

# 电子工艺

鲁世功 译

译

徐氏基金会出版

科學圖書大庫

# 電 子 工 藝

譯者 魯世功

徐氏基金會出版

# 原 序

近年來電子工藝因裝配技術之進步已有突破性之革新。高密度裝配之設計配合現代印刷電路之工藝促使新發展之裝置具有更精密之結構及裝配技術，因此今日之技術人員必須具備特殊之技能。本書之目的，乃介紹實用而新穎之方法及知識以對電子裝備之計畫、設計、零件之配置及結構等發展更新之技術。

本書蒐集之資料可適合任何電子工廠職訓之需求，同時亦可直接用作高中、職業學校、技術學院、二專以及工業及軍事訓練計畫等之訓練教材。

訓練一位技藝出衆之工藝人材，不僅需明確而詳細之講解，更藉助視教及圖表之配合。本書共有 350 張插圖及圖表；以闡釋電子設計、結構及裝配之基本技術。此外列舉問題及解答，以助對此等基本觀念之深切瞭解。

雖然本書之章節係按設計與結構之層次編纂，惟各章均相互獨立，可單獨研讀或施教。研讀本書毋需具備電子電路之基本知識，如技術人員已具電子之基本背景當更有助於瞭解。

本書選擇高傳真度立體放大器系統之構造作為激發教學之工具，並配以插圖。其目的乃常發學者興趣，並以最新之方法說明系統裝配之結構技術。此並非表示必須製造一放大器系統以擴大教學效果，教師可因材施教，彈性運用。

第一章討論者乃為裝配任何電子系統所需之因素。第二章係根據裝配初步之構想而變為計畫之工程圖，第三至第八章包含金屬板底座元件之設計、構造及修飾。第九至第十二章係供選擇設計及印刷電路構造之詳細資料。在此數章凡有關印刷電路材料及技術之資料均予介紹，以作工作之指導同時亦訓練技術人員精湛熟練之印刷電路工藝。在此數章所含之資料亦足以提供成立一安全、經濟之印刷電路典型實驗室。最後第十四至十六章中包含裝配、連線及紮線等技術，俾將印刷電路板與機座元件連接一完整之系統。第十七章包含計畫之選擇，以進一步提高學者之興趣並供實習以熟諳本書所討論之技術。

# 譯 序

由於電晶體的發明，及印刷電路與積體電路的相繼發展，目前電子工藝方面之進展，可以說是一日千里。有關各種電子設備，及家用電器製品方面之設計與封裝，電子製造業者，都在不斷地研究發展，求變、求新，力求達到真、善、美的境界。因此，電子工藝為今日電子領域中重要的課題之一。

有關電子方面的書籍，坊間譯著很多。但是，對於電子工藝方面的書籍却鮮少。本書——電子工藝學，由構想、計畫、設計、製圖、選料、構造、修飾、工具使用、照像製板及接線等。雖分章節敘述，然前後脈絡一貫，於每章末均附有練習題。本書最大之特色是理論與實踐併用，故不僅可供各級職校之教材，尤可為電子工廠從業人員不可多得的指南。

惟譯者才疏學淺，對用詞方面，不當之處在所難免，尚祈專家學者不吝惠予斧正。

譯者 謹識

# 目 錄

|                |                |    |
|----------------|----------------|----|
| 原 序            | 2.8 裝配圖        | 43 |
| 譯 序            | 問 題            | 44 |
| 第一章 封裝設計要素     | 第三章 切 裁        |    |
| 1.0 緒 論        | 3.0 緒 論        | 46 |
| 1.1 空間與重量的限制   | 3.1 腳操作式方形切裁機  | 47 |
| 1.2 組件與硬體的選定   | 3.2 切裁不規則材料    | 49 |
| 1.3 底板材料與形狀    | 3.3 手操作式方形切裁機  | 50 |
| 1.4 組件與硬體的配置   | 3.4 手壓式 V 形切裁機 | 52 |
| 1.5 保 養        | 3.5 液壓及機械動力切裁機 | 55 |
| 1.6 人體工學       | 3.6 切裁之應用      | 55 |
| 1.7 高度逼真立體聲放大器 | 問 題            | 55 |
| 1.8 設計放大器封裝的問題 | 第四章 機座設計技術     |    |
| 問 題            | 4.0 緒 論        | 57 |
|                | 4.1 設計顏料       | 57 |
| 第二章 準備分圖       | 4.2 設計板        | 58 |
| 2.0 緒 論        | 4.3 劃線器及比例尺    | 59 |
| 2.1 比例尺量度      | 4.4 翼腳卡鉗       | 60 |
| 2.2 卡鉗量度       | 4.5 組合角尺       | 63 |
| 2.3 分厘卡量度      | 4.6 鑿孔器        | 67 |
| 2.4 工程草圖       | 4.7 分 規        | 69 |
| 2.5 繪圖設備       | 問 題            | 74 |
| 2.6 繪圖習用之基本線形  | 第五章 鑽孔、擴孔、鑿孔   |    |
| 2.7 註明機座佈置尺寸   | 5.0 緒 論        | 76 |

|     |           |    |
|-----|-----------|----|
| 5.1 | 基本麻花鑽頭之特性 | 79 |
| 5.2 | 鑽頭尖       | 79 |
| 5.3 | 麻花鑽頭之磨法   | 81 |
| 5.4 | 鑽床        | 85 |
| 5.5 | 鑽孔作業      | 88 |
| 5.6 | 修孔邊       | 91 |
| 5.7 | 擴孔        | 93 |
| 5.8 | 鑿孔        | 94 |
|     | 問題        | 99 |

## 第六章 金屬切裁

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 6.0 | 緒論      | 100 |
| 6.1 | 金屬切裁刀   | 100 |
| 6.2 | 垂直帶鋸    | 103 |
| 6.3 | 手持切割器   | 110 |
| 6.4 | 翼形刀及圓孔鋸 | 111 |
| 6.5 | 銼刀      | 113 |
|     | 問題      | 123 |

## 第七章 彎曲

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 7.0 | 緒論      | 124 |
| 7.1 | 彎曲裕度    | 124 |
| 7.2 | 彎曲閘     | 126 |
| 7.3 | 彎曲次序    | 130 |
| 7.4 | 角垂緣盒型機座 | 134 |
|     | 問題      | 138 |

## 第八章 修飾及標記

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 8.0 | 緒論       | 139 |
| 8.1 | 修飾表面準備工作 | 139 |
| 8.2 | 修飾       | 144 |
| 8.3 | 標記       | 154 |
|     | 問題       | 162 |

## 第九章 印刷電路板之材料

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 9.0 | 緒論          | 164 |
| 9.1 | 印刷電路板之分類    | 171 |
| 9.2 | 印刷電路絕緣基板之材料 | 171 |
| 9.3 | 導電箔         | 176 |
| 9.4 | 接合          | 178 |
| 9.5 | 電路板之選擇      | 179 |
|     | 問題          | 181 |

## 第十章 印刷電路工藝設計與佈置

|      |              |     |
|------|--------------|-----|
| 10.0 | 緒論           | 182 |
| 10.1 | 座標法          | 183 |
| 10.2 | 空間分配及組件定位    | 185 |
| 10.3 | 印刷電路工藝繪圖輔助模型 | 198 |
| 10.4 | 工藝構造首先考慮之事項  | 203 |
| 10.5 | 單面板工藝件之構造    | 214 |
| 10.6 | 雙面板工藝件之構造    | 215 |
| 10.7 | 絹網焊接及標記護面    | 216 |
|      | 問題           | 223 |

## 第十一章 印刷電路板的製作

|      |            |     |
|------|------------|-----|
| 11.0 | 緒論         | 227 |
| 11.1 | 原稿的照像縮影    | 228 |
| 11.2 | 底片曝光及沖洗    | 232 |
| 11.3 | 負片接觸晒印法    | 238 |
| 11.4 | 印刷電路板感光    | 247 |
| 11.5 | 電路板蝕刻      | 254 |
| 11.6 | 印刷電路板沖洞及鑽孔 | 257 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 11.7 電路圖形表面之清理  | 260 |
| 11.8 電路圖形的電鍍及封存 | 260 |
| 11.9 絹印術        | 263 |
| 問 題             | 273 |

## 第十二章 印刷電路硬體及元件組合

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 12.0 緒 論              | 275 |
| 12.1 標準焊接柱            | 276 |
| 12.2 無焊接印刷電路接線柱       | 281 |
| 12.3 印刷電路板連接器         | 283 |
| 12.4 雙面印刷電路板的內部<br>連接 | 286 |
| 12.5 零件組合             | 288 |
| 12.6 元件組合             | 295 |
| 12.7 元件插座             | 304 |
| 12.8 印刷電路板元件散熱        | 306 |
| 問 題                   | 311 |

## 第十三章 印刷電路板之焊接

|              |     |
|--------------|-----|
| 13.0 緒 論     | 312 |
| 13.1 軟焊料及其特性 | 313 |
| 13.2 助焊劑     | 314 |
| 13.3 烙 鐵     | 316 |
| 13.4 手焊印刷電路板 | 322 |
| 13.5 解焊術     | 327 |
| 13.6 浸焊及波焊   | 330 |
| 問 題          | 333 |

## 第十四章 機座硬體及裝配

|            |     |
|------------|-----|
| 14.0 緒 論   | 335 |
| 14.1 機械螺釘  | 336 |
| 14.2 螺帽及墊圈 | 340 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 14.3 螺紋成形及螺紋切削螺<br>釘 | 343 |
| 14.4 螺絲起子及螺帽起子       | 345 |
| 14.5 扳 手             | 350 |
| 14.6 急洩鉚釘            | 352 |
| 14.7 硬體裝配鉗           | 354 |
| 14.8 螺絲攻及螺模          | 356 |
| 14.9 特殊扣件及硬體         | 359 |
| 問 題                  | 366 |

## 第十五章 裝線及互相連接技術

|                |     |
|----------------|-----|
| 15.0 緒 論       | 368 |
| 15.1 導體材料及線料組態 | 369 |
| 15.2 絕緣材料      | 374 |
| 15.3 特殊線料組態    | 379 |
| 15.4 線料準備及裝配工具 | 381 |
| 15.5 線料連接      | 388 |
| 15.6 特殊線料裝配    | 391 |
| 15.7 無焊料接線技術   | 394 |
| 問 題            | 398 |

## 第十六章 電線束及電纜製造

|               |     |
|---------------|-----|
| 16.0 緒 論      | 400 |
| 16.1 電線束設計之條件 | 401 |
| 16.2 電線束組合圖   | 402 |
| 16.3 電線束工模    | 408 |
| 16.4 紮 線      | 410 |
| 16.5 電纜紮      | 414 |
| 16.6 伸縮式套管    | 416 |
| 16.7 電纜夾      | 418 |
| 16.8 電纜設計與製造  | 418 |
| 問 題           | 419 |

## 第十七章 策 畫

|            |     |
|------------|-----|
| 緒 論        | 421 |
| 汽車輔助警報器    | 422 |
| 汽車安全閃光器    | 422 |
| 12 伏特電瓶充電器 | 425 |
| 整套汽車安全系統   | 428 |

|              |     |
|--------------|-----|
| 雙頻率訊號注入器     | 430 |
| 電晶體曲線追蹤器     | 431 |
| 可變電壓調制電源供應器  | 433 |
| 400 瓦燈光強度控制器 | 437 |

## 附 錄

# 第一章 封裝設計要素

- 1.0 緒 論
- 1.1 空間與重量的限制
- 1.2 組件與硬體的選定
- 1.3 底板材料與形狀
- 1.4 組件與硬體的配置
- 1.5 保 養
- 1.6 人體工學
- 1.7 高度逼真立體聲放大器
- 1.8 設計放大器封裝的問題

## 1.0 緒 論

只須精心設計與應用基本機械及電子的設計要素，即能作成一件合格的電子設備。在這些要素中，以可靠性（Reliability）最爲重要。如果在預定計畫的階段，就將封裝設計的各種因素都考慮進去，必能作成一件可靠性極高的產品。

本章所要檢討的，就是在製作電子設備的預定計畫階段，通常所遭遇到的很多封裝方面的問題。所需要考慮的是空間（Space）與重量（Weight）的限制，組件（Component）與硬體（Hardware）的選定，底板材料（Chassis materials）與組態（Configurations），組件與硬體的配管，保養以及人體工學（Human engineering）等。本書並將關於立體聲放大器（Stereo amplifier）的封裝問題，特別作爲封裝問題的範例。依次以用於此種放大器的每一個封裝步驟，來說明一般重要的封裝問題。

## 1.1 空間與重量的限制

只要所需系統業經定案，機械與電子設計工程師，爲了確使該系統整個

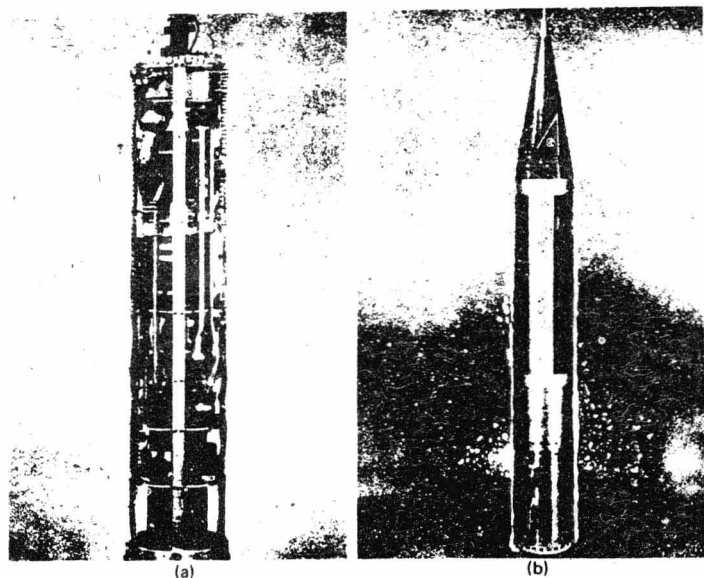


圖 1.1 太空探索分裝組件的封裝。

單位都與預定環境相配合，就得出很多的規範。例如，就像車輛（Vehicular）裝置的封裝，經常就會遭到體型與重量的限制。如果受空間的限制，其體型與重量都要保持最小，則該系統就只得分開裝，或是採用單模（Modular）設計，才能跟諸如船艦，航空器或是太空艙（見圖 1.1）之類的交通工具各種不同形狀的空間相配合。如像用於家庭或是實驗室的固定（Stationary）裝備，所受空間限制較少，其底板，外壳，框架，嵌板，以及支架等的設計，則以合符經濟條件為原則。

## 1.2 組件與硬體的選定

一旦系統的配件值業經設計而成，其電路可採用一般型式或麵包板（Breadboard）形式。組件值與額定值最後選定的確定，一般說來都是設計工程師的權責。為了有效運用業經選定的配件，技術員也一定得熟悉為何要作這些選定的因素。配件與硬體的最後選擇，多少都按其價格（Cost）與使用價值（Availability）而定，不過一定要顧到可靠性這個大前提。大小（Size），形狀（Shape），以及單件的成品的外觀（Finished appearance）

rance) 均應善加選定。

一切電子設備應該要盡量地結實，切忌配件過份擁擠。通常單件的尺寸，多根據其用途預先就已定出，而技術員一定得在限定的尺寸中，安置選定的配件。在體形受到限制的情形下，可改用電的額定值相同的配件，以變更體形與安裝方式也未嘗不可。例如，有某單件所採用的變壓器受到高度的限制，於是，技術員即可選用扁而寬的變壓器，以使高度降低；而不致超過封裝的垂直尺寸。（見圖 1.2 所示）。

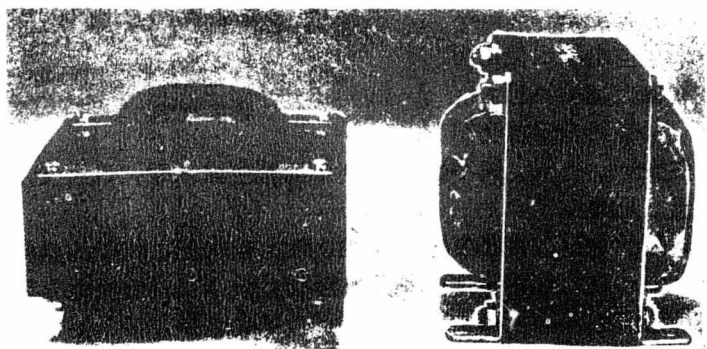


圖 1.2 為適應封裝有各種不同形狀的變壓器。

用來選定配件的首要準據，當然就是所能承受的，高度可靠性電路的電的需求。製造廠家所定出的容許度，必須要設計值以內。愈是接近配件額定值的容差，就愈昂貴。由於經常都需要考慮到造價，技術員就不可選用其容度比作某種特殊用途所需的更為接近的配件。例如，某電阻器所設計的值為 220 歐，容差為 10%，而選用容差為 1% 的電阻器當然就很不經濟，因為既不能改進電路的性能，又不會增加它的可靠性。

電壓 (Voltage)，電流 (Current)，功率位準 (Power levels)，頻率 (Frequency)，以及連續 (Continuous) 或是間歇性 (Intermittent) 操作等，均為限定選擇配件值與類型兩者電路主要的參變數。初型 (Prototype) 結構配件最大電的額定值 (應力位準)，必使確定的可靠性降低。降低率 (Derating) 作為大小相當的安全因數，以使配件能在其額定應力限度以內工作良好。大致說來，電阻器大約都在其功率應力位準 (Power stress levels) 的 50% 以下工作。例如，某一電路電阻器需要損耗 1/4 瓦，而該

電阻器的額定值就定成  $1/2$  瓦。在另一方面，應限定於最低與最高額定值之間。只需使用  $1/4$  瓦的電阻器，改用 2 瓦的電阻器或是工作電壓只需 10 伏的電容器，而換用 100 伏工作電壓的電解質電容器，雖然體積加大，重量增加，造價加高，却並不能增進電路的性能。

環境因素 (Environmental factors) 與人體工學 (Human engineering)，也能決定使用何種配件或是何種式樣的硬體。就如為了防潮，就得使用銲接密封的配件。站在安全，外觀，與不致跟外界接觸的立場來看，就該採用有抽取套的熔斷器盒（見圖 1.3）。

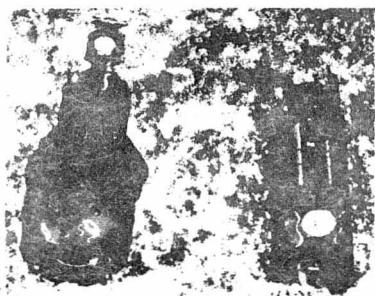


圖 1.3 抽取式柱形保險絲插座與保險絲塊。

配件與硬體的選定，大都由技術員酌量情況來調配。調配的原則像可行性，價格，大小，以及容差等都要顧到。最後分析系統以能否建立操作規範的功能為準，而與配件的選擇無關。不過，數值小包裝比較方便。

硬體項目的選擇有時因人而異。不過，以這些項目而論，其尺寸必須要與該系統的計劃相配合。配件密度要求不高時，就不必選用袖珍型以及超小型硬體。很多實例可以看出，如像開關，指示燈，連接器，插口，以及插塞之類硬體的選擇，依其用途視其形狀與類型而定。如果該單件專設計成要與某一現有的系統連接使用，差不多的硬體都應該以機械與電的相容性，以及相同的外觀為選擇的基準。比如說已經有某一系統採用卡隆 (Cannon) 連接器作為相互連接的接頭，如果有使用瓊斯 (Jones-) 型連接器的新設計加於該系統，就需用一條特製電纜。又比如，有一個使用印刷電路 (PC) 板連接器作成的某一個系統，要在同一系統中加用電路板，就必須要使用相同的類型（見圖 1.4）。

廣泛使用電晶體與積體電路 (Integrated circuits)，包裝會變得更複雜，並使印刷電路上的承受量加重。印刷電路 (Printed circuits) 只幫忙解決所安裝的電晶體的實際問題，而積體電路的特色就在於錯綜複雜的佈線。在結構的預行計劃的階段，技術員面臨在他的設計採用部份或是全部印刷電路的難題。要解決這種問題，通常都由大部份適當的配件與硬體類型及式

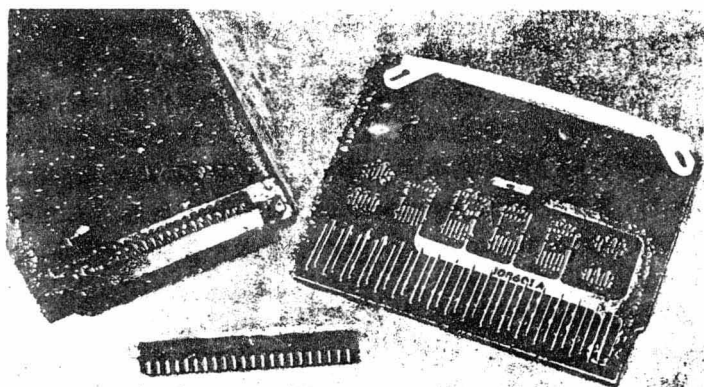


圖 1.4 典型印刷電路板連接器。

樣的選擇而定。印刷電路雖然複雜，却減少許多封裝所遭遇的尺寸，重量，以及生產化一等多方面的問題。由於大部份的配件均設計成印刷電路板，技術員在尋求可用配件的問題就小了。

有的電路需要可變配件，只用來配置電路性能作初步調節。只要一調整好該配件就不必再動。這類配件通常都裝於底板或是配合印刷電路設計，如圖 1.5 所示。

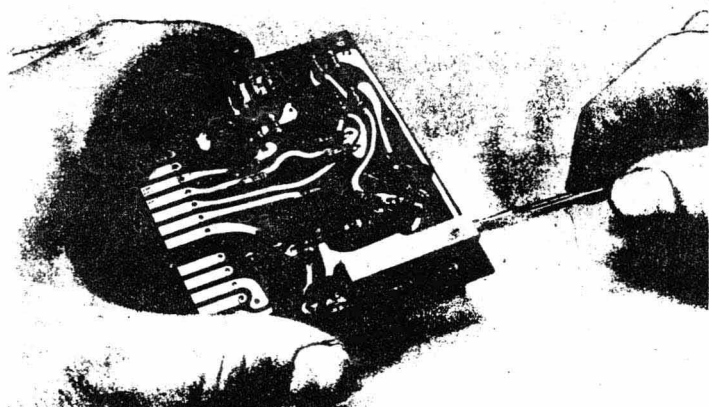


圖 1.5 供印刷電路用的以螺絲調節的電位器。

### 1.3 底板材料與形狀

完美的機械設計，是電子設備封裝的基本要素。配件必定要有使其位置固定的堅牢的安裝基礎，才會有良好的電的連接。通常安置配件的金屬框架就稱為底板（Chassis）。底板整個的尺寸，均由電路設計全部所用的配件而定。底板的結構經由下面的各種因素選定：電路功能（Circuit function），大小（Size），面積的限制（Area restrictions），硬度（Rigidity），配件的可達性（Component accessibility），以及可以採用的製造與構製是否便利等。

底板有兩種最基的程式，就是匣式（Box）與平板式（Flat plate）結構。其他各種不同形式的底板，都由上述二種形式演變而成。如圖 1.6 所示，即為廣泛地用於工業與消費大眾所樂於使用的數種常用的底板。

決定底板樣式的因素，視其特殊用途而定：最重的配件的重量；所使用的諸如開關，電位器，電表，以及燈等控制與指示裝置；電路與操作人工的保護裝置；是否輕便；以及美觀等。如果要安裝相當重的配件，採用簡單的如圖 1.6 a 所示的“U”形底板，很可能力量不夠，尤其採用鋁質底板。像

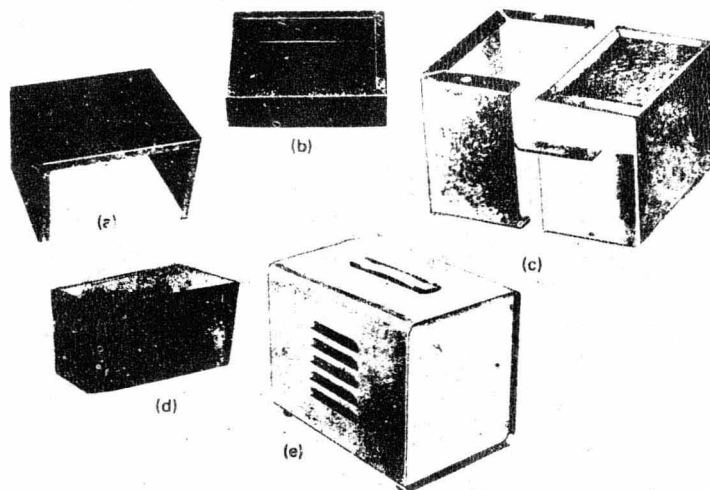


FIGURE 1.6

(a)“U”形。(b)標準匣，(c)小型實用盒。

圖 1.6 商用底板組合。

這種情況，就該考慮使用如圖 1.6b 所示的箱形底板。此處，底板長的垂邊都疊合在短邊的後面，以使轉角處可以用金屬板螺釘，鉚釘，或是點熔接方式予以固定。小型自備全套電路，都封裝於如圖 1.6 c 所示的，封閉式底盤組中。有些電路的用途，特別是像測試設備之類，還需要接出電表，把手，以及指示燈等必須重視其攜帶性。像作這種用途，選用如圖 1.6d 或 1.6 c 所示的底板與封閉式組態最為適宜，而其正面嵌板專門安裝控制裝置與指示器，為了攜帶方便有時還可以安裝把手。圖 1.7 所示，為典型的輕便型封裝。

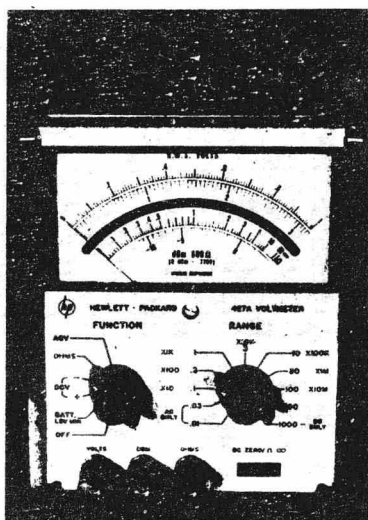


圖 1.7 手提式輕便型測試設備。

底板通常都用金屬板作成，不過也有鑄造的。製作底板一般最常用的材料有鋁，鋁合金，低碳冷軋或熱軋鋼（Low carbon cold-or-hot-rolled steel），以及模造塑膠（Molded plastics）等。作特殊用途的底板多用銅，黃銅，或是鎂等製作。底板材料的選擇視其強度，重量，使用環境，光製（Finish），電與熱的條件，造價，以及諸如隔離之類特殊電路的需求而定。鋁質底板廣泛使用其合金及含炭量（金屬的硬度），以 14 至 20 的規號（金屬的厚度）範圍，作成各種不同的高度，寬度，與深度底板。（見附錄 1 金屬規號表及其鋁與鋼小數等量厚度）。用鋁製作底板，主在於較輕，堅硬，容易處理，比較便宜。由於在正常情況下不易腐蝕，也不需要保護的光製處理。鋼質底板必須要作防腐防銹處理，而且還要顧到外表的美觀。（關於底板光製的詳盡資料可見第八章）。

雖然鋼質底板比用鋁作底板處理更困難，又需要另作光製處理，但却比相同規範的鋁要堅牢。如像電源供給器之類的電路，有電力變壓器以及濾波抗流器等幾種重的配件，就該使用鋼質底板。（見圖 1.8）。如果仍然使用鋁作底板，就需採用較厚的鋁板。

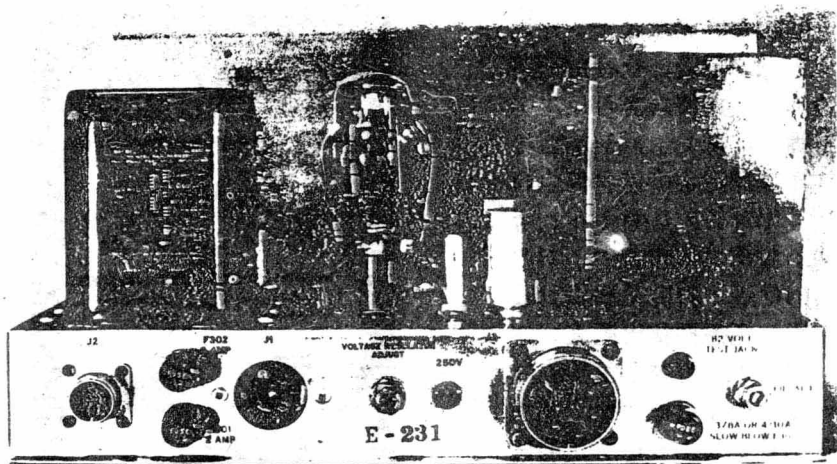


圖 1.8 用以支持沉重另件的鋼製底板。

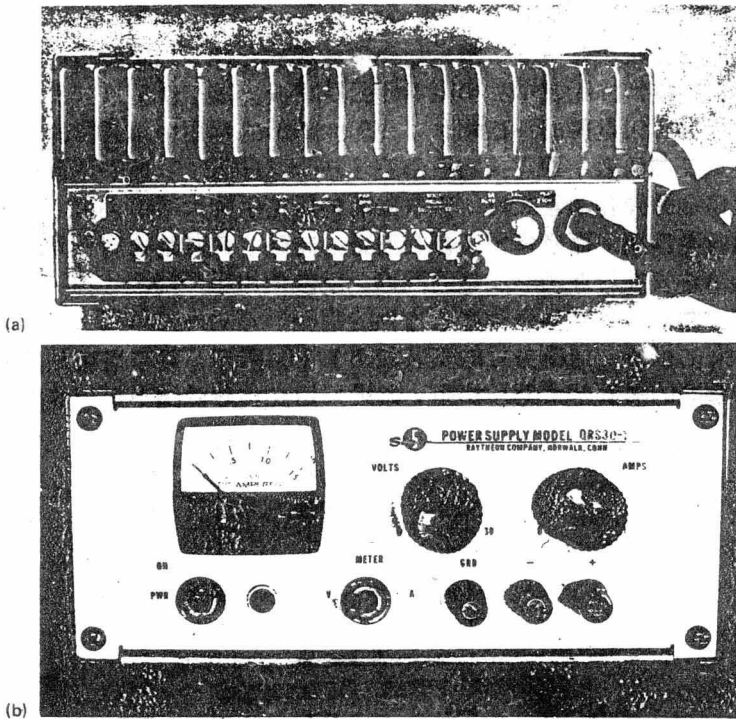
如果電路設計特性包括如像特高頻（ $VHF$ —30百萬赫至300百萬赫），與超高頻（ $UHF$ —300百萬赫至3000百萬赫），就該用其傳導係數要比鋁或銅都高的銅或是銅板作底板。如果底板作為電路的一部份，像這種性能就最為需要。

只要是底板的結構與材料一經決定，次一步驟就是光製底板的大小這個問題。決定大小的因素為配件的數量與尺寸，以及配件密度與部位。

## 1.4 組件與硬體的配置

電子系統的封裝所遭遇到的零件與組件的部位，決定其最佳密度與位置，成件底板的大小，以及均衡設計等。電與機械兩種因素均在封裝時必須考慮的。首先運用機械規範按理說比較合理。

如像變壓器與濾波抗流器之類大而且重的組件，應該安裝於承受力最大的底板靠邊處或是靠角處。假如用了好幾個重的配件，應該均衡地安置在整個底板上。電源變壓器正常安裝的位置，要避開交流電源電纜所經之處，或是底板有臨界電路穿越的區域。熔斷器，電纜連接器，以及不常使用的結合柱，外接天線插口，或是遙控揚聲器接頭等，都該安置在後面。（見圖 1.9a）。控制把手，開關，經常要用到的結合柱或是插口，電表，標度盤，以及指示燈等，通常都裝於底板的前方。（見圖 1.9b）。像這類組件都並不直接裝



(a)典型後裝硬體。(b)典型前裝零件及硬體。

圖 1.9 外部硬體與零件位置。

在底板上，而是裝在正面的嵌板或是匣上。裝於嵌板與裝於底板上的配件其間的電的连接，都直接相連或是接於中間接頭點。裝於嵌板的硬體與組件，必須要跟其外形保持平衡位置，使操作方便，看得清楚，整潔美觀，佈線不亂。

揚聲器組要儘量朝前方安，以使聲音朝向操作人員。巨型揚聲器組，音調品質極為重要，也需要安裝，由於體形大小有關，可裝於可行之處。爲了音色（Tone quality）而犧牲位置也是很平常的事。

電的準繩經常會受到配件位置的很大的限制。一般電路封裝必須要考慮到的問題是確保適當電路性能，爲如像電阻器與功率電晶體等的輻射熱（Thermal radiation）；交流聲（AC Hum）介入聲頻電路；以及能夠嚴重影響聲調電路與射頻電路的，分佈越前電容與電感。這類電路問題即將在