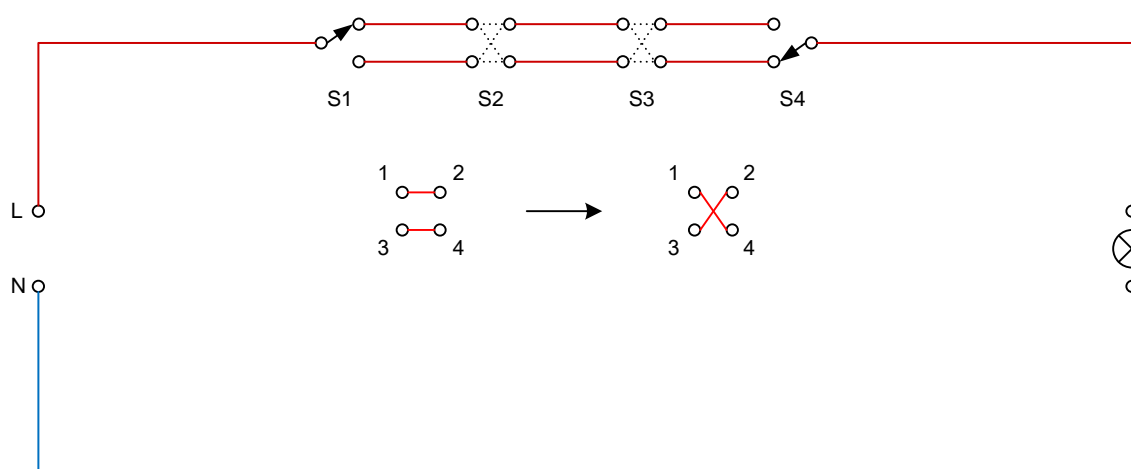
此兩路掣接駁方法主要用於由原先已安裝的單路電路，因不想改變原有燈掣及燈座的舊有佈線，只需將單路掣改為兩路掣，再加 3 條線至新加的兩路掣便可，電路如（圖：2.4）示。



（圖：2.4）

中途掣電路 (Intermediate Switch Circuit)

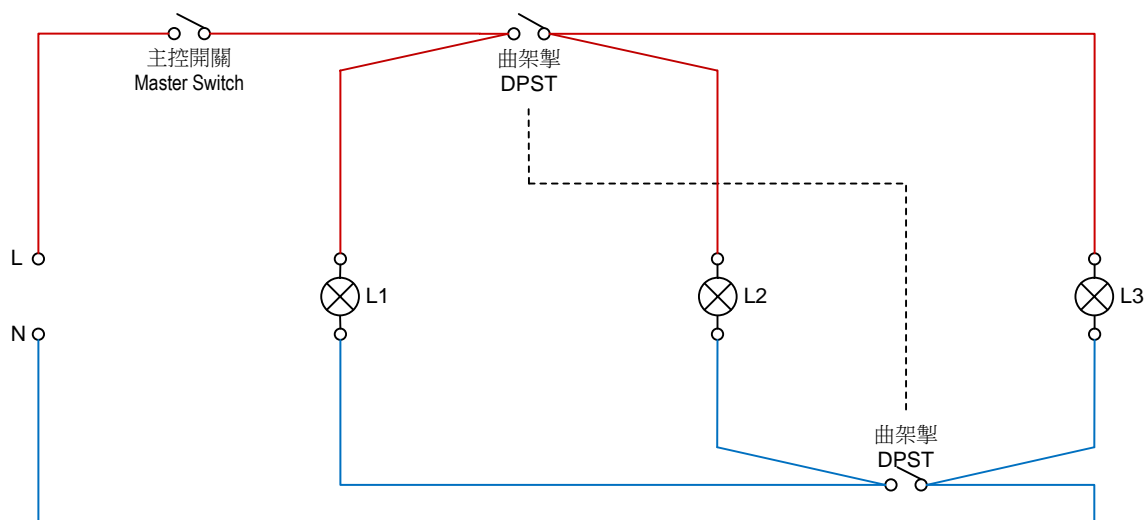
兩路掣電路提供兩個控制點來操控，但對一些場合，例如：有四個出入口的地方，仍未帶來方便，若在兩個兩路掣 S1 及 S4 的電路中間串接上一個或多個中途掣（十字掣）S2 及 S3，便可達到多點控制，電路如（圖：2.5）示。中途掣有四個接點，並有兩條接觸杆，中途掣第一個狀態是分別將上端 1、2 接點及下端 3、4 接點用接觸杆水平地連接；另一個狀態是分別將 1、4 接點及 3、2 接點用接觸杆作十字形（交叉）地連接，所以中途掣又叫十字掣。



（圖：2.5）

三燈串並聯組合電路 (Three Lamps Series and Parallel Combination Circuit)

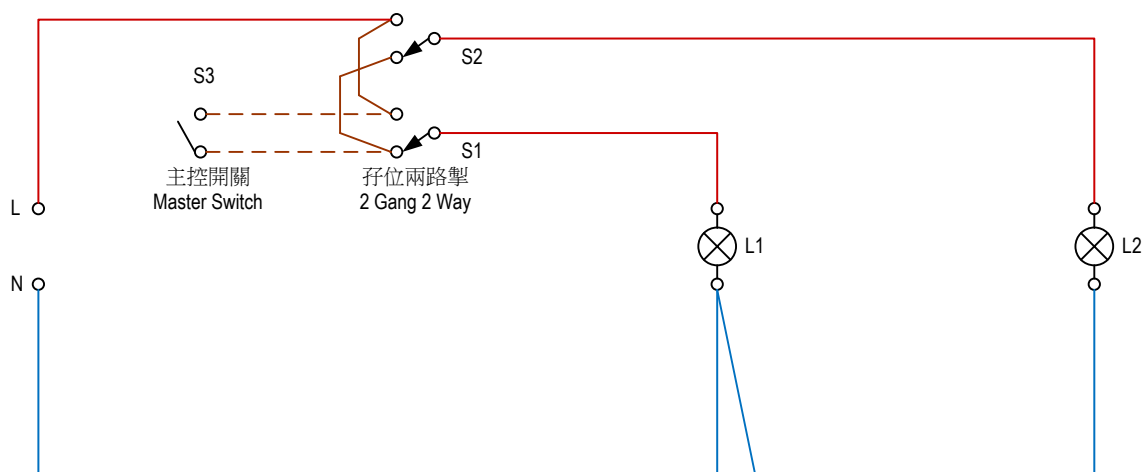
此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用。電路用一個曲架掣內的兩條接觸杆構成的「開、關」，將三個燈泡組合而成串聯或並聯的連接方法，電路如（圖：2.6）示。



（圖：2.6）

兩單路電路連主控開關－兩燈常開 (Two One Way Cct with Normally On Master Switch)

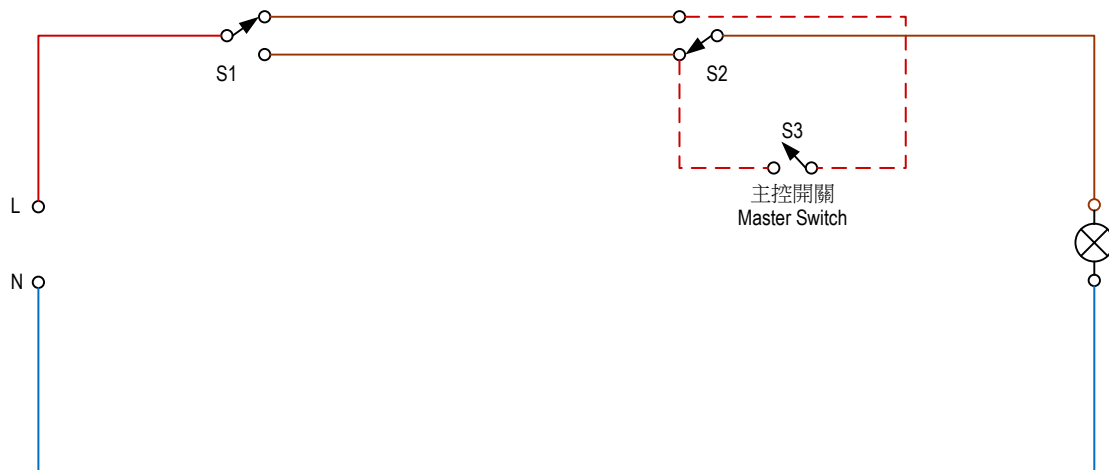
此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用。電路用一個主控開關的「關」，使兩個獨立的單路燈泡電路變成常開（亮），電路如（圖：2.7）示。



（圖：2.7）

兩路掣電路連主控開關—燈常開 (Two Way Switch Cct with Normally On Master Switch)

此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用。電路用一個主控開關的「關」，使兩路掣燈泡電路的燈泡變成常開（亮），電路如（圖：2.8）示。

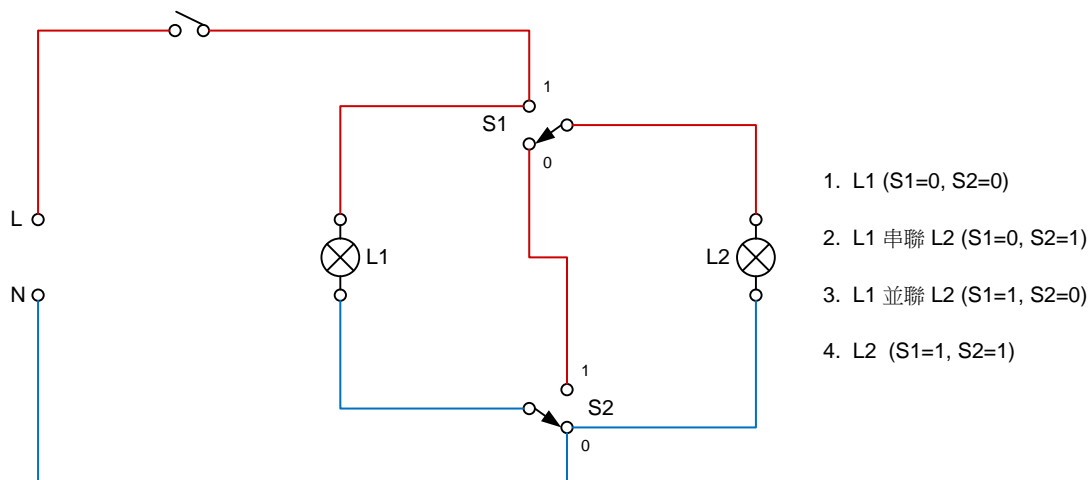


（圖：2.8）

二燈組合電路 1 (Two Lamps Combination Circuit 1)

此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用。電路用兩個兩路掣構成的「0、1」二個不同的位置，電路如（圖：2.9）示，使兩個燈泡連接成下列四個不同組合的結果：

- 0 0 → 只 L1 亮
- 0 1 → L1 串聯 L2
- 1 0 → L1 並聯 L2
- 1 1 → 只 L2 亮

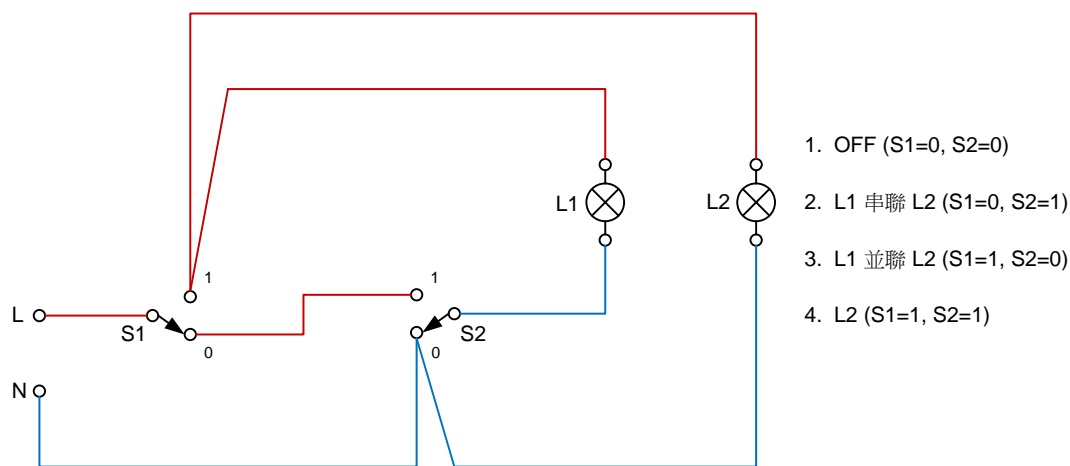


（圖：2.9）

二燈組合電路 2 (Two Lamps Combination Circuit 2)

此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用。電路用兩個兩路掣構成的「0、1」二個不同的位置，電路如（圖：2.10）示，使兩個燈泡連接成下列四個不同組合的結果：

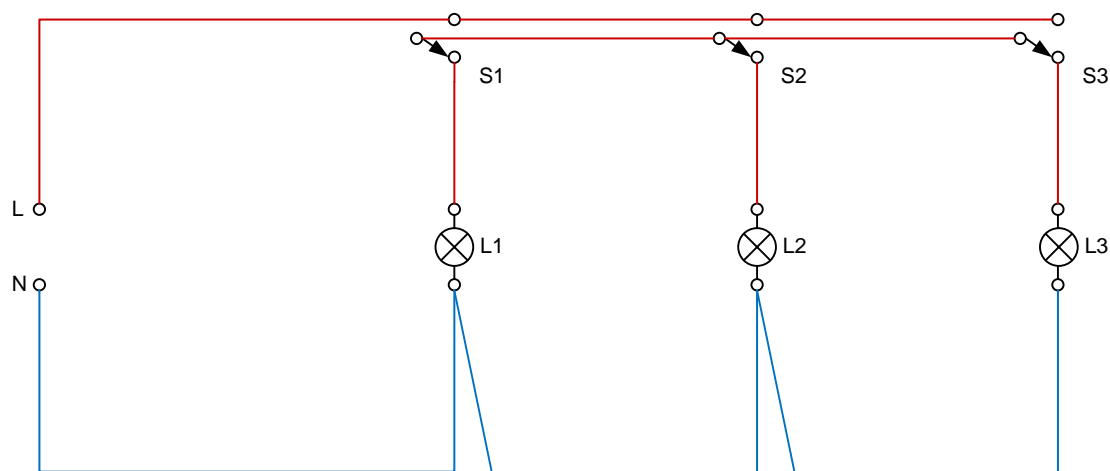
- 0 0 → L1 及 L2 都不亮
- 0 1 → L1 串聯 L2
- 1 0 → L1 並聯 L2
- 1 1 → 只 L2 亮



（圖：2.10）

閃燈電路 (Flickering Lighting Circuit)

此趣味電路主要用於加強同學對電路原理、接駁及配件之認知與思考，實際的電路安裝很少使用，電路如（圖：2.11）示。電路當任何一個兩路掣打至上端的位置時，其對應的燈泡便不亮，惟其他的燈泡則會亮起，若連接更多對稱組合電路及不斷將兩路掣打至上端的位置時，便好像燈泡不停的走動。

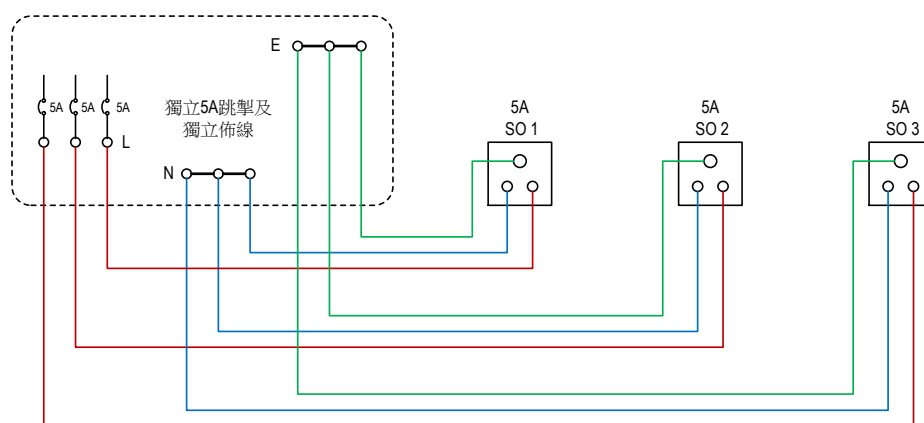


（圖：2.11）

5 安培插座電路 (5A Socket Outlet Circuit)

大多電器負荷都可由插座獲取電力，插座是以能提供最大的電流值作為指標，常見有 5A、13A、15A 等，但由於電流量及連接方式不同，故電線直徑相對電燈電路為粗，本港法例規定插座電路除了有過載保護外，還須受一個不超過 30mA 漏電電流，便可啟動的電流式漏電保護器 RCD 保護，所以它們的取電點是於漏電保護器後取電，與其他燈電路不同。

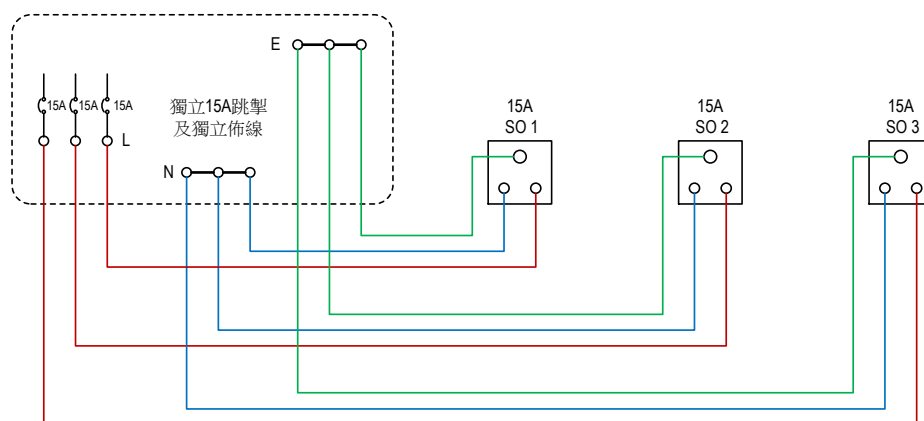
5A 插座電路的每個插座都是由獨立電線及保護裝置供電，保護裝置可使用熔絲(FUSE)或微型斷路器(MCB)，電路如（圖：2.12）示。



（圖：2.12）

15 安培插座電路 (15A Socket Outlet Circuit)

15A 插座電路與 5A 插座一樣安排，都是由獨立電線及保護裝置供電，保護裝置可使用熔絲(FUSE)或微型斷路器(MCB)，由於可供較大電流量，多用於耗電較多之負荷，如冷氣機、焗爐等，電路如（圖：2.13）示。根據工作守則規定，插座必須由漏電斷路裝置 RCD 保護，從而防止觸電的危險。

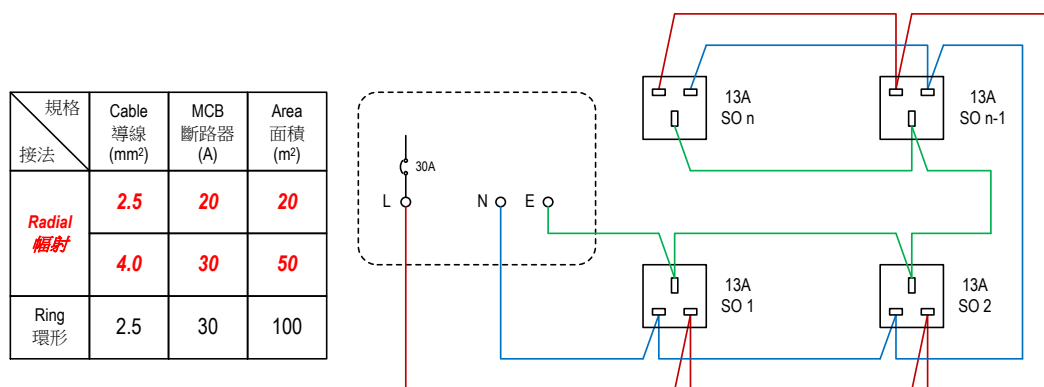


（圖：2.13）

13 安培插座輻射電路 (13A Socket Outlet Radial Circuit)

13A 插座的插腳形狀與 5A 及 15A 不同，為長方形的插腳，其負荷保護功能交由插頭內熔絲獨立負責，配電箱的保護裝置負責整個的電路保護，電路安排便可接駁多個插座，使成本下降，電路如（圖：2.14）示；就配電範圍、電流需求等因素，出現了下图表格所述的輻射式和環形方式接駁。

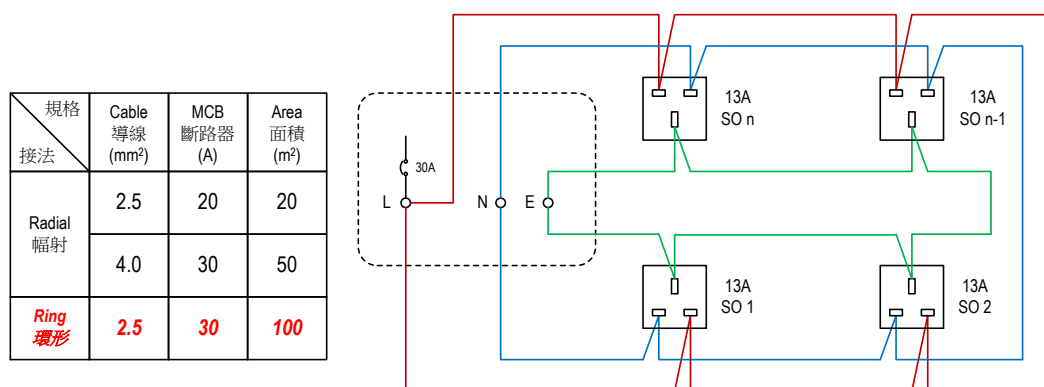
13A 輻射式插座電路可供最大供電面積分為 20m^2 、 50m^2 ，考慮到較大供電面積(50m^2)電流需求較大，故保護裝置額定值用 30A，電線便需配合為 4mm^2 ；而供應給 20m^2 面積的配搭為 20A 保護裝置， 2.5mm^2 電線。根據工作守則規定，插座必須由漏電斷路裝置 RCD 保護，從而防止觸電的危險。



（圖：2.14）

13 安培插座環形電路 (13A Socket Outlet Ring Circuit)

13A 環形插座電路可供最大之供電面積可達 100m^2 ，保護裝置額定值為 30A，電線為 2.5mm^2 ，電路如（圖：2.15）示，它的特點是一個環狀電路，電流透過兩組（左、右）電線分別流進插座，它還有一個優點是假若電路一組出現開路問題，也可由另一組電線繼續供電，對一些供電要求穩定的負荷(如保安、消防等)起一定的幫助。根據工作守則規定，插座必須由漏電斷路裝置 RCD 保護，從而防止觸電的危險。



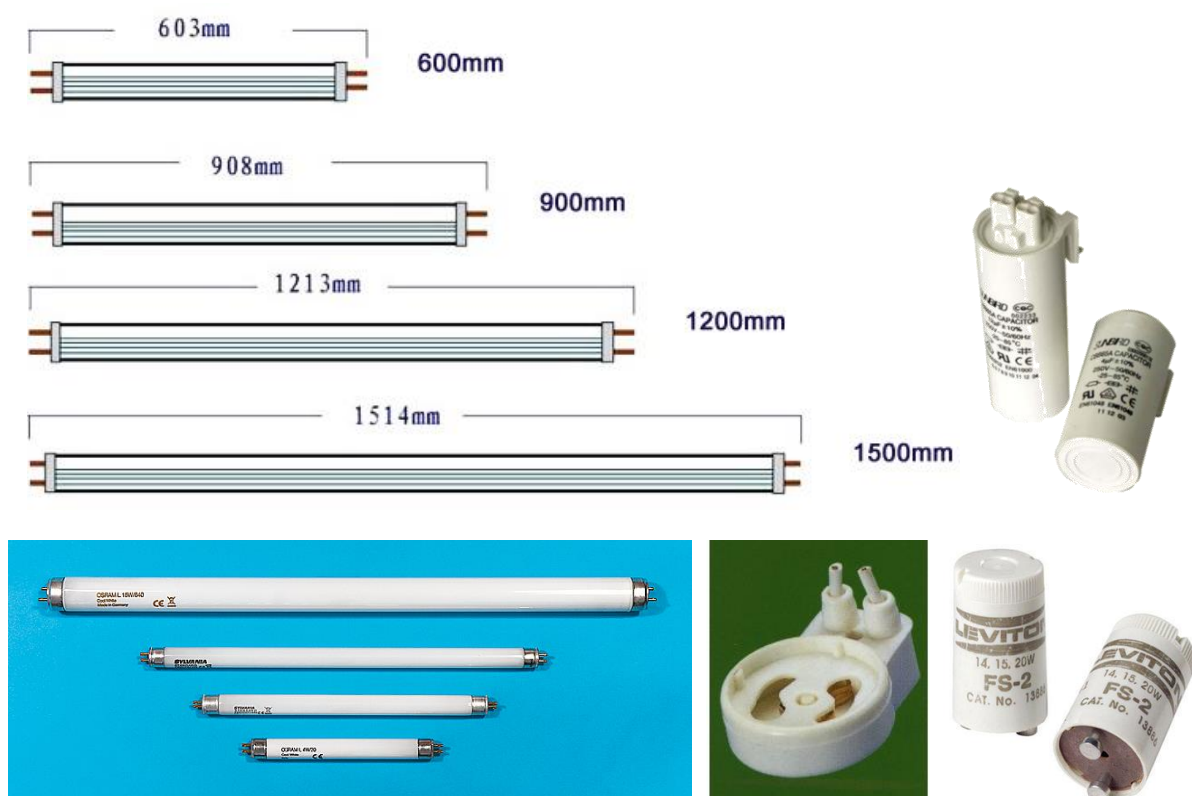
（圖：2.15）

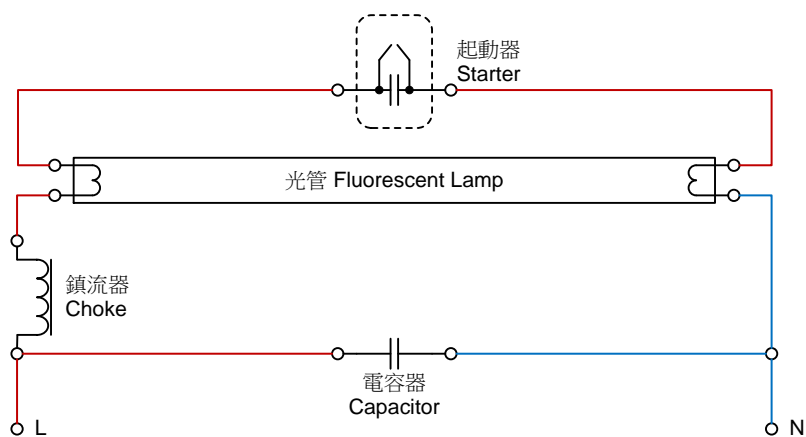
啟輝式光管電路 (Glow Type Fluorescent Lamp Circuit)

螢光管(光管)是一細長的玻璃管，管內壁塗上螢光質(金屬鹽)，燈管兩端裝有鎢絲電極，燈管先抽真空再充入氬氣和小量水銀。它的發光原理是：當通以電流後，管內水銀因鎢絲電極發熱而氣化變成導體，兩電極間因高壓電場而產生電弧光，電極發射的電子撞擊氬氣及水銀分子成為電離子，兩電極繼續產生電弧，而輻射出不可見的紫外光，螢光質吸引紫外光後，發射出不同螢光質的可視光波，不同顏色的螢光粉可產生不同的可見光，螢光管的壽命約 5000 小時。

啟輝器(起動器)內有玻璃氬管，管內有兩電極與限流器串聯，其一為雙金屬片電極，兩電極距離很近，電源電壓下兩電極放弧，電弧熱力使雙金屬片電極隣電極接觸，使電流通過限流器；電極接觸無電弧，雙金屬片電極彈開，中斷限流器電流；兩電極不斷閉合開斷，直至電壓下降不能產生電弧；管內的電容器用來防止電極不斷開斷產生干擾電波。

啟輝式光管電路為最傳統型及最通用的光管電路，電路如(圖：2.16)示。當電路通電後，啟輝器兩電極在電源電壓下產生弧光放電，產生高溫，更令兩電極彎曲閉合接通電路，電流流經螢光管的燈絲及限流器構成一閉合電路，此時啟輝器兩電極因無電位差，再不能放電，熱力消失而彈開，限流器瞬時感應(約 1000V)高電壓，螢光管電極間因高壓電場吸引電子撞擊氬氣及水銀分子產生電弧，輻射出不可見的紫外光，管壁螢光質吸引紫外光發射出可視光波；此其時限流器與光管電弧串聯，控制管兩端電壓及工作電流，若光管不燃亮，啟輝器會重複閃動，直至螢光管亮著；啟輝器因光管導通後使管端電壓下降而不再閃動。電路並聯的電容器，主要是提高螢光管電路的低功率因數至 0.85 滯後，符合電力公司規定。20W 光管配 2.75 μ F 電容，30/40W 管配 4.75 μ F，而 65/80W 配 7.5 μ F，耐壓值為 250V AC。



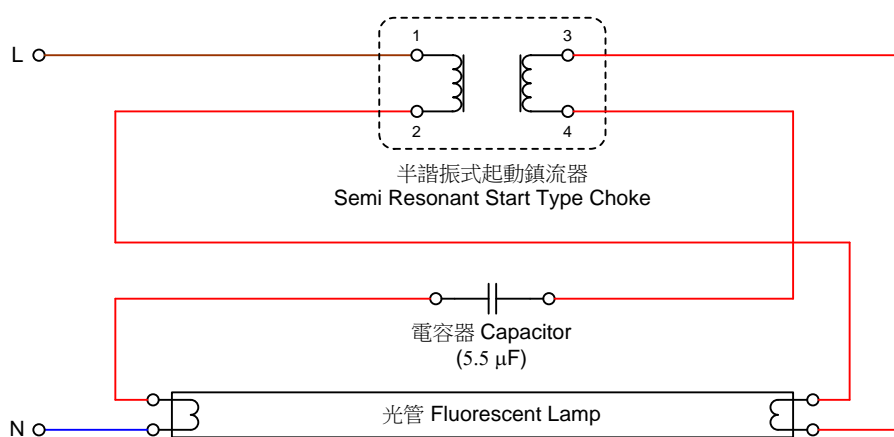
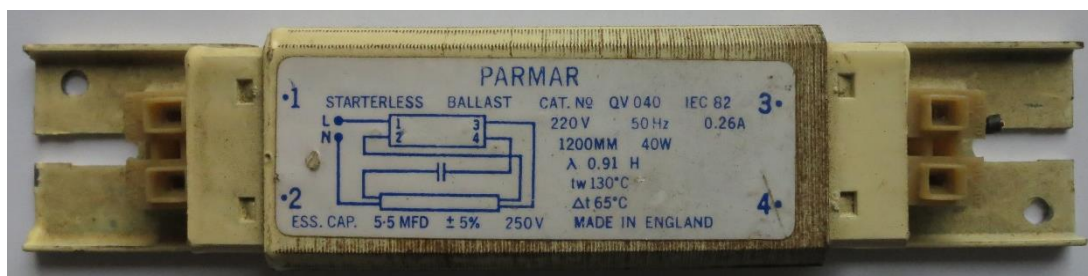
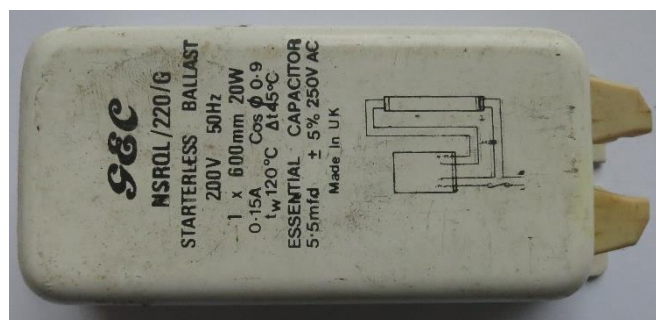


(圖：2.16)

半諧振式起動光管電路 (Semi Resonant Start Type Fluorescent Lamp Circuit)

半諧振式起動（SRS）光管的鎮流器是一個雙繞組變壓器，次級繞組對初級為反向繞製，電路如（圖：2.17）示。電路通電後，電流經初級繞組流入燈管燈絲加熱，發射電子；電流繼經反向繞制的次級繞組，串接一個特定數值電容器連接燈管另一燈絲加熱，電路線圈與電容構成一個諧振電路，使鎮流器線圈感應高電壓，因初、次級 180° 反相關係，使燈管電極間約有兩倍電源電壓，使光管放電發光。發亮後次級線圈與電容器失去作用，初級繞組作為限流器用途。起動時，光管呈半光狀態，約 3-5 秒後，管內的溫度上升，才變成全光。由於電路已有特定的電容器，其功率因數已接近 1，所以電路不需另加改良功率因

數電容器。

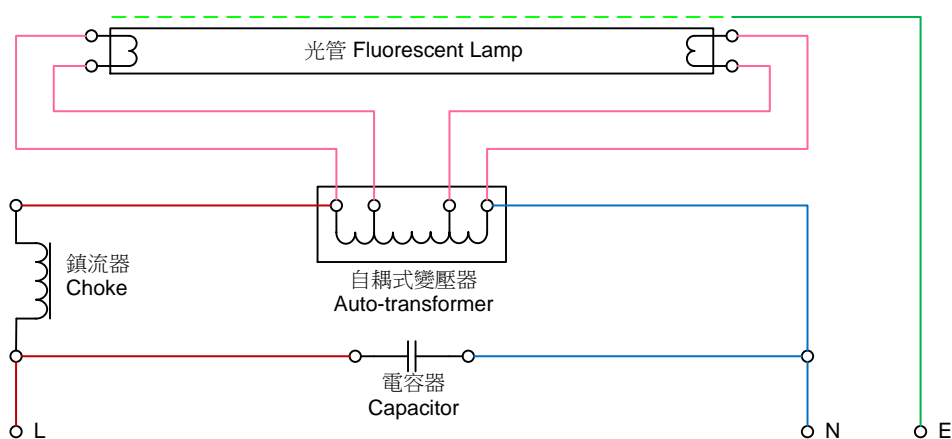


(圖：2.17)

快速起動光管電路 (Quick Start Fluorescent Lamp Circuit)

快速起動光管相比傳統式的光管電路起動較快速，它沒有起動時的閃動，適合電視台、醫院等地方安裝，電路如（圖：2.18）示，但要接地線幫助啟動，其光管附有一條炭線橫跨外壁，炭線兩端連接光管金屬環經光管腳接地彈簧環接地，從而引導電子使整支光管導電，惟安裝成本相對較高，現時已較少使用。

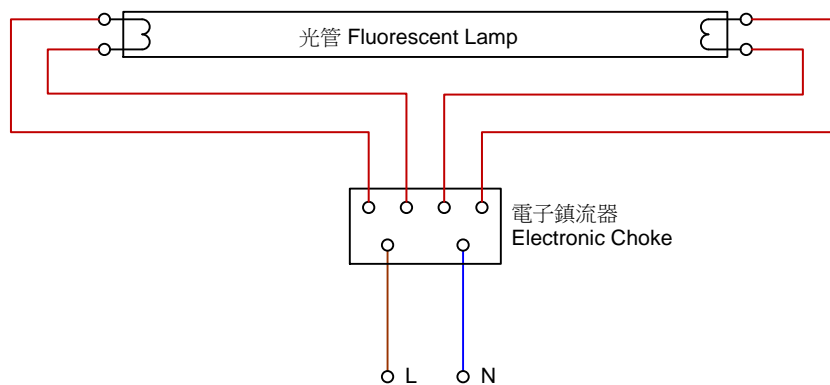
當電路通電後，自耦變壓器給予螢光管燈絲約 8V 電壓，高熱的燈絲使電極片釋放很多自由電子，自由電子與地線形成一個電場，吸引自由電子導通，撞擊氬氣及水銀分子產生電弧，輻射出不可見的紫外光，管壁螢光質吸引紫外光發射出可見光波；啟輝時間約幾分之一秒，螢光管亮著後，限流器控制管兩端電壓及工作電流，燈絲電壓下降至 4V 工作電壓。



(圖：2.18)

電子鎮流器光管電路 (Electronic Choke Fluorescent Lamp Circuit)

現代科技的發展，很多電氣組件可由電子零件取代，電子鎮流器取代了以往的線圈式鎮流器，它更將傳統式光管的缺點改善，例如重量、噪音、功率因數等，電路如(圖：2.19)示，電路除了一隻俗稱「電子牛」的配件外，再無需其他附件。

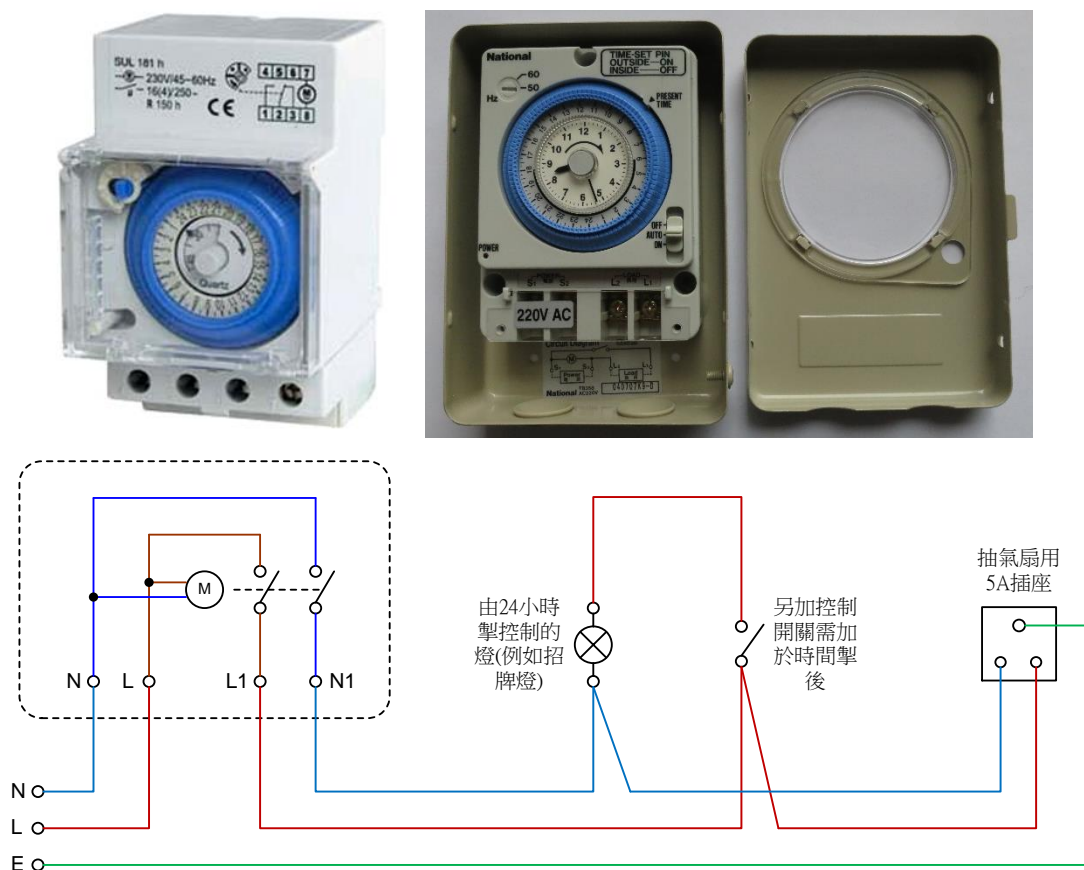


(圖：2.19)

24 小時時間掣電路 (24Hours Timer Circuit)

結構像一個供電的時鐘，時鐘到達某些時間便觸動某些開關，主要用於全日 24 小時內指定時間作開關處理的電路，如外牆照明、室外通路照明、霓虹光管等，電路如(圖：2.20)

示。假如需要加開關掣供某插座用（例如：抽氣扇），必須串接於時間掣後，若串接於時間掣前，當開關掣關上，雖然插座沒有供電，但時間掣的時鐘電動機也沒有供電，時間便不會準確。

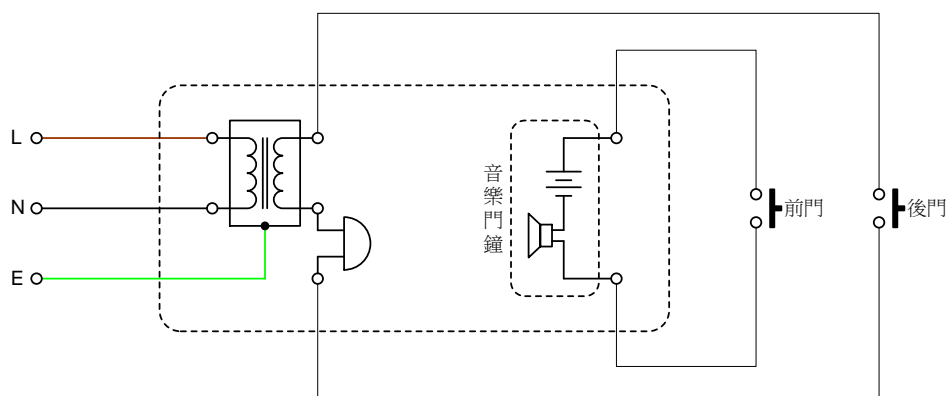


(圖：2.20)

特低壓門鐘電路 (Extra Low Voltage Door Bell Circuit)

特點是使用一個叫門鈴掣手掣的開關掣操控門鈴，門鈴可為傳統型或音樂門鈴，但由於掣手掣是安裝在室外，較難察覺使用者的情況，故需由電池或由變壓器的低壓供電，以防電擊的危害。下圖為典型門鈴電路，分有兩類電路，亦可因應實際需要選擇安裝其中一組，電路如（圖：2.21）示。特低壓指於正常情況下，在導體與導體之間或導體與地之間，不超逾 50 伏特均方根交流電或 120 伏特直流電的電壓。

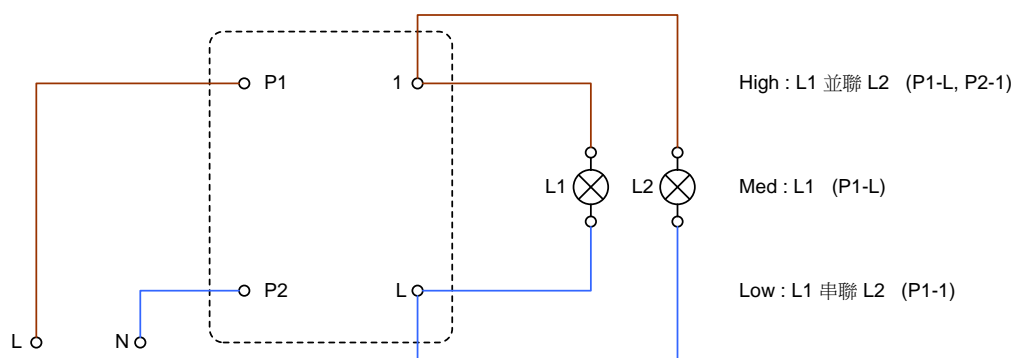




(圖：2.21)

3 段火力焗爐掣電路 1 (3 Range Oven Energy Regulator Circuit 1)

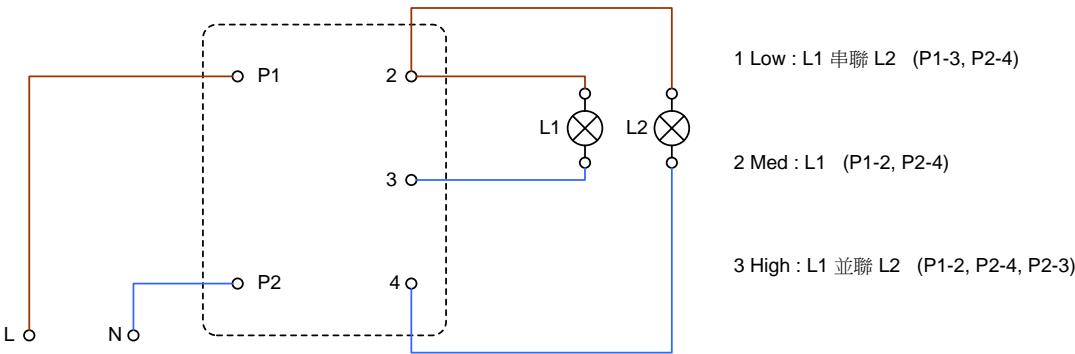
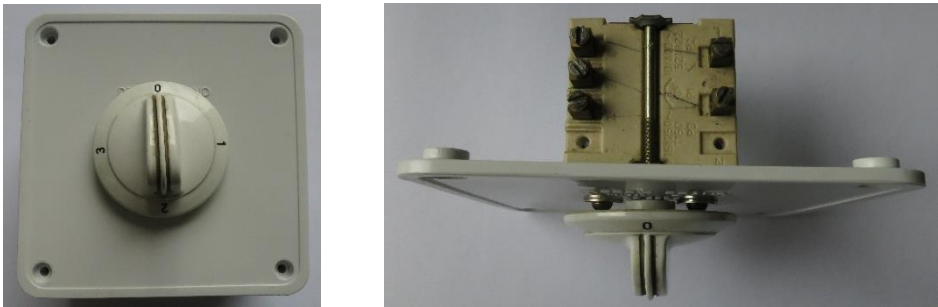
利用焗爐掣不同的接點組合，控制兩組同功率發熱線連接成串、並聯組合，使焗爐的功率改變，形成有高(High)、中(Med)、低(Low)的三段火力，電路如（圖：2.22）示，為三段火力焗爐控制電路，為一般西式電煮食爐頭控制火力的方法。



(圖：2.22)

3 段火力焗爐掣電路 2 (3 Range Oven Regulator Energy Switch Circuit 2)

另外一款焗爐掣，同樣利用不同的接點組合，控制兩組同功率發熱線連接成串、並聯組合，使焗爐的功率改變，形成有高(High)、中(Med)、低(Low)的三段火力，電路如（圖：2.23）示。

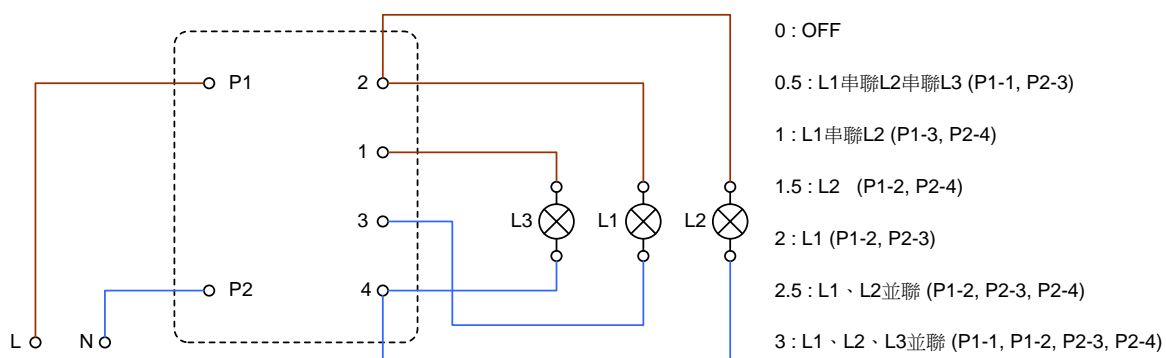
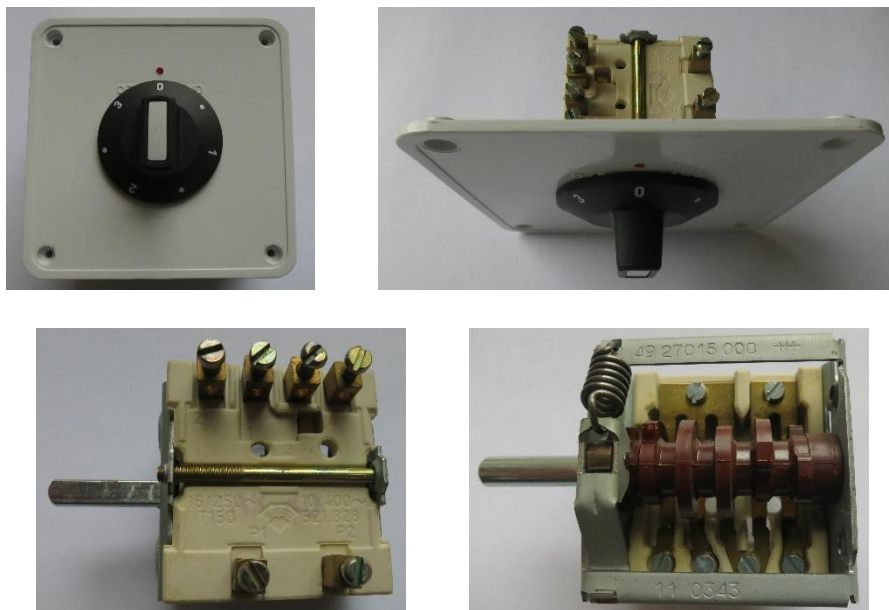


(圖：2.23)

6 段火力焗爐掣電路 (6 Range Oven Regulator Circuit)

利用焗爐掣(6 段火力)不同的接點組合,控制三條不同功率發熱線連接成串、並聯組合,從而使焗爐的功率改變,該焗爐掣可形成有 0(OFF)、0.5(Low)、1、1.5、2、2.5、3(High)共 6 段火力,電路如(圖：2.24)示。設 L1 為 220V、100Ω、484W 的發熱線；L2 為 220V、200Ω、242W 的發熱線；L3 為 220V、300Ω、161W 的發熱線。

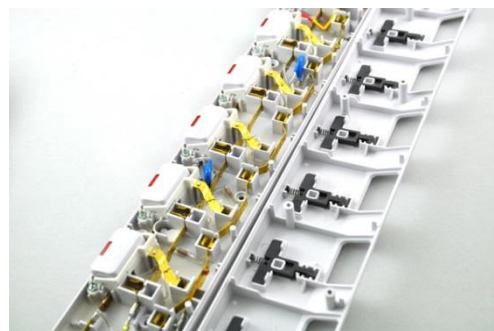
刻度	接點連接		負載接駁結果	電阻值	電功率
0					0W
0.5	P1-1	P2-3	L1 串聯 L2 串聯 L3	600Ω	81W
1	P1-3	P2-4	L1 串聯 L2	300Ω	161W
1.5	P1-2	P2-4	L2	200Ω	242W
2	P1-2	P2-3	L1	100Ω	484W
2.5	P1-2	P2-3, P2-4	L1 並聯 L2	66.67Ω	726W
3	P1-1, P1-2	P2-3, P2-4	L1 並聯 L2 並聯 L3	54.54Ω	887W

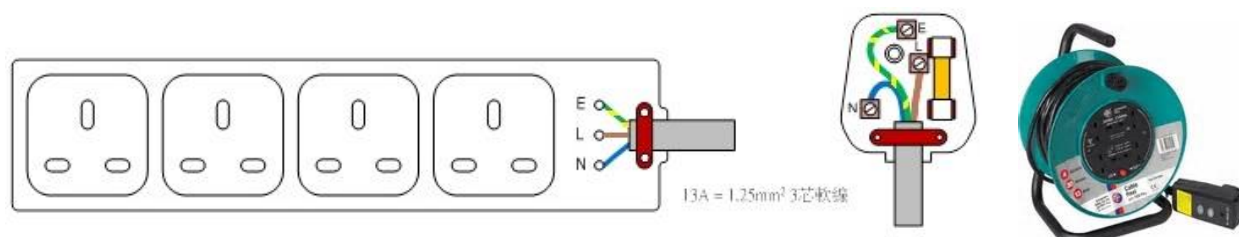


(圖：2.24)

13A 拖蘇電路 (13A Trailing Socket)

利用 13A 拖蘇（拖板）使更多電器可得到電源，雖然中文名稱不多，但是英文有好幾個，包括有 Power Bar、Power Strips、Power Extension Lead 及 Power Extender Cord，拖蘇常用的有單位、2、3、4、5、6、8 及 10 位，一些產品的蘇位更有獨立的開關及指示燈可供選擇。



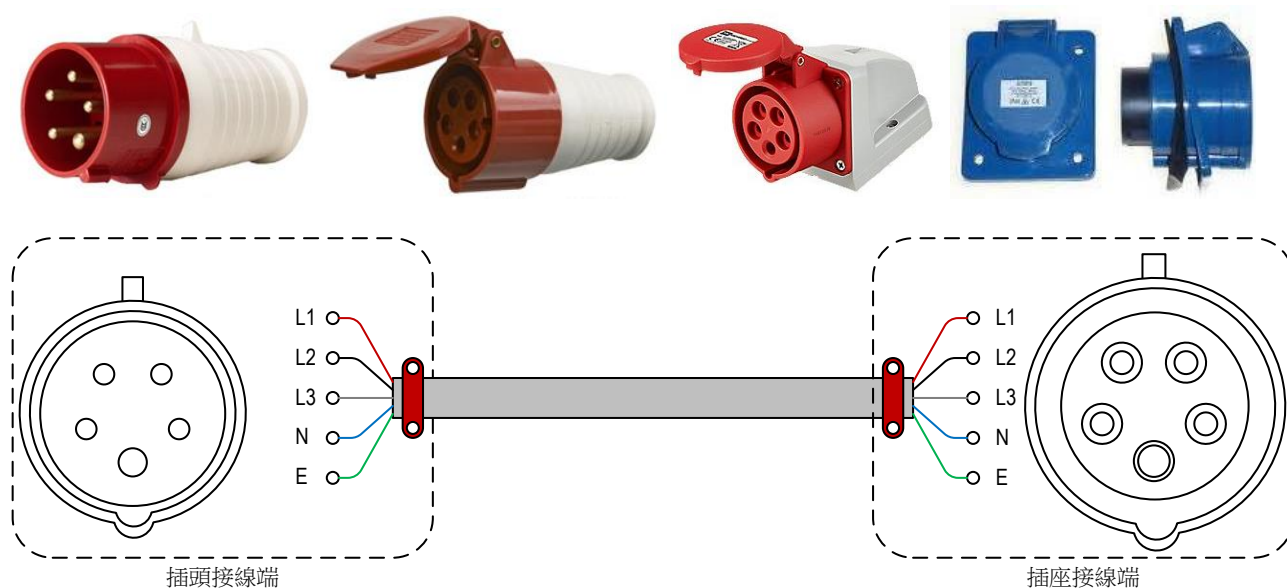


(圖：2.25)

工業用的通常會選用拖輪，一般只有兩位或四位；而供數據中心使用的則有 8 及 12 位，更加入檢測及網路元件，可以直接傳送電流、電壓、功率及功率因素等資料至伺服器，價格更可達數千元一個，電源需經任何一個 13A 插座取電，使整個拖蘇各蘇位都帶電，惟整個電路的電器總電流也不能超過 13A，電線的載流量也應達至 13A，插孔的活門也是 13A 插座的標準安全設計、電路接線方式，如（圖：2.25）示。

16A 工業插頭及插座電路 (16A Industrial Plug and Coupler Trailing Socket)

俗稱 [豬咀蘇]，它的中文名稱同樣不多，而英文名稱亦有好幾個，除了 Industrial Plug/Socket 之外，還有 C-Form Socket 及 Commando；工業插頭多用作工業用途，適用大功率電器取得供電。有 3 (L、N、E) 腳；4 (L1、L2、L3、E) 腳及 5 (L1、L2、L3、N、E) 腳品種，各品種可根據供電的電源提供單相及三相電力，插座有固定式(插座式)及可移動式(中途式)。電壓規格以顏色區分，香港用作單相供電時用藍色 (220V ~ 250V)；三相供電時用紅色 (380V ~ 440V)，另有黃色 (110V ~ 120V)，負載電流有 16A、32A、63A 及 125A，多用作臨時延長電線及可移動電器供電，作用就好像拖板一樣，插頭及插座採用鎖緊固定式設計，不會鬆動，所以有良好導電接觸，降低觸電漏電的機會，而且具備一定的防水能力，等級為 IP44 至 IP68，電路接線方式，如（圖：2.26）示，另外它亦有拖輪、分線器及固定插座連漏電斷路器等不同形式的設備，如（圖：2.27）示。



(圖：2.26)



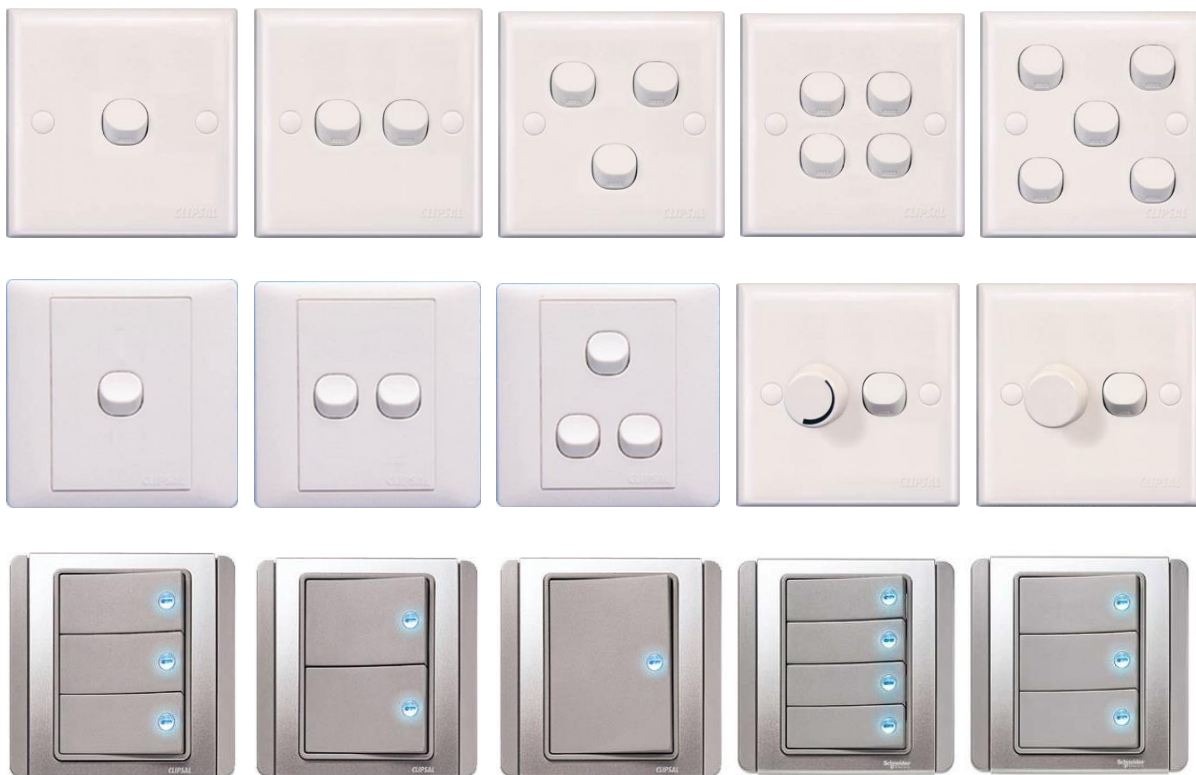
(圖：2.27)

電路常用配件 (Electrical Accessories and Parts)

以上電路常用配件，主要由電掣及插座構成，由於各廠會根據不同的策略生產不同的品種，所以選擇時可根據實際需要而作出決定。大部份產品是白色，但部份高檔產品會有不同的顏色可供選擇，從而配合室內裝飾。

● 電掣(開關掣)

主要用作控制燈或其他電器的電源，選擇時應考慮燈掣電流量、單路或兩路、掣面需多少個位置，有單位至最多 5 位。部份新的產品裝設了 LED，當開關處於 OFF 位置時，LED 會亮著，相關產品如（圖：2.28）示。





(圖：2.28)

● 插座

提供電源予一般電器使用，香港主要有 5A、13A 及 15A 品種，其他其區的額定值略有不同；如 10A，不過 5A 及 15A 插座亦開始漸漸在香港被淘汰，13A 插座更有孖位。各種插座都有附開關掣及電源指示燈可供選擇，以有掣及有燈的價錢較高，部份產品更內置漏電斷路器及提供防水型號，相關產品如（圖：2.29）示。





(圖：2.29)

- 燈座及燈泡

在香港可以選購的燈泡主要有 E27 螺絲頭及 B22 釘頭，數字為燈頭的直徑，而螺絲頭更有 E12、E14 及 E17 的品種。由於燈頭的直徑及安裝方法不同，所以必須配合相關的燈座。一些廠家會製造一些轉換器，從而將燈頭改變來配合有關的燈泡。接駁螺絲頭燈座時，火線必須接駁中間接點，而中性線應接駁螺絲紋接點，從而防止獨電；而釘頭燈座沒有任何限制。某些燈飾的燈座因為較高溫，所以燈座會用陶瓷製造，連接的導線也會採用耐高溫線。相關產品如（圖：2.30）示。





(圖：2.30)

多層大廈供電系統 (Electricity Supply System of Building)

香港現今建成的多層大廈，電力公司對變壓器房的建造有著嚴格要求，由變壓器房的高度、長度和闊度，甚至出入口告示板的材料及字體大小等等的尺寸，都必須依照由電力公司製定的供電則例內的要求建造，如果因為地理環境而無法達到最低要求，都必須事前向電力公司作出書面申請，由他們的高級工程師審批，否則電力公司有權拒絕進場亦不會接受供電申請，情況嚴重時電力公司可以運用電力（線路）規例給予的權力而對承包商作出扣分的懲罰，而預留地方放置變壓器、建設用地到內部的基本建設也是大廈發展商或大業主的責任，電力公司無需為此支付相關費用，在舊設計的變壓器房都會包括電力公司的高壓電掣櫃，不過在現時的新設計是會把變壓器房和高壓電掣櫃房分開為兩個房間，行內都稱這地方為「火牛房」，電力公司對它亦有絕對性的管轄權與使用權，可以禁止任何人進入，大業主亦包括在內；同時他們亦可依據供電則例內的條款為大廈以外地區提供電力，如附近小型住宅、街燈等等。到達大廈的電纜之電壓為 11kV，經「火牛房」變壓器下降至 380V 後，電力會由「火牛房」傳到大廈另一地方，一般為隔壁，稱為「電掣房」或「掣房」，這地方由大廈管理公司管理，部份用電需求較高的商業用電，電力公司只會直接提供 11KV 供電，這時變壓器房的管轄便是管理公司或業主的責任；例如太古城、信德中心、海運碼頭、又一城、水務署泵房、香港國際機場和港鐵等等……。

一般來說電力公司的變壓器房都會建設在地面層，如要建設在地庫或低於地面層的地方時，便需依照供電則例內的更嚴格要求來建造，例如潛水泵等防護設備，另外電力公司合理地懷疑該地點容易受潮濕影響時，在未有完整改善方案前亦不會進場；相反在過去的日子電力公司亦不太接受高於地面層的變壓器房，時至今日摩天大廈愈來愈多，如果變壓器房仍然在地面層，電壓降將會難以滿足條例上的要求，因此俗稱的【空中牛房】亦愈來愈多，當然也要符合供電則例內的額外要求，其中一個重要條件是必須提供足夠運載能力的升降機直達變壓房的樓層，用以運載完整、無需拆件的變壓器直達變壓器房。

掣房為全幢大廈的電力控制中心，它將電力透過不同的電纜、電掣或裝置傳送到大廈內的公眾用電、商業用電及上層的住戶用電等，整幢大廈的電力分配圖如（圖：2.32）示。在香港四層或以上的建築物都會設有上升總線，作為整座樓宇的各樓層供電系統主幹，它由掣房開始，首先經過掣櫃內的總電源開關，再經電線或匯流排至最頂層，每層的電力用戶透過經過每一層的上升總線，便可由上升總線取得電力，再配合每層樓的分線掣箱及千瓦時錶，組成供電系統。

四極轉換掣也是供電系統的重要部份，主要是應付緊急用電的需求，一般以兩個空氣斷路器組成的四極轉換掣可以應付 800A 至 5000A 的需求，較小的需求會選用 MCCB ATS，

不過成本較以電磁接觸器及自動四極轉換掣為高，100A 成本約為二萬五千元(15June015)，前者好處是不需要再加設保護器件及開關，因而減省空間需求，如（圖：2.31）示。



空氣斷路器
Air Circuit Breaker (ACB)



空氣斷路器升降車
Trolley



四極轉換掣 - 空氣斷路器
ACB Auto Transfer Switch



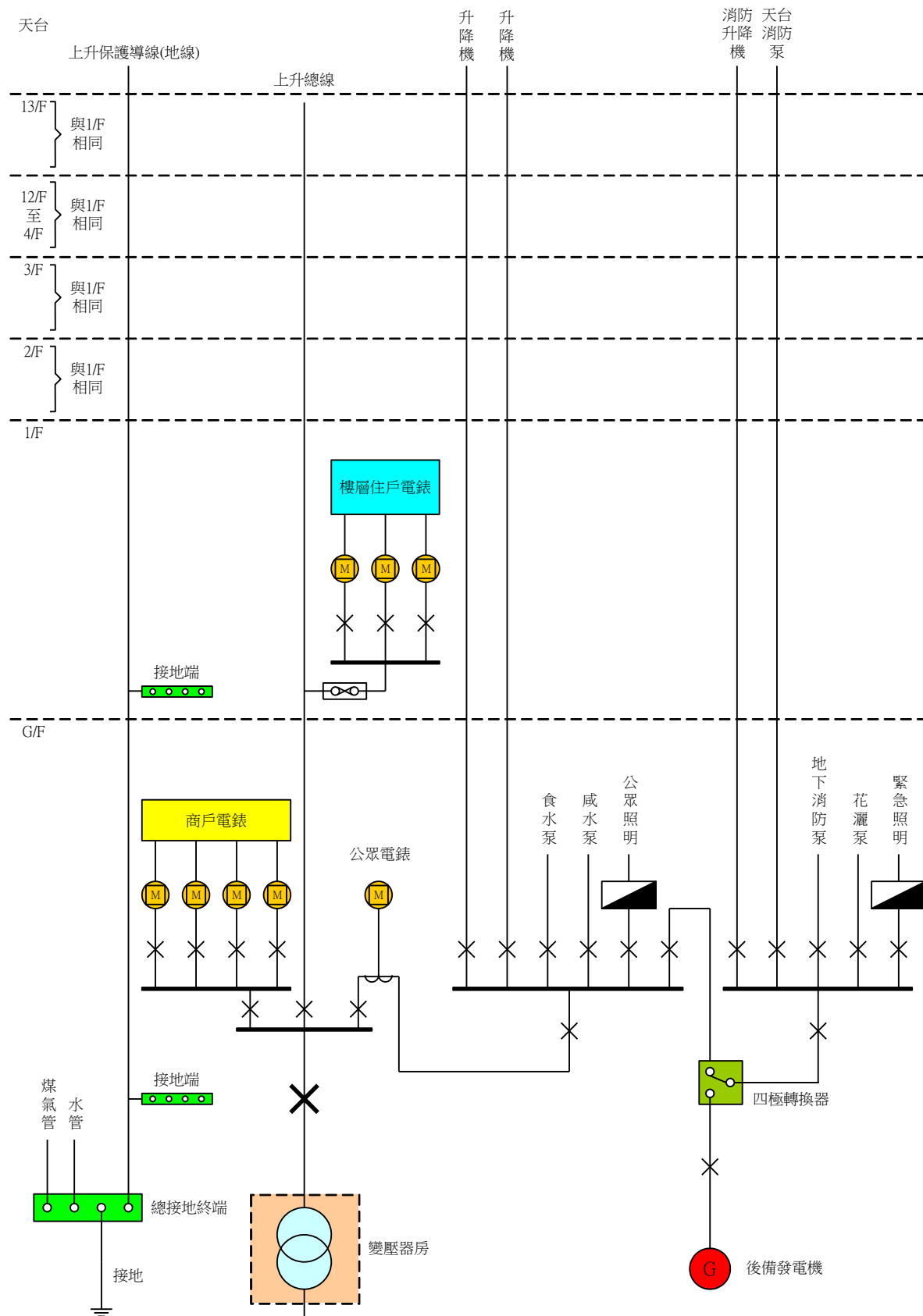
四極轉換掣 - 模殼斷路器
Motorize MCCB ATS



四極轉換掣-電磁接觸器
Auto Change-over contactor
(圖：2.31)



自動四極轉換掣
ATS



(圖：2.32)

三相及單相電力用戶供電電路 (3 Phase & Single Phase Supply Circuit)

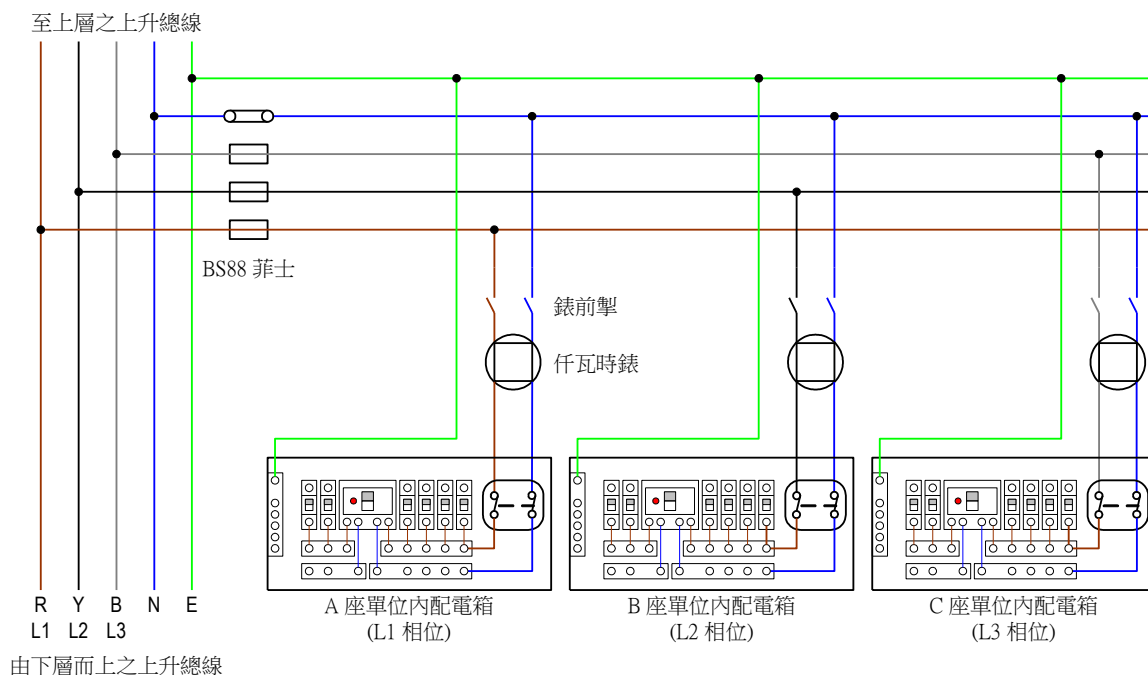
大廈住戶或商戶獲得電力供應，一般都由大廈預先評估電力需求來設計的上升總線取得。由於上升總線都是三相四線供電，所以每一層的用戶都可以獲得單相或三相四線供電，主要視乎各用戶電力需求而定。

基於每層的電力用戶可有不同的電力需求，所以一般新建成的大廈都會根據大廈各單位的設計、面積大小、用途等預先作評估，並將電線及有關電力配備預先裝至各單位，用戶搬到單位後，便可立刻得到電力供應。各層電力用戶供電電路主要可分為：

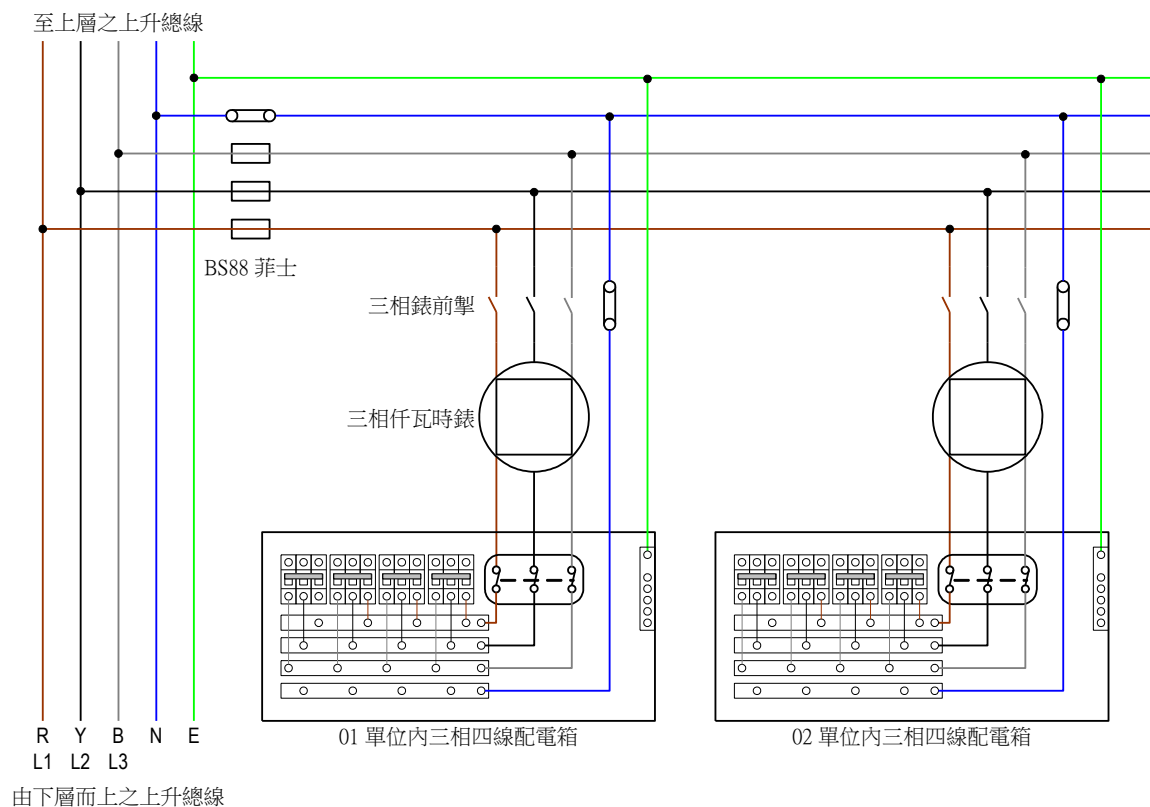
- 單相供電，如（圖：2.33）示；
- 三相供電，如（圖：2.34）示；
- 單相及三相供電，如（圖：2.35）示；

電力由上升總線到每一層後，一般用行內俗稱「T」的方法分出電力，再經 BS88 菲士及連杆構成五條總線，分別為 L1、L2、L3、N 及 E，總水線主要由銅帶構成。每一電力用戶根據需要從這五條總線分到相對的線連接到「錶前掣」，再經由電力公司負責管理安裝，用作計算電費的仟瓦時錶後，便經俗稱「總線」入單位。電力用戶之單位內必定有一個配電箱，而錶前掣及仟瓦時錶一般裝於單位外。錶前掣及仟瓦時錶可分為單相及三相兩種，主要視乎該單位是屬於單相或三相供電。（圖：2.36、2.37 及 2.38）為實際的安裝圖示。

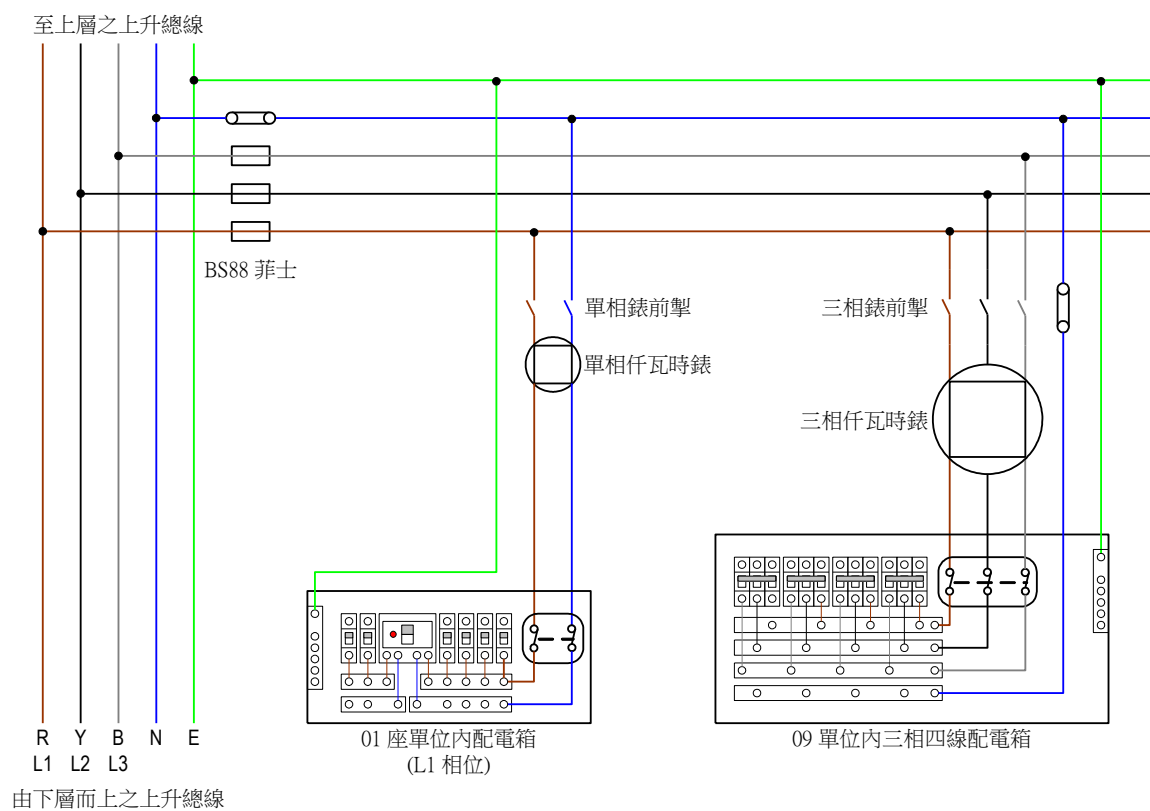
為了達致三相供電平衡，每層的單相用戶都會根據設計，平均地分配到 L1、L2 及 L3 相位，例如：A 單位是 L1 及 N、B 單位是 L2 及 N、C 單位是 L3 及 N 等，若有 D 單位，則再由 L1 及 N 開始。



（圖：2.33）



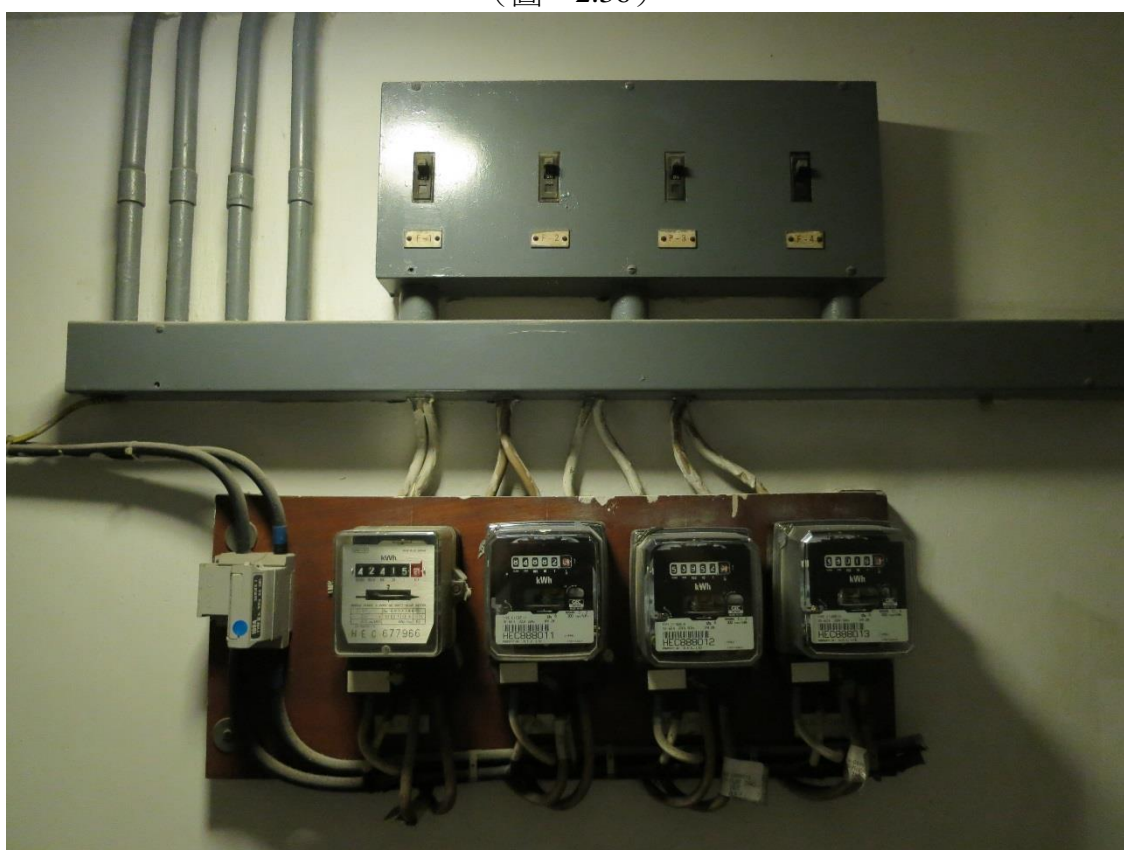
(圖：2.34)



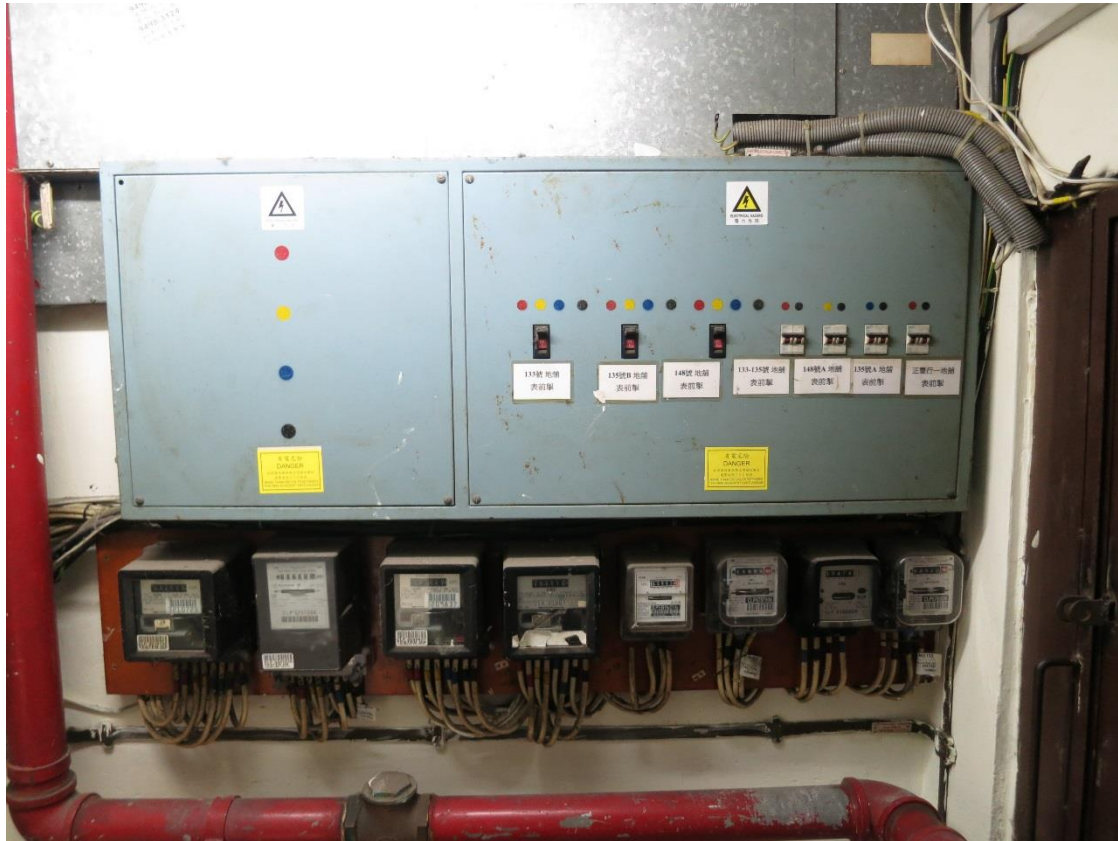
(圖：2.35)



(圖：2.36)



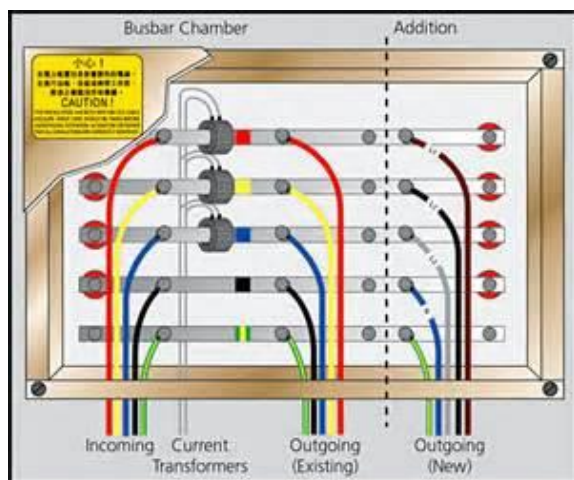
(圖：2.37)



(圖：2.38)

匯流排 (Busbar Chamber - BBC)

匯流排的作用是把電流經過分支總掣分流至不同凡地區，額定電流由 100A 至 800A 不等，匯流排內銅巴愈粗，額定電流愈大，內裡銅巴透過橘紅色絕緣接線釧固定在金屬外殼之內，如（圖：2.39）示。



(圖：2.39)

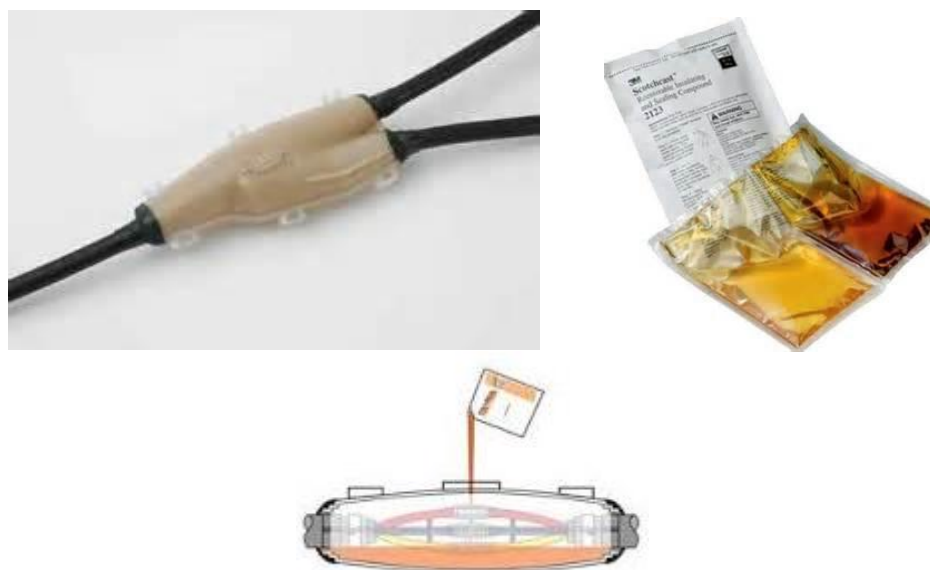


分支接線聯合 (Tap-off cable joint)

當以電纜作為上升總線時，使用分支接線聯合便可以在不切斷電纜的情況下，取得分支電源，內裡組件包括塑膠外殼、接線線耳及一包未混合的樹脂，如（圖：2.40）示。

使用步驟如下

1. 用電工刀切去適當長度的電纜外皮
2. 用接線線耳把兩條電纜接合
3. 套上塑膠外殼後，在塑膠外殼與電纜之間的接口包上自溶膠帶
4. 把樹脂袋中央部份拉開，然後充分混和兩份樹脂
5. 直到開始產生微熱時倒入塑膠外殼內
6. 倒入時，要留意電纜位於正中央及在塑膠外殼內不應留有空氣



（圖：2.40）

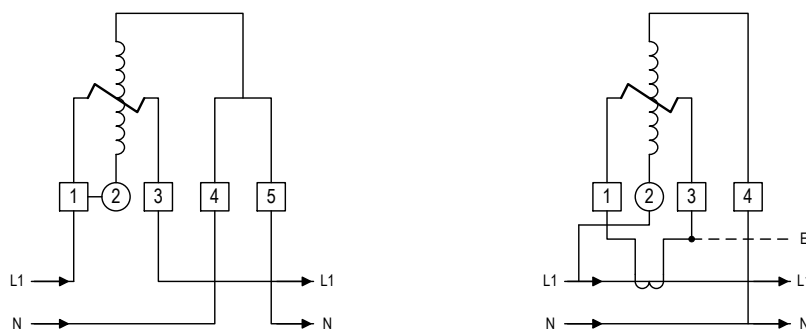
仟瓦時錶 (kWh Meter)

傳統的仟瓦時錶有用於單相及三相供電兩種類型，如（圖：2.41）示，用作測量交流電路的有功功率，從而計算電費的度數，所以又稱為『電度錶』。它是一種感應式儀錶，主要由一個可旋轉的鋁碟和分別繞在鐵芯上的一個電壓線圈與一個電流線圈所組成。當有電流通過兩個線圈後，鋁碟便感應出渦流，從而產生磁場與鐵芯磁場產生推斥作用，使鋁碟旋轉，鋁碟主軸帶動計算器，計算電功率，鋁碟轉動的快慢與電流及電壓線圈電流成正比。另外電子仟瓦時錶也是近十多年經常使用的，主要是提供給大量用電客戶使用，所以亦只是使用三相供電類型，準確度亦較傳統的機械式高，較舊款式需要安裝固網電話線，用作自動報錶系統；較新型號已經內置無線電話的用戶身份模塊(Subscriber Identity Module, SIM)，經由無線電話網絡作自動報錶。

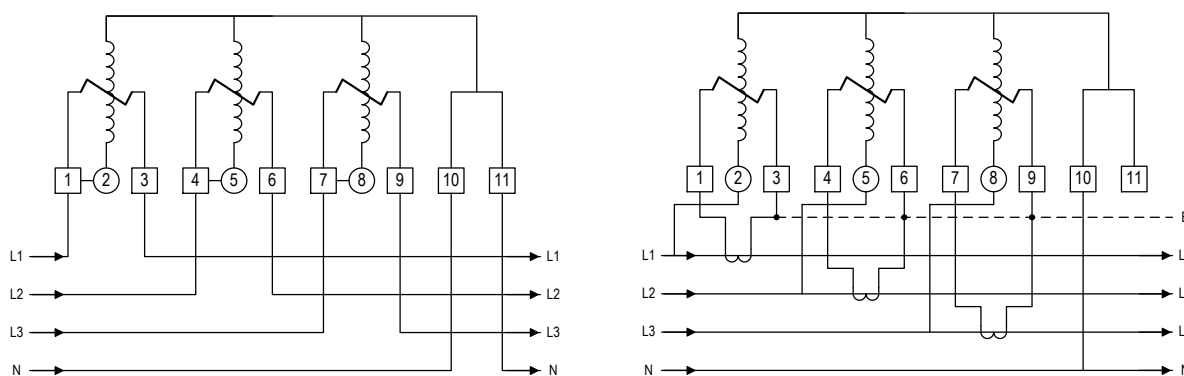


(圖：2.41)

單相電度錶的連接方法如（圖：2.42）示，可分為『直氣錶』及『CT 錶』兩種。惟各廠的產品之接線端次序及號碼可能不同，所以接駁時須根據廠方提供的電路圖適當地連接相關的電壓線圈及電流線圈。

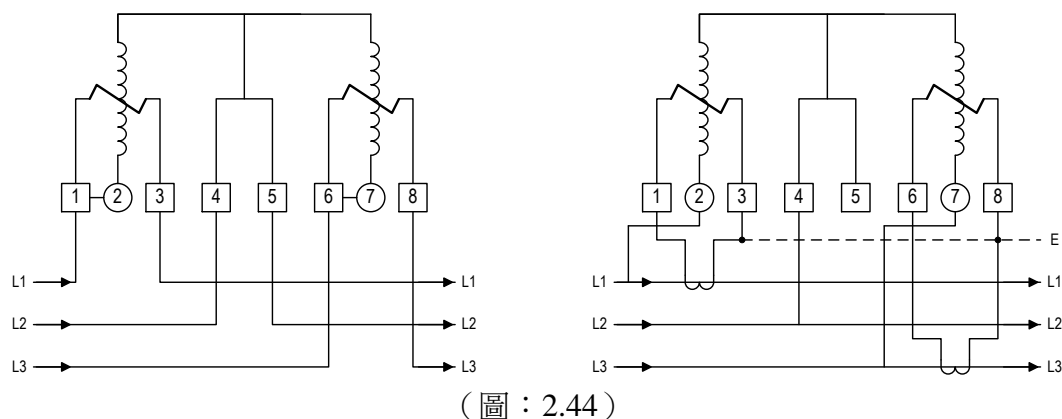


(圖：2.42)



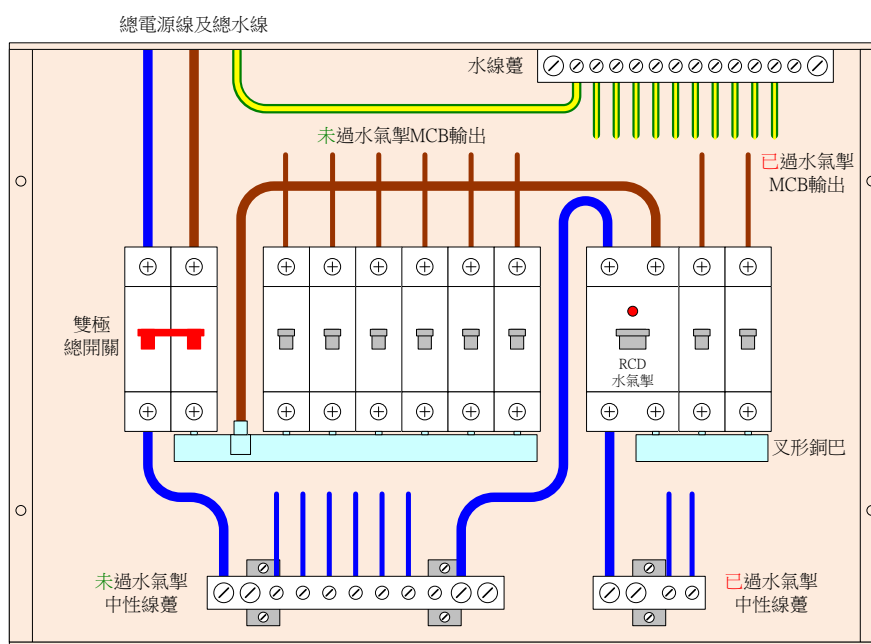
(圖：2.43)

三相電度錶結構基本上與單相相同，也可分為『直氣錶』及『CT 錶』兩種。供『三相四線』系統，設有三組電壓、電流線圈的品種之接線圖如（圖：2.43）示。另外也有只有二組電壓、電流線圈的品種，主要用於『三相三線』供電系統，如（圖：2.44）示。



單相配電箱 (Single Phase MCB Distribution Board)

單相配電箱裝於單相電力用戶單位之內，一般位於廚房，又稱為「房口電箱」。一對總電源線經單位外之錶前掣及仟瓦時錶輸入用電單位，並接於雙極總開關之輸入端，如(圖：2.45)示。



單相配電箱主要由雙極總開關、斷路器 MCB 及漏電斷路器(水氣掣) RCB 等組合而成。雙極總開關一般叫「總掣」，也稱為 AI (All Isolated) 掣，當總掣關掉 (OFF) 後，除輸入端外，全個配電箱都應不帶電。

電力經過總掣後會由叉形銅巴分支到不同的斷路器，一般不需漏電斷路器保護的固定電力裝置如：燈、冷氣和煮食爐等，會從這些斷路器取電；由於工作守則規定插座必須由漏電斷路器保護，從而防止漏電發生，所以經總掣後也有兩條總氣到漏電斷路器的輸入端，同樣經漏電斷路器後也會由叉形銅巴分支到不同的斷路器，惟這些斷路器會連接到受漏電

斷路器保護的插座電路。配電箱內有兩組中性線薹，一個是用作連接不經漏電斷路器的負載；另一個是連接已經漏電斷路器保護的負載，兩者不能互換，否則會跳漏電斷路器。

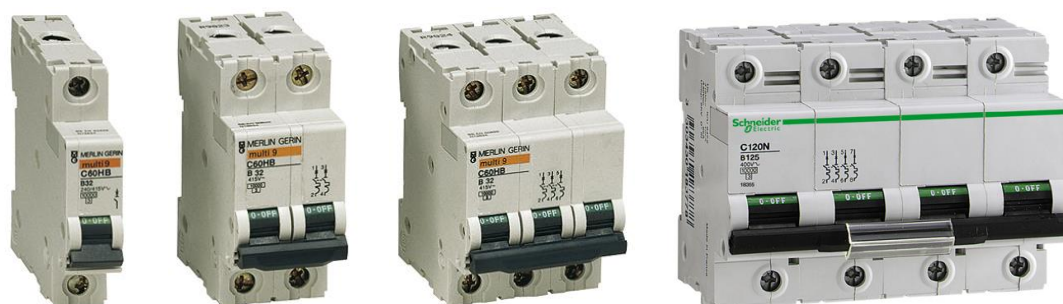
配電箱內除了漏電斷路器外，也有可能裝設如下的保護裝置，惟有機會裝於配電箱前或附近的位置。

- **MCB (Miniature Circuit Breaker) 斷路器 標準：IEC/EN 60898**

斷路器又稱「微型斷路器」或稱「跳掣」，廣泛用於住宅及工商業用戶最終電路的過載及短路保護，一般額定電流 6A - 100A(100A 的 MCB 體積較 63A 的為大，而且不能安裝在標準配電箱內)，其預期短路電流容量（斷流容量）分別為 3kA、6kA 及最高為 10kA，如（圖：2.46）示。MCB 的閉合是利用機械拉緊彈簧使導電的接觸點接通，當跳脫裝置受電磁、電熱或人手觸發，使機械微動開關脫扣，接觸點便被彈簧迅速切離；斷路器的跳脫控制形式主要分成熱脫扣式及磁脫扣式兩類。

- **RCD (Residual Current Device) 水氣掣，餘差/剩餘電流裝置 標準：IEC/EN 61009-1**

漏電斷路器只提供漏電保護，分單相雙線及三相四線，如（圖：2.47）示，最高載流量為單相 60A、靈敏度 10~30 毫安；三相最高載流為 100A，靈敏度最高 500 毫安及有延時操作。有部份四極漏電斷路器仍叫 RCCB，但在下方或側面印上 RCD，但是要留意的是只有 30 毫安以下的水氣掣才可以作為人體保護。



（圖：2.46）



（圖：2.47）

- **RCCB (Residual Current Circuit Breaker) 標準：IEC/EN 61008-2-1**

即 RCD + MCB 連成一體之大型漏電保護裝置，俗稱「水總」，提供漏電及過載保護。多為四極的三相四線裝置，但亦有某些牌子有三極 RCCB 可作三相及單相雙線用途，也有較少的單相品種。一些日本牌子仍叫做 ELCB（Earth Leakage Circuit Breaker），如（圖：2.48）示。ELCB 也叫漏電斷路器，是最早期的漏電裝置的統稱，分電壓及電流式操作，惟

電壓式會受水線問題影響工作，現時已淘汰。據說 ELCB 這名稱有專利，所以後期便有不同廠採用不同叫法的出現。



(圖：2.48)

- RCBO (Residual Current circuit Breakers integral Over current protection)
- 標準：IEC/EN 61009-1 and 61009-2-2

即 RCD + MCB 連成一體，附加集成電路過流保護，為小型的漏電保護裝置，它的大小與一般 MCB 差不多，所以裝於配電箱時，只會佔一條 MCB 的位置。因多了一條水線所以俗稱「老鼠尾水氣掣」，如（圖：2.49）示，這條水線最為重要，但有很多電工在做絕緣測試時因「他唔起」把它剪掉，這是不正確的做法。因這條水線能帶走集成電路及其它電子電路所產生的正常漏電電流，以免有誤跳發生。而這些屬正常漏電電流為：電腦、電訊設備所產生的三次諧波，所以 RCBO 又稱為「濾波形水氣掣」，其餘可稱為「脈沖形水氣掣」。



(圖：2.49)

- MCCB (Moulded Case Circuit Breaker) 模製外殼斷路器 標準：IEC/EN 60947

模製外殼斷路器又稱「NFB, No Fuse Breaker」，此類斷路器的保護性能與微型斷路器相似，但體積較大，如（圖：2.50）示，大額定值電流的斷路器通常其切斷（動作）電流是可以調較的。此種斷路器的額定值介乎 10A 至 3000A，但其斷流容量比微型斷路器為高，在不同型號上斷流容量有所不同；以施耐德的 NG160 型號及系統電壓 380V 來說，分別為最的經濟型(E Type 16kA)、普通型 (N Type 25kA) 及重型 (H Type 36kA) 三種，當中重型斷流容量最高，而另一個型號 NSX100，它分為 B、F、H、N、R、HB1 及 HB2 多種型號，其中 HB2 更高達 100kA，多作為總掣及支總掣的過載及短路保護。MCCB 的脫扣特性基

本上與 MCB 相類似，所不同的是每一類別的 MCB 的脫扣特性是預先設定的，不能隨意更改，但 MCCB 的脫扣特性，則可按實際需要而設定，而且更可因應需求而加入跳脫線圈、輔助接點及接地保護等組件，高級型號更與多功能電力分析儀融合連繫電腦網絡。



(圖：2.50)

● 熔絲 (Fuse) 標準：BSEN 88

熔絲不能直接使用，必須配合熔絲座或熔斷開關來使用。擁有多種不同類型，不同類型之間亦不能混合使用，其斷流容量最少為 80kA。俗稱依照其外形有多種叫法，如炮仗灰土、屋仔灰土、牛眼灰土、橈仔灰土、燙斗灰土等等……，一般額定電流由常用的 2A 至 1250A 不等，至於電力公司才會使用的甚至高達 6000A，耐壓值由低壓的 250V 至超高壓的 115000V 也有，如（圖：2.51）示。



(圖：2.51)

鎖類設備 (Locking Device)

不論任何牌子及種類的保護器件，大多數也會有相應的鎖類設備可供使用，在安全施工的考慮上也是必須的；但不同牌子及種類的保護器件，它們的鎖類設備大多數也不可以共用，如（圖：2.52）示。



(圖：2.52)

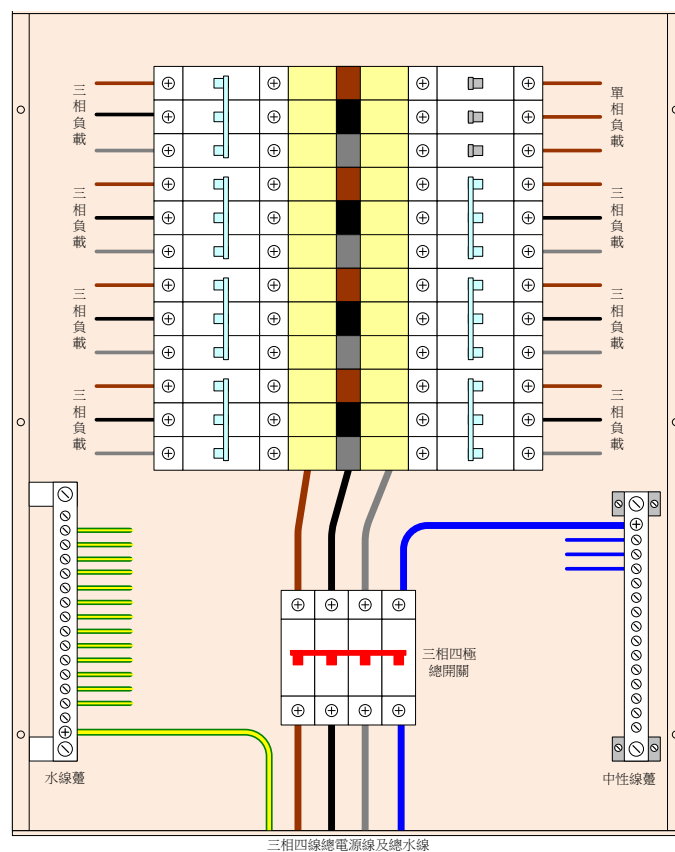
三相配電箱 (3 Phase MCB Distribution Board)

三相配電箱也裝於三相電力用戶單位之內，一般是用電量較多的住宅單位、商業或工業用戶。總電源線為三相四線，同樣經單位外之錶前掣及仟瓦時錶入單位，惟他們全都是相關的三相裝置。

總開關多使用 MCB，舊式的多採用三相三極，但新式的會採用三相四極，使中性線也

一同隔離，如（圖：2.53）示。電力經總掣後會由三條導線連接至三相 MCB 巴，而斷路器便經這些巴取得三相電。較新型的三相配電箱的 MCB 巴會設有四條，使安裝其他保護裝置更方便。

三相配電箱內的斷路器有三相三極及單相單極兩種，可根據電路的需要接駁。舊式的三相配電箱大部份都沒有裝設漏電斷路器，只在有需要時於空間的位置加裝，也有一些會加上 RCBO 給予插座電路使用。

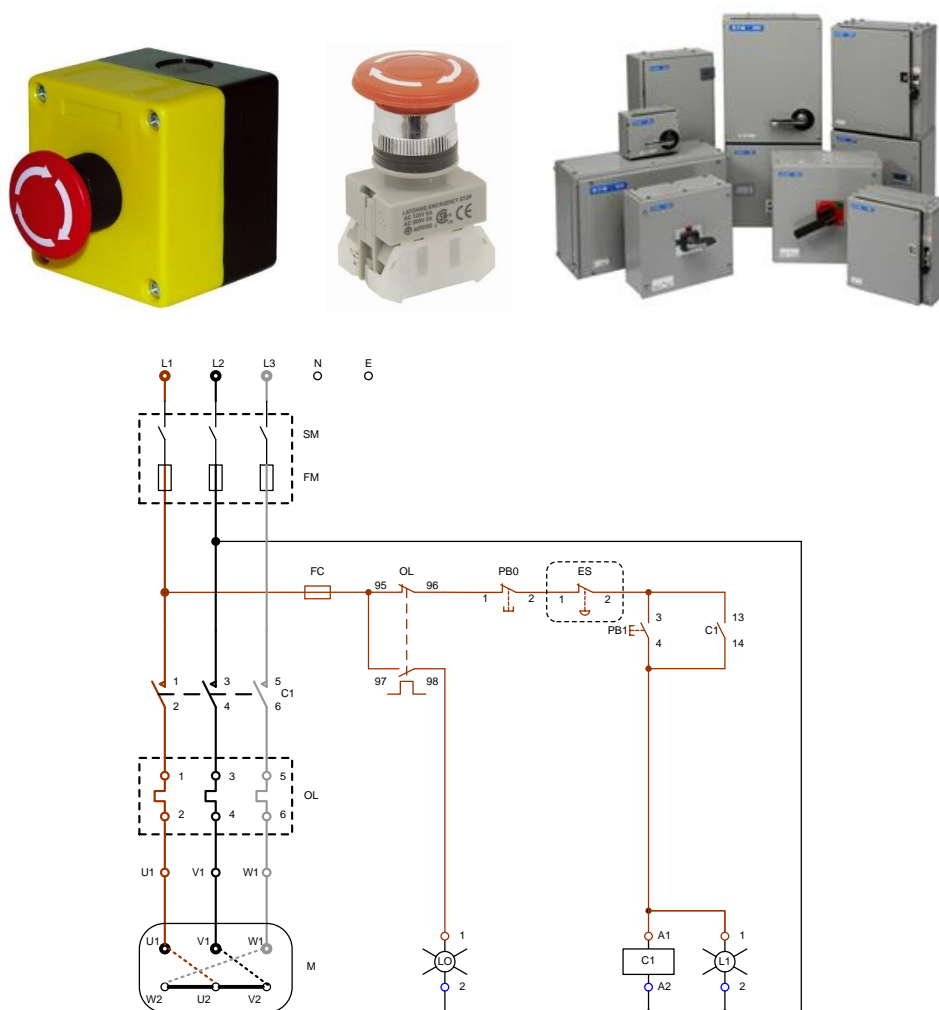


（圖：2.53）

三相感應電動機直接起動電路 (Direct On Line 3 Phase Induction Motor Circuit)

三相感應（異步）電動機具有結構簡單，運行可靠，堅固耐用，價格便宜，維修方便等一系列的優點。因此，在電機工程中得到了廣泛的應用。而三相感應電動機的控制大多由接觸器、繼電器、開關、按鈕等有觸點配件組合而成，電路十分簡單。

三相感應電動機直接起動電路常用於只需要單方向運轉的小功率感應電動機的控制，例如：小型通風機、水泵及鑽床等機械設備。它這是一種最常用、最簡單的控制線路，常用作電動機的起動、停止的自動控制、遠距離控制、頻繁操作場合。（圖：2.54）是三相感應電動機單向起動控制線路的電路圖。

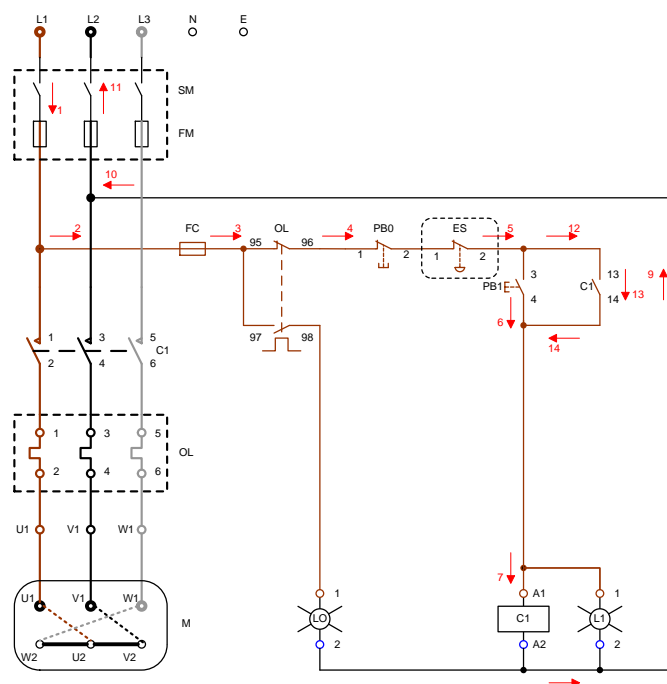


(圖：2.54)

在(圖：2.54)中，主電路由隔離開關 SM、熔斷器 FM、接觸器 C1 的常開主觸點（接點），熱繼電器 OL 的熱元件和電動機 M 組成。控制由控制熔斷器 FC、熱繼電器 OL 的常閉觸頭、停止按鈕 PB0、緊急停掣（附加）ES、起動按鈕 PB1、接觸器 C1 線圈和常開輔助觸點構成。控制電路的工作原理如下：

● 起動電動機

三相電流經三相隔離開關 SM 及熔斷器 FM 使繼電器 C1 接點得到三相電源。當按下起動按鈕 PB1，電流由 L1 開始取電經控制熔斷器 FC、熱繼電器 OL 的（常閉）接點、停止（常閉）按鈕 PB0、緊急（常閉）停掣（附加）ES、起動（常開）按鈕 PB1 達至接觸器 C1 的線圈得電，再經 L2 作回路，如（圖：2.55）1-11 路徑；此時 3 對（常開）主觸點閉合，使三相電動機獲得三相電源，電動機開始起動。同時，與 PB2 並聯的 C1-13、14 的（常開）輔助觸點閉合，電流經兩條路至線圈，如（圖：2.42）12-14 路徑，即使鬆手斷開 PB1，繼電器線圈 C1 通過其輔助觸點 C1-13、14 可以繼續保持通電，維持吸合狀態。凡是接觸器（或繼電器）利用自己的輔助接點來保持其線圈帶電的，稱之為自鎖（Self hold）或自保持電路。這個觸點稱為自鎖（自保）觸點。由於 C1 的自鎖作用，當鬆開 PB1 後，電動機仍能繼續運轉起動，最後達到穩定運轉。



(圖：2.55)

● 停止電動機

按停止按鈕 PB0，其常閉接點開路，接觸器 C1 的線圈電流通斷失電，其主觸點和輔助觸點均斷開，電動機截斷三相電源，停止運轉。這時，即使鬆開停止按鈕，由於自鎖觸點已斷開，所以接觸器 C1 線圈不會再通電，電動機也不會自行起動。若再次按下起動按鈕 PB1 時，電動機方能再次起動運轉。

電動機控制電路的電路保護

一般用接觸器構成的電動機控制電路，主要有下列的保護：

● 短路保護

短路時通過熔斷器 FM 的熔體熔斷切開主電路。

● 過載保護 標準：IEC/EN 60947-4-1

由於熱繼電器（過載繼電器）的熱慣性比較大，即使熱元件上流過幾倍額定電流的電流，熱繼電器也不會立即動作。因此在電動機起動時間不太長的情況下，熱繼電器經得起電動機起動電流的衝擊而不會動作。當電動機長期過載下 OL 才動作，斷開控制電路 OL-95、96，如（圖：2.56），使接觸器 C1 失電，切斷電動機主電路，電動機停轉，實現過載保護。根據工作守則規定，大於 0.37kW 的電動機須加設過載保護裝置。



(圖：2.56)

- 欠壓和失壓保護 標準：IEC/EN 255

當電動機正常運轉時，若電源電壓過分地降低將引起一些電器釋放，造成控制線路不正常工作，可能產生事故，也會引起電動機轉速下降甚至停轉。因此需要在電源電壓降到一定允許值以下時將電源切斷，這就是欠電壓保護。若電動機在正常運行時之電源電壓由於某種原因消失，那麼在電源電壓恢復時，電動機也會自行起動，這就可能造成生產設備的損壞，甚至造成人身事故，稱為零壓保護。以上兩點都是為了防止電動機於失壓或零壓後自行起動，叫失壓保護或零壓保護。另外，對電網來說，同時有許多電動機及其他用電設備自行起動也會引起不允許的過電流及瞬間網絡電壓下降。

欠壓和失壓保護是通過接觸器 C1 的自鎖觸點來實現的。在電動機正常運行中，由於某種原因使電網電壓消失或降低，當電壓低於接觸器線圈的釋放電壓時，接觸器釋放，自鎖觸點斷開，同時主觸點斷開，切斷電動機電源，電動機停轉。如果電源電壓恢復正常，由於自鎖解除，電動機不會自行起動，從而避免了意外事故發生。直至有操作人員再次按下 PB1 後，電動機才能起動。控制線路具備了欠壓和失壓的保護能力以後，有如下的優點：

- 防止電壓嚴重下降時電動機在重負載情況下的低壓運行；
- 避免電動機同時起動而造成電壓的嚴重下降；
- 防止電源電壓恢復時，電動機突然起動運轉，造成設備和人身事故。

壓力開關及流水掣 (Pressure Switch and Flow Switch)

雖然壓力開關及流水掣很多時並非由電力工程人員進行安裝，但是安裝後由電力工程人員接線及維修則很常見，因為它跟電動機的控制電路有密切關係，不論是水喉還是氣喉 / 風槽也會見到這兩個開關，當然規格上有少許分別，壓力開關：如（圖：2.57）及流水掣：如（圖：2.58）。

- 壓力開關是用來感應管道內的壓力，當達到預定壓力時可以指示電動機運行或停止。
- 流水掣是用來感應管道內的空氣或液體是否有流動，屬於電動機的保護電路之一。



（圖：2.57）



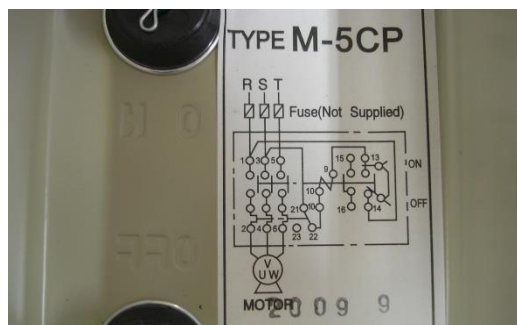
（圖：2.58）

直接起動器 (Direct On Line Starter)

直接起動器主要由三相直接起動電路構成，惟所有的配件包括起動按鈕、停止按鈕、主繼電器及過載繼電器都裝在一個箱內，箱內大部份的佈線已完成，使用時只須將三相電源（輸入）及三相電動機（輸出）接上，其效果與一般直接起動電路一樣，如（圖：2.59）及（圖：2.60）示。

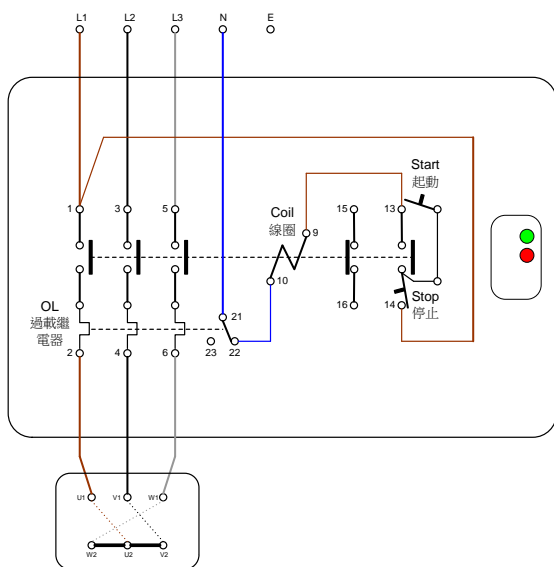


（圖：2.59）

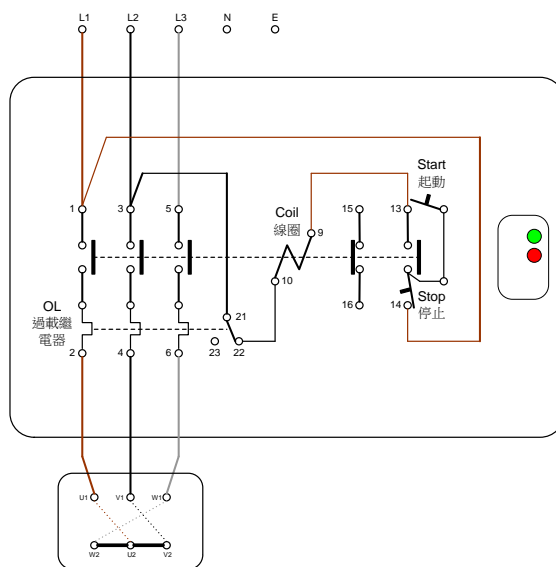


（圖：2.60）

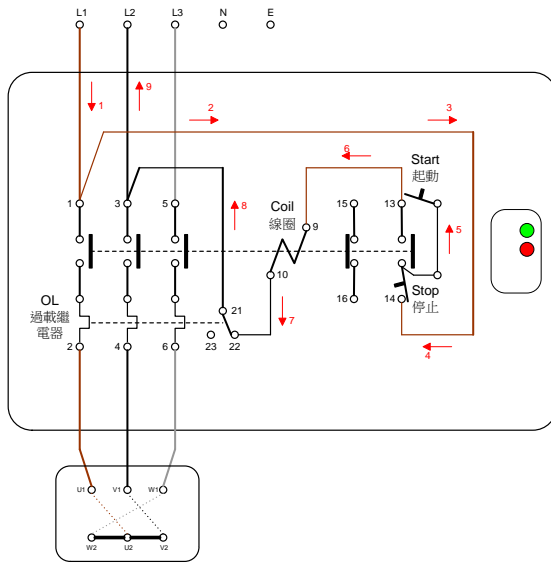
由於直接起動器令電路簡化，體積較小，所以廣泛用於鑽床、抽風機及小型三相電動機的場合。惟選擇時除考慮負載的電流量外，也要留意繼電器的線圈的電壓，在香港有主流的 220V（圖：2.61）及較少人採用的 380V（圖：2.62）兩種，前者必須提供三相四線供電；後者只須提供三相三線供電便可。



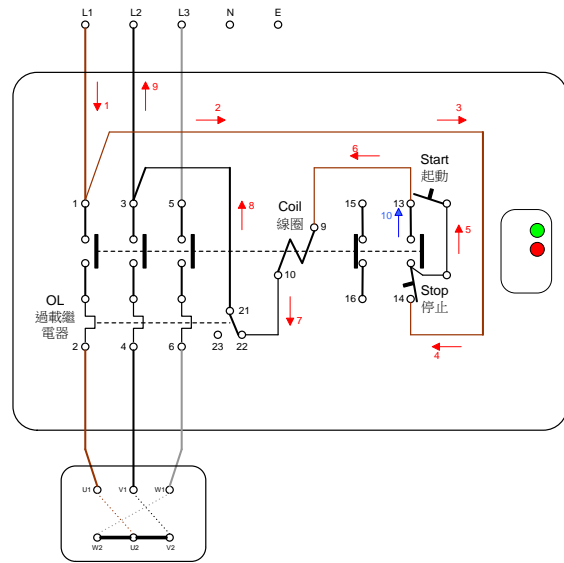
（圖：2.61）



（圖：2.62）



(圖：2.63)

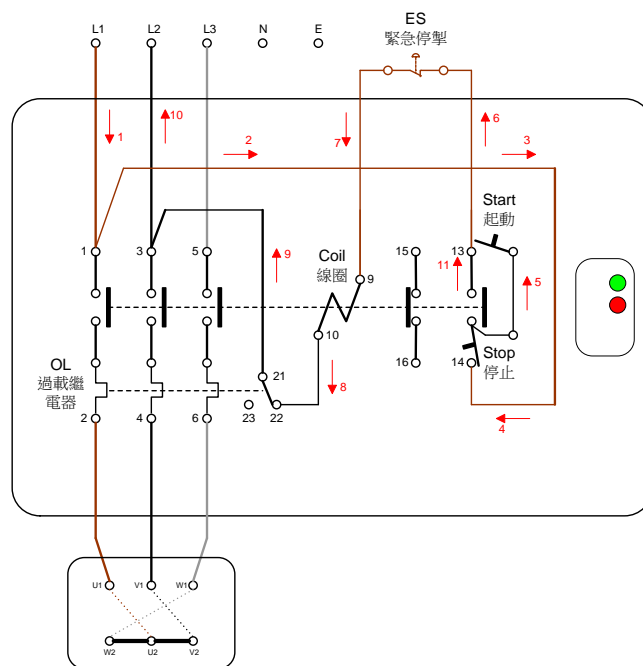


(圖：2.64)

(圖：2.63) 為直接起動器的內部電路圖，線圈的電壓為 380V，當按下起動按鈕 Start 後，電流由 L1 開始取電經停止（常閉）按鈕 Stop（14）、起動（常開）按鈕 Start（13）、接觸器的線圈（9、10）、熱繼電器 OL（21、22）的（常閉）接點，再經 L2 作回路，如（圖：2.64）1-9 路徑，此時 3 對（常開）主觸點閉合，使三相電動機獲得三相電源，電動機開始起動。同時，與起動按鈕 Start 並聯的（13、14）輔助觸點閉合，電流經兩條路至線圈，如（圖：2.49）1-10 路徑，即使鬆手斷開起動按鈕 Start，繼電器線圈通過其輔助觸點（13、14）可以繼續保持通電，維持吸合（索下）狀態。

當按下停止按鈕 Stop，其常閉接點開路，接觸器的線圈電流斷電復位，其主觸點和輔助觸點均斷開，電動機截斷三相電源，停止運轉。這時，即使鬆開停止按鈕 Stop，由於自鎖觸點已斷開，所以接觸器線圈不會再通電，電動機也不會自行起動，需要再次按下起動按鈕 Start，電動機方能再次起動運轉。

(圖：2.65) 為直接起動器於外部附加一個緊急停掣 ES 的電路圖，當緊急停掣按下，由於它串接於停止（常閉）按鈕 Stop（13）與線圈（9）之間，其功能與按下停止按鈕 Stop 一樣，也能使接觸器的線圈電流斷電復位，電動機停止運轉。



(圖：2.65)

● 思考題：

- ✓ 若（圖：2.49）電路圖停止（常閉）按鈕 Stop（13）與線圈（9）之間的電線拆離，再串聯一個外接的緊急停掣 ES，使電路於緊急時，可以按動緊急停掣 ES 使電動機停止；若電路需要再加另一個緊急停掣 ES2，電路應怎樣改動，試找出二個建議？

守則7 電流需求量**7A 電路的電流需求量**

每一電路的電流額定值，不應低於該電路的電流需求量。

7B 電流需求量的決定**(1) 概要**

本守則所提供有關決定電流需求量的資料和數值，只擬作為一般指引，因為若要就每一類電力裝置訂明所用的適當容許參差額，是不可能做到的。

(2) 非同時或周期性負荷的電路

電路如供應非同時或周期性負荷，即任何時間內只有其中一種負荷在使用中，則在決定該電路的電流需求量時，應按其中最大的負荷來計算。

(3) 最終電路

應採用下列方法來決定每一最終電路的電流需求量：

- (a) 依照守則 6 設計的標準最終電路，電流需求量應與其過流保護器件的額定值相同。
- (b) 上文 (a) 節以外的最終電路的電流需求量，應按所連接或預定連接的用電器具的下列假定電流需求量總和計算：
 - (i) 放射式最終電路的每一插座，應假定以其額定電流值為需求量；
 - (ii) 照明供電點應假定以所連接的負荷為需求量，而每一燈座最少為 100 瓦特；
 - (iii) 電鐘、鬚刨插座、電鈴變壓器、以及額定值不超過 5 伏安的用電器具，可以不計；
 - (iv) 放電照明以伏安計算的需求量，應假定為該電燈的額定瓦特乘以不少於 1.8 的數字；而此乘數(1.8) 是假定電路的功率因數已提高至不少於 0.85 滯後，並已顧及控制設備損耗及諧波電流等因素；及
 - (v) 所有其他固定器具，應假定以額定或正常電流為需求量。

(4) 設有多個最終電路的電路

設有多個最終電路的電路，其電流需求量應按表 7(1) 所列的容許參差額，乘以連接該電路的所有器具的總電流需求量來作決定，而不應以依照第(3) 段計算所得的個別最終電路的電流需求量相加來計算。

使用表 7(1) 時，應留意下列各點：

- (a) 表 7(1) 只應適用於每相電流需求量不超過 400 安培的裝置。
- (b) 每相電流需求量超過 400 安培的裝置，應按適當情況由 B 級或 C 級註冊電業工程人員來評估容許參差額。
- (c) 在表 7(1) 內，容許參差額的數字乃按電流需求量或用電器具額定滿載電流的百分率列出。
- (d) 表 7(1) 不適用於工廠及工業經營的裝置。這類裝置的容許參差額，將視乎廠房與機械類別及其操作要求而定。

守則：表 7(1)容許參差額

此表只適用於每相電流需求量不超過 400 安培的裝置。

須應用參差額計算的導體或開關設備的用途	房產類別		
	個別家庭裝置，包括一幢大廈內的個別居住單位	小型商店、倉庫、辦公室及商業樓宇	小型酒店、宿舍、賓館等
1. 照明	總電流需求量的 66%	總電流需求量的 90%	總電流需求量的 75%
2. 發熱及電力(參閱下列第 3 至 10 項)	總電流需求量首 10 安培的 100% + 超過 10 安培後的 50% 電流需求量	最大用具滿載電流的 100% + 其餘用具滿載電流的 75%	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 80% + 其餘用具滿載電流的 60%
3. 煮食用具	10 安培 + 煮食用具滿載電流減去 10 安培後的 30% + 5 安培(如用具內裝有插座)	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 80% + 其餘用具滿載電流的 60%	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 80% + 其餘用具滿載電流的 60%
4. 電動機(除升降機的電動機外，見第 8 項)	——	最大電動機滿載電流的 100% + 次大電動機滿載電流的 80% + 其餘電動機滿載電流的 60%	最大電動機滿載電流的 100% + 其餘電動機滿載電流的 50%
5. 熱水器(即熱式)	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 100% + 其餘用具滿載電流的 25%	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 100% + 其餘用具滿載電流的 25%	最大用具滿載電流的 100% + 次大用具滿載電流的 100% + 其餘用具滿載電流的 25%
6. 熱水器(自動調溫控制)	無容許參差額 註：必須確保在無應用參額下，配電箱的額定值足以承受與其接連的總負荷。		
7. 貯熱式空間加熱裝置			
8. 升降機的電動機	註：由根據《升降機及自動梯(安全)條例》(香港法例第 327 章)註冊的升降機工程師訂定有關的要求。		
9. 水泵	最大水泵電動機滿載電流的 100% + 其餘水泵電動機滿載電流的 25%。		
10. 空氣調節機睡房或客廳空氣調節	睡房或客廳空氣調節機(以較大者為準)滿載電流的 100% + 其餘空氣調節機滿載電流的 40%	最大用電點電流需求量的 100% + 其餘每一用電點電流需求量的 75%	最大用電點電流需求量的 100% + 其餘每一用電點電流需求量的 75%

須應用參差額計算的導體或開關設備的用途	房產類別		
	個別家庭裝置，包括一幢大廈內的個別居住單位	小型商店、倉庫、辦公室及商業樓宇	小型酒店、宿舍、賓館等
11. 按照守則 6D 的最終電路安排	最大電路電流需求量的 100% + 其餘每一電路電流需求量的 30%	最大電路電流需求量的 100% + 其餘每一電路電流需求量的 40%	
12. 按照守則 6E 的最終電路安排	最大電路電流需求量的 100% + 其餘每一電路電流需求量的 40%	最大電路電流需求量的 100% + 其餘每一電路電流需求量的 50%	
13. 除以上所列項目外的同類固定裝置，如雪櫃、冰箱等	最大用電點電流需求量的 100% + 其餘每一用電點電流需求量的 40%	最大用電點電流需求量的 100% + 其餘每一用電點電流需求量的 75%	最大用電點電流需求量的 100% + 主要房間(如飯廳)內每一用電點電流需求量的 75% + 其餘每一用電點電流需求量的 40%

守則 8 隔離及開關**8A 隔離及開關的設置****(1) 一般裝置**

- (a) 裝置必須有總開關掣或斷路器以及可切斷所有電壓的隔離設備。上述兩個功能亦可由單一個器件合併執行。總開關掣或斷路器應切斷所有帶電導體(即相及中性導體)，並能自電源切斷裝置的滿載電流。若為三相四線交流電源，可安裝連動開關掣或連動斷路器以便只截斷相導體的電源，在此情況下，應在中性導體中設一連桿，並用螺栓或螺絲穩妥固定。
- (b) 裝置如供電給多過一幢大廈，則每一幢大廈內部的裝置，應視為獨立裝置，而根據(a) 節的規定，每一幢大廈須設有獨立的總開關掣或斷路器以及獨立的隔離設備。
- (c) 每條或每組電路，必須設有：
 - (i) 隔離設備；
 - (ii) 在負載下載斷電源的設備。
- (d) 若有安裝後備發電機，應使用電氣性及機械性連鎖的四極轉換器件連接於正常與後備電源間，以確保任何不平衡的中性線電流與故障電流能返回正確的電源。
- (e) 在任何情況下，均不得在保護導體之內設隔離設備或開關器件。
- (f) 直接從供電商變壓器取得電力所用的斷路器，通常應為抽出型。若斷路器為固定型，則須與隔離開關並用，而兩者之間須有機械性連鎖。

(2) 用具、器具或照明器

- (a) 用具、器具或照明器，除非以插頭與插座連接電源，否則應設有可在負載下載斷電源的設備。
- (b) 若放電照明裝置通常以開路電壓超過低壓操作，應安裝有效的就地設備使電路與電源隔離(須在通常用以控制電路的開關掣之外加設)，以隔離每個獨立的照明器或每一供電予照明器而超過低壓的電路。

(3) 無護罩的活動部分

必須供人進入內部或在近距離進行工程的裝置，如其活動部分通常沒有護罩以致可能構成危險，則除了設置緊急開關掣外，還應在活動部分附近裝上隔離設備。

(4) 電動機

除了額定功率不超過 50 瓦特的抽氣扇和伺服電動機外，電動機應設有：

- (a) 在適當位置安裝的隔離設備，並妥為連接使所有電壓能自該電動機及所連用的一切儀器(包括自動斷路器) 切斷。如果該隔離設備與電動機的距離很遠，則應在電動機毗鄰另設隔離設備，或按照守則第 8B(2)(g) 條的規定防止任何人無意啟動隔離設備；
- (b) 起動及止動設備，應設於適當位置供隨時操作；及
- (c) 在電動機突然再起動會引起危險的情況下，應設防止電動機因電壓降低或中斷電力而停頓後自行再起動的設備。如果該電動機於電力暫時中斷後不能自行起動會有可能引起更大危險，例如驅動通風扇或防火系統的電動機，則無須設有這類設備。此外，如果已採取足夠的保障措施，防止電動機突然再起動所產生的危險，例如在自動處理機械中裝上按序驅動設備，或使用如檔板、障礙物等安全器具，

則本規定不阻止使用自動控制器件來隔一段時間把電動機起動。

(5) 關閉電源作機械性維修

- (a) 當進行機械性維修時會有灼傷危險或因移動機器而受傷的危險，必須設有關閉電源作機械性維修的設備。這包括供電予下列器具的每一電路：
 - (i) 電動機；
 - (ii) 電力加熱器具；
 - (iii) 有可能引起機械性意外的電磁器具；
 - (iv) 照明器(更換及清潔電燈列為機械性維修)；及
 - (v) 使用電能時有可能引起機械性或過熱危險的任何其他用電器具。
- (b) 除非用以關閉電源的設備一直由進行機械性維修的人控制，否則應提供適當設備，以防止電動器具在進行機械性維修時無意地再次啟動。
- (c) 若電動器具屬於 BS EN 60204 的範疇，則該標準有關關閉電源作機械性維修的規定適用。

(6) 緊急開關

- (a) 若裝置的任何部分可能有需要控制電源，以消除任何突發性危險，則應為該部分設置緊急開關設備。
- (b) 應設置緊急開關設備，俾能盡速切斷電路的有關電源，以便在危險情況顯露時，盡快加以避開或消除。必須設置緊急開關設備的典型例子，便是一部用可能引起危險的電力驅動的機器。
- (c) 若電動器具屬於 BS EN 60204 的範疇，則該標準有關緊急開關的規定適用。

8B 隔離及開關器件的要求

(1) 概要

若使用同一器件執行下列功能的其中一項或多項：

- (a) 隔離設備；
- (b) 關閉電源作機械性維修的設備；
- (c) 緊急開關的設備；

該器件的安排和特性，應符合守則 8 對各項有關功能的所有要求。

(2) 隔離器件

(a) 隔離器件應能：

- (i) 在空載情況下使電路的所有帶電導體(即相及中性導體) 斷開及閉合，但三相四線交流電源可設置連動隔離器以便只切斷相導體，在此情況下，應在中性導體中設一連桿，並用螺栓或螺絲穩妥固定；
- (ii) 載送正常電路電流；
- (iii) 在一段指明的時間內載送非正常電流，即可能在過流情況(即過載或故障)下產生的電流。

- (b) 各觸點或其他隔離設備的位置應看得見或清楚及可靠地標示。隔離位置的標示應只在每極已達到所指明的隔離時才出現。

- (c) 隔離器件應妥為設計及／或安裝，以防止隔離器件無意地或意外地閉合。
 - (d) 下列符合(a) 節要求的器件，可接受作為隔離設備：
 - (i) 隔離器(切斷器)；
 - (ii) 熔斷開關掣及開關熔斷器；
 - (iii) 連桿，包括熔斷連桿及熔斷器終端盒；
 - (iv) 插頭及插座；
 - (v) 電纜耦合器；
 - (vi) 斷路器，包括微型斷路器、模製外殼斷路器及電流式漏電斷路器。
 - (e) 緊急停止按鈕及半導體器件，如“觸式控制開關掣”或“光電式開關掣”，不得用作隔離。
 - (f) 若某一電路的隔離器件距離擬隔離的器具很遠，則應採取適當措施，以便將隔離設備可穩固地處於斷開位置。若這項措施是使用鑰匙或可拆去的把手，則所用的鑰匙或把手不得與同一處所內為類似用途而使用的任何其他鑰匙或把手通用。
 - (g) 用作隔離的每個器件應根據位置清楚標示或以耐用的標記顯示所隔離的裝置或電路。
- (3) 關閉電源作機械性維修的器件
- (a) 用以關閉電源作機械性維修的器件，應：
 - (i) 以人手操作；
 - (ii) 有看得見或清楚及可靠地顯示各觸點開合位置的標示；
 - (iii) 妥為設計及／或安裝，以防止意外或無意地開協；
 - (iv) 能夠切斷裝置中有關部分的滿載電流；及
 - (v) 可容易接觸以便操作。
 - (b) 下列符合(a) 節要求的器件，可接受為關閉電源作機械性維修的設備：
 - (i) 開關掣；
 - (ii) 斷路器；
 - (iii) 啟動接觸器的控制開關掣；
 - (iv) 插頭及插座。
- (4) 緊急開關器件
- (a) 緊急開關的設備應盡量直接作用於相應供電導體。這項安排應能使相應電源只通過單一引動便能切斷。
 - (b) 作緊急開關用途的中斷電源設備，應能切斷裝置有關部分的滿載電流。
 - (c) 除非作緊急開關或作重新通電用途的操作設備均由同一人控制，否則操作設備應能被鎖定或被抑制在“關”或“停”的位置上。鬆開緊急開關裝置不應重新啟動裝置的相關部分。
 - (d) 操作緊急開關設備的器件(把手、按鈕等) 應該：
 - (i) 清楚標示；
 - (ii) 最好漆上紅色；及
 - (iii) 安裝於發生危險時可容易接觸的位置，以及(在合適情況下) 可消除危險的任何額外較遠位置。
 - (e) 下列符合(d) 節要求的器件，可接受為緊急開關掣：
 - (i) 主電路的開關掣(例如高壓放電照明裝置的消防員開關掣)；

- (ii) 控制器或輔助電路的按鈕或同類器件(例如機器的緊急止動掣)。
- (f) 不應選擇插頭及插座或類似器具作為緊急開關器件。
- (g) 消防員開關掣應該：
 - (i) 髹上紅色，並穩固裝於一塊永久耐用註明“消防員開關掣 FIREMAN'S SWITCH”的銘牌上，或把該塊銘牌裝於該掣附近(該銘牌的尺寸最小為 150 毫米 × 100 毫米，字體須使站於現場適當距離的人亦可以清楚讀出，在任何情況下字體高度應不小於 13 毫米)；
 - (ii) “開”與“關”位置應清楚顯示，所用字體須使站於現場地上的人亦可清楚讀出；“關”的位置應放在上；
 - (iii) 設有適當器件，防止開關掣無意地返回“開”的位置；及(iv) 妥為排列，方便消防員操作。

守則9 過流保護器件

9A 一般要求

(1) 電路的過流保護

每一電路必須由一個或多個器件保護，俾因下列情況而產生過流時可以自動切斷電源：

- (a) 過載，或
- (b) 故障

(2) 過流保護器件的例子

下列器件可接受為防止過流的保護器件：

- (a) 微型斷路器；
- (b) 模製外殼斷路器；
- (c) 高斷流容量熔斷器；
- (d) 半封閉式熔斷器；
- (e) 內有過流脫扣器或與熔斷器並用的斷路器。

(3) 過流保護器件的要求

- (a) 過載保護器件及故障電流保護器件，應符合守則 9B、9C、9D 及 9E 的要求。
- (b) 同時提供過載電流及故障電流保護的器件，應符合有關過載保護器件及故障電流保護器件兩者的要求。
- (c) 過載保護器件的特性必須配合，以確保能抵受故障電流保護器件的通泄能量而不受損壞。在有電動機起動器的電路，本守則並不排除可使用 IEC 60947-4-1 所述的配合類別，但應向有關的起動器製造商徵詢意見。

9B 電路導體及過流保護器件之間的關係

(1) 過載保護器件

- (a) 過載保護器件應能使流經電路導體的過載電流，在令到溫度上升而致有損絕緣、接頭、終端或導體周圍環境之前，切斷電流。
- (b) 器件的標稱電流或電流設定值，不應低於電路的設計電流。
- (c) 器件的標稱電流或電流設定值，不應超出電路的任何導體的最低載流量。
- (d) 使器件有效操作的電流，不應超出電路的任何導體最低載流量的 1.45 倍。

(註：

1. 如該器件為 BS 88 第 2 或第 6 部或 BS 1361 的熔斷器，或 IEC 60898 或等效規定的斷路器，並符合(c) 節要求，亦視作符合(d) 節要求論。
2. 如該器件為 BS 3036 的半封閉式熔斷器，只要其標稱電流值，不超出受保護電路中最低的導體載流量的 0.725 倍，則作符合(d) 節的要求論。)
- (e) 若使用同一保護器件保護並聯導體(環形電路除外)，(c) 節及(d)節所述的“最低載流量”，可按有關並聯導體載流量的總和計算，但這些導體必須：
 - (i) 結構、物料和截面積相同，長度大致相等，並採用適當的相位排列方法；
 - (ii) 全長並無分支電路；及
 - (iii) 妥為安排便能載送頗大程度上等量的電流。

(2) 故障電流保護器件

- (a) 故障電流保護器件應能於每一電路導體中可能發生的故障電流，因導體及連接口產生熱及機械性效應而致引起危險之前，切斷該等電流。
- (b) 該器件應能及時切斷因電路任何一點出現故障而致產生的所有電流，以免電纜導體受熱超出其最終極限溫度。

(註：表 9(1) 列出部分常用材料的最終極限溫度。)

9C 過流保護器件的斷流容量

(1) 過載保護器件

過載保護器件如已被防止故障電流的設施保護，則斷流容量可低於在該器件安裝處的預期故障電流值。

(2) 故障電流保護器件

- (a) 故障電流保護器件的斷流容量，不應低於在該器件安裝處的預期故障電流值，除非情況符合下文(b) 節的要求。
- (b) 若已在供電側另設一個斷流容量合乎要求的保護器件，則可容許故障電流保護器件具較低的斷流容量。這兩種器件的特性應互相配合，以免其通泄能量損壞負荷側的器件，以及該器件所保護的導體。
- (c) 所有電力裝置的故障電流保護器件的斷流容量皆應各別評定。表 9(2) 所列的最低斷流容量只供一般參考。

9D 過流保護器件的位置

(1) 概要

過流保護器件應設於可容易接觸以進行維修的位置。

(2) 過載保護器件

- (a) 除(b) 節所述的情況外，過載保護器件應設於電力裝置內導體載流量數值減少的位置。
- (b) 如果介於載流量數值減少的位置與保護器件所在位置之間的導線，整段都沒有任何分支電路或出線口以供連接用電器具，則該器件可裝置於這段導線之中的任何一點位置。

(3) 故障電流保護器件

- (a) 除(b)及(c)節所述的情況外，故障電流保護器件應設於電力裝置內導體載流量數值減少的位置。
- (b) 如果設於載流量減少的位置與保護器件所在位置之間的整段導線符合下列情況：
 - (i) 長度不超過3米，及
 - (ii) 已妥為設置，使發生故障、火警或危害人命的危險減至最低；則該器件可設於這段導線之中的任何一點位置。
- (c) 如果設於保護器件與載流量減少的位置之間的導線，已按照守則9B(2)的規定採取足夠的故障電流保護措施，在載流量減少的供電側裝上故障電流保護器件，則該器件可設於(a)節所指定的位置之外。

9E 過流保護器件的其他要求

- (a) 過流保護器件應藏於並無易燃材料的外殼之內。
- (b) 每一過流保護器件應在其上或附近裝有標示，註明其預定標稱電流，而此電流須與所保護的電路相稱。
- (c) 若熔斷器有可能在所保護的電路帶電時被移去或更換，應採用適當類型的熔斷器，使移去或更換該器件時不會發生危險。
- (d) 如有需要，應備置合適的工具，以便從熔斷器箱安全地取出熔斷器。
- (e) 當斷路器可被註冊電業工程人員以外的人操作時，這些器件應妥為設計或安裝，使人不能更改其過流脫扣器的設定值或校準值，除非刻意使用鑰匙或工具才可這樣做。設定值或校準值以能夠讓人看見為佳。
- (f) 斷路器的操作把手，應無需打開通往帶電部分的門或蓋罩，便可以接觸得到。
- (g) 所有為器具提供過流保護的多相供電連動斷路器，必須由製造商特別設計，使能同時切斷所有相關的相導體的電源。任何微型斷路器在安裝時改為連動斷路器，皆不可接受。
- (h) 如果用戶的總開關掣或斷路器直接駁上供電商的配電變壓器，則本身的過流保護應與供電商的高壓保護裝置互相區別。

守則：表 9(1)
一般材料的最終極限溫度

導體材料	絕緣材料	假設最初溫度 (°C)	最終極限溫度 (°C)
銅	70°C PVC (一般用途)	70	160/140*
	90°C PVC	90	160/140*
	60°C 橡膠	60	200
	85°C 橡膠	85	220
	90°C 熱固性 浸漬紙	90	250
		80	160
銅	礦物		
	● 塑料覆蓋或可被接觸 ● 裸露和不會被接觸，及與可燃 性材料無接觸	70 (有覆蓋) 105 (有覆蓋)	160 250
鋁	70°C PVC (一般用途)	70	160/140*
	90°C PVC	90	160/140*
	60°C 橡膠	60	200
	85°C 橡膠	85	220
	90°C 熱固性 浸漬紙	90	250
		80	160

(註：*表內若列出兩個最終極限溫度的數值，較低的數值適用於導體截面積超過 300 平方毫米的電纜。)

守則：表 9(2)
過流保護器件的最低斷流容量

保護器件所連接電源的類別	符合 BS88 或等效規定的 支援熔斷器(如有者) 的額定電流值	保護器件的最低三相斷 流容量
(i) 由裝置所在房產內的變壓器直接 供電	無支援熔斷器	40 千安
	不超過 160 安培	4.5 千安(有支援熔斷器)
	超過 160 安培但不超過 400 安培	23 千安(有支援熔斷器)
(ii) 由匯流排上升總線分接電源(電 纜上升總線的斷流容量數值可以 較小，視乎設計而定)	不超過 160 安培	4.5 千安(有支援熔斷器)
	超過 160 安培但不超過 400 安培	23 千安(有支援熔斷器)
	無支援熔斷器	不少於表 9(3) 所示的預 期故障電流值
(iii) 由供電商的供電箱或架空電纜供 電	不超過 160 安培	4.5 千安(有支援熔斷器)
	超過 160 安培但不超過 400 安培	18 千安(有支援熔斷器)

(註：應由適當級別的註冊電業工程人員來評單相斷流容量。)

3

電力裝置佈線管理

學習成果

完成此課題後，讀者能夠：

1. 明瞭電力裝置佈線系統的類別、用途，特性及選擇；
2. 明瞭喉管系統的用途，特性及選擇時之規格；
3. 明瞭線槽系統的用途，特性及選擇時之規格；
4. 明瞭線架系統的用途，特性及選擇時之規格；
5. 明瞭在電氣佈線時使用喉管和線槽的安裝步驟，並能獨立地執行可達致業界接受檢收水準的質量之工作；
6. 執行在電氣佈線時使用喉管和線槽的檢測工作，並符合相關電力條例。

註：筆記中以斜體字印出的文字為節錄自「電力（線路）規例工作守則」內文。

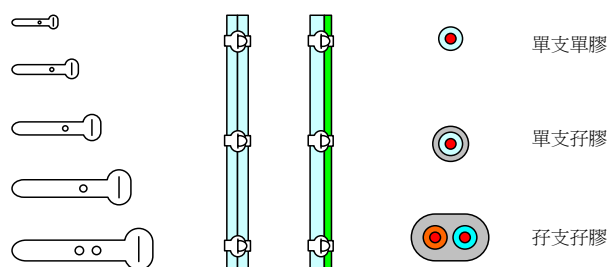
3.1 電力裝置佈線系統(Electrical Wiring System)

現時香港的一般大廈之佈線系統主要分為肉眼可直接看見的明線及肉眼不可直接看見的暗線兩種佈線系統。明線可分為明線及線架；暗線又可分為明喉、暗喉、線槽、線坑等。除暗喉及線坑系統外，所有系統都是在大廈完成主要結構後才安裝；暗喉系統則在大廈建築每一層在落石屎前，先將一些燈喉管放在適當位置，等到落石屎以至石屎乾後，燈喉便固定，再將電線穿入燈喉管內，所以電線及燈喉管在樓宇的牆壁表面看不到。線坑通常用於大型機房，它同樣在落地台石屎之前，預留石屎坑位，待石屎乾後將電線放在內，最後將鐵板或石屎板蓋於其上作保護。

明線佈線系統(Surface Wiring System)

明線佈線系統一般使用 PVC 膠作絕緣的雙層絕緣線，俗稱「孖支孖膠」，此類電線較適用於小型住宅、臨屋、商場及小型工廠，常被用於照明及插座等負載電流較少的電路。

PVC 膠是一種石油的副產品，電線只適用於 0~65℃ 環境內，若溫度過低，PVC 易變硬和容易爆裂；溫度過高則影響導線散熱能力，做成絕緣軟化損壞或電壓降過大等事故。PVC 線可分為軟線和硬線兩類；所有永久和固定安裝的線路，必須採用硬線，安裝時用的的釘(Iron Nail)和銅碼緊貼於天花或牆上，安裝方式是在混凝土牆上打上 3 毫米小孔，深度必須比的釘長度為短，塞入竹纖作填充物之後，再的釘連銅碼一起打進，直到的釘打平於牆上及在小孔內變形，如（圖：3.1）示；而軟線只能用於懸掛、照明設備、和活動電器用具如電視、風扇等。

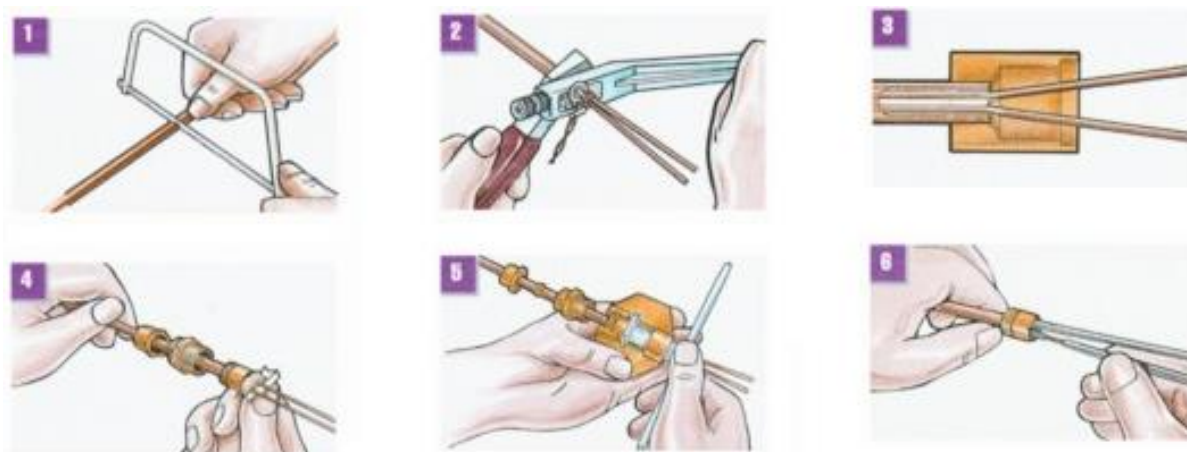
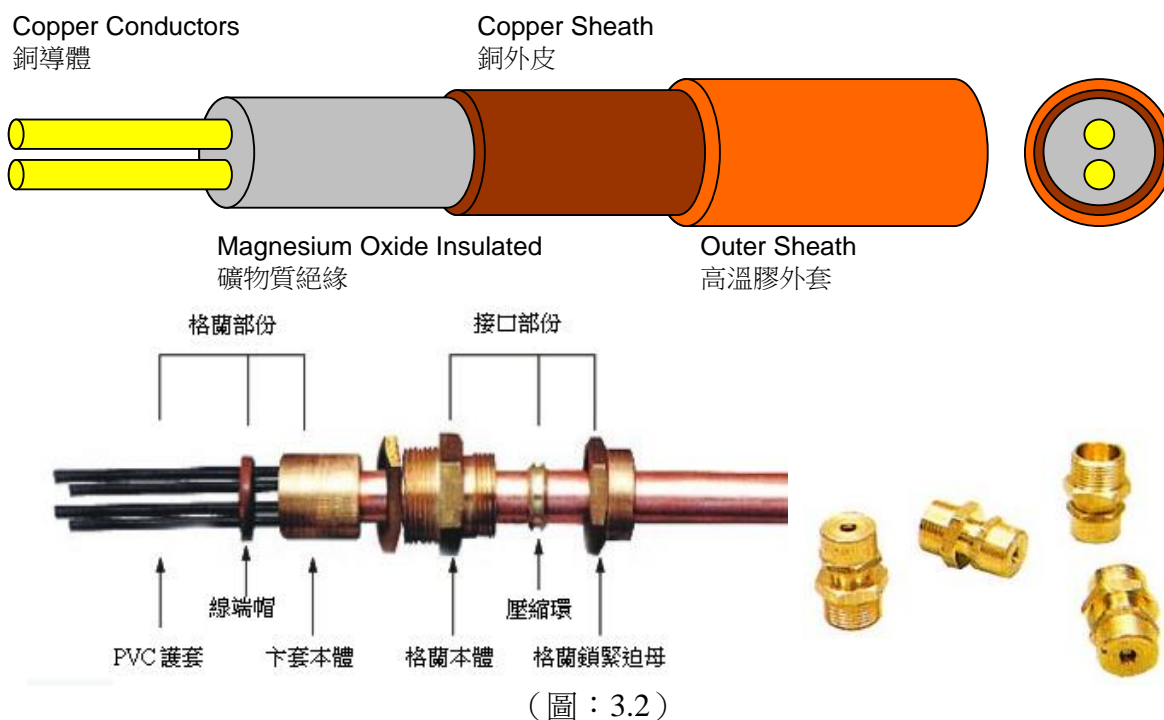


（圖：3.1）



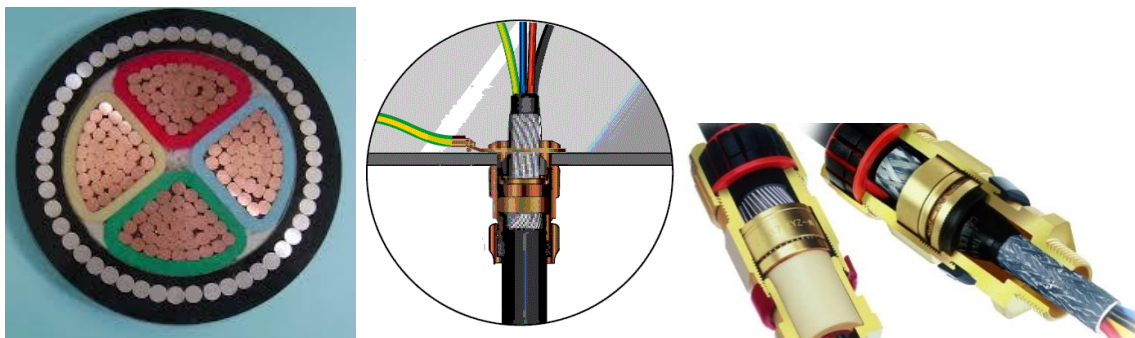
銅皮線(Mineral Insulated Copper Core MICC)

銅皮線也是明線佈線系統電纜的一種，它的特點是防火、防熱、防潮及機械强度高，由於採用礦物質絕緣，所以載流量比普通同體積的電纜約大一倍，因此特別適用於高溫(150℃)，和容易引起火警的地方。



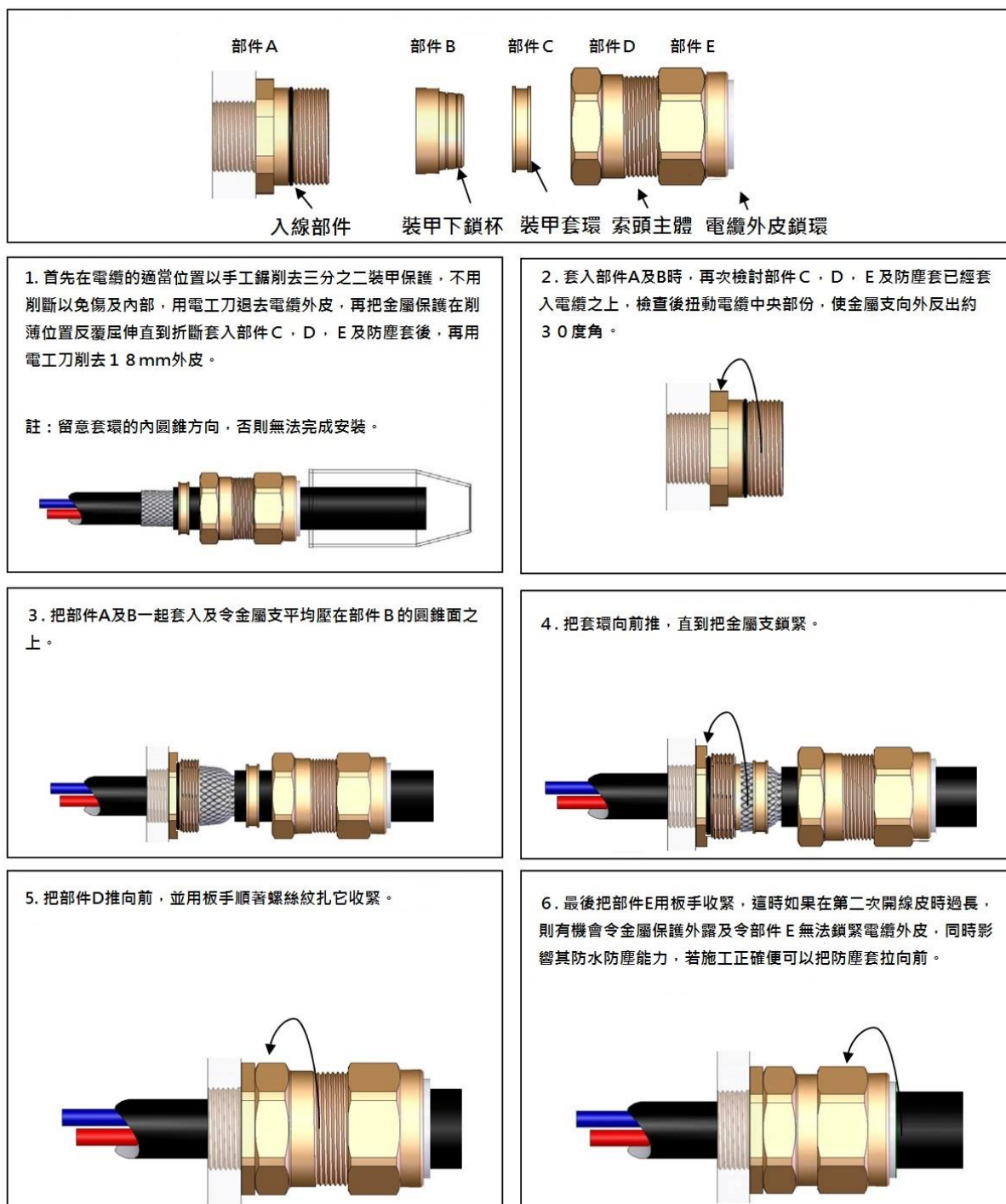
(圖：3.3)

銅皮線外層是一條沒有介面的銅管，中間注入一些經壓縮處理的絕緣粉氧化鎂(MgO)，使導體能互相絕緣，在特別情況下，外層會套上橙色 PVC 膠皮作為保護及辨認，結構及接口配件如（圖：3.2）示。銅皮線的來電及出電的接駁位都要用特定的接頭配件及嚴謹的工序，如（圖：3.3）示，所以銅皮線的價錢及安裝成本比一般佈線系統高，最適宜使用於消防系統、油庫、危險倉、爐房和大廈緊急照明等重要裝置。由於此種電纜成本較高，現時已經較少採用，一般以耐火電線(FR Cable)取代，而耐火電線安裝方法及外觀上與普通裝甲電纜無異，如（圖：3.4a），結構及接口配件如（圖：3.4b）示。



(圖：3.4a)

型號C2KX的裝甲電纜銅索頭安裝指引



(圖：3.4b)

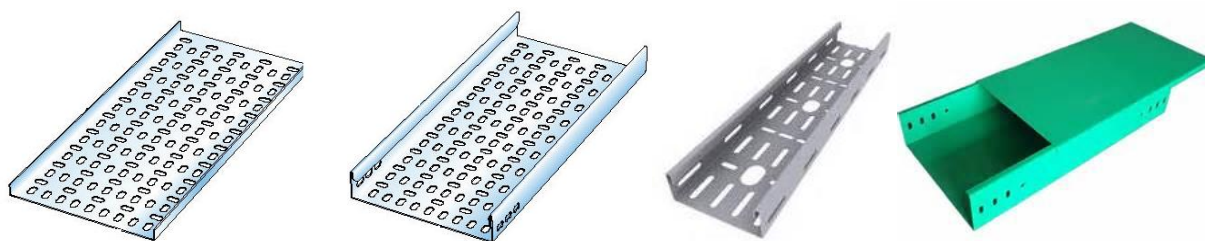
線架(Cable Tray)

線架是電力裝置中較為普遍的安裝方式，因其類型為開放式，適合敷設一些大型及機械性能良好的電纜，例如裝甲電纜及電訊用電纜等。線架分成下列多類，惟香港較流行前者兩類。

- 梳孔線架（Perforated Cable Tray）

俗稱「梳茜」或「疏篩」，主要用平滑鐵金屬板摺成 U 字型，形狀像線槽蓋一般，梳孔後經鍍鋅或熱浸鍍鋅處理製成，熱浸鍍鋅較鍍鋅的重，成本也較高，而較少數使用的有環氧樹脂鍍層梳孔線架(Epoxy Coated Cable Tray)及不銹鋼梳孔線架，使用對象主要為腐蝕性更高的地區，如渠務署的污水處理廠(註：環氧樹脂鍍層梳孔線架的切割是不被允許的)。安裝時須用純鋼吊架穩固地支承在牆、天花和其他結構，然後將大型電纜用線碼式安裝在線架上，也有用膠索帶固定於線架上。若電纜的數目不多和重量不大時，最適宜用線架支承，因它可以沿著電纜提供連續性的承托。

梳孔線架根據安裝時電線大小及負重的等因數，是需要增加機械強度來符合安裝要求，主要是透過不同的材料厚度來分等級，「輕型」、「中型」及「重型」，其厚度由 0.9 毫米至 3 毫米不等，而最小厚度與梳孔線架的闊度相關，例如 100 毫米闊的梳孔線架最小厚度為 0.9 毫米，要是 900 毫米闊的梳孔線架最小厚度為 2 毫米，一般的安裝也會選用單摺邊的梳孔線架，要是在港鐵或數據中心等要求較高的則會選用雙摺邊的梳孔線架，其次是這類工地是不接受手摺工序，而且必須使用預製配件，如（圖：3.5）示。



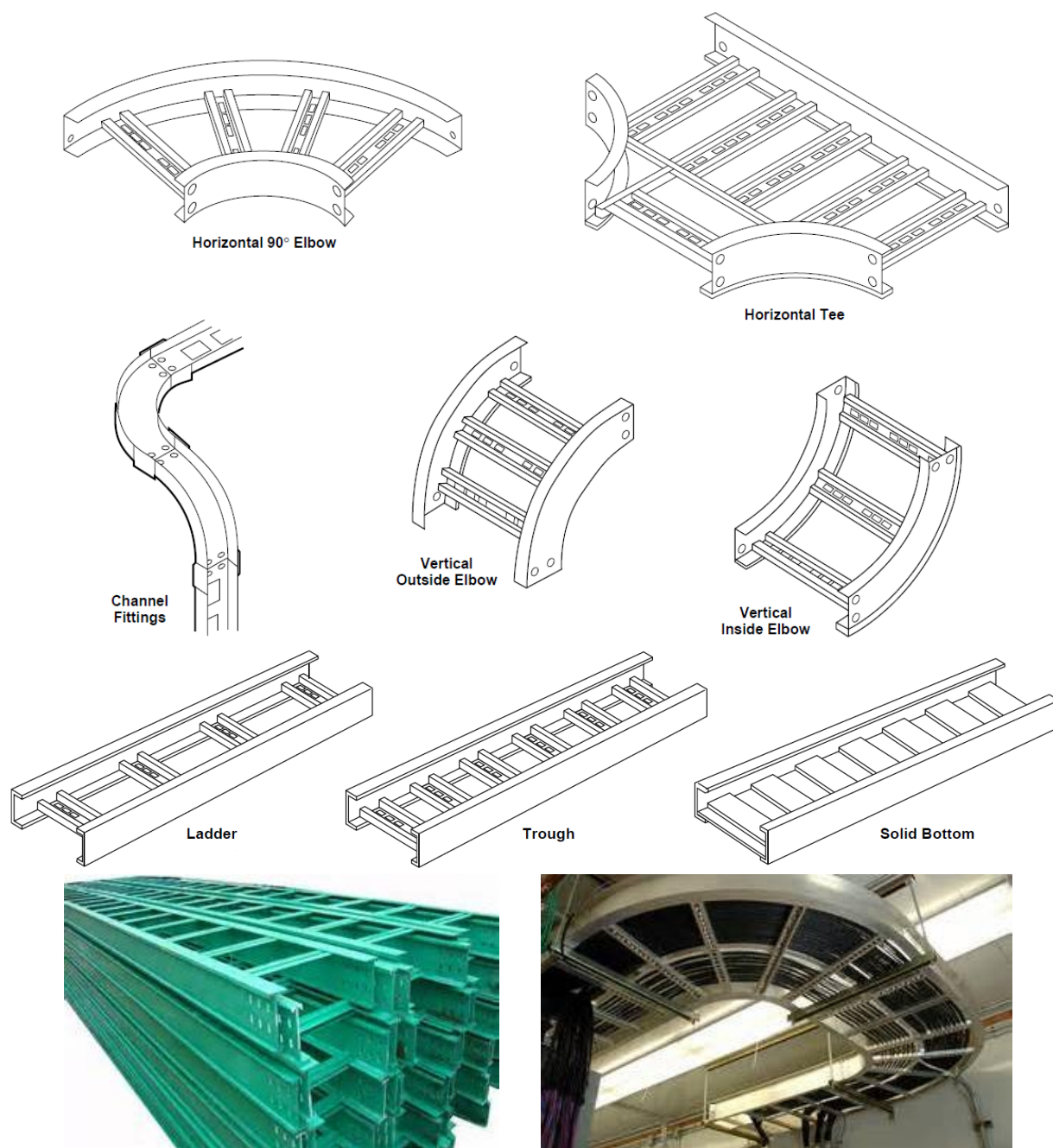
（圖：3.5）

- 梯型線架（Ladder Cable Tray）

主要用於大型通訊或電力掣房，由於大型電纜普般較粗及重量較重，用梳孔線架的支承力不足夠，便需用梯型線架。梯型線架由較硬鋼材或鋁材製成，同樣有環氧樹脂或熱浸鍍鋅鍍層供選擇，但是並沒有鍍鋅，並設計於安裝時不同位置的配件，如（圖：3.6a）示，所以在安裝時只需根據設計電纜的走向，於不同位置安裝不同的配件，便可將整個梯型線架系統建成，然後再將電纜安裝於架上。（圖：3.7a）及（圖 3.7b）為不同梯型線架製造廠提供的兩個不同的配件安裝圖，圖中的編號為個別製造廠的有關配件編號。

http://www.superimpex.com/cable_trays_strut/ladder_type_cable_tray.htm

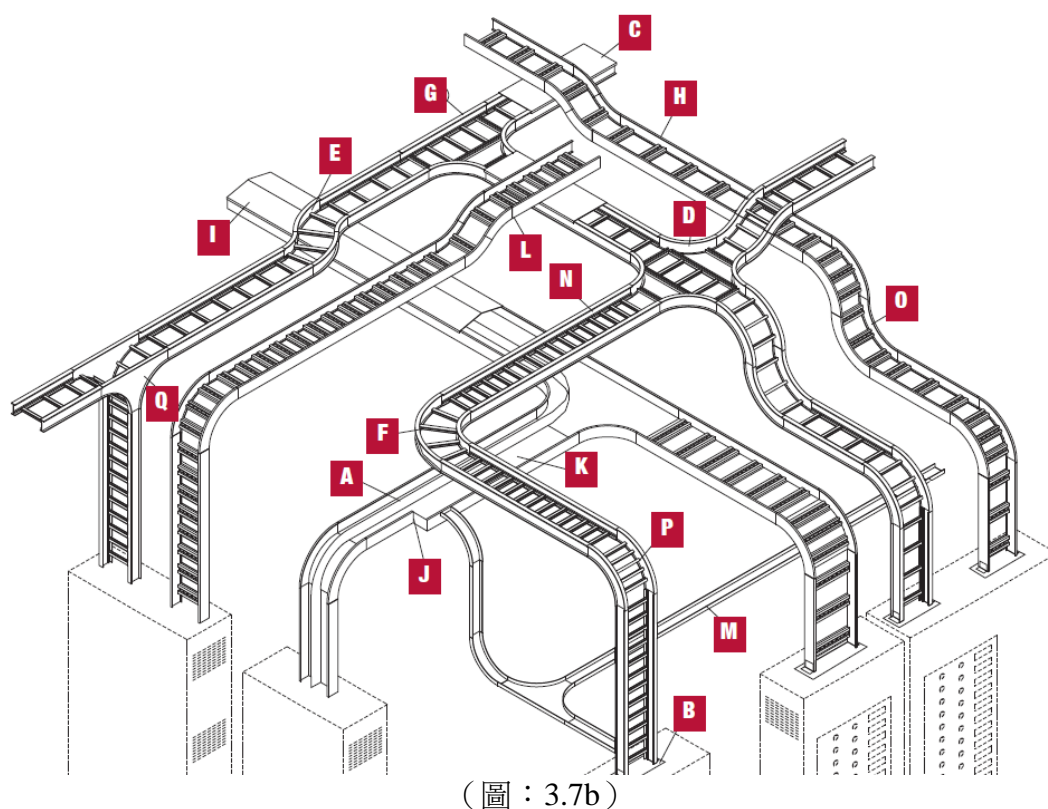
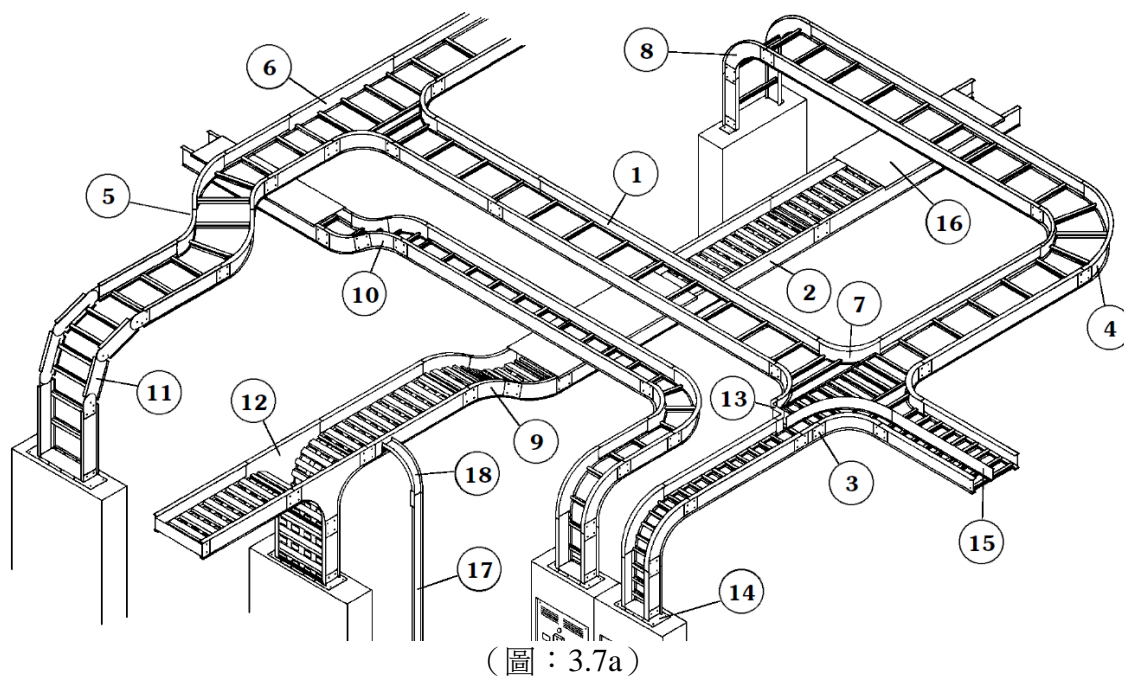
梯型線架有時也會配合鋁合金線碼 (Cable Clip) 一起使用，形狀有多種款式供選擇，而使用鋁合金為原料的主要原因是避免產生渦流現象，其安裝方法是用絲桿跟彈弓絲帽收緊在梯型線架的 U 槽內，如（圖：3.6b）示。



(圖：3.6a)



(圖：3.6b)

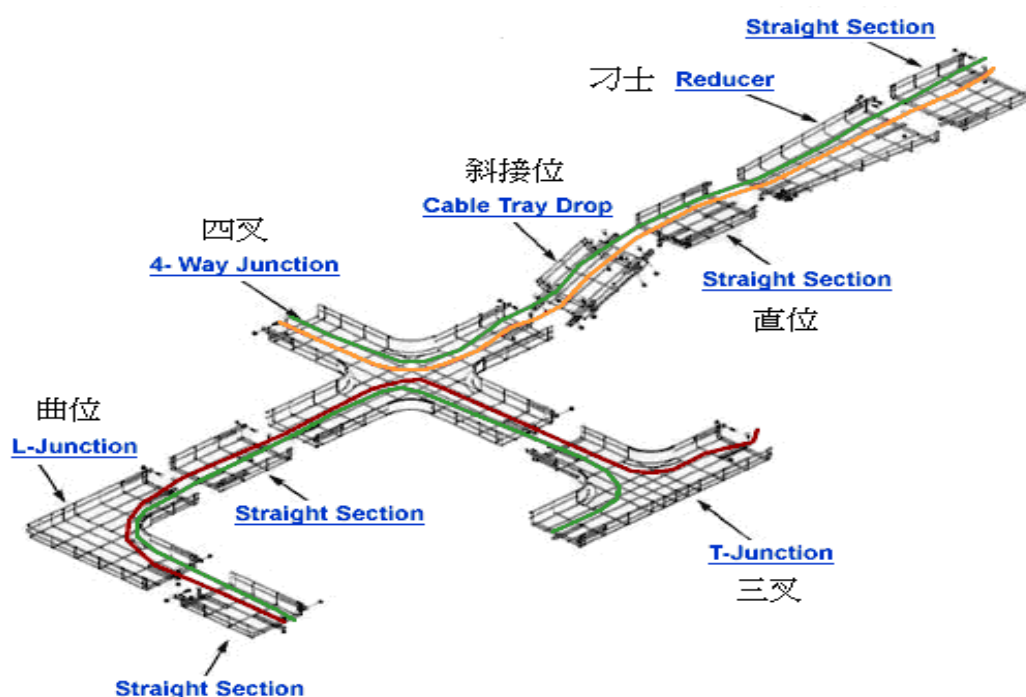


● 網狀型線架(Wire Basket Cable Tray)

用金屬線織成網狀再屈摺成 U 字型，形狀像線槽蓋一般，適合一些較輕型的電線或再於架上設膠燈喉系統，如（圖：3.8a）示，由於用金屬線製成，修改時便無需用鋸或其他電動工具，只須用較大型的鐵線剪便可。（圖：3.8b）為網狀型線架製造廠提供的配件安裝圖。



(圖：3.8a)



(圖：3.9b)

扎線帶(Cable Tie)

常用的為尼龍扎線帶，俗稱索帶，一般常用的只能單次使用，位緊後會被倒扣勾死，在進行剪尾時，應選用平口剪，特別是工程未完成時，當皮膚接觸到剪口時，容易留下一道升痕；一些公共設施如港鐵則會使用低煙無毒類別 (LOSH)，在露天或特別設施的建築物內也會使用較高成本的不銹鋼扎線帶，使用時必須配合專用的扎線帶槍，而現在較少選用的有魚絲型扎線帶，如（圖：3.9）示。



(圖：3.9)

暗線佈線系統(Enclosed Wiring System)

使用燈喉或線槽等電線蔽護，將導線放在內，一般使用俗稱「單支單膠」電線，因導線受燈喉及線槽外殼保護，所以較為安全，長久耐用，更符合經濟原則，但安裝成本較高，暗線系統更可分為下列多種：

燈喉系統(Conduit System)

燈喉系統安裝方法有明喉和暗喉兩種：

1. 明喉

多用於工廠、工場、實驗室及大廈建成後才加設之電力系統及設備，燈喉可以用肉眼直接看出。

2. 暗喉

為現今樓宇最常採用的佈線方法，所有喉管必須依照電器圖則，於大廈建築期內安裝，建成後再在燈喉內穿入電線和接駁電器裝置，如沒有預先安排，日後電路需要加改時，便較為困難；由於喉管不能用肉眼直接看出，所以叫暗喉。喉管根據不同的場合使用，可分為下列各類：

- **鋼質硬喉管**

內外表面均有保護層；例如塗上防氧化漆、焗漆、鍍鋅或熱浸鉛水等處理，適用於入牆佈線，室內或室外等，施工時可利用屈喉機械將其屈曲。

- **鋼質軟喉**

用以接駁電源開關至有移動部份的動力設備，例如鑽床、車床和電動機，以免在機器震動時受硬喉安裝之固定，不能移動，影響效果。

- **PVC 塑膠硬喉**

材料便宜、安裝方便、重量輕及價錢平，只需將屈喉彈弓放在喉管內，用人手便可將其屈曲。能抗酸、鹼及油的侵蝕，抗雨水、蒸氣、水份凝結，防潮能力高，但使用時必須另設保護導線。適用於接駁小功率負載電路，可作明喉、暗喉、室內或戶外佈線之用。

- **PVC 軟喉**

用途基本上與鋼質軟喉一樣，只是以全部 PVC 膠製造，一般配合 PVC 硬喉一同使用。

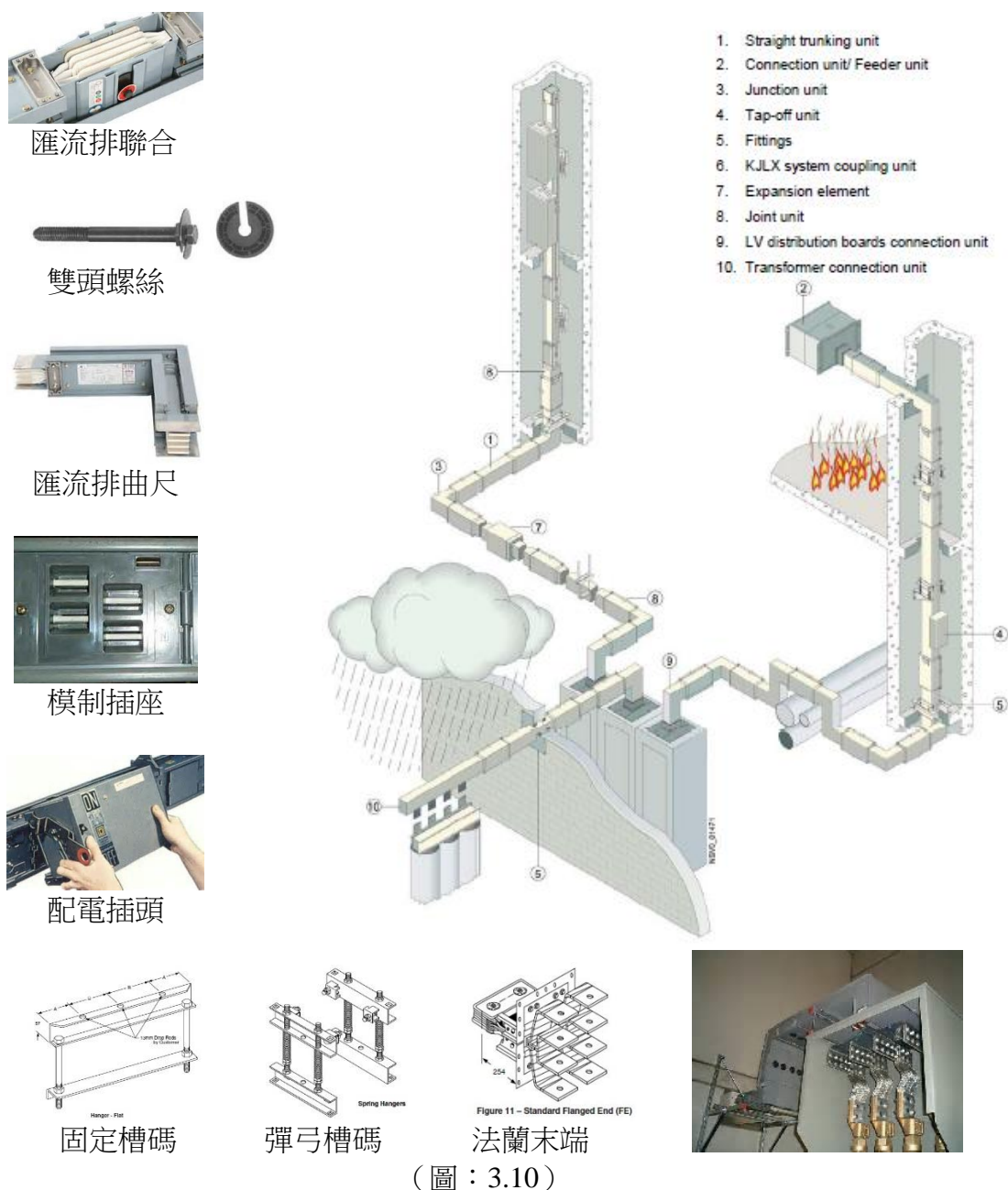
線槽系統(Trunking System)

線槽系統也可視作線架的一種，用作大規模佈線或導線體積過大時，施工會更方便、實用、美觀和符合經濟。線槽系統可依照其安裝方法分成下列各類：

- **垂直上升線槽 (Vertical)**

將線槽垂直安裝，將電力或有關控制訊號輸送到大廈每一樓層。線槽系統除將電線放入槽內，再延伸至有關電力裝置外，也有些線槽系統會將三相四線導體，組合而成線槽系統，由大廈地下掣房伸展至頂樓，主要用作上升總線之用，稱為匯流排槽系統(Busbar

Trunking System)，該系統配備有關接駁位、彎位或曲位等，更配備有關的電掣，只需將電掣配件裝上，便可透過電掣再將電力傳到其他地方，如（圖：3.10）示，這種系統方便於樓宇各層樓面的電力供應，但成本較高，由於匯流排槽系統沒有固定的長度標準尺寸，因此安裝時需因應實地環境進行訂製，一般需時兩個月（內地製）至半年（外國入口），首次安裝匯流排聯合時，為確保接駁位置的銅巴之間有足夠壓力，也會使用原廠附設的雙頭螺栓（Double Headed Bolt），當收緊至足夠拉力時，頂端折斷後留下末端部份便可以，匯流排的配電是經過模制插座（Moulded Plug-in）及配電插頭（Plug-in Unit/Tap-off Unit）來完成；法蘭末端（Flanged End）在進入掣櫃或接駁變壓器時的部件，把銅巴散開以增加電氣性距離，在接駁變壓器時會以軟巴或織帶為接駁導體；每層需安裝固定槽碼來固定匯流排，每二至三層則改用彈弓槽碼，並以防火物料作修口，加改較困難。



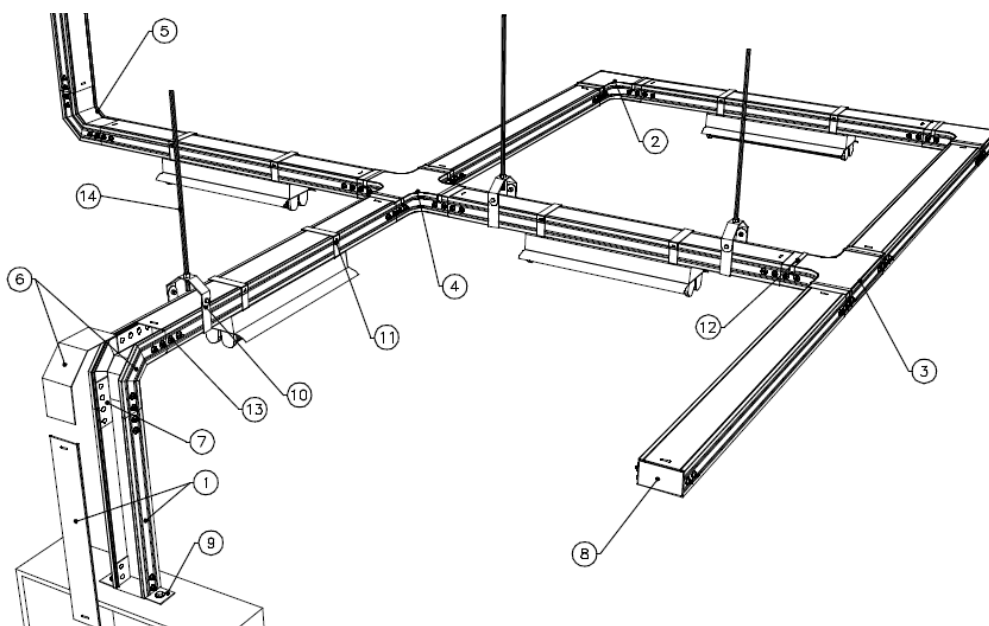
- 懸掛式線槽 (Overhead)

此裝置形式能增加地面使用率，不防礙機械器操作，再利用燈喉系統傳送電力至地面，多用於工廠，工場、實驗室、百貨公司及超級市場內。另有一類可將日光管裝於線槽上，如（圖：3.11）示，使安裝更方便，稱為日光燈式線槽。

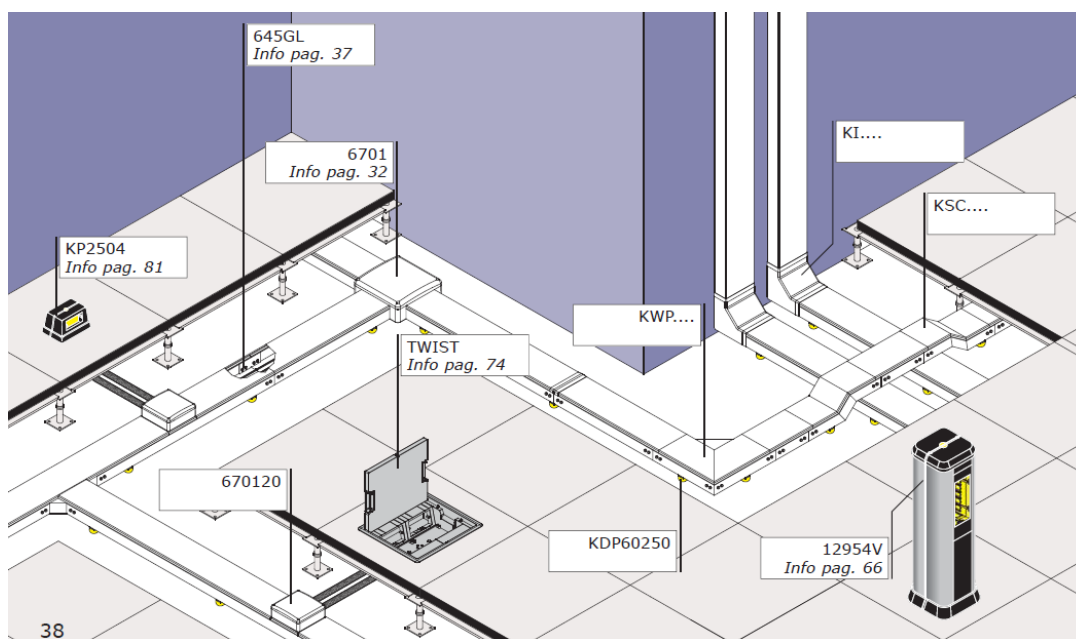
- 地下線槽 (Under floor)

較美觀和節省空間，一般藏於升高地台(Raised Floor)之下，多用於寫字樓，商業中心和銀行大堂內的電力供應、通訊線路及電腦系統，如（圖：3.12）示。

http://www.arnocanali.it/en/catalogue/trunking_systems/Trunking-systems.html



（圖：3.11）



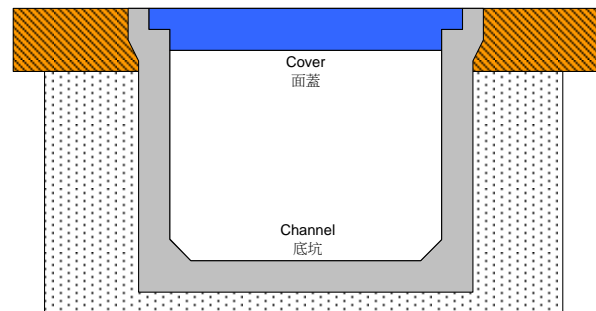
（圖：3.12）

線坑(Cable Trench)

同樣用作大規模佈線，主要用於大型掣房、升降機房或長距離的通訊。建造時必須根據圖則預留坑位，然後把電線放在坑內，最後加上石屎板或鋼板在上，使到它與樓面一樣水準，方便行人在上走動，如（圖：3.13）及（圖：3.14）示。



（圖：3.13）



（圖：3.14）

各種佈線系統的應用及特點

(A) 暗線

1. 明喉暗線

應用：

- 常應用於工廠、車廠、倉庫、掣房、消防系統。

優點：

- 防爆（只限於所有接口均為入芽方式接駁）
- 防潮濕（需加裝軟膠墊-俗稱燕梳臣）
- 機械強度大
- 金屬喉管可作保護導線用

缺點：

- 安裝費用高
- 不美觀
- 加改位較困難
- 容線量較少
- 接口會隨時日環境因素而氧化並失去保護導線作用

2. 暗喉暗線

應用：

- 常應用於一般住宅樓宇、寫字樓、商業樓宇及一般要求美觀的地方。

優點：

- 美觀
- 耐火性較高，限於燈掣、插座等的方裝方式，不能當作防水或防爆安裝
- 防潮濕（需加裝軟膠墊-俗稱燕梳臣）
- 機械強度大
- 金屬喉管可作保護導線

缺點：

- 安裝費用比明線為高，且需於建築期安裝，否則工序及成本更高
- 加改位較困難
- 容線量較少
- 接口會隨時日環境因素而氧化並失去保護導線作用

註：不論是明喉或暗喉安裝也應盡量避免形成下 U 形，以免養水在喉管之內

3. 明槽暗線

應用：

- 常應用於大形的廠房和需要較多用電位元的地方。

優點：

- 有明喉暗線的優點和容線量大
- 加改位置較容易
- 金屬明槽可作保護導線

缺點：

- 外形不美觀
- 安裝費用比明線為高
- 接口會隨時日環境因素而氧化並失去保護導線作用

4. 暗槽暗線

應用：

- 常應用於大形的辦工室及展覽廳等地方。（升高地台）

優點：

- 有明槽暗線的優點
- 美觀

缺點：

- 安裝費用比明槽更高
- 故障時線路檢測較困難
- 加改位置較困難
- 不能用水清洗地台

(B) 明線

1. 線碼佈線

應用：

- 一般不甚需求美觀的室內佈線。

優點：

- 安裝費用平
- 加改位置容易

缺點：

- 防火防潮能力低
- 外表不美觀，容易防礙傢俱擺設。
- 機械保護能力差，耐用程度不足。

2. 線架佈線

應用：

- 多用於公眾用電的佈線、配電、總線。

優點：

- 加改位置容易
- 機械強度比線碼佈線較大

缺點：

- 比線碼佈線費用較貴
- 防火防潮能力低
- 不美觀

3. 金屬架加線碼

應用：

- 大電流電纜的安裝方法之一
- 常用於線坑內、上陸總線及隧道內的電線安裝。

優點：

- 散熱良好
- 減低線坑內或隧道內的牆身濕氣影響電纜

缺點：

- 不美觀
- 安裝困難

4. 絕緣夾

應用：

- 常用於電掣房、電錶房內的上陞總線及臨時用電的總線安裝（例如：工地的臨時供電系統），通常由合成樹脂（電木）所製造。

優點：

- 散熱良好
- 安裝容易

缺點：

- 不美觀
- 沒有金屬外槽保護時，機械強度低

佈線系統的選擇

在選擇佈線系統時，需考慮下列各項：

- 導體的保護能力，(包括機電應力)；
- 抵抗惡劣環境的能力；
- 線路設置的難度；
- 合理的安裝價格；
- 齊備的配件或附件；
- 裝置的可觀性。

3.2 金屬鋼喉管及 PVC 喉管

一般小規模的電力裝置佈線系統，喉管和線槽能提供電纜佈置甚佳的保護，喉管一般行內人都稱為「燈喉」，它有用金屬鋼及塑膠或聚氯乙烯（PVC）製成的兩類，而安裝方法有暗喉及明喉之分，是一種最常用的佈線系統，惟所有電氣的安裝應按機電工程署出版的『電力（線路）規例工作守則』的規定和要求。

名稱上的分別

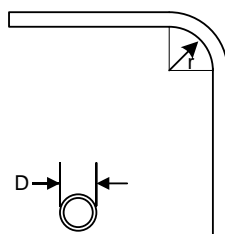
- 鍍鋅鋼喉管(Galvanized Iron Conduit – G.I. Conduit)
- 不銹鋼喉管(Stainless Steel Conduit – S.S. Conduit)
- 塑膠喉管(PVC Conduit)

特別要注意的是 Steel 這個英文字，因為它同時代表鐵或鋼，在標書含糊不清之下，隨時引至反價或爛尾等情況出現。

燈喉弧度曲位內半徑

由於金屬鋼喉及 PVC 喉管在佈線時有需要屈曲，但曲位之半徑 r 過小可能會損害穿入的電線，所以受到工作守則限制，如（圖：3.15）示。

- 金屬喉： $r \geq 2.5D$
- PVC 膠喉： $r \geq 4D$



（圖：3.15）

金屬鋼喉管的標準及防銹

金屬鋼喉管的標準為 BS4568、BS EN 50086、IEC 61386、IEC 60423、IEC 60614 或等效規定的鋼喉管最為普遍被應用，本港只採用螺接駁的鋼喉管。軟鋼導管應符合 — IEC60614-2-5 或 BS731 或等效規定，並且不能作保護導體使用。喉管的大小規格以外徑作量度，常用有 20、25 和 32 毫米，長度為 3.75m 或 4m。

- 喉管應採用厚料及縱向焊接的類別，管壁 $\geq 1.4\text{mm}$ ；
- 表面應有防腐蝕性保護；
- 導管安裝時要避免任何部分有機會積聚水分；
- 軟喉管若暴露於潮濕環境，應用 PVC 護套的防水式金屬喉管。
- 如將鋼導管作為保護導體使用，必須符合守則 14A(1)(b)規定。
- 導管及配件要有適當支承。
- 如導管穿過地板、牆壁等應封以隔火障，以防於火警時火勢蔓延。

- 鋼導管及所有配件在機械及電氣應保持連續性並有效接地，符合有關標準或等效規定。
- 選擇導管之大小和所容電纜數量，要根據守則 14 章 E 節的規定計算。見第 7 頁之參考資料。

金屬鋼導管的規格

金屬導管按質量規格不同分為 4 個級別（Class 1 至 Class 4）：

- 第一類（Class 1）
喉管內外壁均作輕度保護，例如用漆油；
- 第二類（Class 2）
喉管內外壁均作中度保護，例如用燒瓷漆或氣乾漆油；
- 第三類（Class 3）
喉管內壁用第二類的保護，外壁用第四類的保護，例如內壁用燒瓷漆，外壁用鋅浸透的防蝕處理；
- 第四類（Class 4）
喉管內外壁均有深度的保護，例如用熱浸塗料或鋅浸透的防蝕處理。這類導管具有最佳的耐蝕性能。

不銹鋼導管的規格

不銹鋼喉管的標準為 BS 4568: Part 1: and Part 2: 1970，主要材料為不銹鋼 304 及 316，其餘喉管規格與普通金屬鋼喉管相類似，如（圖：3.16）示。

價格方面以 3 米長的 20 毫米直徑的不銹鋼喉管、316L 等級為例，每條參考價格為 HK\$640、不銹鋼喉管碼參考價格為 HK\$128、不銹鋼梳結參考價格為 HK\$45，訂購價格會因應訂購之數量而下調，同時亦會因應國際間的重金屬價格而浮動（RS-online 8Jul 2015）。參考網址：<http://hkc.rs-online.com/web/p/cable-conduits/4711603/>

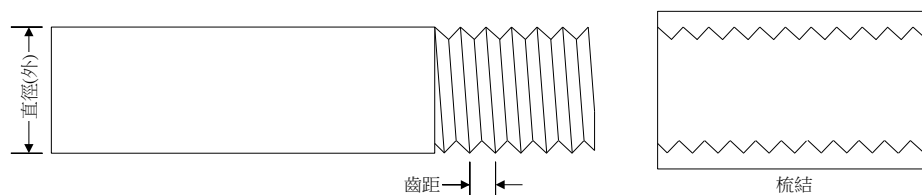
因為物料價格可達一般的金屬鋼喉管二十倍以上，所以在應用上只有油庫及一些近海的政府基建才會用上，如昂船洲大橋。



（圖：3.16）

金屬鋼喉管的接駁

所有鋼導管及配線盒均以公制螺紋連繫，分別有 M32 x 1.5、M25 x 1.5 及 M20 x 1.5 等。其中 M 代表公制，後隨之兩位數字代表導管直徑，x 1.5 代表螺紋的齒距為 1.5mm。故電氣導管無論直徑大小，螺紋齒距皆為 1.5mm，如（圖：3.17）示。鋼導管的頭尾兩端均已有螺紋，但經截斷之尾端，必須從新絞切螺紋（絞牙）。絞切螺紋的器具稱為牙扳。絞牙時先用喉閘將導管固定，用牙扳前後來回絞動及加上機油，退出後要清理金屬碎屑，最後要用擴孔器把管咀毛屑清除。



（圖：3.17）

金屬鋼喉管的優點

金屬鋼喉管相對 PVC 喉管的優點有：

- 機械保護性能良好；
- 適合惡劣環境操作，如高溫；
- 適合在溶劑鄰近操作；
- 不燃燒或助燃；
- 不需另加保護導線；
- 可抵抗紫外光。

金屬鋼喉管的配件及工具

- 鋼喉
一般可分為直徑 20mm、25mm 及 32mm 三種，如（圖：3.17）示。

- 連接器(梳結)

接駁或延長喉管之用，亦可配合杯臣一同使用，將配線盒或其他配件連接起來，惟使用必須配對有關導管的直徑和螺紋種類，每條導管之尾端都已付上一個，亦可分別購置，如（圖：3.16）示。

- 杯臣

杯臣用黃銅製造，與梳結一同使用，同樣要配對導管的直徑，如（圖：3.18）示。

- 喉碼

將喉管固定，增加支撐力，香港主流用離牆碼，較少使用的有薄底碼、無底碼 (Ω 型) 和鉤型碼等，安裝時的規格必須與燈喉配對，如（圖：3.18）示。



(圖：3.18)

- 鐵箱（掣箱）

安裝各式標準插座、燈掣之底箱。暗喉安裝多使用鐵片屈制或沖成，並預先製備 20mm 孔位的產品，使用時只需將密封片移除便可接駁燈喉使用，無需自行開孔，俗稱「鐵皮箱」。深度分別有 35mm 和 47mm 兩種，配有保護導線接線位。裝掣螺絲孔距離為 60.3mm，螺紋有公制的 M3.5 或現在較少採用的英制 4BA。明喉安裝多採用生鐵鑄造產品，也有採用較厚鐵片屈製或沖成的鐵箱，稱為「明鐵箱」，如（圖：3.19）示。

- 生鐵箱

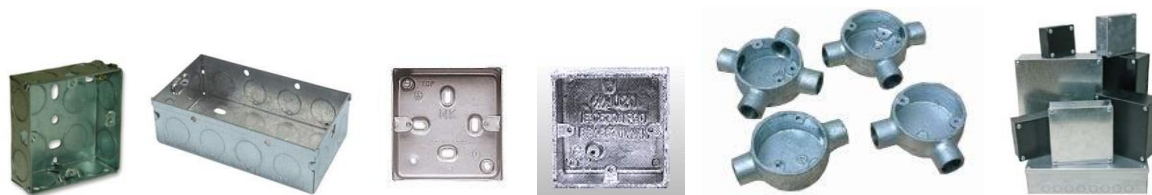
由於生鐵箱不會生銹，壽命較長，令安裝時獲得另類選擇，惟價錢較貴，可用作安裝開關或插座，但須用電鑽開孔連接鋼喉，如（圖：3.19）示。

- 生鐵圓箱

可作安裝燈座或燈飾之用，一般為生鐵鑄造。箱深有暗喉使用的 65mm 和明喉的 30mm 用兩種。圓箱外徑 75mm，配合 20mm 金屬導管接駁位有單路，兩路直通和曲尺型，三叉（T）型及四路十字型，如（圖：3.19）示。安裝螺絲孔距離為 50.8mm，螺紋有公制的 M4 或英制的 2BA。

- 方型過路箱

是碰接導管走位之中繼容器，當喉路個長時附加使用，令穿線更容易，分別有生鐵鑄造和鐵片屈製兩種。常用尺碼有 75 x 75mm，100 x 100mm 和 150 x 150mm，高度有 50mm 和 75mm 等，如（圖：3.17）示。大部份產品都會根據用者需要自行鑽孔使用，也有較大尺寸的會預製密封孔位供使用者選擇，從而減少鑽孔的工序。



(圖：3.19)

- 喉板

由於燈喉接駁時需使用梳結，所以必須將燈喉絞外牙，才能進行接駁，喉板為燈喉攻紋之用。喉板的一般規格為 M1.5 x 20mm、M1.5 x 25mm，前者為齒距，後者為直徑，如（圖：3.20）示。



(圖：3.20)

- 絞刀

形狀如大型鑽咀一樣，用手操作，當鋼喉管絞紋後，將喉管內壁之毛刺（披鋒）去除，以免將穿入的電線的絕緣體割損，也有電工用喉鉗、平頭鉗或銼等不同方法去除披鋒，如（圖：3.21）示。



(圖：3.21)

- 屈喉機

利用機械之槓杆原理將重型直鋼喉屈曲成不同的角度，從而配合安裝時的地理環境。一部具有全套完整配件的屈喉機可供不同直徑的喉管使用，更附有燈喉用的虎鉗供使用者於屈喉機上作絞牙或鋸喉之用，有時候或會使用較輕便的拗磅，如（圖：3.22）示。



(圖：3.22)

- 鯉魚鉗或喉鉗

常用於電氣鋼喉接駁，將杯臣及連接器收緊，也有用專用令士將杯臣及梳結固定，效率更高，如（圖：3.23）示。



(圖：3.23)

● 穿線帶

大部份以尼龍製造，也有用鋼線製成，但價錢較貴，用作協助穿電線入燈喉內之用。由於穿線帶較電線硬，若先把穿線帶穿入燈喉內，一般都可以順利穿越喉內，然後將穿線帶的尾部份固定電線的一端，再由穿線帶頭部以「拉」，而尾部以「推」的方式將電線穿入燈喉內，如（圖：3.24）示。

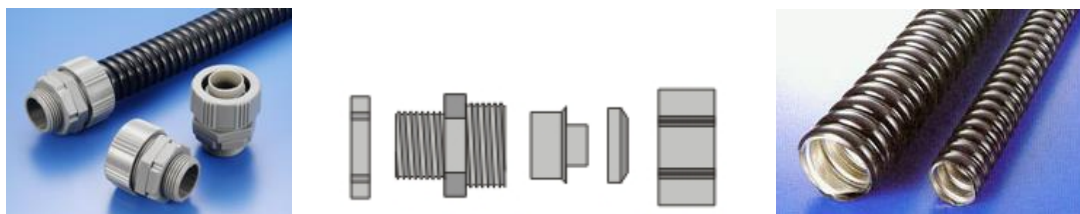


（圖：3.24）

● 金屬軟喉

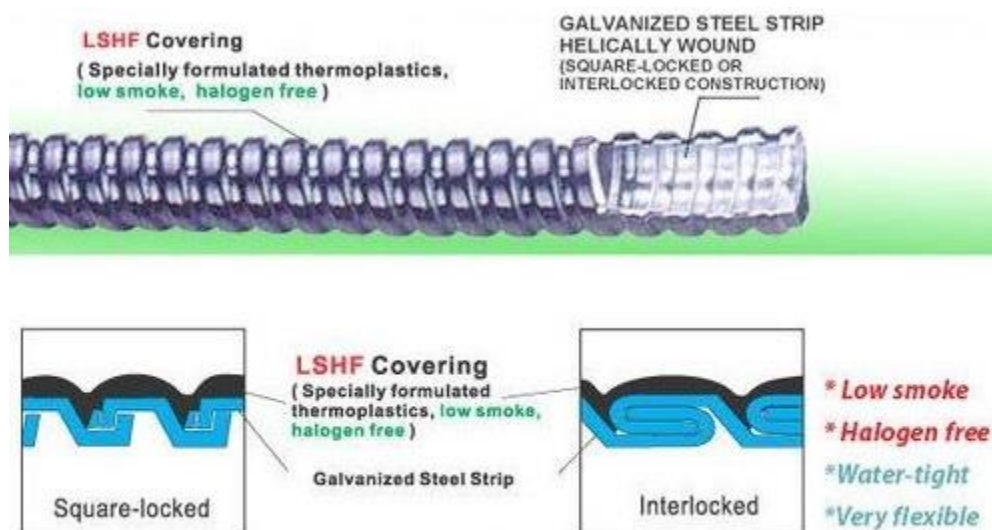
當燈喉需要接駁到一些會有少許移動或震動的裝置時，一般會經軟喉供電，以免硬喉將該需要移動的裝置碼死。軟喉由金屬薄片像彈簧般製成，外層再用絕緣膠套保護，接駁時需配以軟喉咀，有黃銅或 PVC 兩種，但必須要另加保護導線，如（圖：3.25a）示。

軟喉管是按照英國標準 IEC60614-2-5 或 BS731、BS6099-1，可用手施加合理力量使喉管折彎，同樣地分金屬和 UPVC 軟喉管(BS 6099、IEC 60614-1、BS4607)。

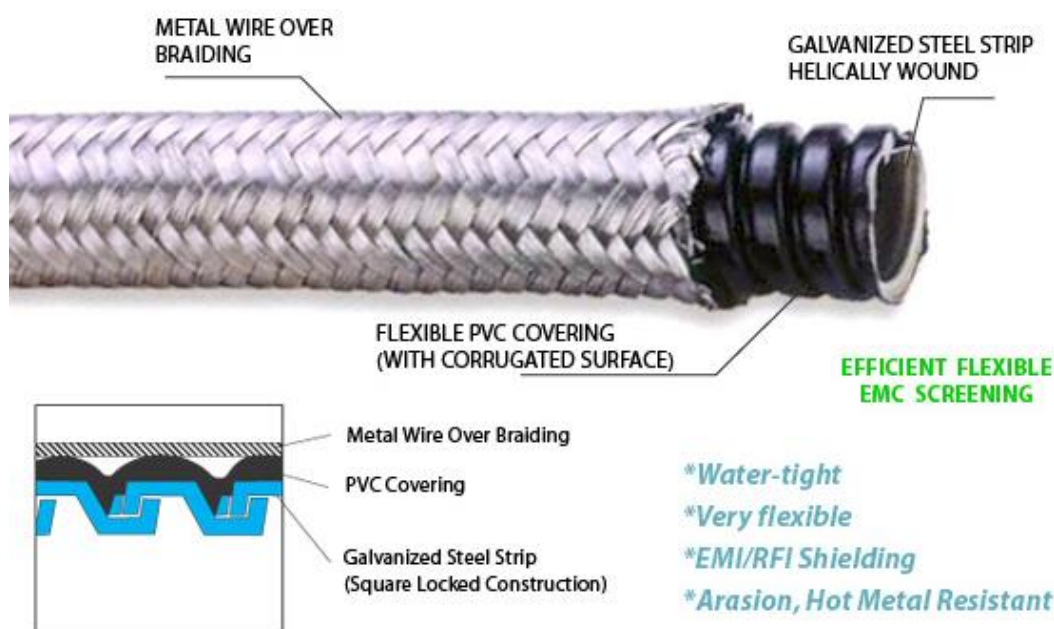


（圖：3.25a）

金屬軟喉管分為方形鎖扣 (Square locked) 及連鎖鎖扣 (Interlocked) 兩類；方形鎖扣柔軟度較高，成本較低；而連鎖鎖扣剛性較高，成本較高，如（圖：3.25b）示；部分產品亦會在外層包上金屬織皮，以加強剛性，如（圖：3.25c）示。



(圖：3.25b)



(圖：3.25c)

軟喉管應用：

- 軟喉管一般用於需要移動的用電器具；
- 戶外或潮濕的環境(如戶外樓宇的外圍照明系統等)，應採用有聚氯乙烯外層保護的軟喉管，並使用防水程度高的接駁套管(GLAND)；
- 軟喉管的連接如作一般用途，應不超過 1 米；如安裝在假天花內，則應不超過 2 米；
- 同時保護導體必須安裝於管內，金屬軟喉管的外殼不能視作有效的保護導體；
- 軟喉管操作溫度適用於 40°C 至 105°C 的範圍。

● 軟喉襯管（內牙軟喉咀）

又稱軟喉咀，為軟喉與掣箱之間的連繫配件，黃銅車製，將軟喉金屬部分旋進套襯管索內固定及鉚錫，套回膠外皮再貼上耐熱膠布，如（圖：3.26）示。

- 襯管（外牙軟喉咀）

又稱喉咀，配合尾端螺紋使導管與掣箱得以有緊密連繫，其圓滑邊緣更可避免電線割傷。黃銅車製，分有外牙「公」俗稱「杯臣」及內牙「𨮒」俗稱「包臣」，如（圖：3.26）示。外牙襯管有短牙及長牙供選擇。



（圖：3.26）

- 迫母

配合內牙襯管可將導管旋緊在掣箱，功能與外牙襯管相同，多用於暗喉安裝，如（圖：3.27）示。



（圖：3.27）

- 其他配件

金屬喉配件還有一些不常用的配件，當有需要時才選擇安裝，如（圖：3.28）示。



（圖：3.28）

- 思考題：

✓ 圖：3.27 之金屬喉不常用配件，你可知道它們的用途嗎？

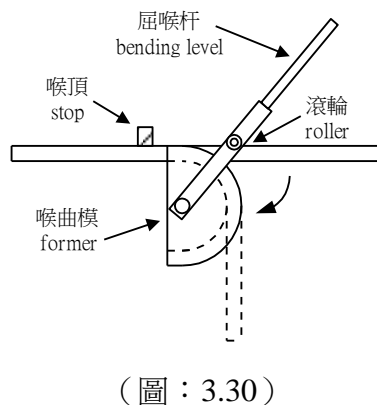
3.3 金屬鋼喉管屈曲－屈喉機(Bender)

屈喉機是用作屈曲電氣金屬喉管的手動機械。一部標準的屈喉機主要配件有喉曲模（唧餅）、喉頂（雞心）、喉頂插杆、屈喉杆及屈喉杆滾輪等。而喉頂插杆及屈喉杆更有不同的窿位以便配合不同尺寸之燈喉，所以使用時須根據燈喉尺寸安裝適當的喉曲模、喉頂及屈喉杆滾輪位置，如（圖：3.29）示。



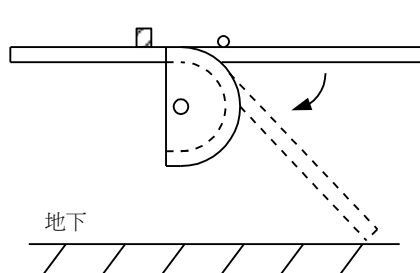
向下屈曲(Downward Bending)

一般常用的屈喉方法，俗稱『正屈』，將燈喉放在喉曲模坑內，喉頂及滾輪之下，如（圖：3.29）位置所示，施力於屈喉杆並向下拉，燈喉便會如（圖：3.30）虛線般彎曲。

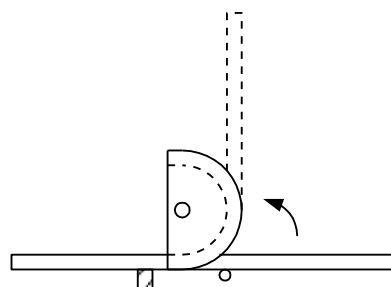


向上屈曲(Upward Bending)

俗稱『反屈』，當屈曲之燈喉過長時，若用向下屈曲的方法未能使燈喉屈曲至需要角度便觸到地下，如（圖：3.31）示，可用此方法。將燈喉放在喉曲模下，喉頂及滾輪之上，如（圖：3.32）位置，施力於屈喉杆並向上拉，燈喉便會如（圖：3.32）虛線般彎曲，由於屈喉機離天花頂之空間通常較多，所以一般可用此方法處理較長燈喉，但屈喉時會較吃力。



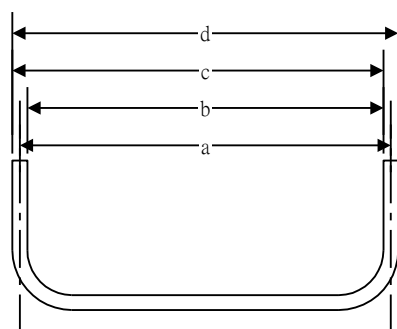
(圖：3.31)



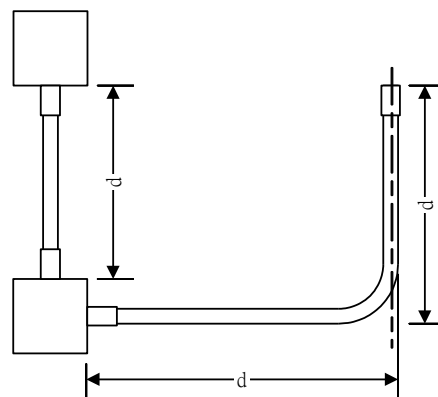
(圖：3.32)

量度尺寸

一般燈喉曲位或燈喉尺寸之量度，都是用以下（圖：3.33）四種方法作參考：



(圖：3.33)



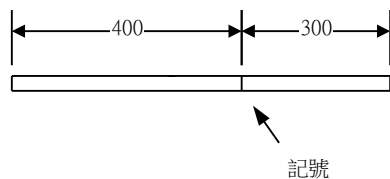
(圖：3.34)

- 喉中心與喉中心之距離。
- 喉內邊與喉內邊之距離。
- 喉內邊與喉外邊之距離。
- 喉外邊與喉外邊之距離。

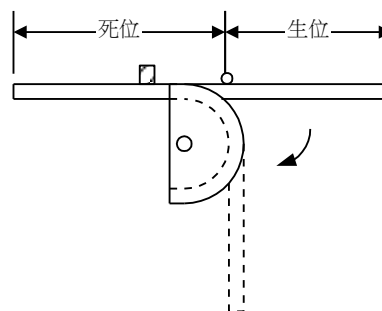
但為了方便工作，減少計算之麻煩，通常都採用喉外邊與喉外邊的距離『 d 』或燈喉最左(最頂)的一點至最右(最底)的一點為準則，如（圖：3.34）示。

試喉(曲位)

屈喉機屈出來的曲位大小，主要由喉曲模控制。所以一部新或未知曲位大小的屈喉機之喉曲模，最好進行試喉程式，以便知道每個喉曲模彎位大小，這樣才可得到準確尺寸。首先用一條 20mm 短燈喉，假設長度為 700mm，在 400mm 處以幼筆作一記號，另一端則長 300mm，如（圖：3.35）示，放上屈喉機並作向下屈曲，400mm 的一邊應放在死位那邊，死位即以喉滾輪為中心，屈喉時不彎曲移動的一邊，如（圖：3.36）示，喉頂及喉滾輪應插放在 20mm 燈喉窿位，由於現時測試 20mm 燈喉，所以喉曲模必須選擇 20mm。

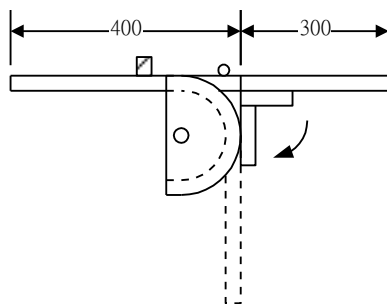


(圖：3.35)

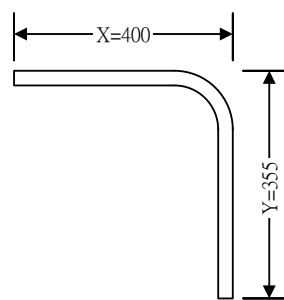


(圖：3.36)

調校燈喉位置直至預先作好的記號位置剛剛在喉曲模圓邊之上，再用角尺確定其位置，如（圖：3.37）原示，較準後作向下屈曲成 90 度角，當屈曲成 90 度角後，再量度燈喉尺寸，這時燈喉尺寸可分為水平尺寸及垂直尺寸，分別以 X(死位)及 Y(生位)代表，量度後發覺 X 之尺寸為預先量度的 400mm，Y 則變為 355mm，如（圖：3.38）示，但不同廠出品的喉曲模可能有不同 Y 的尺寸。



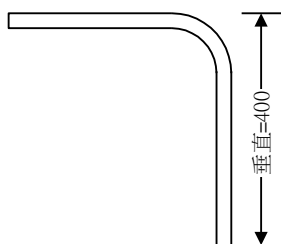
(圖：3.37)



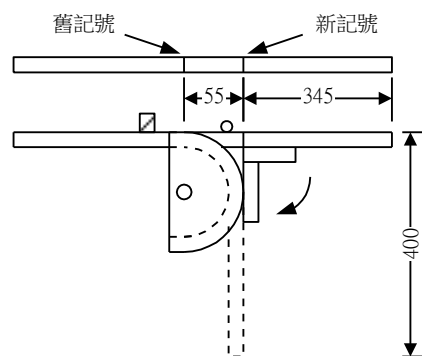
(圖：3.38)

試喉後所得的結論

- 若屈曲後取水平尺寸，只需將要求尺寸做一記號，放在死位的一邊，調校燈喉使記號位置剛剛於喉曲模圓邊以上，再用角尺確定，屈曲後便可得到所需尺寸。
- 基於種種原因，取水平尺寸可能不太方便，這時可取垂直尺寸，由於試喉後發覺記號位置剛剛於喉曲模圓邊以上時，屈曲後尺寸變成了 355mm，但本來生位的一邊是 300mm，即多了 55mm，我們叫它為『賺』，即每屈一個 90 度曲，生位的一邊便賺 55mm，所以若取垂直尺寸時，應先將曲位尺寸，如（圖：3.39）的 400mm 長度，首先減去 55mm，即 345mm 處作一新記號，並將新記號置於喉曲模圓邊上，如（圖：3.40），屈曲後便成為垂直尺寸 400mm 喉曲。

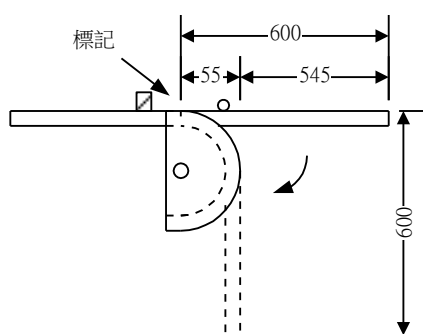


(圖：3.39)



(圖：3.40)

- 但為了方便工作，省卻減數之麻煩，我們可將彎的位置，在喉曲模作一標記，例如用鋸輕輕鋸一條線於喉曲模上，以後需要取垂直尺寸時，只需將屈曲後的尺寸，例如 600mm，做一記號在燈喉，放上屈喉機，調較燈喉使記號位置剛剛與喉曲模鋸線標記相同時，此時便無需減去任何長度，如（圖：3.41）示，若喉頂及滾輪的位置仍是處於 20mm 位置時，則角尺之校準更不需要，屈曲後便是我們所需（圖：3.42）尺寸。



(圖：3.41)

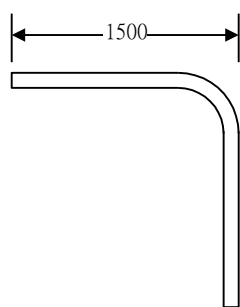


(圖：3.42)

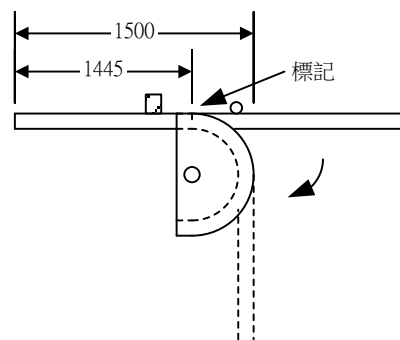
使用屈喉機的總結

一部標準屈喉機都應包括 16、20、25、32 mm 等的喉曲模，所以當定好標記在 20mm 喉曲模後，可繼續進行其他喉曲模之試喉程式，並將標記一一刻在不同尺寸的喉曲模上，以後要屈曲其他尺寸燈喉時，更方便得多。以上之測試程式，全部都是向下屈曲方向，若真的要作向上屈曲時，只需將所有配件及位置裝於反屈狀態，也同樣得到所需尺寸，無需再進行試喉程式。

現時一般電氣技工屈喉時都喜歡取垂直尺寸，因無需計數及使用角尺，但有時因為燈喉過長，取垂直尺寸會觸及地下時，便需要取如（圖：3.43）水平尺寸，例如 1500mm，首先要減去彎的長度，做一記號，並將記號放在喉曲模標記處，如（圖：3.44）示，屈曲後便是我們所需的尺寸。



(圖：3.43)

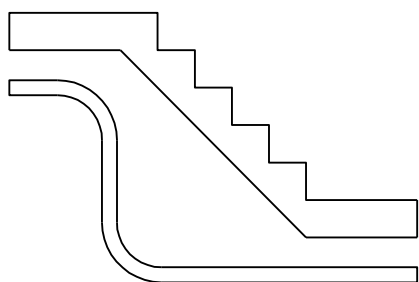


(圖：3.44)

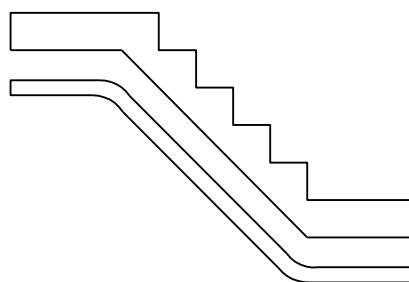
之字曲

燈喉之裝置需要屈曲時，通常都是屈曲 90 度，但假如我們要在樓梯底裝置燈喉系統上樓，如（圖：3.45）所示，由於樓梯的角度不是 90 度，若再屈曲 90 度時，便不太美觀及佔用太多空間，這時便需用其他方法將燈喉屈曲至適當角度以配合地形，而尺寸也必須同樣準確。

一般小於 90 度之曲位，屈曲時通常都是用同一角度，但用不同方向及位置對稱地屈曲兩次，如（圖：3.465）示，這種喉路行走方法，與中文『之』字十分相似，所以稱之為『之字曲』。



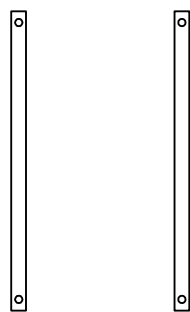
(圖：3.45)



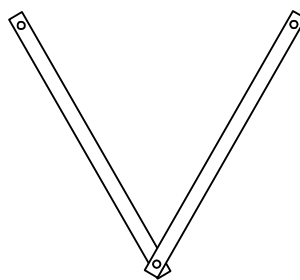
(圖：3.46)

角度量度尺

要得到正確小於 90 度燈喉曲尺寸，首先要自行製造一把角度量度尺。最簡單方法可用兩條 300mm 鋸片，將它們的其中一邊窿位用螺絲及絲母收緊，兩條鋸片便成為兩隻活動的臂，如（圖：3.47）及（圖：3.48）好像圓規一般，調節兩條鋸片可得到不同的角度，但固定的螺絲不能太鬆，否則兩條鋸片可自行移動，角度便不準確。雖然稱為角度尺，但這方法實際上不知說真正的角度，但也適用於任何角度。



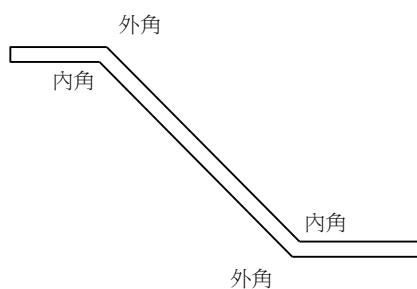
(圖：3.47)



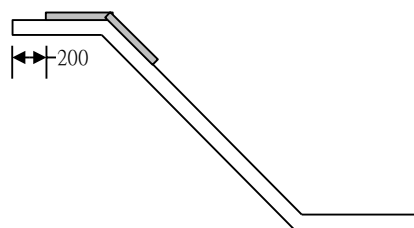
(圖：3.48)

量度之字曲尺寸及角度

屈之字曲前，首先要決定燈喉的路線與角度，若可能的話，最好在要安裝燈喉的牆上劃出燈喉完成後之直線圖樣，如（圖：3.49）所示，並在之字曲位外角放上預先製造的角度量度尺，調校角度量度尺，直至其角度與燈喉屈曲角度一樣，位置如（圖：3.50）所示，再量度在起始一邊至角度量度尺頭的距離，假設為 200mm，並記錄此點在牆上，首先屈曲這之字曲位，其後再量度及屈曲其他跟隨之字曲。



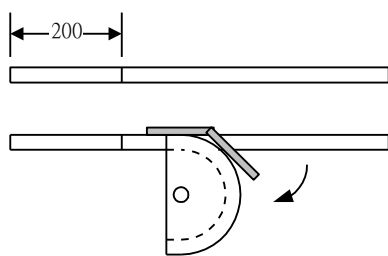
(圖：3.49)



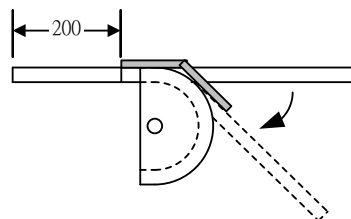
(圖：3.50)

屈之字曲

量度之字曲尺寸及角度後，先用一條直喉量度 200mm 作一記號，放上屈喉機，而 200mm 的一端應放在死位的一邊，再將預先量度好角度的角度尺楔入喉曲模上，角度尺一臂使其位置於喉曲模頂，並平行燈喉，另一臂則剛剛接觸到喉曲模圓邊的任何一點，如（圖：3.51）所示，但角度尺預先量度的角度必須保持，不能有變，再調校燈喉左、右位置直至預先作的記號剛在角度尺頭，如（圖：3.52）的位置，校準後可作向下屈曲，但屈曲時應慢慢嘗試角度，不可太用力，否則屈曲角度可能過籠，直至被屈曲的角度如（圖：3.52）虛線所示位置，然後取出放上牆測試位置及角度是否正確，假如是正確或可以接受的話，可繼續用同樣方法屈曲其他的之字曲。



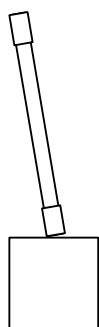
(圖：3.51)



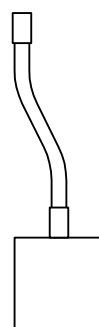
(圖：3.52)

小之字曲

明喉裝置的起始和結尾位置，假如是連接總掣或配電箱時，由於總掣或配電箱預先開窿的位置，都會離箱底較遠，這高度會較離牆碼為多。若用直喉直接連接，燈喉便不能垂直入箱，如（圖：3.53）示，效果甚差；這時需要屈一個小的之字曲升高某高度入箱，如（圖：3.54）所示，才比較美觀及實用。通常這種小的之字曲，一般都無需太精確位置及斜度，只是升高的高度『H』與入箱窿位高度一樣便可以了。



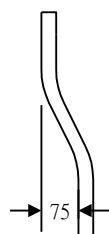
(圖：3.53)



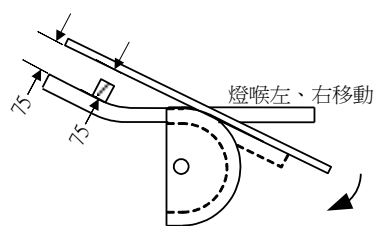
(圖：3.54)

屈小之字曲

首先估計之字曲屈曲位置、斜度和升高尺寸（例如：75mm），如（圖：3.55）示，並用以前所學的方法，先屈曲一邊，然後放上屈喉機置於相反方向，已屈曲的一端放在死位一邊，再用一把長尺置於喉曲模頂，並平行已屈曲的一邊，其位置如（圖：3.56）所示，調校燈喉左、右位置，直至預先打算升高尺寸『H』之距離為 75mm，校好後便可屈曲直至如虛線所示位置。



(圖：3.55)

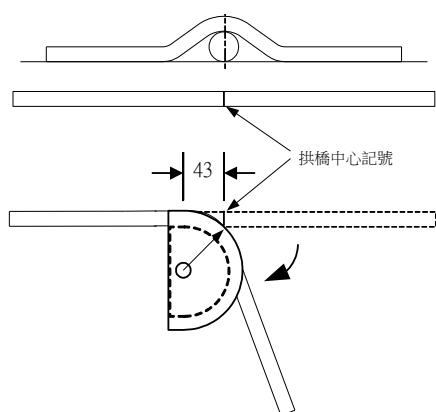


(圖：3.56)

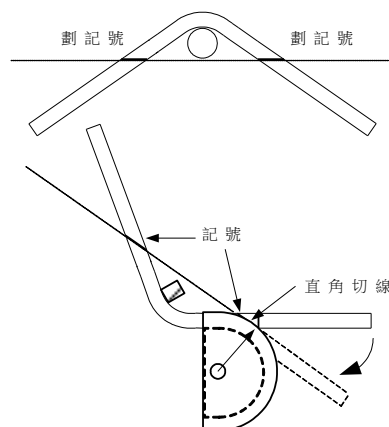
曲軸(拱橋)

曲軸(拱橋)是燈喉橫跨物體時的做法(圖：3.57)，也有些電工以屈之字的方法解決，效率較高，穿線也方便。先預備一條較完成後曲軸較長的直燈喉，並在要屈拱形的中心位置劃上記號(圖：3.57)，再以記號對出約 43mm (20mm 燈喉) 碰正唧餅切線開始向下屈成約 110° 的人字形管。把要跨越的物體用放樣的方法繪於地上，放已屈成人字形管的燈喉放在上面，用直尺碰著物件底部，拉成直線在管身劃上記號。

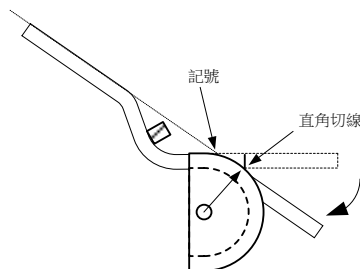
把人字形管的燈喉反方向放置在唧餅上如(圖：3.58)，對正兩個記號拉成直線(圖中虛線)，此直線對平唧餅邊緣成切線，將導管向下扳至平該直線為止。把燈喉再反置在唧餅上如(圖：3.59)示，將已屈好的一段拉成直線對平唧餅邊緣成切線，將導管向下扳至平該直線為止。對正中間拱橋位置然後將左右兩邊度位切斷，再絞牙連接燈喉系統。



(圖：3.57)



(圖：3.58)



(圖：3.59)

屈金屬喉應注意的事項

- 燈喉頭尾需要入箱或駁喉都要絞牙上梳結，絞牙之長度應該是梳結長度的一半，這樣才達至『牙頂牙』，從而增加機械強度。
- 度喉屈曲前必須顧及要裝上的梳結或絞牙的長度，否則加上梳結後的尺寸與原先的尺寸便有誤差，若可能的話，最好先絞牙，並裝上梳結，才量度燈喉尺寸屈曲，這樣便無需加減任何尺寸。
- 當安裝多過一條燈喉平行而行時，喉與喉之間的距離必須確定有足夠空間可安裝離牆碼。
- 喉路起點與終點之間，不能設計太多曲位，曲位最多數目必須符合安裝條例，有需要時應安裝過路箱。
- 之字曲、曲軸及馬肚等形狀，應盡量用過路箱取代，從而減少穿線時可能產生之困難。

守則 25A 使用導管的線路裝置**(1) 安裝鋼或聚氯乙烯或塑膠導管的一般規定**

- (a) 導管如穿過伸縮縫，應作特別安排，以容許伸縮縫任何一邊皆可相對移動；見（圖：3.60）及（圖：3.61）（守則圖 25 (1)）所顯示的例子。為保持穿過伸縮縫的電氣連續性，應另外裝設一條電路保護導線，電路保護導線的截面積應與引進導管內的最大帶電導線配合。
- (b) 屋宇建築期內，所有導管終端的開口，如可能被水、濕氣或其他外來物體所侵入，應用適當的導管塞加以堵塞；紙張或碎布等類材料不應作此用途。在同樣環境下的導管線盒，亦應以同樣方式堵塞，以防止屋宇建築期內混凝土或灰泥進入盒內。
- (c) 裝置在清涼地方的天花板導管出口，如可能被暖空氣流入，應塗上適當密封劑，以防止濕氣凝結。
- (d) 用以支承明敷導管的線鞍，應相隔固定距離沿整條導管設置。毗連線鞍的間距不應大過表 25 (1) 所示數字。
- (e) 電纜應用大小適中的拉線帶或鋼線引進導管內。如使用電纜潤滑劑，則潤滑劑不應與電纜產生負面相互作用，亦不應令火焰擴張或降低電纜的防火特性。
- (f) 同一電路的所有帶電導線，應引進同一導管內。
- (g) 照明最終電路的中性電纜，如用單芯電纜，可在導管內直接敷設至照明點，無須經過開關盒。
- (h) 每隔兩個彎位，或每隔一個彎位再加一段合共最多 10 米長的直線延伸導管，或每隔一段最多 15 米長的直線延伸導管，應設置一個適配線盒。
- (i) 藏於混凝土的毗連或平行導管，彼此應相距不少於 25 毫米。

(2) 使用鋼導管的線路裝置

- (a) (i) 鋼導管應利用固定聯接喉套作接頭。兩條導管相接的兩端，應放入固定聯接喉套內並用螺絲旋緊，以保持導管的機械及電氣連續性。外露螺紋應髹上防銹漆。
- (ii) 本守則不建議使用可旋動的聯接喉套。
- (b) (i) 鋼導管如終接入金屬包殼，應利用聯接喉套作連接，或如屬軟導管，用黃銅

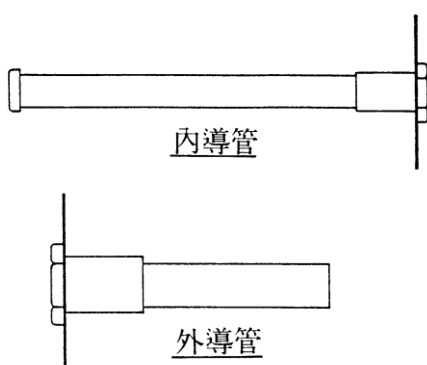
製轉接器並加上黃銅製的陽管箍做成連接。軟導管與轉接器之間的連接，應穩妥固定，如有需要，應對連接處加以保護，以防止潮濕。每段軟導管的長度必須盡量減短。如作一般用途，應不超過 1 米；如安裝在假天花內，則應不超過 2 米。

- (ii) 如金屬包殼是上漆或上釉的，應裝上獨立及大小適當的保護導體，使導管的接地終端連接金屬包殼內的一個接地終端，從而保持導管與金屬包殼之間的電氣連續性。置於管箍與金屬包殼之間的一塊銅接地件，可作為導管的接地終端之用。

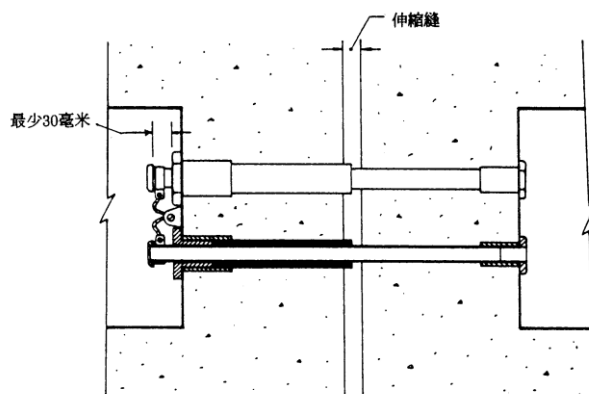
- (c) 導管不應屈曲超過 90 度，彎位的內半徑不應小於導管外直徑的 2.5 倍。

(3) 使用聚氯乙烯或塑膠導管的線路裝置

- (a) 導管彎位的內半徑最小應為導管外直徑的 4 倍。
- (b) 導管彎位、導管接頭的施工方法，將導管裝上沒有凸嘴的線盒的方法，以及所使用的工具及材料，應依照導管製造商的建議。
- (c) 應充分考慮到聚氯乙烯管在高溫下的膨脹。導管如直線延伸 8 米或以上，應加入伸縮聯接喉套或其他配件。所用線鞍或夾子應為滑動配合型。
- (d) 用以懸吊照明器或其他器具的線盒，如有相當大量的熱產生，應使用鋼質嵌入來的一種。用以懸吊照明器的塑膠線盒或其他器具，應能在預期的操作溫度下承受懸吊的重量。



(圖：3.60)



(圖：3.61)

導管支承物間距 [守則表 25 (1)]

導管大小 (毫米)	支承物之間的最大距離 (米)					
	硬鋼		硬塑膠 / 聚氯乙烯		軟性	
	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直
不超過 16	0.75	1.0	0.75	1.0	0.3	0.5
超過 16 但不超過 25	1.75	2.0	1.5	1.75	0.4	0.6
超過 25 但不超過 40	2.0	2.25	1.75	2.0	0.6	0.8
超過 40	2.25	2.5	2.0	2.0	0.8	1.0

註：(1) 上表所列間距是假設導管所承受機械應力只源自內藏電纜、導管及配件的重量。

(2) 上列數值不適用於作支承照明器或其他器具用的導管。

3.4 聚氯乙烯(PVC)膠喉系統

現今膠導管絕大多數之原料皆為聚氯乙烯（PVC），已被廣泛用於明和暗導管安裝。

- 應有足夠強度並符合 BS4607：第一及第二部及 IEC60614 或 EN50086 或等效規定。
- 一般的操作溫度範圍是 -5°C 至 60°C。
- 採用自行熄滅之材料製造，並符合 BS4607：第三部或等效規定。一般 PVC 喉管若被火燃著，會散發大量煙、鹵素和其他有毒氣體，可採用低煙和無鹵素的喉管。而符合英國標準 6099 第 2.2 節的 PVC 喉管不會令火勢蔓延。
- 所有配線盒應或配件以絕緣材料製造，盒壁最少 2mm，並符合 BS4662 或等效規定。
- 不適宜裝設在操作溫度可能高逾 60°C 的建築物。
- 系統中如有任何外露之非帶電金屬部分應以適合的保護導體接地。
- 設計和安裝時應考慮導管會因氣溫轉變而出現縱向膨脹或收縮。

膠導管規格與接駁

膠導管規格同樣以直徑(外)來區分，分別有 32mm、25mm、20mm 及 16mm 等，較常用的祇有前三種標準，其長度規格每條有 3m 或 4m。膠導管之配件－螺紋喉咀及圓燈箱是用溶劑黏合，故無須攻牙。一旦黏合凝固，膠導與配件不能拆開。截斷膠導管可用膠導管剪刀。

機械性能的分類

- 抵受輕度機械應力的喉管；
- 抵受中等程度機械應力的喉管；
- 抵受強度機械應力的喉管。

PVC 喉管的優點

- 價錢便宜，施工容易；
- 能抗酸性、鹼性液體、油、雨水、潮濕、腐蝕及不易出現水份凝結及凝聚；
- 重量較鋼喉管輕巧；
- 導管本身不能作保護導體，必須安裝保護導體，因而保護導體的連續性較佳。

PVC 喉管的配件與工具

- 膠喉

一般可分為直徑 20mm、25mm 及 32mm 三種，除圓形外，也有橢圓形的產品，如（圖：3.62）示，膠喉除白色外，也有其他顏色如（圖：3.63）示。



(圖：3.62)



(圖：3.63)

- 杯臣及梳結
與金屬喉一樣，將配線盒或其他配件連接起來，如（圖：3.64）示。
- 無牙梳結
與金屬喉一樣，將膠喉接駁之用，如（圖：3.64）示。
- 喉碼
與金屬喉一樣，將膠喉固定及支撐，有彈弓碼及半圓碼，如（圖：3.64）示。



(圖：3.64)

- 司令箱及喉曲
與金屬喉一樣，有單叉、曲叉、直叉、三叉及四叉等，作用為安裝燈座及作為過路箱之用。有蓋喉曲可省去屈喉工序，但因為喉曲轉彎太急速，穿線較困難，如（圖：3.65）示。



(圖：3.65)

- 膠箱
與金屬喉一樣，有孖位、單位及斜位，照明開關大多應用單位膠箱，如（圖：3.66）示。
- 過路箱
與金屬喉一樣，可減少喉管的彎位，同時可方便穿線之用，如（圖：3.66）示。



(圖：3.66)

- 彈弓

用作將膠喉屈曲，先將彈弓穿入膠喉內，然後將其屈曲，再將彈弓取出，彈曲可避免膠喉屈曲後變形，惟必須配合有關膠喉之規格尺寸，如（圖：3.67）示。



(圖：3.67)

- 膠喉剪

使用者不需用手鋸，只需用膠喉剪像用較剪的方法將膠喉切開，從而減省時間，切口更齊整，如（圖：3.68）示。

- 膠水

由於膠喉不像金屬喉一樣，要絞牙才可接駁，它只需將有關配件套入，然後塗上膠水，膠喉便接駁妥當，但再不能拆開，如（圖：3.69）示。



圖：3.68)



(圖：3.69)

PVC 軟喉管

工作原理與應用與金屬軟燈喉管相同，惟 PVC 軟喉全由膠製成，接駁時需配以 PVC 軟喉管專用的軟喉咀，不同的廠可有不同的軟喉咀，如（圖：3.70）及（圖：3.71）示。PVC 軟喉管的標準為 BS 6099、IEC 60614-1、BS4607。



(圖：3.70)

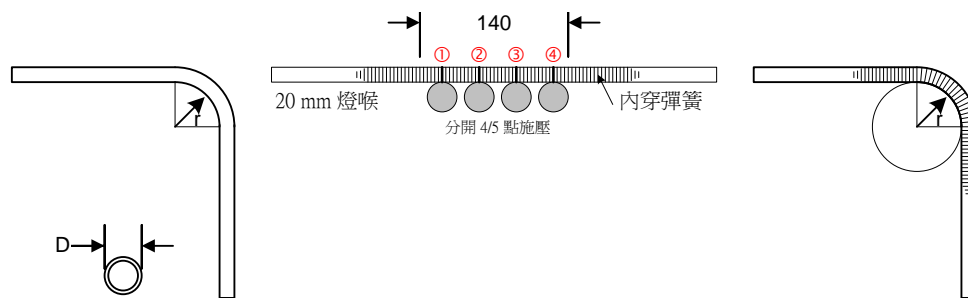


(圖：3.71)

膠導管扳屈方法

塑膠或聚氯乙烯(PVC)導管一般是用手扳屈的，32mm 直徑或以上多以加熱後才扳屈。為避免變形，必須事先在彎位範圍內穿入彈簧才進行，惟彈簧必須穿上導線，以便屈曲後將彈簧拉出。由於 PVC 導管較便宜及容易剪裁，所以一般曲位都會預長，到安裝時才將過長的位置剪去。

- 按工作守則的要求，膠喉管之 90° 彎位內半徑 $r \geq 4D$
以 20mm 喉管計算：
 $D = 20\text{mm}$ ； $D/2 = 20/2 = 10$ ；
 $r = 4D = 4 \times 20 = 80$ ；
- 彎位用料平均長度，以 1/4 圓中間長度計算
 $2\pi \times (80 + 10) \times 1/4 = 141.3\text{mm}$
- 扳屈前，可先在導管預期屈彎的一端開始範圍劃上記號(不是中心點)，如(圖：3.72)示。
- 然後按在半徑相若的圓柱位或用腳部較硬的膝蓋作支點扳屈，如(圖：3.72)示，如圓柱位不夠粗，應分散施加壓，當感覺少許變形便應轉移位置再屈，如(圖：3.72) 4 或 5 個支點)，切忌由中心點開始集中施壓。
- 導管經屈彎一段時間後，會有一定程度回彈。所以扳屈角度必須超過預定角度以抵消回彈。安裝喉碼要選適當位置，務求任何喉段都能穩固。
- 之字曲位的屈法基本上與金屬喉相約。



(圖：3.72)

PVC 喉管的安裝

塑膠導管安裝的事項，大部份與鋼導管相同，只是以下幾點必須留意：

- 直喉安裝時喉碼間距離為 1~1.5m，接近彎位或掣箱前 150mm 內亦應裝上喉碼。
- 如導管很長，或環境溫差大時，應使用可供導管伸縮的長梳結。
- 與導管插入之配件如杯梳或圓箱在安裝前，應塗以溶解膠固定。
- 導管彎位不應小於導管外直徑的 4 倍。
- 每隔直線 8 米或以上，應加入伸縮喉套，使在高溫膨脹下有足夠伸縮空間。
- 懸吊照明裝置的塑膠線盒須能承受所負照明裝置的重量，或轉用鋼質配件。

電纜因數和導管因數表的運用

由於安裝環境不同，喉管佈置長度、被屈製成不同角度來配合，藏入電纜容量亦隨之改變，下列為一些資料，透過簡單計算便可找出電纜容量的上限值。

- (a) 直線延伸不超過 3 米長的導管
 - (i) 每條使用的電纜，應按表 14(2)(a) 所載求取適當的電纜因數。
 - (ii) 把所得的電纜因數全部加起，然後與表 14(2)(b) 所載的導管因數互相比較。
 - (iii) 如果導管因數相等於或大於電纜因數總和，則該導管的大小可視為適合。
- (b) 直線延伸超過 3 米長的導管，或任何長度有彎位或曲位的導管：
 - (i) 每條使用的電纜，應按表 14(3)(a) 所載求取適當的電纜因數。
 - (ii) 把所得的電纜因數全部加起，然後與表 14(3)(b) 所載的導管因數互相比較，並顧及導管延伸長度和其中彎位數目。
 - (iii) 如果導管因數相等於或大於電纜因數總和，則該導管的大小可視為適合。
 - (iv) “彎位”一詞是指 90°的彎位，而一對(之字)曲位則相等於一個彎位。

直線延伸及不超過 3 米長導管的電纜因數和導管因數 [表 14(2)]

(a) 電纜因數

導體種類	導體截面積(平方毫米)	因數
實心	1	22
	1.5	27
	2.5	39
絞合	1.5	31
	2.5	43
	4	58
	6	88
	10	146

(b) 導管因數

導管直徑(毫米)	因數
16	290
20	460
25	800
32	1400

超逾 3m 或有彎位或曲位導管的電纜因數和導管因數 [表 14(3)]

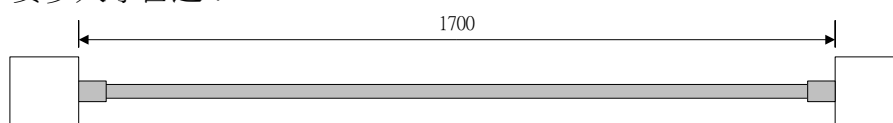
(a) 電纜因數

導體種類	導體截面積(平方毫米)	因數
實心 或 絞合	1	16
	1.5	22
	2.5	30
	4	43
	6	58
	10	105

(b) 導管因數

導管延伸長度 (米)	導管直徑(毫米)															
	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32	16	20	25	32
	直線(無彎位)				一個彎位				二個彎位				三個彎位			
1					188	303	543	947	177	286	514	900	158	256	463	818
1.5					182	294	528	923	167	270	487	857	143	233	422	750
2	290	460	800	1400	177	286	514	900	158	256	463	818	130	213	388	692
2.5					171	278	500	878	150	244	442	783	120	196	358	643
3					167	270	487	857	143	233	422	750	111	182	333	600
3.5	179	290	521	911	162	263	475	837	136	222	404	720	103	169	311	563
4	177	286	514	900	158	256	463	818	130	213	388	692	97	159	292	529
4.5	174	282	507	889	154	250	452	800	125	204	373	667	91	149	275	500
5	171	278	500	878	150	244	442	783	120	196	358	643	86	141	260	474
6	167	270	487	887	143	233	422	750	111	182	333	600				
7	162	263	475	837	136	222	404	720	103	169	311	563				
8	158	256	463	818	130	213	388	692	97	159	292	529				
9	154	250	452	800	125	204	373	667	91	149	275	500				
10	150	244	442	783	120	196	358	643	86	141	260	474				

例 1： 有一 1.7m 長直導管須存放 12 條 2.5mm^2 實心電纜，如（圖：3.73）示，喉管直徑最少要多大才合適？



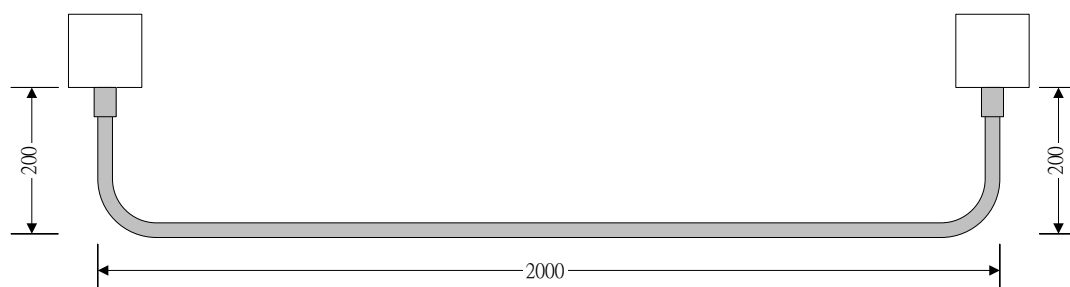
（圖：3.73）

- 因導管是直喉且不超過 3 米長，所以於導管電纜因數表 **14(2)(a)** 找出 2.5mm^2 實心電纜因數為 **39**，電纜共 **12 條**
- 電纜因數總和：

$$= 39 \times 12 = 468$$

- 從導管因數表 **14(2)(b)** 找出 **20mm** 直徑之導管因數祇有 **460**，少於 **468**，未能符合要求。所以最少需選用 **25mm(800)** 直徑之喉管。

例 2： 總長 2.4m 有二彎位喉管須存放 3 條實心 4mm^2 和 4 條 2.5mm^2 電纜，如（圖：3.74）示，喉管直徑最少要多大才合適？



（圖：3.74）

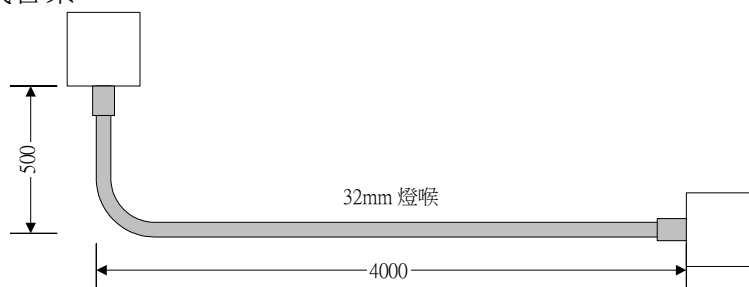
- 因導管有二彎位，所以於導管電纜因數表 14(3)(a) 找出 4mm^2 電纜的電纜因數為 43，電纜 3 條
- 於導管電纜因數表 14(3)(a) 找出 2.5mm^2 電纜的電纜因數為 30，電纜 4 條
- 電纜因數總和：

$$= 43 \times 3 + 30 \times 4 = 249$$

- 從導管因數表 14(3)(b) 找出二個彎位，20mm 直徑，導管延伸長度為 2.5m(原 2.4m)之導管因數為 244，小於 249，未能符合要求。所以需選用較大 25mm(導管因數為 442) 直徑之喉管。

例 3： 總長 4.5m 有一彎位之 32mm 直徑喉管，如（圖：3.75）示，最多可存放多少條 6mm^2 電纜？

- 同學們試找答案



（圖：3.75）

3.5 線槽(Trunking)

線槽是一種普遍採用的樓宇配電方法，電纜可在線槽裝設完成後才放進，最後將槽蓋上頂蓋便可，所以安裝工作較導管簡單容易，再加改也比較快捷。在一般的電氣裝置中，常將線槽與導管互相配合使用，從而可減少線槽與導管重疊及數量，也可減輕安裝成本。線槽一般分鋼線槽或 PVC 線槽。

鋼線槽的規格及標準

- 以 BS4678、IEC 61084、BSEN50085 或等效規格較普遍。
- 保護方法的分類：
 - 第一類 - 線槽內外均作輕度的保護，例如用厚度不少於 0.0025 毫米的鍍鋅。第一類鋼線槽不包括敷設在地板下的鋼線槽；
 - 第二類 - 線槽作中等程度的保護，即線槽內壁用第一類的保護程度，外壁則另加保護層，例如用燒瓷漆或氣乾漆油；
 - 第三類 - 線槽內外均有深度的保護，例如用符合英國標準 2989 的第 2A 或 2B 類熱浸鍍鋅。
- 尺寸 - 符合英國標準 4678 的線槽厚度尺寸，並載於 COP 14 表 14(1) (下表)。

金屬線槽的槽殼材料最小厚度 [表 14(1)]

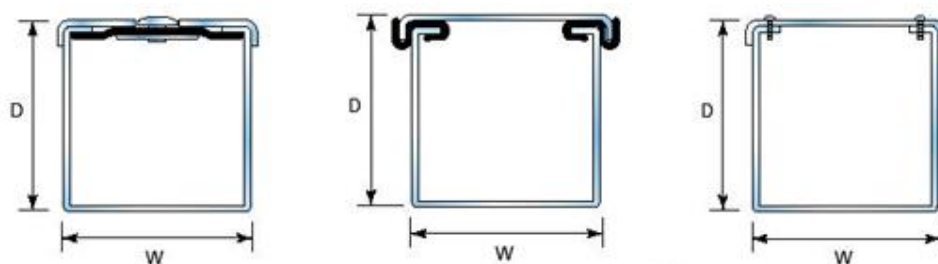
額定大小 (毫米 x 毫米)	槽殼材料的最小厚度 (毫米)
50 x 50	1.0
75 x 50	1.2
75 x 75	1.2
100 x 75	1.2
150 x 100	1.4
150 x 150	1.6

線槽及標準接駁曲位

- 線槽

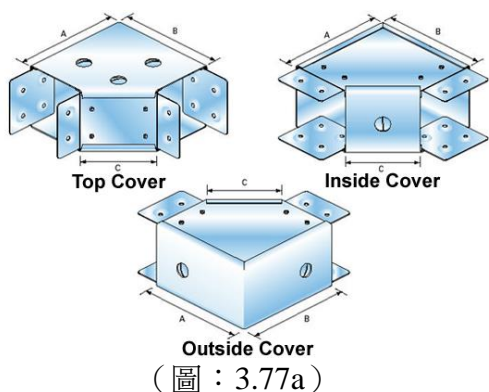
線槽用鋅片屈摺成長方體，一般長度為 2440mm，橫截面有方形及長方形，規格尺寸以截面積（闊度 x 高度）及厚度作標準。線槽的槽蓋有三種不同的款式將其固定，如（圖：3.76 示），安裝時可根據工程上的需要選購。

 - 旋轉杆式 (Fast fixed with turn bar assemble)(Centre capton type)
 - 彈弓夾式 (Spring capped fixed)(Clip fixed type)
 - 螺絲式 (Retaining screw)(Screw fixed type)

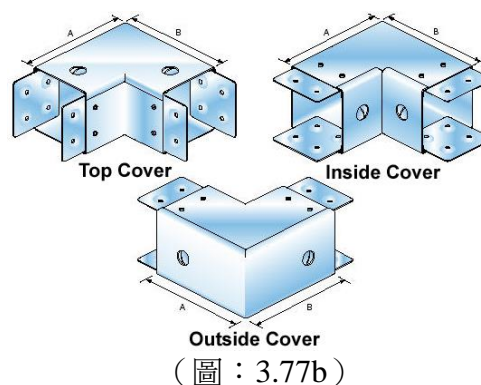


(圖：3.76)

- 45 度斜角 90 度曲 (90° Bends)
線槽轉角之用，可安裝貼至牆角，如 (圖：3.77a) 示，蓋面可有不同的方向。
- 直位 90 度曲 (90° Elbow Bends)
線槽轉角之用，但內角為直角，故此敷設電纜時，容易傷及電線，如 (圖：3.77b) 示，蓋面可有不同的方向。

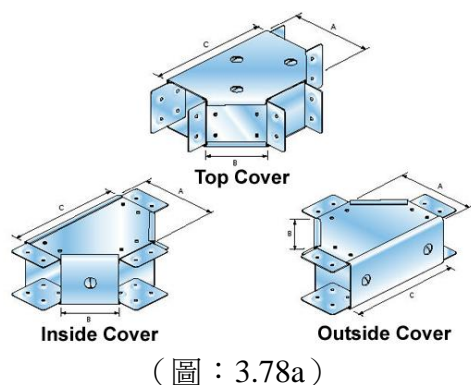


(圖：3.77a)

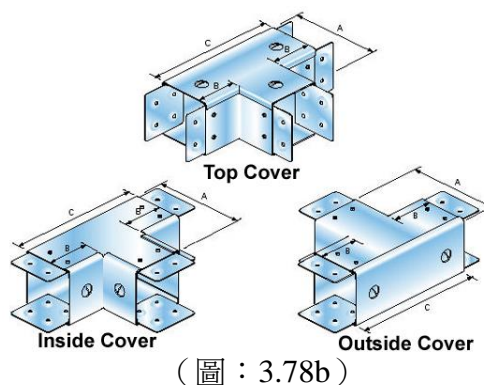


(圖：3.77b)

- 三叉 45 度斜角 (Tees)
線槽位處於三叉之用，如 (圖：3.78a) 示，蓋面可有不同的方向。
- 三叉直位 90 度 (Elbow Tees)
線槽位處於三叉之用，但內角為直角，故此敷設電纜時，容易傷及電線，如 (圖：3.78b) 示，蓋面可有不同的方向。



(圖：3.78a)



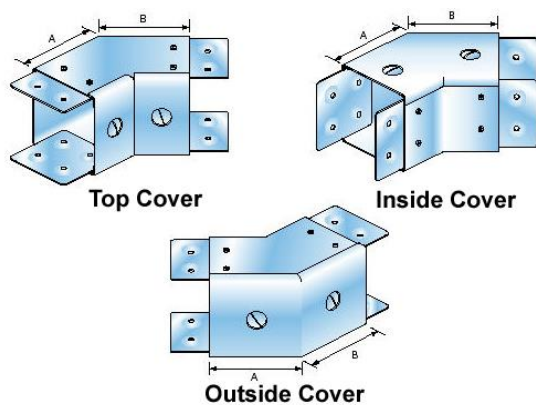
(圖：3.78b)

- 45 度曲 (45° Bends)
轉彎時其位置不能採用 90 度曲，或轉角避免太銳時，可採用此配件，如 (圖：3.79)

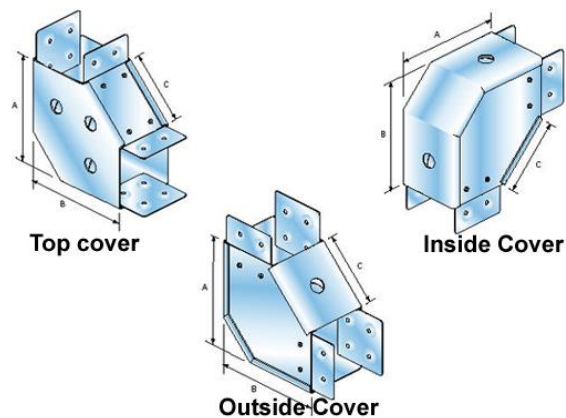
示，蓋面可有不同的方向。

- 90 度曲 (90° Risers)

線槽轉角之用，當不能安裝貼至牆角時，可使用此曲位，如（圖：3.80）示，蓋面可有不同的方向。



（圖：3.79）



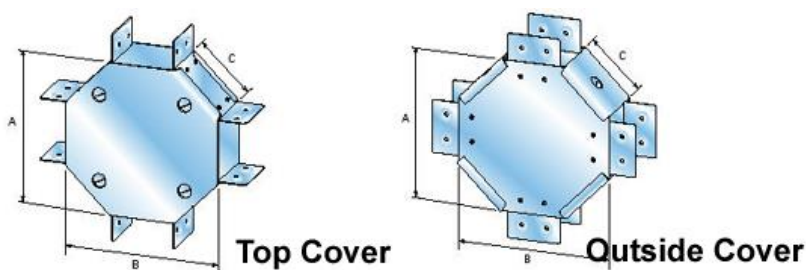
（圖：3.80）

- 四叉(十字叉) (Crossovers)

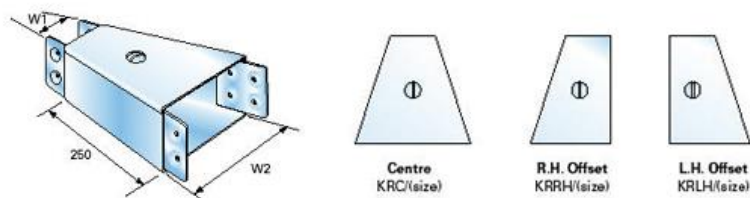
四面縱橫分叉之用，如（圖：3.81）示，蓋面可有不同的方向。

- 刁士 (Reducer)

連接兩條不同大小線槽之用，如（圖：3.81）示，蓋面可有不同的方向。



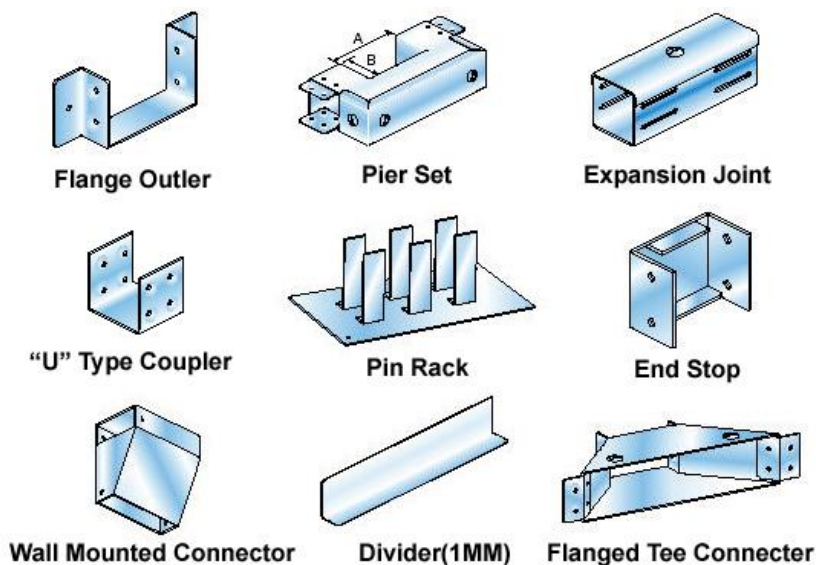
Centre/Offset Reducers



（圖：3.81）

- 其他配件 (Ancillaries)

線槽廠提供於線槽接駁時有關的參考配件，如（圖：3.82）示。



(圖：3.82)

線槽的常用配件與工具

- 槽駁片及螺絲
接駁線槽間之用，如（圖：3.83）示。
- 銅連接片（槽水片）
於槽駁片或兩線槽之間安裝，以保持其電氣連續性，用銅製造，表面鉛水，防止氧化，如（圖：3.83）示。
- 槽蓋夾
固定槽蓋之用，如（圖：3.83）示。
- 槽尾疋
將槽口封好，以防外物進入，如（圖：3.83）示。



(圖：3.83)

- 線槽過線坑
一般以電木製成，厚度最少為 6mm，用作連接線槽與掣箱之間，使電線經過占線坑穿入電掣，從而保護電線。

注意事項：

使用預製組件接駁線槽時，在訂購時已經需要決定槽蓋的開啟方向，否則只會阻礙工作進度。

參考網址：<http://www.kwokbond.com/company.htm>

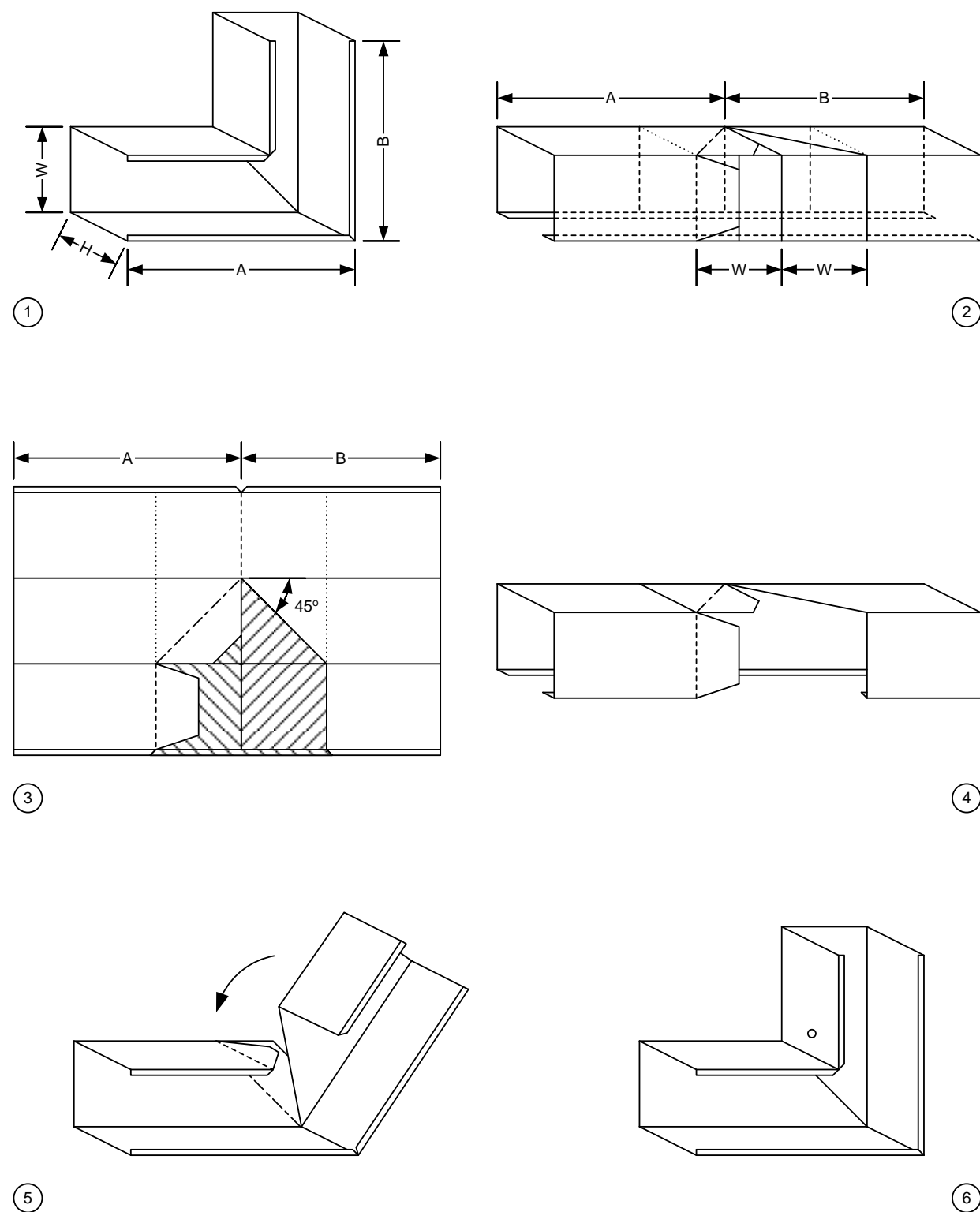
3.6 線槽的屈摺製作

線槽組裝接駁配件，大多能購買得到，但有時線槽可能配合安裝環境，例如需將線槽訂製成寬而矮時，有關駁槽配件也需要訂製，惟數量不多或角度變化過多時，一般都會由直槽屈摺而成。以下是不同形狀、方向線槽屈摺方法的圖示步驟，這些方法同樣可以利用其原理將直槽蓋屈摺而成有關曲位，不需要另外購買槽料造槽蓋。

- 斜線表示該部份線槽需鋸去。
- 虛線線表示該部份線槽會屈摺。
- 中心線表示該部份線槽會有紙口位重疊。

直角平曲(面蓋)

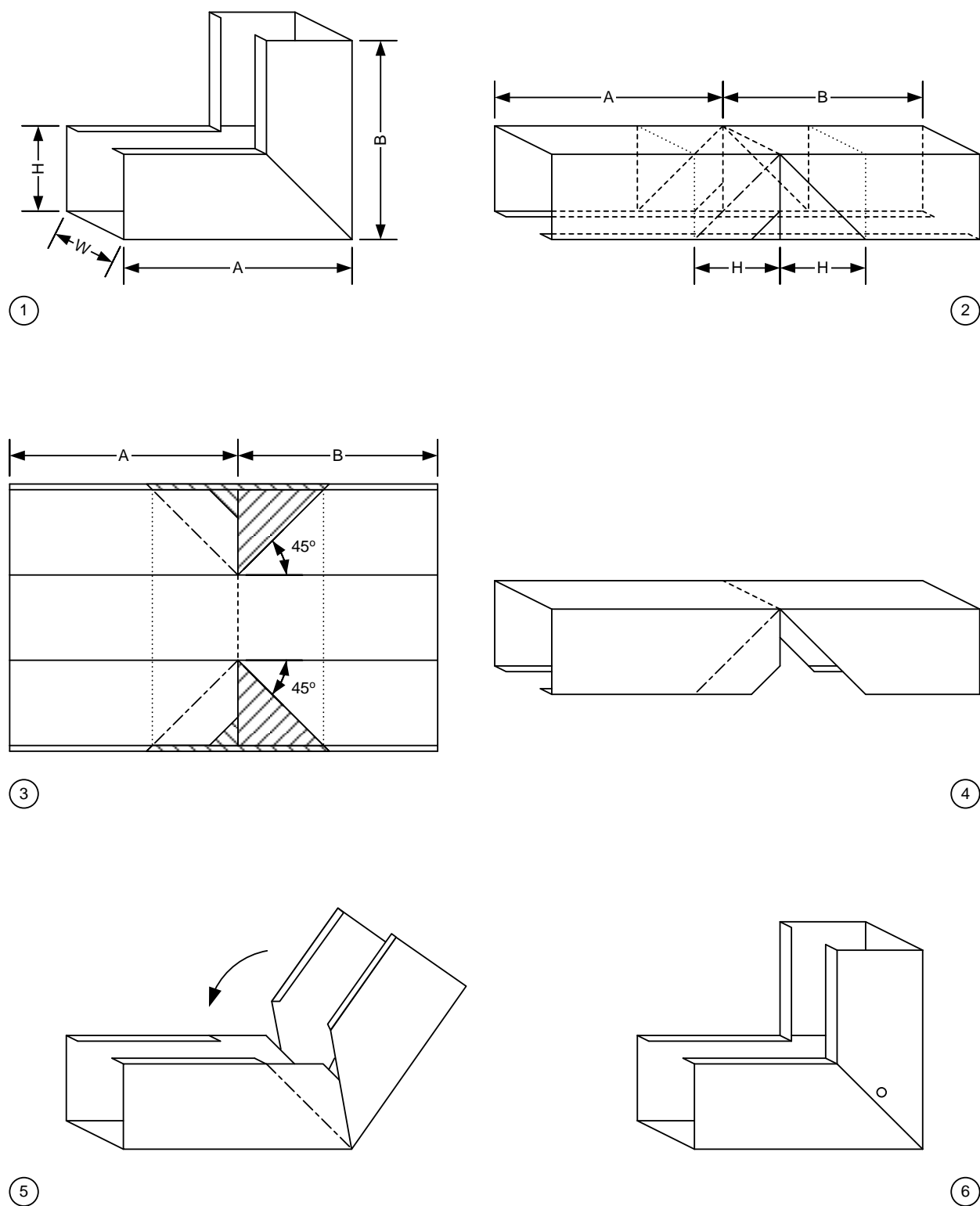
- 主要用於平面轉 90° 角之用，工序如（圖：3.84）示。



（圖：3.84）

直角內曲(內頂蓋)

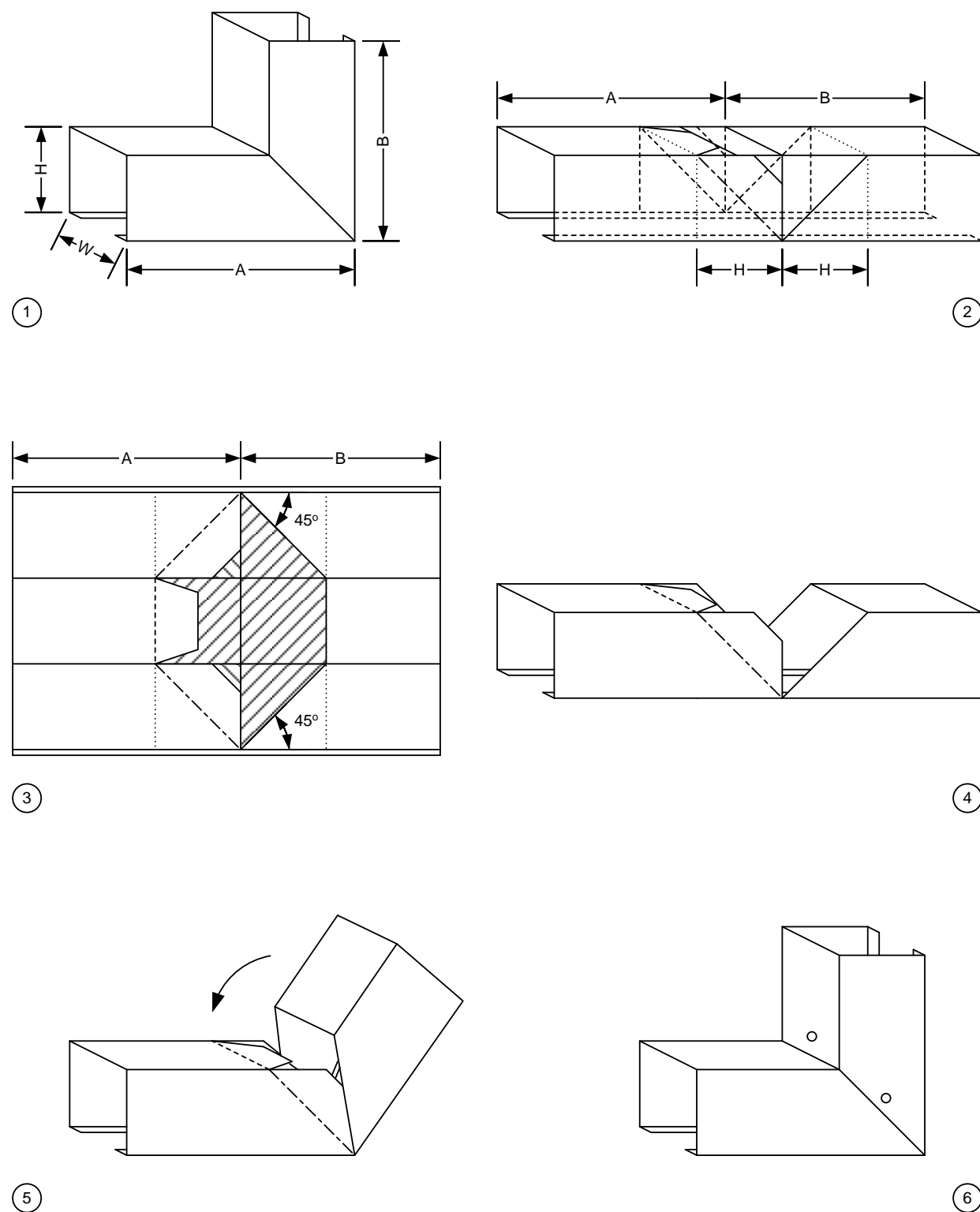
- 主要用於由平面轉至垂直 90° 角之用，工序如（圖：3.85）示。



（圖：3.85）

直角外曲(外底蓋)

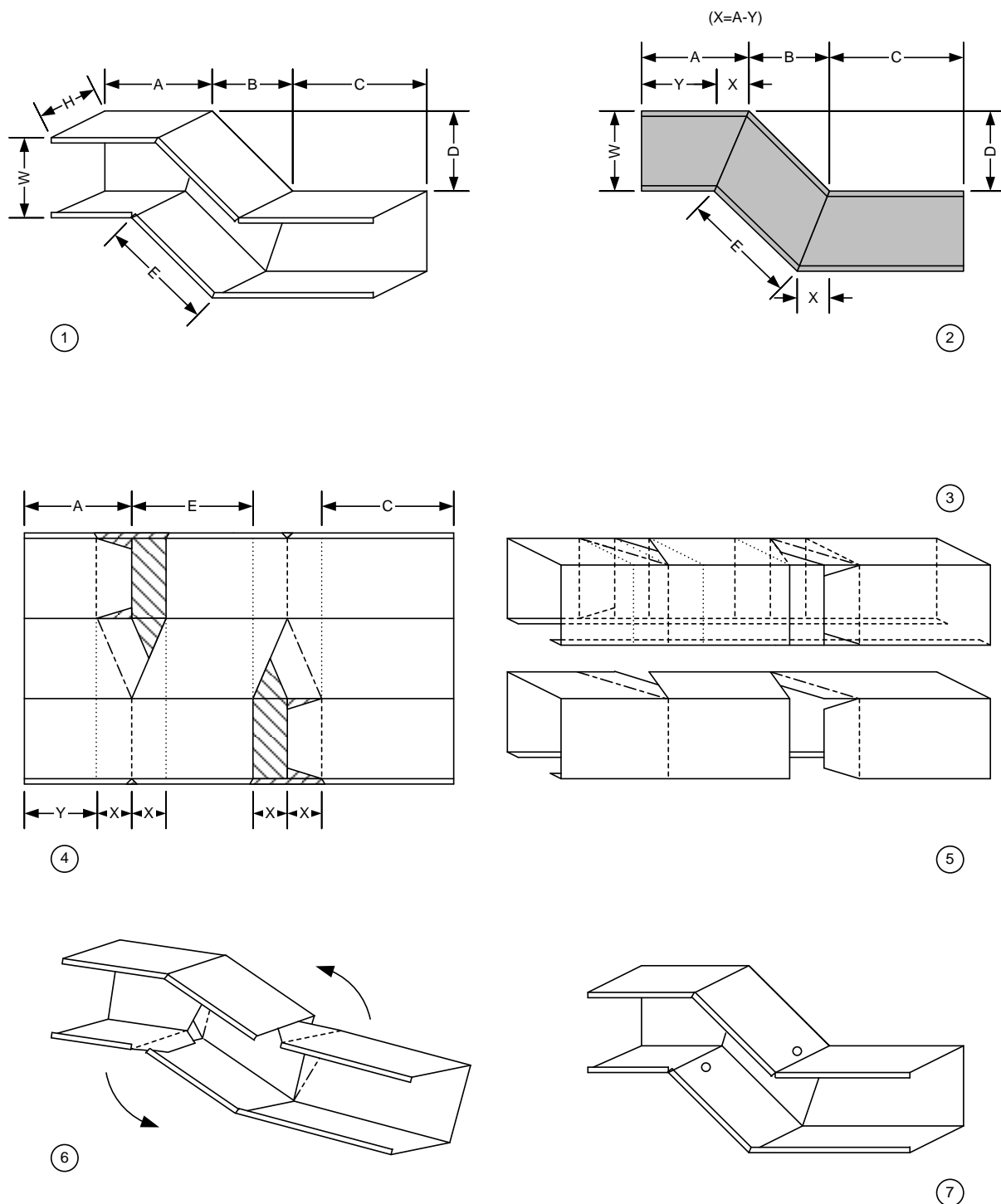
- 主要用於由平面轉至向上垂直 90° 角（例如：吊槽）之用，工序如（圖：3.86）示。



（圖：3.86）

平之字曲

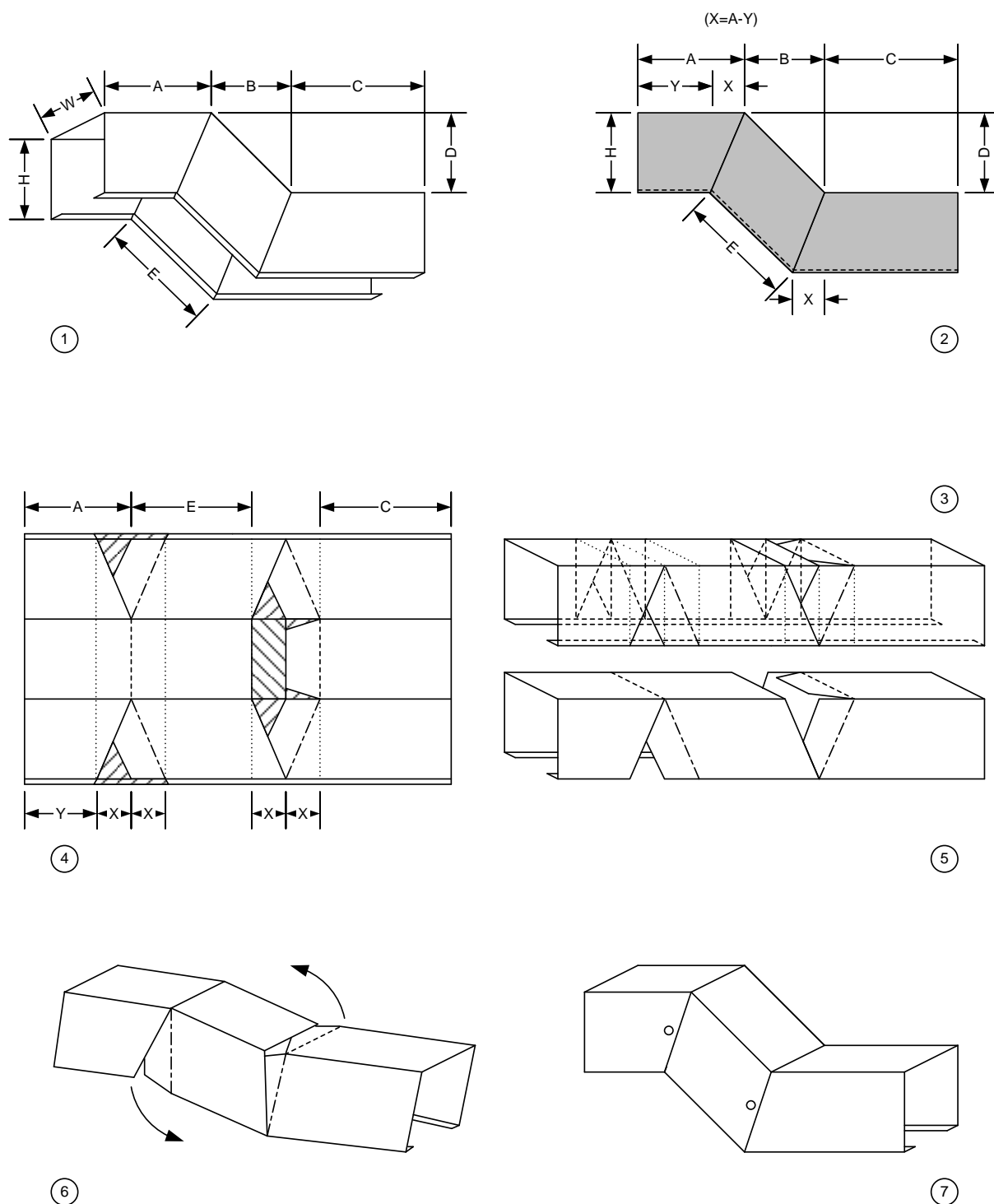
- 之字曲應用放樣的方法於牆上繪出線槽的真實 1:1 的位置，如（圖：3.87）示；
- 再於牆上透過量度找出「A」、「X」、「Y」及「E」等尺寸，便可製作任何角度的之字曲，期間不需利用任何三角函數計算。



（圖：3.87）

側之字曲

- 同樣用放樣的方法於牆上繪出線槽的真實 1:1 的位置；
- 再於牆上透過量度找出「A」、「X」、「Y」及「E」等尺寸，便可製作任何角度的之字曲，期間不需利用任何三角函數計算，工序如（圖：3.88）示。



(圖：3.88)

3.7 PVC 線槽

膠線槽因為 PVC 不導電，所以在防止意外觸電方面，沒有帶電危險，它以英國標準 BS 4678 Part 4 較普遍。惟若有關裝置的正常操作溫度可能高逾 60°C 時，不應採用膠線槽。

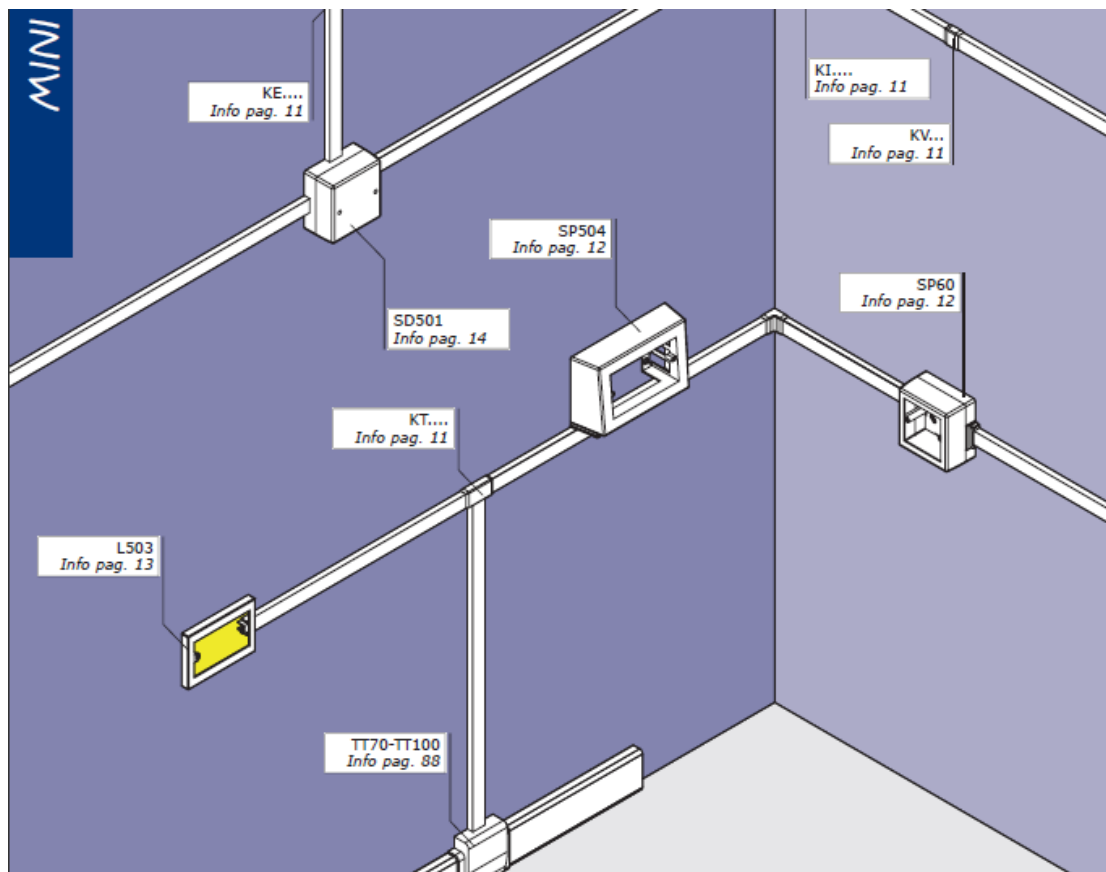
PVC 線槽有以下的特性：

- 價錢便宜，施工容易；
- 美觀：辦公室、家居、通訊電路及控制箱內等普遍使用；
- 較長的線槽之固定螺絲不能太緊貼固定，以留空間給膨脹時移動；
- 塑膠線槽的工作溫度與塑膠導管一樣是不能用於正常操作溫度超過 60°C；
- 塑膠線槽必須採用獨立保護導線。
- 梳吼線槽只限於掣櫃及掣板的內部使用，不能用於一般的明暗安裝。

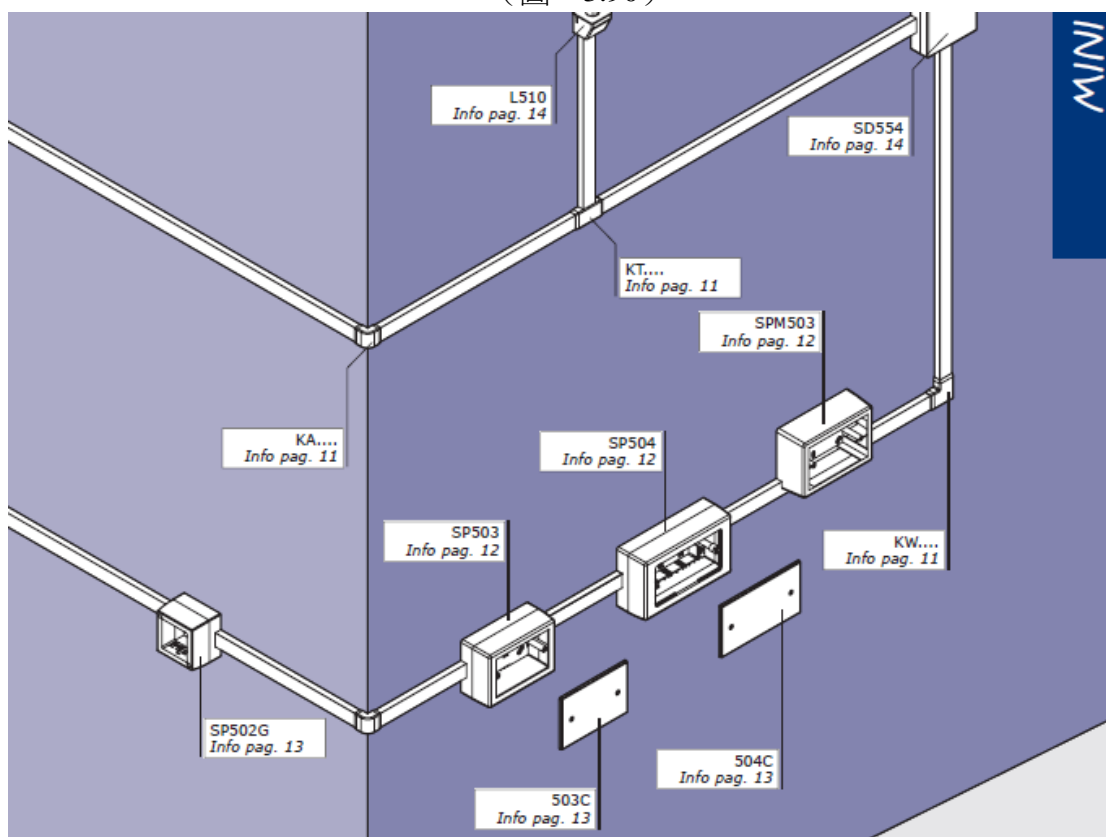
由於膠線槽有它的好處，所以很多膠線槽廠都發展他們的系列，應用於一般小型的電力裝置，外形更美觀。（圖：3.89）、（圖：3.90）及（圖：3.91）為他們有關系列之示意圖。



（圖：3.89）



(圖：3.90)



(圖：3.91)

線路裝置用線槽之電纜容量的決定

可由下列的方法透過計算找出存放於線槽電纜容量的上限：

- (a) 任何長度的線槽
- (i) 每條使用的電纜，應按表 14(4)(a) 所載求取適當的電纜因數。
 - (ii) 把所得的電纜因數全部加起，然後與表 14(4)(b) 所載的線槽因數互相比較。
 - (iii) 如果線槽因數相等於或大於電纜因數總和，則該線槽的大小可視為適合。
- (b) 電纜的種類和截面積以及線槽的大小，如果並沒有在表 14(4)(a)及表 14(4)(b) 內列出，則放入線槽內的電線數目不應令空間因數超出 45%。
(註：空間因數是指整組電纜截面積之和(包括絕緣物和護套) 與安放這些電纜的線槽的內截面積的比例(以百分率表示)。非圓形電纜的實際截面積是以電纜主軸的長度作為圓直徑來求取。)

任何長度線槽的電纜因數和線槽因數 [表 14(4)]

- (a) 電纜因數，表 14(4)(a)

導體種類	導體截面積(平方毫米)	因數
實心	1.5	7.1
	2.5	10.2
絞合	1.5	8.1
	2.5	11.4
	4	15.2
	6	22.9
	10	36.3

- (b) 線槽因數，表 14(4)(b)

線槽大小 (毫米 X 毫米)	因數
50 x 37.5	767
50 x 50	1037
75 x 25	738
75 x 37.5	1146
75 x 50	1555
75 x 75	2371
100 x 25	993
100 x 37.5	1542
100 x 50	2091
100 x 75	3189
100 x 100	4252

例 1： 有一線槽需存放 120 條 1.5mm^2 實心電纜，最少要多大線槽才合適？

- 於線槽電纜因數表 14(4)(a) 找出 1.5mm^2 電纜的電纜因數為 7.1，電纜 120 條
- 電纜因數總和：

$$= 7.1 \times 120 = 852$$

- 從線槽因數表 14(4)(b) 找出 $75\text{mm} \times 25\text{mm}$ 之線槽因數為 738，小於 852，不符合要求；而 $100\text{mm} \times 25\text{mm}$ 之線槽因數為 993，大於 852，符合要求，所以可選用 $100\text{mm} \times 25\text{mm}$ 尺寸之線槽。

例 2： 有一線槽需存放 20 條 10mm^2 和 40 條 6mm^2 電纜，最少要多大線槽才合適？

- 於線槽電纜因數表 14(4)(a) 找出 10mm^2 電纜的電纜因數為 **36.31**，電纜 **20 條**
- 於線槽電纜因數表 14(4)(a) 找出 6mm^2 電纜的電纜因數為 **22.9**，電纜 **40 條**
- 電纜因數總和：

$$= 36.3 \times 20 + 22.9 \times 40 = 1642$$

- 從線槽因數表 14(4)(b) 找出 $100\text{mm} \times 37.5\text{mm}$ 之線槽因數為 1542，小於 1642，不符合要求；而 $100\text{mm} \times 50\text{mm}$ 之線槽因數為 2091，大於 1642，符合要求，所以可選用 $100\text{mm} \times 50\text{mm}$ 尺寸之線槽。

例 3： 有一 $75\text{mm} \times 75\text{mm}$ 線槽，最多可存放多少條 2.5mm^2 絞合電纜？

解：(同學們試找答案)

守則 25B 使用線槽的線路裝置

(1) 安裝鋼或聚氯乙烯或塑膠線槽的一般規定

- (a) 每件線槽應用最少兩個固定點獨立支承，如屬直線延伸，線槽的支承物應相隔固定距離安裝，而最大間距應如表 25(2) 所載。如有彎位，支承物應盡量裝近彎位。
- (b) 線槽上的孔應用鑽或衝孔器造成，或以環鋸鋸成。開孔後，應消除線槽上的芒刺和銳邊，以防止擦損電纜。
- (c) 穿出線槽的電纜應用導管保護，但構成明敷線路系統一部分的聚氯乙烯絕緣及有護套電纜除外。如屬後者，則在線槽上被電纜穿過的孔，應裝上適當橡膠護孔環或絕緣管箍。

(2) 使用鋼線槽的線路裝置

線槽與器具的連接，應使用以裝嵌或鑄製方式造成的標準凸緣聯接套或轉接頸套。如將線槽直接與器具相連，電纜入口處應設有平滑的管箍或護孔環，而線槽蓋的回行邊緣應保持完整。

(3) 使用聚氯乙烯或塑膠線槽的線路裝置

- (a) 線槽應使用專門設計的鉚釘片把蓋固定。線槽的截面積如果不超過 100 毫米 \times

100 毫米，可以採用夾上的蓋。

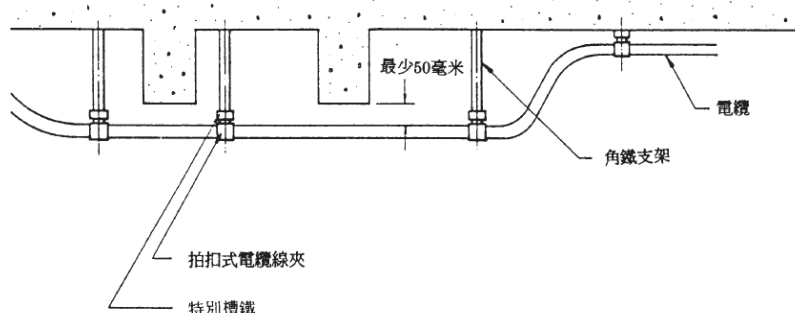
- (b) 線槽應用螺絲以常用方式固定及支承，但線槽上的孔一定要稍大，以容許膨脹時移動。螺絲頭下面應使用墊圈，而螺絲不應上盡。

25C 電纜的安裝

(1) 一般規定

- (a) 在可行情況下，所有電纜應以垂直或水平方向伸延，並應全線平貼牆、柱、間壁或天花板等的表面。
- (b) 電纜如越過橫樑或桁架等敷設，應全線加以穩固支承。圖 25(2)顯示懸在橫樑下的電纜的一種安裝方法。
- (c) 穿過伸縮縫的電纜應繞成環狀，以免伸縮縫的任何移動對電纜產成應力。
- (d) 對於沿牆壁或結構物表面伸延的電纜：
- (i) 用帶扣固定的電纜，其外直徑不應超過 10 毫米。
- (ii) 如電纜的直徑超過 10 毫米，可使用線鞍及線夾。
- (e) (i) 電纜的線鞍及線夾應用螺絲釘固定，並應相隔固定距離全線裝設。毗連線鞍或線夾的距離不應超過表 25(3) 所列數值。
- (ii) 在距離終端及彎位兩邊不超過 150 毫米的範圍內亦應裝設一個線鞍或線夾。
- (f) 電纜如裝置在樓板下或假天花板內，通常應加以支承並全線穩妥裝於永久天花板或樓板上，且應預留接觸途徑，以便進行檢修。這些電纜如有可能被鐵釘、螺絲釘和類似的物件所貫穿，應設已接地的金屬護套保護，或藏入已接地的鋼導管或線槽內，並予穩固支承。
- (g) 線路系統如須穿過樓板、牆壁、天花板、間壁或空心障礙物等類建築結構裝置時，因線路系統穿過而造成的孔穴，須按照 BS 476：第 20 部或等效的規定及有關裝置所規定的隔火程度(如有者)加以封閉。
- (h) 聚氯乙烯絕緣絞合銅電纜的內彎位半徑不得小於下列數值：

電纜總直徑(D)	最小內彎位半徑	
	無裝甲電纜	裝甲電纜
不超過 10 毫米	3D	6D
超過 10 毫米但不超過 25 毫米	4D	6D
超過 25 毫米	6D	6D



[守則圖：25(2)]

導管支承物間距 [表 25(1)]

導管大小 (毫米)	支承物之間的最大距離 (米)					
	硬鋼		硬塑膠／聚氯乙烯		軟性	
	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直
不超過 16	0.75	1.0	0.75	1.0	0.3	0.5
超過 16 但不超過 25	1.75	2.0	1.5	1.75	0.4	0.6
超過 25 但不超過 40	2.0	2.25	1.75	2.0	0.6	0.8
超過 40	2.25	2.5	2.0	2.0	0.8	1.0

註：(1) 上表所列間距是假設導管所承受機械應力只源自內藏電纜、導管及配件的重量。

(2) 上列數值不適用於作支承照明器或其他器具用的導管。

線槽(鋼或塑膠或聚氯乙烯)支承物間距 [表 25(2)]

線槽的截面積 (平方毫米)	支承物之間的最大距離 (米)			
	鋼線槽		硬塑膠／聚氯乙烯線槽	
	水平	垂直	水平	垂直
超過 300 但不超過 700	0.75	1.0	0.5	0.5
超過 700 但不超過 1 500	1.25	1.5	0.5	0.5
超過 1 500 但不超過 2 500	1.75	2.0	1.25	1.25
超過 2 500 但不超過 5 000	3.0	3.0	1.5	2.0
超過 5 000	3.0	3.0	1.75	2.0

註：(1) 上表所列間距是假設線槽所承受機械應力只源自內藏電纜、線槽及配件的重量。

(2) 上列數值不適用於作支承照明器或其他器具用的線槽。

裝置於可接觸位置的電纜的支承物間距 [表 25(3)]

電纜總直徑 [‡] (毫米)	線夾的最大間距(米)					
	無裝甲橡膠、聚氯乙烯或鉛護套電纜		裝甲電纜		礦物絕緣銅護套或鋁護套電纜	
	水平 [†]	垂直 [†]	水平 [†]	垂直 [†]	水平 [†]	垂直 [†]
不超過9	0.25	0.4	—	—	0.6	0.8
超過9 但不超過15	0.3	0.4	0.35	0.45	0.9	1.2
超過15但不超過20	0.35	0.45	0.4	0.55	1.5	2.0
超過20但不超過40	0.4	0.55	0.45	0.6	—	—

註：電纜總直徑超過 40 毫米者，以及導體截面積在 300 平方毫米及以上的單芯電纜，應依照製造商的建議來決定電纜支承物的間距。

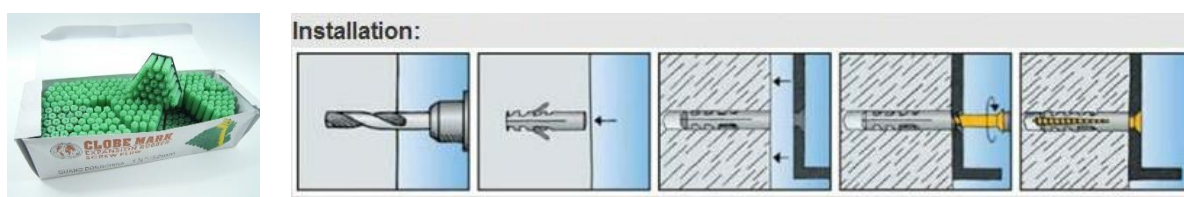
[‡] 對於扁平的電纜，則作為主軸的尺寸。

[†] 上列的水平延伸電纜的間距數值，可以同時適用於延伸角度大於 30° 垂直角度的電纜。延伸角度如果小於 30° 垂直角度的電纜，則要應用垂直間距的數值。

安裝電氣設備在混凝土(石屎)牆上

安裝電氣設備在混凝土(石屎)牆上，需依圖紙要求在牆上利用粉線劃出需要安裝的設備的圖像，並利用平水尺、吊墜等工具量度，使設備水平垂直工整，瞭解需要鑽孔的位置有否藏有如喉管、鋼筋等東西，可能有需要用金屬探測器來協助，瞭解電器設備系統的重量、有多少個支承點等因素來決定用那類固定螺絲。

膠塞(Plastic Wall Plug) 除了電力工程以外，其他工種也會經常使用的基本安裝材料，主要以 PVC 膠製造，安裝方式是使用油壓鎚式電鑽在混凝土牆上打上 6.5 毫米小孔，深度與膠塞長度相同，塞入膠塞作填充物之後，便可以用木芽或鋼芽螺絲固定安裝的物件，在有需要時加入一只平介；承托力較低，只適而小型安裝工程，而且不適而仰裝，如（圖：3.92）示。



（圖：3.92）

錨栓螺絲(Anchor Bolt)，俗稱爆炸螺絲，常用的主要分為平爆、拉爆，如（圖：3.93a 及 3.94a）示；及合金爆咀，如（圖：3.95a）示；同樣有公制及英制標準，公制最小尺寸為 M6，英制最小尺寸為分半，錨栓螺絲承托力較膠塞為高，而承托力與錨栓螺絲尺寸大小有直接關係；平爆的安裝方法，依平爆外徑打孔至適當深度，以適當工具打入平爆後，再用沖子把內裡子彈打進末端，如子彈未能打進最末端位置是會影響穩固性，如（圖：3.93b）示；拉爆的安裝方法，依拉爆外徑打孔至適當深度，放入拉爆後，再用板手把拉芯收緊，如打孔時不夠穩定，而令孔與拉爆之間空隙過大時，可能引至無法鎖緊，如（圖：3.94b）示；合金爆咀的安裝方法介於平爆與拉爆之間，依合金爆咀外徑打孔至適當深度，放入已經繫入螺絲的合金爆咀後，再用板手把螺絲收緊，合金爆咀有著消去前者缺點的優勢，缺點是直徑較大及價格較高，如（圖：3.95b）示；另外還有化學藥水爆咀，缺點是不適合水平安裝，更無法作仰裝，安裝時需要搞動，直至化學藥水完全混和，而且要等待乾固和不能即時受力，如（圖：3.96）示。



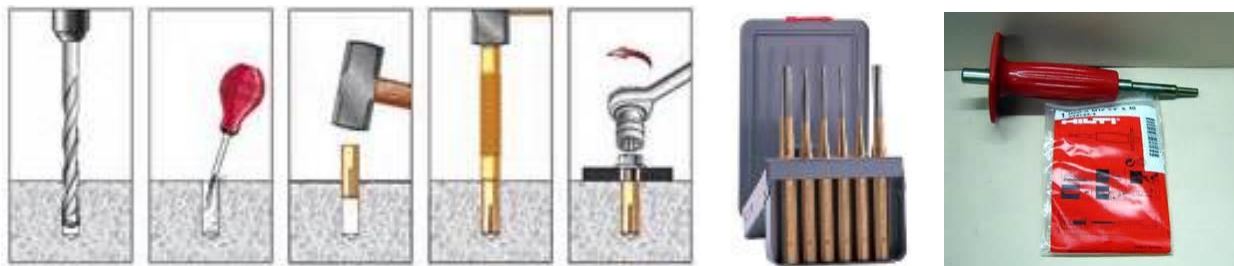
（圖：3.93a）



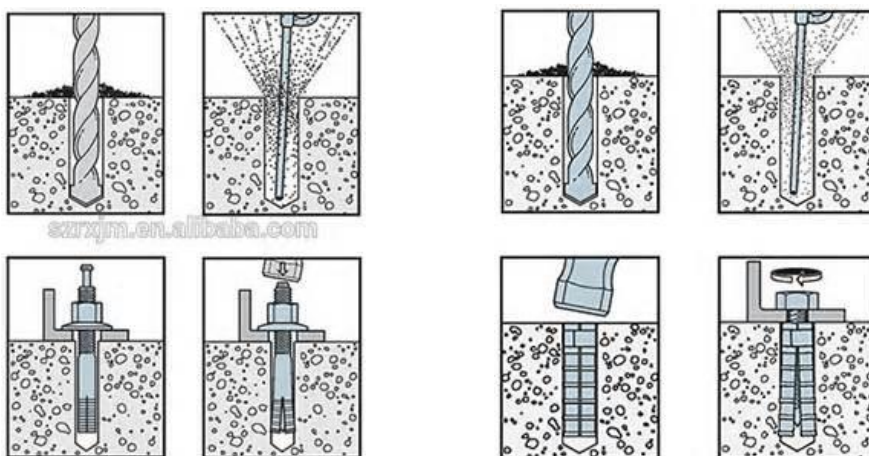
（圖：3.94a）



（圖：3.95a）

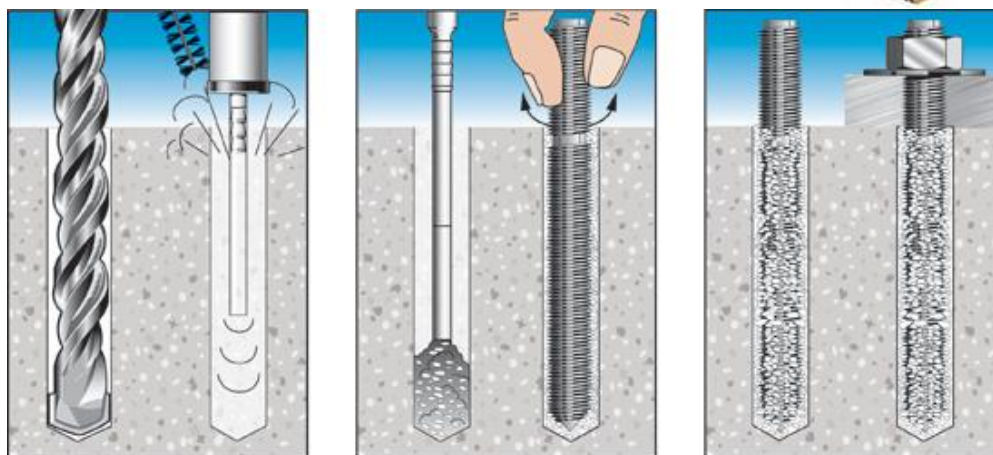


(圖：3.93b)



(圖：3.94b)

(圖：3.95b)



(圖：3.96)

於安牆身安裝重型設備時必須留意錨栓螺絲的承重負載，如（圖：3.97a）示；但圖表數值只供參考，因為錨栓螺絲的材質不同數值便會有所變更，再加上不同類型樓宇的混凝土比例會有所不同；例如公屋的混凝土比例是(碎石、英泥、砂 – 1：2：8)，一般廠房會是(1：2：4)，負重要求更高的如貨倉更會用上(1：1：2)，混凝土比例亦會直接影響錨栓螺絲的承重負載，如有必要時便要找來結構工程師進行計算及在文件上簽署。

Size in. (mm)	Embed. Depth in. (mm)	Critical Edge Dist. in. (mm)	Critical Spacing in. (mm)	Tension Load							Install. Torque ft-lbs (N-m)	
				f' _c ≥ 2000 psi (13.8 MPa) Concrete			f' _c ≥ 3000 psi (20.7 MPa) Concrete		f' _c ≥ 4000 psi (27.6 MPa) Concrete			
				Ultimate lbs. (kN)	Std. Dev. lbs. (kN)	Allowable lbs. (kN)	Allowable lbs. (kN)	Ultimate lbs. (kN)	Std. Dev. lbs. (kN)	Allowable lbs. (kN)		
1/4 (6.4)	1 1/8 (29)	2 1/2 (64)	1 5/8 (41)	680 (3.0)	167 (0.7)	170 (0.8)	205 (0.9)	960 (4.3)	233 (1.0)	240 (1.1)	8 (10.8)	
	2 1/4 (57)	2 1/2 (64)	3 1/8 (79)	1,920 (8.5)	286 (1.3)	480 (2.1)	530 (2.4)	2,320 (10.3)	105 (0.5)	580 (2.6)		
3/8 (9.5)	1 3/4 (44)	3 3/4 (95)	2 3/8 (60)	1,560 (6.9)	261 (1.2)	390 (1.7)	555 (2.5)	2,880 (12.8)	588 (2.6)	720 (3.2)	30 (40.7)	
	2 3/8 (67)	3 3/4 (95)	3 3/8 (92)	3,360 (14.9)	464 (2.1)	840 (3.7)	1,100 (4.9)	5,440 (24.2)	553 (2.5)	1,360 (6.0)		
	3 3/8 (86)	3 3/4 (95)	4 1/4 (121)	3,680 (16.4)	585 (2.6)	920 (4.1)	1,140 (5.1)	5,440 (24.2)	318 (1.4)	1,360 (6.0)		
1/2 (12.7)	2 1/2 (57)	5 (127)	3 1/8 (79)	3,280 (14.6)	871 (3.9)	820 (3.6)	1,070 (4.8)	5,280 (23.5)	849 (3.8)	1,320 (5.9)	60 (81.3)	
	3 3/8 (86)	5 (127)	4 3/4 (121)	6,040 (26.9)	654 (2.9)	1,510 (6.7)	1,985 (8.8)	9,840 (43.8)	1,303 (5.8)	2,460 (10.9)		
	4 1/2 (114)	5 (127)	6 1/4 (159)	6,960 (31.0)	839 (3.7)	1,740 (7.7)	2,350 (10.5)	11,840 (52.7)	2,462 (11.0)	2,960 (13.2)		
5/8 (15.9)	2 3/4 (70)	6 1/4 (159)	3 3/8 (98)	4,520 (20.1)	120 (0.5)	1,130 (5.0)	1,640 (7.3)	8,600 (38.3)	729 (3.2)	2,150 (9.6)	90 (122.0)	
	4 1/2 (114)	6 1/4 (159)	6 1/4 (159)	8,200 (36.5)	612 (2.7)	2,050 (9.1)	2,990 (13.3)	15,720 (69.9)	1,224 (5.4)	3,930 (17.5)		
	5 1/2 (140)	6 1/4 (159)	7 3/4 (197)	8,200 (36.5)	639 (2.8)	2,050 (9.1)	2,990 (13.3)	15,720 (69.9)	1,116 (5.0)	3,930 (17.5)		
3/4 (19.1)	3 3/8 (86)	7 1/2 (191)	4 3/4 (121)	6,760 (30.1)	1,452 (6.5)	1,690 (7.5)	2,090 (9.3)	9,960 (44.3)	1,324 (5.9)	2,490 (11.1)	150 (203.4)	
	5 (127)	7 1/2 (191)	7 (178)	10,040 (44.7)	544 (2.4)	2,510 (11.2)	3,225 (14.3)	15,760 (70.1)	1,550 (6.9)	3,940 (17.5)		
	6 1/4 (171)	7 1/2 (191)	9 1/2 (241)	10,040 (44.7)	1,588 (7.1)	2,510 (11.2)	3,380 (15.0)	17,000 (75.6)	1,668 (7.4)	4,250 (18.9)		
7/8 (22.2)	3 3/8 (98)	8 3/4 (222)	5 3/8 (137)	7,480 (33.3)	821 (3.7)	1,870 (8.3)	2,275 (10.1)	10,720 (47.7)	1,253 (5.6)	2,680 (11.9)	200 (271.2)	
	7 7/8 (200)	8 3/4 (222)	11 (279)	17,040 (75.8)	1,566 (7.0)	4,260 (18.9)	4,670 (20.8)	20,320 (90.4)	2,401 (10.7)	5,080 (22.6)		
1 (25.4)	4 1/2 (114)	10 (254)	6 1/4 (159)	15,400 (68.5)	2,440 (10.9)	3,850 (17.1)	3,885 (17.3)	15,680 (69.7)	1,876 (8.3)	3,920 (17.4)	300 (406.7)	
	9 (229)	10 (254)	12 3/4 (321)	20,760 (92.3)	3,116 (13.9)	5,190 (23.1)	6,355 (28.3)	30,080 (133.8)	1,612 (7.2)	7,520 (33.5)		
1 1/4 (31.8)	5 3/8 (143)	12 1/2 (318)	7 3/8 (200)	15,160 (67.4)	1,346 (6.0)	3,790 (16.9)	4,990 (22.2)	24,760 (110.1)	625 (2.8)	6,190 (27.5)	400 (542.3)	
	9 1/2 (241)	12 1/2 (318)	13 1/4 (337)	20,160 (89.7)	3,250 (14.5)	5,040 (22.4)	8,635 (38.4)	48,920 (217.6)	1,693 (7.5)	12,230 (54.4)		

(圖：3.97a)

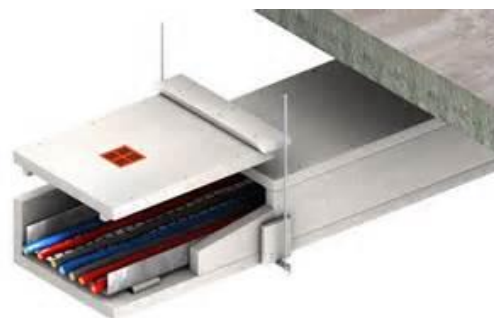
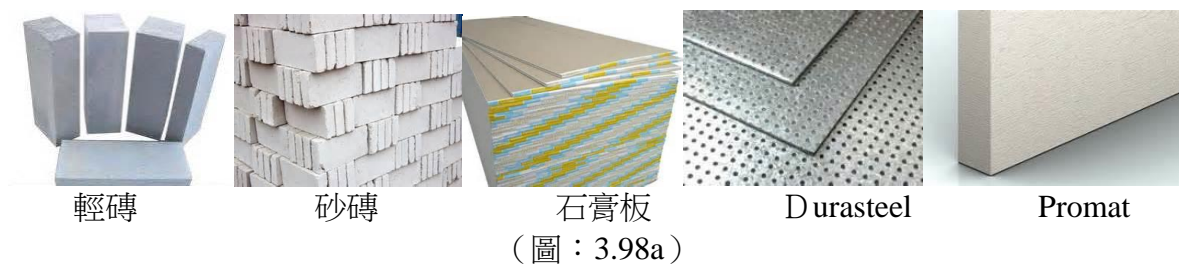
在與結構有關的安裝時，更要在完工及每年進行拉力測試，如（圖：3.97b）示。



(圖：3.97b)

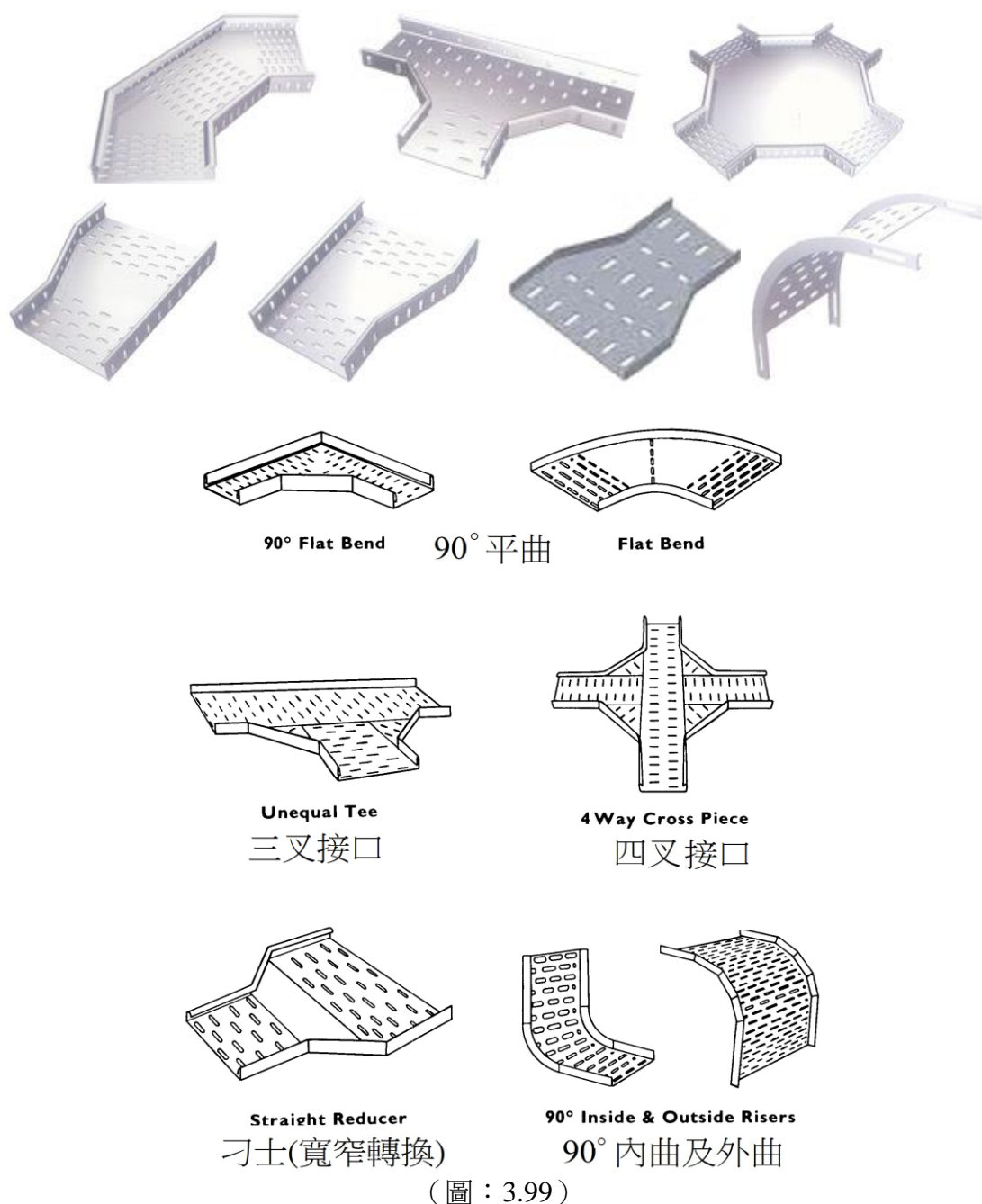
安裝電氣設備在防火間牆上(輕磚/砂磚/石膏板/Durasteel/Promat)

安裝電氣設備在防火間牆上，是不能使用錨栓螺絲來固定的，原因是哪一類物料本身質料較為薄弱，不能承受太大的外力，如（圖：3.98a）示；而且安裝時內裡是空心的，要是做隔音則會加設玻璃綿在內，如（圖：3.98b）示；而以防火物料包裹在走火通道的電氣設施也是很常見，如（圖：3.98c）示；所以在安裝時需要使用其他繫穩工具來回定，如（圖：3.98d）示，而且只可以輕型安裝，如燈喉、過路箱、燈掣、插座等等；至於配電箱、總電源開關等等.....盡可能安裝在混凝土牆上，要是別無選擇下在這類牆身上作重型安裝，必須以金屬支架加固。



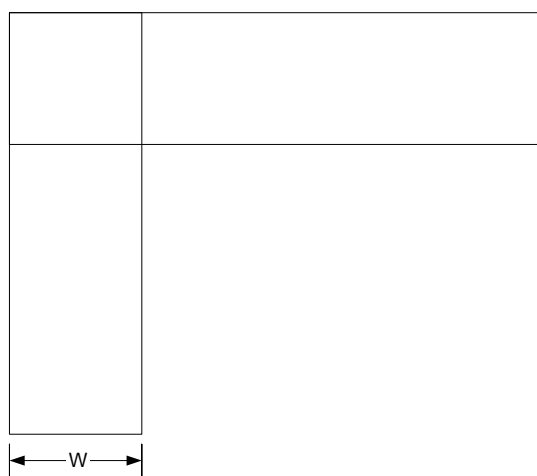
3.8 線架的製作 (Fabrication of Perforated Cable Tray)

線架金屬外殼應為鍍鋅並符合 BS EN 10143(BS2989)或 BS EN ISO 1461:2009(BS729) 規格。以闊度大小來區分，計有：50mm、75mm、100mm、150mm、225mm、300mm、450mm、600mm、750mm、900mm 等，一般長度為 2.44 米。一般的線架廠都會製作不同的曲位配件供客戶選購，如（圖：3.99）示，但由於線架曲位也會於不同場合有所改變，所以一些電工也會自行用原裝直條線架摺製而成。若需製作線架彎位時，必需留意電纜之內彎位不可小於工作守則之要求，製作時須依圖放樣裁切及接駁，並用螺絲固定好。

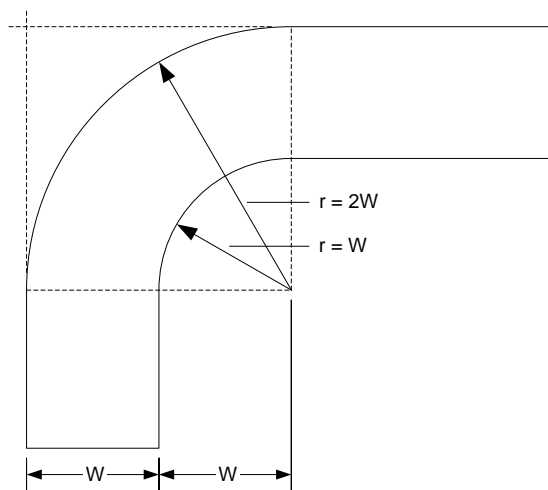


梳茜 90°平曲

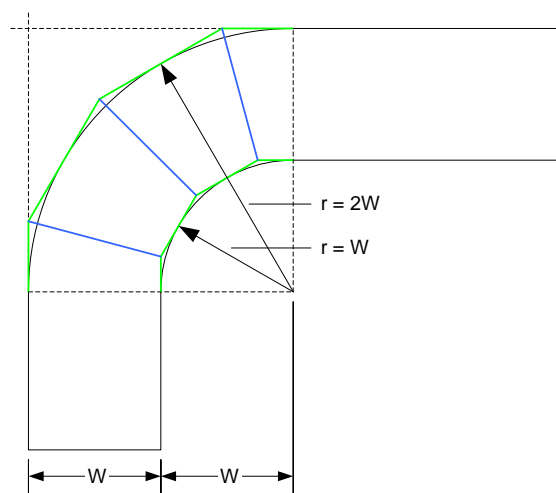
- 先用放樣的方法繪出 90°梳茜平曲的直角圖，如（圖：3.100）示；
- 再根據實務守則對裝甲電纜半徑的要求，將直角變為圓角，一般以梳茜闊度兩倍作外圓之半徑已足夠，如（圖：3.101）示；
- 由於直條梳茜不能造成圓角，最多只能近似圓，所以將梳茜以每次轉角 30°，三次便轉角 90°，其轉角後的線條如（圖：3.102）綠色線示；
- 完成後梳茜的形狀，如（圖：3.103）示。



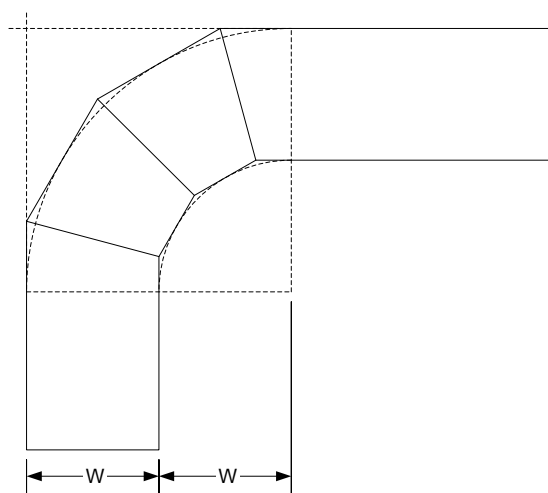
(圖：3.100)



(圖：3.101)



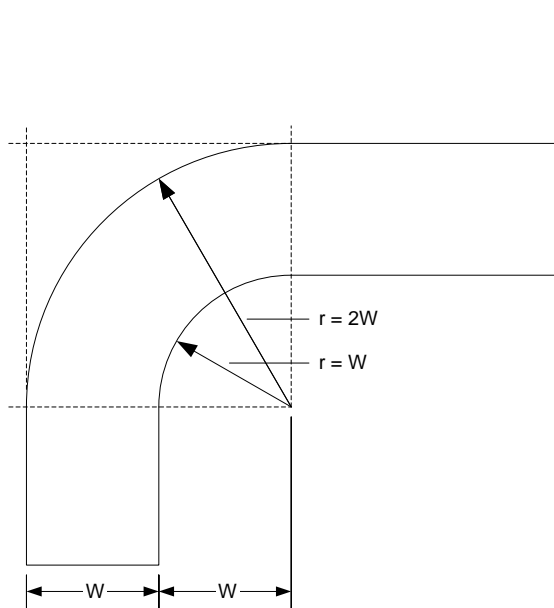
(圖：3.102)



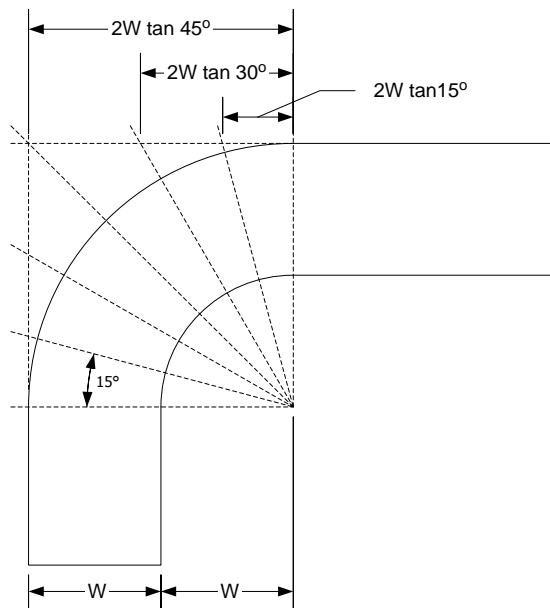
(圖：3.103)

梳齒 90°平曲實例

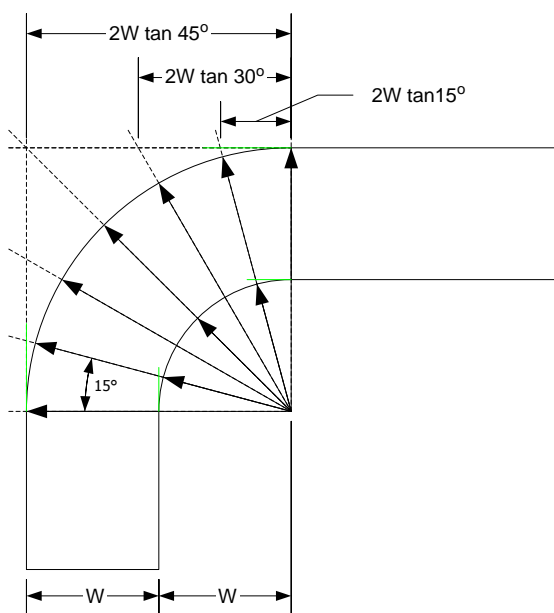
- 先用放樣的方法繪出圓角圖，設以梳齒闊度兩倍作外圓之半徑，如（圖：3.104）示；
- 將直角分成 6 份，每份 15°，若沒有量角器，可用三角函數計算水平每段的距離，由於垂直距離與水平基本一致，所以無需再計算，如（圖：3.105）示；
- 先繪出外角及內角起初的 15°直線，如（圖：3.106）綠色線示。
- 再繪出外角及內角兩段 15°的直線，該兩組直線應剛在 1/4 圓弧頂經過，如（圖：3.107）紅色線示。



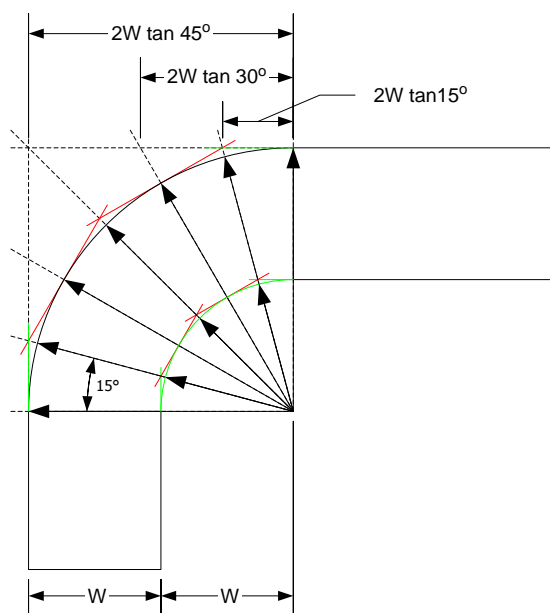
(圖：3.104)



(圖：3.105)

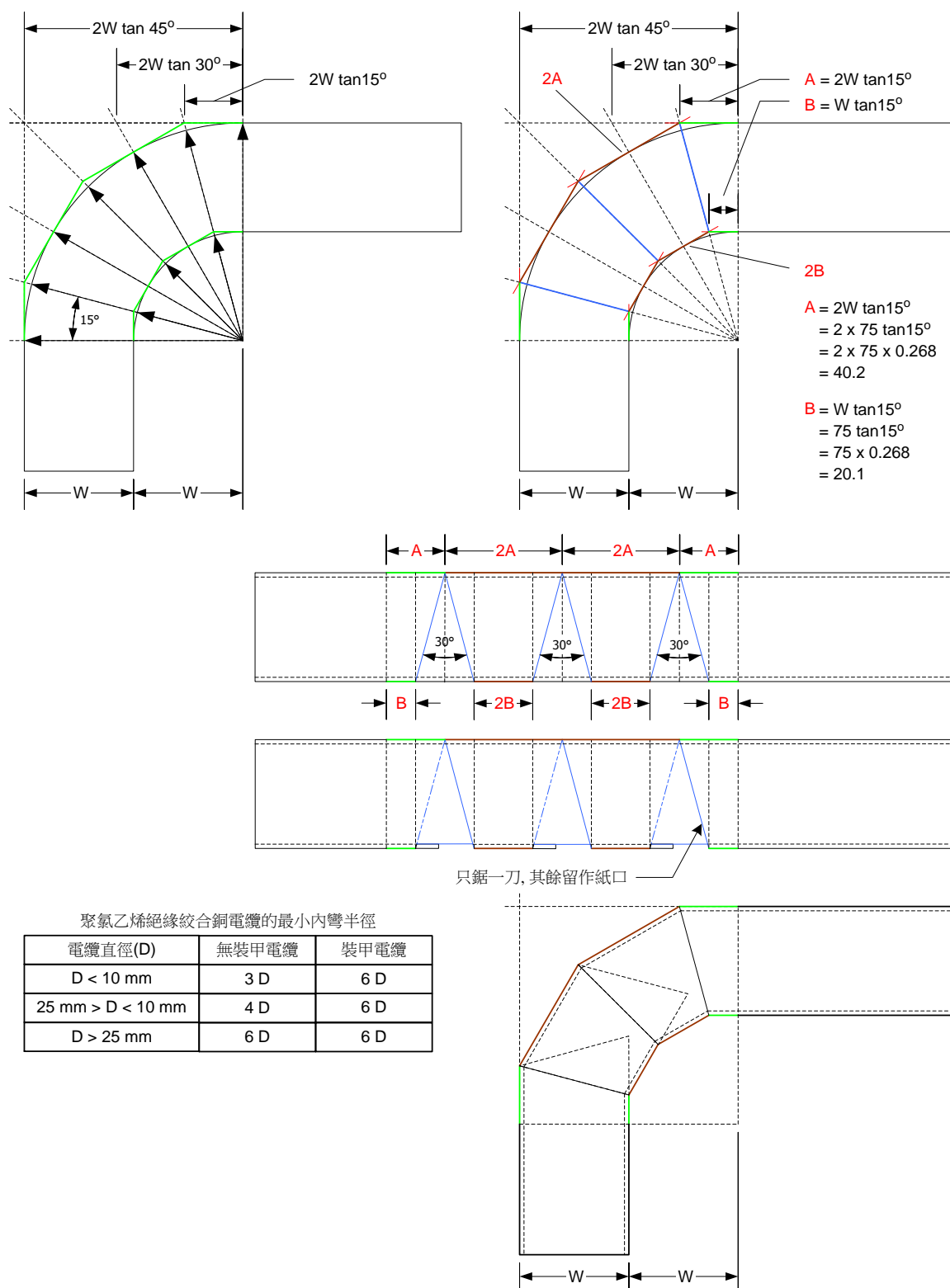


(圖：3.106)



(圖：3.107)

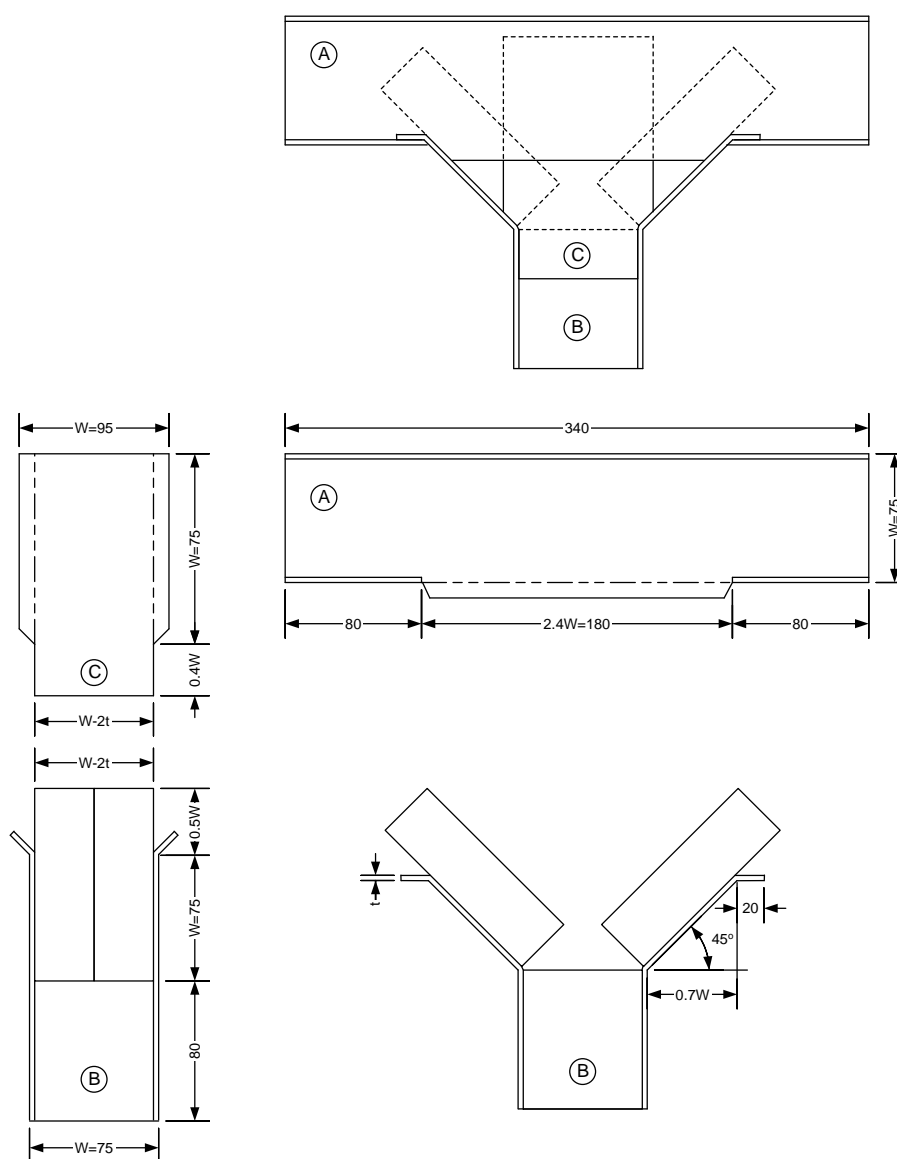
- 設梳齒的闊度是 75mm，其兩倍闊度作外圓之半徑，經計算得知如（圖：3.108）示之 A 及 B 尺寸，再用放樣的方法將有關尺寸繪出於直條梳齒上，用手鋸出切口，屈曲便成原先設計的 90°平曲。



(圖：3.108)

梳茜三叉介面

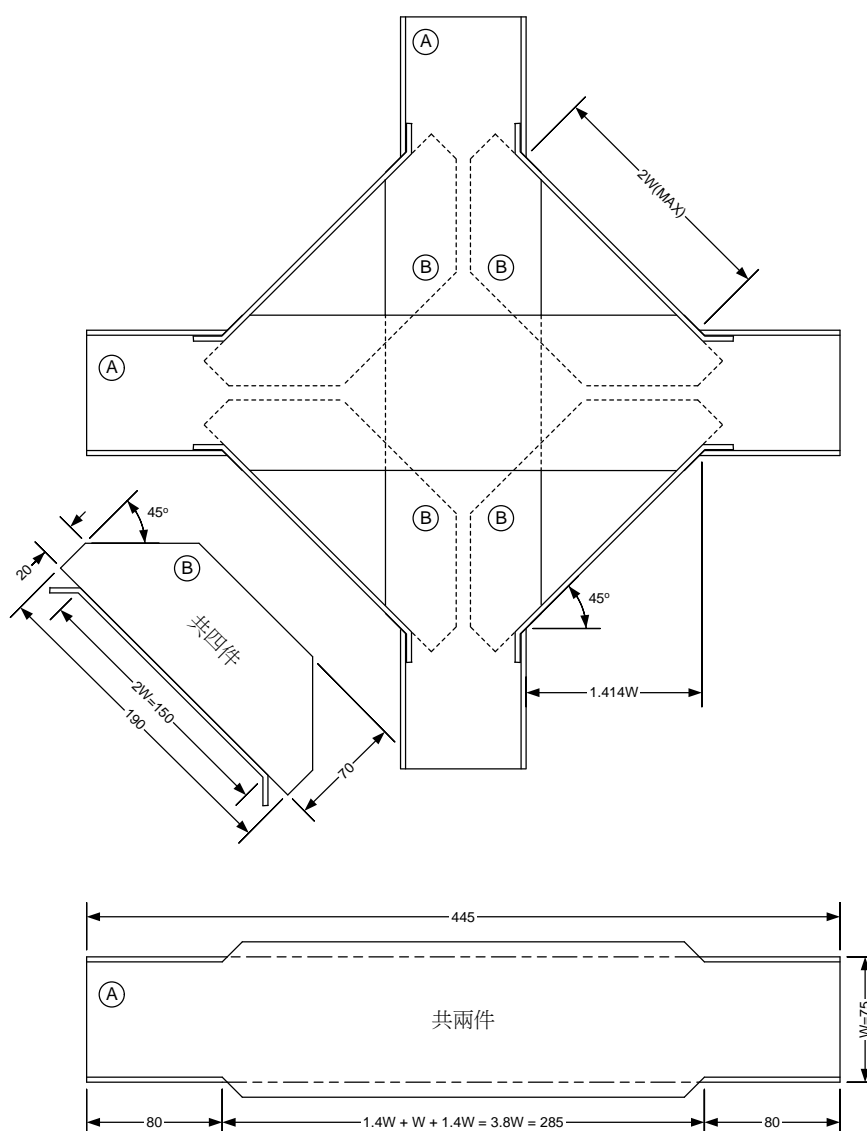
- 梳茜三叉介面基本上由三件梳茜件組成，如(圖：3.108)示，圖中梳茜的闊度為 75mm。編號「A」為主幹，「B」為分支主幹，「C」主要作為支撐之附件，若在真正安裝的場合，「A」及「B」只需用原有直條梳茜改造便可，無須將梳茜切斷後再接駁；
- 分支主幹「B」的轉彎角度為 45° ，其水平闊度以梳茜規格闊度「W」的 0.7 倍為標準，凸出作紙口的長度為「W」的 0.5 倍已足夠；
- 主幹「A」的開口闊度位主要是「B」的接口位，闊度為 $0.7W + W + 0.7W = 2.4W$ ，鋸開梳茜「摺脗」後，用手鎚打平便可；
- 支撐附件「C」只需以碎料製造便可，作用是支撐「A」及「B」合併後中間部份出現的間隙之接駁件，(圖：3.109)為一個參考尺寸，只要可接駁螺絲及增強機械強度便可，「t」為梳茜的厚度。



(圖：3.109)

梳茜四叉介面

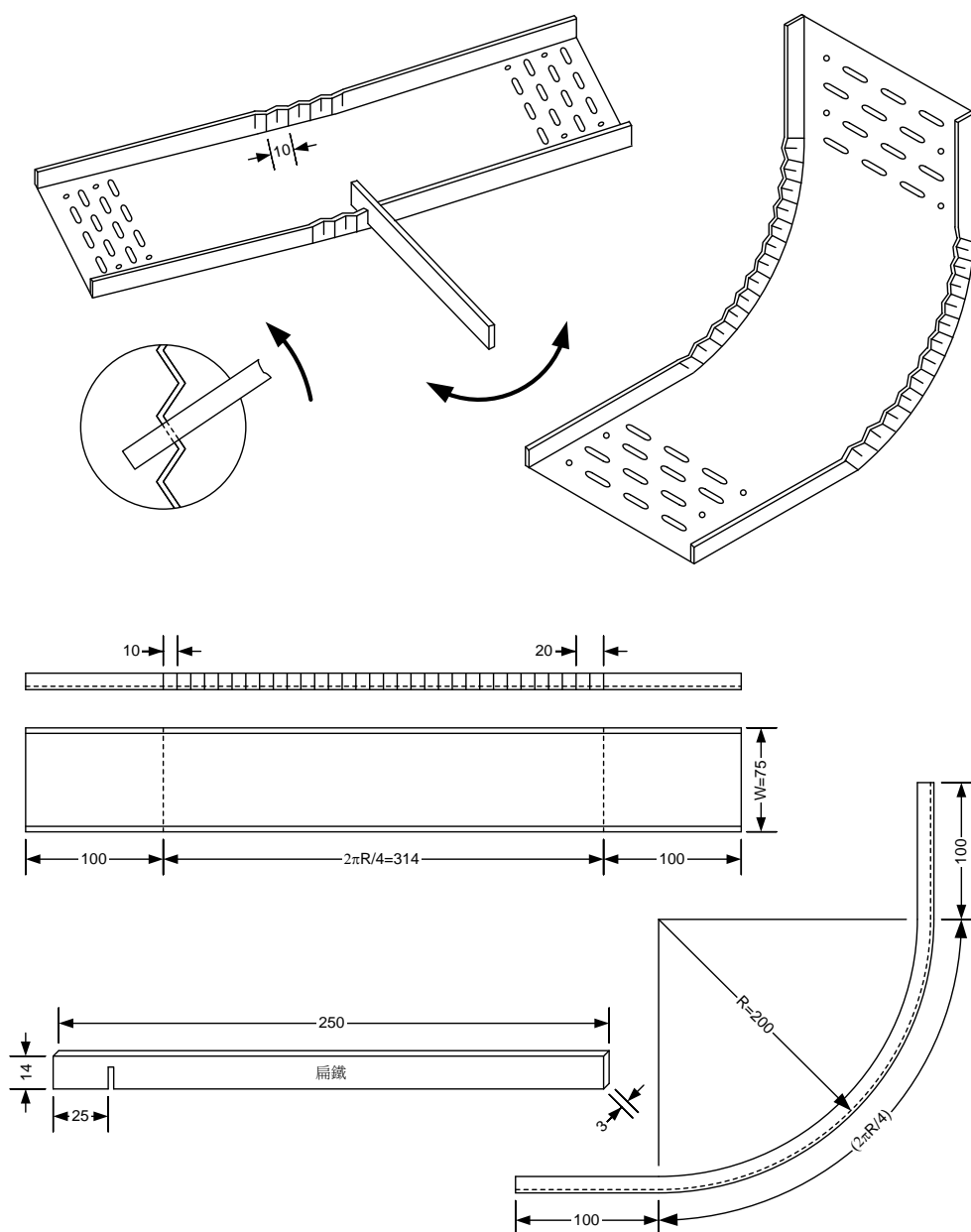
- 梳茜四叉介面基本上由六件梳茜件組成，如(圖：3.110)示，圖中梳茜的闊度為 75mm。編號「A」為兩件相同的縱橫主幹，「B」為四件作為支撐及組合成一個方形之附件，若在真正安裝的場合，「A」只需用原有縱橫直條梳茜改造便可，無須將梳茜切斷後再接駁；
- 主幹「A」與「B」附件的夾角為 45° ，其水平闊度為梳茜規格闊度「W」的 1.4 (1.414) 倍，所以主幹「A」的開口闊度為 $1.4W + W + 1.4W = 3.8W$ ，鋸開梳茜「摺脗」後，用手鏈打平便可；
- 支撐附件「B」只需以碎料製造便可，目的是將四附件組合成一個方形及支撐之用，以最大闊度 $2W$ 為準，另加每邊留 20mm 紙口位，其深度只需將「摺脗」鋸去，餘下約 70mm 便可，為避色四件附件重疊，應將附件角鋸去 45° ；(圖：3.110) 為一個參考尺寸，只要可接駁螺絲及增強機械強度便可。



(圖：3.110)

梳齒 90°內曲

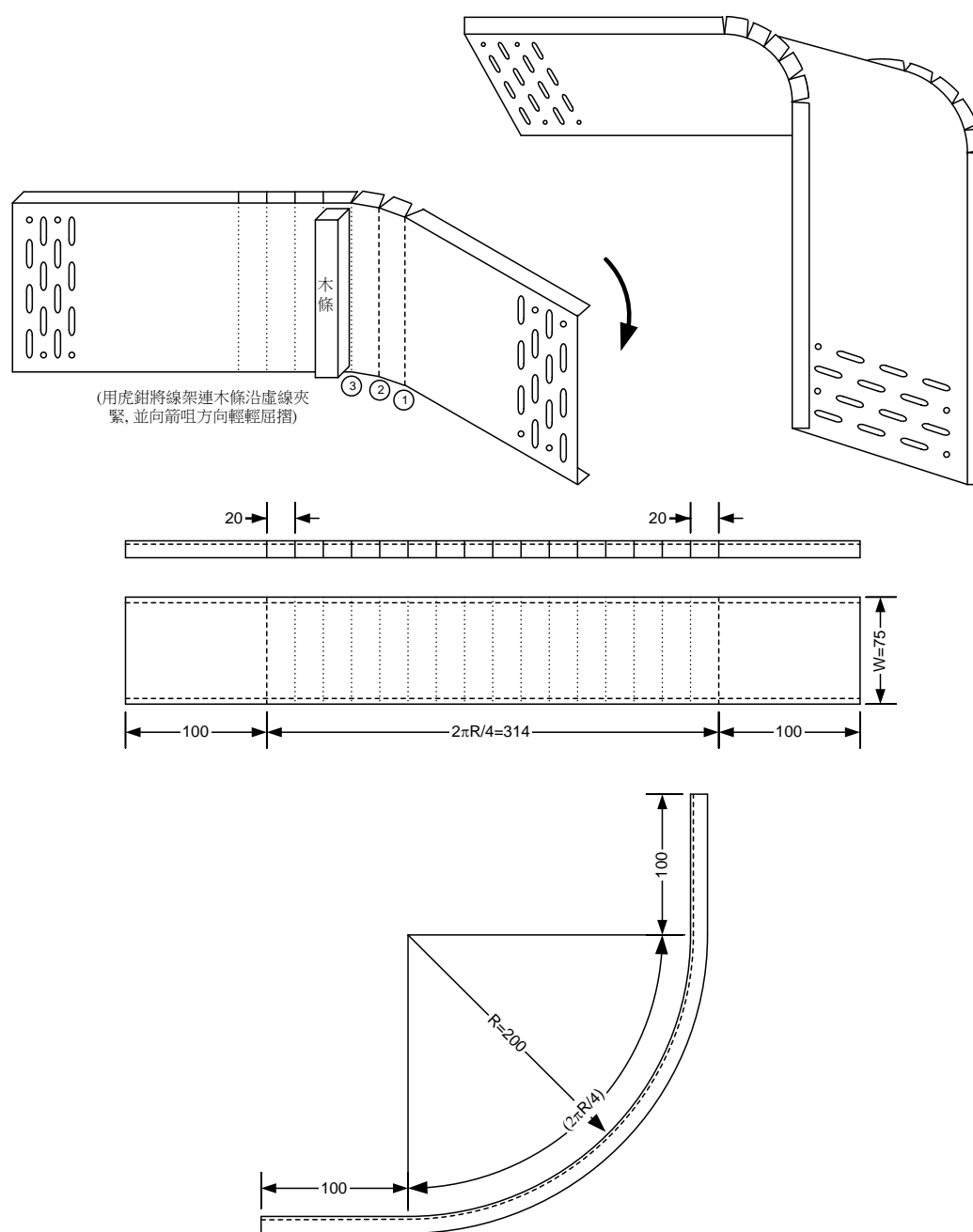
- 梳齒 90°內曲須預先製作小工具用作摺曲梳齒，如（圖：3.111）示，該小工具可用扁鐵如圖中尺寸製成，並用兩條鋸片重疊鋸一凹位；
- 圖中梳齒的闊度為 75mm，先根據電纜粗度計算轉彎弧度大小，再將弧度變成長度；
- 在需要開始轉彎至終止的梳齒「摺脰」位置劃上每隔 10mm 的線；
- 利用扁鐵的凹位放入「摺脰」線位上，以一下左、下一條線右的方法於「摺脰」位置上屈摺，為達至理想效果，應造一段小距離後使用同樣方法造另一邊的「摺脰」；
- 若將全部劃線已屈摺後，角度也未能夠 90°，則表示屈摺的力度未夠，可再將力度加大從而令屈摺角度增加。



（圖：3.111）

梳齒 90°外曲

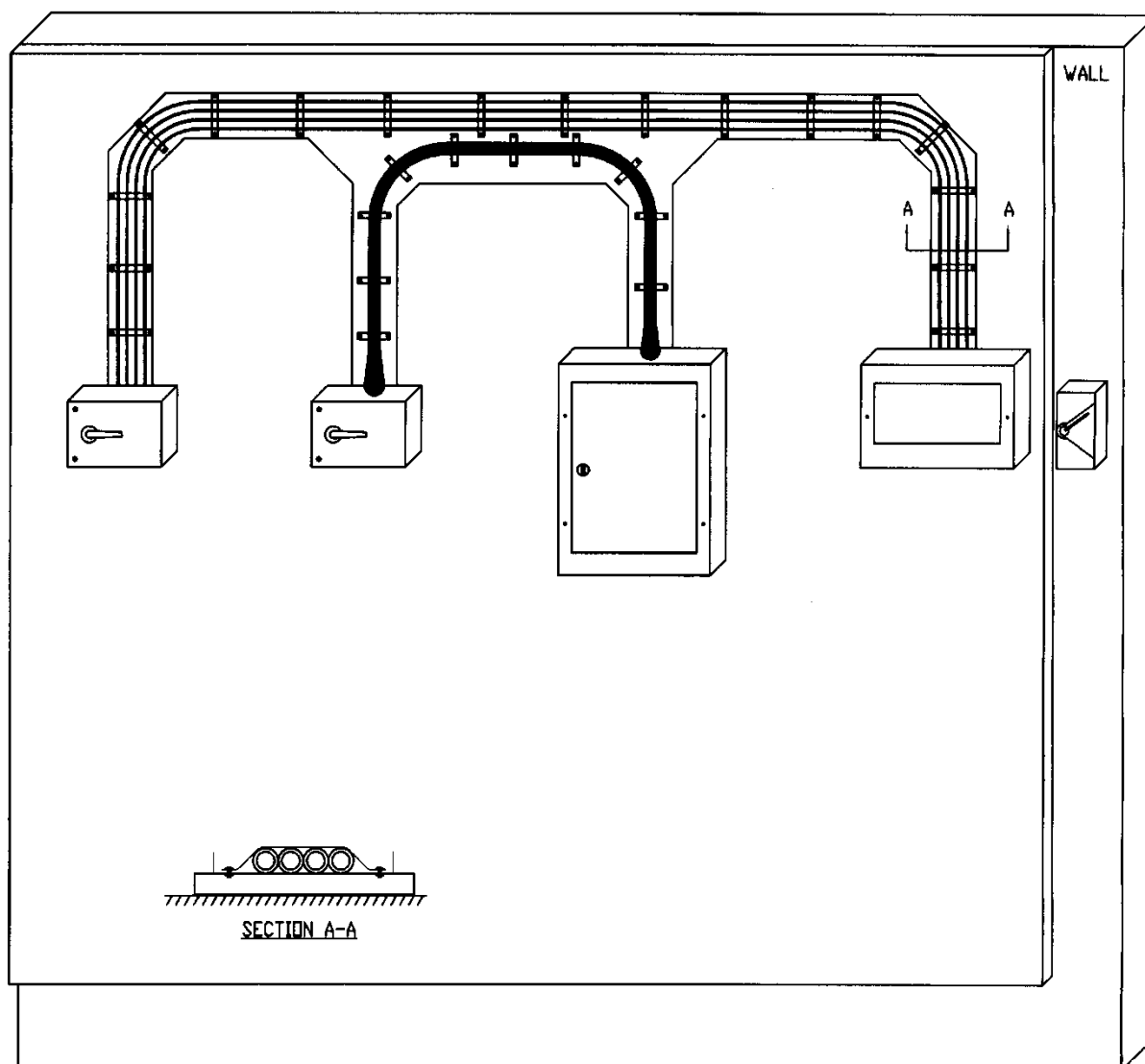
- 梳齒 90°外曲須預先準備 2 條小木條，如(圖：3.112)示，圖中梳齒的闊度為 75mm，先根據電纜粗度計算轉彎弧度大小，再將弧度變成長度；
- 在需要開始轉彎至終止的梳齒背面及「摺脰」位置劃上每隔 20mm 的線；
- 於「摺脰」的線上用手鋸鋸開，然後放上虎鉗用兩條小木夾緊線架，惟小木條邊夾緊的位置應同線架背的線一致，再用手向線架背方向屈摺；
- 若將全部劃線已屈摺後，角度也未能夠 90°，則表示屈摺的力度未夠，可再將力度加大從而令屈摺角度增加。



(圖：3.112)

線架的安裝

- 先規劃好線架路徑，按設計圖在牆上裝好線架離牆碼；
- 接駁各組件及固定好；
- 排列電纜的次序及用線碼帶固定，如（圖：3.113）示；
- 線架需接上等電位接駁。



（圖：3.113）

接線箱/編組箱(Joint Box/Junction Box/Connection Unit/Marshelling Box)

安裝電氣設備時，把兩條電纜接駁是不能完全避免，過往比較多用的名稱為 Junction Box，近年則以用 Marshelling Box 為主，不管用甚麼名稱內部主要也是安裝接線躉為主，如（圖：3.114）示。



（圖：3.114）

接線座/接線躉/接線終端(Terminal)

接線躉用於兩條電纜之間作有效接駁，同時又可以簡易切離作測試用途，大多數接線躉會提供專用的短路金屬片，方便把多個接線躉組合起來作多點接駁，如中性線的接駁，有部份亦會內置玻璃熔絲或二極管等電子零件，主要為電訊或電腦設備使用；陶瓷接線躉主要在高溫環境使用，如爐房或發熱線等等……；槽（Channel）有多種款式主要以鐵或鋁製造，接線躉必須配合相應的槽來使用，如（圖：3.115）示。



（圖：3.115）

4

首次檢查、測試及 發出證明書

學習成果

完成此課題後，讀者能夠：

1. 明瞭電力工程完工、維修及加改後，有關電力檢查、測試及發出證明書的步驟；
2. 明瞭及執行於電力檢查時，必須檢查的項目及有關步驟，並填寫有關報告；
3. 明瞭及執行於電力測試時，必須測試的項目及有關步驟，並填寫有關報告。

註：筆記中以斜體字印出的文字為節錄自「電力（線路）規例工作守則」內文。

4.1 守則 19 首次檢查、測試及發出證明書**19A 簽發電力裝置完工證明書****(a) 簽發有關設計的證明書**

當現有裝置在新工作、改裝或增設工作設計完成後，在安裝之前，應由一名註冊電業工程人員簽發證明書，證實有關設計符合線路規例的規定。

(b) 簽發有關裝置的證明書

當裝置完成後，或當現有裝置的修理、改裝或增設工程完成後，應由一名註冊電業工程人員檢查、測試及簽發證明書，證實線路裝置已依照有關設計完成，並且符合線路規例的規定。

(c) 如果安裝、改裝或增設工作是由同一名電業工程人員負責設計、檢查及測試，該人應按照 (a) 及 (b) 節的規定簽發設計和安裝工作兩者的證明書。

(d) 當某一裝置進行修理、改裝或增設工作，只有裝置中受影響部分才需檢查、測試及發出證明書。

(e) 上文 (a) 及 (b) 節所規定簽發的證明書，應使用署長所指定的表格(即完工證明書)。

19B 完工證明書

(a) 為符合規例第 19(1) 及 19(2) 條的規定，註冊電業工程人員及承辦商在電力裝置完成後，或在現有裝置的修理、改裝或增設工作完成後，應簽發完工證明書予擁有人。簽發證明書的工作應於該裝置通電使用前完成。

(b) 茲建議，為使接通電力供應的申請盡快得到處理，可將上述證明書的副本送交有關的供電商。

(c) 當某一電力裝置由多過一個部分組成，而個別的部分並非由同一名註冊電業工程人員作檢查及測試時，亦可由一名註冊電業工程人員簽發單一份證明書使包括該裝置的其中一些部分或所有部分，但他必須已收到由負責各有關部分的註冊電業工程人員簽發的適當證明書。

(d) 每份證明書應按該證明書所規定，由註冊電業工程人員及／或註冊電業承辦商加以簽署。如果在電力條例第 35(3)條許可的情況下沒有聘用註冊電業承辦商，則負責聘用該名註冊電業工程人員進行工作的電力裝置擁有人，應以註冊電業承辦商的身分簽署，其後並應承擔註冊電業承辦商的責任。

(e) 完工證明書的格式可向機電工程署客戶服務部索取或於網頁下載(網址為 www.info.gov.hk/forms)。

守則 20 定期檢查、測試及發出證明書**20A 規例第 20(1)條所指定的固定電力裝置**

設於下列類別房產內任何允許負載量的固定電力裝置，須最少每年作一次檢查、測試及領取證明書：

(1) 公眾娛樂場所

香港法例第172章《公眾娛樂場所條例》下所界定的公眾娛樂場所，包括可暫時或長期地容納公眾人士以供一次或多次演出公眾娛樂節目的任何地方、建築物、搭建物或結構物；這類節目包括任何音樂會，舞臺劇，舞臺表演，或音樂、戲劇或舞臺劇性質的娛樂節目或節目的任何部分，任何電影放映，講座，講故事，馬戲表演，圖片、照片或書籍展覽，舞蹈、魔術或雜耍表演，雜技表演，異常的人或動物展覽，任何運動表演或競賽，任何賣物會，設計供遊樂用途的旋轉木馬、摩天輪或其他機動遊戲。

(2) 製造或貯存危險品的房產

(a) 供製造或貯存下列按香港法例第295章《危險品(通用及豁免)規例》(前稱《危險品(類別)規例》)分類的危險品的房產：

第1類—爆炸品及炸藥

第2類—壓縮氣體

第3類—腐蝕性物質

第4類—有毒物質

第5類—散發易燃蒸氣的物質

第6類—與水起相互作用後會產生危險的物質

第7類—強烈助燃物質

第8類—隨時可燃燒的物質

第9類—有可能自燃的物質

第9A類—獲豁免不受危險品條例第6至11條規限的可燃品

第10類—其他危險物質

(b) 上述類別房產例子計有：危險品倉庫、危險品貯藏缸、氣體站、汽油及柴油的加油站、及石油氣站等。

(3) 高壓固定電力裝置

(a) 房產內加設有高壓固定電力裝置，而這些裝置是由高壓電源直接供電，須最少每年作一次檢查、測試及領取證明書。這類裝置的例子如下：

(i) 由擁有人控制的高壓開關掣房及電力分站(如設於大型商業樓宇內者)；

(ii) 大型機械及設備等類高壓固定裝置。

(b) 由低壓電源供電的高壓靜電器具及高壓放電照明，如霓虹招牌，並不視作高壓固定裝置，而只被視為低壓裝置的一部分。

20B 規例第20(2)條、20(3)條及20(4)條所指定的固定電力裝置

(1) 工廠及工業經營內的固定電力裝置，當額定電壓為低壓而允許負載量超逾200安培(單相或三相)時，須最少每五年作一次檢查、測試及領取證明書。

(2) 凡低壓固定電力裝置設於不是守則20A或20B(1)所指的房產，當額定電壓為低壓而允許負載量超逾100安培(單相或三相)時，須最少每五年作一次檢查、測試及領取證明書。這類裝置的例子計有：上升總線，保護導體，接地設施，以及升降機、水泵、住宅樓宇公用地方的公共照明和其他公用服務設施的電力供應，以及辦公室內的固定

裝置等。

- (3) 設於下列其中一種房產內的低壓固定電力裝置，應最少每五年作一次檢查、測試及領取證明書：
- (a) 酒店或賓館；
 - (b) 醫院或留產院；
 - (c) 學校；
 - (d) 《教育條例》(香港法例第 279 章)第 2 條所列院校，包括工業學院及大學的房產；
 - (e) 幼兒中心；及
 - (f) 署長認為在發生電力意外時會引致嚴重災害的房產，署長可將通知書郵寄或遣專人送達該房產的擁有人，以指明該房產。

20C 定期測試證明書

- (1) 須定期測試裝置的擁有人應於測試證明書上日期起計的 2 星期內，將該證明書呈交署長加簽。擁有人將證明書呈交署長時，要繳交現行規例規定的加簽費。
- (2) 當某一電力裝置由多過一個部分組成，而個別的部分並非由同一名註冊電業工程人員作檢查及測試時，亦可由一名註冊電業工程人員簽發單一份證明書使包括該裝置的其中一些部分或所有部分，但他必須已收到由負責各有關部分的註冊電業工程人員簽發的適當證明書。
- (3) 測試證明書應使用署長所指定的表格，有關證明書的格式可向機電工程署客戶服務部索取或於網頁下載(網址為 www.info.gov.hk/forms)。
- (4) 所有須定期測試的裝置，如於線路規例生效日期(1992 年 6 月 1 日)或該日之前接通電力供應，皆視為已於該日期作檢查、測試及領取證明書。

檢查及測試(Inspection and Testing)

新建成的樓宇的電力裝置做妥後，或經過長時間使用、更改、加建等，都必須經過檢查及測試，以確保所有電力設備操作正常，符合安全標準、電力條例或為電力公司接納。

21A 低壓電力裝置的檢查

應進行目視檢查，以證實所安裝的電力器具是否正確選擇並按照線路規例以及本守則的規定裝設，而且沒有明顯的損壞。目視檢查應按適當情況包括下列項目的檢驗：

- (a) 工作空間、接觸途徑及維修設施是否足夠；
- (b) 導體的连接；
- (c) 導體的識別；
- (d) 導體的大小相對於載流量及電壓降值是否足夠；
- (e) 所有器具是否正確連接，尤其是插座、燈座、隔離器、開關掣、電流式漏電斷路器、微型斷路器、及保護導體；
- (f) 是否設有防火障及防止熱效應的保護措施；
- (g) 防止直接觸及帶電部分的方法(在適當的情況下包括距離的長度)，即將帶電部分絕緣

以作保護、或設障礙物或外殼以作保護；

- (h) 是否設有適當的隔離及開關器件；
- (i) 保護及指示器件的選擇和調校；
- (j) 電路、熔斷器、保護器件、開關掣、隔離器及終端的標誌；
- (k) 因應不利環境情況的器具及保護措施的選擇；
- (l) 是否具備危險及警告性的告示；
- (m) 是否具備圖表、指示及其他同類的資料；
- (n) 作保護或開關用途的單極器件，是否僅與相導體連接；
- (o) 故障防護的方法；
- (p) 如何防止彼此產生不利影響；
- (q) 是否設有低電壓保護器件；
- (r) 裝設的方法。

21B 低壓電力裝置的測試

(1) 安全

進行測試時應採取防護措施，而所用的測試方法應要妥善，即使測試中的電路出現故障，也不會對任何人或財產造成危險。

(2) 測試的次序

- (a) 以下項目如與裝置有關，最好依照所示的次序進行測試：
 - (i) 保護導體(包括總等電位接駁及輔助等電位接駁)的連續性；
 - (ii) 環形最終電路導體的連續性；
 - (iii) 絕緣電阻；
 - (iv) 極性；
 - (v) 接地極電阻；
 - (vi) 接地故障環路阻抗；
 - (vii) 各項保護器件的功能；
 - (viii) 各項器件的功能。
- (b) 當任何測試顯示出有不符合規定之處時，則該項測試及先前測試的結果，亦可能受到所顯示的缺點影響，因此應該在矯正該項缺點後重複進行測試。

(3) 保護導體的電氣連續性(Continuity of protective conductor)

每一保護導體，包括用作等電位接駁的所有導體及任何非電氣裝置金屬部分，皆應作連續性測試。進行測試時，應在總線的位置把中性及保護導體互相連接，然後使用連續性試驗器在每一用電位的地線與中性線之間進行檢驗，該處所顯示的讀數應接近零。

保護導體的電氣連續性測試

目的：

證明保護導體，包括總等電位接駁和輔助等電位接駁的接法正確和電氣性良好，或阻值的大小。

儀器：

絕緣 / 連續性測試器、萬用錶電阻檔（可量度 1Ω 以下阻值方可接受），如（圖：4.1）示。

要求：

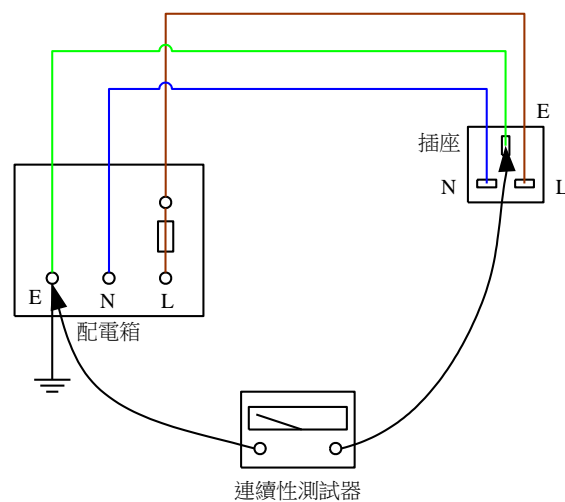
接近 0Ω 。



（圖：4.1）

步驟：（方法一）

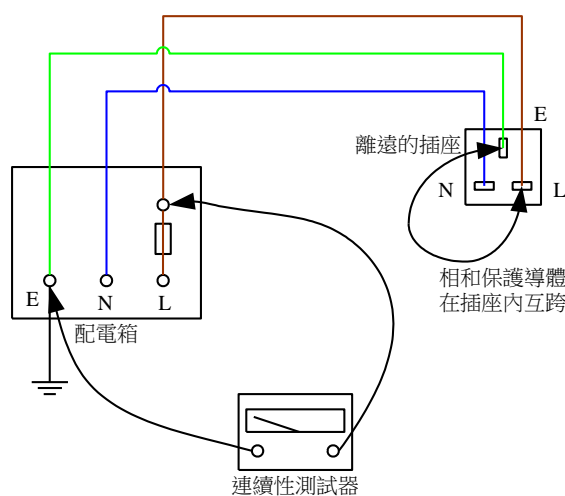
1. 測試器的其中一條引線接駁至伸延線，後者連接至欲測試的保護導體所在配電箱的接地終端，如（圖：4.2）示。
2. 測試器引線的另一端與從配電箱分支至各個位置的保護導體接觸，例如在開關盒和插座的保護導體，量度其電阻。
3. 上述量度完畢後，可量度伸延線的電阻。
4. 測試器首次量度的數值減去伸延線的電阻數值等於保護導體的電阻。



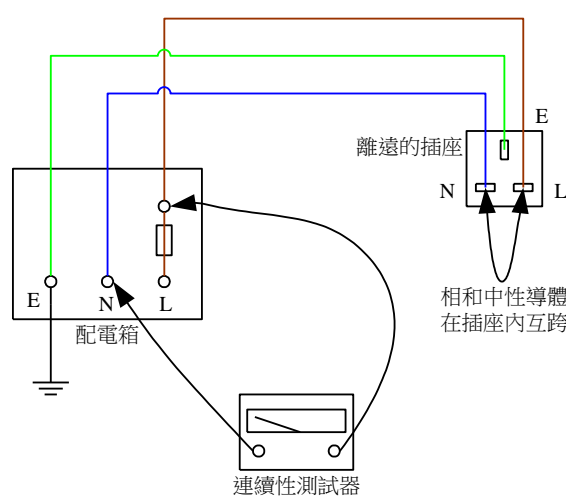
（圖：4.2）

步驟：(方法二)

1. 這測試應在未接駁保護導體至輔助等電位接駁前進行。假設測試器不用市電操作或從另外一個與測試電路不同的電源供電，可在一用電位把相導體臨時連接至接地端，以提供回路導體，如（圖：4.3）示。
2. 在配電箱量內用測試器量度該相導體和接地端間之電阻。
3. 測試後，在用電位處把相和中性線連接在一起，如（圖：4.4）示（若為三相電路，可把兩條相線連接），然後在配電箱量度該兩已連接的導體之電阻，以求取相導體的大約電阻。
4. 測試器首次量度的數值減去第二次相導體的電阻數值等於保護導體的電阻。



(圖：4.3)



(圖：4.4)

(4) 環形最終電路的電氣連續性(Continuity of ring circuit)

- (a) 環形電路應由配電箱開始作測試。應把構成相導體的兩條電纜的兩端分開，而所作的連續性測試應顯示出兩者之間的讀數接近零；在構成中性導線的兩條電纜以及構成保護導線的兩條電纜之間，亦作同樣的測試，如（圖：4.4）（工作守則圖21(1)）示。
- (b) 上文(a)節的測試方法，只適用於測試前曾全面檢查確保整條環形電路並無互連(即多環路)的情況。否則，應採用 BS 7671 指引 3 第 3 部所指定的測試方法。

環形最終電路的電氣連續性測試

目的：

確保用環形連接至插座的導體是真正地作環形連接，及沒有在環形內的中途連接和在中間開路。

儀器：

低讀數的歐姆儀或電池操作的連續性測試器、萬用錶電阻檔（可量度 1Ω 以下阻值方可接受），如（圖：4.1）示。

要求：

接近 0Ω 。

步驟：

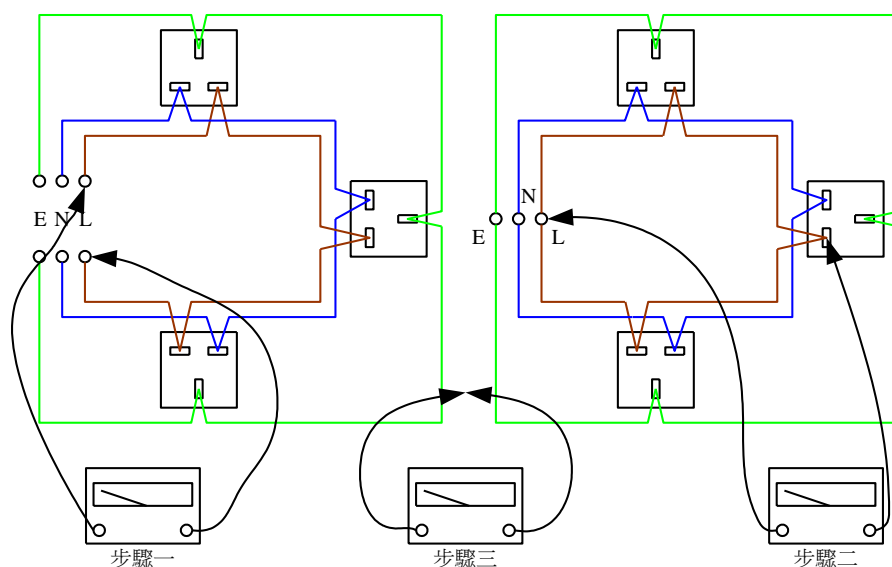
1. 把配電箱內環形電路的相導體、中性導體和電路保護導體兩端分開，然後量度兩端的電阻，如（圖：4.5a）示。
 2. 把上述導體兩端再連接，形成環狀，然後量度從配電箱至中間點插座間的相導線、中性導線和保護導體的電阻，有需要時，可用伸延線。（必須得悉最近環形導體中間點的插座，惟這插座不一定是位置上於環形電路中間的插座）
 3. 量度伸延線的電阻。
- 證明量度的電阻可滿足下列公式：

$$0.25R_1 = R_2 - R_3$$

R_1 =在步驟一量度的相、中性和保護導體

R_2 =在步驟二量度的相、中性和保護導體

R_3 =伸延線的電阻



（圖：4.5a）

使用一般電子萬用錶作為測試工具，由於讀數多為歐姆，並只有小數後兩至三個位，讀數往往不能反映實際數值，要是在測試要求較高的地方進行時，便要使用更專業的微歐姆錶進行測試，如（圖：4.5b）示，以便在在填寫報告時有更準確的數值。



(圖：4.5b)

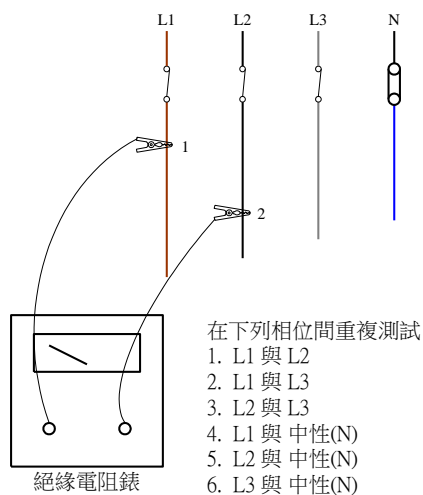
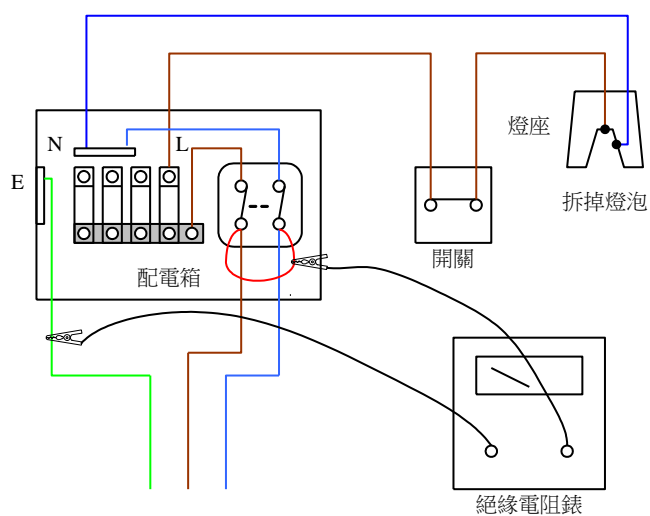
(5) 絕緣電阻(Insulation resistance)

- (a) 應使用合適的直流電絕緣試驗器來量度絕緣電阻。應小心確保測試中器具的絕緣能夠抵受測試電壓而不致損壞。
- (b) 應分開測試主開關掣板及每個配電電路。對大型裝置進行這種測試時，可以把裝置的用電位分成多組。就此而言，“用電位”一詞包括每一用電點和每一開關掣。如插座、用具或照明器附有的開關掣，則可視作一個用電位。
- (c) 在量度時，當所有熔斷連桿妥善裝好，所有開關掣和斷路器(如有可能，包括總開關掣)定於閉合位置，以及線路的所有極或相皆已作電氣性連接時，其對地的絕緣電阻不應低於表 21(1) 所列的適當數值，見 (圖：4.6) (工作守則圖 21(4)) 所示。
- (d) 在量度所有連接至電源的任何一相或極的各導體 (三相電源)，及所有連接至另一相或極的各導體時，一如 (圖：4.7) (工作守則圖 21(5)) 所示，絕緣電阻不應低於表 21(1) 所列的適當數值。
- (e) 在進行測試中：
 - (i) 在可行情況下，所有燈泡應該除去，所有用電器具應要截離，以及所有用以控制燈泡或其他器具的就地開關掣應該閉合；
 - (ii) 如果不可能除去燈泡及／或不可能把用電器具截離，則用以控制這些燈泡及／或器具的就地開關掣應該斷開；
 - (iii) 連接該裝置的電子器件應按適當情況加以隔離或短路，使不致因測試電壓而損壞。
 - (iv) 如電路備有對電壓敏感的儀器，則測試時應先把相導體和中性導體連接在一起，然後量度絕緣電阻。
- (f) 當器具須截離以便進行測試，而該器具的外露非帶電金屬部分須連接至保護導體時，該器具的外露非帶電金屬部分與所有帶電部分之間的絕緣電阻應另行量度，而所得的最低絕緣電阻值不應低於 1 兆歐。

最低絕緣電阻值

電路標稱電壓 (伏特)	測試電壓，直流電 (伏特)	最低絕緣電阻值 (兆歐)
特低壓電路而該電路的電源來自一個安全隔離變壓器／分隔特低壓電路	250	0.5
除上列情況外，電壓在 500 伏特及以下者	500	1.0
超逾 500 伏特	1000	1.0

工作守則表 21(1)



(圖：4.6)

(圖：4.7)

絕緣電阻測試

目的：

證明電力器具和導體的絕緣滿意，及帶電導體和保護導體沒有短路。

儀器：

絕緣電阻測試器(250V，500V，1000V)，如（圖：4.8）示

要求：

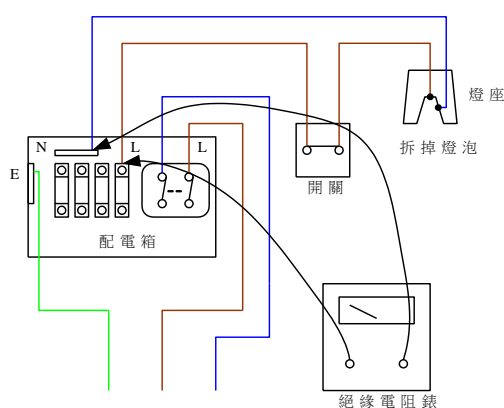
- 特低壓電路不小於 0.5 兆歐。
- 普通單相電路，測試電壓為 500 V，不小於 1 兆歐。
- 三相電路，測試電壓大於 1000 V 但小於 500 V，不小於 1 兆歐。
- 臨時拆離的器具不可小於 0.5 兆歐。
- 新裝置的絕緣導體不足 10 兆歐，應予以調查。

步驟：

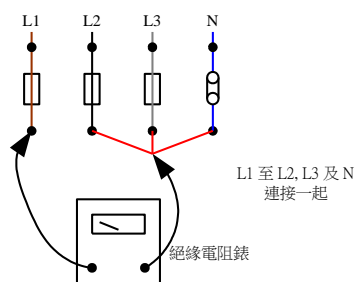
1. 所有相和中性導體在總掣或配電箱內接在一起，然後與接地終端之間量度絕緣電阻，如（圖：4.6）。
2. 單相裝置應在總掣或配電箱內量度相與中性間的絕緣電阻，如（圖：4.9），三相裝置可根據守則測試方法（圖：4.7）及以下四種絕緣導體量度：
 - 在 L1 導體與其他接駁在一起的導體間，如（圖：4.10）；
 - 在 L2 導體與其他接駁在一起的導體間，如（圖：4.11）；
 - 在 L3 導體與其他接駁在一起的導體間，如（圖：4.12）；
 - 在中性導體 N 與其他接駁在一起的導體間，如（圖：4.13）。
3. 若臨時拆離的器件和器具的外露非帶電金屬部份會接至保護導體，這部份與帶電部份間的絕緣應獨立測試。
4. 量度的絕緣電阻應不少過以上要求數值。



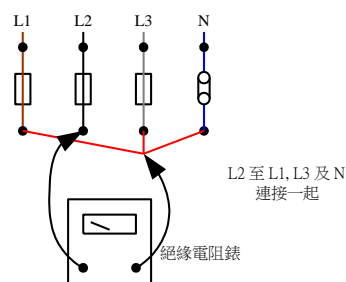
（圖：4.9）



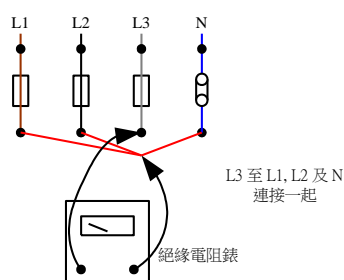
（圖：4.9）



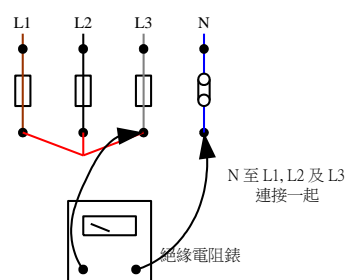
(圖：4.10)



(圖：4.11)



(圖：4.12)



(圖：4.13)

(6) 極性(Polarity)

(a) 應進行極性測試，如（圖：4.14）（工作守則圖 21(6)）所示，以證實：

- (i) 每一熔斷器和單極控制及保護器件，只連接至相導線；
- (ii) 符合 IEC60238 的中間觸點式釘頭型燈座及螺絲燈座，如在中性導線接地的電路中，已將其外部或螺絲觸點連接至該中性導線；及
- (iii) 線路已正確地連接至各插座及同類的附件。

極性測試

目的：

確保所有熔斷器、單極保護和控制器件及開關掣只裝設在相導體上；中性導體接在中性線電路上，如有中間觸點式釘頭型燈座和螺絲型燈座，其外部觸點或螺絲觸點已連接至該中性導體；及電路已正確地連接至各插座和類似的附件。

儀器：

低讀數的歐姆儀、電池操作的連續性測試器、萬用錶電阻檔（可量度 1Ω 以下阻值方可接受）、插座極性測試器，如（圖：4.15）示

要求：

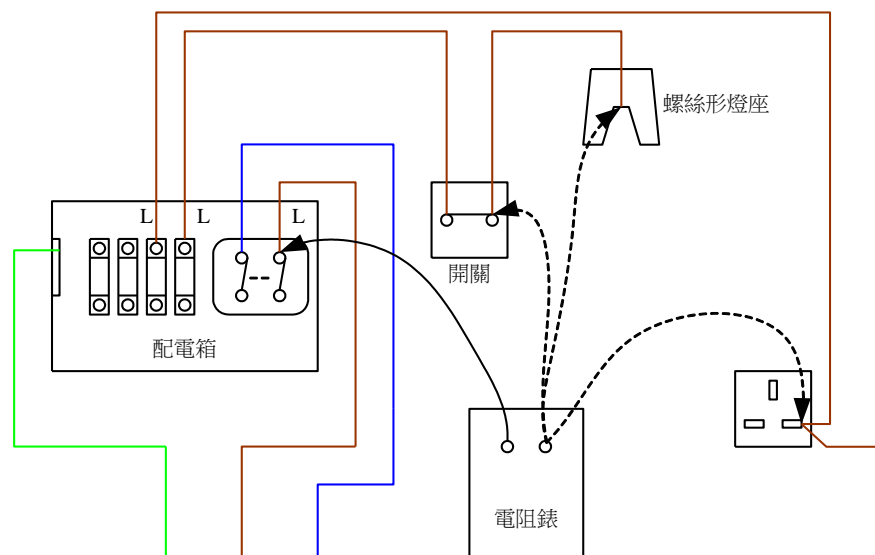
相關極性絕對正確，測試讀數應接近 0Ω 。

步驟：

1. 把測試器的其中一條引線至伸延線，後者再在總電源處與相導體連接。把測試器的另

一引線與欲測試的器具或附件內的相導體接觸，這些器具包括整個裝置的單相開關掣、中間觸點式釘頭型燈座、螺絲型燈座、插座等，如（圖：4.14）示。

2. 所量度的數值是供應有關器具的電路之相導體電阻，因此應合理地低。



（圖：4.14）

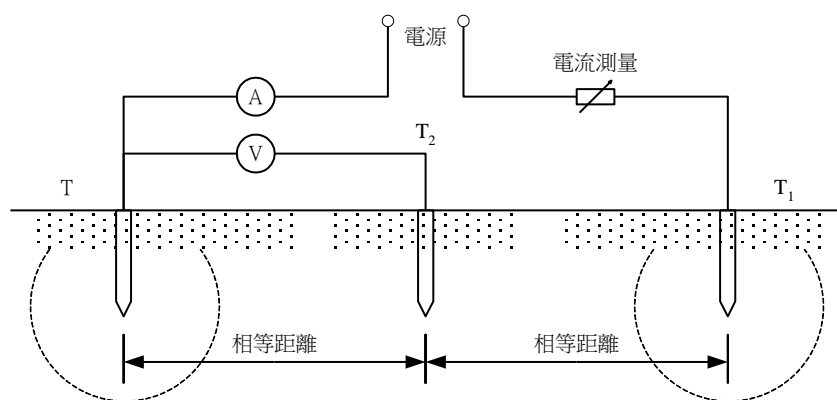


（圖：4.15）

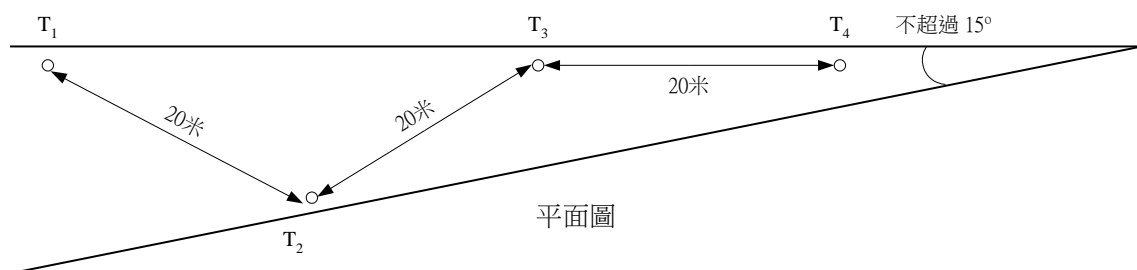
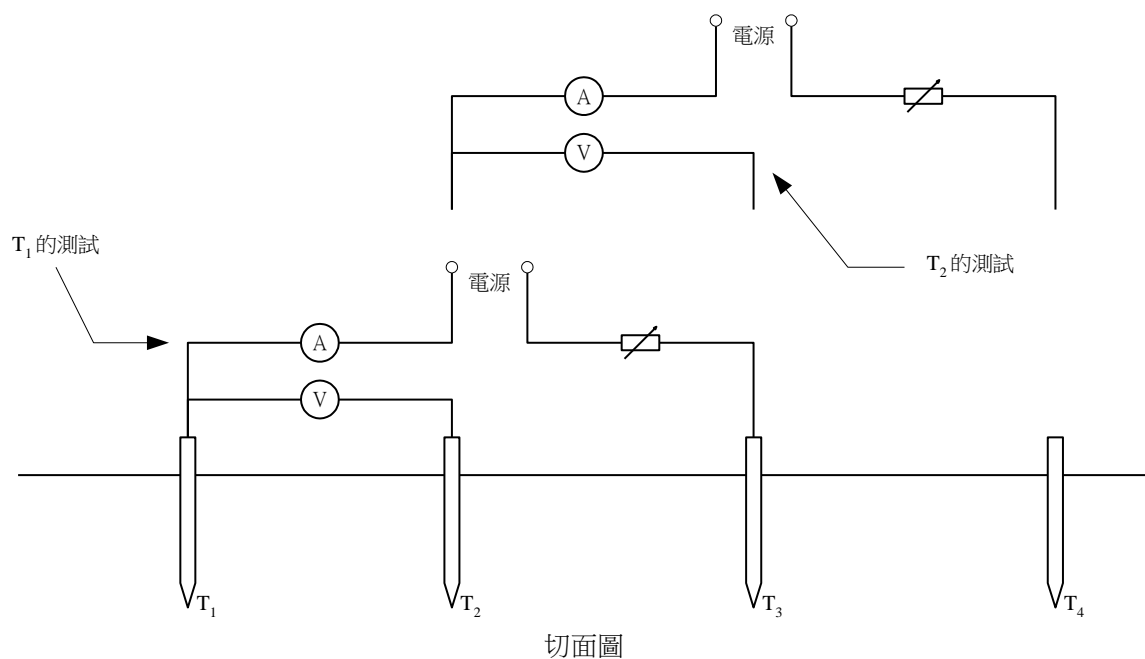
(7) 接地極電阻(Earthing electrode resistance)

- 應使用適當的接地極電阻測試器以量度接地極電阻。以穩定的 50 赫茲交流電流，通過接地極 T 和輔助接地極 T1 之間，而 T 與 T1 的相隔距離，乃依照該測試器製造商的建議而定(但任何情況下彼此相隔不應少於 20 米)，然後把另一輔助接地極 T2(可以把一條金屬棒插於地上)置於 T 與 T1 中間，接地極 T 的實測接地極電阻，就是 T 與 T2 之間的電壓降值除以 T 與 T1 之間電流值。
- 測試方法見（圖：4.16）（工作守則圖 21(2)）所示。
- 電力裝置若設有四個或以上的接地極，而且各接地極差不多排成直線，不超過 15° 偏差的大致方向以及適當的相隔距離(即鄰近接地極的距離不少於測試器製造商所建議，但任何情況下彼此相隔不應少於 20 米)；上述的接地極可輪流用作輔助接地極，以便量度接地極的電阻值，如（圖：4.17）（工作守則圖 21(3)）所示。
- 如已接駁電源，亦可使用下列方法量度接地極電阻值。環路阻抗測試器應接駁至裝置

供電點的相導體和接地極之間，把接駁接地極的連桿打開，然後進行測試。這項阻抗讀數可視為接地極的電阻值。



(圖：4.16)



設有四個或以上接地極的接地極電阻測試

(圖：4.17)

接地極電阻測試

目的：

若保護措施需要得悉接地極的電阻值，例如 TT 接地系統，便須進行這測試。惟接地極與測試棒的距離應足夠遠，確保彼此的電阻地帶不會重疊。

儀器：

接地極電阻測試器，如（圖：4.19）示。

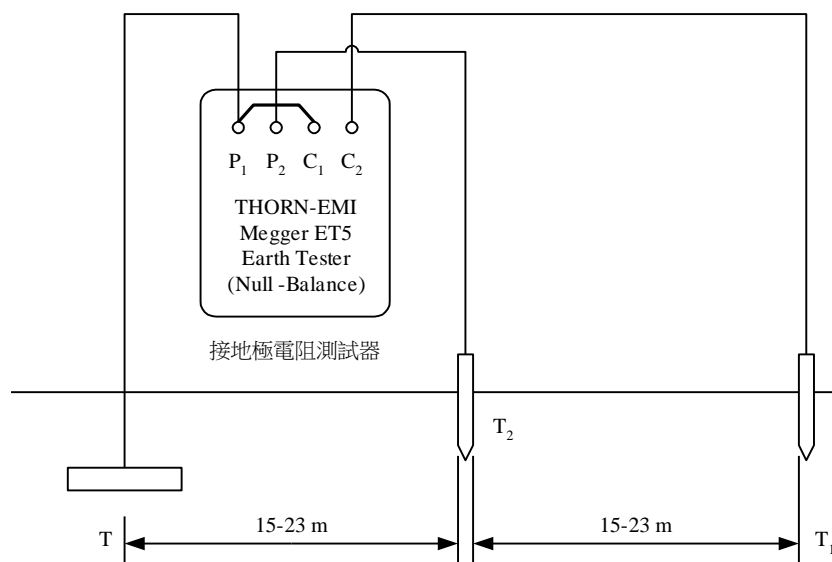
要求：

低於 1Ω （防雷系統裝置低於 10Ω ）。

步驟（用接地極電阻測試器）：

1. 把測試棒 T1 插在地下，與接地極 T 相隔適當距離，以防止彼此的電阻地帶重疊。在 T 和 T1 之間再插入一條測試棒 T2，如（圖：4.18）示。
2. 用一短連桿把接地測試器的終端 C1 和 P1 短路，再接至接地極 T。測試器的其他終端 C2 和 P2 接至測試棒 T1 和 T2。
3. 操作測試器，把電流注入接地極 T，流至測試棒 T1，量度 T 和 T2 間的電壓，然後調校測試器的可變電阻，以產生一相等但對抗的電壓，使電流不再流經電位电路，測試器的電阻刻度數值便是接地極的電阻。
4. 把測試棒 T2 移近接地極 T 大約 6 公尺，重覆步驟 3，再移離接地極及重覆步驟 3。

若上述三個數值很接近，可計算其平均數值，否則須增加接地極與測試棒的距離，再重覆以上的測試。（較新型的會使用鉗錶式設計來量度）



（圖：4.18）



(圖：4.19)



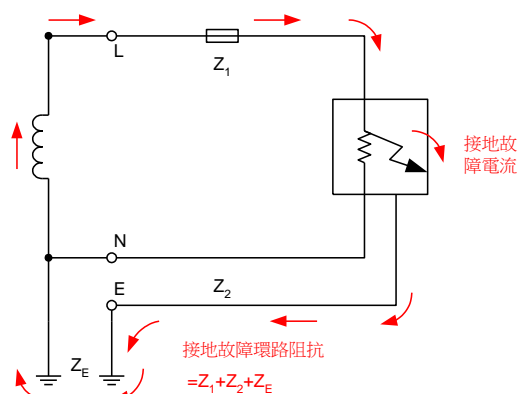
(8) 接地故障環路阻抗(Earth fault loop impedance)

接地故障環路阻抗測試

- (a) 接地故障環路阻抗的數值，應使用相至地環路測試器來量度，如（圖：4.20）示，其刻度應以歐姆計算。
- (b) 接地故障環路阻抗值不應超過守則 11 所規定。
- (c) 在開始測試前，必須檢查接地導體及所有相關的接地連接物是否妥善，以及是否已截離與供電商的接地設施連接的接駁，如（圖：4.22）及（圖：4.23）示。在進行阻抗測試當中，尤其是如果在測試時間內須把對地漏電保護器件截離時，應該採取措施確保除了進行測試的人外，沒有人正在使用該裝置。



(圖：4.20)



(圖：4.21)

目的：

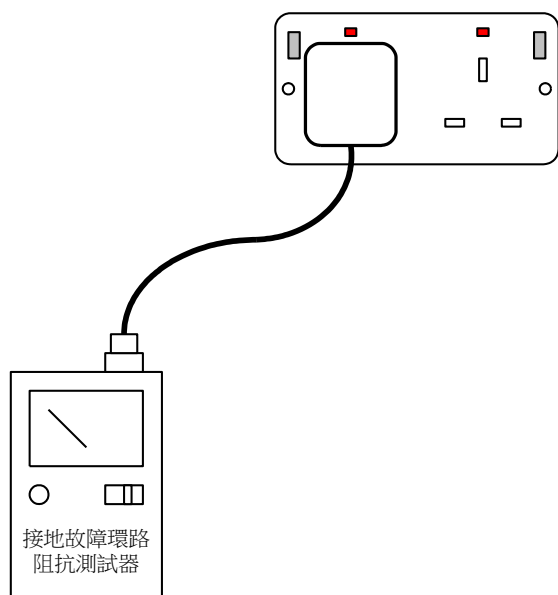
確保在故障時，流經電路如（圖：4.21）示的電流足夠使保護器件按規例的要求及時間切斷電路，以避免在裝置內任何外露非帶電金屬部分和非電力裝置金屬部分之間的電壓，其幅度和持續時間會引起危險。

儀器：

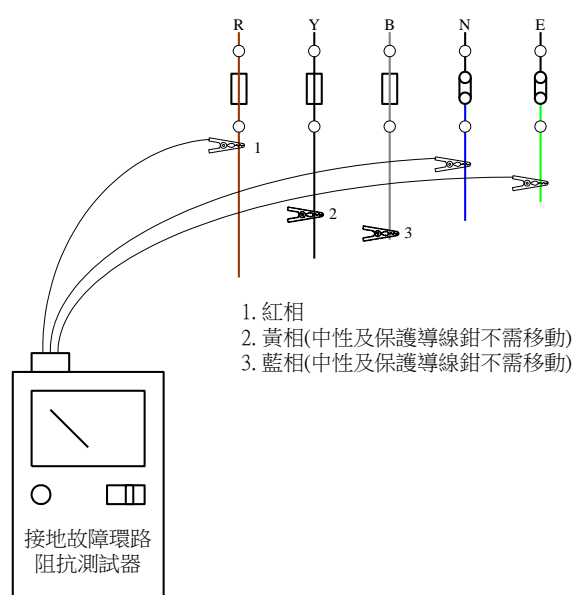
接地故障環路阻抗測試器，如（圖：4.20）示。

要求：

不應超過守則 11 所規定。



（圖：4.22）



（圖：4.23）

(9) 所有器件(包括保護器件)的功能(Functions of all protective devices)

電流式漏電斷路器的測試

(a) 電流式漏電斷路器的測試

- (i) 檢驗電流式漏電斷路器的功能時，應使用一個電流式漏電斷路器的測試器，如（圖：4.24）示，模擬接地故障的情況，以證明該斷路器是否有效操作，如（圖：4.25）示。此外，亦應測試該斷路器的內置測試按鈕是否妥善發揮功能。下文分段(ii)及分段(iii)已載列其中一項測試方法。符合有關國家／國際標準的其他測試方法，亦可予接納。
- (ii) 應在電流式漏電斷路器接駁至負載那邊受保護電路的相導體和連接電路保護導體之間進行測試。測試期間應把負載截斷。
- (iii) 至於符合 IEC61008 規定的一般電流式漏電斷路器或符合 IEC61009 規定的帶過電流保護的剩餘電流動作斷路器，若漏電電流量相等於電流式漏電斷路器額定斷路電流的 50%，則不應開啟斷路器；若漏電電流量相等於電流式漏電斷路器額定斷路電流的 100%，則應在少於 300 毫秒的時間內開啟斷路器，若為「S 類別」（或選擇性）的斷路器，由於已具備時間延誤裝置，故應於 130 毫秒至 500 毫秒之間斷路。

目的：

驗證測試按鈕的功能，並確保它的殘餘啟動電流及脫扣時間符合工作守則的要求。

儀器：

電流式漏電斷路器的測試器，如（圖：4.24）示。

要求：

根據守則 11J(2)，所選用的 RCD 其額定啟動電流與接地故障環路阻抗 Z_s 的乘積不能超過 50V，而用於保護插座的 RCD 其選用的額定啟動電流不能大於 30mA。根據 IEC61008 的標準，測試結果須滿足下表：

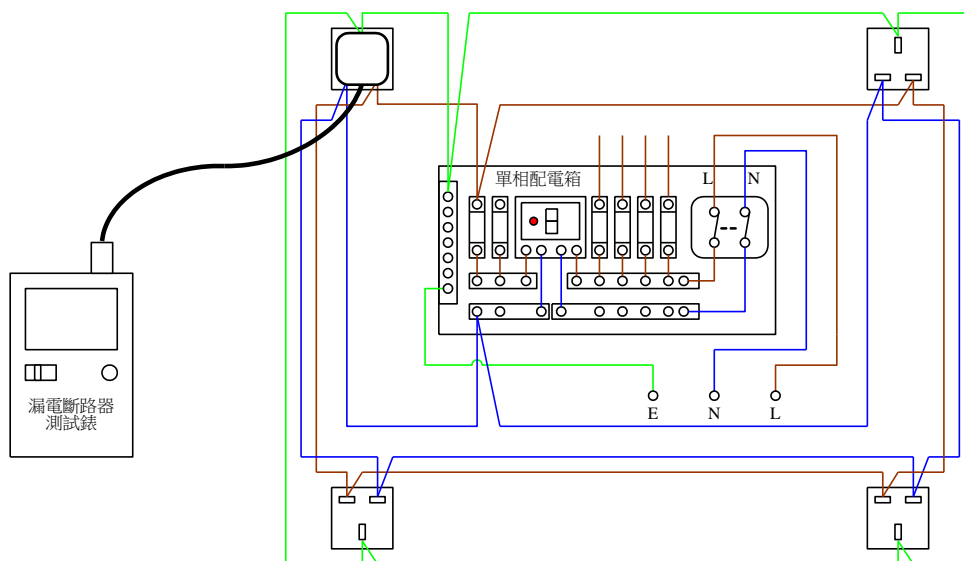
殘餘啟動電流設定值	要求的脫扣時間
RCD 的額定啟動電流	$\leq 0.3s$
RCD 一半的額定啟動電流	不脫扣

步驟：

接上電源，將測試器的插頭型引線插在受被測試的 RCD 保護的插座內，設定啟動電流，按下測試按鈕，然後記錄相對的脫扣時間。



（圖：4.24）



（圖：4.25）

- (b) 其他保護器件，例如微型斷路器、模製外殼斷路器、空氣斷弧斷路器、熔斷器開關掣、開關熔斷器及保護繼電器等，應按適當情況以人工作業方式加以檢驗。
- (c) 各項器具，如隔離器、開關掣及指示器件等，應以人工作業方式檢驗其功能。
- (d) 次級注電試驗
 - (i) 應進行次級注電試驗，以核實保護繼電器的過載及故障電流保護特性。
 - (ii) 試驗的方法，是把不同強度的交流電注入繼電器，並量度繼電器的操作時間。應核對繼電器的操作時間與製造商的資料檔所載者是否相符。

(10) 在危險環境的裝置的額外檢驗(Additional checks for installations in hazardous environment)

應按適當情況，對危險環境的裝置進行下列的額外檢驗：

- (a) 如果情況適合，應檢查有關的地方以確保“不含氣”狀態，然後才進行絕緣及接地故障環路阻抗的測試。
- (b) 所有器具已按照守則 15 所述的各類情況適當加以防護，而器具所採的一類防護措施，不應因安裝方法而有損其完整性。任何更改均不得使器具失去防護作用。
- (c) 器具須保持清潔，沒有塵埃、微粒及有害雜質積聚。器具應避免產生濕氣凝結作用。
- (d) 應檢驗所有燈泡、熔斷器及可更換的零件，確保其額定值及所採用類別適當。
- (e) 所有器具的表面溫度，應與所用的一類防護措施相稱。

21C 高壓電力裝置的檢查

應按照守則 21A 所列載有關低壓裝置的方法，對高壓裝置進行檢查，並且按適當情況額外檢驗下列項目：

- (a) 高壓開關掣房／電力分站的每一入口，是否設有適合的上鎖設施；
- (b) 保護導體的連續性，尤其是所有外露非帶電金屬部分的接駁；及
- (c) 閘門、匙箱等是否設有掛鎖設施。

21D 高壓電力裝置的測試

(1) 安全

進行測試時應採取防護措施，而且所用的測試方法應要妥善，即使測試中的電路出現故障，也不會對任何人或財產造成危險。

(2) 測試要求

高壓裝置的測試，應以有關的認可標準、製造商的建議、操作及維修指示作為參考。

電力線路測試記錄表

電力工程人員於檢查及測試後，須將有關數據儲存，並提交機電工程署，該署已設計「電力線路測試記錄表」供電力工程人員參考及下載，如（表：4.3）示，而（表：4.1）及（表：4.2）為單相及三相供電的配電箱之「電力線路測試記錄表」樣本。

電力線路測試記錄表

配電箱位置及編號：荔枝角道 702 號 7 樓 777 室（廚房），編號： 0777（單相供電）

測試儀器資料：KYORITSU-INSULATION TESTER (MODEL: 3111V)，KYORITSU-Digital RCD (ELCB) (MODEL: 5406A)，KYORITSU-Digital RCD (ELCB) (MODEL: 4120A)

電路編號	保護器件		導體截面面積		測試結果								
					電氣連續性		絕緣電阻		極性	接地故障 環路阻抗 (Zs)	功能測試		備註
	類別	額定值 (A)	相導體 (mm ²)	保護導體 (mm ²)	保護導體 (Ω)	環形電路 (Ω)	L-L (MΩ)	L-E (MΩ)			漏電斷路 器時間 (ms)	其他	
1	MCB	15	1.5	1.5	0.11	-	100	100	Y	0.31	不適用	OK	睡房及浴室燈
2	MCB	15	2.5	2.5	0.22	-	100	100	Y	0.41	不適用	OK	廳及廚房光管
3	MCB	15	1.5	1.5	0.08	-	100	100	Y	0.41	不適用	OK	主人房冷氣
4	MCB	15	1.5	1.5	0.08	-	100	100	Y	0.38	不適用	OK	小孩房冷氣
5	MCB	20	2.5	2.5	0.06	-	100	100	Y	0.36	不適用	OK	客廳冷氣
6	MCB	15											備用
7	MCB	30	2.5	2.5	0.08	0.05	100	100	Y	0.41	22	OK	廚房及廳 13A 插座
8	MCB	30	2.5	2.5	0.08	0.05	100	100	Y	0.41	26	OK	廚房及廳 13A 插座
9	RCD	60	16	-	-	-	95	95	Y	-	-	OK	漏電斷路器
												測 試 者：	陳大文 (W888888)
												日期：	1-1-2011

聲明：就本人所知及相信，上列資料全部屬實，本人明白，若本人明知而提供虛假資料，本人有遭刑事檢控之虞。

註：本測試記錄表樣本可於機電工程署網頁 www.emsd.gov.hk 內下載(途徑：保障公眾安全►電力►刊物)。

(表：4.1)

電力線路測試記錄表

配電箱位置及編號：荔枝角道 702 號 7 樓 777 室（廚房），編號： 0777（三相供電）

測試儀器資料：KYORITSU-INSULATION TESTER (MODEL: 3111V)，KYORITSU-Digital RCD (ELCB) (MODEL: 5406A)，KYORITSU-Digital RCD (ELCB) (MODEL: 4120A)

電路編號	保護器件		導體截面面積		測試結果								
					電氣連續性		絕緣電阻		極性	接地故障 環路阻抗 (Zs)	功能測試		備註
	類別	額定值 (A)	相導體 (mm ²)	保護導體 (mm ²)	保護導體 (Ω)	環形電路 (Ω)	L-L (MΩ)	L-E (MΩ)			漏電斷路 器時間 (ms)	其他	
1R	MCB	15	1.5	1.5	0.08	-	100	100	Y	0.31	不適用	OK	熱水爐
1Y	MCB	15	1.5	2.5	0.08	-	100	100	Y	0.41	不適用	OK	熱水爐
1B	MCB	15	1.5	1.5	0.08	-	100	100	Y	0.41	不適用	OK	熱水爐
2R	MCB	15	1.5	1.5	0.08	-	100	100	Y	0.38	不適用	OK	光管
2Y	MCB	15	1.5	1.5	0.06	-	100	100	Y	0.36	不適用	OK	光管
2B	MCB	15											備用
3R	MCB	30	2.5	2.5	0.08	0.05	100	100	Y	0.41	22	OK	廚房及廳 13A 插座
3Y	MCB	30	2.5	2.5	0.08	0.05	100	100	Y	0.41	26	OK	廚房及廳 13A 插座
3B	MCB	30	2.5	2.5	0.08	0.05	100	100	Y	0.41	26	OK	廚房及廳 13A 插座
4P	RCD	60	16	-	-	-	100	100	Y	-	-	OK	漏電斷路器
												測 試 者：	陳大文 (W888888)
												日期：	1-1-2011

聲明：就本人所知及相信，上列資料全部屬實，本人明白，若本人明知而提供虛假資料，本人有遭刑事檢控之虞。

註：本測試記錄表樣本可於機電工程署網頁 www.emsd.gov.hk 內下載(途徑：保障公眾安全►電力►刊物)。

(表：4.2)

電力線路測試記錄表

配電箱位置及編號： _____

測試儀器資料： _____

電路編號	保護器件		導體截面面積		測試結果								備註
					電氣連續性		絕緣電阻		極性	接地故障 環路阻抗 (Zs)	功能測試		
	類別	額定值 (A)	相導體 (mm ²)	保護導體 (mm ²)	保護導體 (Ω)	環形電路 (Ω)	L-L (MΩ)	L-E (MΩ)			漏電斷路 器時間 (ms)	其他	
												測試者:	
												日期:	

聲明： 就本人所知及相信，上列資料全部屬實，本人明白，若本人明知而提供虛假資料，本人有遭刑事檢控之虞。

註： 本測試記錄表樣本可於機電工程署網頁 www.emsd.gov.hk 內下載(途徑：保障公眾安全►電力►刊物)。

(表：4.3)

5

電動機安裝及更換軸承

學習成果

完成此課題後，讀者能夠：

1. 明瞭及執行電動機安裝及調較工作；
2. 明瞭及執行電動機外殼的拆卸及重裝工作；
3. 明瞭及執行電動機聯軸器的安裝及調較工作；
4. 明瞭及執行更換電動機已損壞的軸承的工作。

註：筆記中以斜體字印出的文字為節錄自「電力（線路）規例工作守則」內文。

5.1 電動機的整體安裝程序

電動機安裝應由電工、鉗工操作，大型電動機的安裝需要搬運和吊裝時應有起重裝置配合進行。電動機安裝前應進行施工準備，即設備及材料的準備、主要機具的準備和作業條件的準備。電動機的整體安裝程序如下：

- 安裝場地之選定
- 電動機的搬運
- 設備拆箱點件
- 安裝前的檢查
- 電動機安裝
- 電動機的接線
- 控制、保護和起動設備安裝
- 試運行前的檢查
- 試運行及驗收

安裝場地之選定

安裝場所之選定對將來電動機之保養有甚大之影響，因此需根據以下要點選擇：

- 於濕氣少，通風良好之場所，不漏雨及不因其他機械、配管等而有漏水及漏油的地方。
- 灰塵少，無酸、鹼及其他附近有害之氣體，而能獲得清淨空氣之場所。
- 附近沒有使用周圍溫度異常升高之成為熱源之機械、器具的地方。
- 其他機器之振動傳達不到的地方。
- 電動機易於搬入、裝配、拆卸的地方。
- 為使保養方便，盡可能取得較寬闊之場所。
- 電源之電壓變動，電壓變動較少的地方。

上述為一般性之必要條件，如果無法避免在特殊之不良環境內裝置電動機時，必須於訂購時預先向廠方提供有關之資料，以便廠方製造以適合該環境之特殊設計之電動機。

電動機的搬運

電動機在運送途中不應打開包裝箱，以免受損或受潮。運到目的地應存放在乾燥的倉庫裡，若放置在室外，應有防潮、防雨、防塵、防曬等措施。大中型電動機可以採用起重機卸貨。重量在 1000kg 以下的小型電動機，可以通過電動機上的吊環（Eye Bolts），如（圖：5.1a），示進行人工搬運，絕不可用繩子套在電動機的皮帶輪或轉軸上，也不能穿過電動機的端蓋孔來抬電動機。各種索具，必須結實可靠。



(圖：5.1a)

適當的吊運工具

合格的吊運工具必須要每年由合資格人仕進行負重測試，並簽發證明書才可以使用，通常搬運工作都會由苦力進行，俗稱姑爺或姑利，不過在預算不多情況下，由電業工程人員自行完成或是由一至兩名苦力作為幫工共同完成也是很常見（視乎電動機的大小），如（圖：5.1b）的吊運工具也常常會使用的，當然使用時要留意各個吊具的負重能力是否足夠，吊運時帆布帶或鋼纜等等的吊運工具與垂直線的角度愈少，對於吊具的作用力也愈少，如（圖：5.1c）的負重三角形示，吊運時盡量避免在吊運物的正下方，以免在吊運物意外下墜時無法走避。



吊運金屬架



四爪鐵鏈



荷包塞古



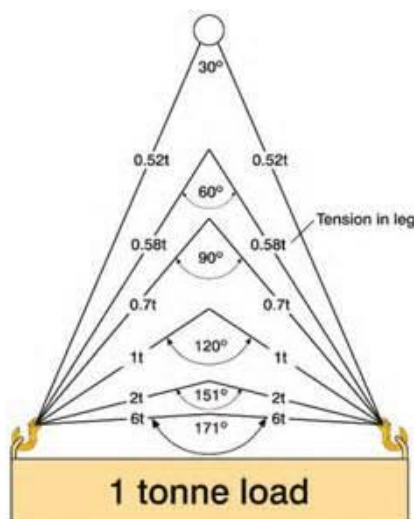
鮑魚塞古



電動起重機

帆布帶
(圖：5.1b)

爆咀螺絲



(圖：5.1c)

設備拆箱點件

電動機到達安裝現場後應在規定的期限內做驗收檢查，設備拆箱後需點件檢查，有可能的話應有安裝人員及供應商共同進行，並應符合下列要求：

- 電機應完好，不應有損傷現象；
- 定子和轉子分箱裝運的電機，其鐵芯、轉子和軸頸應完整，無銹蝕現象；
- 電機的附件、備件應齊全，無損傷；
- 產品出廠技術資料檔案應齊全。

安裝前的檢查

電動機在安裝前應進行全面的檢查，可以避免在存放期間或在運輸過程中發生的問題，由於某些原因未被及時發現而影響正常使用。檢查內容如下：

- 轉動轉子應輕快，不應有卡阻及異常聲響；
- 潤滑脂的情況正常，無變色、變質及變硬等現象；
- 可測量空氣間隙的電機，其間隙的不均勻度應符合產品技術條件的規定；
- 電機的引出線焊接或線耳接口應良好，編號齊全，裸露帶電部分的電氣間隙應符合有關標準規定；
- 繞線式電機應檢查電刷的提升裝置，提升裝置應有“啟動”、“運行”的標誌，動作順序應是先短路集電環，後提起電刷；
- 使用兆歐表測量電動機的各相繞組之間以及各相繞組與機殼之間的絕緣電阻，其絕緣電阻值不得小於 $1\text{M}\Omega$ ，如不能滿足要求應對電動機進行乾燥處理。

電動機安裝

電動機安裝工作主要包括電動機的基礎（底座或架）製作、安裝和校正。

(1) 電動機基礎製作

電動機通常安裝在機座上，機座固定在基礎上，電動機的基礎通常有混凝土、磚砌和金屬支架三種，採用混凝土澆注的較多。混凝土基礎的保養期一般為 15 天，整個基礎表面應平整。澆灌基礎時，應根據電動機地腳螺栓的間距，將地腳螺栓預埋入基礎內，為保證地腳螺栓預埋位置正確無誤，可採用兩種方法：

1. 將四顆地腳螺栓先固定在一塊定型鐵板上，然後整體再埋入基礎中，待混凝土達到標準強度後，再拆去定型鐵板。
2. 根據電動機安裝孔尺寸，在混凝土基礎上預留孔洞（100mm × 100mm），待安裝電動機時，再將地腳螺栓穿過機座，放在預留孔內，進行二次澆注。地腳螺栓埋設不可傾斜，等電動機緊固後應高出螺帽 3~5 扣。

(2) 電動機安裝

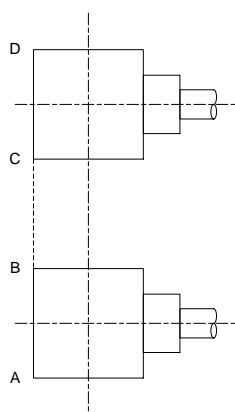
電動機安裝時，應審核電動機安裝的位置是否滿足檢修操作運輸的方便。固定在基礎上的電動機，一般應有不小於 1.2m 維護通道。採用水泥基礎時，如無設計要求，基礎重量一般不小於電動機重量的 3 倍。基礎各邊應超出電機底座邊緣 100~150mm。穩裝電機墊片一般不超過三塊，墊片與基礎面接觸應嚴密。電動機安裝後，應轉動電動機數圈作試驗。電機外殼保護接地（或接零）必須良好。

(3) 電動機的校正

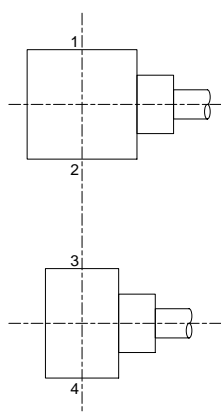
電動機就位後，即可進行縱向和橫向的水準校正。如果不平，可用 0.5~5mm 厚的薄片墊在電動機機座下，直到符合要求為止。當電動機與被驅動的機械通過傳動裝置相互連接之前，必須對傳動裝置進行校正。由於傳動裝置的種類不同，校正的方法也各不相同。

1. 皮帶傳動的校正

皮帶傳動時，為了使電動機和它所驅動的機器得到正常運行，就必須使電動機皮帶輪的軸和被驅動機器的皮帶輪的軸保持平行，同時還要使兩個皮帶輪寬度的中心線在同一直線上。如果兩皮帶輪寬度相同，校正時在皮帶輪的側面進行，利用一根細繩來測量，當 A、B、C、D 在同一直線上時，即已調準，如（圖：5.2a）示。如果兩皮帶輪寬度不同，應先找出皮帶輪的中心線，並畫出記號，如（圖：5.2b）中 1、2 和 3、4 兩條線，然後拉一根線繩，對準 1、2 這條線，並將線拉直。如果兩軸平行，則線繩必然同 3、4 那根線重合。



(圖：5.2a)

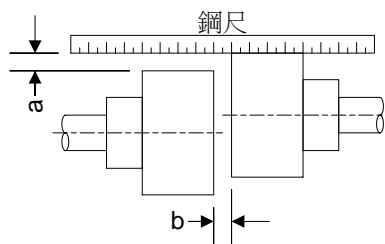


(圖：5.2b)

2. 聯軸器的校正

聯軸器也稱靠背輪。當電動機與被驅動的機械採用聯軸器連接時，必須使兩軸的中心線保持在一條直線上，否則，電動機轉動時將產生很大的振動，嚴重時會損壞聯軸器，甚至扭彎，扭斷電動機軸或被驅動機械的軸。另外，大型的電動機轉子的重量和被驅動機械轉動部分重量的作用，使軸在垂直平面內有一撓度，使軸發生彎曲，假如兩相連機器的轉軸安裝絕對水準，那麼聯軸器的兩接觸平面將不會平行，在這種情況下用螺栓將聯軸器連接起來，使聯軸器兩接觸面互相接觸，電動機和機器的兩軸承就會受到很大的應力，使之在轉動時產生震動。

為了避免這種現象，必須將兩端軸承裝得比中間軸承高一些，使聯軸器的兩平面平行。校正時首先取下螺栓，用鋼板尺測量徑向間隙 a 和軸向間隙 b ，如（圖：5.3）所示，測量後把聯軸器旋轉 180° 再測。如果聯軸器平面是平行的，並且軸心也是對準的。那麼在各個位置所測的 a 值和 b 值都是一樣的，否則，要繼續校正，直到符合要求為止。測量時必須仔細，多次重複進行。但是有的聯軸器表面的加工情況不好，也會出現 a 值和 b 值在各個位置上不等，這就需要細心地分析，找出其規律，才能鑒別是否已經校正。



（圖：5.3）

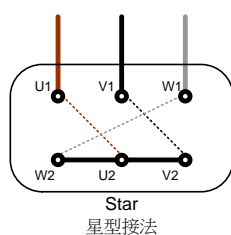
3. 齒輪傳動校正

齒輪傳動必須使電動機的軸與被驅動機器的軸保持平行。大小齒輪嚙合適當。如果兩齒輪的齒間間隙均勻，則表明兩軸達到了平行，間隙大小可用厚度尺進行檢查。也可通過運行，聽齒輪轉動的聲音來判別嚙合情況。

電動機的接線

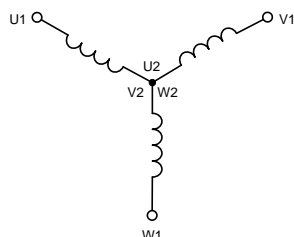
電動機接線在電動機安裝中是一項非常重要的工作，如果接線不正確，不僅電動機不能正常運行，還可能造成事故。接線前應查對電動機銘牌上的說明或電動機接線板上接線端子的數量與符號，然後根據接線圖接線。

三相感應電動機共有三個繞組，計有六個端子，各相的始端用 U_1 、 V_1 、 W_1 ，表示，終端用 U_2 、 V_2 、 W_2 表示。標號 $U_1 \sim U_2$ 為第一相， $V_1 \sim V_2$ 為第二相， $W_1 \sim W_2$ 為第三相。如果三相繞組接成星形， U_2 、 V_2 、 W_2 用連杆「橫」向連在一起， U_1 、 V_1 、 W_1 接電源線，如（圖：5.4）所示；如果接成三角形， U_1 和 W_2 ， V_1 和 U_2 ， W_1 和 V_2 相連，即將三條連杆分別「直」向連在一起，如（圖：5.5）所示。



星型接法

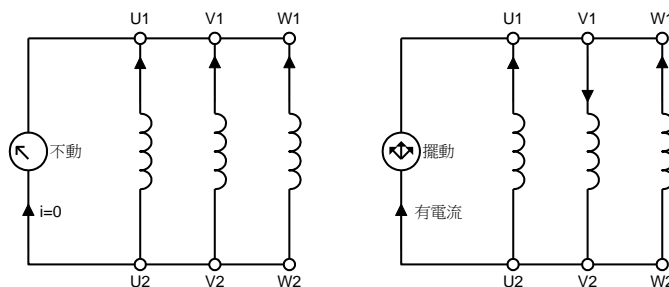
(圖：5.4)



角型接法

(圖：5.5)

當電動機沒有銘牌，或端子標號不清楚時，應先用儀錶或其他方法對繞組的首尾進行確認，然後再進行接線。確認的方法可採用萬用表法。首先將萬用表的至歐姆檔上，利用萬用表分出每相繞組的兩個出線端，然後將萬用表的轉到直流毫安培檔上，並將三相繞組接成如（圖：5.6）所示的線路並暫時假設其首尾線。接著，用手轉動電動機的轉子，如果萬用表指標不動，則說明三相繞組的首尾假設是正確的，如果萬用表指標動了，說明有一相繞組的首尾反了，應一相一相分別對調後重新試驗，直到萬用表指針不動為止。該方法是利用轉子鐵芯中的剩磁在定子三相繞組內感應出電動勢的原理進行的。



(圖：5.6)

控制、保護和起動設備安裝

電機的控制和保護設備安裝前應檢查是否與電機容量相符。控制和保護設備的安裝應按設計要求進行，一般應裝在電機附近。電動機、控制設備和所拖動的設備應對應有關編號。

直流電動機、同步電機與調節電阻回路及勵磁回路的連接，其調節電阻器應接觸良好，調節均勻。電動機應裝設過流和短路保護裝置，並應根據設備需要裝設斷相和低電壓保護裝置。電動機保護元件的選擇：

- 採用熱元件時，熱元件一般按電動機額定電流的 1.1~1.25 倍來選擇。
- 採用熔絲時，熔絲一般按電動機額定電流的 1.25~1.5 倍來選擇。

試運行前的檢查

電動機安裝完畢，在試運行前應做如下檢查：

- 土木工程全部結束，現場清掃整理完畢；
- 電機本體安裝檢查結束；

- 冷卻、調速、潤滑等附屬系統安裝完畢，驗收合格，分部試運行情況良好；
- 電機的保護、控制、測量、信號、勵磁等回路調試完畢動作正常；
- 檢查電動機繞組和控制線路的絕緣電阻是否符合要求，一般低壓電機絕緣電阻不低於 $0.5M\Omega$ ；
- 電刷與換向器或滑環的接觸必須良好；
- 盤動電動機轉子應轉動靈活，無碰卡現象；
- 電機引出線應相位正確，固定牢固，接線正確，連接緊密；
- 電機外殼油漆完整，保護接地良好；
- 檢查傳動裝置是否連接良好；
- 有固定轉向要求的電機，試車前必須檢查電機與電源的相序並應一致；
- 照明、通訊、消防裝置應齊全。

試運行及驗收

電動機試運行一般應在空載的情況下進行，空載運行時間為 2 小時，並做好電動機空載電流電壓記錄。電機試運行接通電源後，如發現電動機不能起動和起動時轉速很低或聲音不正常等現象，應立即切斷電源檢查原因。由於電動機安裝的位置不同，可能影響轉動方向與實際需要不同，有需要時應將電動機的電線相位改變，從而符合轉向。起動多台電動機時，應按容量從大到小逐台起動，盡量避免同時起動。電機試運行中應進行下列檢查：

- 電機的旋轉方向符合要求，聲音正常；
- 換向器、滑環及電刷的工作情況正常；
- 檢查電機各部溫度，不應超過產品技術條件的規定；
- 滑動軸承溫升不應超過 80°C ，滾動軸承溫升不應超過 95°C ；
- 電動機的振動應符合規範要求；
- 交流電動機帶負荷起動次數應儘量減少，如產品無規定時按在冷態時可連續起動 2 次，每次間隔時間不得小於 5 分鐘；在熱態時，可起動 1 次。當在處理事故以及電動機起動時間不超過 2~3 秒時，可再啟動一次。

電機驗收時，應提交下列資料及有關電腦檔案：

- 設計變更的證明檔和竣工圖資料；
- 製造廠提供的產品說明書、檢查及試驗記錄、合格證件及安裝使用圖紙等技術檔；
- 安裝驗收技術記錄、簽證和電機轉子檢查及乾燥記錄；
- 調整試驗記錄及報告。

電動機有下列情況之一時，應做抽芯檢查：

- 出廠日期超過製造廠保護期限；
- 經外觀檢查或電氣試驗，品質有可疑時；
- 開啟式電動機，經端部檢查有可疑時；
- 試運轉時有異常情況。

抽芯檢查時，應符合下列要求：

- 電動機內部清潔無雜物；

- 電機的鐵心、軸頸、滑環和換向器等應清潔，無傷痕、銹蝕現象，通風孔無阻塞；
- 線圈絕緣層完好，綁線無鬆動現象；
- 轉子的平衡塊應緊固，平衡螺絲應鎖牢，風扇方向正確，葉片無裂紋。磁極及鐵軛固定良好，勵磁線圈緊貼磁極，不應鬆動；鼠籠式電機轉子導電條和端環的焊接應良好，澆鑄的導電條和端環應無裂紋；
- 電機繞組連接正確、焊接牢固；
- 直流電機的磁極中心線與幾何中心線應一致；
- 電機的滾珠軸承工作面應光滑、無裂紋、無銹蝕，滾動體與內外圈接觸良好，無鬆動；
- 加入軸承內的潤滑脂應填滿內部空隙的 2/3。電動機經過運輸和保管，容易受潮，安裝前應檢查絕緣情況，根據規範要求，對於新安裝的額定電壓為 1000V 以下的電動機，其線圈絕緣電阻在常溫下應不低於 $0.5\text{M}\Omega$ 。額定電壓為 1000V 及以上的電動機，在接近運行溫度時定子線圈絕緣電阻應不低於每千伏 $1\text{M}\Omega$ ，且其吸收比一般不應低於 $1.2\text{M}\Omega$ 。當電動機的絕緣電阻低於上述數值時一般應進行乾燥。但經過耐壓試驗合格的額定電壓 1000V 以上的電動機，當絕緣電阻值在常溫下不低於每千伏 $1\text{M}\Omega$ 時可以不經乾燥處理，即可投入運行，在高要求地盤首次運行時，會進行振動測試 (Vibration Test)，特別是在大形電動機上，進行振動測試時是可以得知電動機的運行及損耗狀況，一般測試時是會測試水平及垂直兩點，另外也會用鉗錶測試並記錄其運行電流值，隨後亦會在每年測試時比對測試結果，以決定維修工作的規模，如（圖：5.7）示。





(圖：5.7)

電動機乾燥時，周圍環境應清潔，機內的灰塵、不潔物應用乾燥的壓縮空氣吹淨（氣壓不大於 200kPa）。電動機外殼應接地。為了避免乾燥時的熱損失，可採取保溫措施，如用帆布遮蓋。但應有必要的通風口，以便排除電動機絕緣中的潮氣。電動機乾燥時，其鐵芯或繞組的溫度應逐漸緩慢上升，一般每小時允許溫升為 5~8 度。溫度計可用酒精溫度計、電阻溫度計或溫度熱電偶，不准使用水銀溫度計測量電動機溫度，以防打破後水銀流入電動機繞組，破壞絕緣。在乾燥過程中，應定期測量絕緣電阻值，並應作好記錄，所使用的兆歐表不應更換。一般乾燥開始時，每隔半小時測一次絕緣電阻值，當溫升穩定後，可每隔一小時測一次。乾燥過程中繞組絕緣電阻的變化，一般是開始時溫度上升，潮氣蒸發，絕緣電阻值有所下降，隨著蒸汽的逐步蒸發，絕緣電阻值又逐步上升，直至一個穩定值。當吸收比及絕緣電阻符合要求，並在同一溫度下經過 5 小時穩定不變時，方可認為乾燥完畢。

電動機的乾燥方法較多，有外部加熱法、銅損乾燥法、短路電流法、鐵損法等。各種乾燥方法，應根據當時的具體條件及可能性，根據物件及絕緣材料受潮的程度而定。有時，當採用某一種方法不能獲得預期效果時，也可聯合採用兩種乾燥方法同時進行，以加快乾燥速度。電動機乾燥處理常用的方法有外部乾燥法、電流乾燥法和兩者同時進行的聯合乾燥法。

外部乾燥法

外部乾燥即利用外部熱源進行乾燥處理，常用措施如下：

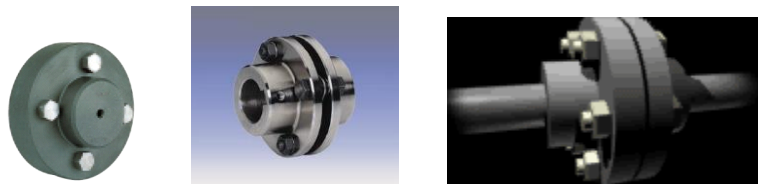
- 吹送熱風：利用加裝電熱器的鼓風機進行吹送熱風以達到乾燥處理的目的；
- 燈泡烘烤：在密閉箱內，利用數個 200W 左右的燈泡進行烘烤，既可在電動機周圍進行烘烤，也可把電動機拆開，將燈泡放在定子孔內進行烘烤。烘烤熱源也可採用紅外線燈泡或紅外線熱電管。惟烘烤溫度不要過熱，特別是對電動機定子孔內的烘烤，溫度過高容易引起繞組的損傷。有條件的場合可結合恆溫控制技術進行烘烤。烘烤溫度控制在不超過 125℃ 為宜。

電流乾燥法

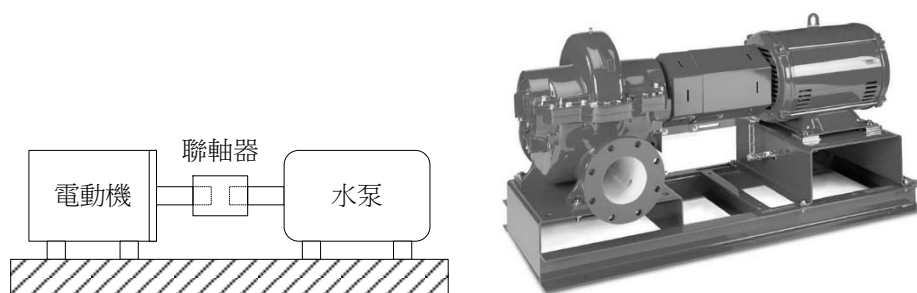
電流乾燥也稱內部乾燥法或短路乾燥法。可根據電動機的阻抗和電阻的大小將電動機三相繞組串聯或並聯，然後接入一可變電阻器，調整電流至額定電流值的 60% 左右，通電進行乾燥。需要注意的是，被水浸泡的電動機不能採用電流乾燥法，應採用外部乾燥法，或先採用外部乾燥法至安全範圍後，再結合採用電流乾燥法。電動機在乾燥期間，應特別注意安全，操作人員不得離開工作崗位，必須隨時監視溫度及絕緣情況的變化，以免損壞繞組和發生火災。並應有防火措施及滅火工具，如滅火器、砂子等。乾燥過程中不得在附近進行電焊和氣焊。

5.2 聯軸器(Shaft Coupling)

電動機的機械動力可經由聯軸器（圖：5.8a）傳至水泵等負荷，如（圖：5.8b）示，但兩者軸心須成一直線，方可正常運作。若軸心有偏差，電動機及水泵異常的震動和軸承壽命縮短。



（圖：5.8a）



（圖：5.8b）

電動機聯軸器軸心偏移與調準

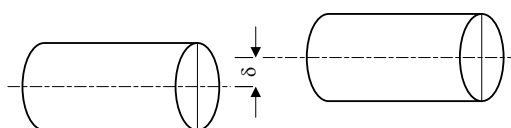
由於裝配時連接件的公差不同，或由於溫度的變化造成軸向長度的改變，產生了軸向偏差，必需作調校，聯軸器的平衡校正是經驗累知。聯軸器安裝不正確或聯軸器選用不當可能會出現異常噪音、振動或導致聯軸器損壞，所以在機械組裝上須注意精度平衡校正的動作，以提高機械之壽命。

一般聯軸器軸心偏移可以利用針盤量規（dial gauge）或測隙規（feeler gage）來量測。不過在量測時要考慮支架的凹陷及視差的影響。精確軸心偏移的校正可以使用雷射軸心校正儀，精準度很高。

偏差的種類

● 徑向偏差(Parallel Offset Misalignment) (偏心)

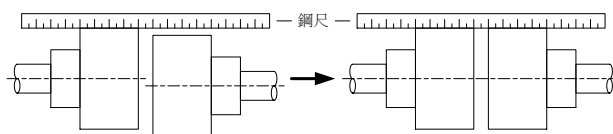
由於安裝對中的不同偏差或動力源安裝在不同平面，兩軸平行但中心線不在同一直線上，這時產生的偏差稱為徑向偏差，如（圖：5.9）示。這種偏差將會在連接部件上產生很大的應力。



（圖：5.9）

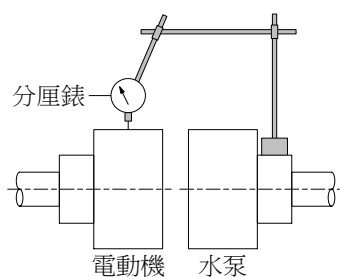
➤ 調準

用鋼尺放在聯軸器的上及下端檢測其高低差距，然後以墊片將電動機高度校正，如（圖：5.10）示。



（圖：5.10）

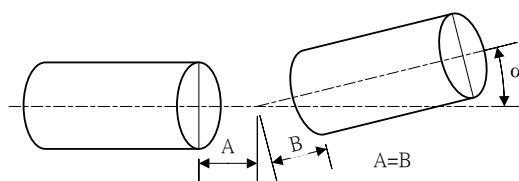
將分厘錶裝在電動機聯軸器上，而錶針則置於水泵聯軸器的輪緣上。將兩端聯軸器同步轉動一週，記錄分厘錶於上、下、左及右四個位置的讀數，然後以墊片調節電動機垂直位置令各讀數間的偏差維持在 0.05mm 範圍內，如（圖：5.11）示。



（圖：5.11）

● 對稱角向偏差(Symmetrical Angular Misalignment) (偏角中心一致)

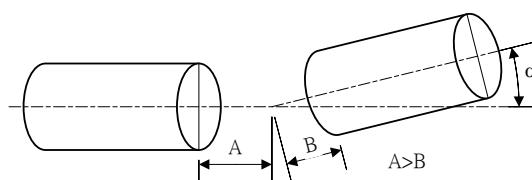
兩軸中心線互成一個角，所產生的偏差稱為對稱角向偏差，這時的偏角中心一致($A=B$)，如（圖：5.12）示。



（圖：5.12）

● 非對稱角向偏差(Non-Symmetrical Angular Misalignment) (偏角中心不一致)

兩軸中心線互成一個角，所產生的偏差稱為對稱角向偏差，這時的偏角中心不一致($A>B$)，如（圖：5.13）示。

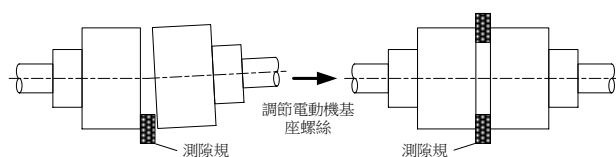


（圖：5.13）

➤ 調準

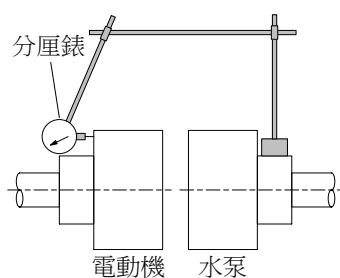
用測隙規置於聯軸器的左及右方檢測其角度差距，然後調節電動機基座螺絲將角度校

正，如（圖：5.14）示。



（圖：5.14）

將分厘錶置於電動機聯軸器的輪面上，而錶針則置於水泵聯軸器的輪緣上。將兩端聯軸器同步轉動一週，記錄分厘錶於上、下、左及右四個位置的讀數，然後調節電動機底座螺絲之水平位置令各讀數的偏差維持在 0.05mm 範圍內，如（圖：5.15）示。



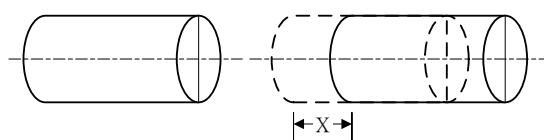
（圖：5.15）

- 軸向偏差(End-Play)(軸端部位差)

由於裝配時連接件的公差不同，或者由於溫度的變化造成軸向長度的改變，產生了往復微動的偏差稱為軸向偏差，如（圖：5.16）示。軸承通常不能承受過大的軸向力，因此聯軸器需要補償軸向偏差，以減小軸向力。

- 調準

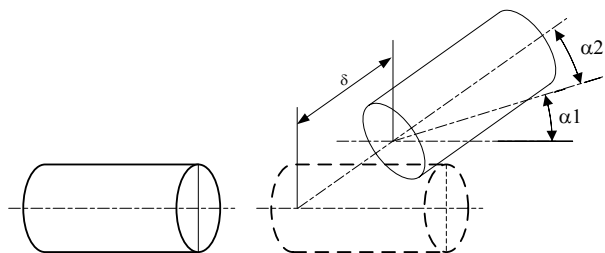
較為容易處理，只需前後移動。



（圖：5.16）

- 複合偏差(Combined Misalignment)

徑向、角向及軸向產生的偏差組合稱為複合偏差，如（圖：5.17）示。



（圖：5.17）

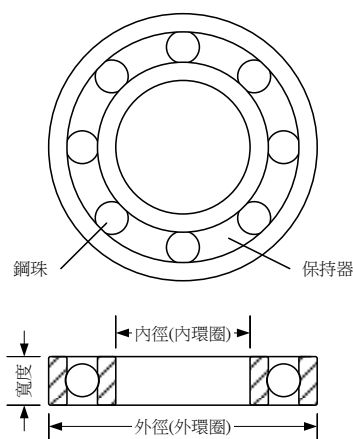
5.3 軸承 (Bearing)

軸承俗稱「啤吟」，為機械中的固定機件。當其他機件在軸上彼此產生相對運動時，用來保持軸的中心位置及控制該運動的機件，就稱之為軸承。按照相對運動的接觸形式分為：滾珠軸承、滑動軸承、撓性軸承、空氣軸承、磁懸浮軸承、圓錐滾柱軸承、寶石軸承、滾針軸承、含油軸承等。軸承中的軸頸或軸環，如利用滾珠或滾子的滾動接觸來支撐負荷而轉動，統稱為滾動軸承。由於滾動摩擦係數較低，所以也是用途最廣泛的一類軸承。

滾動軸承 (Ball Bearing) 俗稱走珠啤吟，通常由四個部份組合而成，如 (圖：5.18) 示：

1. 外環圈 (Outer race)：為軸承之外徑構成部份；
2. 內環圈 (Inner Race)：為軸承之內徑構成部份；
3. 鋼珠 (Ball)：為軸承滾動接觸迴轉之媒介物，亦即固定元件與迴轉元件之中介物；
4. 保持器 (Retainer)：亦稱珠籠或隔離器，其作用使滾珠隔離，不至互相抵觸傳動，以減少摩擦及噪音。

軸承廠商都有其詳細的規格目錄及編號方式，並且依其內徑（孔徑），外徑及密度都仍成標準之尺寸，更換時只需根據刻於軸承上的編號購買便可。



(圖：5.18)

滾軸軸承 (Roller Bearing) 基本結構與滾動軸承相同，只是轉動部份由鋼珠轉換為圓形鋼柱，特點是滾軸軸承的承托力較滾動軸承為高，是在重形電動機垂直安裝時重要的考慮因素；滾軸軸承在提高承托力的同時，卻會令順滑性下降，而且價格亦較滾動軸承為高，因此在一般情況下不會使用，如 (圖：5.19) 示。



(圖：5.19)

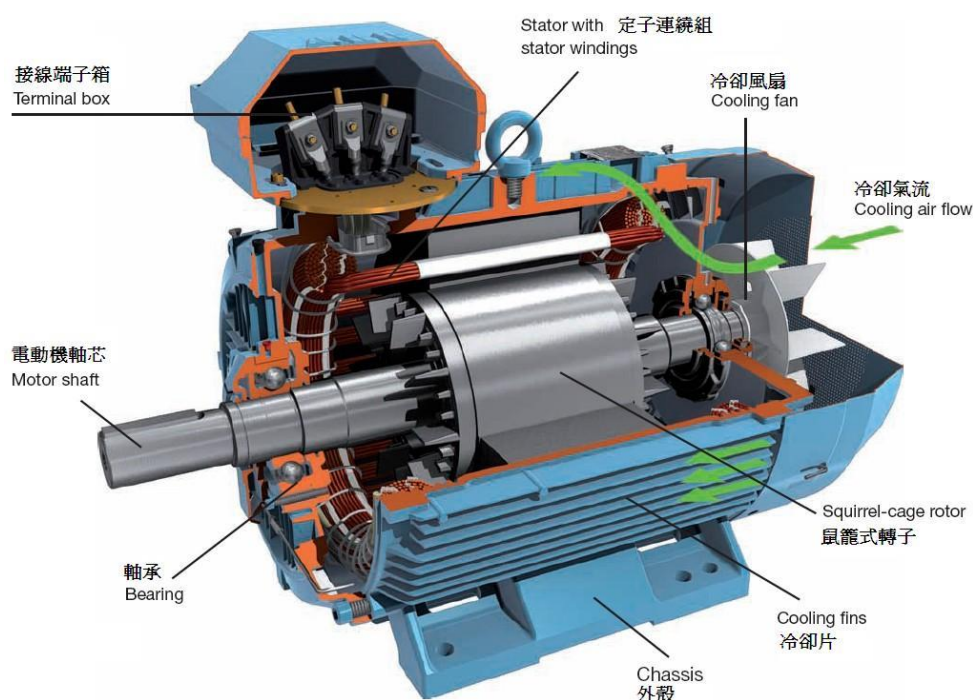
軸承檢查

軸承可根據下列的方法以決定是否需要更換：

- 外觀檢查：就是目測，根據軸承的不同，查找國標等相當依據，確認軸承外觀狀態。
- 探傷：可運用聲波、電磁等手段進行內部檢測。
- 振動：運用振動檢測技術，對軸承幾何尺寸從細微處進行檢測。
- 經驗：用聽覺及溫度來判斷。用聽棒（銅棒）或螺絲批接觸軸承盒，若聽到衝擊聲，就表示可能有一隻或幾隻滾珠紮碎，如果聽到有嗡嗡聲，那就是表示軸承的潤滑油不足，因為電動機要每運行 3000-5000 小時左右需換一次潤滑脂。在添潤滑脂時不宜太多，如果太多會使軸承旋轉部分和潤滑脂之間產生很大的磨擦而發熱，一般軸承盒內所放潤滑脂約為全容積二分之一到三分之二即可。在軸承安裝時如果不正確，配合公差太緊或太鬆，也都會引起軸承發熱。

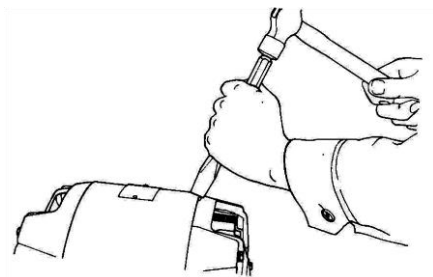
軸承的拆卸及安裝

電動機定期檢查或更換零件時，需要拆卸軸承，因此拆卸軸承時，不要損傷軸承、軸、軸承箱及其他零件，電動機的結構如（圖：5.20）示。還要準備適當的拆卸工具，完成安裝後需先作電氣性測試才可運行。新出廠的軸承經過防銹處理並加以包裝，因此安裝前不要打開包裝。軸承上的防銹油具有良好的潤滑性能，對軸承或充填潤滑脂的軸承，不必清洗使用。

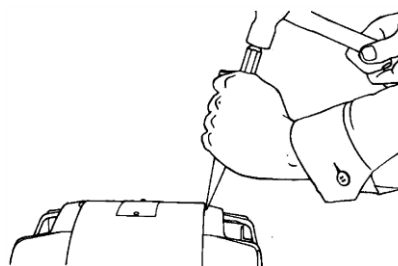


（圖：5.20）

- 先在定子和頭、尾蓋的接合位置用鋸片或鑿子刻出對位記號，例如：前蓋用一條，後蓋用二條，如（圖：5.21）所示，記號有助於重裝時對位；
- 在定子與尾蓋的接合位以膠鎚輕輕鑿至尾蓋分離，如（圖：5.22）所示；

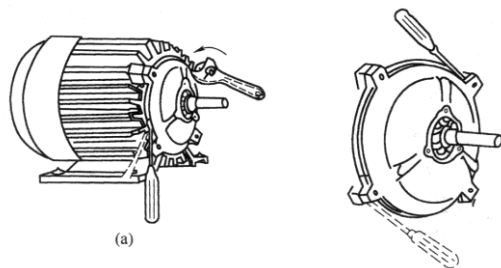


(圖：5.21)

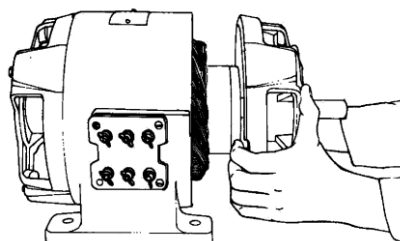


(圖：5.22)

- 拆除蓋螺絲，如（圖：5.23）所示；
- 小心把尾蓋連轉子取出，如（圖：5.24）所示；

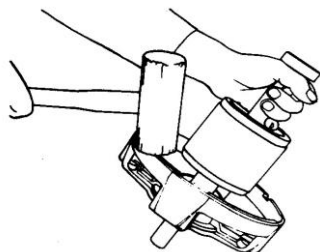


(圖：5.23)



(圖：5.24)

- 用膠鎚沿尾蓋四週輕敲至與轉子分離，如（圖：5.25）所示；
- 軸承拉具（啤令積 Puller）外貌如（圖：5.26）所示；

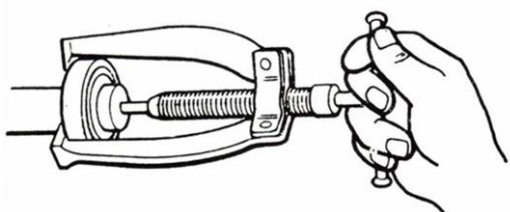


(圖：5.25)



(圖：5.26)

- 扣上軸承，將拉具手柄以順時針方向扭動，直至軸承從軸心完全退出，如（圖：5.27）所示；
- 準備好同一型號之新軸承，如（圖：5.28）所示；



(圖：5.27)

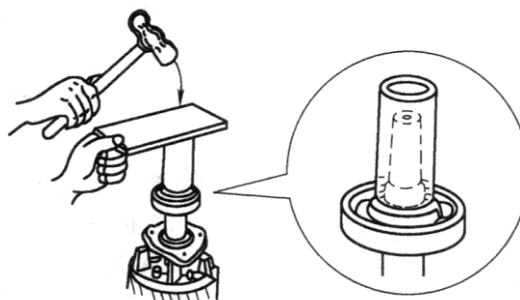


(圖：5.28)

- 預備軸承套管，外觀如（圖：5.29）所示；
- 使用膠錘輕敲套管，令新軸承嵌回軸心上，如（圖：5.30）所示；

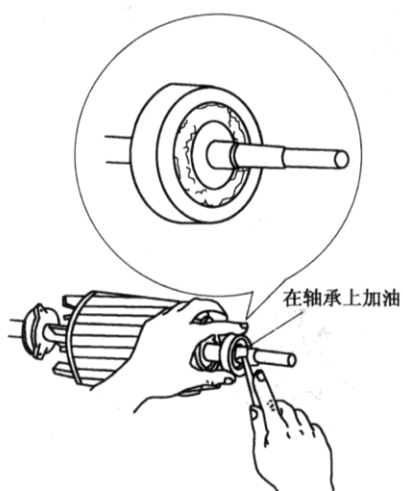


（圖：5.29）

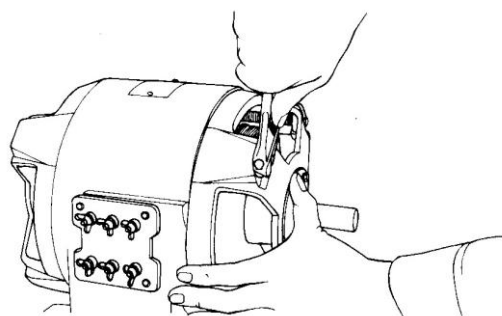


（圖：5.30）

- 有需要時要添加油脂在軸承上，如（圖：5.31）示；
- 裝回全部部件，固定蓋子時要檢查轉子是否暢順，如（圖：5.32）示；

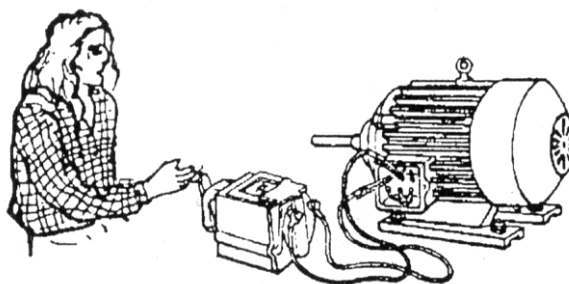


（圖：5.31）



（圖：5.32）

- 需作電氣性測試並進行通電測試，如（圖：5.33）示，必須留意是否有雜聲。



（圖：5.33）

6

選擇題

1 電工常用的工具及配件

1. 手提電器如果不是雙重絕緣設計，應有下列甚麼裝置以防觸電意外發生？
A) 外殼接地 B) 負荷保護 C) 防爆保護 D) 三腳插頭
2. 手工具中的手鋸之鋸片於安裝時，鋸齒尖端應斜向_____。
A) 右方 B) 前方 C) 左方 D) 後方
3. 將較大直徑的電纜線之外層絕緣皮剝掉，使用下列哪個手工具較為適合？
A) 尖咀鉗 B) 電工鉗 C) 斜口鉗 D) 電工刀
4. 在對金屬工件進行加工時，下列何者不得加潤滑油？
A) 鉸牙 B) 銼削 C) 鋸削 D) 鑽孔
5. 使用手提電鑽工作時，下列何項為錯誤？
A) 注意垂直度 B) 注意鑽削狀況
C) 夾緊鑽頭 D) 一手抓工作，一手握電鑽
6. 手提電鑽的規格是以下列何者為標準？
A) 重量 B) 轉數
C) 電流 D) 以其鑽頭能夾持鑽咀之大小
7. 選用手弓鋸條最重要考慮的規格因素是什麼？
A) 鋸條厚度 B) 固定孔尺寸
C) 鋸條長度 D) 鋸條齒數與鋸齒質量
8. 作為緊固用螺絲之螺紋，若齒距越小，則其固定效果如何？
A) 越鬆 B) 與鬆緊度無關
C) 越緊 D) 越容易滑牙
9. 用作測量間隙距離之工具應選擇什麼？
A) 直尺 B) 測微器
C) 卷尺 D) 厚薄規(菲拿尺)
10. 手動工具刻有「回」形標記刻於外殼，這表示該手動工具_____。
A) 為直流操作 B) 須室內操作
C) 為雙重絕緣 D) 須室外操作
11. 電動手工具在甚麼情況下，可無需加裝水線？
A) 導線為仔支仔膠 B) 插頭只得兩腳
C) 雙重絕緣 D) 插座只得兩腳

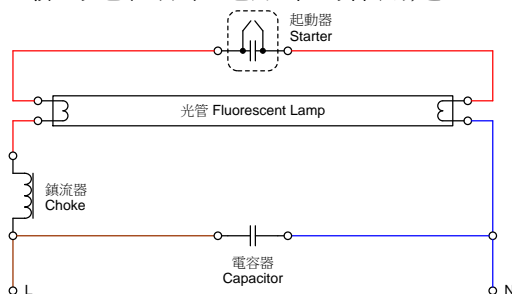
12. 下列哪一項是雙重絕緣電動手工具的構造模式？
- A) 指工具外殼以絕緣材料所製造
 - B) 指工具內部充電部份有絕緣保護
 - C) 指工具之電源線是有兩層之絕緣膠
 - D) 指工具除內部的帶電部份已有適當絕緣外，其外殼亦以絕緣材料所製造

2 常用單相及三相基本電路

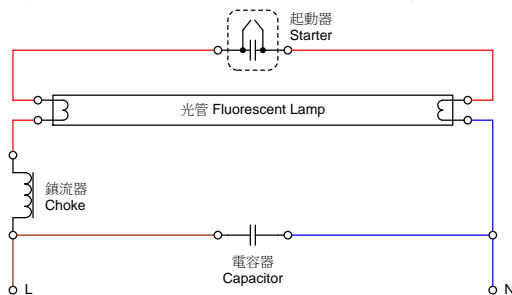
13. 根據工作守則規定，大於_____kW 的電動機須加設過載保護裝置。
- A) 0.18
 - B) 0.37
 - C) 0.55
 - D) 0.75
14. 單一組的 13A 環形插座電路可供最大之供電面積是_____m²。
- A) 20
 - B) 50
 - C) 75
 - D) 100
15. 單一組的 13A 幅射插座電路，若導體採用 2.5mm²，可供最大之供電面積是_____m²。
- A) 20
 - B) 50
 - C) 75
 - D) 100
16. 單一組的 13A 幅射插座電路，若導體採用 4.0mm²，可供最大之供電面積是_____m²。
- A) 20
 - B) 50
 - C) 75
 - D) 100
17. 單一組的 13A 環形插座電路，導體應採用_____mm²。
- A) 1.5
 - B) 2.5
 - C) 4.0
 - D) 6.0
18. 單一組的 13A 幅射插座電路，若供電面積少於 20m²時，導體可採用_____mm²。
- A) 1.5
 - B) 2.5
 - C) 4.0
 - D) 6.0
19. 單一組的 13A 幅射插座電路，若供電面積為 45m²時，導體應採用_____mm²。
- A) 1.5
 - B) 2.5
 - C) 4.0
 - D) 6.0
20. 螢光管(光管)亮著時產生不同的顏色，主要受不同的_____影響。
- A) 螢光粉
 - B) 燈絲
 - C) 限流器
 - D) 電容器
21. 光管內的鎮流器，當光管亮著後的作用是_____。
- A) 穩定電壓
 - B) 穩定電流
 - C) 限制電壓
 - D) 限制電流
22. 在改善功率因數時，你會購買哪一款電容器安裝於 20W 光管支架內？
- A) 2.75μF
 - B) 4.75μF
 - C) 7.5μF
 - D) 10μF
23. 在改善功率因數時，你會購買哪一款電容器安裝於 40W 光管支架內？
- A) 2.75μF
 - B) 4.75μF
 - C) 7.5μF
 - D) 10μF
24. 在改善功率因數時，你會購買哪一款電容器安裝於 65W 光管支架內？
- A) 2.75μF
 - B) 4.75μF
 - C) 7.5μF
 - D) 10μF

25. 香港現時採用的單相或三相線路的中性線是何種顏色？
A) 灰 B) 黑 C) 藍 D) 黃綠色
26. 香港常用的插座中，_____安培電插頭是方腳的。
A) 5 B) 13 C) 15 D) 16
27. 香港常用的插頭中，三腳電線插頭內之藍色電線是代表_____。
A) 回路線 B) 火線 C) 水線 D) 中性線
28. 香港常用的插頭中，三腳電線插頭內之咖啡色電線是代表_____。
A) 回路線 B) 火線 C) 水線 D) 中性線
29. 香港常用的插頭中，三腳電線插頭內之黃/綠色電線是代表_____。
A) 回路線 B) 火線 C) 水線 D) 中性線
30. 斷路器（MCB）是利用_____原理截斷電源？
A) 槓桿 B) 電磁 C) 幾何 D) 數學
31. 在電力條例的規定，插座電路中必須裝設有_____作漏電保護。
A) MCB B) RCB C) MICC D) BICC
32. 電力安全裝置中，漏電斷路器的使用是防止下列哪一種危險事故的發生？
A) 電荷超負 B) 火警 C) 觸電 D) 短路
33. 一般家庭的門鈴電路都會採用_____供電。
A) 低壓 B) 高壓 C) 特低壓 D) 特高壓
34. 根據電力條例，二個 15A 插座的保護，應該由_____。
A) 一條 15A 保險絲保護 B) 二條 15A 保險絲獨立保護
C) 一條 30A 保險絲保護 D) 二條 30A 保險絲獨立保護
35. 電力裝置中保險絲或電掣應與下列那一條導線串聯？
A) 火線 B) 中性線
C) 水線 D) 火線或中性線也可以
36. 你尚未取得電工牌，倘若某電路的保險絲連續燒斷時，你應如何處理？
A) 更換一條較大電流的保險絲 B) 更換一條同樣大小的保險絲
C) 召喚一名有牌的電氣匠檢查電路 D) 盡自己的能力去修理電氣系統
37. 光管支架套裝內其中一個配件啟輝器內之電容器的作用是_____。
A) 穩定電壓 B) 穩定電流
C) 改良功率因數 D) 減少干擾電波

38. 光管線路之電源並聯電容器的主要作用是_____。
- A) 穩定電壓 B) 穩定電流
- C) 改良功率因數 D) 減少干擾電波
39. 三相線路的三條相線 L1、L2 及 L3 分別是用何種顏色代表？
- A) 棕、黑、灰 B) 黑、灰、藍
- C) 棕、紅、黑 D) 棕、灰、藍
40. 香港已將電纜顏色由現時的三相導體"紅-黃-藍"及中性導體"黑"色改變為甚麼顏色，而保護導體顏色"黃綠"則維持不變？
- A) "黑-灰-藍" 及 "棕"
- B) "棕-黑-藍" 及 "灰"
- C) "棕-黑-灰" 及 "藍"
- D) "棕-藍-灰" 及 "黑"
41. 下電路圖中與電源兩端並聯的電容器在電路中的作用是_____。

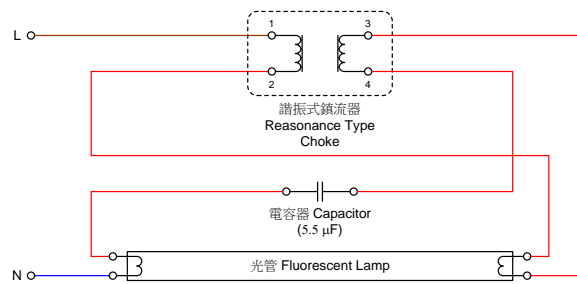


- A) 穩定電壓
B) 與線圈產生諧振
C) 改良功率因數
D) 減少干擾電波
42. 下電路圖中，設於起動器內的電容器在電路中的作用是_____。



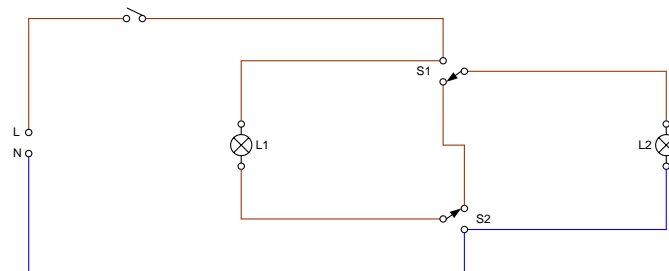
- A) 穩定電壓
B) 與線圈產生諧振
C) 改良功率因數
D) 減少干擾電波

43. 下電路圖中，電容器在電路中的主要作用是_____。



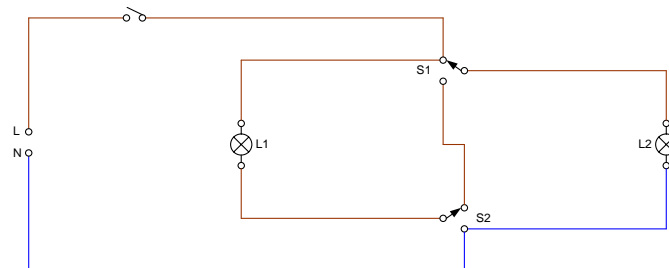
- A) 穩定電壓
B) 與線圈產生諧振
C) 改良功率因數
D) 減少干擾電波

44. 下電路圖中，燈泡為鎢絲燈泡，當主開關接通後，電路的結果是_____。



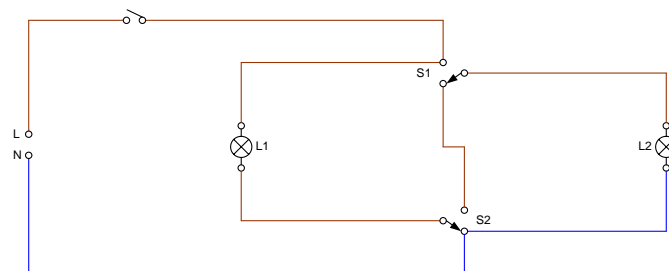
- A) 只 L1 亮
B) L1 串聯 L2
C) 只 L2 亮
D) L1 並聯 L2

45. 下電路圖中，燈泡為鎢絲燈泡，當主開關接通後，電路的結果是_____。



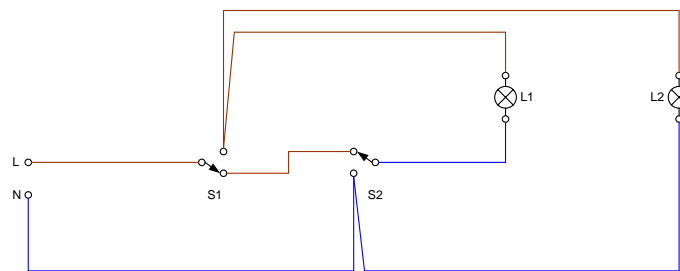
- A) 只 L1 亮
B) L1 串聯 L2
C) 只 L2 亮
D) L1 並聯 L2

46. 下電路圖中，燈泡為鎢絲燈泡，當主開關接通後，電路的結果是_____。



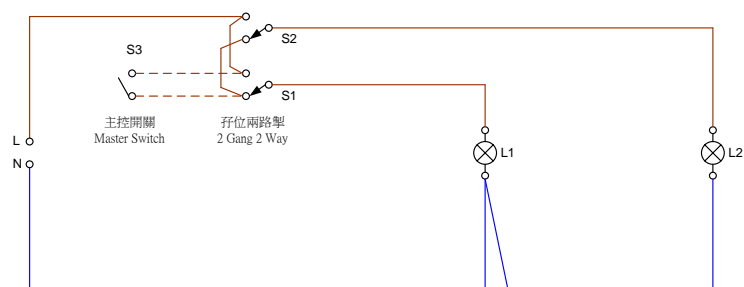
- A) 只 L1 亮
B) L1 串聯 L2
C) 只 L2 亮
D) L1 並聯 L2

51. 下電路圖中，燈泡為鎢絲燈泡，當電源接通後，電路的結果是_____。



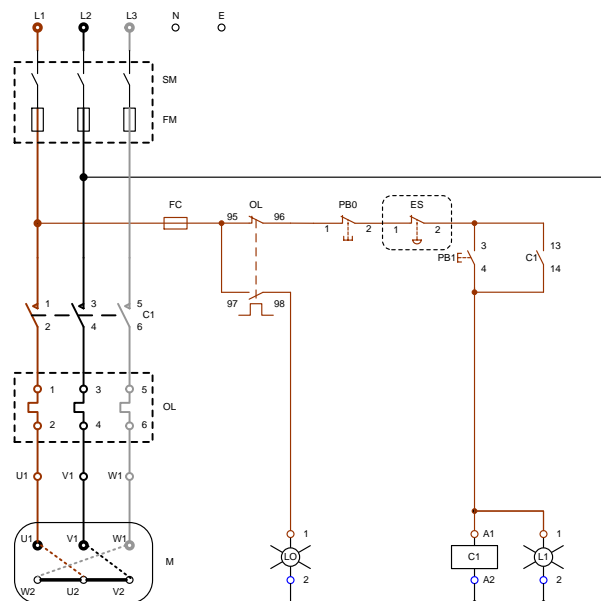
- A) L1 及 L2 都不亮
B) L1 串聯 L2
C) 只 L2 亮
D) L1 並聯 L2

52. 下電路圖中，燈泡為鎢絲燈泡，當主控開關接通後，電路的結果是_____。



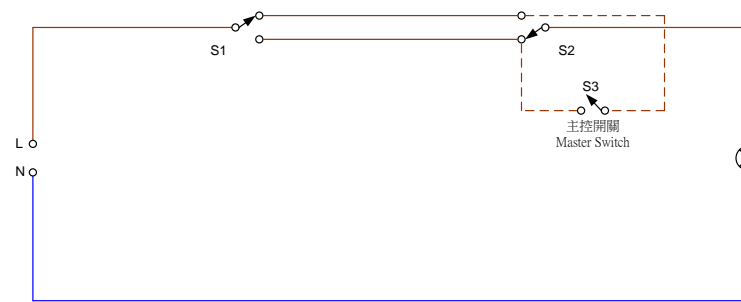
- A) L1 並聯 L2，S1 失效
B) L1 串聯 L2，S1 及 S2 都失效
C) L1 並聯 L2，S2 失效
D) L1 並聯 L2，S1 及 S2 都失效

53. 下電路圖中，自保持（self hold）接點是_____。



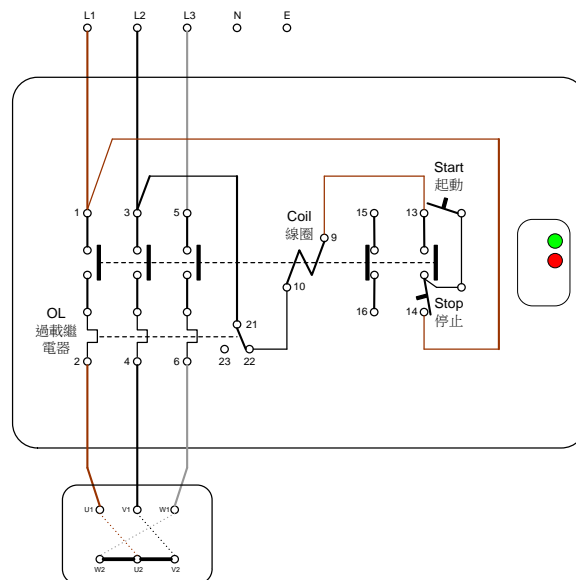
- A) C1-13, 14
B) PB0-1, 2
C) OL-95, 96
D) PB1-3, 4

54. 下電路圖中，當主控開關接通後，電路的結果是_____。



- A) 燈泡亮著，S1 失效
B) 燈泡亮著，S1 及 S2 失效
C) 燈泡亮著，S2 失效
D) 燈泡不亮，S1 及 S2 失效

55. 下電路圖為電動機起動器，若需要附加一個緊急停掣（ES），哪一項方法是正確？



- i) 拆離 9 與 13 間導線，再將緊急停掣（ES）串聯
ii) 拆離 1 與 14 間導線，再將緊急停掣（ES）串聯
iii) 拆離 3 與 21 間導線，再將緊急停掣（ES）串聯
iv) 拆離 9 與 10 間導線，再將緊急停掣（ES）串聯
A) i, ii
B) i, ii, iii
C) ii, iii, iv
D) i, iii, iv

3 電力裝置佈線管理

56. 計算金屬喉的導管因數時，多少個曲位相當於一個彎位？

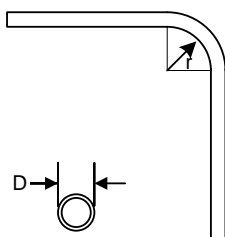
- A) 一對
B) 兩對
C) 三對
D) 四對

57. 在臨時房屋內，最適當的佈線方法是使用_____。

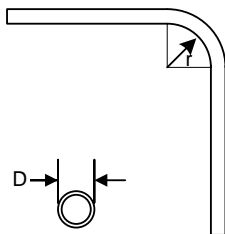
- A) 吊槽
B) 明線
C) 明喉
D) 地台明槽

58. 金屬明喉佈線系統適合在_____使用。
A) 住宅 B) 工廠 C) 寫字樓 D) 酒樓
59. PVC 絕緣無護套電線常應用於_____裝置方法。
A) 明線 B) 暗線 C) 線架 D) 線梯
60. PVC 絕緣有護套的扁電線常應用於_____電力安裝。
A) 明線 B) 線坑 C) 明喉 D) 明槽
61. 香港常用的電線主要以_____作為絕緣體。
A) 硫化膠 B) 油紙 C) 氧化鎂 D) 聚氯乙烯
62. 銅皮線主要以_____作為絕緣體。
A) 硫化膠 B) 油紙 C) 氧化鎂 D) 聚氯乙烯
63. 使用 PVC 絕緣和護套銅電纜的明線佈線，導體截面積應不小於_____mm。
A) 1 B) 1.5 C) 2.5 D) 4
64. 裝於導管或線槽內的單芯 PVC 絕緣銅電纜，導體截面積應不小於_____mm。
A) 1 B) 1.5 C) 2.5 D) 4
65. 若 PVC 絕緣有護套的圓電線須承受較大的機械壓力時，必須有_____保護。
A) 護套網 B) 加強護套 C) 厚皮 D) 厚膠
66. MICC 電線的絕緣物以_____製造的。
A) 礦物質 B) PVC 膠 C) 硫化橡膠 D) 漆布
67. MICC 電線的外殼是以_____製造的。
A) 礦物質 B) PVC 膠 C) 硫化橡膠 D) 銅
68. 電力裝置考慮安裝 MICC 電線時，該類電線其中一個缺點是_____。
A) 工序較多 B) 訂貨困難 C) 設計需時 D) 強度較差
69. 軟喉管通常用作連接移動裝置，惟長度應不超過_____米。
A) 0.5 B) 1.0 C) 1.5 D) 2.0
70. 軟喉管如安裝在假天花內，長度應不超過_____米。
A) 0.5 B) 1.0 C) 1.5 D) 2.0
71. 根據工作守則，放入線槽內的電線數目不應令空間因數超出_____%。
A) 45 B) 50 C) 55 D) 60
72. 金屬燈喉系統的導管，導管彎位的內半徑最少應是_____。
A) 導管內直徑的 2.5 倍 B) 導管內直徑的 4 倍
C) 導管外直徑的 2.5 倍 D) 導管外直徑的 4 倍

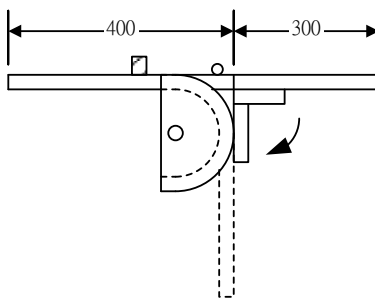
73. PVC 燈喉系統的導管，導管彎位的內半徑最少應是_____。
- A) 導管內直徑的 2.5 倍 B) 導管內直徑的 4 倍
C) 導管外直徑的 2.5 倍 D) 導管外直徑的 4 倍
74. 在線架上佈線時，最適當安裝的電線是_____。
- A) 單支單膠線 B) 單支孖膠線
C) 漆皮線 D) 三心軟線
75. 採用明線佈線方法安裝電氣時，使用的電線應該是_____。
- A) 單支單膠線 B) 孖支孖膠線
C) 孖支單膠線 D) 光身銅巴
76. 下圖中若 D 的直徑為金屬燈喉，屈曲 90° 後 r 之半徑應_____。



- A) $\geq 2D$ B) $\geq 2.5D$ C) $\geq 3D$ D) $\geq 4D$
77. 下圖中若 D 的直徑為 PVC 燈喉，屈曲 90° 後 r 之半徑應_____。

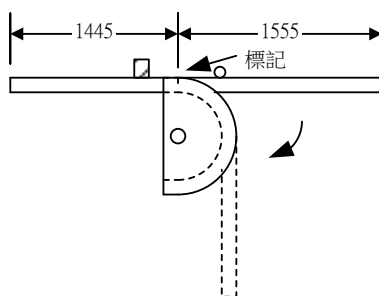


- A) $\geq 2D$ B) $\geq 2.5D$ C) $\geq 3D$ D) $\geq 4D$
78. 下圖中當屈喉機將燈喉屈曲成 90° 後，若喉曲位置不變，則直角彎位的尺寸為_____。



- A) 水平 = 400，垂直 = 300 B) 水平 = 400，垂直 = 355
C) 水平 = 300，垂直 = 400 D) 水平 = 455，垂直 = 300

79. 下圖中當屈喉機將燈喉屈曲成 90° 後，若喉曲位置不變，則直角彎位的尺寸為_____。



- A) 水平 = 1445，垂直 = 1555 B) 水平 = 1500，垂直 = 1500
C) 水平 = 1555，垂直 = 1445 D) 水平 = 1500，垂直 = 1555
80. 於 $100 \times 100 \text{ mm}$ 的電線槽內佈線時，應使用的電線是_____。
- A) 孖支孖膠線 B) 單支孖膠線
C) 單支單膠線 D) 三心軟線
81. 在寫字樓辦公廳內，插座電路的佈線方法最適宜使用_____。
- A) 明線 B) 假天花暗喉
C) 地台暗槽 D) 明喉
82. 採用明喉佈線方法之優點是_____。
- A) 機械性保護能力較強 B) 容易加改電路
C) 美觀 D) 成本低
83. 暗線佈線系統中，其安裝方法包括有明喉，明槽及_____。
- A) 線坑 B) 暗單支單膠線
C) 暗線架 D) 暗軟喉
84. 下列哪一個是採用暗喉佈線方法之缺點？
- A) 機械性保護能力低 B) 加改電氣線路困難
C) 每五年需要驗線一次 D) 需要高度安裝技術
85. 採用暗喉佈線方法之優點是_____。
- A) 機械性保護能力較強及美觀 B) 維修容易
C) 容易加改電氣線路 D) 成本低
86. 使用地台暗槽的佈線方法時其最大缺點是_____。
- A) 不可以用水洗地 B) 只能使用銅皮線
C) 換線困難 D) 只供通訊電路使用
87. 採用暗喉方法佈線時，應使用的電線是_____。
- A) 銅皮線 B) 孖支孖膠線
C) 孖支單膠線 D) 單支單膠線

88. 採用明喉佈線方法之缺點是_____。
- A) 機械性保護能力低 B) 加改電路困難
C) 每五年需要驗線一次 D) 需要高度安裝技術
89. 採用線槽佈線方法，除有金屬喉管佈線方法的優點外，還有_____的優點。
- A) 成本低 B) 容易安裝
C) 容線量高 D) 防火性能高
90. 在藏牆暗喉佈線系統中，在施工時每個喉咀都要作臨時性的填上堵塞物作封口用，其作用是避免_____。
- A) 將來施工時找不到喉咀位 B) 水份走進喉管內
C) 昆蟲走進喉管內 D) 三合土走進喉管內
91. 一項電力工程需要採用金屬喉管暗喉系統，以下哪一個施工之工序依次是正確的？
- i) 根據圖則評估金屬暗喉之喉路路徑
ii) 評估需要穿入暗喉管的電線數量
iii) 評估需要穿入暗喉管的電線之載流量及截面積
iv) 評估金屬暗喉管之截面積
- A) i, ii, iii, iv B) iv, i, ii, iii
C) i, iii, ii, iv D) iv, ii, iii, i
92. 一個電力工程需要採用金屬喉管明喉系統，以下哪一個施工之工序依次是正確的？
- i) 根據圖則評估金屬明喉之喉路路徑
ii) 評估需要穿入明喉管的電線數量
iii) 評估需要穿入明喉管的電線之載流量及截面積
iv) 評估金屬明喉管之截面積
- A) i, ii, iii, iv B) iv, i, ii, iii
C) i, iii, ii, iv D) iv, ii, iii, i

4 首次檢查、測試及發出證明書

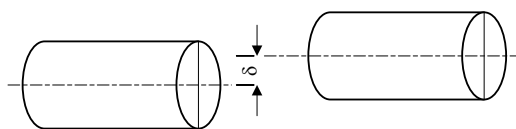
93. 電力測量的兆歐錶用於測量什麼數據？
- A) 小電阻 B) 中值電阻 C) 絕緣電阻 D) 接地電阻
94. 測試電機絕緣電阻時，500V 以下電機的絕緣電阻不應小於_____MΩ。
- A) 0.3 B) 0.5 C) 1 D) 5
95. 用來測試電氣裝置之絕緣度的儀器為_____。
- A) 兆歐錶 B) 萬能錶 C) 電壓錶 D) 電流錶
96. 在插座電路中，需要確定各導線是否接駁正確時，應進行_____測試。
- A) 絕緣 B) 極性 C) 目視 D) 阻抗

97. 新的電力裝置之絕緣導體阻值不足_____兆歐時，應予以調查。
A) 0.5 B) 1 C) 5 D) 10
98. 於建築地盤內，臨時拆離的電力器具之絕緣導體阻值不可小於_____兆歐。
A) 0.5 B) 1 C) 5 D) 10
99. 在普通單相電路中，測試電壓為 500V 之絕緣導體阻值不可小於_____兆歐。
A) 0.5 B) 1 C) 5 D) 10
100. 當完成電力裝置後，測試插座之環路阻抗時，應用的儀錶為_____。
A) 兆歐錶 B) 電阻錶 C) 萬用錶 D) 水氣錶
101. 在電燈電路中，需要確定電掣是否串聯相線時，應進行_____測試。
A) 絕緣 B) 極性 C) 目視 D) 阻抗
102. 測量電線絕緣電阻的兆歐錶應必須_____。
A) 輸出交流電壓 B) 為手搖式
C) 輸出直流電壓 D) 為按鈕式
103. 證明保護導體，包括總等電位接駁和輔助等電位接駁的接法正確和電氣性良好，或阻值的大小之測量儀錶為_____。
A) 兆歐錶 B) 絕緣 / 連續性測試器
C) 水氣錶 D) 相至地環路測試器
104. 證明環形連接至插座的導體是真正地作環形連接，及沒有在環形內的中途短路和在中間開路之測量儀錶為_____。
A) 兆歐錶 B) 相至地環路測試器
C) 水氣錶 D) 低讀數的歐姆儀

5 電動機安裝及更換軸承

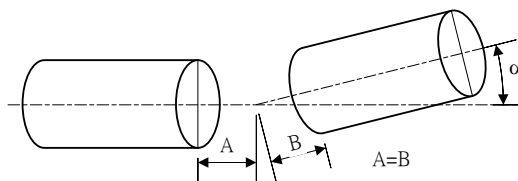
105. 電動機試運行一般應在空載的情況下進行，空載運行時間為_____小時。
A) 1 B) 2 C) 5 D) 10
106. 電動機於試運行前需檢查繞組的絕緣電阻是否符合要求，一般低壓電機絕緣電阻應不低於_____MΩ。
A) 0.5 B) 1 C) 5 D) 10
107. 電動機於試運行前需檢查控制線路的絕緣電阻是否符合要求，一般絕緣電阻不低於_____MΩ。
A) 0.5 B) 1 C) 5 D) 10

108. 下圖聯軸器於安裝時產生的偏差，稱為_____。



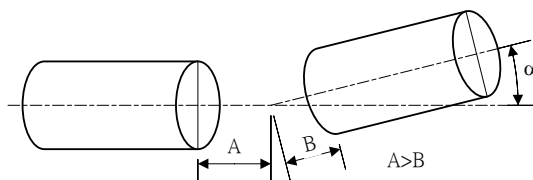
- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

109. 下圖聯軸器於安裝時產生的偏差，稱為_____。



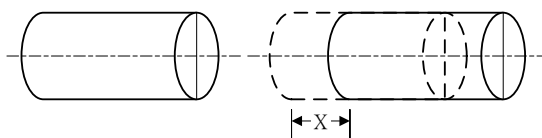
- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

110. 下圖聯軸器於安裝時產生的偏差，稱為_____。



- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

111. 下圖聯軸器於安裝時產生的偏差，稱為_____。



- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

112. 聯軸器軸心偏移使兩軸平行但中心線不在同一直線上，稱為_____。

- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

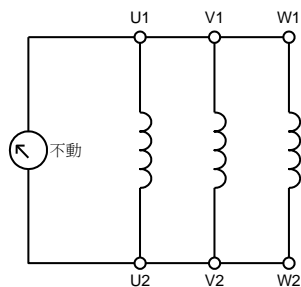
113. 聯軸器軸心偏移使兩軸中心線互成一個角，若這時的偏角中心一致，稱為_____。

- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差 D) 非對稱角向偏差

114. 聯軸器軸心偏移使兩軸中心線互成一個角，若這時的偏角中心不一致，稱為_____。

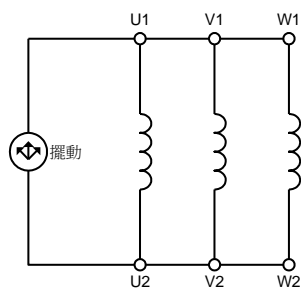
- A) 徑向偏差 B) 對稱角向偏差

- C) 軸向偏差
D) 非對稱角向偏差
115. 聯軸器軸心於裝配時連接件的公差不同，或者由於溫度的變化造成軸向長度的改變，產生了往復微動的偏差，稱為_____。
- A) 徑向偏差
B) 對稱角向偏差
C) 軸向偏差
D) 非對稱角向偏差
116. 更換電動機軸承時，應以軸承_____為標準規格。
- A) 編號
B) 內環圈
C) 鋼珠數量
D) 外環圈
117. 若電動機的六個接點的上端用連杆「橫」向連在一起，下端接上三條來電，這電動機是接於_____接法。
- A) 三角形
B) 雙Y形
C) 星形
D) 雙Δ形
118. 若電動機的六個接點的上端及下端用三條連杆「直」向連在一起，每條連杆連接三條來電，這電動機是接於_____接法。
- A) 三角形
B) 雙Y形
C) 星形
D) 雙Δ形
119. 將三相電動機的繞組接成如下圖，再將萬用表的直流毫安培檔接上，用手轉動電動機的轉子，如果萬用表指針不動，下列哪一／些項是正確？



- i) 電動機有一相繞組的首尾反轉了
ii) 電動機有一相繞組開路
iii) 電動機三相繞組的首尾線都正確
iv) 電動機有二相繞組開路
- A) i
B) i, ii
C) iii
D) iii, iv

120. 將三相電動機的繞組接成如下圖，再將萬用表的直流毫安培檔接上，用手轉動電動機的轉子，如果萬用表指針擺動，則表示_____。



- i) 電動機有一相繞組的首尾反轉了
- ii) 電動機有一相繞組開路
- iii) 電動機三相繞組的首尾線都正確
- iv) 電動機有二相繞組開路

A) i

B) i, ii

C) iii

D) iii, iv

1~5 選擇題建議答案表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	B	D	B	D	D	C	C	D	C
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	D	B	D	A	B	B	B	C	A
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D	A	B	C	C	D	B	D	C	B
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
B	C	C	B	A	C	D	C	A	C
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
C	D	B	B	C	A	D	D	A	C

51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
B	D	A	B	B	A	B	B	B	A
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
D	C	B	A	B	A	D	A	B	D
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
A	C	D	B	B	B	D	B	D	C
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
C	A	A	B	A	A	D	D	C	D
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
C	C	C	C	A	B	D	A	B	D

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
B	C	B	D	B	A	A	A	B	D
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
C	A	B	D	C	A	C	A	C	A