

介紹

1. 使用範圍

電線與管件相當廣泛地被應用於各種傳遞電流的設備與機具，在工業與民生的領域中，凡是必須與帶電導體連接者都不可或缺，如發電機、變壓器、汽機車、飛機、電動刮鬍刀、電燈、電腦通訊器材...等。

2. 解釋名詞

- (1) **導線**：凡用以傳導電流之金屬(電)線(電)纜，謂之導線。
- (2) **安培容量**：以安培表示導線載流容量，謂之安培容量(Ampacity)。導線通有電流時，因電阻而變熱(I^2R 損失)，導線的溫度將較其周圍的溫度高，當超過某一限度時，導線的電氣及機械性能將因而衰減，另外，如表一所示，絕緣材料有最高容許溫度，故導線或器具有載流安培容量限制。
- (3) **實心線**：由單股裸線所構成的導線，謂之實心線，又名單線。按規定屋內配線之導線線徑在 2.6 公厘以下才能用單線。
- (4) **絞線**：由多股粗細相同之裸線扭絞而成之導線，謂之絞線，又名撚線。扭絞時以一股單線(亦有以三股)為中心線，在中心線周圍，按螺旋方向絞編一層或數層導線而成。
- (5) **金屬管**：凡以金屬(如鐵、鋼、銅、及合金)製成用以包藏導線的管子，謂之金屬管。

3. 型式種類、使用場所

目前市面上實用的電線約可分為四大類：裸線、絕緣電線、電纜、特殊電線...等，其中又以絕緣電線與電纜的使用最為廣泛。

- (1) **裸線(Naked Electrical Wire)**：由實心線或多線金屬導線體所構成，且導線體外圍無任何絕緣體被覆，如軟銅線、半硬銅線、硬銅線、鋁線、鋁合金線、鋼心鋁線(ACSR)等，為各式導線之基本構件，亦常用於屋外架空線路。
- (2) **絕緣電線(Insulated Electrical Wire)**：絕緣電線為 600 伏以下的導線，常用的絕緣電線如下：
 - A. **塑膠絕緣電線**：用熱塑性塑膠絕緣的電線，塑膠的成分是聚氯

乙炔(Polyvinyl Chloride) ，俗稱 PVC 。其絕緣性能良好，可以製成各種不同顏色的電線，便於使用時識別。

B. 橡皮絕緣電線：用橡皮絕緣的電線。按橡皮的成分可分為天然橡膠、人造橡膠和合成橡膠等。

C. 交連 PE 絕緣電線：交連 PE 又稱 XLPE，為熱固塑膠(Thermal Setting Plastics) ，具有良好的絕緣、耐熱、耐潮濕的特性。

(3) 電力電纜(Power Cable)：電力電纜是傳輸和分配電能的一種特殊電線，主要是由導體、絕緣層、保護層三部分組成。其優點是供電可靠性高，不受雷電、風害等外因的損害，可以鋪設在地下(直埋)、隧道或溝裏，也可以鋪設在水中或海底。其缺點是價格高，且鋪設、維護和檢修複雜。

A. 常用低壓電纜：

(A) PVC 電纜(PVC Cable)：此類電纜是以 PVC 作為導體的絕緣層以及外皮的保護層(又稱護套層)，具有耐酸、耐鹼、防油、防水等特性。

(B) 卡胎電纜(Cab-tire Cable)：此類電纜是以天然橡皮作為導體的絕緣層，再以人造橡皮作為保護層，一般使用於移動電動機具。

(C) MI 電纜(Mineral Insulated Cable)：此類電纜具有不燃性、耐熱、耐高溫、並具高機械強度、防油、防水等性能的無機物作為導體絕緣層，外層並用銅金屬被覆而成，適用於溫度較高的場所。

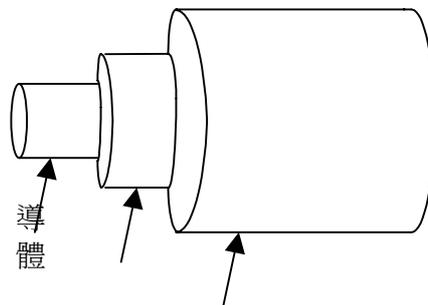


圖 1 單線電纜結構圖

B. 常用高壓電纜：

(A) PE 電纜 (Poly Ethylene Cable)：導體外披覆 PE 絕緣層，外部再加上 PVC 為保護層，此類電纜通常稱為 CV 電纜。

(B) 交連 PE 電纜 (Crosslinked Poly Ethylene Cable)：以交連 PE 作為導體的絕緣，其外部再以 PVC 為保護層，通常稱為 XLPE 電纜。

(C) EPR 電纜 (Ethylene Propylene Rubber Cable)：EPR 電纜以乙丙烯橡膠作為導體的絕緣，並以 PVC 作為外部保護層。

(4) 特殊電線 (Special Electrical Wire)：此類電線為適合特殊或危險的環境使用，其絕緣層乃經防爆、防火的特殊處理。

管件通常可以分為兩類：

(1) 金屬導線管：金屬管為鋼、銅、鋁及合金等製成品。常用鋼管按其形式及管壁厚度可分為厚導線管、薄導線管、EMT 管 (Electric Metallic Tubing) 及可繞金屬管四種，而金屬管應有足夠之強度，其內部管壁應光滑，以免損傷導線之絕緣，且外部表面必須鍍鋅，但施設於乾燥之室內及埋設於不受潮濕之建物內者，其內外表面得塗有其他防銹之物質。另外管徑不得小於 13 公厘。

(2) 非金屬導線管：非金屬導線管係指 PVC 所製成之電氣用塑膠導線管，非金屬管之端口必須光滑，以免損傷導線之絕緣皮，且管內之配線應使用絕緣線，同時不得於管內接線。另外，裝置時應考慮溫度變化所引起之伸縮，且埋設在混凝土內之集中配管不可減少建築物之強度。

危害

隨著電氣化機械與設備的大量使用，電線與管件變成不可或缺的要件，若是操作及使用不當，即可能產生潛在的危害，如電氣設備一般包含配電盤、電開關、電插座、變壓器、電燈、電線、馬達等。這些電氣設備需要有接地設置，若接地不良將會造成漏電而引起感電傷害。另一方面，若是電氣設備超過負荷電流而過熱，或是因接觸不良而引起火花放電或短路，將會發生電氣火災。

表 1 低壓絕緣電線之最高容許溫度表

絕緣電線之種類	絕緣物容許溫度 °C	備註
1. PVC 電線	60°C	
2. RB 電線(指天然橡膠之混合絕緣物)		
3. 耐熱 PVC 電線	75°C	
4. PE 電線(Polyethylene)		
5. SBR 電線(Styrene Butadiene Rubber)		
6. 人造橡膠電線(Butyl Rubber)	80°C	
7. EP 電線(Ethylene Propylene Rubber)	90°C	
8. 交連 PE 電線(Crosslinked Polyethylene)		

1. 感電災害

造成感電的原因是由於電流流經人體，刺激人體的神經肌肉，使細胞膜內外側之電位差發生變化，而造成收縮及麻痺，以致阻礙其正常動作機能，其影響程度視通過人體之部位、電流多寡、頻率與時間長短而異。對通過人體的電流值與其所造成的傷害如表二，說明如下：

- (1) 感知電流值：人體感覺有電流通過，稍感刺痛。
- (2) 可脫逃電流值：肌肉仍可自由活動，但會有痛苦感，不過尚可不用靠外力而能脫逃。
- (3) 無法脫逃電流值：會使肌肉發生痙攣，無法不用靠外力而脫逃，此狀態下會有相當程度痛苦感，若情況持久下去的話，人會失去意識，呼吸困難而窒息。此時必須擺脫電氣設備，並立即施以人工呼吸。
- (4) 休克電流值：會導致肌肉僵硬及呼吸困難。
- (5) 心臟麻痺電流值：引起心臟麻痺而失去血液循環的機能，並會造成呼吸停止。

2. 電氣火災

電氣火災的發生約佔所有工業火災的 20%。發生電氣火災常是因電氣設備安裝在危險場所而造成，或電氣設備過載而發熱並引燃易燃易爆物，如下所列：

- (1) 電線超過安全電流，而發熱起火。
- (2) 電線或器具的接觸不良，而發熱起火。
- (3) 高壓電線絕緣不良，有渦流或漏電而發熱起火。
- (4) 高壓電線與外物接近，引起加熱而起火。
- (5) 保險絲熔斷或自動開關啓斷時，所產生的火花引起周圍的易燃物著火。

表 2 電流對人體的影響

感電影響	電流〈mA〉					
	直流		60Hz 交流		1000Hz 交流	
	男	女	男	女	男	女
感知電流： 開始有刺激	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
可脫逃電流： 肌肉尚可自由活動	62	41	9	6	55	37
無法脫逃電流： 肌肉無法自由活動	74	50	16	10.5	75	50
休克電流： 肌肉收縮，呼吸困難	90	60	23	15	94	63
心臟麻痺電流： 心室痙攣，呼吸停止	500	500	100	100	500	500

使用

1. 目前市面上以絕緣電線與電纜的使用最為廣泛，絕緣電線與電纜平常

使用是否正常和保養的好壞與其壽命與使用率有密切的關係。使用電線電纜時應注意避免下列情形：

(1) 作業時避免碰觸帶電體：

- A. 裝(拆)電線作業中，碰觸低壓裸露電線。
- B. 一般作業中，碰觸低壓裸露電線或帶電體。
- C. 進行變電室、配電室(箱)作業時，碰觸電力設備帶電部。
- D. 於電桿上進行工程作業時，碰觸電力設備帶電部。
- E. 外力磨(刮)破電線而碰觸其帶電體。
- F. 操作電源插頭或開關時，碰觸其帶電體。
- G. 電焊作業時，碰觸電焊條或電焊夾頭帶電部。

(2) 電器及電線電纜絕緣不良而引起漏電：

- A. 各型動力機械或家用電器的馬達漏電。
- B. 照明燈具、電源開關及移動式或攜帶式電動機具。
- C. 管路配線處理不良漏電。
- D. 配線線路破皮漏電。
- E. 電焊機之焊接柄或線路漏電。
- F. 不正確的啓動電氣開關設備，如濕手操作開關或隔離開關及斷路器之操作順序錯誤。
- G. 線路誤接。

2. 爲了對電線性能的瞭解與掌握，應對電線電纜予以性能測試，在中國國家標準(CNS)中對船用、車用和升降機的電線電纜的測試標準均有明確的規定，其測試種類大致有：導體電阻、耐電壓、絕緣電阻、抗張強度及伸長率、耐熱性、耐燃性...等。

(1) 導體電阻測量：以惠斯登電橋法或其它適當方法測定之，再將該值換算爲 20°C 時每公里線長之電阻值。

(2) 耐電壓測試：以下列二種方法之一施行之。

- A. 水中試驗：預先於接地之水中將電線浸漬 1 小時以上，然後在導體與水或導體間施加正弦波交流電壓至規定值，以檢查是否能於規定時間內耐受該電壓值。
- B. 空氣中試驗：在導體間施加正弦波交流電壓至規定值，以檢查是否能於規定時間內耐受該電壓值。

- C. 絕緣電阻測試：預先於接地之水中將電線浸漬 1 小時以上後，分別在導線與水及導線間施加 100V 以上之直流電壓 1 分鐘後，再以高阻計測定其絕緣電阻是否達到規定值。
- D. 抗張強度測試：測試電線截斷時之荷重(kg)除以該試料之截面積(mm²)所得值是否符合規定。
- E. 伸長率測試：以電線拉斷時標誌線間距離(mm)減去原標誌線距離(mm)後再除以原標誌線距離(mm)，檢查是否符合規定。
- F. 耐熱性測試：截取長度 150mm 之電纜試料，將其兩端剝去 20mm 長外部編織，一端固定以大約 15°角度向上吊並放入 80±2°C 之恆溫槽中 1 小時，然後目視檢查試料是否變形。

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生設施規則

第二百四十三條：雇主對於使用對地電壓一百五十伏特以上移動式或攜帶式電動機具，或於濕潤場所、鋼板上或鋼筋上等導電性良好場所使用移動式或攜帶式電動機具及臨時用電設備，為防止因漏電而發生感電危害，應於各該電路設置適合其規格，具有高敏感度，能確實動作之感電防止用漏電斷路器。

雇主採用前項規定之裝置有困難時，應將機具金屬製外殼及電動機具金屬製外殼非帶電部分，依下列規定予以接地使用：

一、將非帶電金屬部分，以下列方法之一連接至接地極：

(一) 使用具有專供接地蕊線之移動式電線及具有專供接地用接地端子之連接器，連接於接地極者。

(二) 使用附加於移動式電線之接地線，及設於該電動機具之電源插頭座上或其附近設置之接地端子，連接於接地極者。

二、採取前款(1)之方法時，應有防止接地線與連接電路之各電線，及接地端子與連接電路各端子誤接之設施。

三、接地極應充分埋設於地下，並確實與大地連接。

第二百七十六條：雇主為防止電氣災害，對所有工作人員應規定下列事項：

- 一、電氣器材之裝設與保養(包括修理、換保險絲等)，非合格之電氣技術人員不得擔任。
- 二、為調整電動機械而停電，其開關切斷後，必須立即上鎖或掛牌標示並簽字之。復電時，應由原掛簽人取下安全掛簽後，始可復電，以確保安全。
- 三、發電室、變電室或受電室，非工作人員不得任意進入。
- 四、不得以肩負方式攜帶過長物體(如竹梯、鐵管、塑膠管等)接近或通過電氣設備。開關之開閉動件應確實，如有鎖扣設備，應於操作後加鎖。
- 五、拔卸電氣插頭時，應確實自插頭處拉出。
- 六、切斷開關應迅速確實，且不得以濕手或濕操作棒操作開關。
- 七、非職權範圍，不得擅自操作開關。
- 八、非職權範圍，不得擅自操作開關。如遇電氣設備或電路著火，必須用不導電之滅火設備。

2. 中國國家標準

- CNS C1117：「硬質 PVC 管配線之安全電流」。
- CNS C1120：「周圍溫度對導線安全電流之影響」。
- CNS C1141：「低壓絕緣電線之最高溫度」。
- CNS C2002：「裸硬銅單電線」。
- CNS C2035：「塑膠(聚氯乙烯)風雨電線」。
- CNS C2728：「絕緣電纜用鋁絞線」。
- CNS C2058：「600V 聚氯乙烯絕緣披覆電纜(VV)」。
- CNS C2060：「鋼心鋁電纜」。
- CNS C2110：「船用電線電纜總則」。
- CNS C3080：「銅電線及鋁電線檢驗法」。
- CNS C3099：「箱式配電設備用 6.6kV 絕緣電線檢驗法」。
- CNS C3150：「升降機用移動電纜檢驗法」。
- CNS C3167：「電線用鋼管檢驗法」。
- CNS C3209：「電線用可繞型塑膠導管檢驗法」。
- CNS C4060：「電線用鋼管」。

3. 日本 JIS

JIS C8349, 1986 : “Coupling for Flexible Metal Conduit”.

JIS C8359, 1985: “General Rules for Fittings of Rigid Metal Conduits and Underfloor Ducts”.

4. 美國 ASTM

ASTM B8-95, Jun96 : “Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors, Hard, Medium-Hard, or Soft”.

ASTM D1047-95, Jun96 : “Poly(Vinyl Chloride) Jacket for Wire and Cable ”.

ASTM D501-92, Jun96 : “Metallic Coated Stranded Steel Core Wire for Aluminum Conductors, Steel Reinforced (ACSR)”.

災害案例

83年9月18日夜間11時許，勞工A等三人到工地，A單獨到地下室望視抽水馬達及管路，發現北側有四吋塑膠排水管破裂，叫B關閉電源後接管修護再叫B送電後繼續在地下室巡視，過不久不見A蹤影，經各處尋找發現其昏倒於地下室東側地板上，經送醫急救無效死亡。地下室地板上有三相三線，線間電壓220伏特，對地電壓110伏特電纜一條，電纜上有一處以鍍鋅鐵絲網綁，因網綁過緊致破皮，鐵絲陷入電纜內與帶電銅線接觸，該電纜係由地下室上方支配電箱接線，拉至地下室5馬力沈水式抽水馬達上，該配電箱內僅設無熔絲開關，為設置漏電斷路器。為防止類似災害再發生，有採取下列對策之必要：

- (1) 勞工於作業中有接觸絕緣被覆配線之虞者，應有防止絕緣被破壞致引起感電危害之設施。
- (2) 對於工地臨時用電設備，為防止因漏電發生感電危害，應於各該電路設置適合其規格，具有高敏感度，能確實動作之感電防止用漏電斷路器。
- (3) 應設置勞工安全衛生業務主管，訂定自動檢查計畫，對使用之設備及其作業實施自動檢查。
- (4) 對勞工應實施從事工作所必要之安全衛生教育、訓練，並將本案例列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害再發生。

參考資料

- [1] 許溢适，民國 82 年；電機工程設計實務資料手冊，初版，三民圖書有限公司，台北市。
- [2] 陳鴻誠、刑漢豐、李英姿，民國 87 年；工業配電，初版一刷，文京圖書有限公司，台北市。
- [3] 陳維新、謝建立，民國 79 年；最新電工法規，再版，全華科技圖書有限公司，台北市。
- [4] 洪貞信，民國 86 年；最新屋內線路裝置規則條文解說，七版，37-38，大中國圖書公司，台北市。
- [5] 黃清賢，民國 85 年；工業安全，五版，三民圖書有限公司，台北市。
- [6] 鄭世岳、蕭景祥、李金泉、魏榮男，民國 85 年；工業安全衛生，初版，124-125，文京圖書有限公司，台北市。
- [7] 蘇文源、杜偉民，民國 83 年；“製造業感電重大職業災害調查”，勞工衛生研究季刊，第 1 卷，第 2 期。
- [8] 行政院勞工委員會，民國 83 年，勞工安全衛生設施規則：80-81，行政院勞工委員會，台北市。
- [9] 蘇文源、杜偉民，民國 84 年；“服務業感電重大職業災害調查”，勞工衛生研究季刊，第 2 卷，第 2 期。