

第 1 章 电子设计的基础知识

1.1 电子线路的设计方法

所谓设计方法，即达到设计目的的途径。一般而言，电子电路的设计方法基本包括：总体方案的选择、单元电路的确定、元器件的选择和器件参数的计算等。

1.1.1 电子线路设计的基本原则

电子线路设计是指根据设计任务、要求和条件，选择合适的方案，确定电路的总体组成框图，接着对各单元电路进行设计，最后得到满足技术指标和功能要求的完整电路图的过程。一个好的设计除了完全满足性能指标和功能要求外，还要求电路简单可靠，系统集成度高，电磁兼容性好，性价比高，同时要求系统的功耗小、安装调试方便。电子线路设计的基本原则如下：

1. 整体性原则

在电子电路设计时，应当从分析电路整体内部各组成元件的关系以及电路整体与外部环境之间的关系入手，去揭示电路整体性质，判断电路类型，明确电路应具备哪些功能、输入和输出信号与控制关系如何、参数指标在哪个功能模块实现等，从而确定总体设计方案。

整体原则强调以综合为基础，在综合的前提下进行分析，并且对分析的结果再进行恰当的综合。任何一个复杂的大型电子电路系统都可以逐步划分成不同层次的较小的电路子系统。

电路设计一般先将大型电路系统划分为若干个具有相对独立的功能部分，并将其作为独立电子电路功能模块；然后全面分析各模块功能类型及功能要求，考虑如何实现这些技术功能，即采用哪些电路来完成它；最后选用具体的实际电路，选择出合适的元器件，计算元器件参数并设计各单元电路。

2. 最优化原则

最优化原则是对一个基本达到设计性能指标的电子电路而言，由于元件自身或相互配合、功能模块耦合还存在一些缺陷，使电子电路对信号的传送、处理等方面不尽完美，需要在约束条件的限制下，从电路中每个待调整的元器件或功能模块入手，进行参数分析，分别计算每个优化指标，并根据优化指标的要求，调整元器件或功能模块的参数，直到目标参数满足最优化目标值的要求，完成整个电路的最优化设计。

3. 可靠性原则

电路形式及元器件选型等设计工作，只要能满足系统的性能和功能指标就尽可能地以简化电路结构为主；避免片面追求高性能指标和过多的功能；合理划分软硬件功能，贯彻以软代硬的原则，使软件和硬件相辅相成；尽可能用数字电路代替模拟电路。

影响电子电路可靠性的因素很多，在发生的时间和程度上的随机性也很大，在设计时，对于易受不可靠因素干扰的薄弱环节应主动地采取可靠性保障措施，使其保持稳定。抗干扰技术和容错设计是变被动为主动的两个重要手段。

1.1.2 电子线路设计的一般步骤

首先根据电子电路的设计任务，进行总体方案选择；然后对组成系统的单元电路进行设

计、参数计算、元器件的确定和实验调试；最后绘出总体电路图。

1. 分析设计课题，明确功能要求

在接到设计课题后，应对题目进行认真的阅读、理解，判断题目类型，画出功能框图。

根据用户要求或生产实际提出设计要求。包括功能、技术参数等，使设计课题具体化。

2. 进行方案选择，画出总体组成框图，分配技术指标

功能要求明确后，应对比多种方法与思路，综合考虑成本、难度、器件的易采购性、方便合理性等因素，根据现有的条件选择一种方案。

最后根据选择的方案，从全局着手，把系统要完成的任务按照功能划分为若干个相互关联的单元电路，然后将技术指标和功能分配给各个单元电路，并画出一个能表示系统基本组成和相互关系的总体组成框图。

例如，设计一个额定输出功率不小于 1 W 的音响放大电路，并要求该电路具有话筒扩音、数字混响延时、卡拉 OK 伴唱等功能。由题意可知，该系统要完成的主要功能是放大和混响延时，参考有关资料，可以设计出该系统的总体框图，如图 1.1 所示。

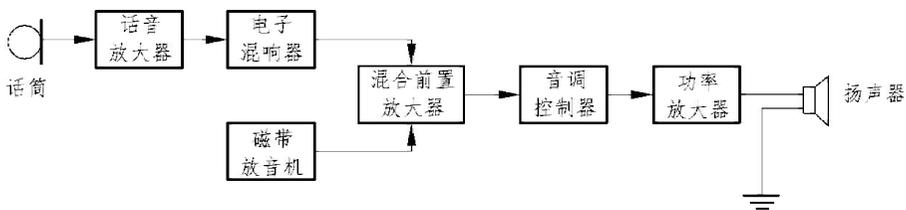


图 1.1 音响放大器的总体框图

然后将系统要完成的功能和各项技术指标分配给各个单元电路。由于话筒（低阻 $20\ \Omega$ ）的输出电压有效值大约为 $5\ \text{mV}$ ，而输出功率大于 $1\ \text{W}$ ，则输出电压 $v_o = \sqrt{p_o R_i}$ 大于 $2.8\ \text{V}$ 。可见系统的总电压增益 $A_{V\Sigma} = V_o / V_i > 560$ 倍（ $55\ \text{dB}$ ）。如图 1.2 所示是各单元电路电压增益分配情况。

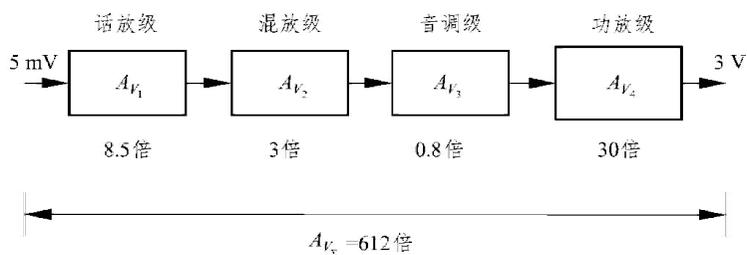


图 1.2 各个单元电路的电压增益

3. 单元电路设计与优选

单元电路的设计可以参考一些典型的实用电路。包括电路选择、元器件选择、电路参数计算、计算机仿真和实验调试等步骤。如果元器件选择合适，则电路实现比较简单。在电路形式确定后，还要根据公式计算出各元件的参数，并对电路形式与计算出的电路参数进行计算机仿真。

在设计单元电路时，在保证性能指标的前提下，要尽量减小元器件的品种、规格，尽量选用集成电路进行设计。在选择元器件时，要注意以下几点：

(1) 选择集成电路进行设计时，需注意芯片的供电电压、功耗、速度和价格等因素。

(2) 电阻、电容、晶体管的种类很多，正确选择它们很重要的，不同电路对电阻、电容和晶体的性能要求是不同的，有些电路对电容的漏电要求很严，有些电路对阻容元件的精度要求很高。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件，并注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。由于电阻值大时，其误差和噪声会增大，因此选择电阻时，其阻值一般不应超过 $10\text{ M}\Omega$ ，并尽量选择阻值小于 $1\text{ M}\Omega$ 的电阻。对于非电解电容的选择，其数值应在常用电容器标称系列之内，并根据设计要求及电路工作具体情况选择电容种类，其电容值最好在 $100\text{ pF} \sim 0.1\text{ }\mu\text{F}$ 。

4. 画出总体电路图

在单元电路设计完成后，应画出能反映各单元电路连接关系的完整电路原理图。此时得到的电路原理图是一个初步设计的草图，在经过调试后，再绘制正式的总体电路图。绘制电路图时，应该注意以下几点：

(1) 布局合理、排列均匀、图面清晰、便于读图和理解。对于比较复杂的电路，绘图应尽量把主体电路绘在一张图纸上，而把比较独立或次要的部分绘在其他图纸上，并在图的断口两端做好标记，标出信号从一张图到另一张图的引出点和引入点，以说明各图纸在电路连接之间的关系。

(2) 注意信号流向，一般从输入端或信号源画起，由左到右或由上到下按信号流向依次画出各单元电路，而反馈通路的信号流向与此相反。

(3) 图形符号要符合标准。

(4) 连线一般画成水平或垂直线，并尽量减少交叉与拐弯。相互连通的交叉线应在交叉处用实心点表示，根据需要，可以在连线上加注信号名或其他标记，表示其功能或去向。

1.2 电子线路的安装与调试

电子线路的安装通常采用在面包板上插接和在 PCB 板上焊接两种方式。对于比较简单的单元电路，在面包板上插接电路是一种简便易行的方法。而对于比较复杂的电路，通常需要设计 PCB 板，然后将元器件焊接在 PCB 上进行调试。

1.2.1 电子线路安装常用工具及使用

1. 螺丝刀

螺丝刀是拆卸和装配螺丝必不可少的工具，有以下几种规格的螺丝刀：

- (1) 扁平螺丝刀；
- (2) 十字头螺丝刀；
- (3) 修表小螺丝刀。

螺丝刀在使用中应注意以下几点：

(1) 根据螺丝口的大小选择合适的螺丝刀，螺丝刀刀口太小会拧毛螺丝口，从而导致螺丝无法拆卸。

(2) 在拆卸螺丝时，若螺丝很紧，不要硬拆，应先按顺时针方向拧紧该螺丝，以便让该螺丝松动，再按逆时针方向拧下螺丝。

(3) 将螺丝刀刀口在磁铁上擦几下，使刀口带些磁性，这样在装螺丝时能够吸住它。

(4) 在装配螺丝时，不要装一个就拧紧一个，应该在全部螺丝装上后，再把对角方向的螺丝均匀拧紧。

2. 电烙铁

电烙铁是用来焊接的。为了提高焊点的质量，除了需要掌握焊接技能、选用合适的助焊剂外，还要根据焊接对象、环境温度、合理选用电烙铁。电烙铁主要选择下列几种：

(1) 20 W 内热式电烙铁，主要用来焊接晶体管、集成电路、电阻器和电容器等元器件。

内热式电烙铁具有预热时间快、体积小、效率高、重量轻、使用寿命长等优点。

(2) 60 W 左右的电烙铁，可以外热式的，用来焊接一些引脚较粗的元器件，例如变压器、插座引脚等。

电烙铁支架，防止电烙铁头碰到工作面上。支架底板要木质的，以绝热；底板中间开一个凹坑，放入助焊剂——松香。

买来的电烙铁电源引线一般是橡胶线，易被烙铁头烫坏皮线，应换成防火的花线。在更换电源线之后，还要进行安全检查，主要是保证引线头不能碰到电烙铁的外壳。

3. 钢 针

钢针是用来穿孔用的。拆下元器件后，线路板上的引脚孔会被焊锡堵住，此时在电烙铁的配合下用钢针穿通引脚孔。

4. 刀 片

在电路调试中，时常要对某个元器件进行脱开电路的检查，此时可用刀片切断与该元器件相关引脚相连的铜箔，可省去拆下该元件的不便。

5. 镊 子

可以用来拉引线，送管脚，以方便焊接，因此是焊接时不可缺少的辅助工具。另外，当镊子夹住元器件引脚后，可以帮助其散发由于烙铁焊接时的热量，减少了元器件被烫坏的可能性。镊子的钳口要平整，弹性适中。

6. 剪 刀

剪刀可用来修剪引线等软性的材料，例如可用来剥去导线外层的绝缘层。方法是：用剪刀口轻轻夹住引线头，一只手抓紧引线，另一只手将剪刀向外拉拔；也可以先在引线头外轻轻剪一圈，割断引线外皮，再剥引线皮。剪刀刀口要锋利，剪刀夹紧引线头时即不能太紧也不能太松，太紧了会剪断或者损伤内部的引线，太松了又剥不下外皮。

7. 钳 子

钳子用来剪硬性材料或作紧固用的工具。一般就准备尖嘴钳和扁口钳各一把，尖嘴钳可以用来安装、加固一些小的零件；而扁口钳可以用来剪元器件的引脚，还可以用来拆卸和紧固某些具有特殊插脚的螺母。

另外，实验室中还经常要用剥线钳，这是专门的剥引线的工具：将要剥去表皮的导线插入剥线钳中，夹紧钳柄，拉出导线，线皮即被剥掉。剥线钳上根据导线粗细规格的不同有不同的规格的空当，使用时注意应选择相应的空当。

8. 锉 刀

锉刀用于锉去金属零件的锈层以及锉掉元器件管脚的氧化层。

9. 面包板

面包板上布满了插接元器件的小孔，孔内有导电良好的金属簧片。面包板的使用非常灵活，虽然元器件的排列与布线的走向受到一定限制，但可使所搭接的电路整齐美观。由于用面包板搭接的电路一般只用于临时试验，因此所有元器件的过长的引线不必剪去，以便以后继续使用。

用面包板搭接电路的过程其实是一个将电气原理图变为实际电路图的过程。虽然两者在元器件的排列和布线的走向上不尽相同，但各元器件间的电气连接关系是完全一样的。初学者往往只会看原理图，而不会看实际电路，因此，可以通过搭接电路来培养看实际电路的能力。

用面包板搭接电路一般用于临时性的实验，对于定型的电路，需要采用印制电路板。

1.2.2 电子元件安装布局的方法和规则

(1) 按电路功能模块进行布局，实现同一总体功能的相关电路称为一个模块，电路功能

模块中的元件应采用就近集中原则，同时数字电路部分和模拟电路部分应分开。

(2) 在定位孔和标准孔等非安装孔周围 1.27 mm 内不得安装元器件，在螺钉等安装孔周围 3.5 mm (对于 M2.5)、4 mm (对于 M3) 内不得贴装元器件。

(3) 对于卧装电阻、电感(插件)以及电解电容等元件的下方应避免布过线孔，以免焊接后过孔与元件外部壳体短路。

(4) 元器件的外侧距板边的距离应为 5 mm。

(5) 对于贴装元件，其焊盘的外侧与相邻插装元件的外侧距离要大于 2 mm。

(6) 注意金属壳体元器件和金属件(屏蔽盒等)不能与其他元器件相碰，也不能紧贴印制线、焊盘，其间距应大于 2 mm。对于定位孔、紧固件安装孔、椭圆孔及板中其他方孔外侧距板边的尺寸要大于 3 mm。

(7) 发热元件不得紧邻导线和热敏元件，高热器件需均衡分布。

(8) 电源插座应尽量布置在印制板的四周。特别注意不要把电源插座和其他焊接连接器布置在连接器之间，以便于这些插座、连接器的焊接及电源线缆设计和扎线。电源插座以及焊接连接器的布置间距要考虑方便电源插头的插拔。

(9) 对于其他元器件的布置：所有 IC 元件单边对齐，有极性元件极性标识明确，同一印制板上极性标识不得多于两个方向，出现两个方向时，两个方向互相垂直。

(10) PCB 板面布线应疏密得当，当疏密差别太大时要以网状铜箔填充，网格应大于 8 mil (或 0.2 mm)。

(11) 贴片焊盘上不得有通孔，以免焊膏流失造成元件虚焊。重要信号线不准从插座脚间

穿过。

(12) 贴片应单边对齐，字符方向排列一致，封装方向排列一致。

(13) 有极性的器件与同一 PCB 板上的极性标识方向尽量保持一致。

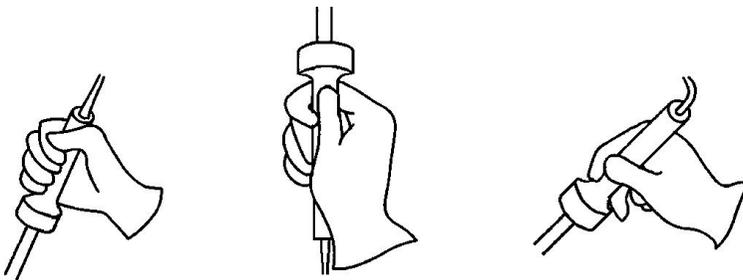
1.2.3 电子元件安装焊接的方法和规则

1. 线路板焊接机理

采用锡铅焊料焊接的称为锡铅焊，简称锡焊，其作用机理是：在锡焊的过程中将焊料、焊件与铜箔在焊接热的作用下，焊料熔化并湿润焊接面，而焊件与铜箔不熔化，依靠焊件、铜箔两者间原子分子的移动，从而引起金属之间的扩散形成在铜箔与焊件之间的金属合金层，使铜箔与焊件连接在一起，得到牢固可靠的焊接点，此过程为相互间的物理——化学作用过程。

2. 手工焊接注意事项

(1) 手握烙铁的姿势：掌握正确的操作姿势，可保证操作者的身心健康，减轻劳动造成的伤害。为了减少焊剂加热时挥发出来的化学物质对人体的危害，减少有害气体的吸入，通常情况下，烙铁到鼻子的距离应不少于 20 cm，一般以 30 cm 为宜。电烙铁有三种握法，如图 1.3 所示。



(a) 反握法 (b) 正握法 (c) 握笔法

图 1.3 握电烙铁的手法示意图

反握法的动作比较稳定，长时间操作时不易疲劳，适用于大功率烙铁的操作；正握法适用于中功率烙铁或者带弯头电烙铁的操作；通常在操作台上焊接印制板等焊件时，大多采用握笔法。

(2) 电烙铁在使用以后，必须稳妥地插放在烙铁架上，并注意导线等其他杂物不要碰到烙铁头，避免烫伤导线而造成漏电等事故。

3. 手工焊接基本方法

1) 手工焊接步骤

(1) 准备施焊 [见图 1.4 (a)]。

通常左手拿焊丝，右手握烙铁，进入备焊状态。烙铁头应保持干净，无焊渣等氧化物，且在表面镀有一层焊锡。

(2) 加热焊件 [见图 1.4 (b)]。

常将烙铁头靠在两焊件的连接处，加热整个焊件全体，用时为 1~2 s。在印制板上焊接元器件时，注意应使烙铁头同时接触两个被焊接物件。例如，图 1.4 (b) 中的导线与接线柱、元器件引线与焊盘要同时均匀受热。

(3) 送入焊丝 [见图 1.4 (c)]。

焊件的焊接面被加热到一定温度时，焊锡丝应从烙铁对面接触焊件。注意：不要把焊锡丝送到烙铁头上。

(4) 移开焊丝 [见图 1.4 (d)]。

当焊丝熔化一定量后，要立即向左上 45° 方向移开焊丝。

(5) 移开烙铁 [见图 1.4 (e)]。

当焊锡浸润焊盘和焊件的施焊部位以后，应向右上 45° 方向移开烙铁，以结束焊接。从

③开始到⑥结束，时间约为 $1 \sim 2$ s。

(6) 检查焊点：首先看焊点是否圆润、光亮、牢固，再看是否有与周围元器件连焊的现象。手工焊接对焊点的要求是：① 电连接性能良好；② 有一定的机械强度；③ 光滑圆润。

2) 手工焊接操作的具体手法

在保证得到优质焊点的前提下，具体的焊接操作手法允许有所不同，但如下前人总结的方法，对初学者的指导作用是不可忽略的。

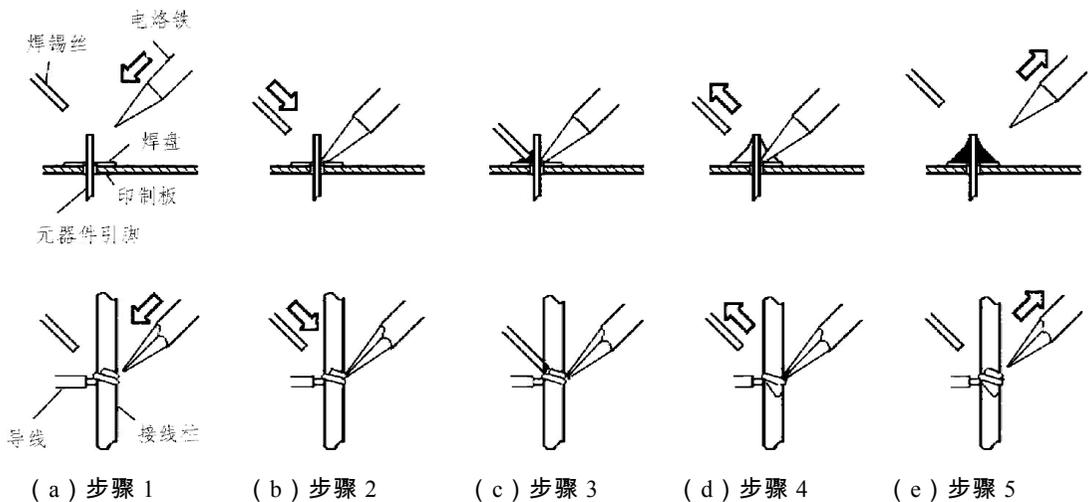


图 1.4 手工焊接步骤

(1) 保持烙铁头的清洁。

因为在焊接时，烙铁头长时间处于高温状态，且接触助焊剂等弱酸性物质，其表面非常容易氧化腐蚀而沾上一层黑色杂质。这些杂质会形成隔热层，妨碍了烙铁头与焊件之间的热

传导。因此，要用一块湿布或湿的木质纤维海绵随时擦拭烧热的烙铁头。普通烙铁头，在腐蚀污染严重时可用锉刀修去氧化层。而对于长寿命的烙铁头，绝对不能使用这种方法了。

(2) 靠增加接触面积来加快传热。

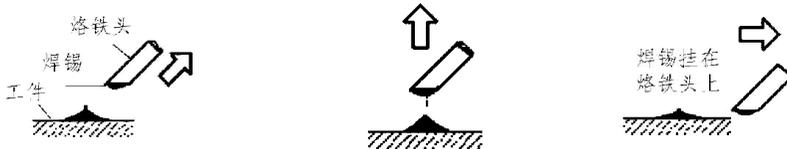
加热时，要让器件被焊锡浸润的各部分均匀受热，而不是仅仅加热焊件的一部分，更不要采用烙铁对焊件增加压力的办法，避免损坏器件或造成不易觉察的隐患。初学者往往用烙铁头对焊接面施加压力试图加快焊接，这种做法是不对的。正确的做法是，应根据焊件的形状选用合适的烙铁头，或者自己修整烙铁头，使烙铁头与焊件形成面接触而不是点或线接触。这样，就能大大提高传热效率。

(3) 加热要靠焊锡桥。

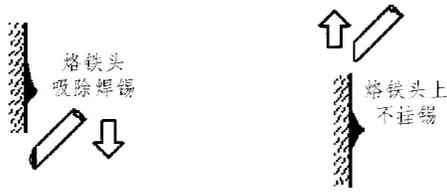
在非流水线作业中，焊接的焊点形状往往是多种多样的，不大可能频繁更换烙铁头。要提高加热的效率，需要有进行热量传递的焊锡桥。所谓焊锡桥，是靠烙铁头上保留少量焊锡，作为加热时烙铁头与焊件之间传热的桥梁。由于金属熔液的导热效率远高于空气，很快将焊件加热到焊接温度。但注意，作为焊锡桥的锡量不可保留太多，因为长时间存留在烙铁头上的焊料处于过热状态时会降低其质量，而且可能造成焊点之间误连短路。

(4) 烙铁撤离有讲究。

烙铁的撤离应及时，且撤离时的角度和方向与焊点的形成有关。如图 1.5 所示为烙铁不同的撤离方向对焊点锡量的影响。



(a) 沿烙铁轴向 45° 撤离 (b) 向上方撤离 (c) 水平方向撤离



(d) 垂直向下撤离 (e) 垂直向上撤离

图 1.5 烙铁撤离方向和焊点锡量的关系

(5) 在焊锡凝固之前不能动。

焊接过程中切勿使焊件移动或受到振动，特别是用镊子夹住焊件时，一定要等焊锡凝固后再移走镊子，否则极易造成虚焊。

(6) 焊锡用量要适中。

对于手工焊接常使用的管状焊锡丝，内部已经装有由松香和活化剂制成的助焊剂。焊锡丝的直径分别有 0.5、0.8、1.0、……、5.0 mm 等多种规格，一定要根据焊点的大小来选用。选用时常使焊锡丝的直径略小于焊盘的直径。

如图 1.6 所示，过量的焊锡不但消耗了焊锡，而且还增加焊接时间，降低工作速度。更严重的是，过量的焊锡常造成不易觉察的短路故障。焊锡过少也不能形成牢固的结合，同样是不利的。特别是焊接印制板引出导线时，在焊锡用量不足时，极容易造成导线脱落。



图 1.6 焊点锡量的掌握

(7) 焊剂用量要适中。

适量的助焊剂对焊接非常有利。如果过量使用松香焊剂，焊接后势必要擦除多余的焊剂，并且延长了加热时间，降低了工作效率。而当加热时间不足时，又容易形成“夹渣”的缺陷。在焊接开关、接插件的时候，过量的焊剂往往流到触点上，造成接触不良。合适的焊剂量，是指松香水仅能浸湿将要形成焊点的部位，不会透过印制板上的通孔流走。对使用松香芯焊丝的焊接来说，基本上可以不再涂助焊剂。目前，印制板生产厂在电路板出厂前往往进行过松香水喷涂处理，不需再加助焊剂。

(8) 不要使用烙铁头作为运送焊锡的工具。

有些人习惯到焊接面上进行焊接，结果造成焊料的氧化。因为烙铁尖的温度一般都在 300°C 以上，焊锡丝中的助焊剂在高温时容易分解失效，焊锡也处于过热的低质量状态。特别要指出的是，在一些旧的书刊中还在介绍用烙铁头运送焊锡的方法，请读者阅读时注意鉴别。

4. 焊点质量及检查

对焊点的质量检查，包括电气接触是否良好、机械结合是否牢固和是否美观三个方面。而保证焊点质量最重要的一点是：必须避免虚焊。

1) 虚焊产生的原因及其危害

虚焊往往是由待焊金属表面的氧化物和污垢造成的，它使焊点成为有接触电阻的连接状态，致使电路工作不正常，工作时出现连接时好时坏的不稳定现象，噪声增加没有规律性，往往给电路的调试、使用和维护带来重大隐患。另外，也有一部分虚焊点在电路开始工作的一段较长时间内，接触尚好，所以不容易发现。如果在温度、湿度和振动等环境条件的作用

下，接触表面逐步被氧化后，接触慢慢地变得不完全起来。虚焊点的接触电阻会引起局部发热，局部温度升高又促使不完全接触的焊点情况进一步恶化，最终使焊点脱落，导致电路最后完全不能正常工作。这一过程有时比较长，可达一二年，其原理可以用“原电池”的概念来解释：当焊点受潮使水汽渗入间隙后，水分子溶解金属氧化物和污垢形成电解液，虚焊点两侧的铜和铅锡焊料相当于原电池的两个电极，铅锡焊料失去电子被氧化，铜材获得电子被还原。在这样的原电池结构中，虚焊点内发生金属损耗性腐蚀，局部温度升高加剧了化学反应，机械振动让其中的间隙不断扩大，直到恶性循环使虚焊点最终形成断路。

据相关统计表明，在电子整机产品的故障中，约 50% 是因焊接不良引起的。然而，从一台有成千上万个焊点的电子设备里，找出引起故障的虚焊点来，实属不易。因此，虚焊是电路可靠性的重大隐患，必须严格避免。特别是进行手工焊接操作的时候，尤其要加以注意。

一般来说，造成虚焊的主要原因有：焊锡质量差；助焊剂的还原性不良或用量不够；被焊接处表面未清洁好，镀锡不牢固；烙铁头的温度过高或者过低，表面有氧化层；焊接时间太长或太短；焊锡还未凝固时，焊接元件已松动。

2) 对焊点的要求

- (1) 可靠的电气连接；
- (2) 足够的机械强度；
- (3) 光洁整齐的外观。

3) 典型焊点的形成及其外观

在单面和双面（多层）PCB 电路板上，焊点的形成是有区别的：如图 1.7 (a) 所示，在

单面板上，焊点仅形成在焊接面的焊盘上方；而在双面板或多层板上，熔融的焊料不仅浸润焊盘上方，还由于毛细作用，渗透到金属化孔内，焊点形成的区域包括焊接面的焊盘上方、金属化孔内和元件面上的部分焊盘，如图 1.7 (b) 所示。

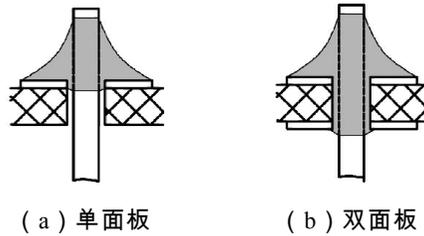


图 1.7 焊点的形成

如图 1.8 所示，从外表直观看典型焊点，对它的要求是：

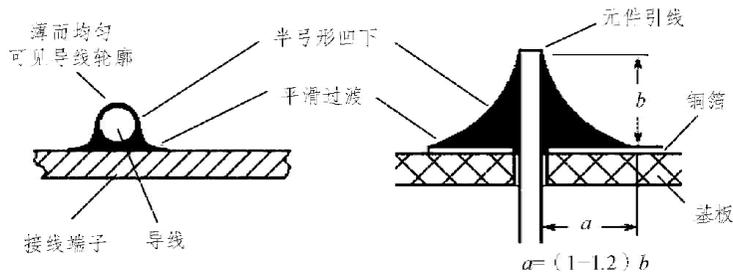


图 1.8 典型焊点的外观

(1) 在形状上，近似圆锥而表面稍微凹陷，呈漫坡状，以焊接导线为中心，对称成裙形展开。虚焊点的表面常常向外凸出，可以鉴别出来。

(2) 在焊点上，焊料的连接面呈凹形自然过渡，焊锡和焊件的交界处平滑，接触角尽可能小。

(3) 表面平滑，有金属光泽。

(4) 无裂纹、针孔、夹渣。

4) 导线连接方式

导线同接线端子、导线同导线之间的连接有 3 种基本形式：

(1) 绕焊。

导线和接线端子的绕焊，就是把经过镀锡的导线端头在接线端子上绕一圈，再用钳子拉紧缠牢后进行焊接，如图 1.9 所示。

缠绕时，导线一定必须紧贴端子表面，绝缘层不能接触端子。常取 $L = 1 \sim 3 \text{ mm}$ 。

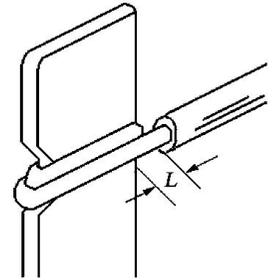
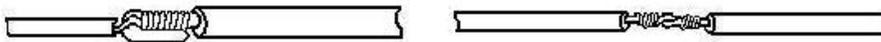


图 1.9 导线和端子的绕焊

导线与导线的连接常以绕焊为主，如图 1.10 所示。操作步骤如下：

- ① 去掉导线端部相应长度的绝缘皮；
- ② 在导线端头镀锡，并穿上合适的热缩套管；
- ③ 两条导线绞合在一起再焊接；
- ④ 趁热把套管推到接头焊点上，然后用热风或用电烙铁烘烤热缩套管，套管冷却后就会固定并紧裹在接头上。



(a) 细导线绕到粗导线上

(b) 同样粗细的导线的绕焊

图 1.10 导线与导线的绕焊

这种连接的可靠性最好，在要求可靠性高的地方常采用。

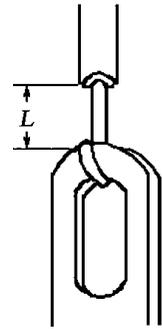
(2) 钩焊。

将导线弯成钩形钩在接线端子上，再用钳子夹紧后焊接，如图 1.11 所示。其端头的处理

方法与绕焊相同。这种方法的在强度上低于绕焊，但操作简便。

(3) 搭焊。

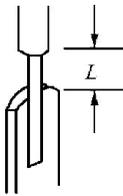
如图 1.12 所示为搭焊，这种连接最方便，但在强度及可靠性上最差。图 1.12 (a) 是把经过镀锡的导线搭到接线端子上进行焊接，只在临时连接或不便于缠、钩的地方以及某些接插件上使用。



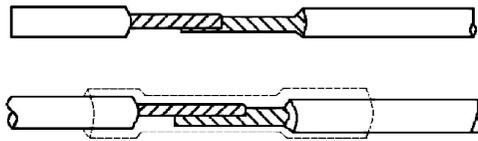
对于调试或维修中导线的临时连接，可以采用如图 1.12 (b) 图 1.11 导线和端子的钩焊所示的搭接办法，但这种搭焊连接不能用在正规产品中。

(4) 杯形焊件焊接法。

这类接点常见于接线柱和接插件，由于尺寸较大，如果焊接时间不足，容易造成“冷焊”。这种焊件一般是和多股软线连接，焊前先绞紧各股软线，然后镀锡，对杯形件也要进行相应的处理。操作方法如图 1.13 所示。



(a) 导线的端子的搭焊



(b) 导线和导线的搭焊

图 1.12 搭焊

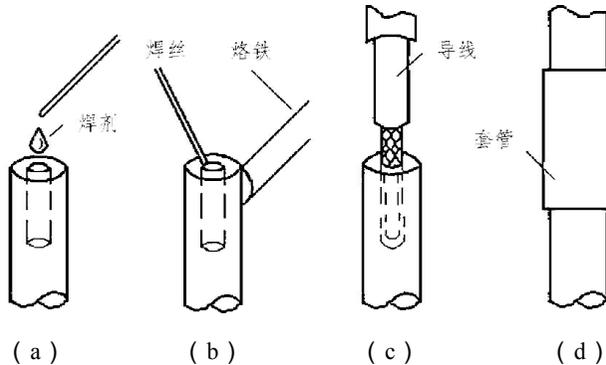


图 1.13 杯形接线柱焊接方法

- ① 往杯形孔内滴助焊剂。若孔较大，则用脱脂棉蘸助焊剂在孔内均匀擦一层。
- ② 用烙铁加热并将锡熔化，靠浸润作用流满内孔。
- ③ 将导线垂直插入到孔的底部，移开烙铁并保持到凝固。凝固前，导线不可移动，以保证焊点质量。

- ④ 完全凝固后立即套上套管。

由于这类焊点外形较大，散热较快，在焊接时应选用功率较大的电烙铁。

5. 拆焊与重焊

1) 拆焊技术

(1) 引脚较少的元件的拆法。

一只手拿电烙铁加热待拆元件的引脚焊点，熔解原焊点焊锡，一只手用镊子夹住元件轻轻往外拉。

(2) 多焊点元件且元件引脚较硬拆法。

- ① 采用吸锡器或吸锡烙铁逐个吸掉焊点上焊锡后，再将元件拉出。
- ② 用吸锡材料吸掉焊点上的锡。
- ③ 采用专用工具，一次将所有焊点加热熔化，再取下焊件。

2) 重新焊接

(1) 重焊电路板上元件。先将元件孔疏通，再根据孔距用镊子弯好元件引脚，然后插入元件进行焊接。

(2) 连接线焊接。先将连线上锡，再将被焊连线的焊端固定(可钩、绞)，然后焊接。

1.2.4 电子线路调试技术

1. 电路的调试方法

调试是电子线路设计中非常重要的工作。对于一个新设计的电路，必须通过组装、测试和调试，才能发现问题、排除电路故障或修改电路参数，使设计的电路达到预定的计算指标要求。

调试时常用的电子仪器有：直流稳压电源、万用表、示波器、信号发生器和扫频仪。

调试的一般步骤如下：

1) 检查电路的连接

在电路连线完成后，首先必须对照电路图认真仔细检查电路连线，如各晶体管或集成块的引脚是否插对了，是否有漏线和错线，特别要检查电源与地线是否有短路现象。

2) 分块调试

通常按照总体组成框图分块进行调试，一般按照电路中的信号流向，从“源”(包括供电电源、传感器信号源或电路中的振荡信号源)开始，分块调试，在分块调试的基础上逐步扩大安装调试的范围，最后完成整个的电路的调试。具体步骤如下：

(1) 直接观察。在检查电路连线无误后，首先在空载(即切断该电源的所有负载)的情况下，调好所需要的电源电压，然后给电路通电。此时要观察电路有无异常，包括冒烟、有异常气味、用手触摸元器件发热、电源短路等，如果有，应立即关断电源，待排除故障后才