

工業配線能力本位訓練教材 導線的認識

編號：PEW-EIW0301

編著者：彭錦銅

審稿者：陳繁興

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PEW-EIW0301 學習指引

在你學習本單元之前，你除需具有物理、化學的基本常識外，應先行瞭解分厘卡的使用方法，再開始進行學習。假如你已熟悉分厘卡的使用方法，請翻到第 1 頁開始學習；假如自認不太熟悉上述工作，請按下列指示進行學習：

- 1.你對分厘卡的使用方法不太熟悉，請取出編號 PEW-EMM0208 教材進行學習。
- 2.學習中，若發現問題或有不瞭解的地方，可以請教你的老師。

引言

自從人類發現電的用途後，導線即扮演著傳輸電力的角色。由於以往絕緣體的材料及製造技術落後，老式房舍配線尚且要以磁珠將導線隔開數十公分距離的配線，如今拜材料科學的進步，多種優良的絕緣材料已被開發使用，已大大改變配線施工的方法及安全性。

導線是配線的基本材料，日後的實習操作將有很多的接觸機會。能夠事先認識與瞭解導線的種類、特性、使用場合，對配線器材的選用會有很大的幫助。

定義

(略)

學習目標

- 一、不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明配電盤內常用的導線種類及特性。
- 二、給你線規、測微器，你能在 15 分鐘內正確地測出 5 種不同導線的線徑或截面積。

學習活動

本教材的學習活動分兩部分：(1)相關知識，(2)實際應用測試。在應用測試之前，我們必須認識各種導線種類以及特性，你可以由兩個途徑中選擇一個途徑去學習。

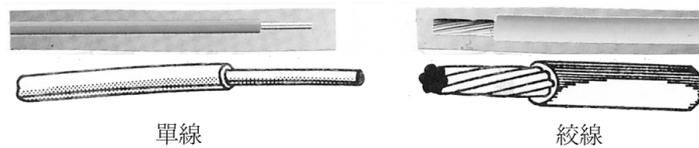
- 一、閱讀本單元之第 5 頁至第 13 頁。
- 二、閱讀工業基礎實習（二）蔡朝洋、蔡清鑑，全華書局，P.3~P.18，民國 82 年。

本教材的第一個學習目標是

不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明配電盤內常用的導線種類及特性。

導線的分類及使用

一、導線以製造形式分：單線、絞線。

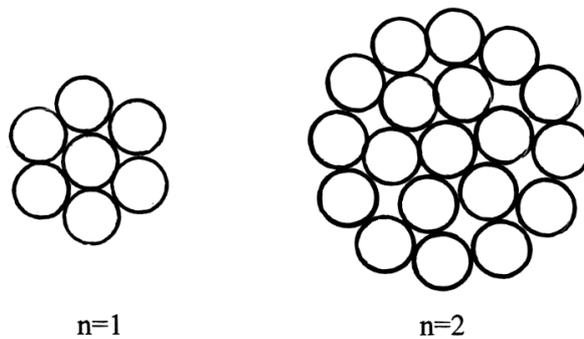


(一)單線

由一根實心圓形導體構成，缺乏可撓性，彎曲易折斷。管槽配線時，直徑超過 2.0φ ，採用絞線。

(二)絞線

由數根單心線絞合而成，單心線根數計算公式為 $N=3n(n+1)+1$ ，其中 n 為包圍中心導線的層數。



二、銅導線有軟銅、硬銅之分

(一)軟銅導線柔軟，可撓性較佳，加上絕緣被覆可做屋內線路管線的配線或電纜導線使用。

(二)硬銅線具有較大的抗張力，可做屋外架空線路使用。

三、導線除使用銅材料外，也有以鋁材料做成。鋁線的導電率約為銅線的 61%，耐張強度約為 $16\sim 18\text{kg/mm}^2$ （是銅線的 40%左右），使用鋼心增加強度者稱為鋼心鋁線（A.C.S.R.）。

四、線規與線號

導線的大小，各國均訂有適合的標準及規格稱其為線規，以順序數字表示者稱為線號。常用的線規有：

(一)中國線規 (CWG)

採用公制，單心線以直徑 (mm) 表示，絞線以截面積 (mm^2) 表示。

(二)美國線規 (AWG 或 B&S)

線徑以密爾 (mil) 表示，1 密爾等於 1/1000 英吋。

1. 以直徑 0.460 英吋訂為 0000 號 (4/0)，直徑為 0.005 英吋訂為 36 號線，共分 40 級線號 (4/0、3/0、2/0、0、1、2、3、……、36)，線號愈小，導線愈粗。22AWG 約為 0.324mm^2 。
2. 直徑大於 0.460 英吋之導線則以截面積圓密爾 (CM) 表示，1CM 為直徑 1/1000 英吋之圓面積， $1000\text{CM} = 1\text{MCM}$ 。

(三)英國線規 (SWG)

線徑也是以密爾 (mil) 表示，並以線號表示線徑的大小。

1. 以直徑 0.500 英吋訂為 7/0 號。
2. 直徑大於 0.500 英吋之導線，則以截面積圓密爾 (CM) 表示。

五、絕緣材料

作為導體的絕緣物質常用的有：

(一)熱塑混合物 (如 PVC、PE、丁烯橡膠、尼奧普林等)

熱塑混合物遇熱即軟化，令其加熱至流動狀態，則可附著於導體裸線上。但此類物質須加上少量特殊成份混合處理，才不致於遇熱再次軟化。

1. PVC：可抗酸、抗油、抗日曬、抗臭氣、電氣及機械性能佳，而且很容易加入各種顏色識別。連續運轉溫度可達 60°C ，短路電流時可允許 150°C 。
2. PE：具有優良的電氣特性、防水性、抗化學性、價格便宜，連續運轉溫度可達 75°C ，短路電流時可允許 150°C 。但熱膨脹系數甚高，保護層應有彈性，常用金屬保護層內加墊一彈性材料。
3. 丁烯橡膠：介質強度高、耐熱、耐臭氣、防水性強，頗適合使用於常電暈及臭氣威脅的 15KV 中壓線路使用。連續運轉溫度可達 85°C ，短路電流時可允許 200°C 。
4. 尼奧普林 (Neoprene)：橡膠的一種，當作外皮可以保護導線及絕緣使其免受機械損傷。

(二)熱固混合物（如交連 PE、EPR 等）

熱固混合物同樣亦須加上若干處理劑、填充料及抗氧化物質，經加熱以硫化及交連方法處理做成可增加導線的耐熱溫度。

1.交連 PE：係將 PE 熱塑物質以化學交連（硫化）轉變成熱固物質，製成一種耐熱並且具有良好電氣特性的高級絕緣材料。連續運轉溫度可達 90°C，短路電流時可允許 250°C。

2.EPR（乙丙烯橡膠）：又稱 EP 橡膠，柔軟度比交連 PE 高，且具有耐熱、耐臭氧、耐電暈等特性，適用於工廠內部配線。連續運轉溫度可達 90°C，短路電流時可允許 250°C。

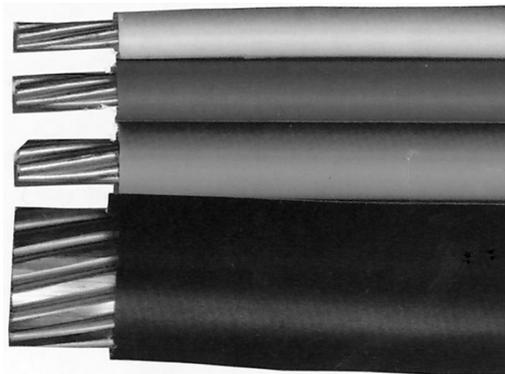
(三)熱縮材料

由軟質、耐燃、照射交連 PE 複合物製成套管形式，加熱到規定收縮溫度時，套管內徑會縮小至規定尺寸與導體（線）密合，常用於配線絕緣、端末處理、標字或匯流排絕緣及標色使用。內層含熱熔膠者，有相當的黏著性可提供防水功能。

六、配電盤常用的導線大致可歸類為：PVC 絕緣電線、電纜、匯流排、特殊電線。

(一)PVC 絕緣電線

裸導線加上 PVC 絕緣被覆，一般以使用絞線為主，常用 600V 以下之配電盤控制回路、主回路配線。



1.安全電流參考如下表（導線數目及周溫不同需乘以修正係數調整）

*安全電流表（錄自電工規劃—導線管槽配線，導線數3根，週溫35°C）

銅 導 線			安全電流 (A)
線 別	公稱截面積 (mm ²)	根數/直徑 (mm)	橡皮線或 PVC 線
單 線		1.6	15
		2.0	20
		2.6	30
絞 線	1.25	7/0.45	*12
	2.0	7/0.6	*15
	3.5	7/0.8	20
	5.5	7/1.0	30
	8	7/1.2	40
	14	7/1.6	55
	22	7/2.0	70
	30	7/2.3	90
	38	7/2.6	100
	50	19/1.6	120
	60	19/2.0	140
	80	19/2.3	165
	100	19/2.6	190
	125	19/2.9	220
	150	37/2.3	250
	200	37/2.6	300
250	61/2.3	355	
325	61/2.6	415	
400	61/2.96	475	
500	61/3.2	535	

註*：法規未列，數據係推估值。

2.導線選用與色別區分

控制線：1.25mm² 或 2.0mm²，交流（黃色）、直流（藍色）

電壓線：1.25mm² 或 2.0mm²，紅色。

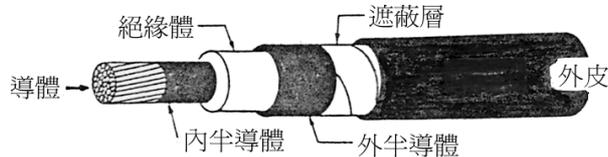
電流線：1.25mm² 或 2.0mm²，黑色。

接地線：CT 接地線使用 5.5mm²，其他設備接地除另有規定外，概依分段開關容量決定接地線大小。可使用裸線，若有絕緣被覆應為綠色。

主線路：依負載大小選用適當規格導線。一般使用黑色導線配線，若須以顏色區分各相導線，R、S、T 相分別為：紅、白、黑或紅、黃、藍。

(二)電纜

1.導體本身有絕緣被覆，外部再加上外皮保護稱之為電纜。常用於高、低壓配電線路，一般電纜的構造如下：

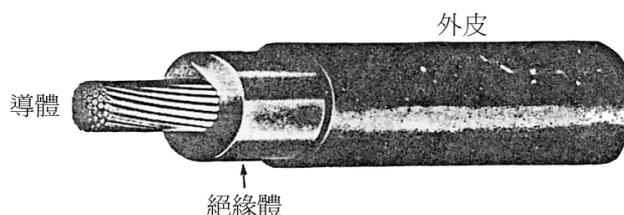


- (1)導體：常用軟銅線、硬鋁線，以單心、絞線方式構成。
- (2)內半導體：2KV 以上的電纜，為防止絕緣材料受電暈或游離的侵害，以半導體（棉—石墨、尼龍或其他半導體）將導體與絕緣隔離。
- (3)絕緣體：有 PVE、PE、交連 PE、EPR 橡膠等材料可以使用，目前普遍採用交連 PE 及 EPR 橡膠。
- (4)外半導體：配合內半導體均化絕緣體內的電力應力。
- (5)遮蔽層：配合外半導體保持電纜外部零電位，通常以薄銅帶或銅線纏繞於半導體的外部。遮蔽層須加以接地，接地點常不只一處，如因某種原因未接地，遮蔽層被視為活線。
- (6)外皮：目前多採用 PVC 或 PE 材料。

2.電纜種類—以絕緣分：

- (1)PVC 電纜：以 PVE 為導體的內部絕緣，以 PVC 為外皮保護。
- (2)PE 電纜：以 PE 為導體的內部絕緣，以 PVC 為外皮保護，常稱 EV 電纜。
- (3)交連 PE 電纜：以交連 PE 為導體的內部絕緣，以 PVC 外皮保護，常稱 CV 電纜。
- (4)EPR 電纜：以 EPR 為導體的內部絕緣，以 PVC 為外皮保護。
- (5)BN 電纜：以丁烯橡膠為導體的內部絕緣，以尼奧普林 (Neoprene) 為外皮保護。

註：600 伏以下之低壓電纜沒有內、外半導體以及遮蔽層，有的只有絕緣體沒有外皮保護層。



(1)對絞線的構造

導體：22AWG 或 24AWG（每對二根導線纏絞，2P~25P）

絕緣：PE 系列或半硬 PVC

遮閉：鋁箔聚酯帶+接地線

被覆：耐燃 PVC 或耐燃 PE

(2)對絞線依傳輸速率區分等級如下：

等級	傳 輸 速 度
3	10MBPS
4	16MPS
5	100MBPS

註：1.BPS：位元／秒

2.等級愈高傳輸頻率愈高，導線扭絞愈密。

(3)對絞線依耐燃區分等級如下：

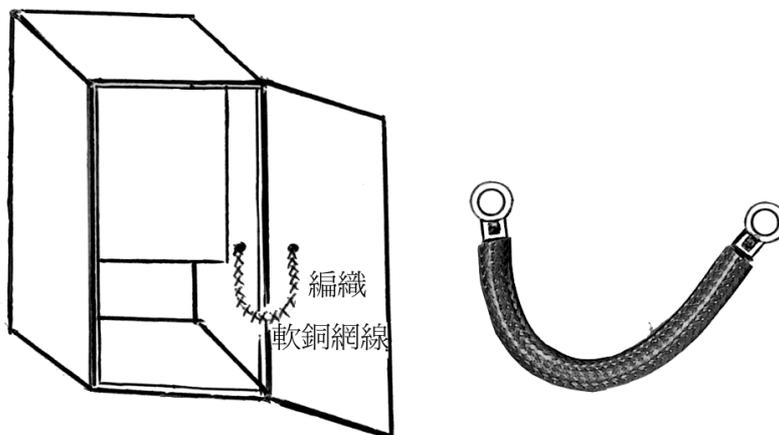
等級	場合
CMP	裝置於天花板與地板間的通風管道內
CMR	裝置於樓層間的管道內
CM	裝置於建築物內，除上述二種場合之外的其他區域

(4)心線色碼

對 別	A	B	對 別	A	B
1	藍	白	14	茶	黑
2	橙	白	15	灰	黑
3	綠	白	16	藍	黃
4	茶	白	17	橙	黃
5	灰	白	18	綠	黃
6	藍	紅	19	茶	黃
7	橙	紅	20	灰	黃
8	綠	紅	21	藍	紫
9	茶	紅	22	橙	紫
10	灰	紅	23	綠	紫
11	藍	黑	24	茶	紫
12	橙	黑	25	灰	紫
13	綠	黑	—	—	—

2. 編織軟銅網線

因編織軟銅網線可撓性高，通常代替（裸）銅絞線作為箱體活動部分設備接地連接線。



編織軟銅網線容許通過電流參考如下表：

公稱截面積 (mm ²)	構成 (線徑/導體數)	容許電流 (A)
0.5	1.12/48	10
0.75	0.12/64	13
1.25	0.12/112	20
1.4	0.12/120	23
2.0	0.12/176	29
3.5	0.12/312	48
5.5	0.12/490	48
8.0	0.12/716	85
14	0.12/1248	128
22	0.12/1944	179
30	0.12/2664	224
38	0.12/3340	267
50	0.12/4400	356
60	0.12/5250	356
100	0.12/9000	430
150	0.12/13280	500
200	0.12/17920	600

學習評量一

請不要參考任何資料或書籍，以你自己的話寫出配電盤內可能使用的導線種類及特性。

筆記欄

你的答案應該包括下列的要點：

- 一、PVC 絕緣電線：裸導線加上 PVC 絕緣被覆，一般以使用絞線為主，常用於 600V 以下之配電盤低壓控制回路、主回路配線。
- 二、電纜：導體本身有絕緣被覆，外部再加上外皮保護稱之為電纜。常用於高、低壓配電線路。
- 三、匯流排：匯流排使用銅、鋁材料製成，外形有板（排）形、棒形、管形，可以套上熱縮套管做絕緣處理。
- 四、遮蔽型對絞線：常用於配電盤內數位式的指示儀表及保護電驛控制或傳輸電路。其中遮蔽層阻擋了外部雜訊，導線纏絞則可平均兩條導線受內部其他線對間雜訊干擾的強度，以便利用差動放大將雜訊完全拒斥。
- 五、編織軟銅網路：因編織軟銅網線可撓性高，通常可代替（裸）銅絞線作為箱體活動部分設備接地連接線。

如今你已經能夠正確地描述配電盤內可能使用的導線種類及特性，完成相關知識部分的學習，下一部分是要你實際去量測導線。

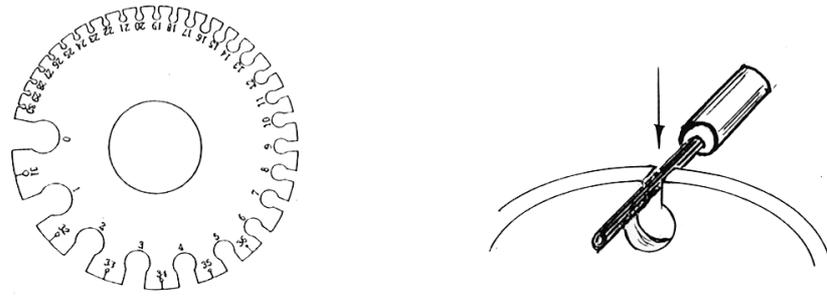
本教材的第二個學習目標是

給你線規、分厘卡，你能在 15 分鐘內正確地測出 5 種不同導線的線徑或截面積。

導線的測量：

一、以線規測量線徑及線號（先向器材室備妥器材）

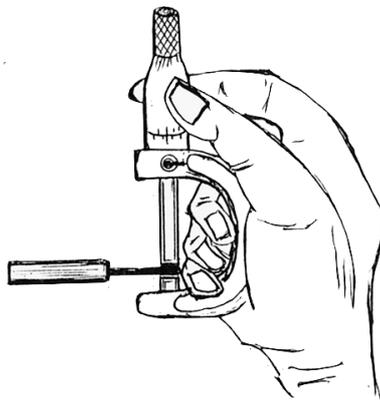
- (一)將導線之裸線部分理直，並試著平放進入線規之缺口槽縫，如下圖。
- (二)導線能放入的最小缺口上所標示的號碼即該導線的線號，反面標示的數字即該導線的線徑大小。



導線由缺口平放通過槽縫，而非由圓孔穿入。

二、以分厘卡測量線徑：（刻度讀法，請翻閱 PEW-EMM0208 教材）

- (一)以右(左)手持分厘卡之臂部，將導線放入測量口，如下圖所示。



- (二)以拇指、食指配合旋轉圓筒，稍加接觸即可，之後改旋棘輪轉筒至聽到答、答、答三聲即停止，並旋緊固定環，將心軸固定。
- (三)讀取刻度，此即該導線的實際線徑。

註：絞線的截面積換算公式 $A = N \cdot (\pi D^2 / 4)$ ，其中 D 為單心線導線線徑。

學習評量二

在15分鐘內完成下表所列導線的線號、線徑測量，絞線並做截面積計算。

	AWG		SWG		分厘卡	絞線截面積計算 $A=N \cdot (\pi D^2/4) = ? \text{ mm}^2$
	線號 #	線徑 mm	線號 #	線徑 mm	線徑 mm	
1.6 ϕ 單心線						
2.0 ϕ 單心線						
3.5mm ² 絞線					7/	
5.5mm ² 絞線					7/	
8mm ² 絞線					7/	

註：以分厘卡測絞線線徑時，應鬆開纏絞單心線，理直後測量，並以：單心線根數／線徑表示。

請你仔細核對下列各項量測數據：

公稱規格	AWG		SWG		分厘卡	絞線截面積計算 $A = N \cdot (\pi D^2 / 4) = ? \text{ mm}^2$
	線號 #	線徑 mm	線號 #	線徑 mm	線徑 mm	
1.6 φ 單心線	14	1.628	16	1.626	1.6	
2.0 φ 單心線	12	2.053	14	2.032	2.0	
3.5mm ² 絞線	10	2.568	12	2.642	7/0.8	3.5
5.5mm ² 絞線	8	3.251	10	3.251	7/1.0	5.5
8mm ² 絞線	7	3.665	9	3.658	7/1.2	7.9

- $7 \times (3.14 \times 0.8 \times 0.8 / 4) = 3.5$
- $7 \times (3.14 \times 1.0 \times 1.0 / 4) = 5.5$
- $7 \times (3.14 \times 1.2 \times 1.2 / 4) = 7.9$

你所量測的數據應與上表所列數據相等或接近。假如不同或相差太大，請翻回第 17 頁重新學習。如果每一項數據均符合上述要求，請翻至第 21 頁，準備參加學後評量。

學後評量

一、PVC、交連 PE、PE 三種絕緣材料中，那一種耐熱溫度最高？那一種耐熱溫度最低？耐熱溫度大約各為多少？

二、熱縮絕緣材料通常使用於那種場合？

三、PVC 絕緣導線通常用於多少伏特以下之配電盤主回路或控制回路中？

四、畫圖說明電纜的主要構造？

五、配電盤上常用的導體有那些？

六、對絞線遮蔽層的功用是什麼？導線成雙纏絞的目的何在？

七、已知某絞線係由 19/1.8（即 19 根 1.8mm）導線構成，問該絞線的公稱截面積若干？

八、編織軟銅網線通常使用於那種場合？