

大 專 用 書

電 工 學 實 驗

曾 繼 紹
孫 育 義 編 著
黃 慶 連

版權所有
翻印必究

中華民國六十三年八月修訂版
內政部登記內版臺業字第一七九四號

電工學實驗

定價新臺幣 柒拾元

編著者：曾繼紹、孫育義、黃慶連
出版者：興業圖書股份有限公司
地址：臺灣省臺南市勝利路一一八號
電話：二九五二〇
發行人：王 志 康
郵購：免費劃撥南字三一五七三號
印刷者：泰成印刷廠
地址：臺南市永福路一一三號
電話：二五九一八

目 次

第一部 電工實習

實習 1. 導線之連接及處理方法	1
實習 2. 加焊方法實習	11
實習 3. 屋內線路之設施法	13
實習 4. 螢光燈裝配法	35

第二部 電磁測驗

實驗 1. 電表之校正	35
實驗 2. 由惠斯登電橋測量電阻法	39
實驗 3. 由位降法之電阻測量	44
實驗 4. 絕緣電阻之測量	48
實驗 5. 通用電表之應用	53
實驗 6. 由電位計之電池內阻之測量	60
實驗 7. 保險絲之實驗	69
實驗 8. 金屬電阻溫度係數之測定	78
實驗 9. 熱電偶之熱電勢之測量	79
實驗 10. 液體電導係數之測定	81

第三部 交流電路實驗

實驗 1. 瓦特計之實驗	89
實驗 2. 電阻與感抗之串聯電路	97
實驗 3. 瓦特小時計之校準	99
實驗 4. 串聯電路之諧振	106
實驗 5. 由二瓦特計法之三相功率之測定	112

第四部 電機實驗

實驗 1. 直流電動機之啓動	116
實驗 2. 直流機之無載飽和特性及自激發電機之電壓建立	122
實驗 3. 直流發電機之電壓特性試驗	129
實驗 4. 變壓器之特性試驗	137

實驗 2. 由惠斯登電橋測量電阻法	39
實驗 3. 由位降法之電阻測量	44
實驗 4. 絕緣電阻之測量	48
實驗 5. 通用電表之應用	53
實驗 6. 由電位計之電池內阻之測量	60
實驗 7. 保險絲之實驗	69
實驗 8. 金屬電阻溫度係數之測定	78
實驗 9. 熱電偶之熱電勢之測量	79
實驗 10. 液體電導係數之測定	81

第三部 交流電路實驗

第一部 電工實習

實習 1. 導線之連接及處理方法

根據屋內線路裝置規則，導線應儘量避免連接，但如電路甚長，則整卷電線亦不夠用，或是爲了節省電線，或是中間有分路之需要等情形，而在中途有連接之必要者，亦可以超乎限制以外，但無論如何，此種接頭總以愈少愈好，同時在工作時，應特別注意連接手續之完善，勿使接合點之電阻增加，強度減少，或絕緣不足等情形發生。

1. 連接步驟：

導線之連接法固然種類甚多，但其工作步驟不外下述四種：

- (一) 剝絕緣層。
- (二) 接合。
- (三) 接頭之焊錫。
- (四) 接頭之絕緣。

此四種步驟，不一定是每種電線都需要，例如裸線之連接，就不需要(一)、(四)兩項，用接合器之連接，則不需要第(三)項，有時第(四)項亦不需要。

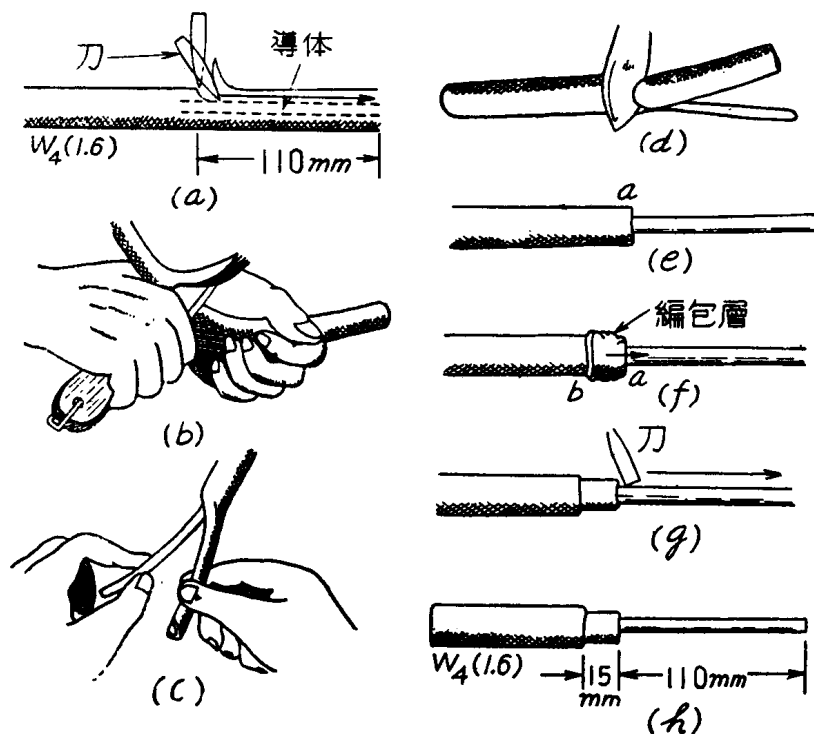
2. 絕緣層之剝削：

電線絕緣層之剝削方法有三種，層數較多者用分段剝削法及剝削法，單層者用單層剝法。

應用分段剝削法時，橡膠層露出部分約爲 15 mm，導體露出部份，因連接方法之不同，其長短不一定。剝削時，應時時注意，勿損傷導體及絕緣體。

(一) 剖剝方法

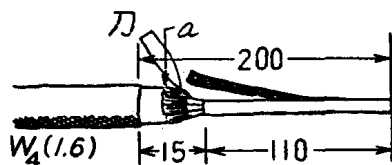
(a) 分段剖剝法如第一圖所示，先用刀在距離線端 110 mm 處（對 1.6 mm 第 4 種線而言）將絕緣層切開然後沿導體至線端剖開絕緣層，如 (a) 與 (b) 圖所示，次將殘破之絕緣層取開，並用刀切下，如 (c) 與 (d) 圖所示，嗣後電線應該稍為加以整理，[見 (e) 圖]，再次用刀在 (f) 圖 b 點將編織體轉圈切開，並由右方取下，最後用刀背或砂紙磨光導體表面，並用布拭淨，於是電線之剖剝工作即告完成。



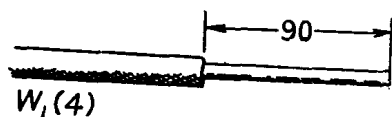
第 1 圖

(b) 斜削法亦稱鉛筆式剝法，由距離電線末端 $110+7\text{mm}$ 之點（對 1.6mm 第 4 種電線而言），用小刀如削鉛筆方法，將編織帶及橡膠一齊削去，並在距線端 $110+15\text{mm}$ 之點將編織帶切開，最後磨拭導體，如第二圖所示。

(c) 單層剝法適用於風雨線，塑膠線等，刮剝方法係先在距離線端 90mm 之點（對 4mm 第一種電線而言），用小刀將編織帶轉圈切開，並由右邊取下，如第三圖所示，最後磨拭導體表面。



第 2 圖



第 3 圖

3. 單線之直線連接：

單線之機械接合法在 2.6mm 以下者多用絞接法接合， 2.6mm 以上者因為線徑較大，絞捻時相當困難，所以普通多添加接合線，而用纏捲方法接合，同時因為兩線併合處，常有凹溝，為使纏捲確實， 6mm 以上者需更加上一根輔助線，一方面充填凹溝，一方面更可以穩固接合線之位置。

剝削的長度如上節所述， 1.6mm 第 4 種線為 110mm ， 4mm 第 1 種線為 90mm ，各種電線各有不同之剝削長度，而一般標準為：

絞接法——直徑之 70 倍左右。

纏捲法——直徑之 15 倍左右加 30mm 。

(一) 絞接法：

按第四圖 (a) 之方法將兩接合電線在絕緣層以外 90mm 之線

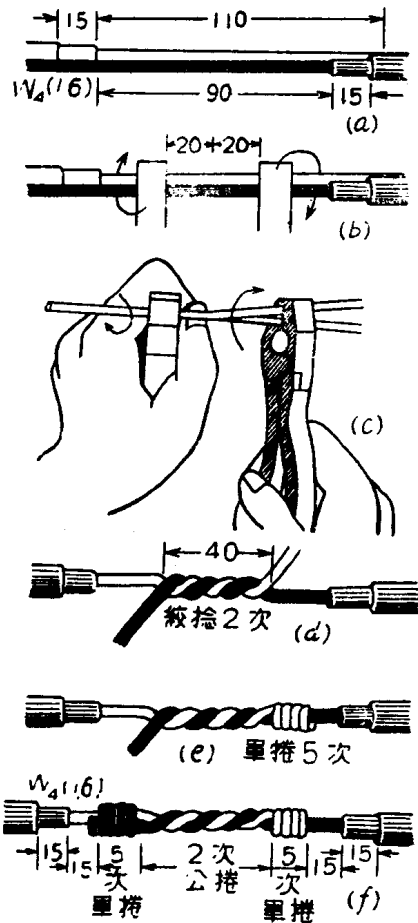
段併合，更在距離併合部分中心線各 20 mm 處各用手鉗夾緊，如 (b) 圖所示，繼用手鉗在中央 40 mm 之線段以內，使兩接合線緊密接觸，更使兩手鉗按反對方向，將兩電線絞捻兩次，在作此工作時，應注意兩根電線必須互相纏捲，如 (d) 圖所示，不可使一根電線纏捲在另一根電線而另一根電線則毫未彎曲，其次將左邊電線絞捻後之殘留部分，在右邊電線上作五次單捲纏捲，過長線端則割棄如 (e) 圖，最後如 (f) 圖所示，將右邊線絞捻後之殘留部分，用同法纏捲五次，絞接即算完竣。

(二) 纏捲法：

如第五圖所示，將已經剖剝之電線兩根，各在距離線端約 3 mm 處，用手鉗稍加彎曲，如

(a) 圖 a 點，次在兩線接面之凹槽間加上一根磨光之輔助線，然後用表面磨光而且捲成螺旋狀之接合線中央部分用手向右傾斜粗纏兩三次，稱為粗捲。

粗捲後改用手鉗用力纏直至捲到 a 點為止，在 a 點外面更用手鉗作單捲五次，餘線與輔助線相互絞捻四，五次後割棄。左邊之一半用



第 4 圖

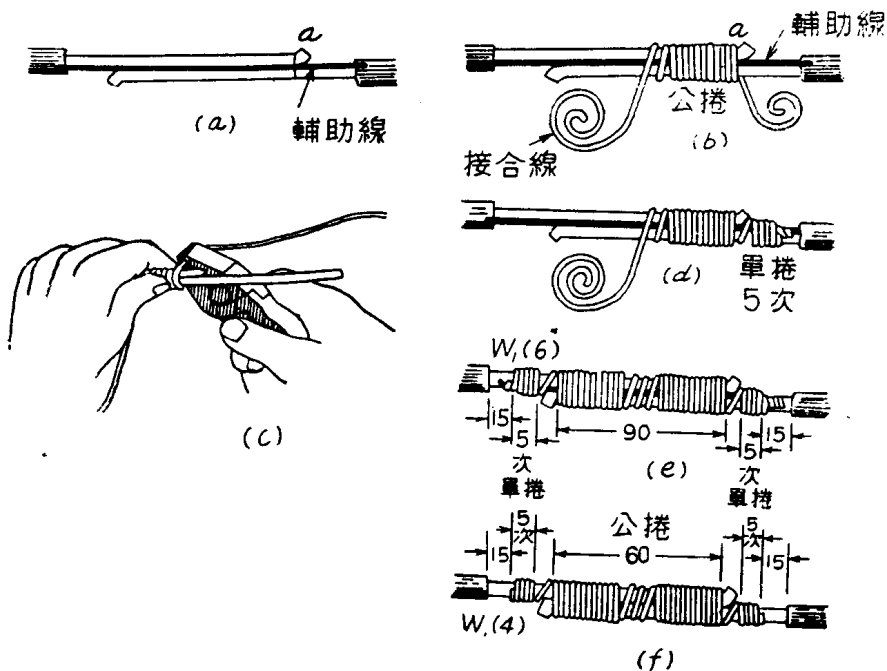
同法纏捲。6 mm 以下電線之接合，不需輔助線，所用方法與上述相同，只是最後不必與輔助線絞捻即割棄而已。

纏捲在兩根電線中間之共同纏捲部分稱為公捲，其長度大約等於直徑之 15 倍，a 點以外之捲線稱為單捲，普通均為五次。常用之接合線及輔助線多為 1—1.2 mm 之裸銅線。

4. 單線之分路連接：

由幹線分枝之電線稱為分路，分路線與幹線之連接部分稱為分路接頭。其連接法與直線連接法大致相同，但須注意下述幾點原則：

(a) 用絞接法連接時，幹線剖剝之長度為分路線直徑之 10 倍另加約 30 mm；分路線則為幹線直徑之 20 倍另加約 50 mm。



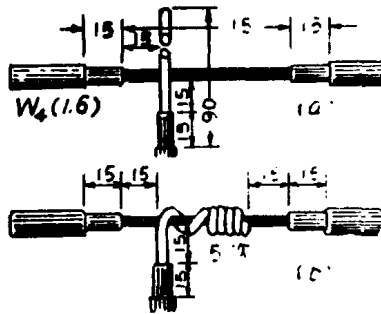
第 5 圖

(b) 用纏捲法連接時，幹線剖剝之長度為分路線直徑之 1.5 倍

(c) 幹線絕緣層之剖剝，因剝下之絕緣層不能由一邊退下，故應全體剖開後切掉，同時須注意不可傷及導體及剖剝段以外之絕緣層

(一) 絞接法：

如第六圖所示先使分路線與幹線交叉，交叉點之尺寸如 (a) 圖。將分路線在幹線上用手纏捲兩週，更用手鉗纏捲五週，所餘之線端切掉。在手捲部分不需加焊。

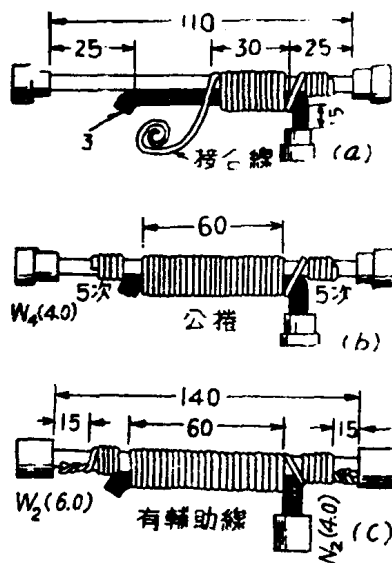


第 6 圖

(二) 纏捲法：

如第七圖所示先用 8 吋手鉗將分路線近線端 3 至 5 mm 處稍作曲折，更在距離絕緣層約 15 mm 左右亦折成直角，使彎曲部分與幹線密合，次將接合線附在兩線外面，先用手纏捲兩三次，更用 6 吋手鉗作公捲纏捲，公捲以外之單捲亦係左右各五次，餘線過長則割棄。

以上所述係不用輔助線之方法，如用輔助線可參照第七圖 (c)。



第 7 圖

5. 絞線之直線連接

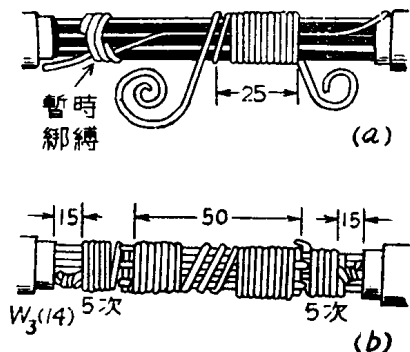
(一) 絞接法：

電線之剖剝長度約為導線外徑之 20 倍加 60 mm。絕緣層剖開以後，打開絞線上最外層之單線成一約 30° 之傘狀，且根根理成直線。如第八圖 (a) 之形狀。將中心線切去一段，切去長度約為剖剝長度之 $\frac{1}{4}$ 。次將兩電線之外圍單線交互插嵌，並且使兩中心線完全接觸為止。將外圍線再行攤合。本節所指之中心線，並非指心線，不論多少層之絞線打開成傘狀者僅為最外面一層，裏面不論多少層，全算作中心線，而在切短時，此等中心線均須切短。

再次對任意之兩根相隣單線如 (c) 圖 1 和 1' 在接合部分中央 a, b 處相絞，並且用左方電線之單線 1 在右方電線上用 6 吋手鉗緊密

第 8 圖

電線刮剝之長度為直徑之 10 倍加 30 mm，公捲之長度為直徑之 10 倍，中心線切掉長度約為直徑之 6 倍，與前法相同，將兩線嵌合，並且將分散之線重行收攏為原來形狀，於是加上輔助線與接合線輔助線，先暫時用細線綁縛在電線上，接合線最初用手粗捲兩三次，



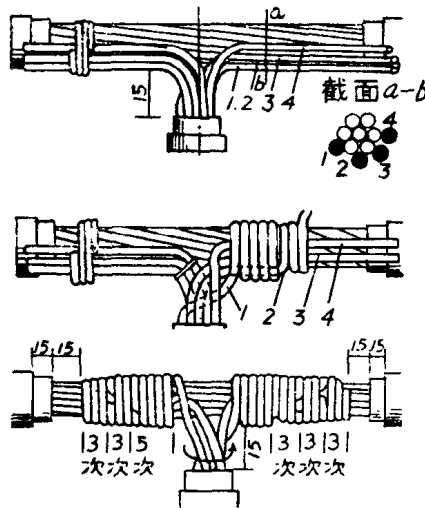
第 9 圖

次用手鉗緊密纏捲，直至距中心 5 倍直徑之點，將被綁線之線端曲折緊包在接合線外面，然後更作單捲五次，末端與輔助線絞捻四五次後切掉，兩邊之接合線用同法纏捲，連接即告完成，見第 9 圖。

6. 絞線之分路連接：

(一) 絞接法

幹線之剖剝長度約為分路電線直徑之 10 倍再加 30 mm，分路線之剖剝長度約為幹線直徑之 18 倍加 60 mm。連接時先將分路線在距離其絕緣層約 15 mm 以外分劈為兩段，左右各曲折 90°，每段所含之單線數應為相等或近於相等，如 7 股之絞線，可分為 3 根及 4 根之兩股。各單線均須加以抽伸，使其由捲曲狀態成為直線，繼將此分曲為左右兩股之分路線附於幹線剖出之導體上，左方一股用廢線暫時綁紮右方一股先將第一線用手鉗在幹線上纏捲五次，以後第 2,3,4... 線各纏 3 次，其次將左方一股之紮線拆除，亦用右方相同方法纏捲

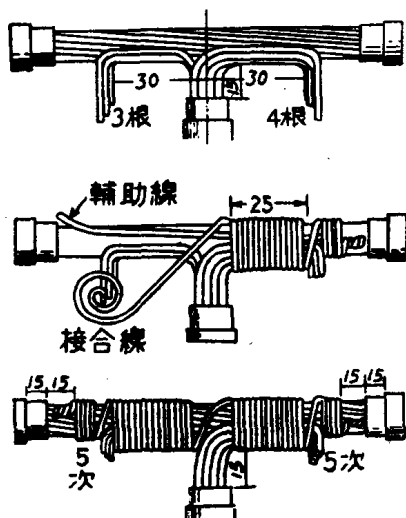


第 10 圖

於幹線上，最後用手鉗夾緊分路之絕緣層稍作旋轉以便將導體根部之弛鬆加以約束，而緊附在幹線上，如第十圖所示。

(二) 纏捲法

幹線之剖剝長度約為分路直徑之 15 倍加 35 mm。分路線之剖剝長度約為幹線直徑之 10 倍加 10 mm。分路線之分劈及曲折方法均與前項相同，各單線伸直後排成並列且各在距離末端 15 mm 處再作一次 90° 之曲折如第十一圖所示。其次將接合線及輔助線均行磨光，將分路線，接合線及輔助線按圖示位置均緊附於幹線上。開始部份用接合線在右方一股之兩 90° 曲角以內完全纏捲，纏捲之次數約為幹線直徑之 5 倍，此稱為公捲。其次在外部曲角以外用接合線在幹線上作單捲四，五次後與輔助線絞合，餘線割棄。左方一股亦按同法工作。



第 11 圖

7. 材料及工具：

1.6 mm 第四種線長 200 mm 4 根，14 mm³ 第四種線長 250 mm

4 根，小刀一把，尺一支，砂紙 1 張，綿紗一張，6 吋手鉗 2 付。

8. 實 習：

(一) 1.6 mm 線直線連接。 (二) 1.6 mm 線分路連接。

(三) 14 mm² 線直線連接。 (四) 14 mm² 線分路連接。

9. 討 論：

(一) 何以在刮剝絕緣層時，小刀不能切得太深，或過於用力？

(二) 為何須磨光電線表面？為何須拭淨？

(三) 在單線之直線連接絞接法中要避免只有一根電線纏在另一根電線上，而另一根線仍舊是直的，何故？

實習 2 加焊方法實習

1. 加焊概說

電線之接頭，無線電零件之連接等除特殊情形外，均須用錫鉛料加焊（Soldering），以加強焊接部分之機械力，減少電阻，防止生銹，同時可以保障不致漸漸弛鬆脫落。

加焊方法，常用者有三種，即直接加焊，傾焊及噴燈加焊。前者可用於較細之電線及無線電零件，後二種則多用於粗線之接合。各種焊法，雖其應用之工具及方法稍有不同，但均不外乎下列五項主要步驟。

(a) 加焊部分打磨光亮。

(b) 在加焊接口上塗以焊糊。

(c) 加焊部分加熱。

(d) 用錫焊料加焊。

(e) 擦拭錫焊料及焊糊，整理焊接部分。

上述五步驟中，(a) 項之功用為除去電線表面上之雜質及氧化

銅外膜，以免影響焊合之不堅固。(b)項之功用係防止焊接部分因過熱而起氧化作用，同時有促進錫焊料流動之功效。所用之焊糊(Soldering Paste)，以下列三種較為常用：

a. 松香液——天然松膠溶於酒精中之糊狀溶液。

b. 焊糊——用氯化鋅溶液 14%，樹脂類 36%，脂肪類 50% 所調合而成。

c. 氯化鋅液——在玻璃罐中，先傾入半罐工業用鹽酸。在氣泡未完全散出以前，放入鋅片，待完全化合後即製成氯化鋅液。

上述三種焊糊中，前二種多用於細線接口之加焊，後者則多用於較粗電線。應用前二種焊糊所得之加焊情形較為低劣，但絕無腐蝕之危險，故應用較廣。d 項為加焊主要步驟，所用之錫焊料，多為錫鉛合金，合金中錫鉛之比例，以各半最適於電線加焊之用，其熔解溫度為 200°C 左右。

市場上應市之錫焊料成品，有棒狀及線狀兩種；棒狀者為常見之一種，線狀錫焊料多製成空心形，而在中空部分填以焊糊，應用時一舉兩得，較為方便，多用於較狹之焊接。

2. 直接加焊法

又可分為最細線用方法及普通線方法二種，今就前者之方法逐條說明如下：

a. 將焊鐵插入電源，使其熱至焊鐵尖端成為黑豆沙色。

b. 用平銼將焊鐵尖端加焊用部分銼光。

c. 用焊糊塗刷在焊鐵面上，此時如焊鐵表面變為黑色，則為過熱之現象，可暫時切斷電流，待稍冷後，再繼續次一步驟。

d. 用錫焊料熔塗於焊鐵上，若焊鐵上由以前之使用已有錫焊料，則可略去以上之步驟。

e. 在加焊之接口上，均勻塗以焊糊，不必塗刷過厚，亦不能塗刷過寬。

f. 焊鐵蘸以錫焊料，並輕輕貼上被焊接部分。隨着加焊部分之溫度上昇，錫焊料則由焊鐵流入加焊部分，於是將焊鐵取去。焊鐵撤去之遲早，對焊合成績影響甚大，不能過早，亦不能過遲，完全憑經驗決定，過早則不能完全焊合，過遲則與焊合部分接近之零件將遭受高熱而變劣。

g. 錫焊料凝固而尚未冷却以前，應用棉紗擦淨焊糊。

註：——若使用線狀錫焊料時，焊鐵可附於加焊部分下面，而在上面用錫焊料塗加焊部分即可。

3. 材料及工具

迴紋針 (Paper clip) 3 支，錫焊料，焊鐵焊糊，平銼，棉紙，砂紙，尺，長鼻手鉗 (Diagonal Cutting plier) 鑷子 (long-nose plier)。

4. 實 習

將 3 支紙夾均拉成直線，並在中點切開，共得 6 條等長之線條，用此 6 支線條焊成一正三角錐。

5. 討 論

(一) 何以焊糊不能塗刷過厚？

(二) 焊鐵蘸以錫焊料時，如焊鐵過熱，則產生何種現象？

實習 3. 屋內線路之設施法

1. 說 明

屋內線路之設施法由於所用裝置之不同，可分為磁夾板，磁珠，木槽板，鉛皮包線，金屬管及電纜之各種裝置法。再由設施處所之不