

印制电路板排版设计

郑诗卫 编著

科学技术文献出版社

前 言

(一)

在电子产品和设备中，印制板是一个不可缺少的重要部件，它起着电气的和机械的双重连接作用。

如何将电路中的元器件按照一定的要求，在印制板上排列与组合起来，这是排版设计的任务。也是本书要涉及的内容。

(二)

排版设计不是简单地将元器件在印制板上排列起来，使电路得以沟通就行。一个理论上设计良好的电路，必须有合理的排列布局，才能使电路在实体组合后达到稳定而可靠地工作。反之，如果排版不合理，无疑的，它将影响到电路的工作性能，乃至不能工作。尤其是在广泛采用集成器件的今天，如果集成电路仍用接线板的方式进行安装，那么，不仅电路的体积庞大，而且无法很好地进行工作。

因此，在产品设计过程中，排版设计与电路设计具有同样重要的地位。

(三)

印制板的使用并不是从晶体管器件的问世而开始的，而是早在电子管时代，就已经有了它的雏形。现在的印制板正是从那时的接线板逐渐演变而来的。但是，随着科学技术的

发展，现在的排版设计，已经不同于电子管初期的产品设计了。在那时，电路和结构二者可以截然分开，就是说，搞电路设计的不一定要了解结构和工艺；搞结构和工艺设计的也不一定要懂得电路。然而在今天，一个设计精良的印制板，既要具有优良的电气性能，又必须有合理的工艺结构。具体地说，排版设计必须做到：（1）通过良好的排版布局，保证达到产品的技术指标；（2）要有合理的结构，便于安装与维修；（3）工艺要合理可行；（4）材料消耗与装配工时要少，产品成本要低。这表明，排版设计既包括有电路的设计，又包括工艺结构设计这两方面的内容，二者缺一不可。因此，设计者必须充分熟悉和掌握电路工作原理，元器件性能，电路在布局中的干扰抑制，以及印制板制作工艺等。

（四）

排版设计的成败不取决于数学计算的精确度如何，这是它同电路设计迥然不同之处。同一个电路可以有多种布局方法，而各种布局所取得的实际效果，可能有很大的差异。这里重要的是掌握正确的排版方法，并且根据电路的具体情况和有关因素加以灵活处理。

诚如上述，排版设计并无统一的模式可以套用。本书中所举各例，都只是借以说明在方法上的问题而已，决非作为典型范例向读者推荐。鉴于排版设计方面完整和系统的资料尚不多见，本书中的一些“要求”或者“规定”，必然会有谬误或可争论之处，甚至有些还可能与具体单位的工艺要求相矛盾。因此，在排版设计时必须结合具体的环境条件来进

行。

本书在内容编排上，一、二、三章介绍了为达到优良的电气性能，印制板的布局所应注意的一些问题。四、五两章介绍了排版的格式和版面的要求。从第六章开始结合具体的电路，介绍了排版设计的过程与方法。这样，在介绍排版设计过程中，就不需要重复介绍电性能和版面的要求了。

编著者

1982年8月于南京

目 录

前 言

第一章	地线的共阻抗干扰与消除对策	(1)
1-1	地线的共阻抗干扰	(1)
1-2	各级内部的接地	(5)
1-3	板内的地线布局	(11)
1-4	整机的地线布局	(21)
1-5	地线布局的几个总原则	(29)
第二章	电源干扰与抑制	(31)
2-1	稳压电源的原理与电流流向	(31)
2-2	稳压电源的干扰抑制与布局	(34)
2-3	电源线的布局	(42)
第三章	电磁和空间的干扰与抑制	(46)
3-1	导线的寄生耦合与抑制	(46)
3-2	输入输出的寄生耦合与抑制	(53)
3-3	板内屏蔽导线的设置	(55)
3-4	元件的磁场干扰与抑制	(58)
3-5	屏蔽的设置	(63)
3-6	温升影响	(72)
3-7	机振干扰与抑制	(76)
第四章	印制板的排版格式	(80)
4-1	元件的安装方式	(80)
4-2	元件的排列方式	(84)
4-3	接点的形式	(88)
4-4	排版格式	(90)

第五章	排版的基本知识与要求	(92)
5-1	印制板的物理与电气性能	(92)
5-2	版面基本要求	(100)
5-3	元件引出端尺寸及识别	(118)
5-4	印制板板外的连线与插头座	(130)
第六章	整体布局与印制板结构	(141)
6-1	怎样选定电路的排版方向	(143)
6-2	整体布局	(145)
6-3	画板外元件和接线草图	(156)
6-4	印制板尺寸草图	(159)
第七章	单线不交叉图的绘制	(164)
7-1	为什么要绘制单线不交叉图	(164)
7-2	怎样按排版方向绘制	(166)
7-3	怎样处理导线与导线交叉	(179)
7-4	怎样使版面元件分布均匀合理	(190)
7-5	双面板的单线不交叉图的绘制	(195)
7-6	数字集成电路的单线不交叉图的绘制	(203)
7-7	有关绘制的几个问题	(218)
第八章	排版草图的绘制	(221)
8-1	绘制的基本方法和图的比例确定	(221)
8-2	元件与走线的布设方法	(223)
8-3	印制图形的绘制方法	(237)
第九章	印制板工作图的绘制	(245)
9-1	印制板零件图的绘制	(245)
9-2	印制板装配图的绘制	(252)
9-3	照相底图的绘制	(257)
9-4	其他工作用图的绘制	(262)

附 录

- I 印制电路用插头座基本尺寸和结构
- II 常用晶体管管壳外形尺寸
- III 集成电路外形尺寸

第一章 地线的共阻抗干扰 与消除对策

在电子电路中，各部分和各级以及为数较多的元器件都要通过地线形成回路。地线的设置与布局好坏，将直接影响电路的工作，因而地线的布局在排版中占有重要的地位。

在调试和检修中，有时改动某一个元件或导线的接地位置，或者切断接地环路的某一段，可使故障消除或减轻；有时则虽反复改动元件或导线接地位置，或者增多和加粗接地导线，而故障依然如故。地线的布局往往会使人感到难以捉摸。

接地不良的干扰究竟是怎样产生的？怎样才是合理的接地布局？这是本章中所要讨论的问题。

1-1 地线的共阻抗干扰

在电路图中，接地常用 \perp 符号来表示。它表示电路中的零电位，并用来作为电路的其他各点的公共参考点。也就是说，电路的各点有关参数，如电压、电流和信号电平的大小，均是以地线作为基准电压来表示的。在阅读电路图和理解电路工作状态时，常把地线和各接地点之间视作无电位差的零电位点。但是，同自然界中的任何事物一样，这也不可能是绝对的。在实际电路工作时，由于地线的阻抗（电阻、电感）存在，因而能产生一定的电位差。这些电位差的存在，就必

那末，地线是以什么样的形式使电路产生干扰呢？我们先来看图1-1的电路¹⁾。图中电路1和电路2通过公用地线段AB与电源形成回路。线段AB可等效为一个电阻和电感的串联回路，所以它具有一定的阻抗。由于电路1、2全部电流从线段AB中通过，因而就形成共阻抗效应。在工作时，电路1、2的电流变动，将引起A点电位变化，使电路1、2相互产生干扰。如电路2有输出至电路3，干扰也将窜入电路3中。地线的这种干扰，称为共阻抗干扰。

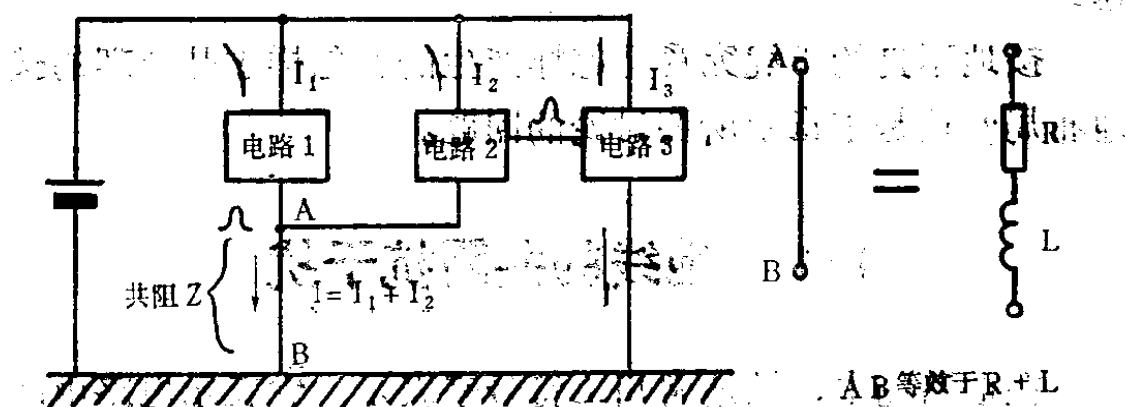




图 1-1 地线共阻抗干扰

举例来说，假如有一段长为10公分，宽为1.5毫米的印制导线，其铜箔厚度为50微米时，导线的电阻可由下式算

1) 在本书的插图中,凡是用来表示接地时,均视作无电位差的等电位接地。以示与有电位差的接地符号相区别。

出：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中： l 为导线长度（米）； S 为导线截面积（毫米²）； ρ 为电阻率， $\rho = 0.02$ 。

代入上式可得：

$$R = 0.02 \frac{0.1}{0.075} \approx 0.026 \text{ 欧}$$

若图1-1中的电路1工作在低频时，电路的交变电流为1安，则在这段印制导线上约将产生0.026伏的交变电压降。此电压也必然作用在电路2上。

在高频时，地线的共阻抗干扰，主要以导线的电感为主。当一段远离其他导体的导线，其长度远大于宽度时，导线的自感量可由下式求出：

$$\text{自感量} = 0.8 \text{ 微亨/米}$$

一段长10公分的导线，具有0.08微亨的电感量。当导线中通过的工作频率在30兆赫时，则此段导线所呈现的感抗可由下式求出：

$$R_L = 2 \pi f L$$

代入上式得：

$$R_L = 6.28 \times 30 \times 10^6 \times 0.08 \times 10^{-6} \approx 16 \text{ 欧}$$

由此可见在频率升高时，导线的感抗将比导线本身的电阻要大几个数量级。即使导线中流过的高频电流很小，如为10毫安时，在此段导线上将产生0.16伏的高频电压。因而，对于高

频电路在布局时，总是尽可能地排列得紧凑些，使印制导线的长度尽可能短些，以尽量减少导线感抗对电路带来的损耗与干扰。

随着接地的情况不同，地线的共阻抗干扰的形式也不同。如图 1-2 又是一种形式的共阻抗干扰。图中，印制板采用环形地线，各接地元件按就近分散方法接地。这样，末

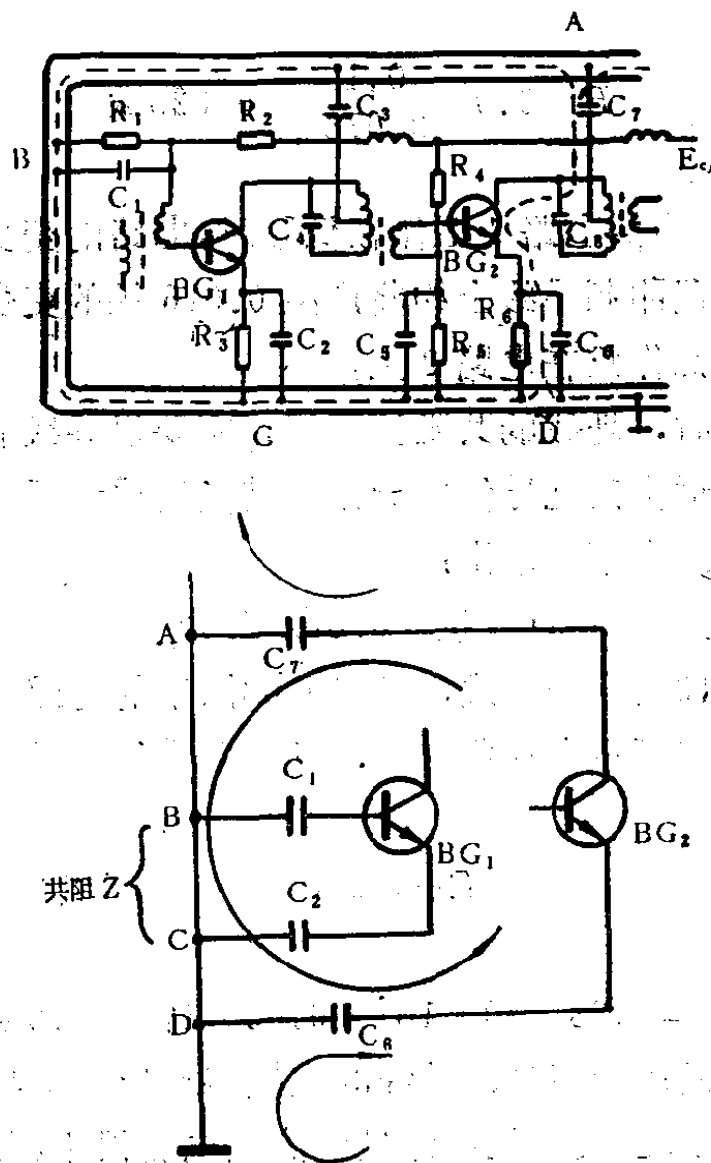


图 1-2 另一种共阻抗干扰

级的交流信号一部分通过地线AD形成回路，在导线AD上产生交流压降。由于前级的晶体管发射级和基极与末级共用导线BC，因而在导线BC上产生共阻抗干扰，等效于右图1-2下图所示。这种干扰与图1-1的干扰形式不同，是以局部电流的形式在公共地线上产生耦合而形成干扰。

对图1-1和图1-2这两种干扰，可统称为地线的共阻抗干扰。在分析地线布局时，当需要将这两种干扰加以区别时，我们将图1-1的干扰称为全电流的共阻抗干扰；将图1-2的干扰称为局部电流的共阻抗干扰。

全电流的共阻抗干扰，可以存在于各级与各级之间，也可以存在于各部分(或各印制板)之间。局部电流的共阻抗干扰，主要是指部分和个别元件与导线的接地点不良从而对其他电路引起干扰。在实际布局中，地线存在的共阻抗干扰当然要复杂一些，有时以某一种的干扰形式为主，有时也可能同时存在上述两种类型的干扰。

1-2 各级内部的接地

各级的内部接地，主要以防止局部电流的共阻抗干扰为主。也就是说，不要使本级的交流信号通过各接地元件而逸出至本级以外的电路中去；或者不要使其他电路的交流信号，通过本级的各接地元件而捡拾进来。

不论对于低频、中频、还是高频各级电路，防止局部电流的共阻抗干扰，唯一有效的方法是采用一点接地。

一、一点接地

一点接地的形式，如图1-3所示。图中将各级内部的

接地元件，即本级电路的发射极、基极和集电极的所有接地元件，均安排在一个接地点上与地线相接。这样，就能有效地防止交流信号通过接地元件的发散与捡拾，使地线纯净。

但在实际电路布局时，各级的接地元件较多，当然不可能将这些元件同时穿入一个穿线孔内，而是将本级接地元件尽可能就近安排在公共地线的一段或一个区域内，如图1-4(a)所示。有时遇到元件体积限制或排列上的原因，就近安排有困难时，也可采取图1-4(b)那样，从地线上引出接地分支或接地岛，同样可达到一点接地的效果。

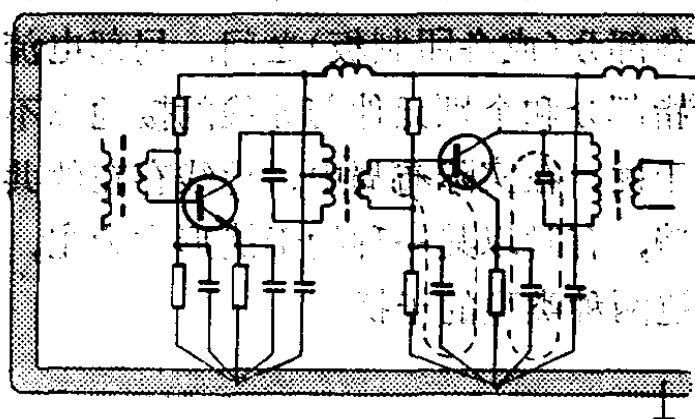


图1-3 一点接地

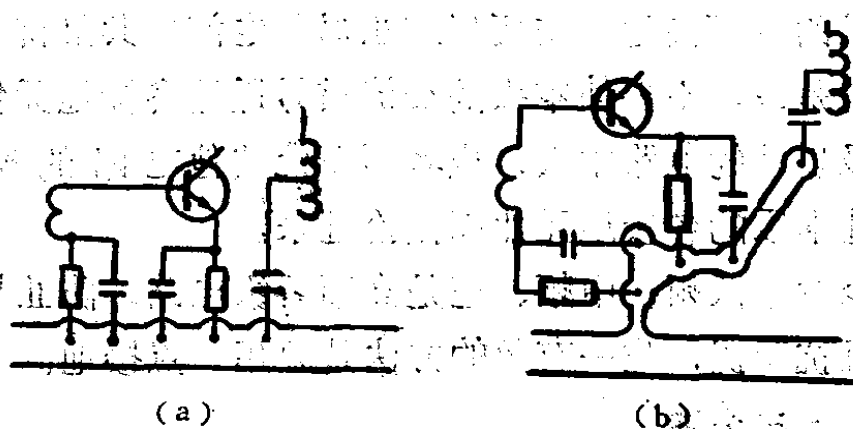


图1-4 排版中的一点接地

二、一点接地应注意的几个问题

一点接地在实际排版中应用时，应注意下列一些问题：

(1) 本级接地元件的范围，是指与本级晶体管直接连接，或者通过电容耦合的元件。由电感耦合的次级及其元件不属于本级。例如图1-5所示的电视机行输出级电路，在排版中如将行激励变压器次级的接地与行激励的元件作为一点接地，这就形成图(a)那样，使行输出管的基极电流在激励级和行输出级之间的地流过，在地线中产生干扰。图1-5(b)对一点接地的元件区分是合理的。

有时电感耦合为多组时，则初、次级及各组之间的接地均不宜相互共用一点接地。如图1-6的中频放大器次级有两组检波器，此时不能按照图(a)那样，使次级与初级同在一一点接地，这样必将在中频和两组检波器的地之间有电流通过。而应该象图1-6(b)那样，使初级和次级的各组之间，分别依照各自的相关元件而一点接地。

(2) 对于采用接地分支作一点接地，在元件不多、体积不大时，一点接地的布局比较好处理；在元件较多，且体

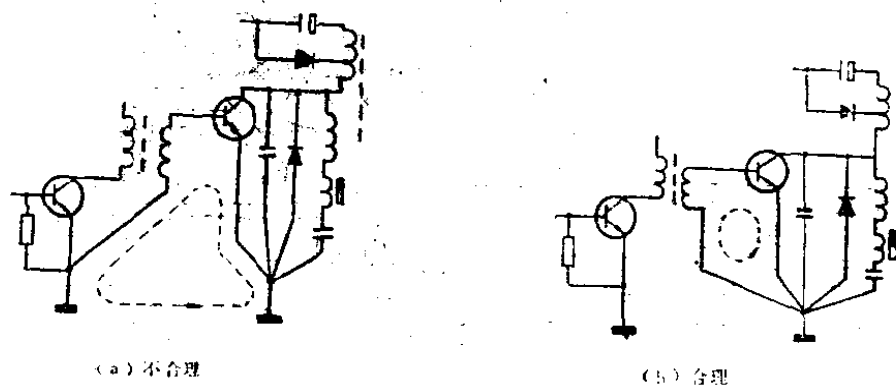


图1-5 行输出级的一点接地元件区分

积较大时可采用较长的接地分支。在排版中也可以沿印制板周围布设，但不应使其他级的元件接入此接地分支上，接地分支的远端不应再和其他地线相接。比如，电视机中的行输出级接地的元件多且工作电流较大，因而要求这些元件均需一点接地。图1-7采用了一个接地分支，使行输出级的接地元件（阻尼管、行输出管、逆程电容以及偏转回路）的接地均接在一个接地分支上。行输出级的一点接地，是抑制行辐射干扰的有效措施。

有时在一级电路内，也可允许采用多个分支接地的方

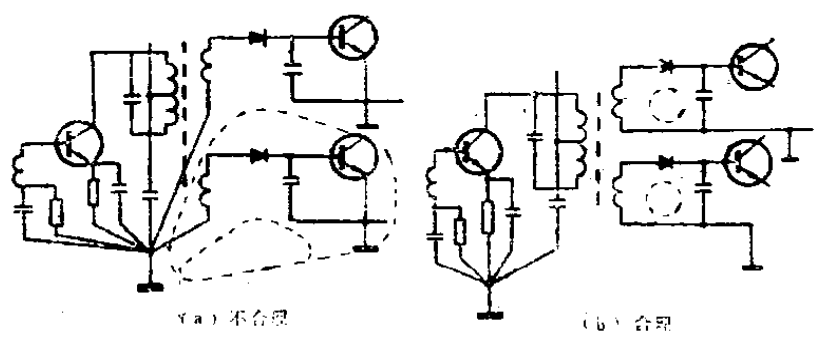


图1-6 多组检波器的一点接地

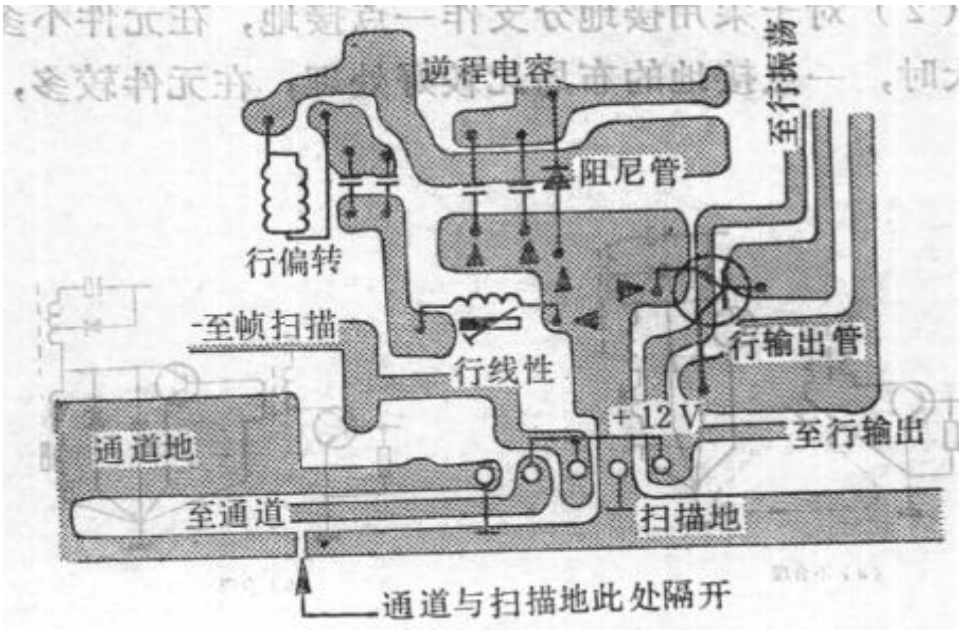


图1-7 行输出级的一点接地

法。如图1-8就是采用了多分支一点接地。这就不致因接地元件过分集中而造成排列过挤。不论分支多少，分支地线均不能作为公共地线的一部分，或者供本级以外的其他元件接地。

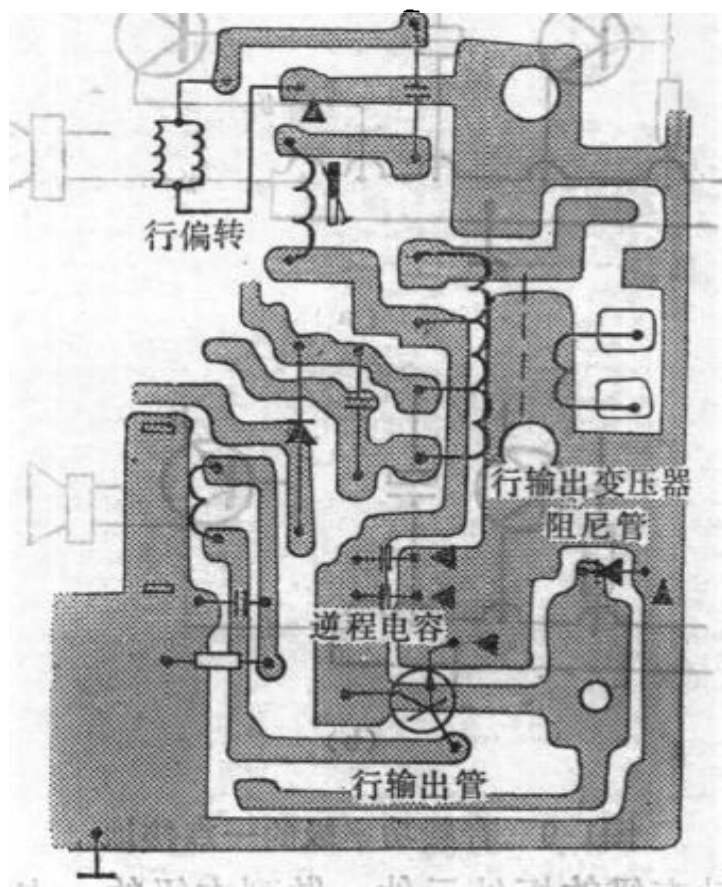


图1-8 多分支一点接地

（3）一点接地也包括本级的板外元件在内。一点接地除了本级的板内元件外，还包括与本级直接连接或通过电容耦合的板外元件。往往在排版中对本级引出板外元件的一点接地较易被疏忽，造成局部电流的共阻抗干扰。

比如，在安排大功率音频输出级时，由于某些元件体积较大，如输出功率管和滤波电解电容等需装置在板外时，应将这些元件的接地点与本级的板内电路的接地元件做到一点接地。这在排版时就应当安排好，如图1-9(a)所示。有时为

了减少引线，也可象图1-9(b)那样，将板外元件按照元件的远近，用导线依次连接起来，再连接到印制板上。

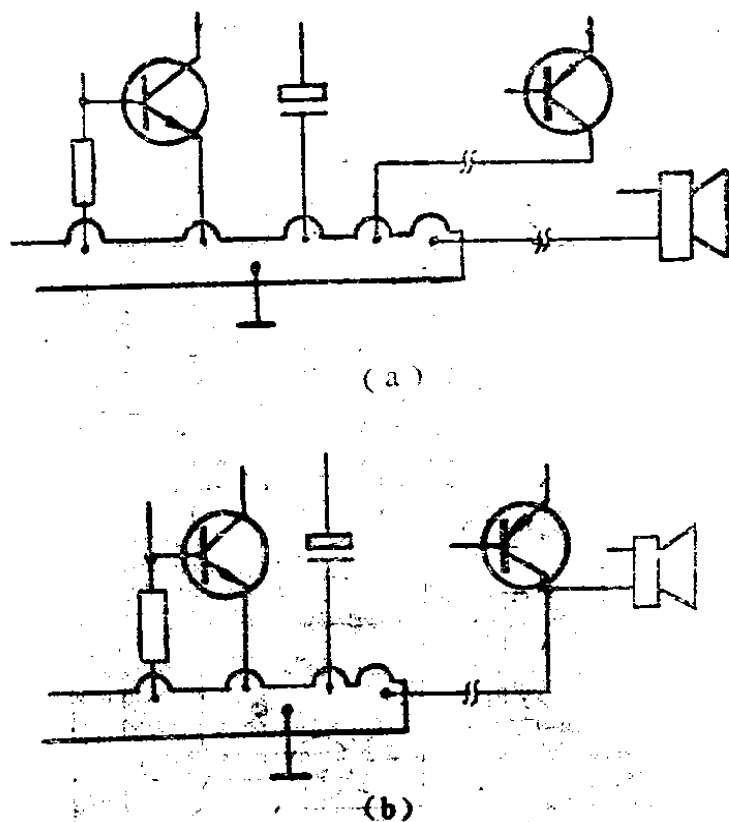


图1-9 音频功率级的一点接地

对于大功率级的板外元件，做到本级的一点接地是很重要的。假如在音频功率级，将负载扬声器、大功率管和电源滤波电解电容，随意采取就近接地，那末较大的音频电流，必然在接地的公共地线上产生共阻抗干扰。所以为什么扬声器总是用两根导线连接至放大器中，而不采用一根导线接地的方法，原因就是要使末级做到一点接地。

在安排弱信号的输入级，遇到有板外的输入或控制元件时，对于这些输入端和控制元件的接地，也应该和输入级做到一点接地，不能将这些元件就近接入公共地线中去，使输

入端檢拾公共地线中的干扰信号。

(4) 高频电路的一点接地。高频电路的地线一般采用大面积覆盖接地，但这并不意味着各级内部元件的接地可以分散接地，这一点是必须注意的。在这里一点接地仍是十分必要的。为了减少接地元件之间的接地电感，因而不宜采用接地分支来一点接地，而是将本级的接地元件的接地点安排在一个较小的区域内，如图 1-10 所示。

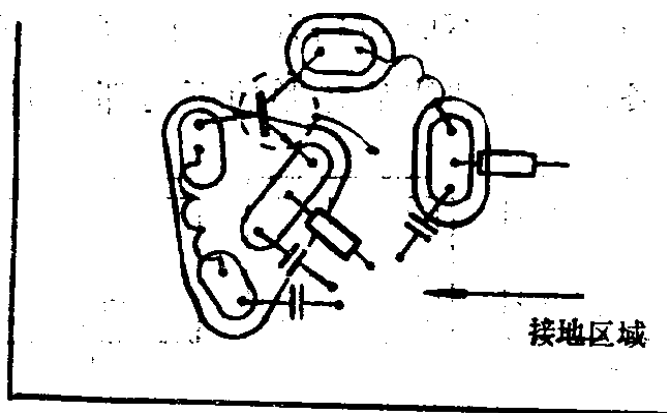


图 1-10 高频时一点接地

1-3 板内的地线布局

印制板内地线是用来连接电路各级或各部分之间的接地的，同时它与整机的公共地线相连接。板内地线布局，主要应防止各级和各部分之间的全电流共阻抗干扰。

板内的地线布局，应根据电路的工作状态和电路数量来考虑。

一、板内地线局部的要求

当板内的电路数量较多，地线的布局必须做到下列几点：

- (1) 各部分（必要时为各级）的地线必须分开；
- (2) 为消除或尽量减少各部分的公共地线段，总地线的引出点必须合理；
- (3) 为防止各部分通过总地线的公共引出线而产生的共阻抗干扰，在必要时可将某些部分的电路的地线单独引出。

下面我们来举例说明。图 1-11 所示为板内有四个部分的电路时，地线的三种不同布局方式。图 (a) 采用的是环形公共地线，各部分的地线从环形的不同部分引出。这是在

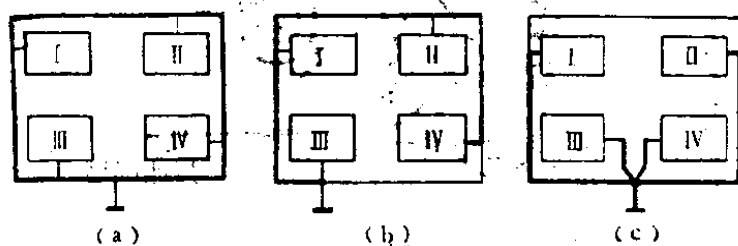


图 1-11 板内的三种地线布局

实际排版中较容易出现的一种不合理布局，有的人在初学排版时，由于缺乏全局的合理安排，往往事先就将四周地线框起，在排版中只要是接地元件，就采取就近接地，以致到排版终了，四周的地线就可能有一边或某一部分是多余的。这样的排版，不仅电性能不好，同时元件的排列也不匀称，并使一部分印制板的空间利用率不高。环形地线随着板内的电路部分越多、工作电流越大以及印制板的面积越大而产生的共阻抗干扰也就越厉害。同时环形地线易遭受空间磁场干扰导致产生感应环路电流（环路电流的产生原因，见本书 3-4 节）。

图 1-11 (b) 所示的是串联地线布局方式，采用一根总

地逐段分配的方法。它与环形地线一样会使板内各部分电路通过总地而产生共阻抗干扰。

图 1-11 (c) 是板内的一种合理地线布局。板内的各部分地线采用并联接地方式，从一点总地分别分配至各部分电路，因而消除了各部分电路通过板内地线而产生的共阻抗干扰。

二、板内地线布局的几种形式

板内地线在实际布局时，可以根据电路的不同要求而采取不同的形式。

1. 并联分路式 如图 1-12 是凯歌 4 D 8 电视机的通道扫描印制板的板内地线分布示意图，这里采用的是并联分路式接地方式。板内的总地在印制板的右下角。从总地点上引出三路地线，分别供行扫描、场扫描及通道等三个部分接

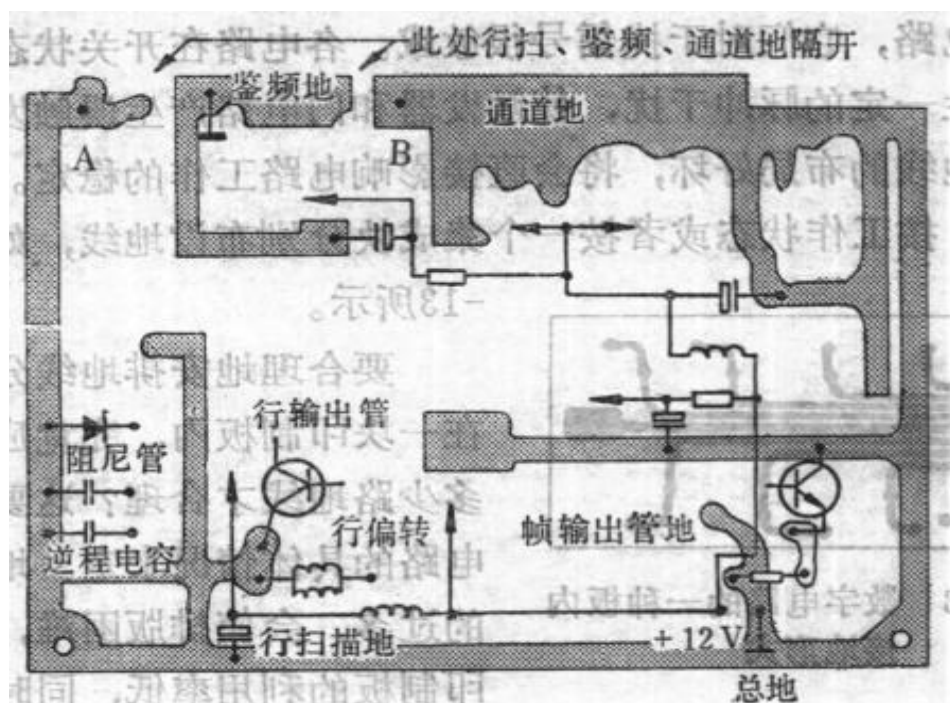


图 1-12 板内的并联分路接地一例

地。同时，为了防止伴音低放受总地与电源之间的公共地线的干扰，而单独将鉴频器（包括伴音中放）的地引出。板内三路地线的尾端相互隔开，从而使板内各部分不会通过板内地线产生干扰。总地的引出选择在该点显然是合理的；如果改为A点、B点或其他各点上引出，则就不合理了，这必将使地线中产生共阻抗干扰。所以，对于板内的总地引出点，应根据板内地线布局统一加以考虑，要尽可能使总地选择在与各部分地线较近的点上，同时也要考虑使总地引至电源之间的地线较短。总地引出点一经确定，在装配制作时就不应随意变动位置。为了表明总地位置，在印制板上应标注总地符号。在业余制作中，有时在装配成品的印制电路板时，往往因为忽视了总地的引出点或其他接地点的位置，而使电路性能受到影响，这是常见的现象。

在数字电路中，板内元件较多，电路中有大量的触发器和门电路，它们对干扰信号很敏感。各电路在开关状态时，会产生一定的脉冲干扰，使触发器和门电路产生误触发。因而，地线的布局好坏，将会直接影响电路工作的稳定。可以按级、按工作状态或者按一个集成块分别布设地线，如图1

-13所示。

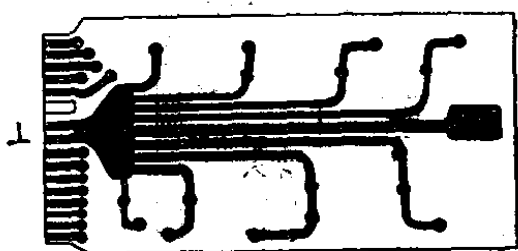


图1-13 数字电路的一种板内接地形式

要合理地安排地线分路。在一块印制板内，究竟应该分多少路地线才合理？这要根据电路的具体情况来定。地线分的过多，会使排版困难，造成印制板的利用率低，同时在不

该分的地方将地线分开反会引起干扰；地线分的过少，又使

合用地线的电路相互产生共阻抗干扰。安排地线分路应注意下列几点：

(1) 在传输的信号电平较弱时，不允许将通过直流耦合或电容耦合的两级（或两部分）的电路分开放在不同的分路地线上。如图 1-14，电路 2 的输出为弱信号，这样信号与干扰电压同时经耦合电容进入电路 3，使信号受干扰电压调制。

(2) 地线的分割应放在电感耦合的部位。如图 1—15 那样，电路 2 的干扰电压则不能以磁场的形式耦合至电路 3 中去。

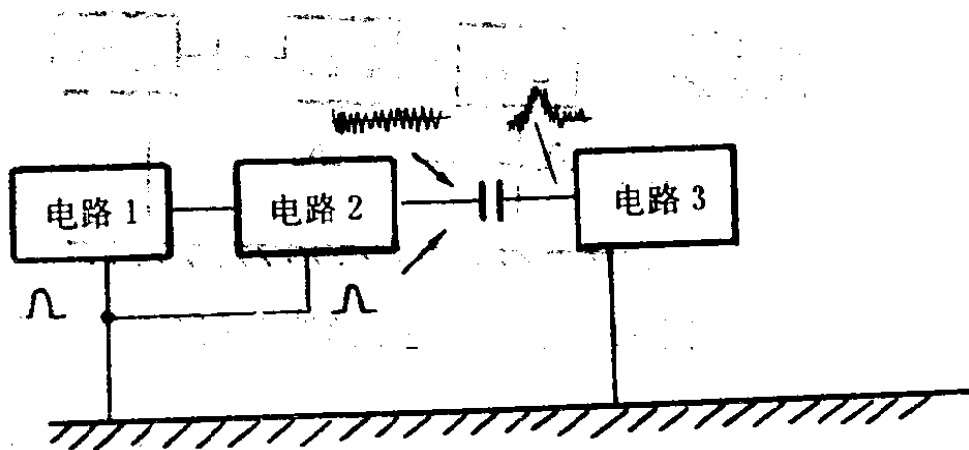


图 1-14 不合理的地线分路部位

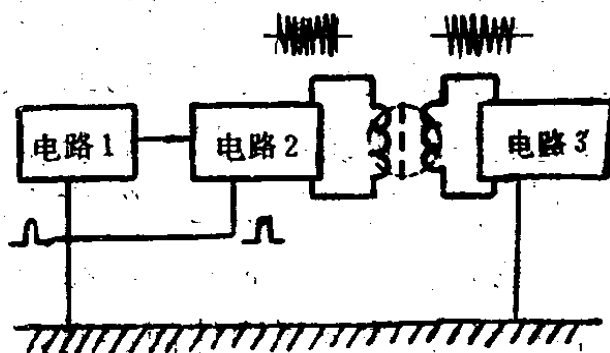


图 1-15 合理的地线分路部位

(3) 当电路传输的信号电平较高, 如几百毫伏以上, 远大于干扰电压时, 可允许将电容耦合的两个部位的电路分开放在不同的接地分路上。如图 1—16 的电路 2 中, 输出为高电平的脉冲信号, 虽然电路 1、2 的干扰电压也同时经耦合电容的耦合至电路 3 中, 但与信号电平相比, 对电路 3 的影响已经十分微小。

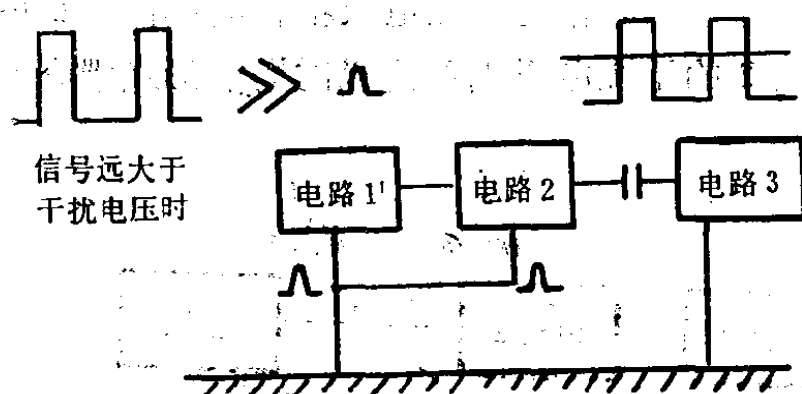


图1-16 高信号电平的地线分路

图1-17例示的是电视机中地线的一种合理的分配方法。通道和伴音中放的地, 在伴音输入中频变压器的初、次级上分割。通道与场、行扫描的地线是在同步分离管集电极上分开的。由于同步分离工作时, 同步脉冲峰值达10伏左右, 因而通道地的干扰电压不会影响场、行扫描的工作。

采用分路接地地线的布设, 可以分布在印制板的周围, 也可以在印制板的中间, 这要根据电路的排版方向来考虑 (排版方向见第六章)。当沿印制板周围布设时, 要防止各分路地线的尾端通过外框的金属构件而连通, 否则就会破坏了原先接地分路的合理性。正确的作法是应使各接地分路的

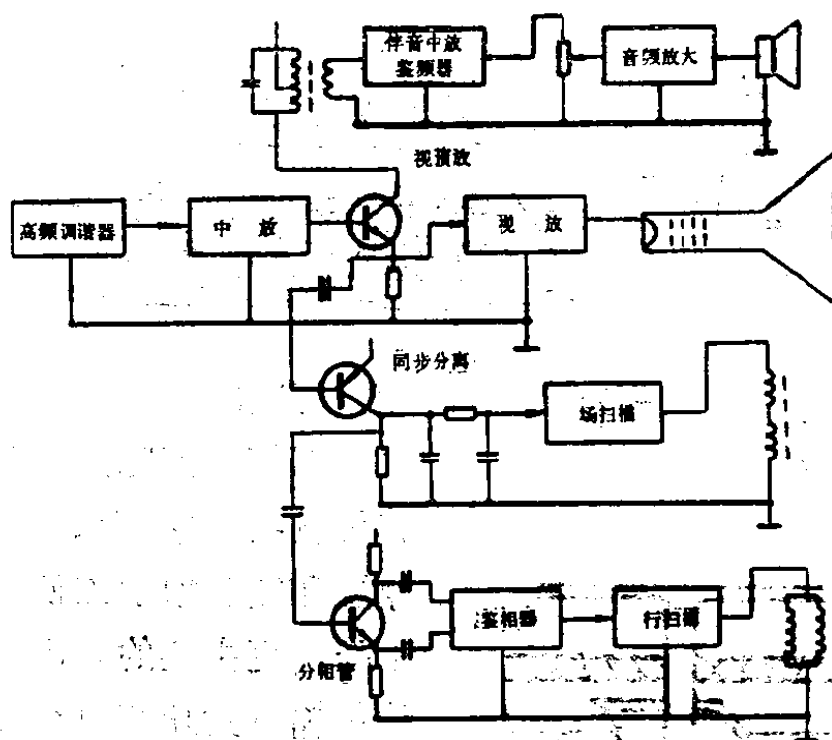


图1—17 电视机的一种地线分配

尾端和金属构件绝缘，在排版时可将金属构件的螺钉周围铜箔镂空。

2. 汇流条式 在批量较大的数字集成电路中，也可以采用汇流条式的板内地线布局。汇流条可以是两层或多层形的。在多层形中除了地线以外，可以同时用于多组电源的供电用。汇流条的布线如图1-18所示。汇流条应装置在元件面，各引出端通过印制板的穿线孔，穿入接点面，与各印制导线相连。当汇流条用于双面印制板时，最低层还应增加一层绝缘层。绝缘层的材料，可用绝缘层压板。为防止汇流条的引出端与汇流条的其他导电层短路，在靠近引出端的相应部位应切有缺口，如图1-19所示。汇流条可用0.3~0.5毫米的铜箔板，在冲压加工后要镀银处理。

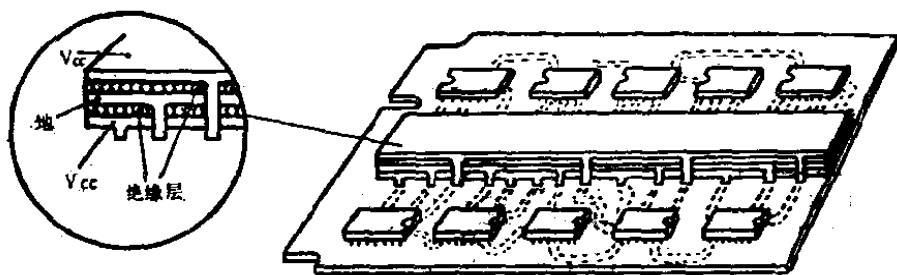


图1-18 板内的汇流条布局

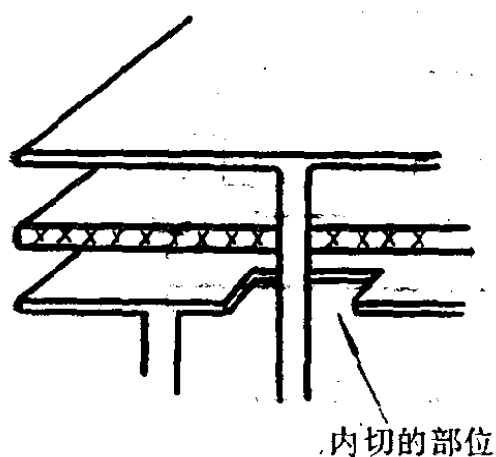


图1-19 汇流条的构造

汇流条实际上就是条形对称传输线。它不仅由于本身的厚度和宽度增加而使直流电阻下降，更主要的是由于这种对称传输方式比起单线传输具有良好的低阻抗特性。它可克服单线传输时的电感分量对电路带来的损耗，因而适用于高速开关的数字电路中。汇流条两

导电层的特性阻抗可按下式近似求出：

$$Z_0 = \frac{377}{\sqrt{\epsilon}} \cdot \frac{h}{b}$$

式中 ϵ 为绝缘层的相对介电系数； $\frac{h}{b}$ 为绝缘层的厚宽比。

为尽量减小汇流条的特性阻抗，因而绝缘层不宜过厚。采用汇流条布线，可使板内布线设计简化。

3. 大面积覆盖接地 在电路的工作频率较高（如20~30兆赫以上时）和高速开关的数字电路中，板内的地线不能

采用条形分布，可以采用大面积覆盖的接地方式。图1-20例示的是条形地线和大面积地线的电感量对比。

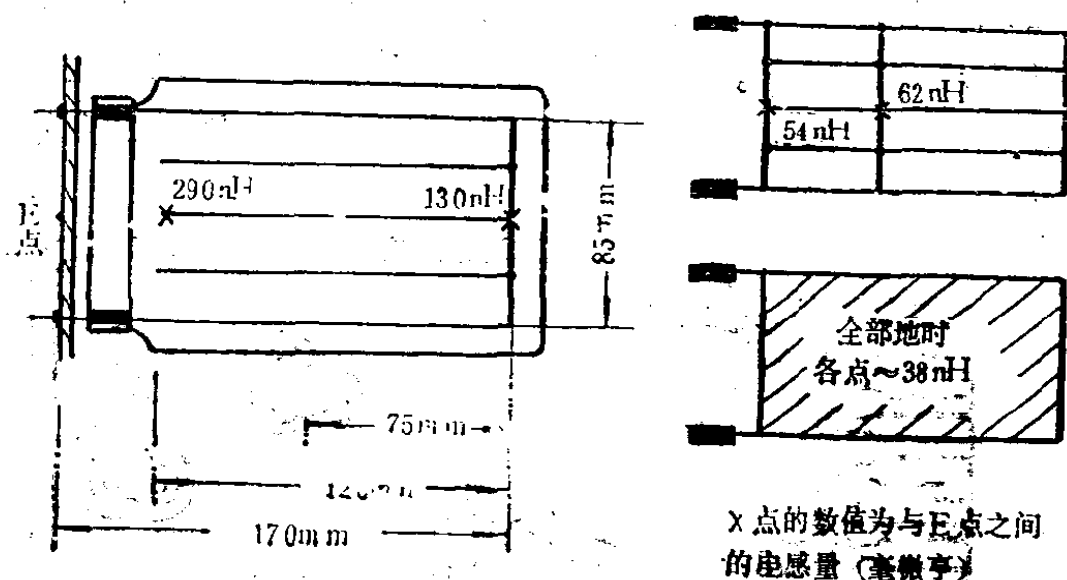


图1-20 地线的电感量

图1-20表明，板内地线的电感量与地线分布有关。地线分布越密集或接地面积越大，电感量就越小。另外当条形的地线长度为工作频率波长的1/4或1/4奇数倍时，则地线相当于一个并联谐振回路，对信号呈现很大的阻抗，并产生电磁波的辐射，因此条形地线不能用于频率较高的电路。

大面积覆盖地线如图1-21所示。有时当板内的导线较多时，为避免接地受导线切断而影响接地效果，可采用双面印制板，其中一面作为接地用。

采用大面积接地布局，要防止各接地元件的局部电流耦合而造成共阻抗干扰。因而对各级元件布设尽量以本级的晶体管、集成块为中心，元件按级集中布局，并在本级元件的中心部位设立接地区域。板内的各级（或各部分）位置，也应按电路的顺序依次布局，不能乱跳、隔级和迂回布设，防止

各级（或各部分）在板内的地中产生电流环路。

4. 一字形地线 当板内的级数不多时，可以采用一字形地线。各级电路可按先后顺序排列，每级电路的接地元件要相近接在地线上。板上地的引出点应放置在末级附近，如有引出至板外的输入、输出的地也要分开，如图1-22所示。

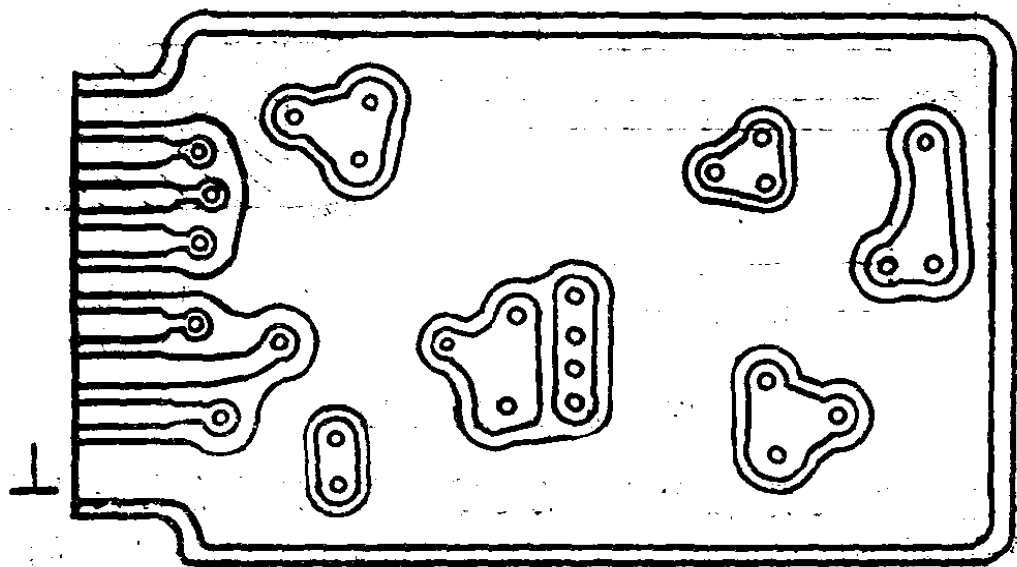


图1-21 大面积覆盖地线

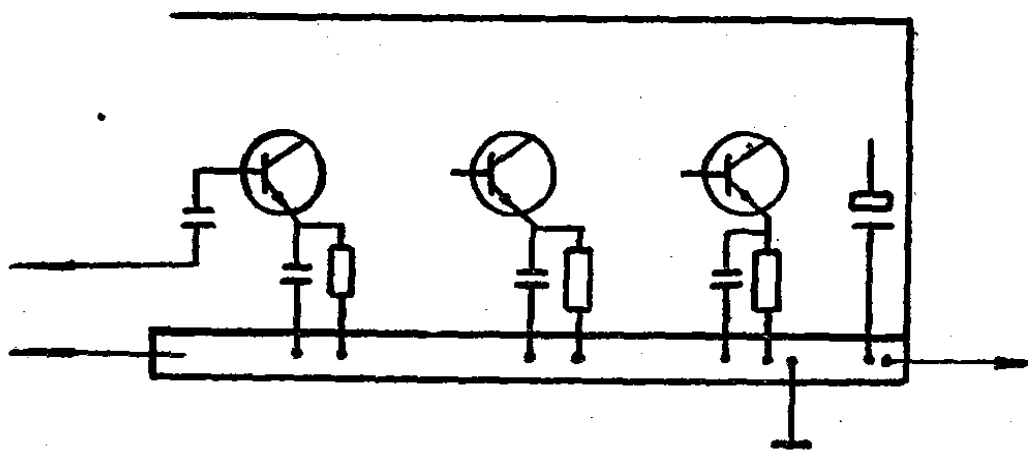


图1-22 一字形接地

1-4 整机的地线布局

在一部整机中，除了直流电流外，还有交流电流以及各种输入、输出的信号、各控制元件和负载等都要经过地线形成回路。因而处理好整机的地线，避免通过整机的地线产生共阻抗干扰，对保证和提高整机的性能，具有重要的意义。

整机的地线应按照下列几个方面的要求布局。

一、整机与各印制板的地线布局

整机与各印制板的地线布局，应按照整机的结构是金属和非金属的不同情况来考虑。

1. 整机结构为金属结构并有良好的导电镀层时，各印制板地可以直接接至周围的金属构件上。金属构件上应冲有供印制板接地用的接地脚，或者设置有铆接的接地焊片。采用接地焊片时，焊片应紧贴金属面。

采用金属构件接地，应注意下列问题：

(1) 截面积较小的长条形金属构件，不应同时供多块印制板接地用，应考虑金属构件的电阻影响。

(2) 电源的总地应选择金属构件上面积较大的部位，并注意与各印制板的电流在金属构件中的电流流向，看看有无在截面积较小的区域中通过。

(3) 依靠活动连接（如转动、摇动和插槽）的金属构件，会造成电路接触不良，不宜供作接地使用。另外非直接接触的两金属构件，仅依靠个别的结构螺钉连接时，也不可用于接地。

(4) 对调试维修中要拆卸的金属构件，而且有可能使

机内的印制板接地中断时，就不应在这些金属构件上接地，也不应用这些金属构件作为接地中的一段。

2. 当整机结构为非金属结构时，电源与各印制板的地采用导线连接。在这种情况下，应按下列要求布局：

(1) 当整机内印制板较多时，各印制板的地应尽可能单独用导线直接接至电源的总地点上。不宜采用一根公共地线逐板串联的接法，也不宜经串联后再回至总地的环形接法，如图1-23所示。在电路板较多时，为减少电路板的接地线，可将电流不大、脉动成份较小或负载较恒定、相互不易干扰以及相互以交替间歇方式工作的印制板合理地分配共用地线。

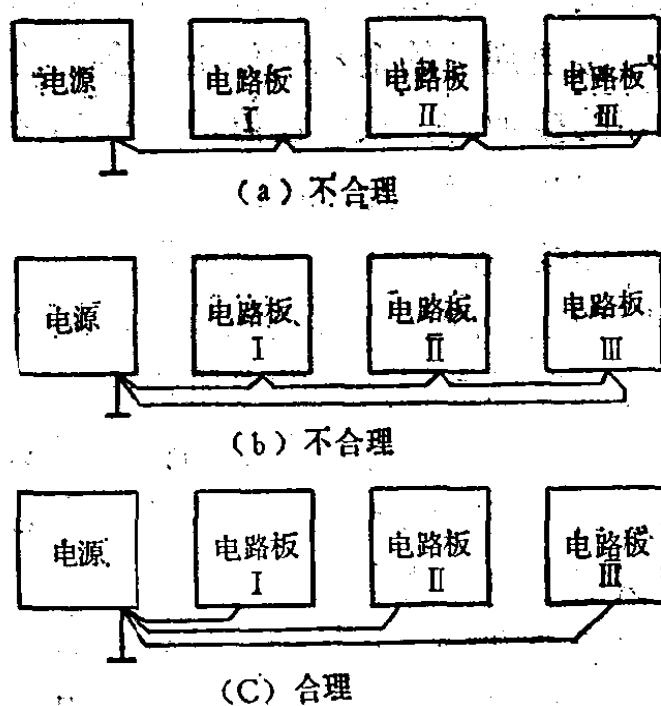


图1-23 整机与各电路板地的连接

(2) 各路地线在整机中应尽可能短地布设，不要迂回。对含有脉冲大电流的印制板地线。在布局时要考虑地线对

其他信号和控制导线的干扰,不应和这些导线紧靠平行布设。

(3) 地线的导线应尽可能宽些。考虑导线的截面积并不是以仅仅满足载流量就行,而是要以导线的压降和直流电阻对印制板的影响是否在允许范围为根据。尤其对那些以直流耦合的集成电路,各板之间的轻微电压差,也会对电路带来很大影响。

二、交流部分的地线布局

对于各种以交流供电方式的地线,如电子管和电子束管的灯丝、交流供电的指示灯、加热元件和机电元件(继电器、电机)等的地线,应根据不同情况加以处理。

1. 整机为金属结构时交流的地线布局

(1) 当交流元件不在印制板上且交流电流在几百毫安以下时,一般允许在金属构件上接地;当电流较大在安培级以上时,而金属构件上又有印制板的接地时,一般不允许用金属构件作交流的回路,而必须另用导线作交流电流的回路用。

(2) 当交流元件在印制板上时,不论交流电流的大小,均不允许在印制板内的地线上接地作交流回路用。

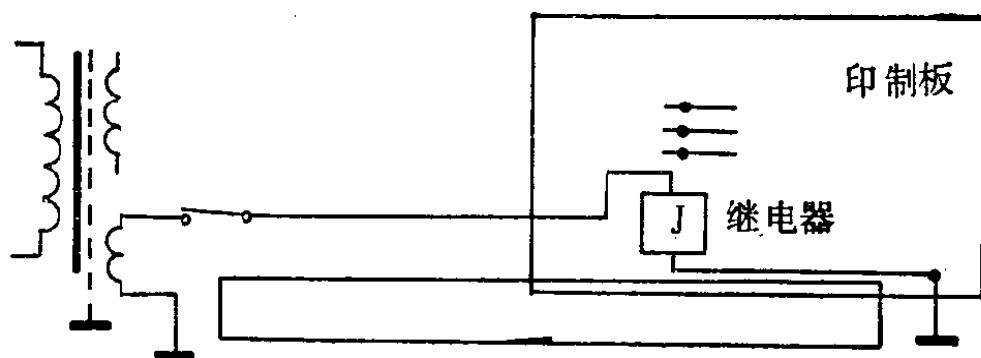
2. 整机为非金属结构时交流的地线布局

(1) 不论交流元件的电流大小和在板内板外,交流的地线均不能与其他地线共用,必须用单独导线接地。同时,应使交流电流自成回路,不得与其他地线形成共用段。

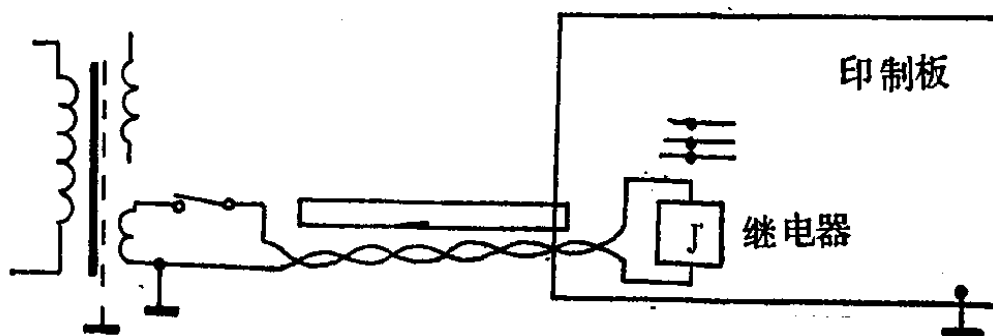
(2) 在布线时,应将交流的两根导线绞合布设。绞合布设可以减轻导线的交流磁场干扰,如图1-24那样。

三、整机中负载的接地

装置在整机中具有一定功率的各种负载的地线,或者由



(a) 不合理



(b) 合理

图1-24 导线的绞合布设

整机输出至机外的功率输出的地线，均不应将这些负载和输出端的地线与其他共用接地线和接地点，要单独用导线接至相应的工作级中，使负载元件与本级做到一点接地。如图1-25例示的是电视机中较易出现的一种错误布局。图中扬声器、高频头及音量、对比度、电位器等元件，离开电路板装置在机壳的面板上，并在面板上共用一个接地点，显象管的石墨导电层的地线由于靠近面板，也同时接在该接地点上。面板的共同接地点通过公共地线AB与电路板的地线相连，因而工作时在地线AB中有音频和行脉冲电流通过。行脉冲

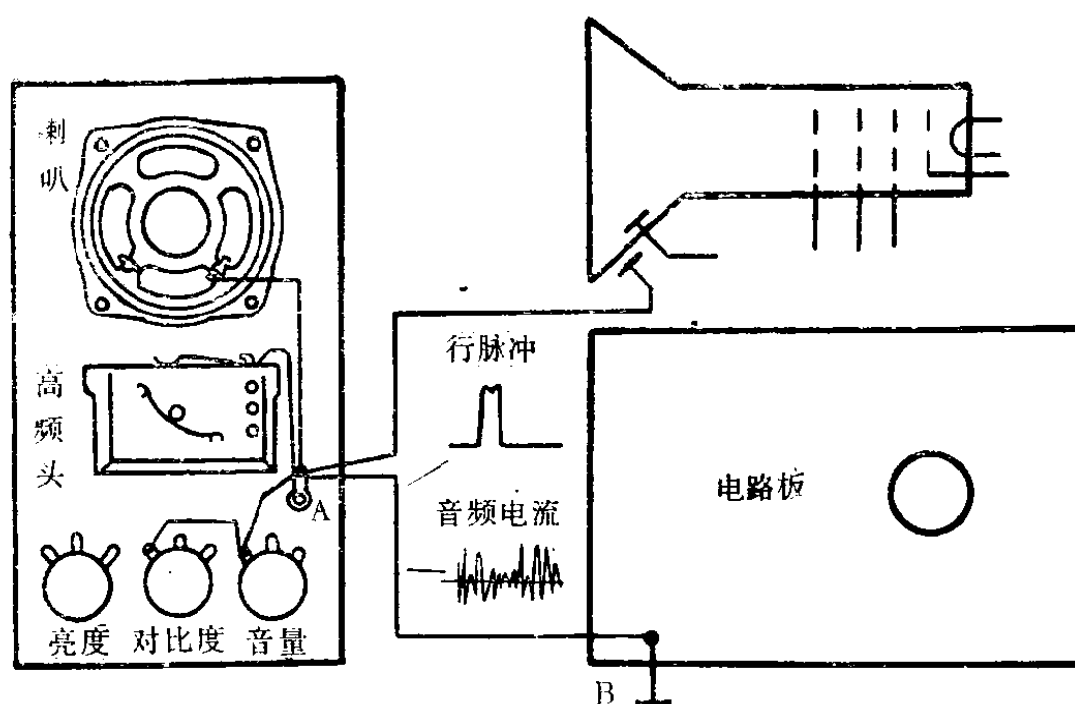


图1-25 一种不合理整机地线布局

电流是由于高压整流时的行脉冲分量的电流，通过显象管内外导电层形成的电容而流经石墨层接地中去。由于音频和行脉冲电流在地线AB中通过，因而形成共阻抗干扰，影响与该地线共用的接地元件的电路工作，使通道和视放级遭受行和音频干扰。图1-26的布局将扬声器、显象管和音量电位器的接地分别用导线接至本级电路板的的地线中去，因而消除了相互干扰。

四、输入和控制元件的接地

整机采用金属结构时，输入和各控制元件的地可以直接接在金属构件上。当控制元件和输入较多时，不要象图1-27那样，把各控制元件和输入接地端用导线串接后接地，而应该各自接地。其他有关事项，可参照本节第一部分中整机为金属结构时与各印制板接地的有关要求，这里不再重复。

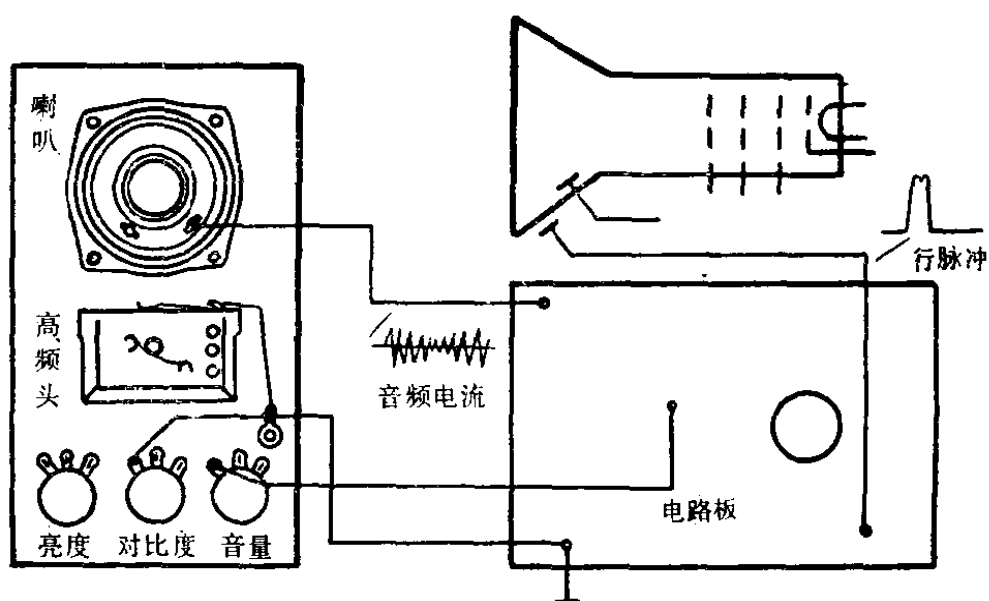


图1-26 一种合理的整机地线布局

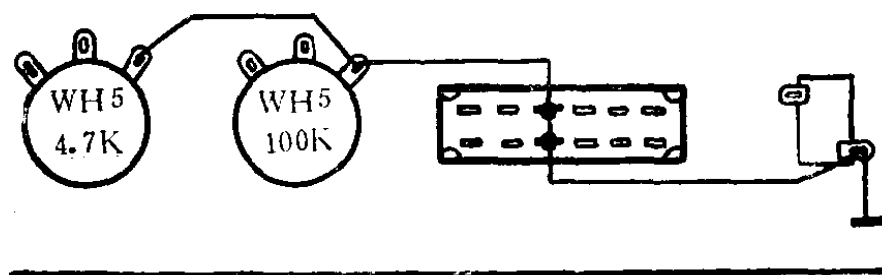


图1-27 控制元件的地串接过多

整机采用非金属结构时，对输入和控制元件的接地，应按照不同情况区别对待。如输入和控制元件均属于同一块印制板的同一个接地分路，且没有过大的电流通过，这时可合用一根接地导线接至相应的接地分路中去。不同的印制板的输入和控制元件的接地不得共用地线。还应注意虽属于同一块印制板，甚至在同一个接地分路上的控制元件中，如有较大电流时，不能共用一根接地导线，这点往往较易被忽视。如图1-28中电位器 W_1 、 W_2 的接地虽处于同一个接地分路中，

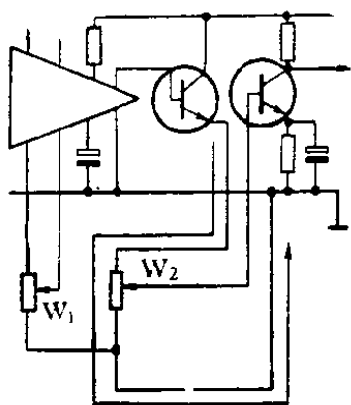


图1-28 不要与电流较大的控制元件合用地线

但 W_2 是接入低阻抗的射随输出级,工作时将通过一定电流,这时如与前级电路控制元件 W_1 共用接地导线,将会在共用的接地导线中产生共阻抗干扰。

五、屏蔽线的接地处理

在整机中,为了防止某些导线的电场和磁场干扰,因而采用屏蔽导线。

屏蔽导线的接地,也应根据整机中接地的原则,依据不同的情况加以处理。那种认为只要是用上屏蔽导线,就可以消除和抑制导线的一切干扰,而忽视对屏蔽导线接地上的处理,这往往会收到相反的效果。可见处理好屏蔽导线的接地,也是整机地线布局中一个十分重要的方面。

屏蔽导线的接地应遵循下列原则和要求:

(1) 屏蔽导线外层不允许通过交流和负载电流。屏蔽导线用来对交流和负载的导线作屏蔽时,不应将屏蔽导线的外层兼作回路导线。因为当这些电流在屏蔽层流过时,同样会产生磁场而干扰周围平行的导线,如图1-29(a)所示。为避免在屏蔽线外层通过电流,应按照图1-29(b)那样,另用导线作负载回路,同时穿入屏蔽层中,屏蔽层仅用来作为静电屏蔽用。屏蔽层内的导线,由于电流方向相反,而磁场相互抵消,因而对邻近导线的干扰明显减小。

(2) 当一个控制元件的两端,分别由屏蔽导线接至两个电路中,此时屏蔽层之间的连接,应根据电路情况来具体处理。如图1-30中的三种连接方法,会对电路产生不同结

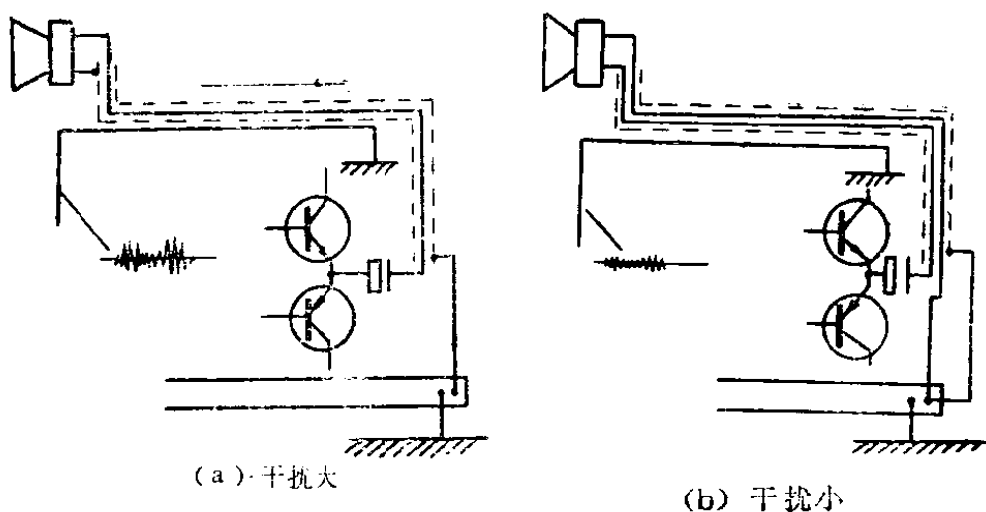


图1-29 屏蔽导线对邻近平行导线的影响

果。图中 (a) 的接法, 会使电路 I、II 产生接地环路。图 (b) 的接法, 当电位器在最小的位置时, 电路 I、II 之间的相对电位差(包括相对噪声和干扰电压)均进入电路 II 的输入端。图 (c) 的接法最好, 虽然相对的电位差仍可与信号叠加的方式经电位器进入电路 II, 但是, 如果信号电压幅值远比相对的电位差要大的多时, 则干扰不明显。当然, 最好的方法是应将电路 I、II 同置于一个接地分路中。但是在电路相互联接复杂时, 有时不能以某一个控制元件作为一个接地分路的唯一的条件, 否则会顾此失彼。所以对于控制元件的屏蔽地线处理, 不应该简单地将地线随意进行连接, 应根据电路的具体情况来决定屏蔽地线的连接和断开的位置。

(3) 当两根以上的屏蔽导线在一起平行布设和交叉时, 如果屏蔽导线外层相碰后会造成环路接地时, 则应采用有绝缘外层的屏蔽导线。

(4) 用以连接输入信号的屏蔽线, 应防止外电压和电流侵入屏蔽导线外层。屏蔽导线的外层只能作为连接输入

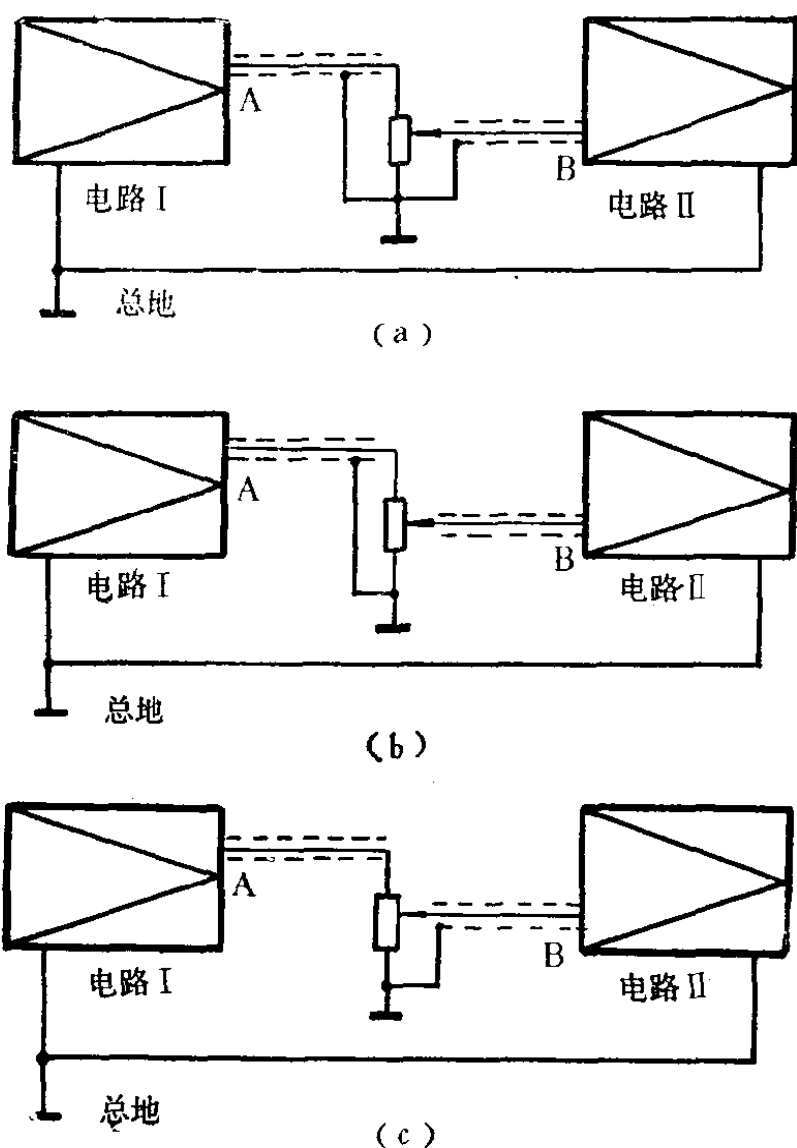


图1-30 控制元件上屏蔽线接地的影响
端的地用，其他控制元件的地均不得与此共用。

1-5 地线布局的几个总原则

以上我们较全面地对各种接地方式作了介绍。在实际排版中对处理地线布局时还要注意下列几个方面。

1. 处理好全局与局部的关系 电路之间的联系往往是

错综复杂的，要处理好地线布局，首先要从全局出发，对电路全面衡量，不要仅从局部电路去考虑。要按照先全局后局部；先整机后板内；先主要电路后次要电路的顺序考虑。有时局部和全局存在着相互制约的关系，应按不同的接地方式来权衡利弊。

2. 注意地线中电流的分布与流向 在处理地线布局时，仅仅用电位的概念去理解电路的工作原理是不够的。地线布局处理的是导线，导线中通过的是电流，因而注意地线中的电流和流向是决定地线布局的决定因素。只有通过电流的流向，才能分析出地线布局的合理与否和判断是否存在干扰。地线布局的合理与否也可以简单地用两句话来概括：地线中的电流是否流经了与此电流无关的其他电路、部位和导线中去？或者说其他部位和电路的电流是否进入了本部分电路的地线中来？

3. 地线的分配 合理的地线布局，并不是地线分的越多越好。无论板内、板外，地线分路过多，会造成接地的电位差，不利于电路之间的衔接，并给排版带来困难，同时在布局上也不美观；地线分的过少，地线有产生共阻抗干扰的可能。因此，地线的分配应以地线中的电流为依据，尺度是：既不使相互能引起干扰的电流合用一根地线；而又不要将允许在一根地线中通过的电流，用地线分开。

第二章 电源干扰与抑制

电源是电子设备中不可缺少的一个部分。整机的各个电路都要由它供电而工作，同时也通过它形成回路，因而电源正常与否将直接影响电路的工作。另外，电源线的分配和走向不合理，还会使有关电路相互产生干扰。在排版中电源和电源线的合理布局，对消除电源和电源线的干扰，仍有着重要的意义。

2-1 稳压电源的原理与电流流向

晶体管电路都要求用直流供电，除了少数便携设备或野外作业的设备常采用蓄电池、干电池等类型的直流电源外，几乎大部分均采用交流电源，经整流变换为直流后供电。为了使直流电压不受电网电压的波动或负载变化的影响，通常都设有稳压电路。

一、稳压电源的布局对电源指标的影响

稳压电源在电路设计时，都有一定的指标要求。主要指标有：纹波系数、电压稳定范围、负载变动率和电源内阻等。这些指标均由电路设计来保证，其中除了纹波系数外，大部分指标均与排版布局无关。

稳压电源的纹波系数，是电源的一项主要指标。纹波系数过大，会对电路工作带来干扰和信噪比变坏。比如，在一般的晶体管电路中要求电源的纹波在0.05%左右，即对于12

伏的稳压电源其纹波电压不得大于 $5 \sim 10$ 毫伏。纹波过大，对于音频放大器来说，会使输出波形受纹波电压调制，在扬声器中产生令人讨厌的交流哼声，影响音响效果。对于电视机来说，还会使图象产生扭曲和滚道干扰，或使图象不能同步。

纹波系数的好坏，除了与电源电路的设计、元器件的性能好坏有关以外，还与电路的布局有很大关系。即使具有高性能的稳压电路和采用精良的元器件，如果排版布局不合理，仍无法得到良好的纹波系数。这种由布局不良引起的纹波干扰一经产生，就很难通过更换元器件和调整电路来加以消除。

二、稳压电源的工作原理

了解和掌握稳压电源的工作原理和电流的流向，有助于在排版中对元件和导线的布局作出合理的安排。

虽然稳压电源的电路形式较多，但其工作原理基本相似。通常它们都由电源整流、电压调整和取样放大三个部分组成。为说明问题起见，我们以图 2-1 这种常见的典型电

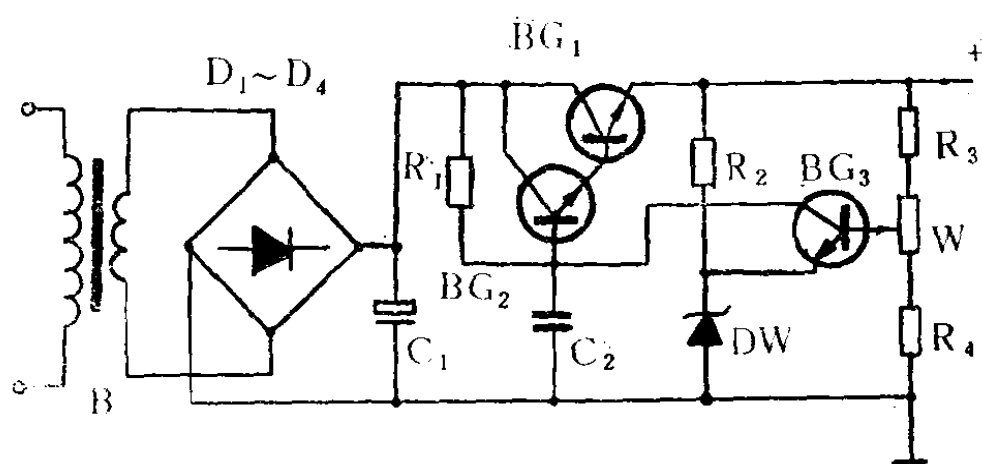


图 2-1 常见的一种稳压电源电路

路来说明稳压电源的基本工作原理。

在图 2-1 中,由电源变压器 B 、桥式整流二极管 $D_1 \sim D_4$ 和电源滤波电解电容 C_1 组成电源整流部分。交流电经降压、整流和滤波后成为低压脉动电流。电压调整由晶体管 BG_1 、 BG_2 担任(有些电路只用一个晶体管,也有的电路调整管是在电源的负端,其作用是一样的),取样放大由 BG_3 担任。取样电压由 R_3 、 R_4 和 W 分压后供给取样管基极。基准电压在稳压管 D_w 上取出,与取样管发射极相连。电路的工作过程简述如下:设由于交流电网的电压降低或负载电流加大而使输出电压降低。这时,由于比较放大管 BG_3 发射极电压是恒定的(由稳压管 D_w 稳压来保证),引起比较放大管 BG_3 的集电极电压 U_c 上升(与电源输出端电位呈相反变化),调整管 BG_2 的基极电位也上升,使调整管内阻减少,从而补偿了输出电压的下降,达到稳压的目的。当电网电压上升或负载电流减小时,电路工作过程则与上述相反。由于电路是工作在深度负反馈状态,使输出端电位能稳定在一定的范围。

三、稳压电源的电流流向

在设计稳压电源电路时,只要了解电路工作原理及按一定的性能指标,计算出元器件的参数就可以了。但在排版设计时,不仅要知道电路原理,更重要的、而且应当了解的倒是电路中的电流的性质及其流向。

在稳压电源中,虽然有时很多元件同处于一个电位(地电位或者电源端电位),但是这些元件所通过的电流性质,有时却截然不同。对图 2-1 的电路来说,其主要电流的流向可以用图2-2来表示。图中用虚线和实线,分别来表示交

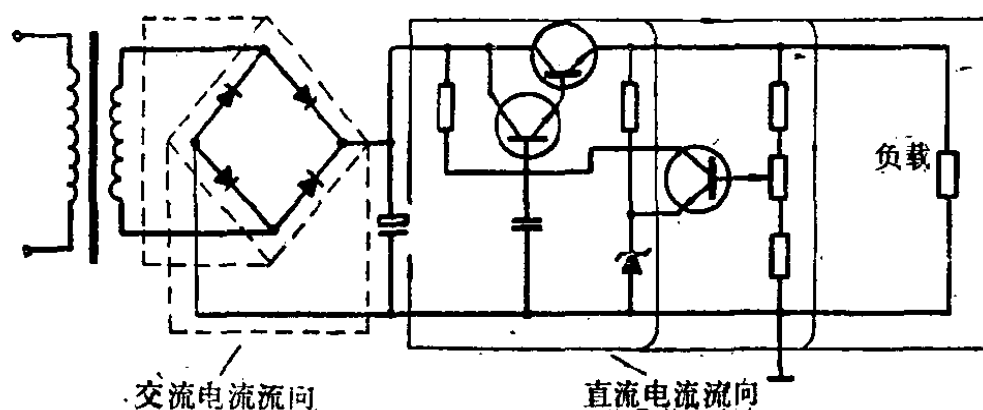


图 2-2 稳压电源的电流流向

流（其中也包括脉动成分）和直流的电流流向。当然在实际中，电流的流向也可能还要复杂些，部分脉动电流也可能通过稳压电源和负载形成回路，或者部分直流从电源变压器次级形成回路。在这里为便于说明问题，将主要电流概括地表示，将电源滤波电解电容，看作为一个无限大的容量，其呈现的容抗视作为零，因而为交流和脉动电流形成回路提供了良好的通路。同时，将直流电流看作是滤波电解电容不断向电路放电而形成的电流。在图 2-2 中，虽然从整流二极管的负端至电路负载的地端，电位均为地的零电位，但导线中的电流是不一样的。在这里除交流与脉动电流、直流外，其中还应包括负载工作时的负载变动电流。如何在布局中处理好这些电流，使之相互之间不产生或尽可能少地产生干扰，这是稳压电源布局的主要方面。

2-2 稳压电源的干扰抑制与布局

一、交流电流对直流和取样电路的干扰

图 2-3 例示的是一种不合理的电源布局。图中整 流 管

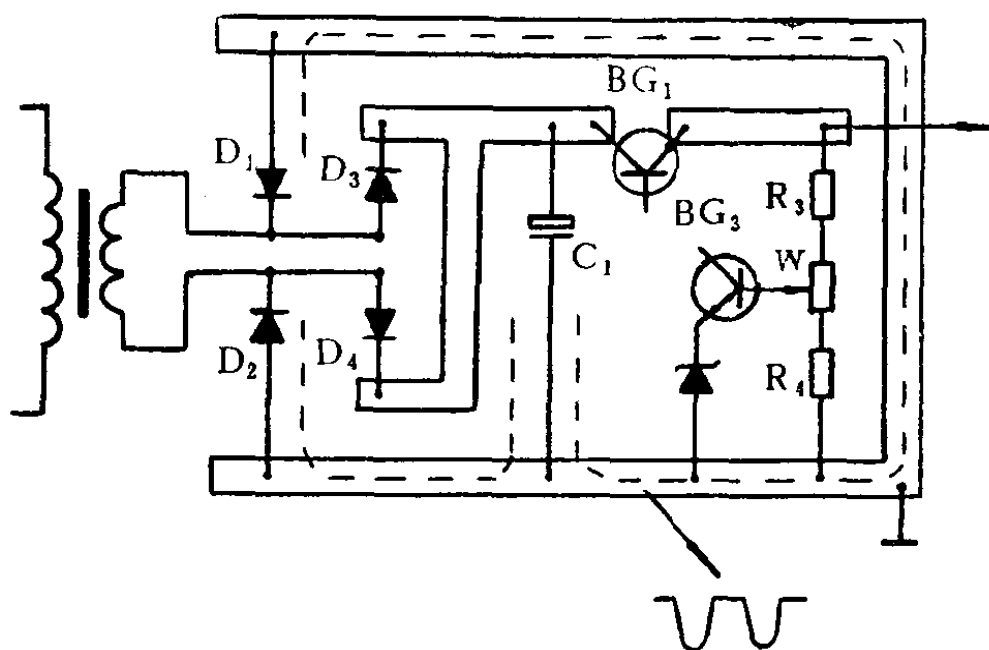


图 2 - 3 整流管接地点过远的干扰

D_1 、 D_2 的正极接地点相互设置过远，在交流负半周 D_1 导通时，交流的脉动电流从电解 C_1 负端至整流管 D_1 正极，在较长的右半部印制地线中通过，部分电压降落在取样管的基极和发射极之间。在稳压电源中，电路的环路增益很高，因而微小的干扰电压进入取样管，都可引起输出端电压较大变化，因此，图 2 - 3 的输出端必将出现负半周的干扰纹波。

图 2 - 4 例示的是一种常见的也是较易疏忽的电路布局。在稳压电源的电路中，有时有些元件（如滤波电解电容、调整管）的体积较大，因而不能同时安装在印制板上。在图 2 - 4 中，电解电容安装在金属构件上，电解电容的负端通过导线与印制板地相接，总地引出设置在金属构件上的 D 点。工作时，交流的脉动电流将在导线 AD 中通过，一部分降在 BC 之间，产生与上例相同的干扰；另外主要还由于 CD 之间的导线较长，在 CD 上产生较大的交流脉动压降，而引起取样

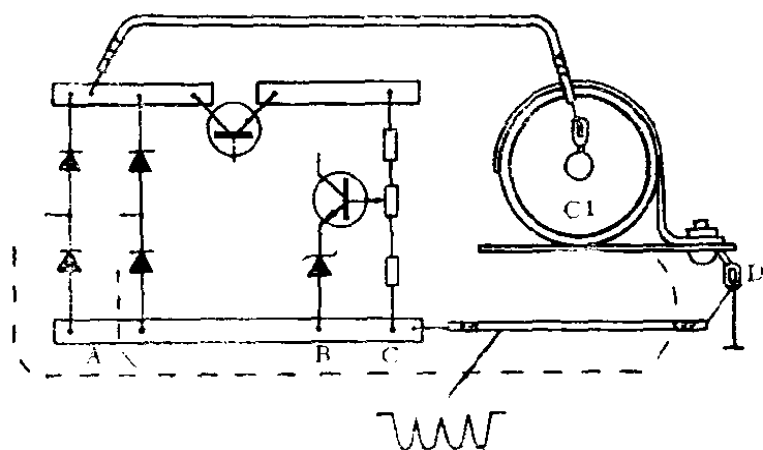


图 2-4 交流与取样电路共用导线而产生的干扰

基准电压的波动，从而引起输出端的电压波动。基准电压波动对输出端的影响，可以由图 2-5 清楚地说明这一点。图 2-4 导线 CD 的干扰可以等效于图 2-5 (a)。图 2-5 的 (b) 和 (c) 则表明输出电压和取样基准电压之间的关系曲线。大家知道，取样放大电路的作用是保持电源输出端与取样管的基准电压的相对幅值稳定。一旦取样管的基准电压和取样电压同时受到调制，则取样放大管对这种调制就失去调整能力，结果输出端也就随之产生纹波干扰。

例如，对于直流输出 2 安的稳压电源，由于电源整流时导通角较小，瞬间的交流脉冲峰值电流为直流输出的 4—5 倍。假如导线 CD 之间采用直径为 0.44 毫米的导线连接，其长度为 10 公分时，直流电阻为 0.0064 欧。8—10 安的峰值电流，将在导线上产生约 60 毫伏的峰值电压，可见对于大输出电流的稳压电源，布线的合理尤为重要。

图 2-6 为调整管在地端时的情况。交流脉动电流通过

电解电容正极的导线，与图 2-4 产生相同性质的干扰，这里不再重复。需要指出的是，稳压电源的干扰并不完全在地端，应根据不同的电路来具体对待。

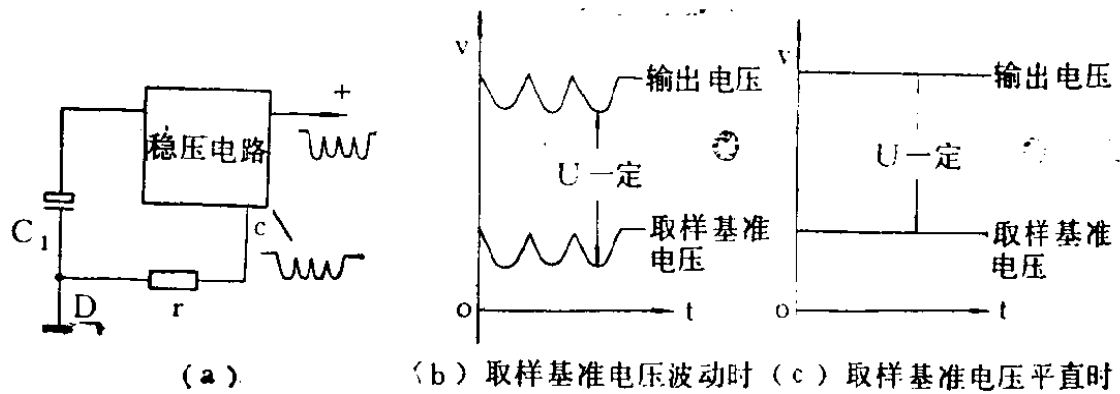


图 2-5 输出电压和基准电压的关系

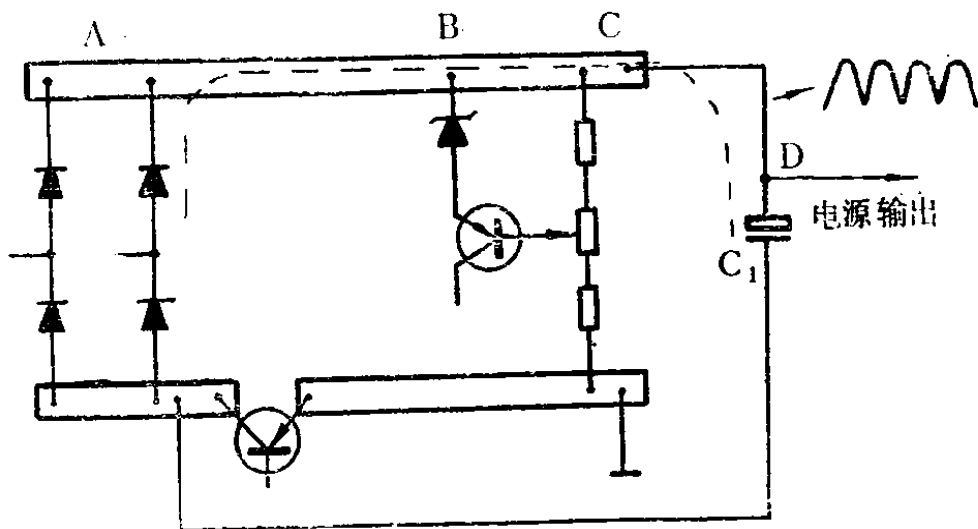


图 2-6 交流与取样电路在电源的正端共用导线而引起的干扰

二、总地设置过多而引起的干扰

电源的总地是指电源与电路负载的地连接。但电源的总地只能是一点，也就是说电源部分的接地元件，不应分散

接地。在这点上，有的布局者往往加以疏忽，总觉得电源的接地越多，接地的效果越好。

总地过多，会引起电路负载的电流在电源中的流向复杂，造成总地之间的电位差，同时影响到取样基准电压的稳定。

如图 2-7 中，电解与金属构件接地，作为一个总地，另一个总地设在电源印制板上。机内的电路和元件，分别与两点总地连接。在工作时，一部分与印制板上总地相连的电路，因负载的变动电流而产生压降，引起取样基准电压的波动，从而也使输出电压产生波动。这种干扰除了因总地过多所造成外，当电源的调整管位于地端时，因电源端的输出点

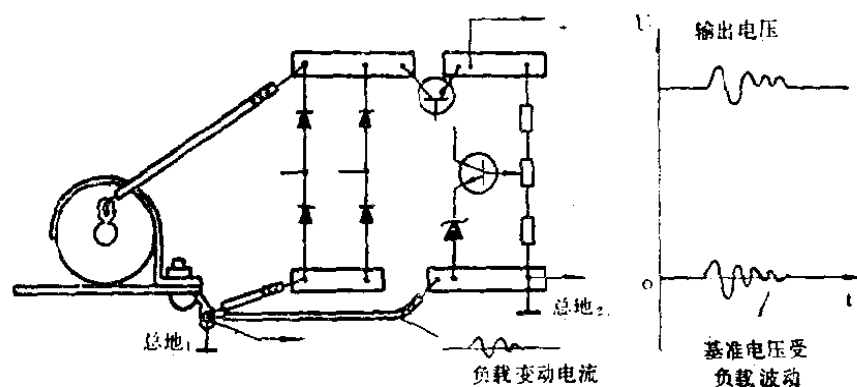


图 2-7 两个总地引起的干扰

过多时也会产生这种干扰。

有时，当稳压电源与电路合用一块印制板，如图 2-8 那样。取样电路与板内电路共用一根地线，与电解电容连接，形成板内、板外两个总地。这样负载电流的变动必将引起 B 点的电位变化，使输出电压受 B 点干扰。

三、稳压电源的几种合理布局

在布局中，为了防止上述两种干扰，应注意以下两个方

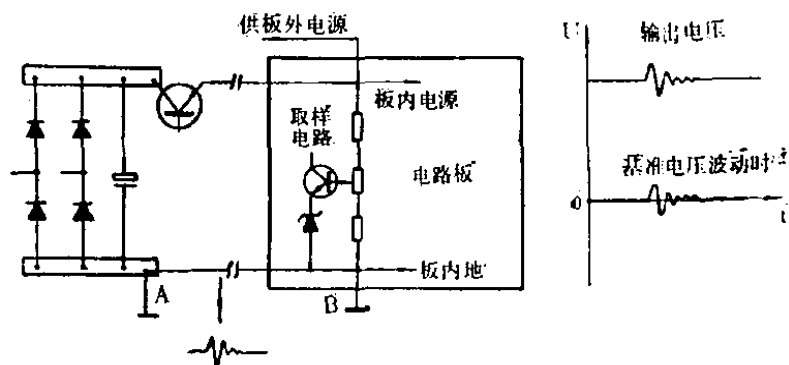


图 2 - 8 取样电路与板内电路合用地线的干扰

面：

(1) 不要使交流的脉动电流流经直流和取样电路中去；

(2) 总地（和总电源输出）应在合理的一点位置上。

图 2 - 9 是稳压电源两种合理的布局。图(a)为电源调整管在电源端时，总地设置在电解电容负端上，交流和取样电路分别由两根导线与电解电容负端相接。这样，交流电流、负载电流和取样电路，除了在电解电容内部负极的引线共用外，在外部没有公用段，因而消除了上述两种干扰的可能性。总地设置在电解电容上，有助于电路的负载变动得到较好的旁路效果，从而减小电源内阻。稳压电源的地单独接至总地，可使取样基准电压稳定，而免受其他电流的干扰。显然，图中的总地如加以变更，或多点引出均是不利的。另外，当稳压电源与其他电路合用印制板时，稳压电源的地仍应单独接总地，不得与印制板的地合用地线。图 2 - 9 (b) 为电源调整管在地端时的布局情况。图中总电源应从电解电容正极上引出，交流与稳压电源的取样电路则分别采用导线与电解电容正极相连。此种布局对干扰的抑制作用，读者可

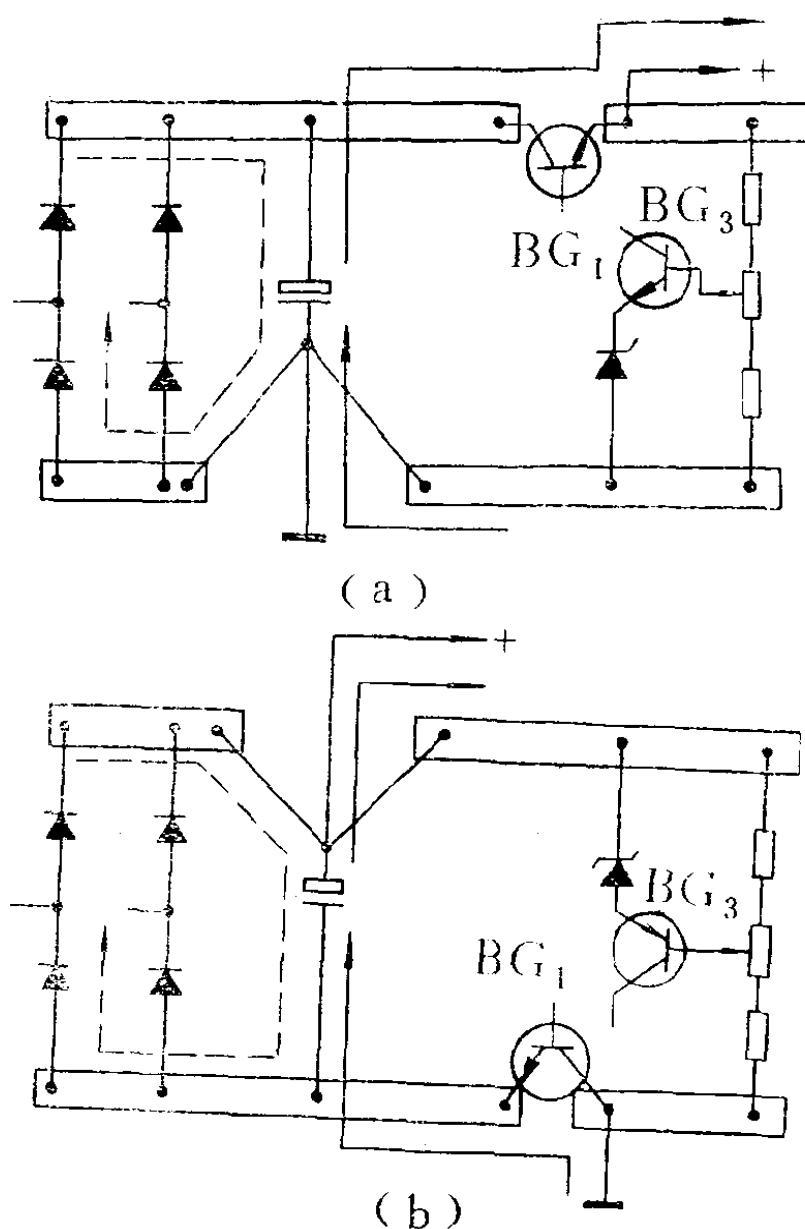


图 2-9 稳压电源的两种合理布局

以与图 (a) 对照后加以分析, 这里不再重复。同样, 当稳压电源与其他电路合用印制板时, 稳压电源的正极不应与电路板合用导线。

对于小型的稳压电源, 电解电容和调整管均可以装置在电路板上时, 电源的布局和总地的引出可按图 2-10 所示那样连接。

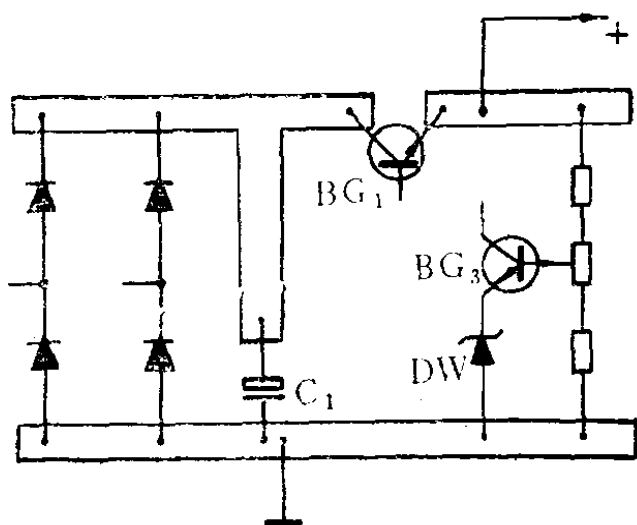


图 2-10 小型稳压电源的布局

稳压电源在布局时,尽可能排在单独的印制板上。这样,使印制板的面积较小,便于放置在与滤波电解电容和调整管较近的位置上。它可避免电源部分的导线过长,同时对减少电源的内阻有利,也便于在调试和检修时将电路负载与电源切断。当电源与电路合用印制板时,在布局中要避免使稳压电源和电路元件混合布设,以及使电源和电路合用地和电源线。这样的布局,不仅容易产生各种干扰,同时在维修时也无法断开负载,有时不得不切断印制导线,而使印制板损伤。

四、电源变压器的交流接地

上述例举的是电源采用桥式整流时的情况。在电源电路中,有时还会遇到其他整流形式(如全波)和复杂的多组电源时,电源变压器的次级往往需要接地。值得注意这时不宜在电源变压器的次级就近接地。因为这样交流回路的电流,必然会从电源变压器的次级接地点通过金属构件和导线至电解电容的负极,导致在金属构件和导线中产生交流干扰。

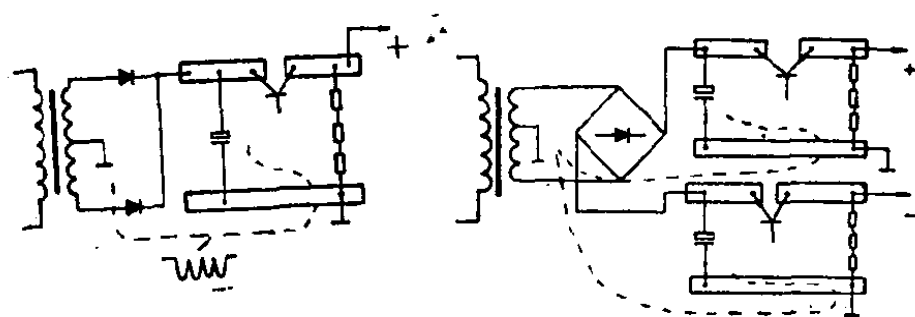


图 2-11 电源变压器的不合理接地

不论电源的整流形式如何，电源变压器的次级接地，都应用导线单独接至相关的电解电容上，不得单独设立地线，更不能作为总地用。图 2-12 为电源变压器合理的接地方法。

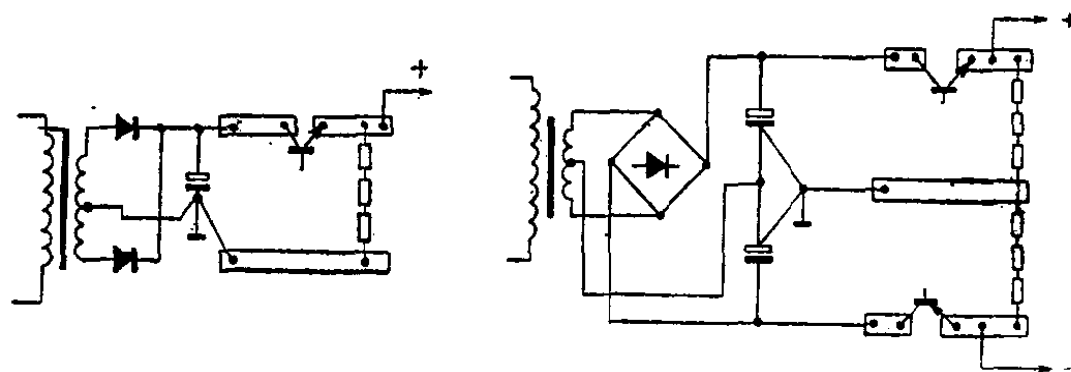


图 2-12 电源变压器的合理接地

2-3 电源线的布局

电源线的走向，并不因有退耦电路而可随意安排。合理的走向对抑制干扰仍有着重要的作用；可以防止电路通过电源产生有害的耦合，降低电源中含有的交变信号的幅值。对电源线的走向在布局时要注意下列几点：

(1) 总电源至各板的电源走线，应尽可能用导线单独

分配，不宜采用一根总电源线逐板分配，这与总地与各板的地线分配的情形相似。如单独分配走线过多，可将电流较小或相互不引起干扰的电路板，合理地分配共用的电源线。

(2) 在电原理图中，各部分设有电源退耦电路时，布局中应将退耦电路设置在相关的各电路板上，不要将退耦电路集中地放置在电源部分。这样会引起各电路板的交变信号电流，从电源和地线中通过，这既影响旁路效果，又会使电源和地线中有较大的脉动电流。如图2-13中图(b)所示的是合理的安排。

(3) 板内的电源走线，可根据板内各部分电路的分布情

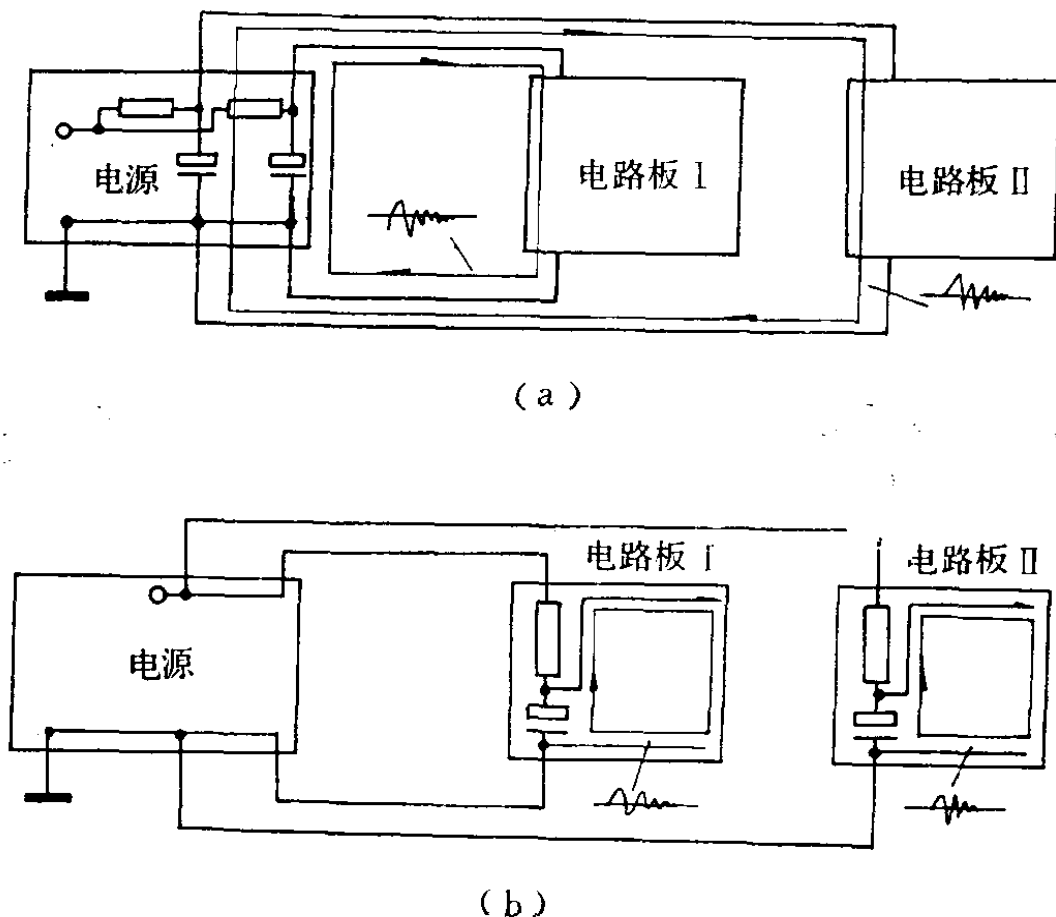
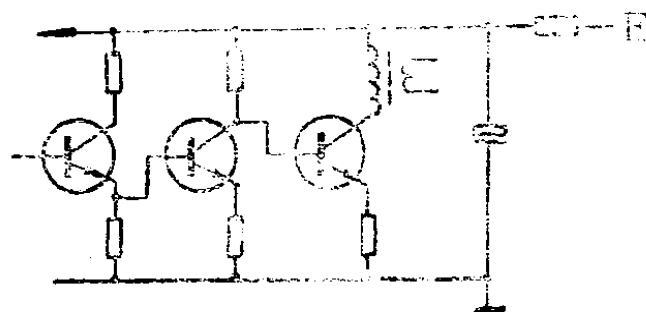


图 2-13 退耦电路的装置位置

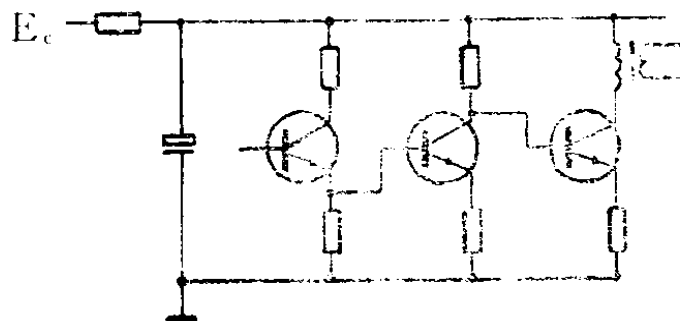
况采用多路电源分配,与地线分路要求相同,这里不再重复。

(4) 对于各部分电路内部的电源走向,应该采取从末级向前级供电,并将该部分的电源滤波电容安排在末级附近。在图 2-14 中,图(a)是合理的,对末级的旁路效果较好;图(b)是不合理的,因此时末级的信号电流,将会在本电路的电源和地线中通过,对电路其它各级带来干扰。在有的电路中,工作电流较大的级,不一定是末级,有时也可能在中间或前级,则电源的走向和滤波电容的设置,应根据电路的具体情况来安排,可将滤波电解电容设在电流较大的这一级上,至于电源的走向应从滤波电解电容的这一点位置向前、后级布设后级布设。

(5) 在电源中有的采用多级串联的退耦电路,电源的



(a) 合理



(b) 不合理

图 2-14 电路内部的电源走向

走向应根据电路的串联的先后顺序，安排电源线的走向，如图2-15所示。这里不可随意倒过来串联，或将多级退耦改成并联，否则将会影响原先电路设计的工作电压。

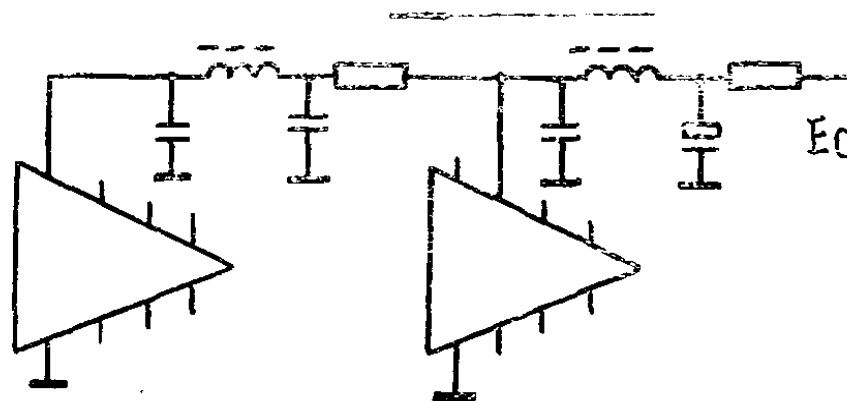


图 2 -15 电源的多级退耦电路

(6) 对一些主要的电流部位，在调试和检修中需要断开或测量电流，布局时应在印制导线上安排电流缺口。

第三章 电磁和空间的干扰与抑制

排版布局不良，除了会使电路通过导线的共阻抗产生直接干扰外，还会通过其他的形式产生干扰。比如，导线和元件在空间中产生的电磁场干扰，机内工作时产生的温升和某些元件振动对电路的影响等。如何防止这些干扰，首先必须弄清这些干扰产生的原因、方式和条件，从而在排版中才能加以防止。

3 - 1 导线的寄生耦合与抑制

导线除了本身存在电感和电阻外，在导线间还存在着互感和线间电容，它们同样会对电路带来干扰，从而影响电路的正常工作。

例如图3-1的两条相邻的平行导线，它们之间的分布参数，可以等效为相互耦合的电感和电容。假如在其中一根导线 AB 中通过交变电流，必然会经过磁场和电场的耦合，在另一根导线 CD 上产生感应电势。其感应的强度与导线中所通过的电流大小、频率高低、电路阻抗和交变电势的幅值大小有关。当导线中通过的电流越大、工作频率和交变电势的幅值越高，以及被干扰电路的阻抗越大，感应也就越强。

这种由导线（也包括元件）之间的分布参数引起的不必

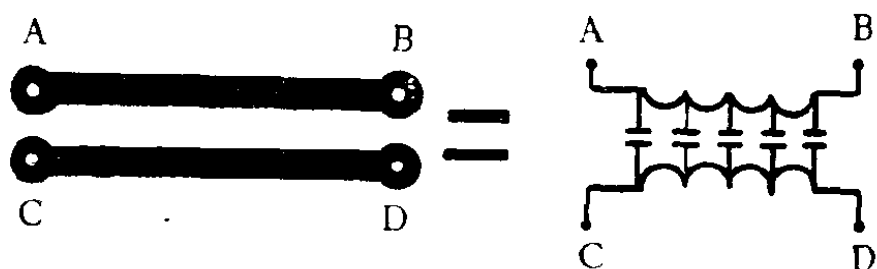


图 3 - 1 平行导线的寄生耦合

要的有害耦合干扰称为寄生耦合干扰。

为抑制导线间的寄生耦合，在布局中必须注意下列几个方面：

一、板内导线避免采用大环形布局

为防止板内电路通过导线产生耦合，板内的导线在排版时，应避免采用大环形的布局方法。图 3 - 2 就能很好地说明这一点。在图 (a) 中，末级的输出与前级的输入导线均采用大环形布局，因而较易使前级遭受干扰，在图 (b) 中，导线采用各自平行布局，由于平行导线的磁场是相互抵消的，因而减弱了相互之间的耦合。所以，在布局中应尽可能将同一输出而电流相反的导线平行布设，以减少对其他导线的磁场耦合。

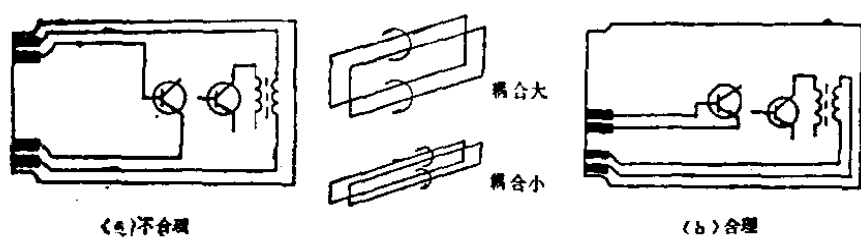


图 3 - 2 避免采用大环形的导线布局

二、相互易干扰的导线不要平行布设

各种信号和输入、输出导线在板内布局时，为防止有害

的寄生耦合，应做到下列几点：

(1) 各级间的信号走线越短越好。

(2) 各级电路在排列时，要按照信号的顺序排列，不要迂迴或越级排列，这样使各级之间的信号导线不相互跨越。

(3) 信号导线在排版时尽量避免相互靠近平行排列。在处理板内跨接线和双面印制板时，要注意使两面的导线呈垂直或交叉布设（见图 3-3）。

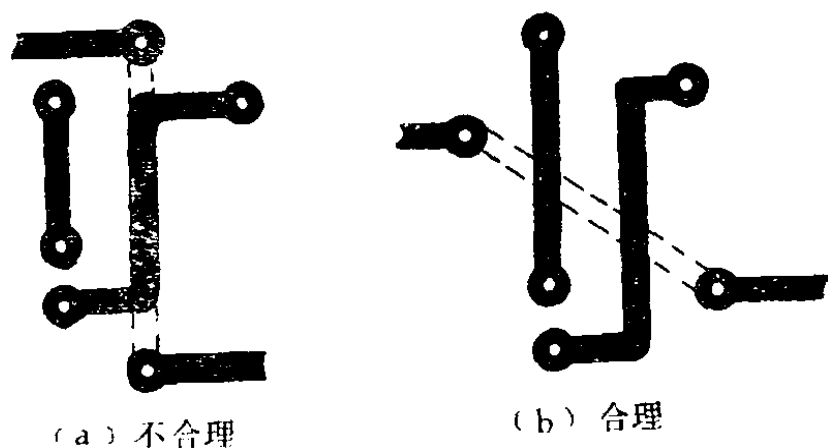


图 3-3 板内的两面导线布设

(4) 对板内需平行布设的导线，应使这些平行导线之间尽可能间隔一定距离，或用地线、电源线隔开，有时也可考虑采用屏蔽（见 3-3 节）。

在排版中并不是对于所有的信号导线，都不许平行，那样将会给排版带来困难。正确的方法是根据导线中的信号内容，将哪些容易干扰，哪些又不容易相互干扰的导线，在布局时加以区别对待。例如在收音机中扬声器的输出走线，对天线磁棒、双连的走线，因其工作频率相差较远不易会产生干

扰；而对音量音调电位器的走线就易产生干扰等。

掌握和了解信号导线的性质和干扰范围，对导线的合理布局是很重要的。比如，在电路中，对于那些前后沿较陡的各种脉冲波，虽然波形本身的工作频率不高，但含有丰富的谐波分量，使信号具有较宽的频谱范围，因而除了对与基波频率相近的电路产生干扰外，还会对高于基波频率很多倍的高频电路产生辐射干扰，因此，对这类的信号导线在布局时必须加以注意。如电视机中的行输出的逆程脉冲的信号，能对图象中频、视频均产生有害的辐射，引起图象不稳和使图象产生行的黑条干扰。在数字电路中，各种方波信号的感应可引起电路的触发。因此，掌握好各种信号导线的性质，是使导线合理布局的基础，否则就谈不上对导线的合理布局。

三、处理好反馈的导线和元件的布局

在电路中，遇到末级向前级反馈的导线和元件，应根据电路的情况加以处理。反馈的导线和元件在排版中的布局好坏，对电路稳定工作有很大影响，可以防止这些导线和元件对电路产生寄生耦合和干扰。举例说明如下。

图 3-4 (a) 例示的是低频放大器的电路。图中，低频末级通过印制导线和反馈元件 R_1 和 C_1 向前级负反馈。由于反馈元件和导线的布局不当，使导线过于靠近前级的基极元件，因而使电路产生寄生耦合，影响了放大器的工作稳定。图 3-4 (b) 的电路，将反馈的元件，安排在输入变压器的下方，使末级的导线不布设在前级元件周围，消除了末级的信号通过导线向前级产生不必要的寄生干扰。

在处理前、后级之间的反馈导线和元件时，一定要将反馈的元件放置在前、后级之间的交界部位，使连接反馈元件

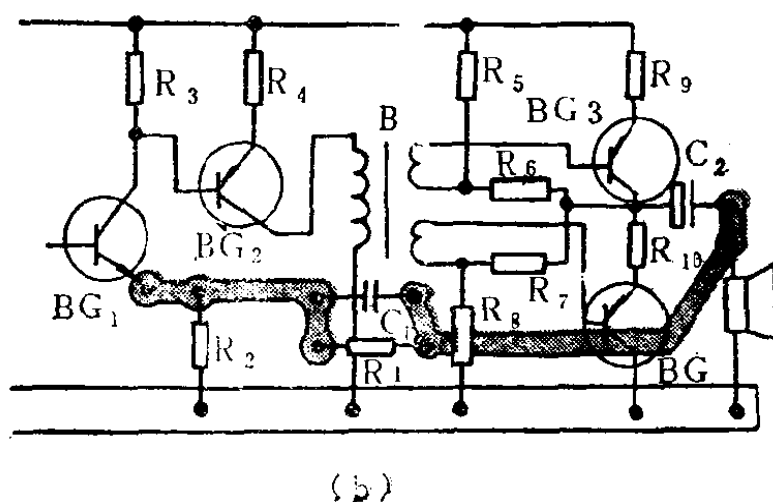
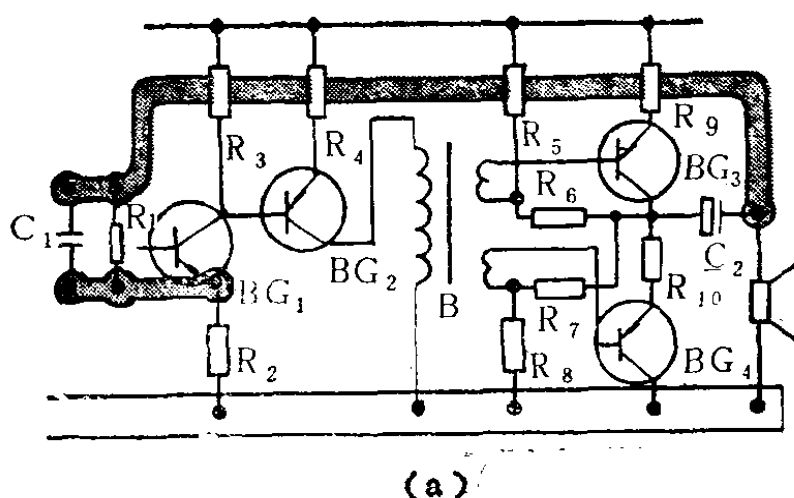


图 3-4 低频放大器反馈元件的布设

的导线尽量不越出本级的范围。如将反馈导线从后级越向前级，或从前级伸入至后级都是不合理的，应防止这种布局。

图 3-5 例示的是中频放大器局部电路。在中频放大器中，有时为了使电路工作稳定，往往在电路中连接有中和电容。图 3-5 中的中和电容 C_0 的位置是合理的，跨接在本级晶体管的两边，这样使基极的走线不伸向集电极电路的元件中去。因为在频率较高时，元件和走线的分布参数对电路的工作影响较大，即使本级基极和集电极之间的杂散的寄生耦合

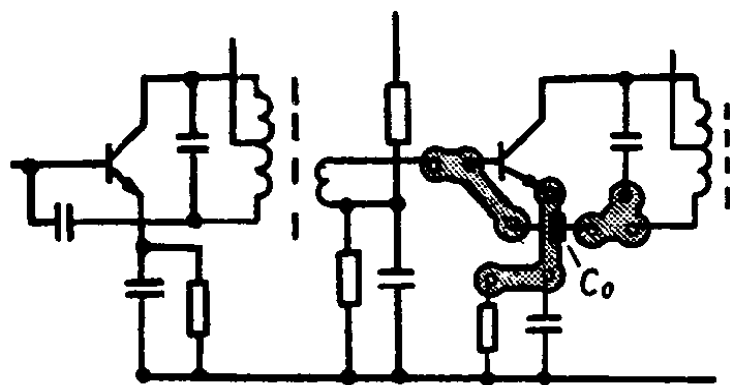


图 3 - 5 中频放大器的中和电容布设位置

也会造成电路的工作失常。所以在频率较高时，电路的走线和元件位置的安排尤显重要。

电原理图中的反馈导线和元件位置，并不一定是排版中的最好位置，在排版时应根据导线的信号电压幅度来决定导

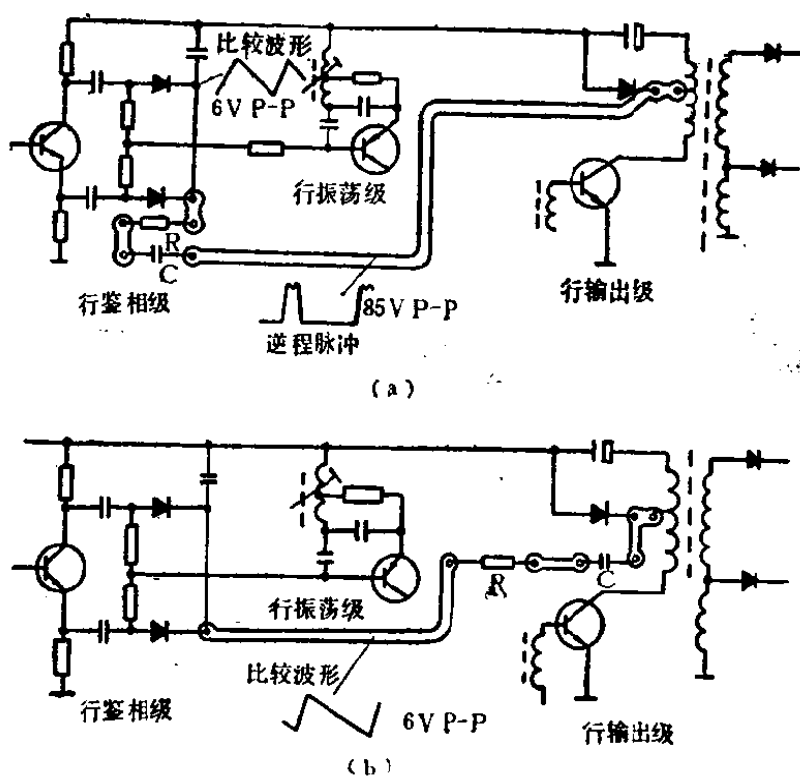


图 3 - 6 行输出反馈元件布设位置

线的合理走向和位置。当导线跨级较多时，反馈元件的位置应根据信号幅度的大小来考虑。比如图 3-6(a)所示的电视机行扫描的电路中，行输出级的逆程脉冲，从行输出变压器初级的抽头通过导线和反馈元件 R 、 C 至行鉴相器上，经积分电容的作用，变换为鉴相用的比较锯齿波形。图 3-6(a) 的布局，行逆程脉冲在鉴相器和行振荡级通过，由于逆程脉冲的电压幅度较高，峰值电压通常可达 80—90 伏，因而对鉴相和行振荡级的电路将带来干扰。图 3-6(b) 将反馈元件放在行振荡与行输出级之间，这样经反馈元件 R 、 C 降压后的锯齿波幅度为 6 伏左右，对行振荡和鉴相电路不致产生干扰。

当反馈电路中沒有反馈元件作为信号衰减与隔离时，在排版中一定要对反馈信号的走线妥加布设。比如，可以使反馈走线沿印制板边缘布设，并与板内的其他元件和走线之间用地隔开，图 3-7 为飞跃 9 D 3 电视机的键控脉冲的走线布

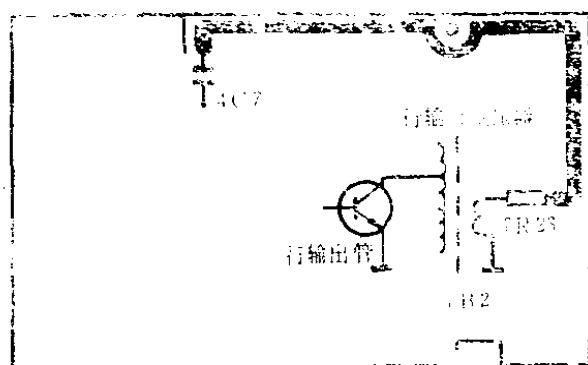


图 3-7 一种键控脉冲的走线布设

设示意图，就是采取这种布线方法。

四、整机导线间的干扰与抑制

整机的导线往往布设较长，因而易引起相互干扰，对整机的导线设置，应按下列要求：

(1) 将强弱信号走线分开。在整机走线中, 信号电平的大小和电流有时相差很大, 因此应将强信号大电流的导线(如交流电源线、电源次级的导线等), 与弱信号导线分开走线, 不要平行靠近布设。强弱信号导线相交时, 应垂直相交叉。

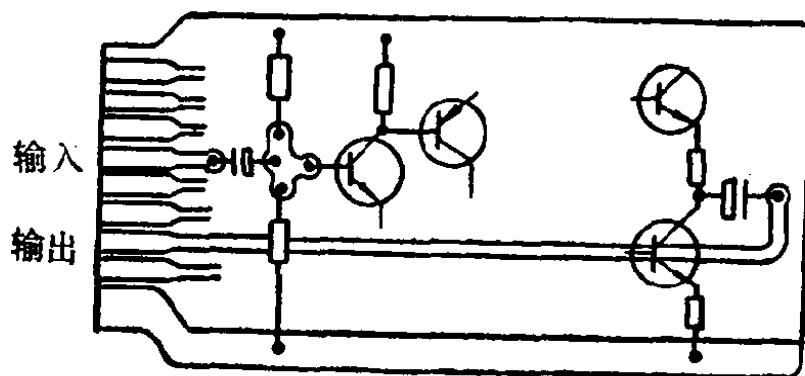
(2) 相关的导线应并行走线。对一些相互对称而电流方向相反的导线, 如同一个负载的两端的连接导线、同一个电源绕组两端的导线, 以及同一块印制板的电源和地线等, 在布局时应将两根相关的导线紧靠并行布设, 以减弱磁场对其他导线的干扰。有时也可将两根导线绞合后布设。

3-2 输入输出的寄生耦合与抑制

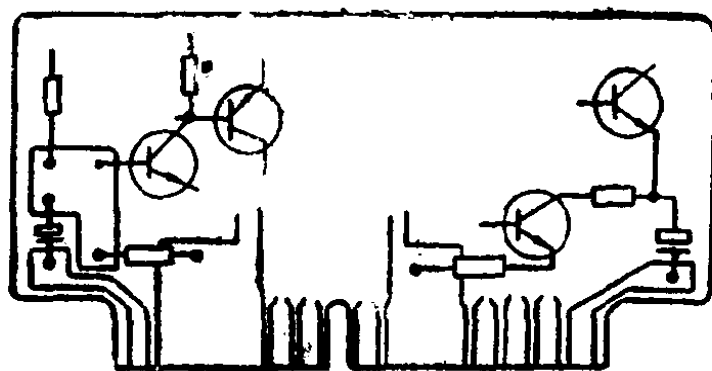
为防止印制板输入、输出之间的寄生耦合, 在布局时应尽可能将输入、输出端安排在较远的位置。当使用印制板接插件时, 输入、输出端应安排在接插件的两侧。输入、输出的位置还要结合板内布局来考虑, 不要使输入、输出在板内穿越的路径过长。印制板的插头座最好与电路走向平行设置。

图3-8是高传真放大级的两种不同的布局。在图(a)的布局中, 除了输入、输出过近的不合理外, 同时输出的导线在板内过长, 而对前级产生较大的寄生耦合; 而图(b)的布局就比较合理, 除了输入、输出位置较远, 同时输入、输出在板内的路径也较短, 较好地避免了寄生耦合。电路在输入、输出较多时, 应在易因寄生耦合而产生干扰的引出端之间间隔以地和电源线。

当印制板不采用接插件引出时, 板内的各输入、输出可在电路就近的印制板边缘分散引出, 或者紧靠电路的部位引



(a)



输入 ⊥ 输出

(b)

图3-8 高传真放大板的两种不同布局

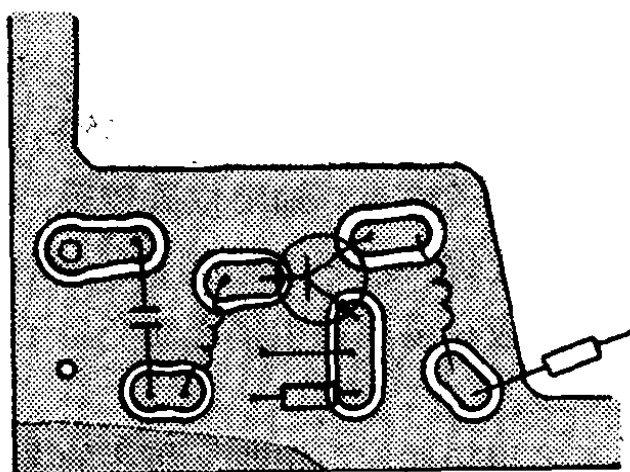


图3-9 用大面积地对输入屏蔽

出，不要为使引出端强求整齐一致，而将输入、输出排列在一起，这样会造成有害的寄生耦合。

有时虽然电路的工作频率不高，但为了对输入电路有良好的屏蔽，输入部位的地可以采用大面积的接地布局，使输入电路有较好的屏蔽与隔离作用，如图3-9。

3-3 板内屏蔽导线的设置

在以上两节中，介绍了板内导线在布局中如何抑制寄生干扰的一些方法。这些方法的采取是积极的，因为不论是否决定对导线和元件采取屏蔽，采用上述方法都会使寄生耦合的干扰在一定程度上起到抑制与缓解的作用，有时还能有效地代替对导线和元件的屏蔽，因而这些方法是不应忽视的。

在排版中，除了采用上述方法以外，有时在板内的信号走线较长，或各种信号走线密集且平行仍不可避免时，可采取对导线的屏蔽来抑制寄生耦合。

板内导线的屏蔽可采用下列两种方法：

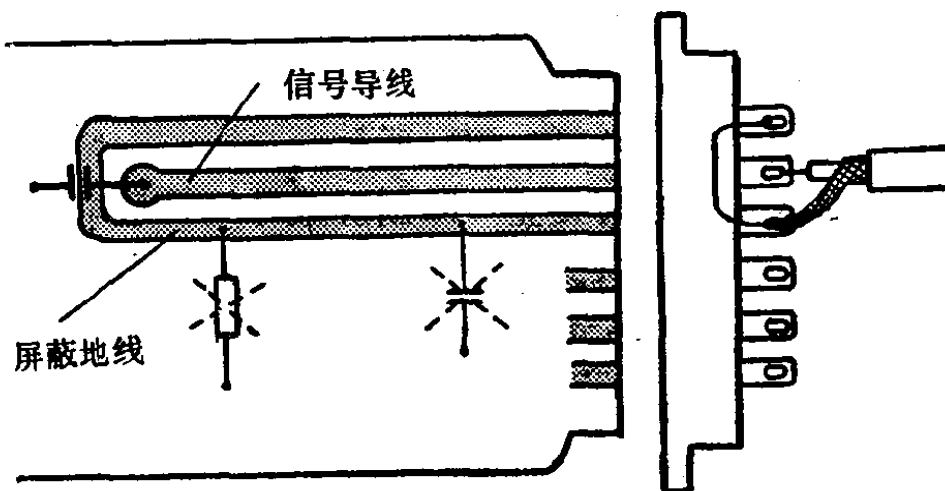


图3-10 印制屏蔽地线的设置

1. 印制屏蔽地线 图3-10为印制屏蔽地线设置的示意图, 图中, 信号导线两侧布设有印制地线作为屏蔽。

设置屏蔽地线要注意不能将它同时作为元件的接地用。这是因为屏蔽地线与被屏蔽导线之间存在互感和寄生耦合作用, 因而会在屏蔽地线中产生感应电势, 另外, 板内屏蔽地线在通过印制板接插件时, 仍应使对应的接插件的触点接地, 使屏蔽地线续接至插座上, 与板外屏蔽线的屏蔽层相接。

板内屏蔽地线的位置, 可根据板内电路的具体要求, 选择下列三种形式:

(1) 同层单侧屏蔽。当信号导线在板内边缘布设时, 仅需要对一侧的导线和元件进行屏蔽, 或者用于相邻两信号导线之间的屏蔽时, 可采用同层单侧屏蔽, 如图3-11(a)所示。

(2) 同层双侧屏蔽。当信号导线两侧有其他导线或电路需要屏蔽时, 可采用此种方法, 如图3-11(b)所示。

(3) 对层与双层屏蔽。在双面印制板中, 有时需要对另一面的导线或元件屏蔽时, 可采用对层屏蔽; 或者对两面的导线或元件均需屏蔽时, 可采用双层屏蔽。对层和双层屏蔽的分别如图3-11(c)和(d)所示。

2. 板内屏蔽线的设置 印制屏蔽导线只适用于在低频电路中采用。在高频时, 由于印制屏蔽线的分布电容及线电感较大, 且阻抗不宜匹配及损耗较大, 因而一般不采用印制屏蔽导线的方法, 而在板内采用同轴电缆。

板内同轴电缆的设置如图3-12所示。

板内与板外的同轴电缆的转接, 可以采用印制板插头座

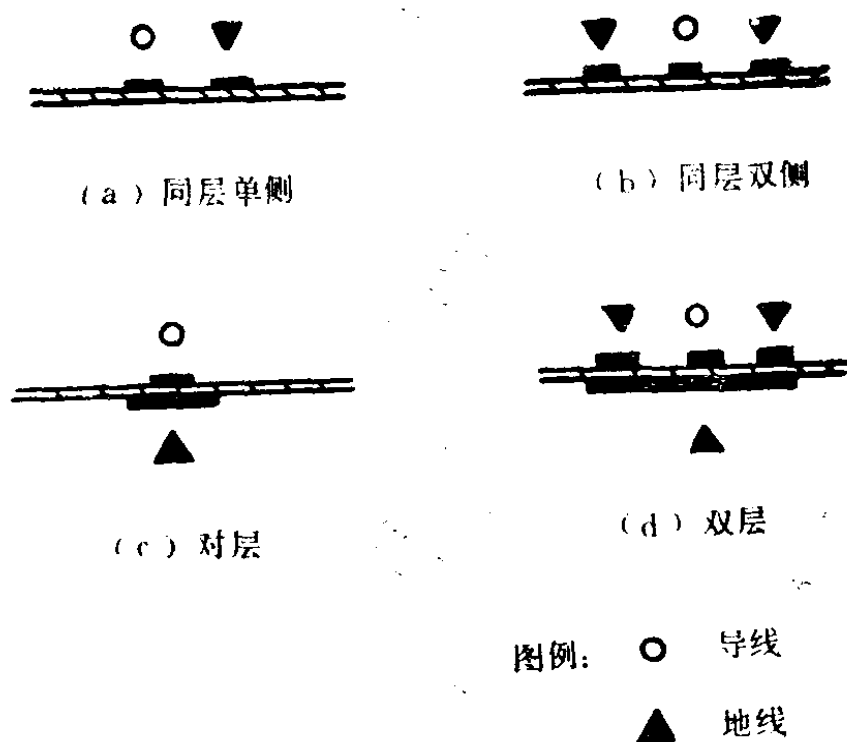


图3-11 导线屏蔽的几种形式

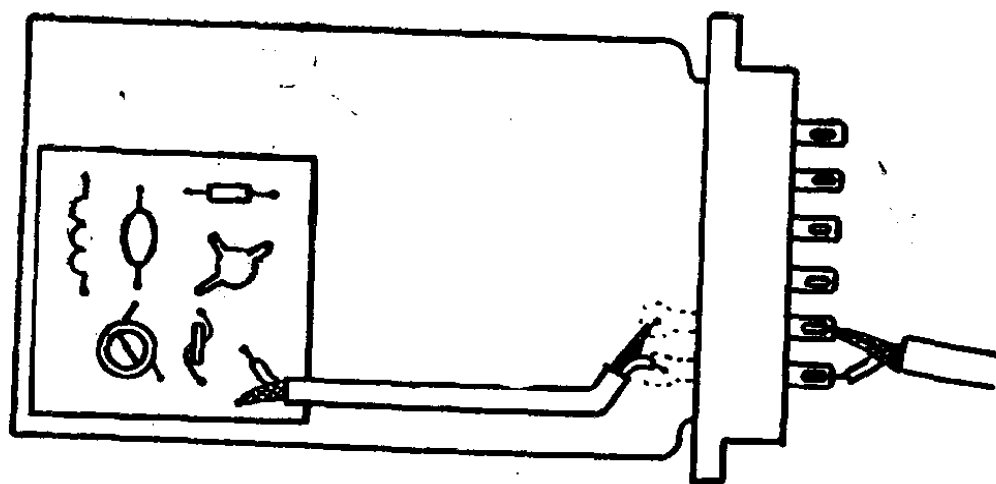


图3-12 板内同轴电缆的设置方法

或转接插头座。采用印制板插头座转接（图3-12），在结构上比较方便，缺点是对高频信号会有一定的损耗，同时会产生信号漏泄，因而适用于要求不高的设备中。转接插头座的设置如图3-13所示，插座可固定在屏蔽盒上固定的一侧，也

可以用支架固定在印制板上。

另外，在低频时板内信号导线的屏蔽，可采用有绝缘外层的普通单芯和双芯的屏蔽线（又称隔离线）。

上述所提到的各种板内屏蔽，应记住主要是屏蔽静电感应，对交变磁通的干扰，屏蔽作用较差。

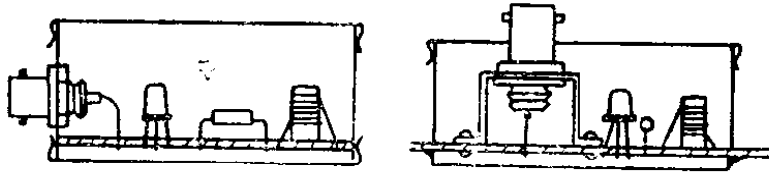


图 3-13 板内转接插头座的安装示意图

3-4 元件的磁场干扰与抑制

由元件产生的恒定和交变的磁场，将会对电路工作带来干扰。抑制这种磁场干扰，除采用必要的屏蔽外，还应在排版中合理安排元件的位置，以尽量减小磁场的干扰影响。有时合理地选择元件位置，比单纯屏蔽更为重要，因为它可以降低对元件的屏蔽要求或省去屏蔽。这对降低成本、简化结构和减轻设备的重量，有着重要的意义。

一、恒定的磁场干扰

产生恒定磁场的元件不多，主要是指带有永磁材料和采用直流磁化的元件，如扬声器、聚焦线圈、直流电磁铁及永磁式仪表等。这类元件磁场的强度和方向是固定不变的，受其影响的主要是磁性元件和电子束器件。非磁性元件，比如各种空心线圈、导线等均不会因恒定磁场而感应电势。

恒定磁场也并不对所有的磁性元件均会产生干扰，一般当磁性元件的导磁体的磁路呈开路时，易受到恒定磁场干

扰，而磁路闭合的元件则不易受到这种干扰。比如收音机中的天线磁棒和中频变压器，由于布局时离扬声器的磁場很近，以致造成磁棒和中周磁芯产生磁饱和或局部饱和，使导磁率下降，线圈的Q值降低，从而导致增益和灵敏度下降。或者当电路板在机外调整好后，一装进机壳，因靠近扬声器而使天线磁棒和中周磁化，造成电路失调。对于磁路闭合的元件，如输入、输出变压器，则不易受扬声器的磁場干扰。

恒定磁場对电子束器件，如显象管、示波管等会产生较明显的干扰。这是由于电子束较易在磁場作用力下而使射束产生偏离。当磁場方向与电子束行进方向垂直时，偏离的作用最大。磁場引起的电子束偏离，会造成显示的图象和图形的几何与线性失真。示波器显示的图形的线性失真，会造成图形在测量上的误差。在布局中还应考虑电路中是否还有对磁場敏感的一些特殊元件，如磁敏二极管、霍尔元件，磁存储器，以及精密的、微动的测量与控制机构等是否受到恒定磁場的影响。

为抑制恒定磁場的干扰，在布局时尽可能使易受干扰的元件远离干扰源，并合理选择干扰与被干扰元件之间的相对位置和装置方向，使干扰的强度减至最低。

二、交变磁场干扰

在工作中，各种电感线圈均会因电流通过而产生磁場。如电源变压器、扼流圈、音频输出、中频变压器，以及各种脉冲变压器和继电器等均能在元件周围产生漏磁場。因此在排版时，应对这些漏磁場的干扰因素加以考虑。

如何减轻和消除交变磁場对电路和元件的干扰，在电路布局中应采取那些措施和对策？下面分三个方面来加以说

明:

1. 交变磁场对导线的干扰 我们知道, 导体在交变磁场的作用下, 将会感应出电动势; 对于闭合的导体, 则会产生感应电流。在布局时如果印制板与磁场干扰源接近时, 那么便会在印制导线中产生感应电势和电流。图 3-14 表明, 当印制板的闭合环形地线, 受电源变压器的漏磁场切割时, 会在地线中感应环路电流, 使地线的各点产生交流的电位差。

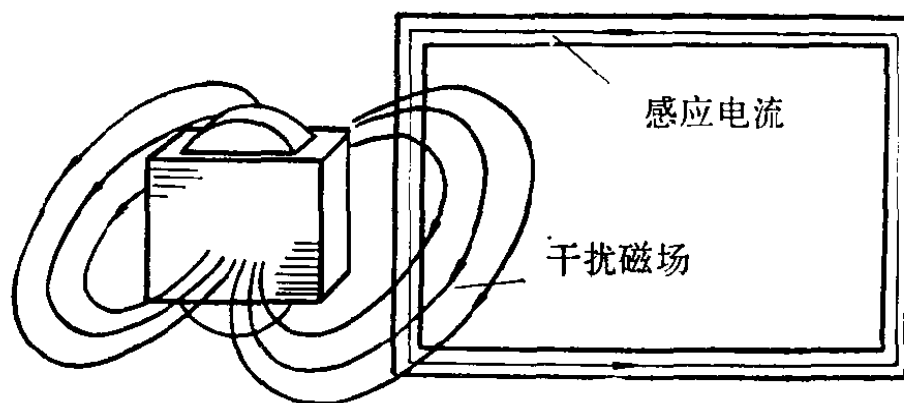


图 3-14 变压器的漏磁场切割环形地线时产生的感应电流

除了地线以外, 其他导线如果与磁场垂直切割同样也会产生感应电压和电流。

为了消除印制板受交变磁场干扰, 除在布局时尽量不采用环形布线外, 还要选择好变压器与印制板的装置位置, 使印制板的平面与磁力线平行, 这样交变磁场就不会切割印制板平面内的所有导线, 如图 3-15 所示。装置位置选择恰当, 即使印制板与变压器距离较近, 也仍有较好的抑制效果。

在板内布局时, 不要在离磁场干扰源较近的位置安排弱信号的前置级, 以免使导线和元件拾取交变磁场。

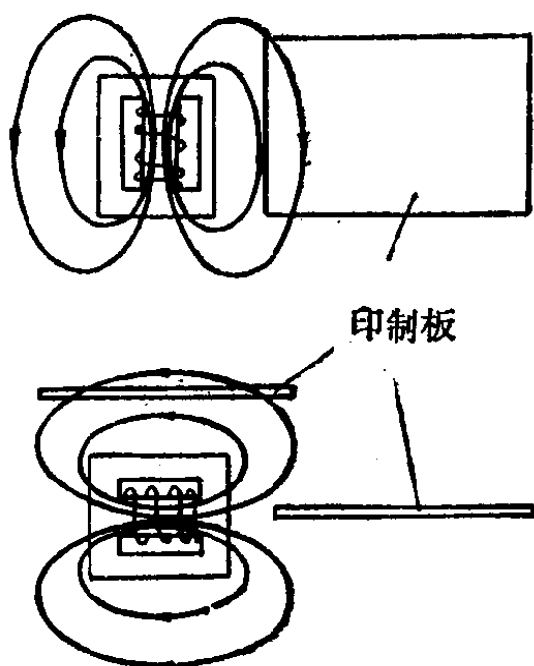


图 3-15 选择合理的装置位置

2. 交变磁场对元器件的干扰 电子束器件对磁场干扰较为敏感。当电子束管受交变磁场干扰时会使图象和图形的聚焦变坏、扭曲和图形失真，远比恒定磁场的危害要大。为防止交变磁场干扰，除了对变压器或电子束管加强屏蔽外，选择变压器和被干扰器件的相互位置仍是十分重要的，应使电源变压器的磁场方向与电子束行进方向一致，如图 3-16 所示。

在交变磁场作用下一些磁芯元件的磁芯会受到磁化。如中频变压器、本振线圈等，虽然有屏蔽外壳，但这些屏蔽外壳主要用来屏蔽中频以上频率的磁场干扰，而对于低频的交

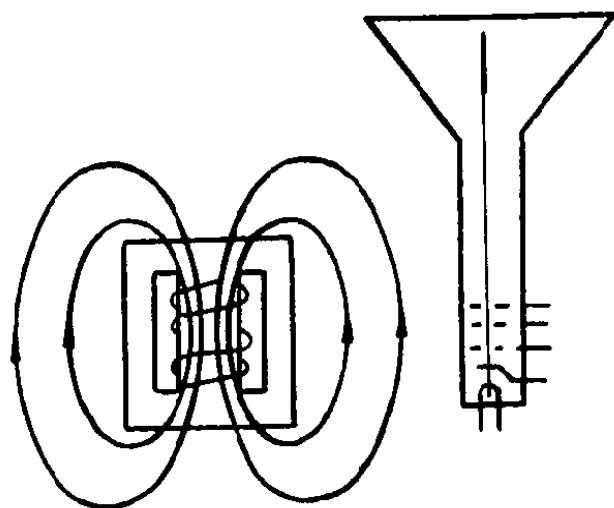


图 3-16 变压器与电子束管的装置位置

变磁场则失去屏蔽能力。比如，本振磁芯在电源的交变磁场干扰下，会使振荡频率受交流调制而成为调频波，这样与高频信号混频后，也使高频信号受到调制，从而使检波后信号中出现交流干扰。

基于上述原因，对于中、高频的电路，在布局中不应将印制板贴近变压器安装，而应保持一定距离。

当电源变压器安装在铁底座上时，不宜将电源变压器紧贴底座安装，应留有一定空隙，以防止电源变压器的磁场由底座传导至较远位置。

当印制板内装有继电器时，继电器的磁场和触点启闭时产生的火花，都会产生电磁干扰，因而继电器不宜装在弱电平电路附近。为防止对弱电平电路的干扰，板内尽可能采用体积较小的继电器，或者用金属外壳密封型继电器，如JZX-10M等。

3. 电感线圈间耦合干扰 无屏蔽装置的线圈，当装置位置不对和过于靠近时会产生不必要耦合，这对电路来说是有害的。除了在电路布局允许下，线圈尽可能安排远些外，主要还应合理地安排线圈的相互位置，使线圈之间的耦合尽可能小。图3-17例示的是线圈相互位置与耦合的关系：当线

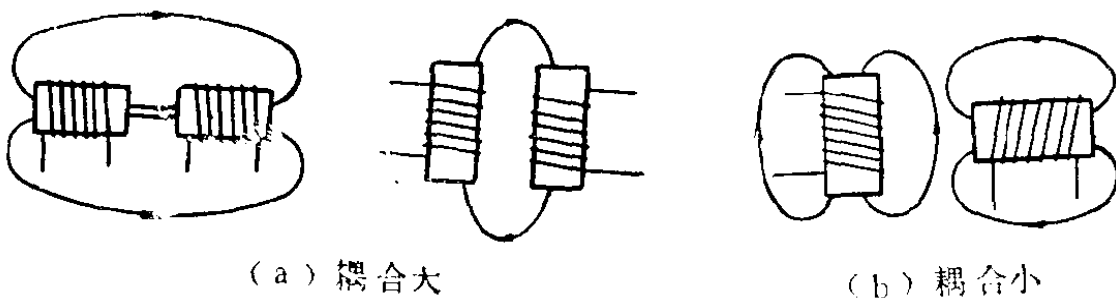


图3-17 线圈的相互位置与耦合的关系

圈轴向在一条直线上或平行时，耦合最大，互相垂直时耦合最小。

3-5 屏蔽的设置

随着电子技术的发展，整机电路日益向小型化、高密度发展，大量单元的印制板电路被安装到较小的机腔内，因而在防止电路间干扰方面，除对电路必须合理排版布局外，还应考虑对电路进行必要的屏蔽。屏蔽与整机结构和排版的布局有密切关系。

在电路中，当需要将电力线或磁力线的影响限定在某个范围内，例如限定在线圈内，或者在某个给定的空间内需要防止外部的静电感应或电磁感应的影响时，可用铜或铝等低电阻的材料制成的容器，将需要隔离的部分全部地或部分地包封起来，或者装到导磁材料制成的容器中去。我们将这种防止静电或电磁相互感应所采取的这些方法称之为屏蔽。屏蔽可分为三种，电场屏蔽、电磁屏蔽、磁屏蔽。

一、静电屏蔽

静电屏蔽的作用是用来消除导体之间的静电场的耦合干扰。导体间的静电场耦合可以用图 3-18 来说明，在图中导体 A 带有正电荷时，会在导体周围产生电力线；当电力线作用在导体 B 上时，使导体 B 感应负电荷。如导体 A 为一交变电势，则导体 B 同样也会感应出相应的交变电势。这种由电场引起的感应现象，称为静电感应。

静电感应的大小与下列因素有关：

(1) 干扰源的电位；

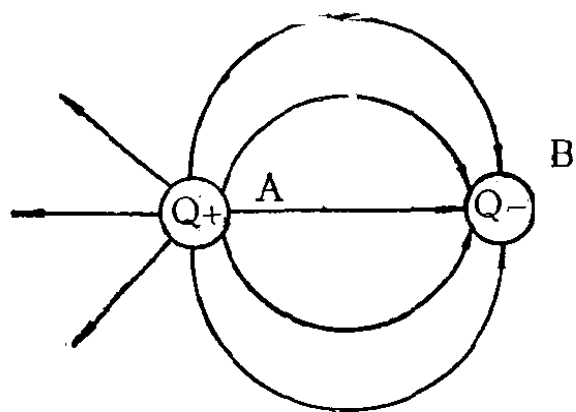


图 3-18 静电感应

(2) 干扰源与被干扰导体之间的距离；

(3) 被干扰导体的内阻。

当干扰源的电位越高、与被干扰导体的距离越近、被干扰导体的电路内阻越大，则静电感应越强。

消除静电感应，可采取图3-19所示的几种方法。图3-19(a)是用接地导体B完全将导体A屏蔽起来，这时接地导体B的电位为零，因此在接地导体B外部的电力线消失，也就是说导体A产生的电力线被封闭在导体B的内部，从而导体B具有屏蔽作用。图3-19

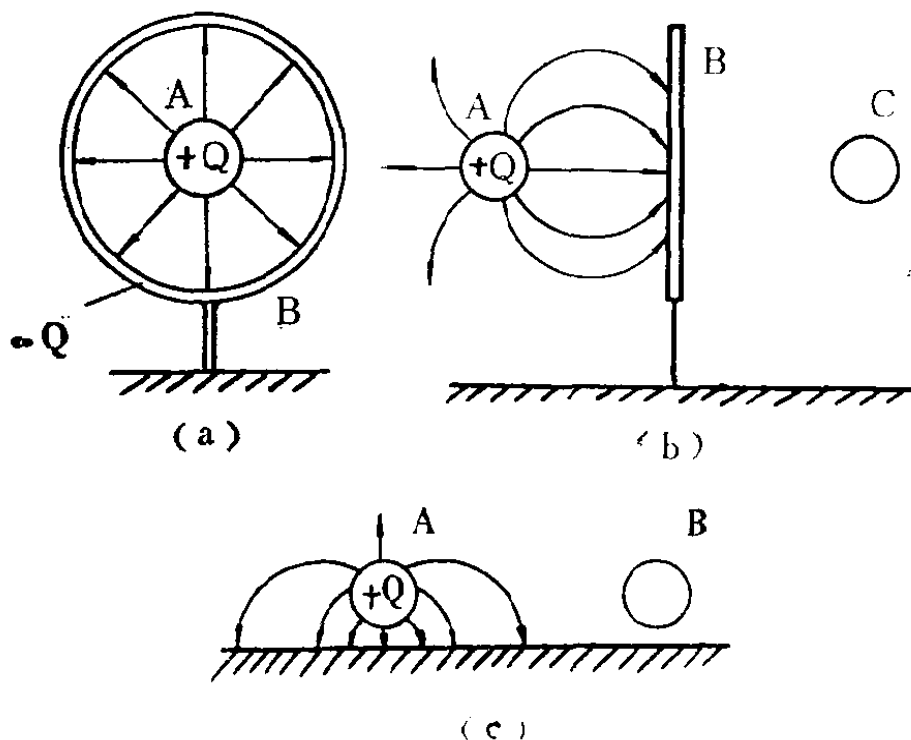


图3-19 静电屏蔽的方法

(b)为在两个导体A、C之间，放置一个片状的接地导体B，这样，导体A的电力线被接地导体B吸收，大大削弱了导体A对导体C的静电感应。图3-19(c)将导体A、B靠近大地，从而使导体A的电力线被大部分引到地中，因而削弱了对导体B的干扰电场。

在上述的这些方法中，以图3-19(a)的全屏蔽效果最好。屏蔽体的材料可以选择导电良好的铜、铝等，在要求不高的场合也可以用铁质的材料。屏蔽体厚度只要保证一定的机械强度就可以了，有时也可以用金属丝网进行屏蔽。单纯的静电屏蔽在电子设备中很少单独存在，而是和电磁屏蔽合为一体，使屏蔽体对静电和电磁均有屏蔽作用。

图3-19(b)的屏蔽为局部屏蔽。局部屏蔽结构简单，可以对电路的某一部分区域实行屏蔽。比如在电视机中，行输出变压器装置在印制板边缘部位，此时在行输出与板内可以采用片状的局部屏蔽，这种屏蔽仍可收到较好的效果。

图3-19(c)的屏蔽方式，是应用其原理来进行排版，而不是要在结构上考虑。比如使一些高电位的元件和走线尽量贴近印制板或金属底板，使电场的辐射最小。

二、电磁屏蔽

电磁屏蔽主要是用来防止高频电磁场的影响。在晶体管和集成电路中，所谓屏蔽多半是指电磁屏蔽。这是由于晶体管和集成电路一般工作于低电压、低阻抗的工作状态，因而电场的干扰强度总是低于磁场的干扰强度。即使是由于电感升压元件的作用，使电场达到足够的干扰强度时，屏蔽仍不只限于电场，也应包括磁场在内。所以，对高频电路的屏蔽，主要是以屏蔽电磁场为主，但电磁屏蔽的导体，一般也

同时具有静电屏蔽的效果。

电磁屏蔽的原理，是利用电磁场在屏蔽的金属内部产生涡流而起屏蔽作用的。如图 3-20 表示高频电磁屏蔽的作用

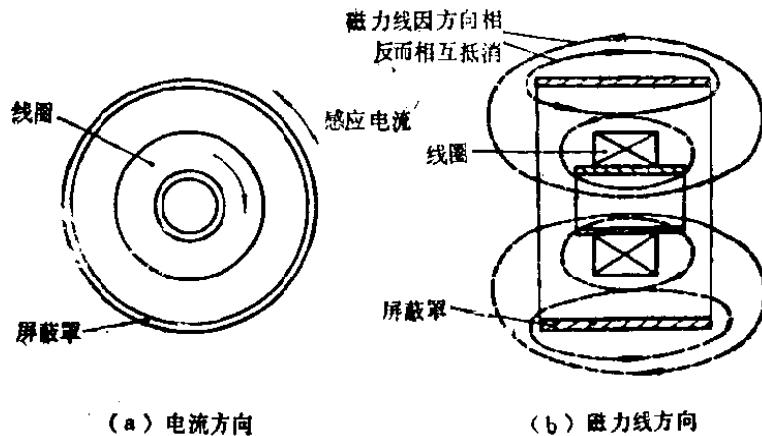


图 3-20 电磁屏蔽的原理

原理。在电磁屏蔽的导体中，其电流方向与线圈的电流方向相反，从而屏蔽导体产生的磁力线和线圈的磁力线相互抵消，因而阻止或减少了线圈磁力线的泄漏。屏蔽导体中的电流与频率成正比，频率越高，屏蔽导体中的电流也越大，因而，这种利用电磁感应的屏蔽方法，主要用于高频电路。对低频（在300千赫以下）电路屏蔽效果是不理想的。

电磁屏蔽和静电屏蔽的不同要求：

（1）静电屏蔽的屏蔽导体必须接地。而单纯的电磁屏蔽，即使不接地，对防止漏磁仍是有效的。然而，不接地的导体会增加静电耦合，因而单纯的电磁屏蔽在实际中并不存在。在实践中总是将电磁屏蔽加以接地，使电磁屏蔽兼有静电屏蔽的作用。

（2）电磁屏蔽的必要条件是在屏蔽导体中产生感应电

流，该电流必须位于抵消干扰磁通的方向上。因此单纯静电屏蔽，可以在屏蔽体上任意开缝。对于电磁屏蔽，如果在垂直于电流的方向上开缝，就会失去电磁的屏蔽效应。或者在电流流经的途中的孔洞具有天线效应，从而减少了屏蔽效能。

如图 3-21 中，当将屏蔽体沿电流的垂直方向开长缝时，则使屏蔽体实际成为一个具有一匝圈数的次级线圈。这

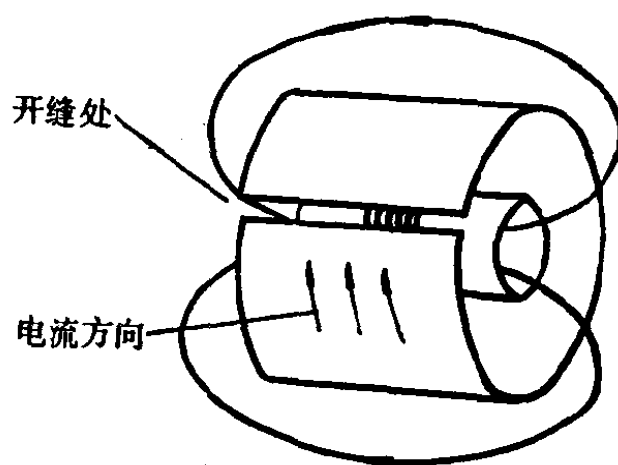


图 3-21 屏蔽体的开缝对屏蔽效果的影响

时，即使屏蔽体较厚或较宽，对磁场也是不会具有屏蔽效能的。

了解屏蔽的原理与要求，有助于在排版中对屏蔽进行合理的布局。在处理屏蔽布局时，应注意下列几个方面：

(1) 选择电感元件与屏蔽盒之间的合理装置位置。图 3-22 为电感元件的两种不同装置位置。显然，图 (a) 的位置要比图 (b) 好，这是由于图 (a) 中屏蔽导体的感应电流，是沿屏蔽框四周通过，有良好的路径；而图 (b) 感应电流是沿屏蔽盒的垂直方向，从屏蔽框、屏蔽盖和印制板地通过，因而电流的途径不良，甚至中断。

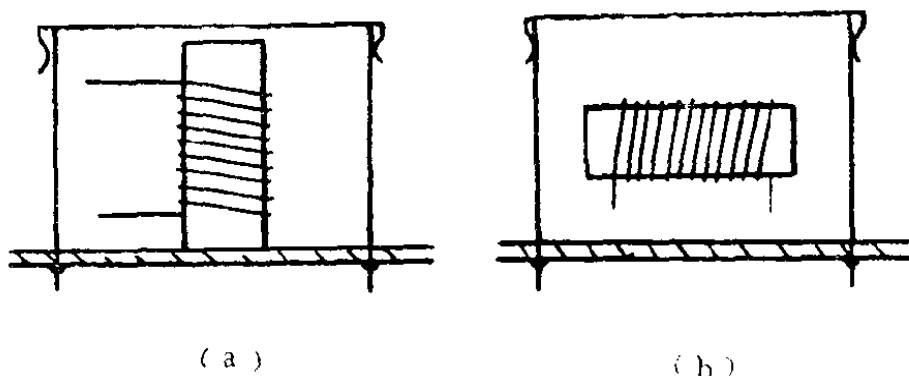


图 3-22 屏蔽盒与线圈的装置位置

(2) 采用密闭的屏蔽时, 要注意尽量少开洞, 开小孔。在孔洞面积相等时, 方形孔比圆形孔泄漏大, 长形孔又比圆形孔和方形孔泄漏大。孔的最大线尺寸越小, 泄漏也小。孔的位置也应选择得当。如图 3-23 的长形孔, 显然孔 A 切断了较多的电流, 因而屏蔽效果最差; 其次为孔 B; 孔 C 对屏蔽的影响最小。

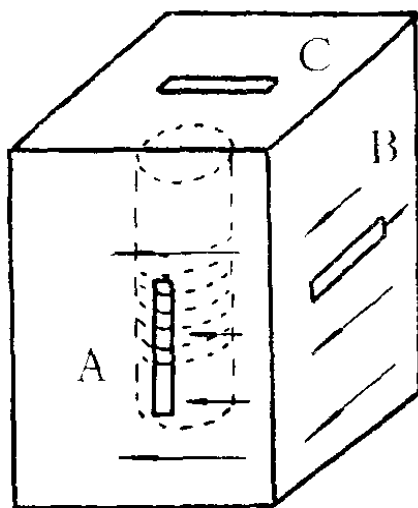


图 3-23 开孔对屏蔽效果的影响

在排版时, 一般应采用小圆孔, 供引线出入用。孔的位置尽量安排在与线圈轴向垂直的两面上。必要时可以用穿心电容供非高频信号的引线用。对高频信号的输出可采用高频插头座, 如 C_4 、 C_8 和 Q_9 等小型插头座。盒与盖要接触良好, 并适当增加接合部位的宽度。

密闭的屏蔽如图 3-24 所示。

(3) 屏蔽罩的尺寸不宜过小, 在无磁罩时, 一般至少为线圈直径的 2.5 倍以上。若尺寸过小, 就会使线圈的电感大大减

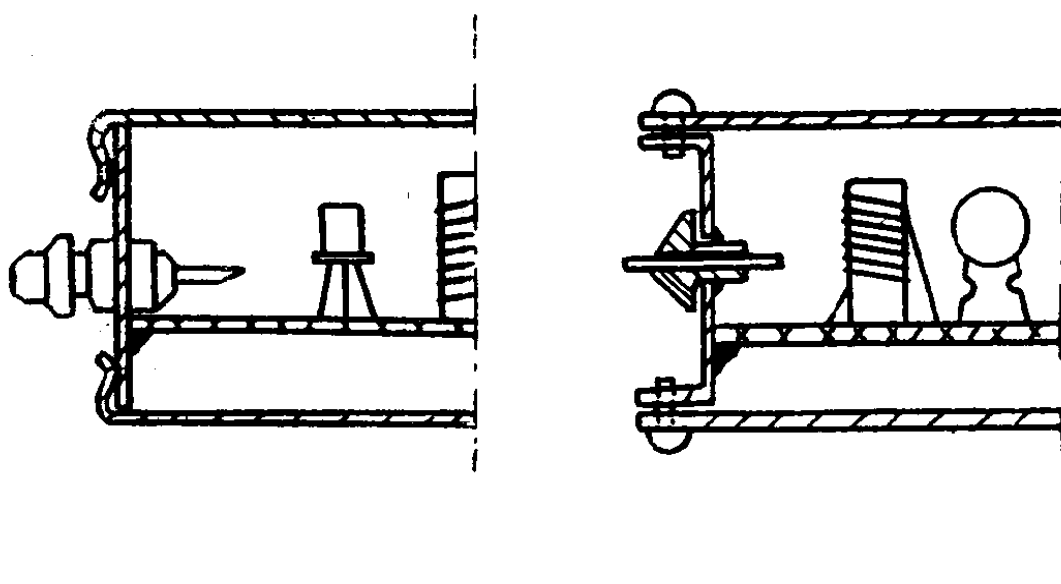


图 3-24 密闭的屏蔽示意图

小，使回路参数改变。

三、低频磁屏蔽

由于电磁屏蔽在低频时不是非常有效的，因此，对低频要用高导磁率材料进行磁屏蔽，使磁力线被限制在导磁的屏蔽体内部。

高导磁率材料可以采用铁镍、坡莫合金或矽钢片等，在要求不高的场合也可以用一定厚度的钢板、软铁板等材料。

在低频磁屏蔽时，由于磁力线要在屏蔽材料中通过，因而除屏蔽材料要有一定的厚度外，还应在结构和装配工艺方面使磁力线通过时的磁阻最小。

(1) 选择合理的接缝位置，使接缝平行于磁场方向，而不是垂直于磁场方向。图 3—25 中 (b) 是合理的；(a) 是不合理的。对于圆形器件（如示波管等）的屏蔽罩的接缝，可按图 3—26(a) 所示。

(2) 在有效的屏蔽厚度相同时，多层屏蔽要比单层屏

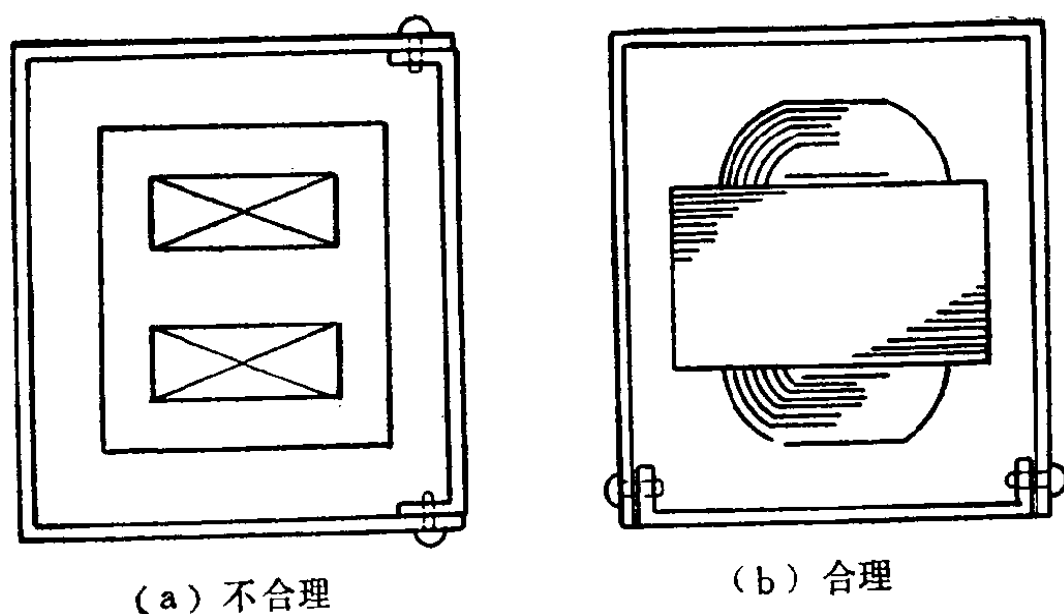


图 3-25 磁屏蔽盒的接缝

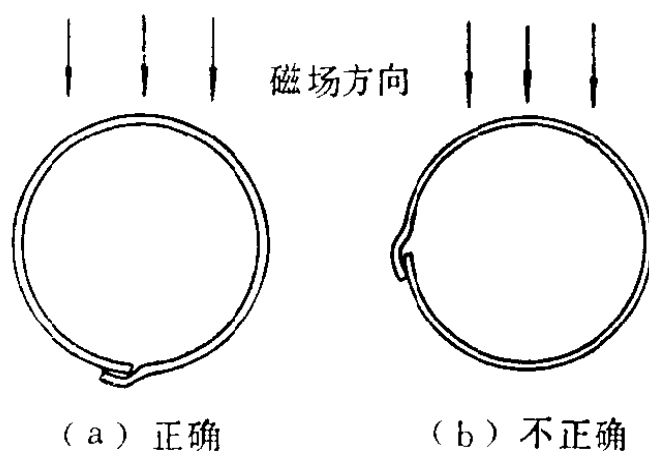
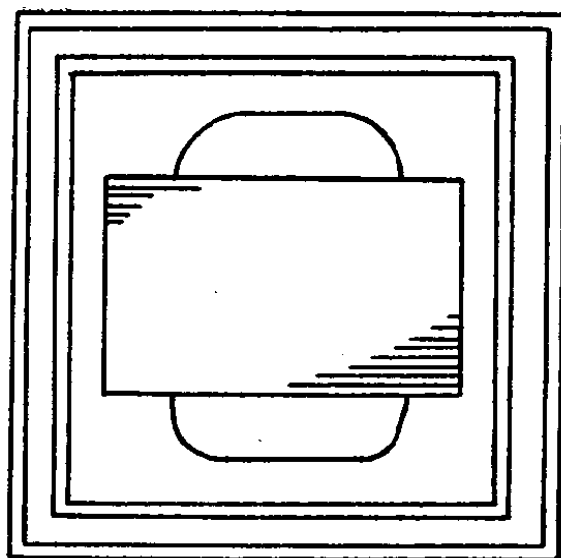
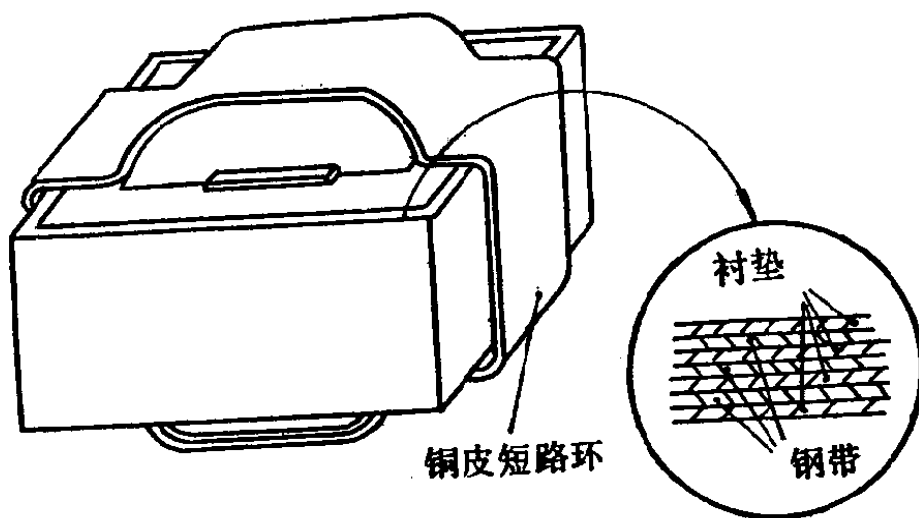


图 3-26 圆形屏蔽罩的接缝

蔽的效果要好。如图 3—27(a)中的变压器,采用的是两个同心的磁屏蔽导体。图 3—27(b)采用的是多层的带状屏蔽,各层之间也可以用较厚的纸板作衬垫,从而增加屏蔽效果。在变压器的屏蔽中,常常还在变压器外侧的磁轭上包一层铜皮短路环,这时由漏磁产生的感应电动势在短路环上形成电流,从而减少漏磁的作用。



(a)



(b)

图 3-27 多层屏蔽装置的应用

四、屏蔽对象的选定

在上述各类屏蔽方法中，所屏蔽的对象不一定是干扰源，有时也可对被干扰元件屏蔽，需要时也可将干扰源和被干扰者同时采用屏蔽。确定和选择屏蔽对象要根据电路、结

构等具体要求来加以考虑。比如，在整机中当被干扰的元件少，且体积小，对被干扰元件的屏蔽比起对干扰源的屏蔽要方便和简单得多时，就可以选择被干扰元件屏蔽。又如，当干扰源屏蔽不能完全抑制干扰时，就需要对被干扰元件同时采取屏蔽。如在带有示波管的整机中，除了对电源变压器屏蔽外，还要将示波管也屏蔽起来。

在屏蔽的方式上，有时也不都是采用全部屏蔽。假如仅需抑制某一方向上的干扰，则可以采用局部屏蔽。

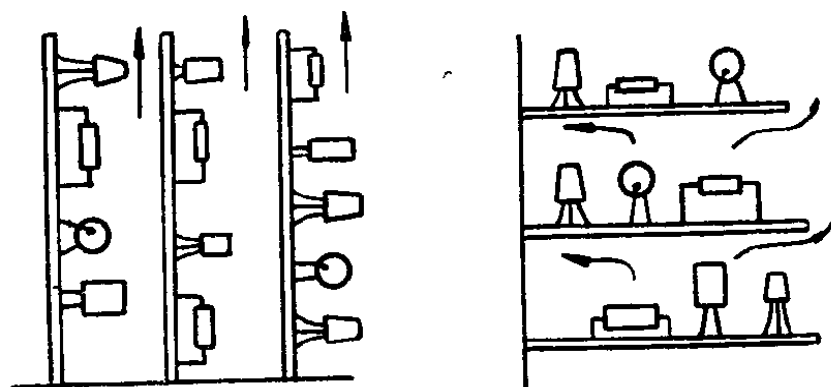
所谓合理的屏蔽，就是既要使干扰得到抑制，又要不使结构过于复杂以及整机体积、重量过于增加。不合理的滥用屏蔽，必将造成整机的结构复杂，过多地增加整机的体积和重量，这是必须加以防止的。

3 - 6 温升影响

晶体管是一种对温度敏感的器件。温度的变化会引起晶体管工作点的改变，影响到电路工作的稳定。为了使电路在一定温度条件下，可靠稳定地工作，除了在电路设计时，对电路的元器件和工作状态要按照一定的要求进行设计外，同时也要求有合理的布局，使电路的这些指标得到保证。为了减少温升对电路的影响，在布局时要做到：

1. 选择合理的印制板放置位置 印制板的放置位置，直立的比水平放置散热好。这是由于直立有利于机内空气循环与对流。在图 3-28 中(a)要比(b)好。

2. 元件的放置要有利于散热 功耗较大的发热元件，如功率电阻，大功率管及散热片，不要紧贴着印制板安装。



(a) 散热好

(b) 散热不好

图 3-28 印制板位置与散热效果

这样，不仅使这些元件的散热不好，而且还会使热量通过印制板传导，而影响板内周围元件。另外，印制板在长期的过高温度的影响下，会造成铜箔与基板的分离。

3. 防止热的辐射和传导 对于个别工作温度特别高（如超过 150°C 以上）的元件，不要直接固定在印制板上，应通过金属支架与印制板固定，必要时应在金属支架上开有防止热传导的孔。

在处理晶体管和电子管混合式的电路布局时，晶体管元件和电子管尽可能分开一定的距离，不要使元件混合布设。为防止电子管部分的电路或者功耗较大的一些元件通过印制板的传导，可以在印制板上开孔，防止热的传导和有利发热部分的散热。为防止发热元件的空间热辐射，必要时可以在板上安排隔热障板。隔热障板可以用铝质材料，并可在上面开些小孔，既可防止热的辐射，而又便于热的对流，使发热元件较好地散热。

4. 电路的安排要考虑温度的影响 在排版布局中，要区分哪些电路功耗较大；哪些电路功耗较小；哪些电路最容易受温度影响而使工作变化；哪些电路又相对地不易受温度

影响，以便在对电路布局时，作为一个因素来加以考虑。

在电路中，温度对不同电路的影响，相对地说是有差别的，因此应分清主次和轻重。比如，对于主振级和振荡级、多级直接耦合的放大电路、鉴频（鉴相）或自动频率微调电路，它们受温度影响后，对主要指标影响要比一般电路的影响要大。只有分清轻重主次，才能在排版布局中做到心中有数。

电路的安排还应根据机箱的情况来考虑。当采用直立式机箱时，应将功耗较大的电路放在上部，将不希望受温度影响的电路安排在下部。直立的电路板应将元件面朝向机箱的散热孔一侧，如图3-29所示。当采用卧式机箱时，应将功耗较大的电路板集中在机箱的一侧或一个部位，与其他功耗较小的电路分开。在考虑整机结构时，对印制板的安排，要注意兼顾有利于机箱内空气对流，不要因印制板和元件阻碍空气对流。

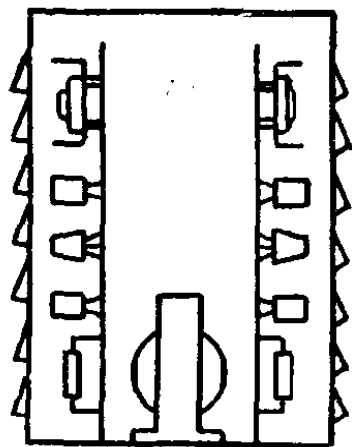


图3-29 发热元件在机箱中的位置

5. 注意温度补偿元件的位置
在电路中，有时为补偿电路和晶体管受温度的影响，设置有热敏补偿元件。这时要区分补偿元件是补偿某一个大功率晶体管，还是整个电路。当用作补偿大功率管时，应将热敏元件紧靠大功率管放置，而不应在电路中随意放置，而影响对大

功率管的补偿作用。相反，如用于补偿电路时，应将补偿元件放在本电路元件的中间部位，而不能紧靠大功率管和其他温度较高的元件，以防止补偿不当。

6. 机箱的结构要有利于散热 机箱的结构除了要造型美观、结构轻便和操作维修方便外，还要具备有良好的散热

条件。

机箱的良好散热，并不是要求机箱上开的孔越多越好，那样的机箱当然是不美观的，同时，也容易使空气中的尘埃降落至机内。

为了便于机内和机外的空气对流，机箱的开孔除了在机箱的下方外。还可在机箱的后面和两侧的上方开孔。孔的位置，应尽可能使空气在机箱内有较大的范围流通，不要仅使机箱的较小一部分空气流通。同时，还要注意散热孔不要被元件和印制板而阻隔，使散热孔成为虚设。

对于铁质机箱两侧和后面的孔，可以开成百叶窗式，或者开成较小的圆形和长条形孔。为便于美观可以按一定的图案排列。对有些散热要求较高的设备，也可以在机箱的顶面设计有气流流通的出气层，如图3-30那样。

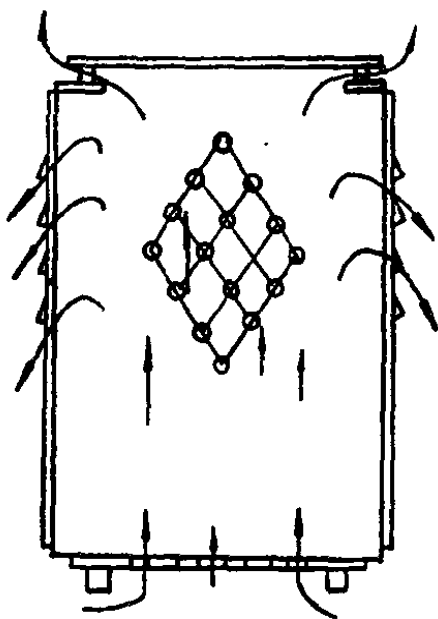


图3-30 机箱的散热

木质和塑料的机箱，一般不宜在两侧开明孔，否则将影响到外观。为便于散热，可将后盖设计成斜形的盒式后盖，

这样可在后盖的两侧或上方开孔，而不致影响美观，如象一般电视机的外壳那样。

3-7 机振干扰与抑制

机振干扰，也称作微音效应。这是指机内装置有电-声或机-电元件的电路，在工作时产生的机械振动而引起对振动敏感的元件的干扰。机振干扰的产生也并非任意的。机振产生的条件，除有干扰源元件外，在电路中一般还有受机械振动而被干扰的元件；同时它还与振动波的方向和强度有关，在满足一定的强度和相位的条件下，才能产生机振干扰。因此，必须弄清这些问题才能可靠地防止机振干扰的产生。

1. 哪些元件能产生机械振动 产生机械振动的元件有扬声器、讯响器、交直流变换用的振子，超声波换能器，以及各种继电器和电机等。产生机械振动的元件所产生的振动波，往往不是向四周均匀传播的，它与振源的振动体的运动方向有关，在振动体运动的轴向为最强。

2. 哪些元件易受振动影响 受振动影响的元件并不多，主要指声-电转换的元件，如各种传声器、唱头、受话器，这些都是易受振动而干扰的元件。另外，在电路中还有一些元件，在振动时会引起有关参数的变化。如单连和双连可变电容器，振动时会引起容量变化。屏蔽体和金属结构件在振动时会引起与电路和元件的分布参数改变，空心的振荡线圈，因振动而使线圈的电感相应改变，或者对带有磁芯的线圈，因磁芯间隙松动，在受到振动时也会使线圈电感量变化等。

3. 机振的形式 机振分为两种形式，一种是反馈式振动，这是指振动干扰元件与被干扰元件，在电路内部有直接的关系，通过电路的放大作用使干扰增强，这样就形成电路内外的反馈过程，使机振持续不断。例如，当扬声器引起振动干扰传声器，通过电路的放大作用，使扬声器的振动输出更强，再次进入传声器，如此反复便形成强烈的啸叫声。反馈式振动可引起电路不能工作。另一种是单纯性振动干扰，指干扰与被干扰元件在电路上没有直接关系，或者受干扰元件在电路中所引起的电路变化，不会对振源产生增强作用。单纯性振动干扰，有时并不完全使电路失去工作能力，但可使输出受机械振动的调制，或者使电路的噪声增加而影响电路的工作。比如，在电视机中扬声器的振动，有时会引起高频调谐的本振和微调磁芯的变化，从而在显象管屏幕上出现伴音干扰图象。

4. 机振的抑制 在布局中除了将被干扰元件远离振源外，还可合理地选择干扰与被干扰元件之间的装置位置，也能有效地抑制和减弱干扰的强度。由于机振是以依靠物体和空气作为媒介来传播振动波的，振动波的强度在振源振动方向的前后轴上为最强。当被干扰物的平面垂直于振动波方向时，干扰最大；当干扰物的平面平行于振动波方向时，干扰最小。图3-31表明了振动干扰源与被干扰物之间的方位与强度的关系。比如，在收音机中为了防止扬声器对双连产生的机振，可以按照图3-32那样的装置位置，使双连定、动片的平面与扬声器的轴向相互平行，从而能有效地抑制扬声器对双连的机振干扰。

除选择装置方向外，对于振动较敏感的元件，还可以采

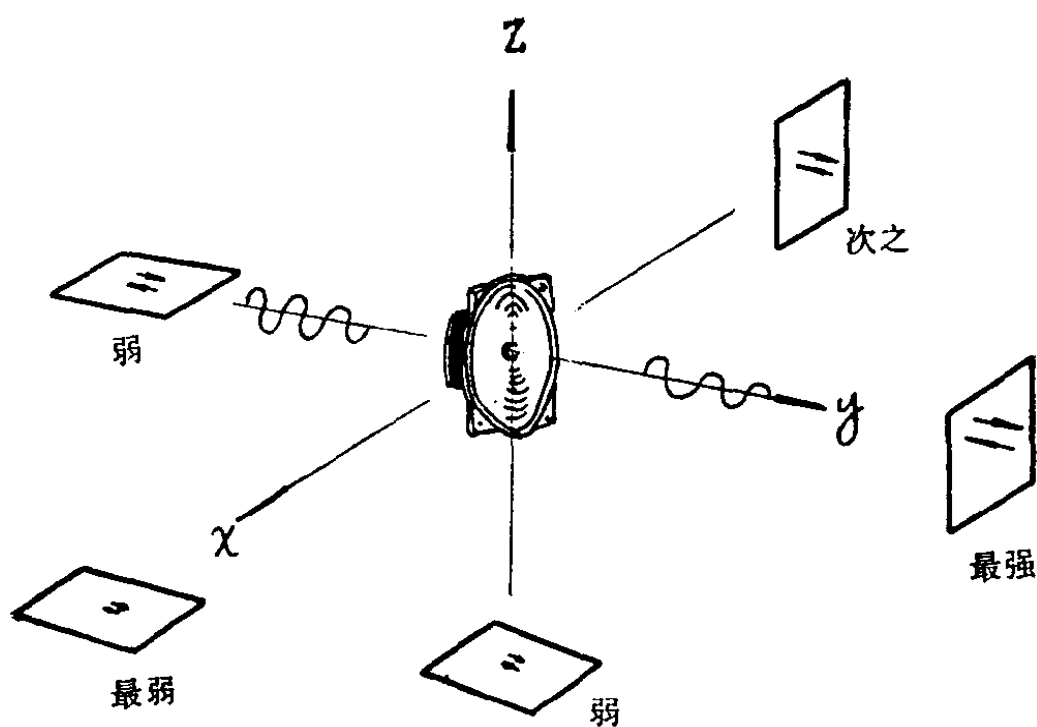


图3-31 振动波的传播方向与强度

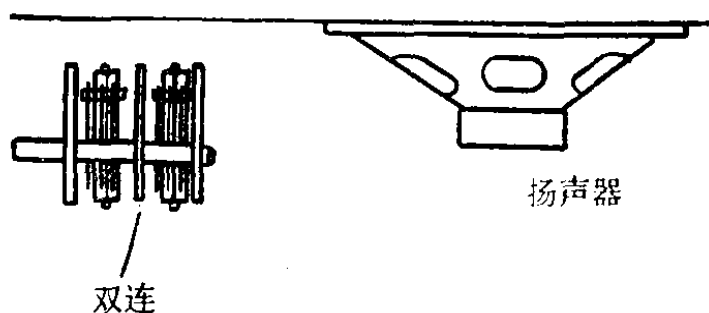


图 3 -32 扬声器与双连的合理装置位置

取防振措施。例如,用弹性较好的橡胶材料或橡皮垫圈,用来固定元件或印制板,对振动波的传布起隔离作用。

振动幅度较大的干扰元件,除采用弹性减振措施外,还应使这些元件固定在机箱的机座上,而不要随意放置在印制板上或不稳定的机架构件上。印制板内体积较大的元件,在排版时尽可能使元件的轴向与振动方向一致,防止元件受振

动而引起分布参数的变化，如图 3 -33所示。机内的结构件、屏蔽罩和印制板的固定要牢靠，这也是防止机振干扰的一个方面。对于灵敏度较高的前级，元件的装置更应牢靠稳固端脚不宜过长，必要时印制板也可采取弹性隔振措施。

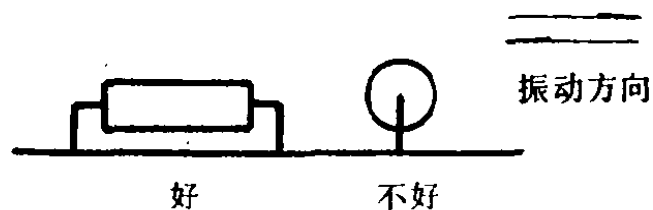


图 3 -33 元件的装置方向与抗振作用

第四章 印制板的排版格式

印制板的排版格式，是指印制板上元件的排列和印制导线、接点的形状所采用的方式。各种印制板的排版格式与风格不尽相同，假如读者留意各种印制板的元件排列和印制导线、接点的图形，就一定会发现它们各自的差异，这些差异就是因为排版时采用的格式的不同。

一块排列匀称与走线美观的印制板，确实象一幅精美的图案画，使人看后赞叹不已，似乎对电路的工作也随之产生一种信赖感。

不同的排版格式，除了外观上差别以外，同时其内在电性能也有不同。

3

4-1 元件的安装方式

元件在印制板上的安装方式，可分为卧式和立式两种。

立式安装是指元件的轴向垂直于印制板；卧式安装则为轴向平行于印制板。两种安装方式如图4-1所示。

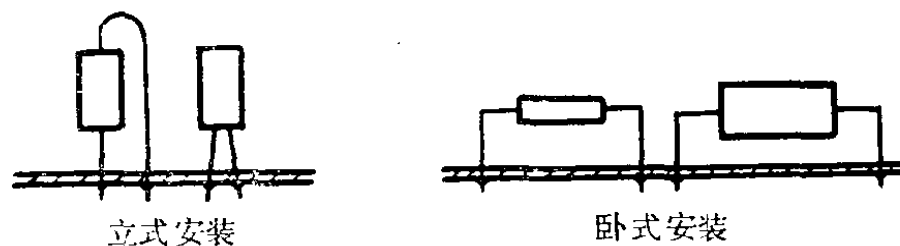


图4-1 元件的安装方式

一、安装方式与电路的关系

元件的安装方式，各具一定的特点，对电路的影响也有所不同。

立式安装的优点是：元件在印制板上所占的面积小，因而元件的装置密度高，印制板的面积也可以较小。缺点是：元件在立式安装时，不如卧式安装那样稳固，元件间容易相碰；电阻元件在立式安装时，会增加引线电感，元件的辐射从而加剧。此外，立式安装的元件密度大，因而散热的条件差，同时，元件在立式安装时，不适于机械化装配。

立式安装常用于元件多、功耗小和频率较低的电路，以及要求机壳体积较小的场合下采用。如在小型的晶体管收音机以及部分数字电路中的元件有时就采用立式安装。

卧式安装的优点是，元件的排列比较整齐；因元件紧贴印制板，故比较稳固，能耐受较强的机械振动与冲击；元件的两端接点之间的距离较大，有利印制导线的穿越，故排版比较容易；元件的散热较好，且印制导线与接点的距离较大，便于焊接与维修，也便于印制板采用机械装配。卧式安装的缺点是元件所占的面积较大。

在实际电路中，为了克服上述两种安装方式的缺点，常常采用混合安装方式，即对电阻和电容采用不同的安装方式：电阻取卧式，电容为立式的安装方法，如图4-2所示。这种混合安装方式，无论从排列的外观和内在的电性能都具有很多的优点。在外观上，元件的疏密适当，电阻仍有较好的散热条件，元件的高度较一致，也较易识别；在电性能上，不论电阻和电容，端脚均为最短，因而接线电感小、元件的辐

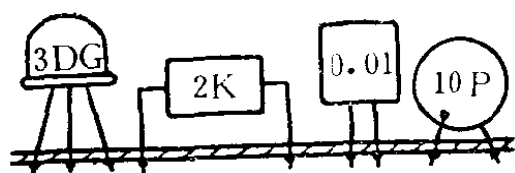


图 4-2 元件的混合安装方式

射也小，适用于频率较高的电路。由于这种安装的上述优点，所以为大多数的布局设计者所采用。

二、元件的安装基本要求

1. 元件的形式要与安装方式相符 不同的安装方式应采用不同的元件形式，在布局时应根据电路加以选定。然而一经确定之后，就不允许在装配时随意变更。

比如电容元件，在外形形式上通常可分为两种：一种为轴向引出式；另一种为单向引出式。当采用卧式安装时，宜采用轴向引出式的电容；采用立式安装时，宜采用单向引出式的电容。这两种形式的电容的安装如图 4-3 (a) 所示。如果将轴向引出式电容作直立安装，或将单向引出式的电容作卧式安装，如图 4-3 (b) 所示，则除了外形不好看外，元件较易受振而引起摆动，也易使引出线折断，从电性能来说，还由于引线过长而影响对电路的旁路效果。

除电容以外，其他的元件有时也存在着不同的引出形式，如固定电感等，也应根据不同的形式采用不同的安装方式。

2. 元件的安装要有利于电路和结构的要求 元件的安装并不强求机械统一，应根据

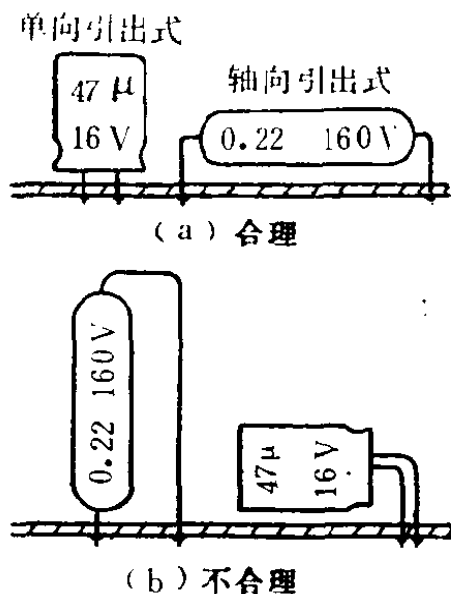


图 4-3 元件的引出形式与安装方式

有利于电路的性能和结构灵活地加以考虑。

例如，当电阻采用立式安装时，对于个别体积和功率较大的电阻，可以灵活地采用卧式安装，如图 4-4 (b) 所示。这样元件既不会参差不齐，同时又便于散热和元件的稳固。

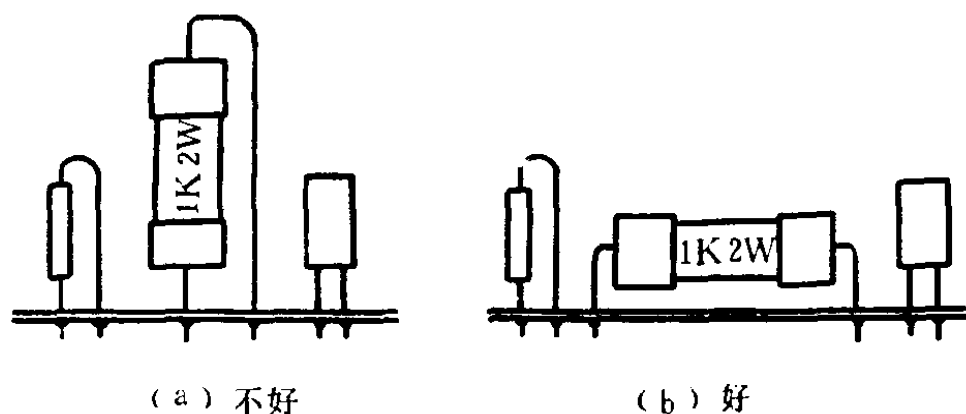


图 4-4 大体积电阻的安装

又如，当电容采用立式安装时，遇到体积较大的电容，同样可以灵活地用卧式电容作卧式安装。如无卧式电容的系列，或者因卧式电容过长，也可用立式电容作卧式放置，用金属卡箍和扎线固定，如图 4-5 (b) 那样。

除了电阻、电容以外，其他元件，如大功率管、电感线圈、油浸电容和继电器等，在安装方式上，也可以灵活地选择。一般说来，对于体积较大的元件，在电路性能和印制板面积许可的情况下，尽量采用卧式安装，这样元件的高度差别小，外观上整齐，空间利用率也高，且可以承受较高的机械强度。

对某些要求按特定安装方向的元件，如有些继电器、水银开关、指示仪表等，不应随意安装。

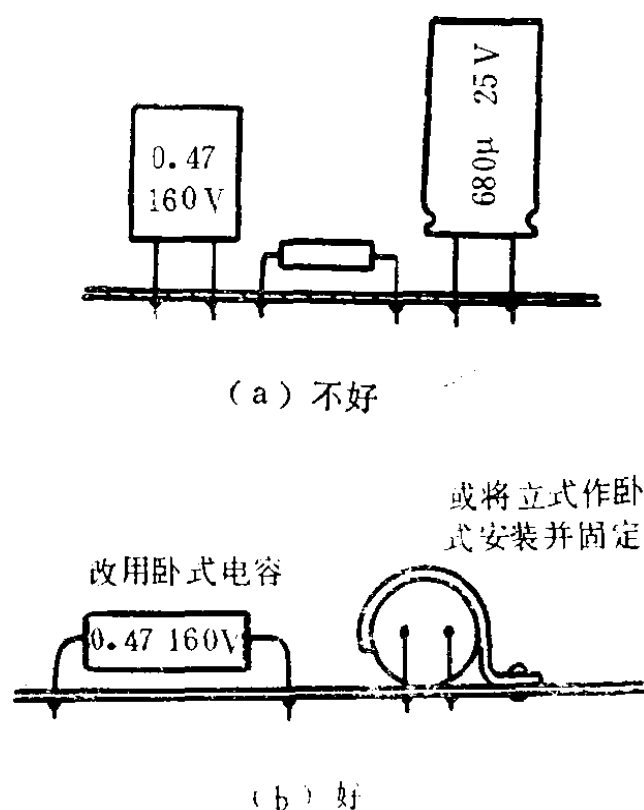


图 4-5 大体积电容的安装

4-2 元件的排列方式

元件在印制板平面上的排列，可以分为三种不同排列方式：不规则排列、座标排列和座标格排列。

一、不规则排列

这是指元件在印制板平面上，可作任意方向排列。也就是说，不要求元件的轴向和印制板的四边或某一边呈平行和垂直放置，如图 4-6 所示。这种排列虽然在外观上似乎感到零乱，但主要是以电性能的要求为主。这就好比在绕高频阻流线圈时，往往为减少线匝之间的分布电容，而不希望排线整齐，而采用乱绕或蜂房式绕法。当然，元件的不规则排

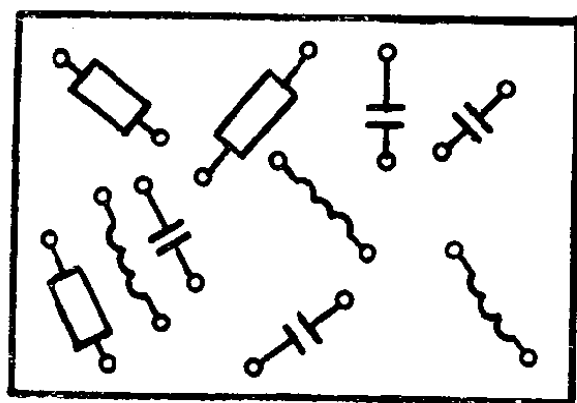


图 4 - 6 元件的不规则排列方式

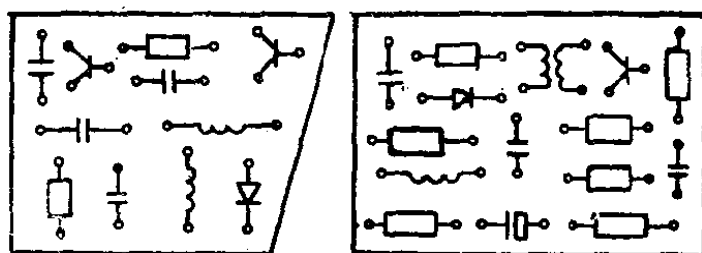
列，并不是为了减少元件之间的分布电容，而是为了减少印制导线和元件的接线长度，从而达到减少接线电感和电路的分布参数。因而这种排列适用于频率较高（如30兆赫以上）时的电路使用。不规则排列使印制板的平面利用率提高，电路之间安排也可以比较紧凑，有利于减少电路信号传递时的损失。

在采用不规则排列中，有时为减少印制导线的接线电感，在有些电路的排版中，将两个元件的引出端从一个穿线孔内穿入在一个接点上焊接，从而省去了印制导线。

二、座标排列

所谓座标排列，是指元件的轴向与印制板四周呈平行或垂直方向排列，当印制板不是矩形时，则元件的轴向和其中的两直角边或印制板其中的一边呈平行和垂直排列。座标排列如图 4 - 7 所示。元件按座标排列时，除电阻、电容外、其他的元件，大功率管、二极管、中周及变压器也均应按座标排列。

座标排列在外观上比较整齐，常用于频率较低（30兆赫以下）的电路中。



4-7 元件的座标排列方式

在采用座标排列时，元件的每一个引出端，在印制板上有一个穿线孔。不允许两个或两个以上的引出端共用一个穿线孔。

元件的座标排列，主要是指元件的轴向和形体而言，并不是指元件的端脚也要和印制板平行和垂直。比如，对于立式的电解电容、晶体管等圆形元件，其端脚的方向可以不按座标排列，可灵活地排版，这点和下面所讲的座标格的排列是有所区别的。

三、座标格排列

在元件采用座标格排列时，除要求元件轴向与印制板四周呈平行和垂直排列外，同时也要求元件的穿孔均位于等距的垂直和水平的座标（即座标格）的交点上，如图4-8所示。

座标格必须是等距的正交网格。格距在国际上尚无统一的规定。国际电工委员会（I.E.C）规定格距为2.54毫米（0.1英寸）。东欧的国家采用为2.5毫米或3毫米的格距。我国在国家标准（GB1360-78）中规定，基本格为2.5毫米。当需要采用更小的网格时，应设置辅助格。按标准中规定：辅助格的间距为基本格间距的四分之一（0.625毫米）或二分之一（1.25毫米）。

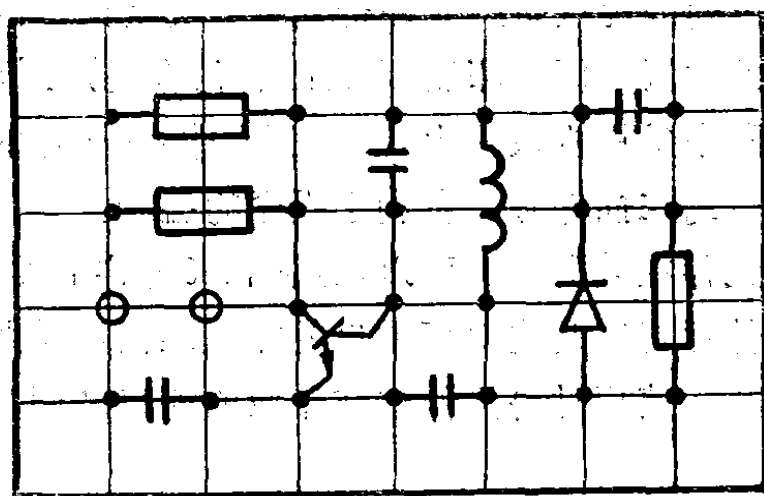


图 4-8 元件的坐标格排列方式

元件在坐标格上排列时，元件的引出端可以跨一格、两格或两格以上，可依据元件的大小和长度来定。除元件的穿线孔外，板内的其他孔（结构孔、工艺孔、定位孔等）也均应位于坐标格的交点上。

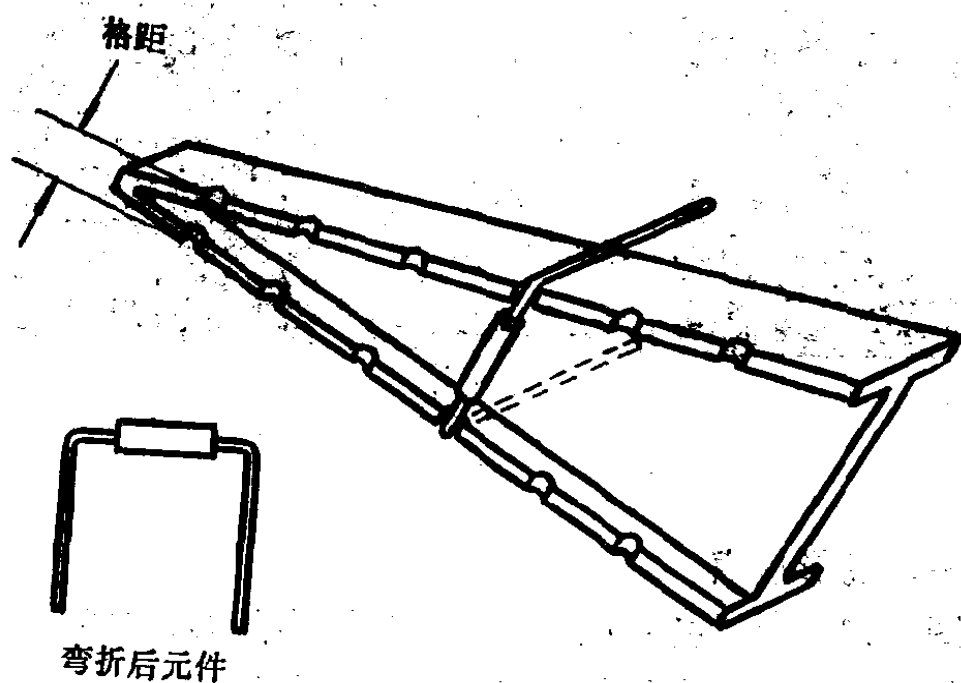


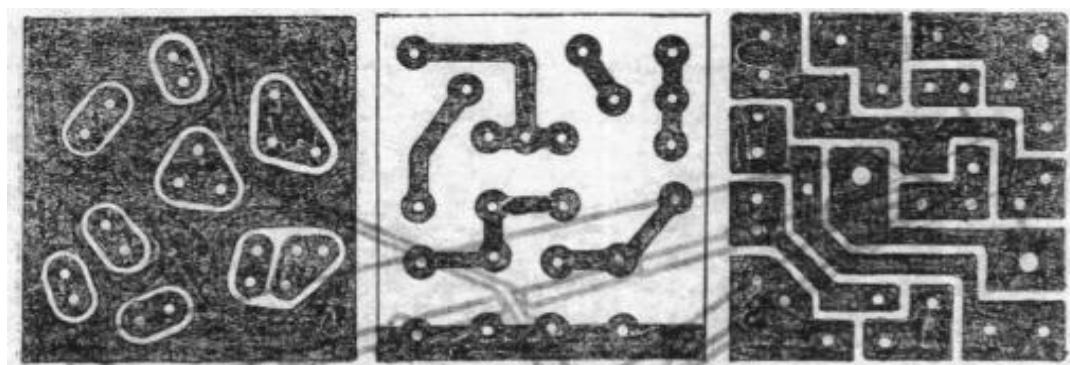
图 4-9 元件弯折器

坐标格排列的优点是：元件排列整齐美观；维修时寻找测试点和元件位置方便；印制板加工时孔位易于准确。另外，便于装配中采用机械化生产，使元件按一定的格距弯折，在采用自动化插件时，有利于程序的编制。

比如当元件在装配前，可以使用图4-9那样的弯折器进行弯折，元件弯折器两边对应槽口的相互距离，按照不同的坐标格数而开。使用时将元件放在相应的槽口之间，即可进行弯折。

4-3 接点的形式

接点按形状大体上可分为三种形式，即岛形接点、圆形接点和方形接点三种（见图4-10）。



(a) 岛形接点

(b) 圆形接点

(c) 方形接点

图4-10 接点的形式

一、岛形接点

图4-10 (a) 的接点形状，犹如地图中的各种岛屿一样，因而得名。也有将它称作小岛式接点或岛域接点。

对高频电路的排版，除了元件采用不规则排列外，同时

为了减少接点和印制导线的电感，将接点绘制成岛状，所以岛形接点的绘制要求与特点是应高频电路的要求而形成的。

接点的曲线要过渡圆滑，不能急拐。导线的长度尽可能短，因而同一岛上的穿线孔距离要近。这样接点与导线，往往混为一体，而不能明显加以区别。为使岛与岛之间分布电容减小，空余位置尽可能由地线覆盖，使岛与岛之间有良好的静电屏蔽，抑制接点之间的寄生耦合。

二、圆形接点

图4-10 (b) 的接点均为圆形，故称为圆形接点。采用圆形接点时，导线的宽度小于接点直径，故接点与导线能明显加以分别。由于接点和导线的图形象树枝的枝叉状，故也有将它称为小枝式排版。

采用圆形接点时，穿线孔位于接点的圆心上，使穿线孔与接点为同心圆。由于接点呈圆形，因而在不用阻焊剂涂复时，仍可使焊点较圆。印制导线的走向，可以直走也可以斜穿。板内的导线宽度，除了个别电流较大的导线外，宽度要尽可能一致。接点的直径，除个别因穿线孔直径过大，而允许相应增大接点的直径外，其余的接点直径尽可能要一致，使印制板焊接面显得整齐。

三、方形接点

图4-10 (c) 为方形接点。也有将它称作方块式排版。接点的形状除方形外，也可以是长方形或非圆形的其他形状。

在这里，接点与穿线孔不成比例关系，穿线孔在接点上的位置，可以在中央，也可以在靠近边缘的一些位置上。接点的大小和导线的宽度，也可以不成比例关系，因而有时接

点与导线无明显区别。导线可以直走，也允许斜穿，导线在拐弯后允许改变走线宽度。相反，在接点和导线之间腐蚀掉的部位宽度却要求尽可能地一样，这样才能显得美观与工整。这是方形接点与圆形接点的不同之处。

方形接点在绘制上是比较方便的。由于不需要画圆，在手工制板时也较方便，适用于手工描版或刀刻。由于接点较大，穿线孔与接点的相对位置要求不象圆形接点那样严格，因而加工的精度要求可低些。另外由于接点面积较大，焊接时较易耐受温度，不象圆形接点那样容易使接点与基板剥离。方形接点的印制板，在腐蚀时，三氯化铁的消耗比圆形接点要少得多。

采用方形接点的印制板，在焊接前必须用阻焊剂涂复在不需要着锡的部位。这样当用浸焊和波峰焊时，不需着锡的部位就不会受焊料的浸润；在手工焊接时也能使焊点大小一致成圆。

方形接点的分布电容较大，圆形接点的导线电感较大，故这两种接点用于频率较低（30兆赫以下）的电路排版。

4-4 排版格式

印制板的排版格式，决定于元件面的元件排列方式和接点面的接点形式。一种元件的排列，并不一定要对应于某一种接点形式。因而不同的元件排列和不同的接点就组成不同格式的排版。

排版格式大体上可分为下列几种格式：

（1）不规则岛形接点排版；

- (2) 座标圆形接点排版;
- (3) 座标格圆形接点排版;
- (4) 座标方形接点排版;
- (5) 座标格方形接点排版。

在一块印制板内最好统一采用一种格式排版,以便使版面整齐一致。当板内有高频和中、低频电路在一起时,则允许采用相应的排版格式。但在同一块印制板内,最好不要同时采用方形和圆形两种接点,那样是会影响到版面美观的。

元件采用座标排列时,虽然在板内的位置可以灵活地安排,但是对于元件两端之间的距离,建议参照基本格的格距的整倍数来考虑,这样便于元件的加工成型。

第五章 排版的基本知识与要求

5-1 印制板的物理与电气性能

了解和掌握印制板的有关物理与电气性能是排版必需具备的基本知识之一。

一、印制板的材料与规格

制作印制板的材料，采用复铜箔层压板，简称复箔板。

国产的复铜箔层压板，主要根据基板材料不同大体可分为四种：酚醛纸质复铜箔板、环氧酚醛玻璃布复铜箔板、环氧玻璃布复铜箔板和聚四氟乙烯玻璃布复铜箔板。

国内复箔板的标准主要是按四机部(S/J200-78)和一机部(JB1547-75)的两个标准执行。四机部的标准型号为：TFZ-62、TFZ-63、THFB-65、THAB-67等；一机部的标准型号为：3420、3421、3440、3441等。

1. 酚醛纸质复铜箔板 通常它又称作纸铜箔板。它是由绝缘浸渍纸或棉纤维纸浸以酚醛树脂，在两表面附以单张的无碱玻璃布，然后复以电解紫铜箔，经热压而成的板状层压制品。型号有3420（浸渍纸、双面铜箔）、3421（浸渍纸、单面铜箔）、TFZ-62（浸渍纸、单面铜箔）、TFZ-63（棉纤维纸、单面铜箔）。

酚醛树脂是一种使用较为广泛的热固性树脂。但酚醛树

脂的最大缺点是易吸水，一吸水后电气性能就会降低。另外，酚醛树脂纸质复铜箔板的工作温度一般不宜超过 100°C 。在 120°C 以上会使电性能不稳定。虽然酚醛纸质复箔板的电气性能和机械性能指标差，但由于价格低廉，在民用和一般产品中，仍获得较广泛应用。对超高频电路和使用环境条件恶劣的情况下不宜采用。

2. 环氧酚醛玻璃布复铜箔板 它通常又称为布铜箔板。基板全部由电工用无碱玻璃布浸以环氧酚醛树脂，然后再复以电解紫铜箔，经热压而成。型号有3440（双面）、3441（单面）、THFB-65（单、双面）等。

由于环氧树脂的粘附力强，电绝缘性能好，有耐化学药品溶剂和油类的腐蚀能力。将它和酚醛树脂混合浸渍于玻璃布而压制出来的层压制品，是一种优良的印制板材料。此种复箔板受潮湿的影响最小，并具有较高的工作温度，可以在 260°C 熔锡中浸焊而不起泡。因而它可用于环境条件差和超高频电路中。

3. 环氧玻璃布复铜箔板 它通常又称为透明铜箔板。基板全部采用玻璃布并用双氰胺作固化剂的环氧树脂，然后再复以电解紫铜箔，经热压而成。型号为THAB-67。

此种复箔板由于采用胺类作固化剂，因而基板透明度高，便于装配和维修，尤其适宜制作双面印制板。另外，具有较好的冲剪、钻孔等机械加工性能，较高的工作温度和防潮性能。

4. 聚四氟乙烯玻璃布复铜箔板 它采用无碱玻璃布浸渍聚四氟乙烯分散乳液作为基板，复上经氧化处理过的电解紫铜板，经高温、高压压制而成。这种复箔板是近年研制成功的

表5-1 复箔板的牌号、名称及性能用途

名 称	牌 号	铜箔厚度	性能及用途
酚醛纸质复铜箔板	3420 (双面)	0.05—	附着强度、浸焊性、耐热、耐潮、电性能及机械性能一般，用于普通无线电电子设备中。
	3421 (单面)	0.07毫米	
	TFZ-62 TFZ-63	0.05± 0.005 毫米	
环氧酚醛玻璃布复铜箔板	3440 (双面)	0.05—	浸焊性、耐热、耐潮、电性能及机械性能较高，用于制造工作温度较高的无线电和电子设备中。
	3441 (单面)	0.07毫米	
	THFB-65	0.05± 0.005 毫米	
环氧玻璃布复铜箔板	THAB-67	0.05± 0.005 毫米	具有较好的冲剪、钻孔等机械加工性能，基板透明度好，用于工作温度和环境温度较高的电子设备中。
聚四氟乙烯玻璃布复铜箔板	简称F ₄ (牌号未定)	0.05± 0.005 毫米	机械强度高，具有低的摩擦系数，不粘性，工作温度高，可在200℃下长期工作。适用于恶劣环境和微波设备中。

新品种尚未定型,简称F₄复箔板。

F₄复箔板具有优良的介电性能和化学稳定性,其介质损耗小,是一种耐高温、高绝缘型材料。它的工作温度较宽,在-230°C—+260°C之间。在200°C下可长期使用,300°C下间断使用。对于所有酸碱以及化学溶剂有较好的惰性,适用于国防尖端产品和高频微波设备中。

表5-1为这四种复箔板的牌号及性能用途。

国内复箔板的型号,有些厂家已按部标准标志,有些厂家仍按本企业标准来标志。对未按部标准标志的产品,在选用时应按产品说明书的有关参数选用。

四机部的部标(SJ200-78)中,对复箔板的标志示例规定如下:

THAB-67D (或S) h SJ200-78

其中D表示单面; S表示双面; h表示板厚。

复箔板的厚度规格见表5-2。选用时应优先采用1.0;1.5;2.0毫米的厚度。印制板的厚度要根据印制板的大小和机械载荷来适当考虑,当印制板采用印制插头联接时,还要考虑板厚是否和印制插座相配。对于双面印制板来说,板厚一般不要大于最小孔径的3倍以上,否则会对孔的金属化的处理带来困难。

复箔板的板面尺寸,各个厂家均不一样。主要视各厂的生产设备而定。

例如上海化工厂的板面尺寸为:105×400; 105×800; 125×400; 125×800; 400×520毫米。

北京绝缘材料厂的板面尺寸为:100×850; 150×850; 200×850; 450×850毫米。

表5—2 各种复铜箔板的厚度规格表

标称厚度 (毫米)	单点公差 (毫米)						
	3420	3440	TFZ-62	THFB-65		THAB-67	
	3421	3441	TFZ-63	一级品	二级品	一级品	二级品
0.2							+ 0.01, - 0.05
0.3							±0.1
0.5							±0.12
1.0	±0.1	±0.15	±0.1		±0.15		±0.15
1.5	±0.15	±0.20	±0.15	±0.13	±0.20	±0.13	±0.20
2.0	±0.20	±0.25	±0.20	±0.15	±0.25	±0.15	±0.25
2.5	±0.25	±0.30					
3.0	±0.3	±0.35					±0.40
5.0							±0.60

注：厚度0.2、0.3、0.5均为双面复箔板。

表5-3 印制导线的平均电阻

序 号	试 验 条 件	电 阻 (欧/米)
1	正常条件	0.306
2	温度 + 40℃, 相对湿度95—98% 48小时	0.326
3	温度 - 60℃, 2 小时	0.196
4	温度 + 50℃, 10小时	0.341
5	温度 + 100℃。2 小时	0.385

注：导线宽1.5毫米，厚50微米。

南京无线电绝缘材料厂的板面尺寸为：400×480；480×880毫米。

了解板面尺寸对合理选用印制板的尺寸有帮助。在设计时应根据各厂的说明书中的板面尺寸合理选用，使裁剪下来的边角料最少。

二、印制板的主要物理与电气性能

1. 印制导线的电阻 在各种气候条件下，印制导线的平均电阻列于表5-3。

2. 印制导线的熔断电流 由于印制导线表面面积的增大，使导线铜箔与周围介质和绝缘底板接触良好而提高了导热性能，因此，印制导线允许通过的电流密度要比普通导线大得多。印制导线的熔断电流与普通导线熔断电流见表5-4。

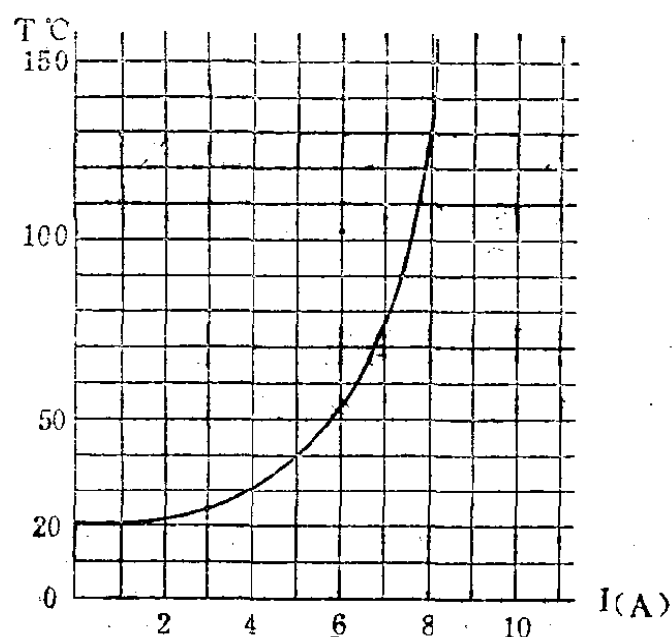
表5-4 导 线 熔 断 电 流

导 线	截面积 (毫米) ²	电阻 (欧/米)	瞬间熔断电流
一般铜导线	0.07	0.25	15
印制导线	0.075	0.3	60

注：1. 印制导线为宽1.5毫米，厚50微米；

2. 熔断时间均为1—2秒时的熔断电流值。

3. 印制导线的电流密度 印制导线由于存在电阻，因而在通过电流时将产生温度，图5-1是印制导线电流与温升的关系曲线。印制导线的最大电流密度一般取20安/毫米²为宜。为简化计算，表5-5列出了在不同宽度时，导线允许的最大工作电流。对过长的印制导线，尽量不使导线中的



注 1. 导线宽 1.5 毫米, 厚 50 微米。

2. 在室温 20°C 时测得。

图 5-1 印制导线的电流温升曲线

表 5-5 印制导线最大允许工作电流

导线宽度 (毫米)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
导线面积 (毫米) ²	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2
导线电流 (安)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4

注: 印制导线厚为 50 微米

电流密度过大, 应当考虑导线的电阻所造成的电压降是否对电路的工作带来影响。导线电流与压降可从表 5-6 查得。对大电流的电源线、地线、负载输出导线, 应考虑电压降的因素在内。

复箔板的绝缘电阻和抗电强度, 分别为表 5-7 和表

表5-6 印制导线的电压降

负载电流 (安)	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
电压降 (伏/米)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.25	1.65	2.05

注：印制导线的宽度为1毫米、厚50微米

表5-7 复箔板的绝缘电阻

材料种类	表面电阻（不低于）			体积电阻（不低于）		
	常态	受潮	浸水	常 态	受 潮	浸 水
酚醛纸质	$10^9 \Omega$	$10^8 \Omega$	—	$10^9 \Omega \cdot \text{cm}$	$10^8 \Omega \cdot \text{cm}$	—
环氧布质	$10^{13} \Omega$	—	$10^{11} \Omega$	$10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$	—	$10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$

表5-8 复箔板的抗电强度

材料种类	表 面 抗 电 强 度	
	正常条件时	潮热处理后
酚醛纸质	1.3KV/mm	0.8KV/mm
环氧布质	1.3KV/mm	1.0KV/mm

5-8 所示。

4. 安全工作电压 印制导线在取相同的距离时，随着基板的材料和表面处理情况、工作环境的温度及湿度、空气中的尘埃含量和机腔的密封好坏等不同情况，最高工作电压差别很大。为了适应在各种环境条件下运用，在排版允许时

印制导线间的距离的选择，尽量不要过于苛刻。一般安全工作电压与导线之间的距离可采用如下参考值：1.5毫米—300伏；1.0毫米—200伏；0.5毫米—100伏。

5. 印制板面积及重量换算 在排版设计中印制板是按面积尺寸来计算的；而材料供应是按重量来计算的。面积与重量之间的换算关系可按式求出：

$$G = \frac{V\rho}{1000}$$

式中，G 板的重量（公斤）；V 体积=长×宽×厚（厘米³）；
ρ 密度：单面纸质1.45克/厘米³；单面布质1.85克/厘米³；
双面布质1.9克/厘米³。

5-2 版面基本要求

印制板版面的基本要求较多，掌握这些基本要求，使之在排版过程中能够依照这些要求对版面进行处理。

一、元件面的要求

（1）元件要分布均匀，密度一致，不应有疏密不均的现象。

（2）元件应一律放置在元件面，除非因调整或其他原因需要，一般不要在焊接面上布设元件。双面印制板的元件应全部在一面上，同样也不要两面布设，图5-2那样是不合理的。

（3）每个元件的端脚，应有单独穿线孔，一般不允许两个元件的端脚同时共用一个穿线孔。

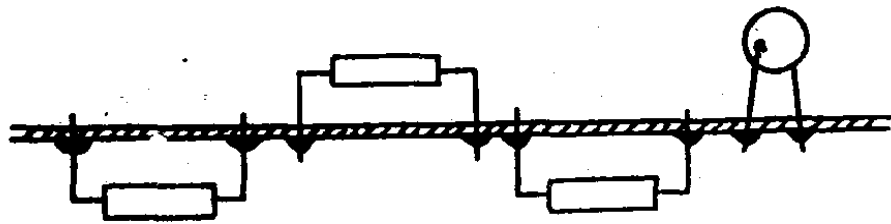


图 5-2 不要双面布设元件

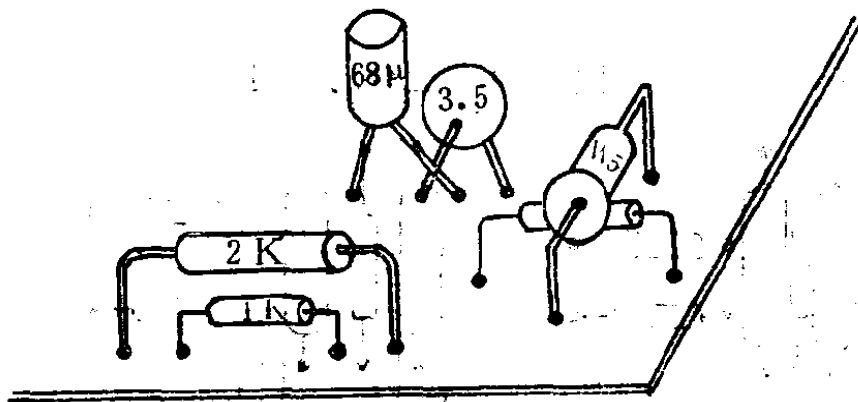


图 5-3 元件的不合理安装

(4) 板上元件不应呈立体交叉和重叠安装,如图5-3所示。元件采用座标和座标格排列时,应排列整齐,不允许歪斜〔图5-4(c)〕。相同元件的端脚跨距要尽可能一样,除非印制导线的交叉有困难时除外,但仍应按一定的格距或间距的倍数比例。如图5-4(a)是不合理的。

(5) 元件之间的穿线孔的距离要选择合适的,不应使元件之间的外壳相碰,或使外壳与元件的端脚相碰。元件外壳之间或与端脚之间应保证留有一定的安全间隙,如图5-5所示。安全间隙可根据元件的工作电压按每毫米200伏计算。

(6) 排双面印制板时,元件面上应尽可能少地安排印

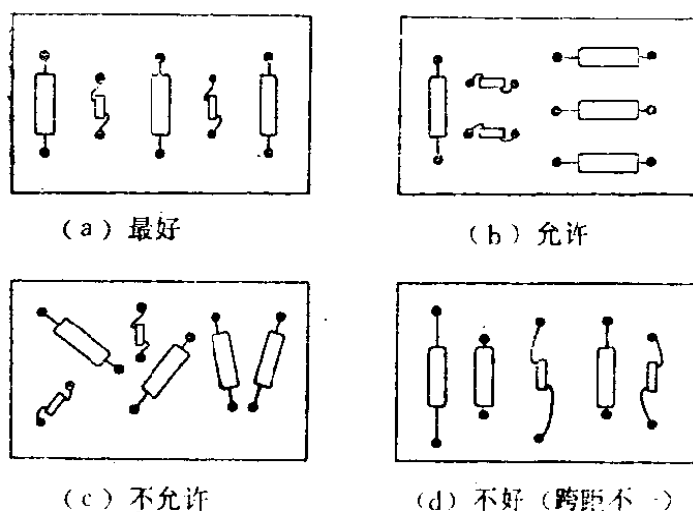


图 5-4 元件的排列

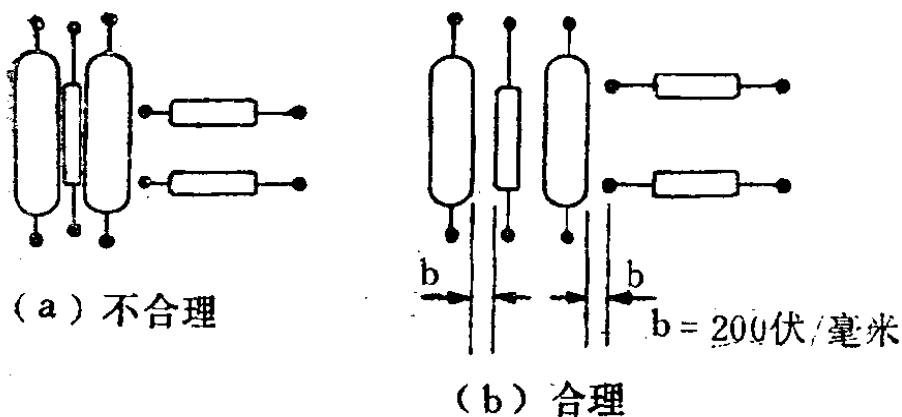


图 5-5 元件的最小安全间隙

制导线。元件的外壳，尤其是元件的接地外壳，应注意避免与印制导线相碰而造成短路。除元件装置不要过低外，同时应尽可能不要使印制导线在接地外壳的元件下通过。

(7) 当印制板直立安装时，对体积稍大的元件应使元件的轴向与地平线呈垂直放置，使元件在运输和移动时有较好的机械强度，如图 5-6 所示。

(8) 元件的装置高度要合理，尤其是相同元件不要高度不一。为使元件装置高度一致，可以使元件贴紧底板安

装。这样在加工焊接时，便于将印制板装入充填有软性物质材料的盒内进行焊接，如图 5-7 所示。

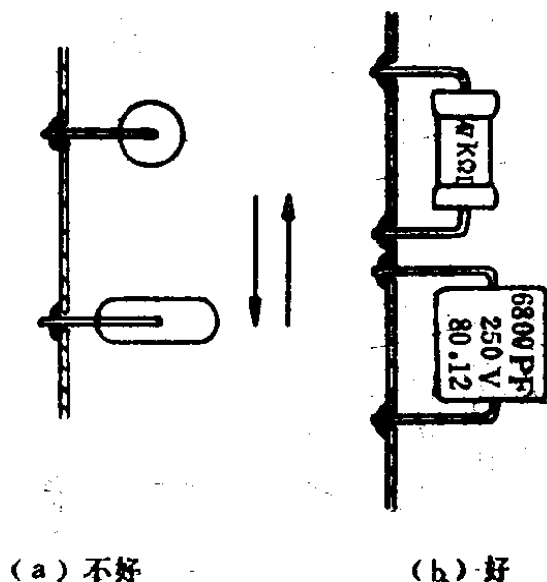


图 5-6 直立印制板中大体积元件的安装方向

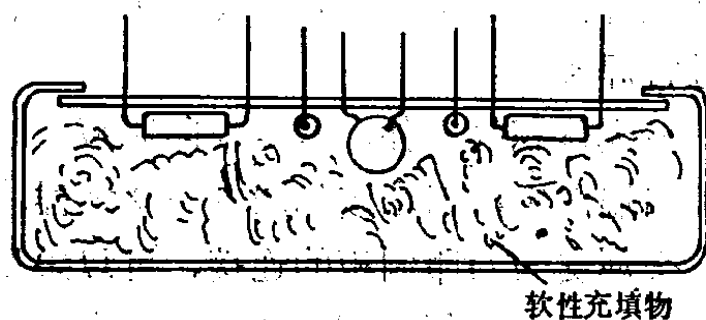


图 5-7 焊接印制板元件的夹具盒

对于有一定功率的电阻，或双面印制板的元件，不采用贴近底板安装。当元件需要离印制板一定高度安装时，可将元件的端脚弯曲成圆弧定位。弯曲可用模具进行，如图 5-8 所示。这种模具，沿垂直方向开有供插入元件端脚的长条形孔，并按一定的间距（或格距）排列。在长条形孔上端开有圆形穿透孔，供插杆插入用。插杆插入后，使元件端脚弯曲

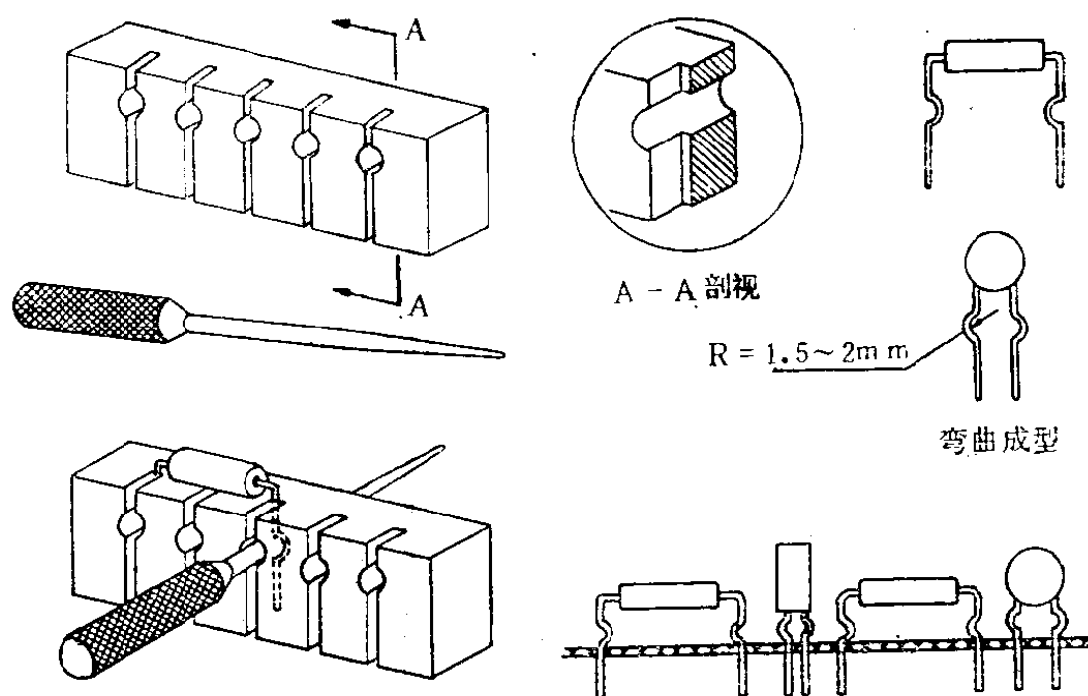


图 5-8 端脚的弯曲成型方法

成形。当元件端脚成形后元件可以从模具的侧面方向取出。这样，可使元件排列的高度一致，并可以按图 5-7 那样，用夹具盒进行焊接。

(9) 较大体积的元件，固定在印制板上时，不能只依靠本身的引出端固定，而应该如图 5-9 那样，用金属支架加以固定。金属支架与印制板的连接，可以采用焊接、弯折和扭曲等方法。固定金属支架的孔，也应在排版中标定出孔位，不可忽略。在印制板上不宜采用铆接的固定法，因为当元件损坏更换时，易将铆接部位的印制板损坏。

(10) 印制板的边缘，应空出 2 毫米左右的工艺区，用来作为印制板在印制、加工时模夹具固定用，不应在边缘的工艺区布设元件。

二、接点的要求

(1) 接点应圆滑，不应有尖角。圆形接点的导线和接

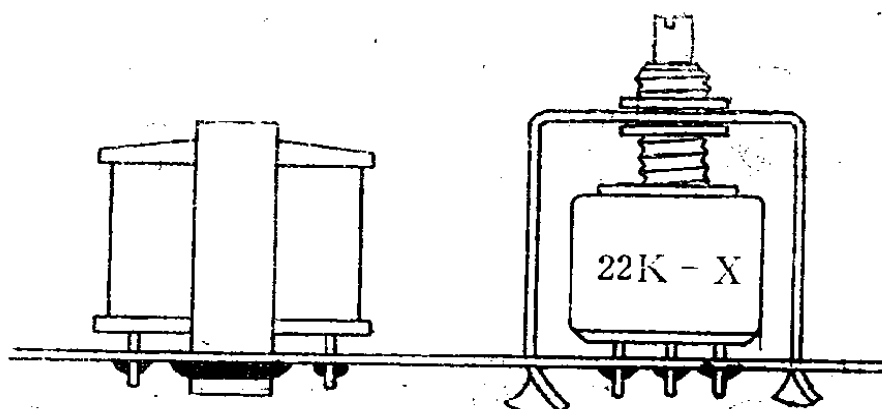


图 5-9 体积较大的元件的固定

点处的倒角半径，不应小于1—1.5毫米；方形接点的四角应呈圆弧，半径也不应小于1—1.5毫米。如图 5-10(a)所示。

(2) 接点应完全将孔包围，穿线孔不应在接点的边缘和切线上。图 5-10(b)那样是不合理的。

(3) 接点的圆环宽度优先采用下列尺寸：0.5；1.0；1.5毫米。0.5毫米用于微小型化设备。这里所指的圆环宽度并不是在排版中对每个不同的穿线孔，均按照相等的圆环宽度来绘制的。因为那样做会造成接点大小不一，同时，在排版中对每根引线都要注意它的直径乃是一件麻烦的事。确定接点的圆环宽度，应根据大部分引线的平均直径来考虑。在排版中对个别引线直径过大时，可适当增大接点直径，至于其他引线直径相差不大时，均应按照相同的直径绘制接点。除微小型设备外，在一般的设备中当引线直径大于1毫米时，圆环的宽度不应小于0.7毫米（方形接点的穿线孔至边缘也同样不小于0.7毫米），如图 5-10(c)所示。

表 5-9 所列的是圆形接点在排版中最小接点直径。

表中 1.5 毫米的接点，主要用于微小型设备。在一般设

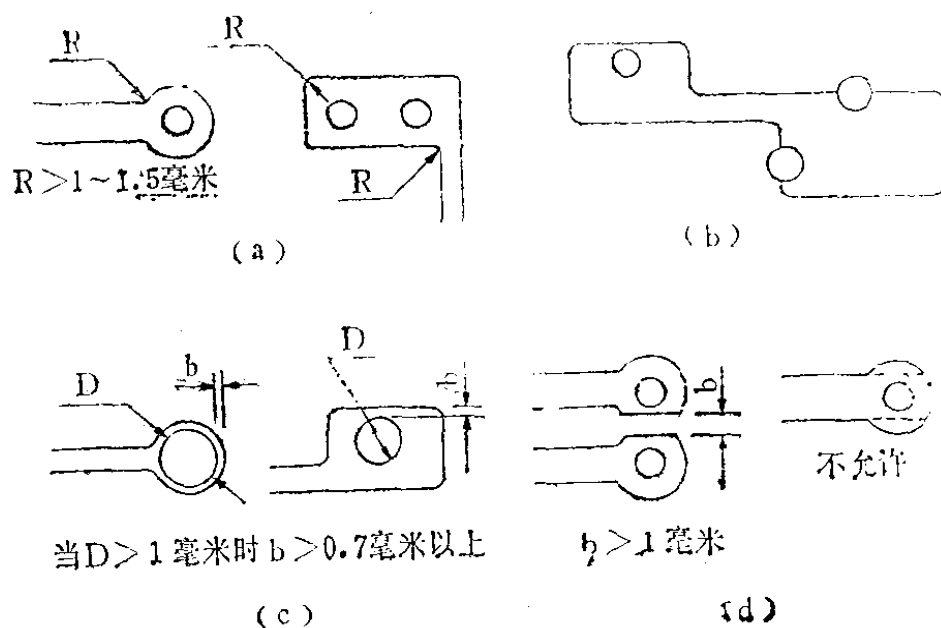


图 5-10 圆形与方形接点的要求

表5-9 圆形接点最小允许直径

引线孔径	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
最小接点直径	1.5	1.5	2	2.5	3.0	3.5	4.0

备中，出于排版的原因而需用较小的接点时，可采用边长大于 3 毫米、宽度为 1.5 毫米的长方形接点。

(4) 接点的间距一般不得小于 1 毫米（微小型设备中为 0.4 毫米）。当接点之间或接点与导线之间的距离过近时，允许将接点圆环一边或二边作适当切除。切圆环时，不允许与导线切齐，如图 5-10(a)所示。

(5) 岛形接点要求圆滑，曲线的弧度变化要尽可能小，接点形状饱满，呈圆形和椭圆形。当相邻接点间距过近时，接点之间可以不隔地线。图 5-11 是岛形接点与圆形接

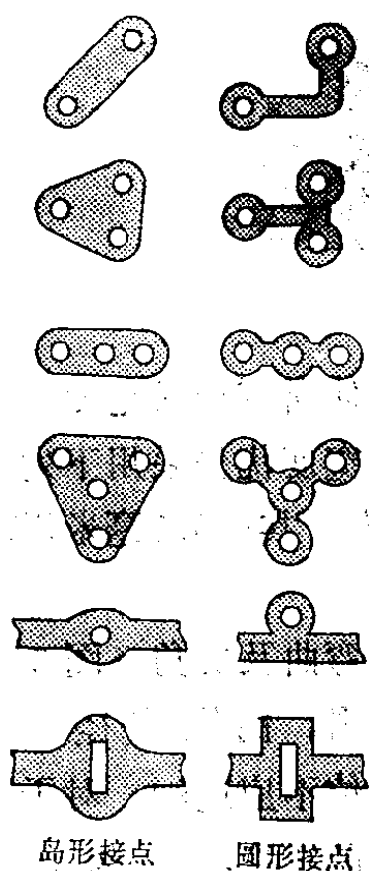


图 5-11 岛形接点与圆形接点的形状对比

点的形状对比。

(6) 当元件是扁形引出端或部件的加固座需要和印制板焊接时，接点应和这些形状相似，并应全部将孔包围。接点的宽度不应过小，防止因元部件摇动时将接点铜箔与基板分离，也不应将接点设置在端脚一边，如图 5-12 所示。

(7) 总地的接点标志。对于电源和印制板上的总地和其他不希望随意变动的导线特定接地点，应在接地穿线孔周围的铜箔上，有接地的标志。接地标志可按照图 5-13 所示的几种方法，在接地周围用环形镂空缝或注上接地符号来表示。

三、印制导线的要求

(1) 导线在直线行进的方向上要宽度一致，不能粗细不一，如图 5-14(a) 则是不好的。对

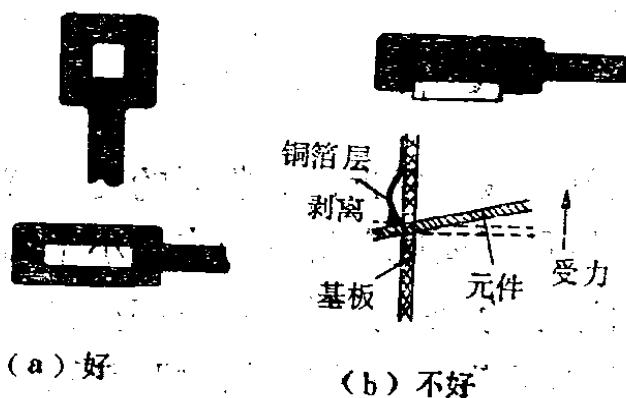


图 5-12 扁形孔的接点

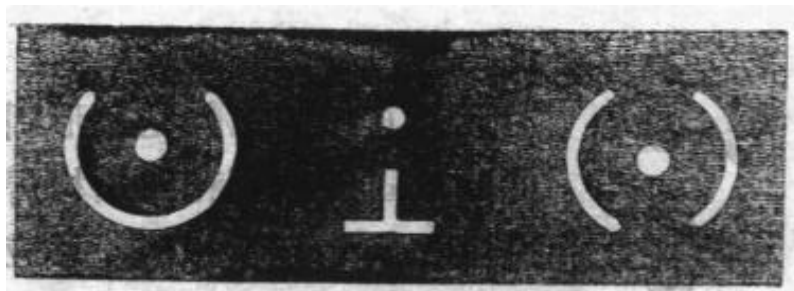


图 5-13 接地的标志

圆形接点排版时的导线，在板内要尽可能使所有导线宽度一致。电流过大的导线可允许宽些。导线的宽度优先采用下列尺寸： 0.5 ± 0.15 ； 1.0 ± 0.2 ； 1.5 ± 0.3 毫米。其中0.5毫米用于微小型设备。

(2) 所有印制导线，不能有急剧的弯曲及尖角〔图 5-14(b)〕。导线的拐弯及分支处应过渡平滑，倒圆半径不得小于 1.5 毫米。导线在拐弯和分支的部位不应过细。对于圆形接点的导线，拐弯后不应变更导线的宽度，如图 5-14(c)所示。

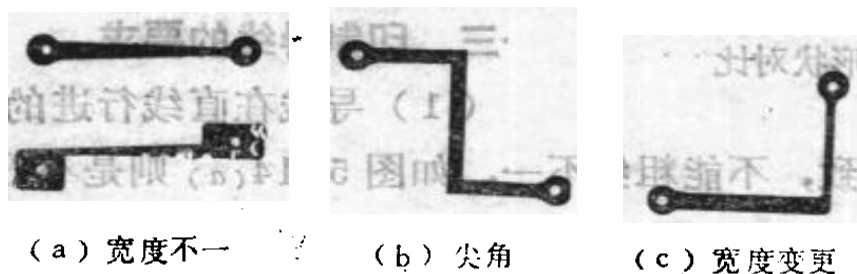


图 5-14 导线的缺陷

(3) 处理好导线的弯折，对版面的美观有很大影响。导线在弯折时，尽量不要使弯折时的夹角小于 90° 。导线的折返，不允许采用过小的夹角〔如图 5-15(a)〕，应当按照图 5-15(b)、(c)那样，采用直角或经直角拐弯后成为大于 90° 的弯折。导线在弯折时应使其中一边和印制板平行或垂直，不

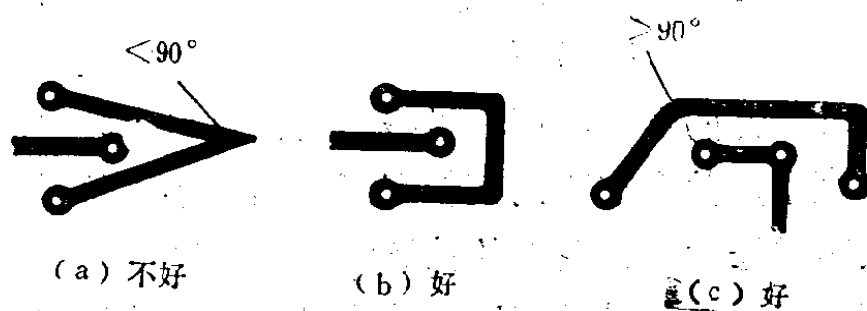


图 5-15 导线的折返

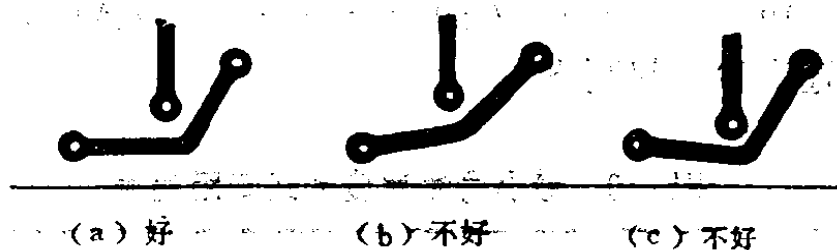


图 5-16 导线的行走方向



图 5-17 曲线导线的要求

能两边均不与印制板平行或垂直,图5-16(b)(c)是不合理的。两接点之间的导线也可以呈弧形,但导线各点的曲率和相邻导线的曲率尽可能要一致,不允许采用不同的曲率,或者使直线与曲线混用,这对绘制将会带来困难,如图5-17所示。

(4) 导线之间的最小间距,同接点的最小间距要求相同,一般不小于1毫米(微小型设备为0.4毫米),工作电压

高于300伏时，不小于1.5毫米。

(5) 对调试时需要测量印制导线中的电流，或调试时需要暂时断开的导线，应在导线中安排缺口。缺口的间隙为0.5—1毫米，并应在印制板装配图中用文字或符号注明，便于调试和维修时寻找缺口的位置。

(6) 对最小导线宽度和最小导线间距的选定，还同印制板的加工方式有关。排版时，应结合印制板的加工方式来确定最小值。表5-10所列的是在各种加工方式时，允许的最小导线宽度和线间距离。

表5-10 最小导线宽度和线间距离表

印制板的加工方式	最小导线宽度 (毫米)	最小导线间距 (毫米)
照相法	0.4	0.4
胶印法	0.8	0.8
丝网法	1.0	1.0
贴膜法、手工描板法、刀刻法	1.2	1.2

四、孔的要求

(1) 为使焊接元件在印制板上固定牢靠，防止元件受力摇动而使接点与基板剥离，穿线孔的孔径一般不得大于元件引线直径的0.3毫米以上。为便于加工方便，印制板上穿线孔的规格不宜过多，穿线孔的直径应按表5-11的系列优先选用。

在一般电路中穿线孔可按0.5；0.8；1.2；1.6；2.0毫米选用。

(2) 安装孔及其偏差，可按表5-12系列选用。

表5-11 穿 线 孔 系 列

标称孔径 (毫米)	0.4, 0.5, 0.6	0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0
允许偏差	I ± 0.05 II ± 0.1	I ± 0.1 II ± 0.15

表5-12 安 装 孔 系 列

标称孔径 (毫米)	2.2 3.0	3.5 4 4.5 6
允许偏差	+0.25	+0.5

对于直径大于3毫米以上的安装孔,在绘制时必须在孔的中心加绘0.5毫米的导向孔和圆点,以便钻孔时作为钻头顶点的定位用。当印制板加工时采用一次冲、钻孔时,则导向孔的设置,可不必绘出。

(3) 矩形孔的系列可按照表5-13选用。方孔应尽量少采用或不采用。矩形孔的长度一般不得长于10—15毫米,以免影响印制板的机械强度。过长的孔,应采取分段设孔的方法,但在同一直线上的分段孔的长度总和不得超过印制板在该方向上长度的五分之二,以防基板受力折断。

表5-13 矩 形 孔 系 列

标称尺寸 (毫米)	1×3 2×3 1×4 2×4 1×5 2×5 1×n 2×n
允许偏差	± 0.1

$n \leq 10$ 正整数

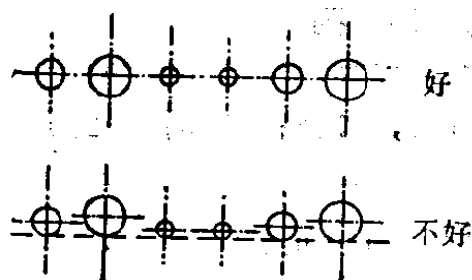


图 5-18 孔的排列要求

(4) 座标排列时, 孔尽可能不要零乱布设, 应使圆心在同一直线上, 而不要按孔的圆周作直线排列, 如图 5-18 所示。

(5) 座标格排列时, 印制板上孔的中心, 包括结构孔和工艺孔, 均应使圆心位于座标格的交点上。当元件引出头装配孔组作圆形排列时, 其中心孔 (如无中心孔则为共同中心点) 必须与座标格的交点吻合, 并且其他孔至少有一孔的中心位于上述交点同一座标格线上。

当元件引出头装配孔组作非圆形排列时, 除至少有一孔的中心必须与座标格线的交点吻合外, 其他孔也至少有一孔中心位于上述交点同一座标格线上。

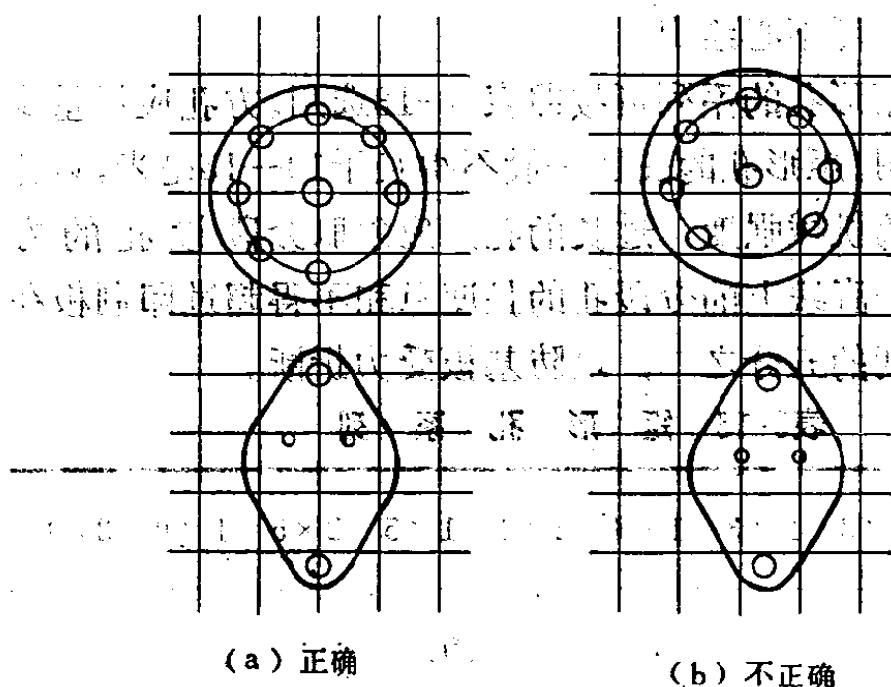


图 5-19 多引出头时孔的排列

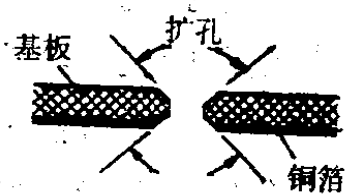


图5-20 穿线孔不允许扩孔

多引出头元件孔的排列参见图5-19。

(6) 用于焊接元件的穿线孔，不应在接点面和元件面扩孔，如图5-20所示，否则影响焊接元件的固定强度和造成元件虚焊。

(7) 在双面印制板上，当导线需要交叉时，可以通过金属化孔的连接，使导线从一面转至另一面。金属化孔在一般的情况下可设在元件穿线孔上，此时金属化孔又同时是元件的穿线孔。金属化孔有时因需要也可不在穿线孔的位置上。比如，两面的长接地导线，应每隔50毫米设一个金属化孔，来使两面的导线电位尽可能一致。又如，双面印制插头上的两面接点需要连接时，也可单独设金属化孔。这些金属化孔，均不作为元件的穿线用。所以在印制板上，穿线孔并不一定要金属化；金属化孔，不一定都设在穿线孔上，也可根据需要单独设置。

金属化孔的设置，可以采用电镀、铆钉和穿入导线两面焊接等方法（图5-21）。

用化学和电镀的方法，是在孔的内壁镀上导电层，加工

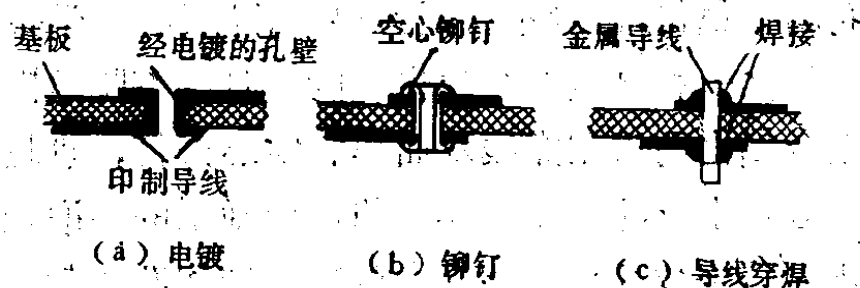


图5-21 金属化孔的设置方法

工艺过程复杂且要求高。此种工艺方法是引用塑料电镀的工艺方法，先用化学沉铜的方法，在绝缘的基板孔壁表面上产生一层很薄的铜层，以便起导电作用，然后再用电镀方法使铜层加厚至需要的厚度。在孔壁上沉铜要求孔壁表面光滑整洁，否则会引起薄铜层导电不良而无法电镀。孔在加工时，可采取从两面打或二次钻孔。因为在一面一次打孔会使背面的接点铜箔与介质分离造成孔壁的沉铜层与背面的接点接触不良，而造成废品。采用化学和电镀法，还应注意孔径不宜过细，一般直径不应小于基板厚度的三分之一，否则会影响加工质量。

用金属空心铆钉使孔的金属化应注意孔径和铆钉外径、铆钉内径和元件引线直径的尺寸关系。铆钉的长度应和印制板厚度相配，不宜过长或不足。此种方法不适应在集成电路中使用，只用于分立元件的电路。

用导线穿焊，可以利用元件的引线，当无元件的引线时可单独用短导线，在两面焊接。此种方法加工简单且接触牢靠，在一般工厂中仍有采用。在焊接加工时焊接面仍可用浸焊或波峰焊接，仅在元件面的印制导线的接点用手工焊接。这种方法也适于在业余制作时采用。

在高密度和微小型化设备中，采用穿线双面焊或空心铆钉使孔的金属化，已经不能适应要求。随着电化学方面的工艺改进，用化学和电镀的金属化孔的质量已不断地提高，因而印制板金属化孔采用穿线双面焊和空心铆钉，也越来越少。

(8) 定位孔是用来作为印制板加工的基准用。当印制板较小时，定位孔可以用板内的较大装配孔代替，但应在图纸中加以注明；对于较大的印制板一般可采用三孔定位，定

位孔应和元件孔、安装孔有所区别。

专用的定位孔的绘制，可按图5-22中 (a) (b) 所示的两种方法。图5-22 (a) 中心小孔为内径0.5毫米的导向孔，大孔为定位孔，直径可选为3、4或5毫米。在定位孔的外面应绘制比定位孔稍大的虚圈，直径为4或7毫米，然后再绘制不过圆心的十字中心线。图5-22 (b) 的绘法基本与图 (a) 相同，虚圈绘制成两个四分之一圆周的弧形实线。

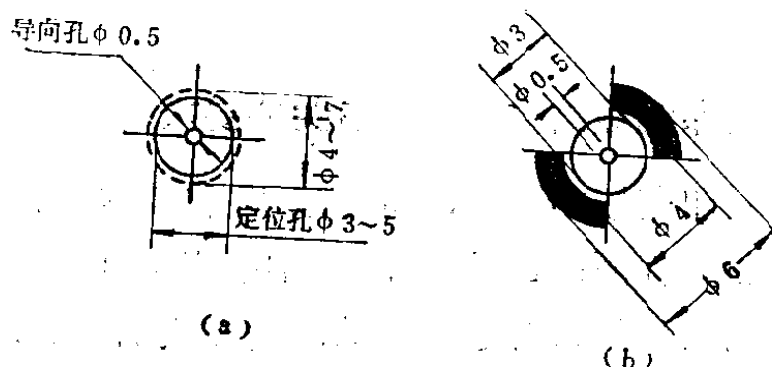


图5-22 定位孔的绘法

五、导电图形的比例要求

孔、接点和印制导线三者的比例是否协调，直接影响版面的美观。对于圆形接点的版面，三者的比例关系可按照图5-23所示的要求来加以考虑。方形接点版面，孔、接点和印制导线三者虽无一定的比例关系，但在同一块板上不宜相差太大。岛形接点的各岛，相互之间的长度和宽度不要相差太多。

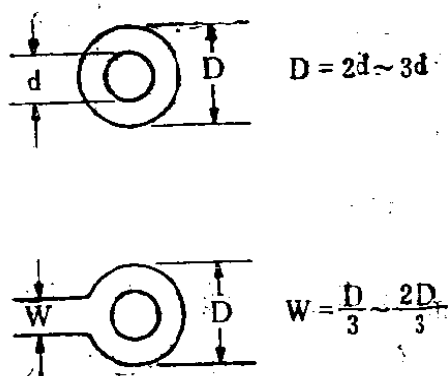


图5-23 圆形接点的比例

圆形接点在排版时，应该按照三者的比例关系，确定合

理的图形尺寸。表5-14所列的可作为绘制时参考。

表5-14 孔、接点与导线比例尺寸表

适用电路	坐标格距 (毫米)	接点直径 (毫米)	允许最大穿线孔 (毫米)	导线宽度 (毫米)	导线间距 (毫米)
微小型设备	2.5	1.5	0.6	0.5~1.0	0.5~1.0
一般设备	2.5	2.0	0.8	1.0	1.0
一般设备	5	3	1.2	2	1.5

六、与印制板结构、加工有关的要求

(1) 印制板的版面，也可以用代号A、B来表示。A面通常是指元件面；B面是指与元件面相对的一面，为焊接面。当印制板采用带有定位槽的印制插头引出时，应使定位槽与板面呈一定的位置关系。定位槽位置按下列方法确定：将印制插头方向向右，从印制板A面视图时，定位槽应位于对称中心线的下面；如从印制板B面视图时，定位槽应位于对称中心线的上面，如图5-24所示。

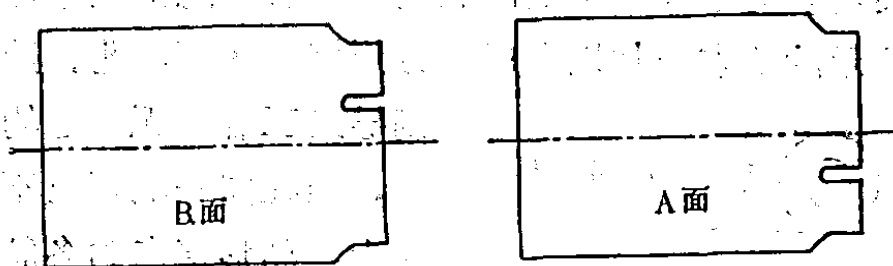


图5-24 定位槽与A、B面位置关系

(2) 有的印制板在加工中需要进行电镀处理，比如印制插头的接点镀银、电镀金属化孔等。如采用先蚀刻（即先腐蚀印制电路）后再电镀的工艺时，必须使印制板内的所有

导电部位（印制导线、接点、印制插头的各接点）要有电气连接。这种电气连接并非是印制电路所需要的，而是为电镀用的临时性导线，称为工艺导线。工艺导线应和印制导线有明显区别，一般可细些，约取0.5毫米的宽度，以便于电镀后剔除。工艺导线总的引出部位的面积不宜过小，可绘制成长条形安排在板子的四周，以求得与电镀夹具的接触。工艺导线的设置如图5-25所示。在左图中，总的工艺导线引出设在外形线的下方，以便于印制板在冲剪成型时同时切除总引出线。对于双面印制板，在A面（元件面）的接点与B面不相连时，比如装扁平的固体电路的一些接点，应将这些接点

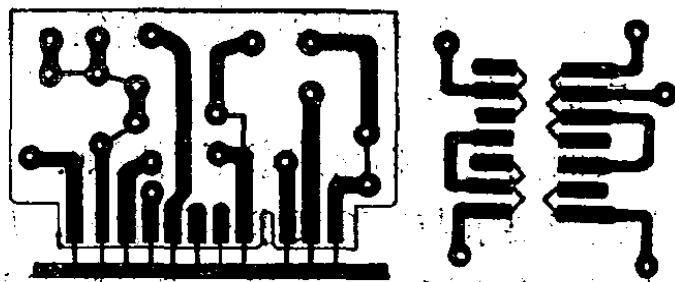


图5-25 工艺导线的设置示意图

用工艺导线连接起来。如接点数较少，可将这些接点的工艺导线连接至与B面相通的接点和导线上；如接点较多，则可在A面同样设置总的工艺导线引出线，防止电镀时较大的电流通过1—2个金属化孔的薄沉铜层，使沉铜层溶蚀掉。

（3）在排版时，对印制板上不布设元件和印制导线的空余部位，在不影响到接地的电性能下，尽量不要留有大面积的铜箔，而应将铜箔腐蚀掉。如属必要，则应再采取局部开窗口（指铜箔）和镂空等办法，去除部分铜箔。因为大面积铜箔在浸焊和长时间受热时，铜箔与基板的粘合剂产生的

挥发性气体无法排出和散发，以致发生铜箔膨胀、脱落现象。因此，在排版时，对于采用浸焊、波峰焊的印制板尤须注意。

(4) 在印制板四周外形线框内 2—4 毫米（具体应根据印制板的大小来定），不应设置元件和导线。在印制板的插拔时手指着力部位，或者用印制板的插拔专用工具涉及到的部位，不应设置元件和导线。

七、版面的处理原则

上述有关版面的基本要求较多，在排版中往往会相互影响和彼此牵扯。比如，有时遇到电性能与外观相矛盾，以致造成元件排列匀称而走线过长，使电性能受到影响；或者出现印制板的两个版面不一致的现象；或如走线间距合适时，元件排列又不一定最佳等等。

因此，对于版面的处理必须注意下列原则：

(1) 当电性能要求与版面要求相矛盾时，应以电性能为主，不能因版面要求而影响电性能。或者版面与机械强度和使用寿命相矛盾时，则应以机械强度和使用寿命为主。

(2) 当印制板的两个版面相矛盾时，则应以元件面为主。

上述要求仅是原则性的，在实际排版中，还应根据影响的大小和程度的轻重而酌情考虑。

5-3 元件引出端尺寸及识别

对于装配在印制板上的元件，应在排版前确定引出端的尺寸。这种与排版有关的引出端尺寸是指元件在印制板平面

上的端脚之间的距离；对于三个和三个以上引出端的元件，还必须确定引出端的顺序和作用。这样，在排版时就可依据这些数据，来确定接点位置和安排接点之间允许穿越的导线数目。

一、软引出元件的端脚尺寸的确定

引出端允许弯折的元件称为软引出元件。采用软引出端的元件多数为小型元件，如电阻、电容及小型晶体管等。这类元件的端脚距离虽然要求并不严格，但是尺寸的确定是否合理，对元件排列的外观美观有很大影响。因此，要使元件排列美观匀称，引出端的尺寸确定就显得非常重要。确定元件引出端的尺寸是一项细致的工作，尤其是电容元件的规格和外型繁多，有时必须经查对元件产品目录后，才能加以确定。在排版时，切不可仅根据电原理图作大致估计，这样元件在装配后会出现过松和挤叠的现象。

软引出元件的端脚尺寸，是指引出端的跨距和元件在装配时的最小合理间距。

1. 元件的跨距 在排版中，相同元件所采用的跨距必须一致。对于座标格排列的元件，跨距可以按照座标格的格距整倍数来取。对于按座标排列的元件，虽然在印制板上的接点位置可以灵活地安排，但不应使跨距随意取各种自由尺寸。因为这会造成在大量生产中，因元件的端脚的成型规格繁多而影响装配速度。同时，相同元件的跨距不一，也会影响版面的整齐。

元件的跨距，必须根据元件的外型尺寸来具体确定。元件跨距的确定，并非在排版中不许变动，由于布局需要，在排版中对个别元件可作相应变动。

对于轴向引出元件，在确定跨距时，不应使引出端在根部直角弯折。每边至少保留 1 毫米以上的留空间隙，如图 5-26(a)。因而跨距的确定，可以按照元件本体长度加上 2 毫米时，取座标格整倍数的上限尺寸。如图 5-26(b)的元件的引出端的跨距，位于座标整倍数上限 2 厘米和下限 1.75 厘米之间，这时应取上限尺寸为 2 厘米。当个别元件在排版时，需要增加跨距时，最大跨距一般不应大于元件本体长度的 2 倍以上。否则会影响印制板的利用率和版面美观，同时也会影响元件的装置强度。加大跨距时，仍应按座标格的整倍数来取。

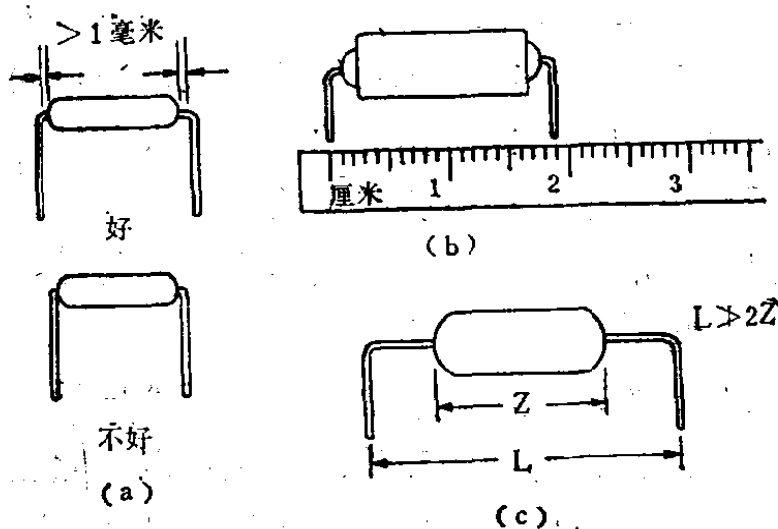


图 5-26 轴向引出元件的跨距

单向引出元件的跨距，可以等于或稍大于本身引出线的间距。如图 5-27(a)的元件，跨距可取 1.5 厘米。跨距尺寸不应过分大于或小于本身引出线的间距。跨距过小会影响元件装置的稳度；过大，则会影响美观和占据过多版面。最大跨距，一般不应超过本身直径（或长度）的四分之一以上，如图 5-27(b)所示。

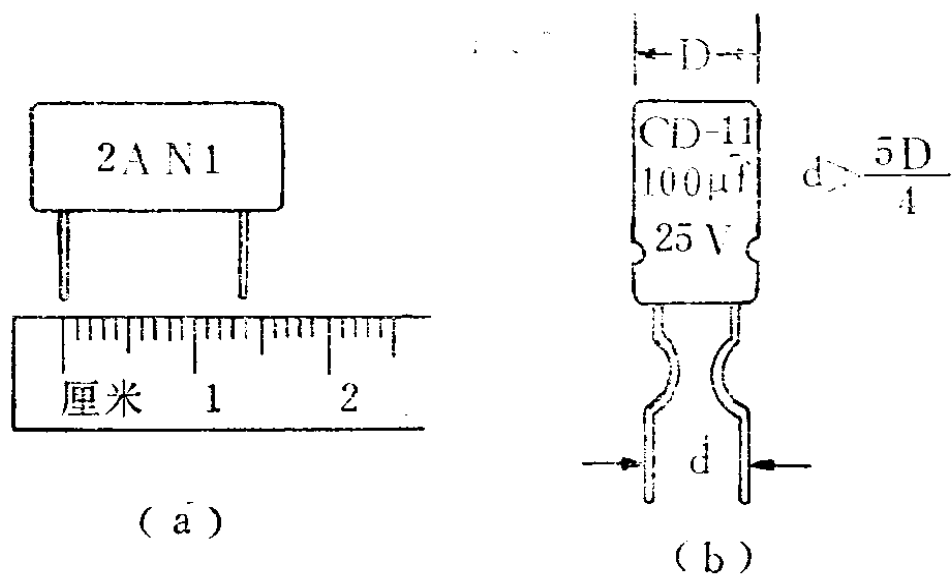


图 5-27 单向引出元件的跨距

按座标排列的元件,建议跨距按座标格的整数倍来取,或者按照某一基本尺寸的整数倍,这有助于减少弯脚成型规格。

下面将常用的电阻、电容元件的跨距列表,供布局时参考。

表 5-15和 5-16分别为碳膜、金属膜电阻的外型尺寸和跨距表。

表5-15 碳膜、金属膜电阻外型尺寸

标称功率 (瓦)	R _T 碳膜电阻		R _J 金属膜电阻	
	长 度 (毫米)	直 径 (毫米)	长 度 (毫米)	直 径 (毫米)
0.05	7—8	2—2.5		
0.125	11	3.9	7.0	2.2
0.25	18.5	5.5	8.0	2.8
0.5	30.5	5.5	10.8	4.2
1	38.0	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

注:外形尺寸均为最大值

表5-16 碳膜、金属膜电阻最佳与最大跨距表

名称型号	R _T 型碳膜电阻器						R _J 型金属膜电阻器				
规格 (瓦)	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	0.125	0.25	0.5	1	2
最佳跨距 (毫米)	10	15	20	35	40	55	10	10	15	17.5	25
最大跨距 (毫米)	15	20	30	50	60	80	15	15	25	30	35

电容器的规格和品种繁多，表 5-17 列举了部分常用立式电容器的跨距。

2. 元件的间距 虽然元件装置的最大间距不限，但合理的元件间距，对提高印制板元件的装置密度有关。一般元件的最小间距，可以按相邻元件的半径(或厚度的二分之一)

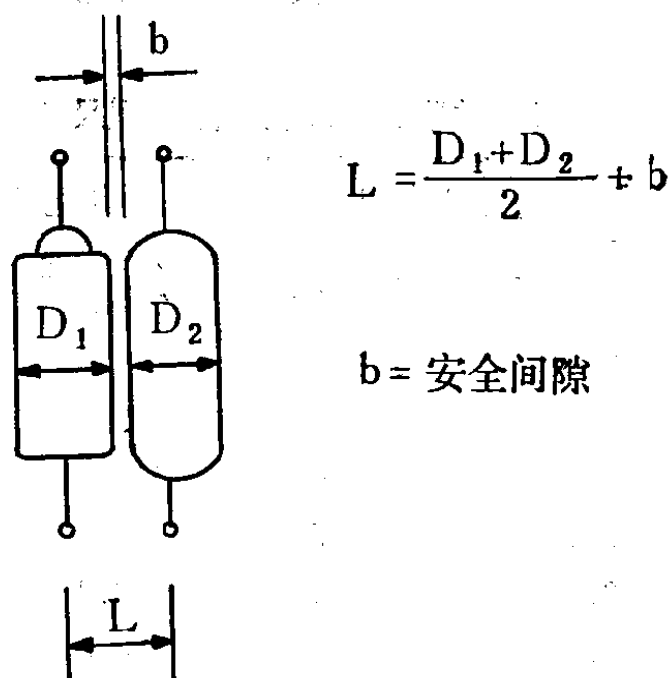


图 5-28 最小元件间距

表5-17 常用立式电容器最佳和最大跨距表

名 称	型号	分类方法	跨 距 分 类				
圆片型 瓷介电容	CC1	按尺寸 代号	1b	2b、3b	4b	5b	6b
圆片型 低频瓷介 电容	CT1	按尺寸 代号		1, 2	3	4	5
铝电介 电容	CD11	按管壳 编号		1—3	4—8		9—11
小型低 压涤纶电 容	CL11	按电 压、容量	63V 0.01 μF 以下	0.033 μF 以下		0.047 μF 以下	
纸介电 容	CZ11	按电 压、容量		160V 全部 250V 0.01 以下 400V 3300 PF 以下	250V 0.015 — 0.022 μF; 400V 4700 PF ~ 0.01 μF	250V 0.033 — 0.047 μF; 400V 0.015 — 0.022 μF	
金属化 纸介电容	CJ11	按容量	0.022 μF	0.033 —0.22 μF			0.33 —0.47 μF
最佳跨距(毫米)			2.5	5.0	5.0	7.5	7.5 10
最大跨距(毫米)			5.0	7.5	10	10	15 15

加安全间隙(安全间隙取200伏/毫米),如图5-28。确定元件间距时,还应考虑下列因素:

(1) 功率电阻的散热,或者功率电阻集中的部位。

(2) 功率电阻周围有易受温度影响和对温度敏感的元件。

(3) 元件体积较大时的尺寸公差。

当有上述因素存在时,元件的间距应适当取大些。另外,从版面美观的要求出发,一般大小元件的外壳距离都相等并不好看,所以元件的间距,还应根据元件体积大小,使外壳的间距按比例放大些。当扁平封装的元件,在直列排列时,间距的确定,还应考虑到要便于识别元件的规格标志。以上这些都应当作为考虑元件间距时的因素。

表5-18为电阻元件的最佳间距表,表5-19和表5-20为常用立式电容的安装间距表。

电阻和电容元件之间的安装间距的确定,可参考表5-21所列的尺寸。

软引出元件的体积一般不大。对于在立式安装时高度较高的个别元件,如影响到整机的空间利用率,可改用卧式元件,或者将立式元件作卧式安装。

二、硬引出元件的尺寸

这是指引出端不允许弯折的元件,如中频变压器、大功率晶体管、继电器等。对于硬引出元件要求印制板的穿线孔和装配孔的尺寸要精确,必须在排版时要有外型尺寸图,或以标准的实物作绘制依据。确定引出端的尺寸,应把一定的公差考虑在内,可适当放大些孔径,必要时可采用长孔。除孔外,还应知道元件在印制板平面上的安装面积和高度,以

表5-18 电阻元件间的最佳间距表 (毫米)

规 格	R _T 0.05	R _T 0.125	R _T 0.25	R _T 0.5	R _T 1	R _T 2	R _J 0.125	R _J 0.25	R _J 0.5	R _J 1	R _J 2
R _T 0.05	2.5	5	5	7.5	10	10	2.5	5	5	7.5	7.5
R _T 0.125		5	5	7.5	10	10	5	5	5	7.5	7.5
R _T 0.25			7.5	7.5	10	10	5	7.5	7.5	7.5	10
R _T 0.5				7.5	10	10	5	7.5	7.5	7.5	10
R _T 1					10	15	10	10	10	10	12.5
R _T 2						15	10	10	10	12.5	12.5
R _J 0.125							2.5	5	5	5	7.5
R _J 0.25								5	5	5	7.5
R _J 0.5									5	7.5	7.5
R _J 1										10	10
R _J 2											12.5

表5-19 电容器安装间距分类表

名 称	型号	分类方法	分 类 范 围			
圆片型 瓷介电容	CCI	按尺寸 代号	1b—6b			
圆片型 低频瓷介 电容	CT1	按尺寸 代号	1—5			
铝电介 电容	CD11	按管壳 编号		1—3	4, 5	6—8 9, 10

续表5-19

名 称	型号	分类方法	分 类 范 围				
小型低 压涤纶电 容	CL11	电压63 V	0.033 μ F	0.047— 以下	0.1 μ F		
		160 V	0.01 μ F	0.015— 以下	0.068 —0.1 μ F		
		250 V	5600 pF	6800— 以下	0.056 — 0.068 μ F		
		400 V	8200 pF	0.01— 以下	0.056 μ F		
				0.047 μ F	μ F		
纸介电 容	CZ11	电压		4700 p—			
		160 V		0.022 μ F			
		250 V		0.01 μ F	0.015 —0.033		
				以下	0.022 — μ F	0.047 μ F	
		400 V		3300 PF	4700 P	0.015	
金属化 纸介电容	CJ11	按容量		0.01— 0.047 μ F	0.068 —0.1 μ F	0.15— 0.22 μ F	0.33— 0.47 μ F

续表5-19

名 称	型号	分类方法	分 类 范 围				
元件直径或厚度范围 (毫米)			<4.5	4.6—7	7.1— 9.5	9.6— 12	12.1— 14
类 别			I	II	III	IV	V

表5-20 电容元件安装间距表 (毫米)

电容分类类别	I	II	III	IV	V
I	5				
II	7.5	7.5			
III	7.5	10	10		
IV	10	10	12.5	12.5	
V	10	12.5	12.5	15	15

表5-21 电容与电阻元件之间安装间距表 (毫米)

元件分类	R _T 碳膜电阻 (瓦)							R _J 金属膜电阻 (瓦)				
	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2		0.125	0.25	0.5	1	2
电容 I	2.5, 5	5	5	7.5	10	10		2.5	5	5	7.5	10
分类 II	5	5	7.5	7.5	10	12.5		5	5	5	10	12.5
III	7.5	7.5	10	10	12.5	12.5		7.5	7.5	7.5	10	12.5
IV	7.5	10	10	12.5	12.5	15		7.5	7.5	10	12.5	15
V	10	10	12.5	12.5	15	15		10	10	10	15	15

便在考虑整机结构时, 合理利用机腔空间。

三、引出端的识别

当元件为三个以上引出端时, 要注意识别引出端的顺序

编号和端脚作用，并弄清这些编号和代号是按元件的俯视图还是按底视图排列，不要弄错或弄反。

引出端的识别要对照原理图和元件清单中所开列的型号规格。属于标准的元器件，应查阅有关产品手册和说明书。对一些不常用的或特殊的晶体管器件，有时不一定按通常的排列顺序，在排版时必须注意。对电路中采用的非标准元器件，应按照元器件的设计图纸和有关资料来识别引出端。必要时可将元件的主要尺寸和接线编号等有关数据抄录后绘制成元件接线图（如图 5-29），以便于排版时使用。

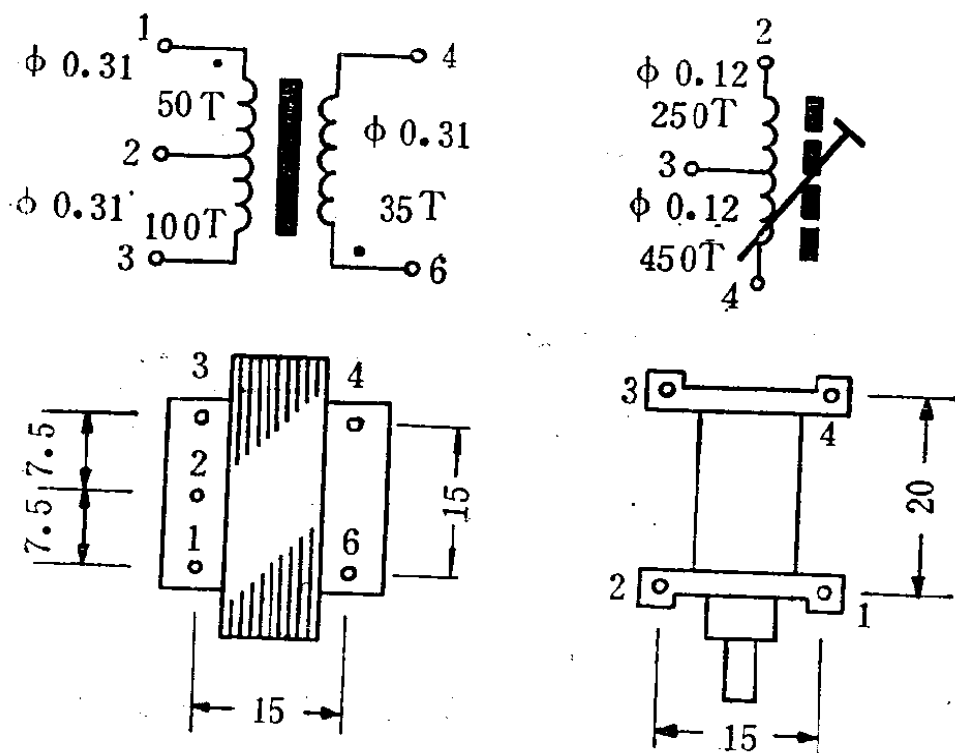


图 5-29 元件接线图

对于电路中有半导体集成电路的器件时，一定要事先查阅有关手册，弄清器件的尺寸和引出端的位置，这是很重要的。集成电路的外形根据器件的不同封装可分为三种形式：

扁平封装式，双列直插式，圆形封装式。上述三种形式的外形见图 5-30。

扁平封装式的外形为图 5-30 (a) 所示。引线沿器件的平面水平对称引出，在无引线的一侧有一凸出的键状标记。当将标记按图位于俯视图左侧时，自左下角按逆时针方向，依次为 1、2、3……。扁平封装式的端脚距离较近，通常 A 型（陶瓷封装）和 B 型（塑料封装）的端脚距离为 1.25 毫米，非标准的 GB-2 型为 1.5 毫米。因而在印制板上装配时，端脚直接贴焊在印制导线上，而不采用弯折后穿入印制板接点的穿线孔的装配方法。接点也不采用圆形而是长条形接点，或者与印制导线一样。

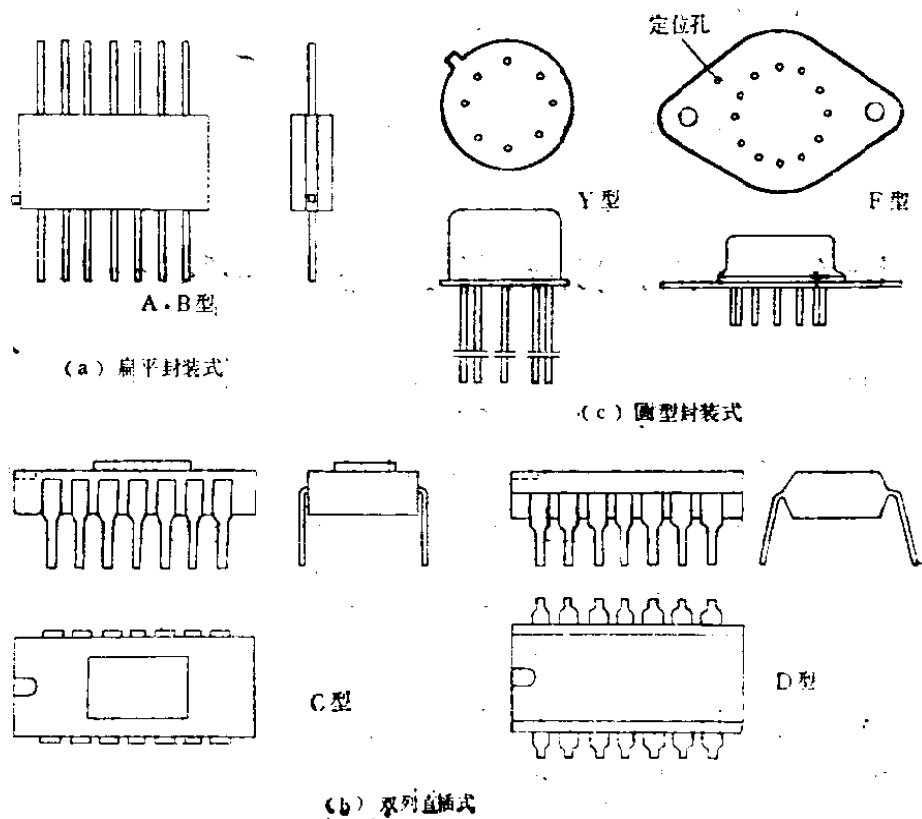


图 5-30 集成电路外型图

双列直插式的外形，又分为C型（陶瓷封装）和D型（塑料封装）两种〔见图5-30(b)〕。引线与器件的平面呈垂直对称引出。半圆形的凹口标记位于无引线的一侧。当将标记按图位于俯视图左侧时，自左下角按逆时针方向依次为1、2、3……排列。双列直插式的集成电路在印制板上装配时，与其他普通元件一样采用穿入穿线孔与印制接点钎焊。这样在焊接面的引出端的顺序便成为从标记开始按顺时针排列，这点请不要搞错。

图形封装式的外形，又分为Y型和F型两种〔图5-30(c)〕。分别采用锁口和定位孔为标记，引出端的排列按图从底视图看，从标记起按顺时针方向排列，依次为1、2、3……。

集成电路的外观尺寸见附录三。

排集成电路版时，还应搞清是否采用集成电路插座，如采用插座时，应按插座的尺寸来绘制。

5-4 印制板板外的连线与插头座

印制板之间，或印制板与板外元件之间的连接，可以有不同的方法。如导线直接连接、插头座连接、极间直接连接等多种方法。采用何种连接方法，应根据整机性能与结构的要求、维修的情况及成本等方面来考虑。在一种整机中也可以采用一种或多种连接方式。

用导线直接连接，并不是随意在印制板接点面的元件接点上或印制导线上连接。要求导线的线端同元件的引出端一样，在印制板上单独设立接点，导线由元件面穿入穿线孔与接点焊接。

为防止导线受力拉断，尤其对维修时允许印制板活动拉出时，线端的固定更应牢靠。固定的方法可以采取集中或单独将导线穿入印制板的导线固定孔，如图 5-31 所示。

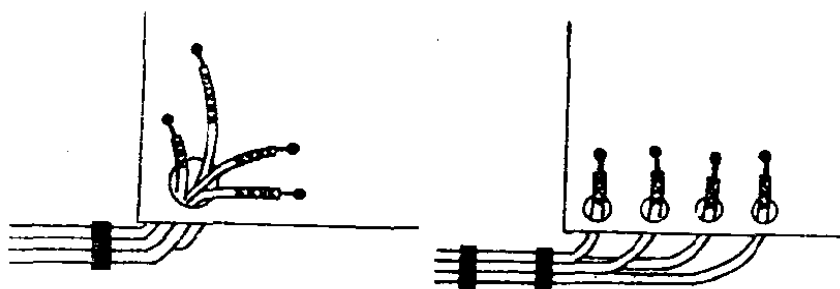


图 5-31 线端的固定

屏蔽导线与板内连接时，屏蔽线的外层应单独穿孔焊接。如屏蔽导线外层不能与板内地相连时，则屏蔽导线的接点应与周围地线不连，该接点仅作为导线的机械固定用，如图 5-32 所示。

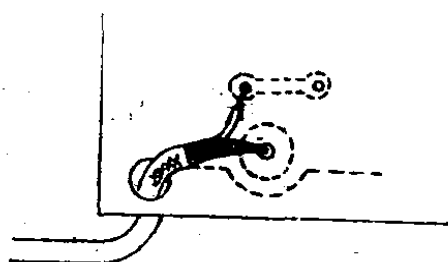


图 5-32 屏蔽导线外层浮接

板内连接导线较多且印制板较大时，应在板上导线的汇集处和导线集中经过的部位采取固定，避免导线因移动而迁

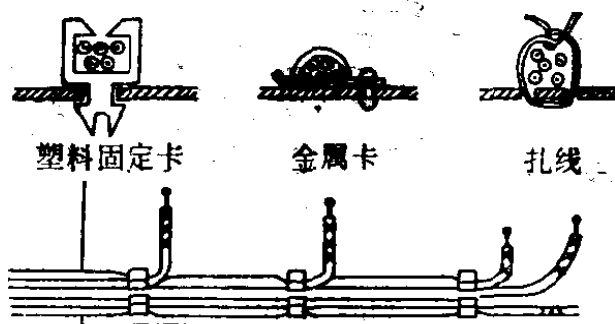


图 5-33 板内导线的固定

动元件的位置，同时使走线布局整齐。板内导线的固定可采用塑料固定卡、金属卡箍或扎线等方法固定在印制板上，如图 5-33 所示。

二、印制板插头座

印制板采用插头座连接，以便于维修和更换印制装配板。

选择印制板的插头座要根据其基本参数和结构形式来进行选用。

1. 印制板插头座的基本参数 它包括接点距离和接线数目。

(1) 接点距离是指相邻两接触对的横向中心距离。国产的印制板插头座的接点距离分为 1.5；2.5；4 毫米三种。

接点距离应根据印制板上印制导线的间距合理选择，比如对于按基本座标格排列的印制板，应选择 2.5 毫米的接点间距。接点间距选择的过大或过小都是不合适的。图 5-34 例示的为接点间距选择不同时的情况。

(2) 接线数目是指一个接插件中所含有的接点数。国

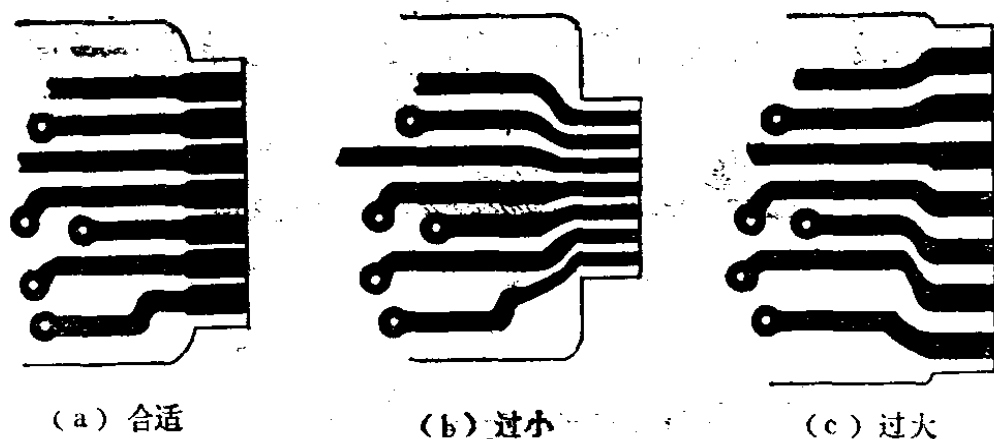


图 5-34 接点间距的选择

产的接插件最少接线数目为4，如单排针孔式插头座；最多的接线数目为72，如线簧式插头座。

接线数目的选择，有时候并不往往等于印制板的实际引出线数，而一般可多些。比如在印制板引出线中，遇有电流较大的输出，可以用两个以上接点并接使用，从而增大通过电流；对于信号的输入输出线，为防止接插件中的寄生耦合，可将相邻的触点接地，作为静电屏蔽。另外，当印制板的引出线数目不多，且印制板较大，并依靠接插件作为印制板的一端固定用时，如接插件的接线数目过少，则会使印制板的固定不牢，此时接线数目允许增加。或者，当印制板的引出线比较分散，虽接线数不多，如采用相应的接线数目的接插件时，则板内的走线汇集影响到排版外观和电性能时，允许采用接线数目较多的接插件，以避免板内走线过于集中。在排版中对于多余的接点，可以空出或接地。

当整机印制板较多时，接线数目的选择，还应该尽可能一致，这对于简化整机结构有利，同时可以减少供维修配备用的转接插板的规格。

2. 结构形式 印制板用的接插件，按结构形式可分为片簧式和针孔式两种。

片簧式插座与插头：片簧式印制板插座外形如图5-35所示。插座的基体系用高强度的酚醛塑料压塑构成，插座的内侧嵌入两排供接触用的弹性簧片。采用片簧式插座，可不必专门配置插头，可在印制板上印制相同距离的条形接点，将印制板直接插入插座中。

片簧式印制板插座接触点的排列形式，又可分为双面接触单排和单面接触双排两种，图5-36所示的是这两种接触

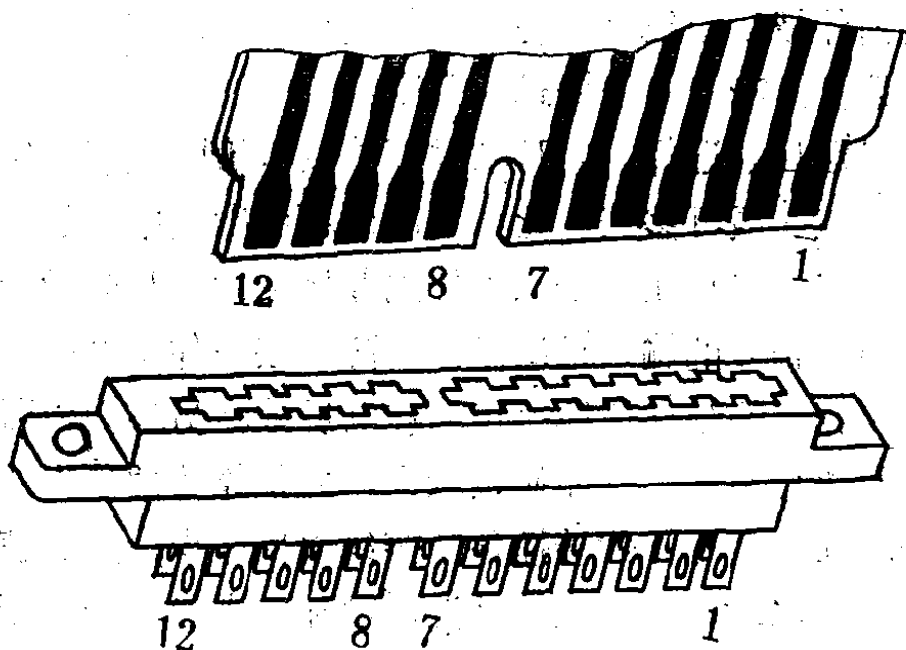


图 5-35 片簧式插座与插头

双面接触单排

单面接触双排

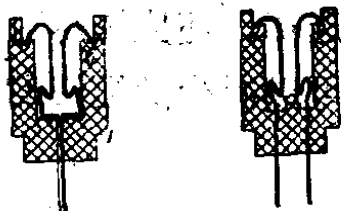


图 5-36 片簧式插座的两种结构形式

形式的结构剖示图，它们之间的差别在于：单面接触双排，两排簧片的引出端是互不相通的；接线数目为两排簧片的总和；双面接触单排时，两排在对应位置上的两个簧片是从同一个接点引出，因而接线数目为簧片总和的一半。

这两种排列形式的插座，用于单面印制板时，都仅使用其中的一排触点，其结果是相同的。用于双面印制板时，单面接触双排，可将印制板两面的导线分别引出。而双面接触单排，则在印制板两面的同一位置，只能作一个接点引出，因而使用双面接触单排的插座时，还可利用插座来接通两面的印制导线用。

采用印制板作印制插头时，要求接点间距和插座相符，

防止因偏差而造成触点位移，使电路连接错误或造成触点短路。另外，当触点较多的插座，如双面接触单排在12个（单面接触双排则为24个）触点以上时，在插座第7和第8位之间设置有定位槽，如图5-35中所示。对有定位槽的插座，应在印制插头上的相应位置开上凹槽，定位槽与触点间距相同，占有一位触点位置。

使用印制板插座，还应注意印制插头的印制板厚度是否与插座相配。不同规格的插座，允许插入的板厚是不同的（可参阅附录一），有1.5和2毫米两种。印制插头板过厚，会使插头无法插入；过薄，则会使簧片接触不良或印制板与插座过松易造成脱落。因此在选用一定规格的印制板插座时，应对印制板的厚度加以规定，不能随意变更和选用。

采用印制板插座来连接电路，由于它可不用配置专用插头，因而使印制板结构简化，同时还可省去在印制板上装配插头和焊接工序，因而在多数的电路中得到采用。采用印制板插头，要求印制板在加工中必须镀银或镀金处理，防止插头的接点氧化而造成接触不良。业余制作或无电镀条件时，应将印制插头的接触部位，用烙铁搪锡处理，并用细砂纸砂平，防止焊锡不平整而使插座簧片镀层受损，影响使用寿命。

对于厚度不符合印制插座要求的印制板，或者因其它原因，可以用片簧式插头来代替印制板插头。片簧式插头外型见图5-37，是在绝缘的板片上，铆接有弹性的导电簧片而成。插头的两边设有固定孔，作印制板的机械固定用。各簧片通过尾端铆接的插针，插入印制板的相应接点后焊接连接。由于插头的片簧是双面接触，因而在用于双面印制板

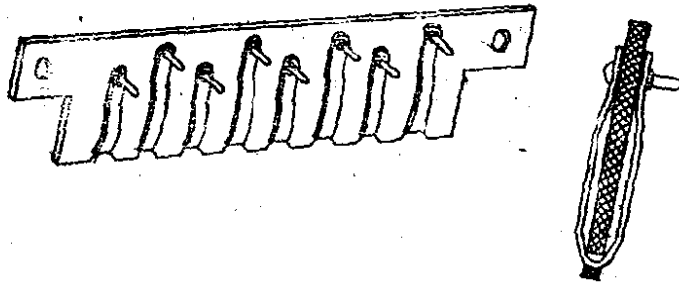
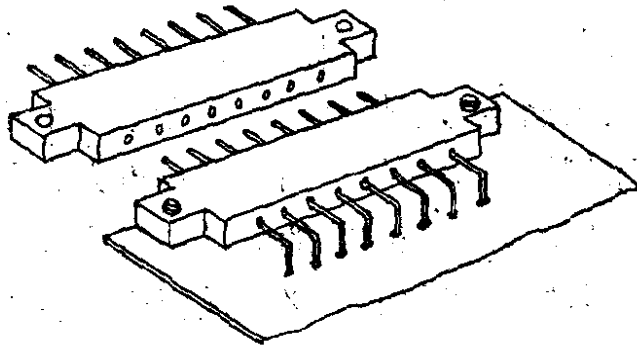


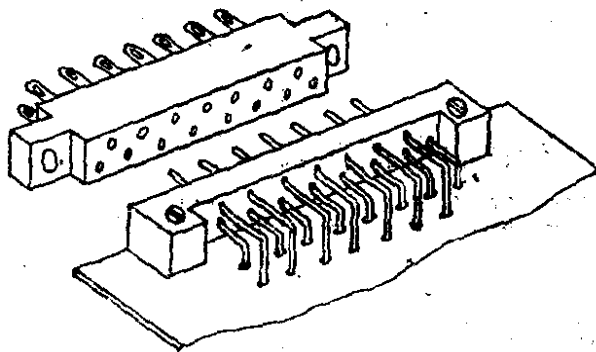
图 5-37 片簧式插头

时，不能在两面的对应位置安排不同的电路接点。

针孔式插头座：此种形式的接插件，是用插针和插孔的接触来连接的。按排列形式又可分为单排和双排错列两种，



单排针孔式插头座



双排错列针孔式插头座

图5-38 针孔式插头座

外形分别为图 5-38 中上图和下图所示。插头的两边设有固定孔，用以与印制板的机械固定用。插针与印制板的电路连接方法，是用插针弯成 90° 的尾端插入印制板的接点穿线孔内，进行焊接。

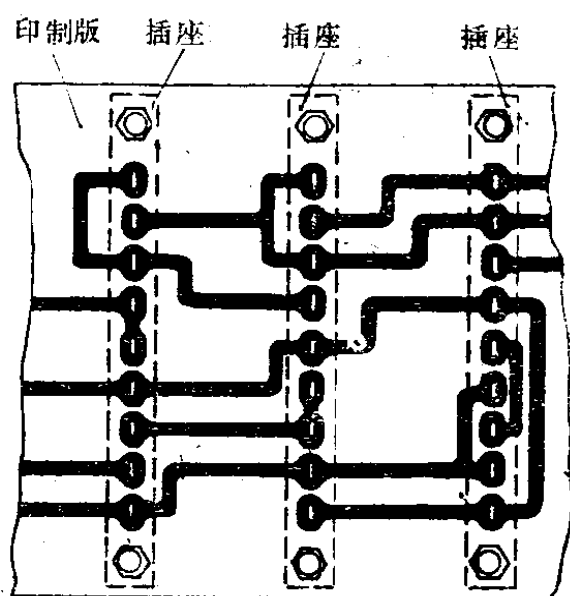
针孔式插头座可以用于单面和双面印制板。接点间距为 2.5 毫米。规格和尺寸见附录一。

针孔式插头座，可以用于各种板厚的印制板。但插头座的机械强度不如片簧式插座，且插针在受外力时比较容易弯曲，使用时要仔细对位。对结构排列紧凑的整机，且接插时视线受元件阻挡时，不宜采用此种接插件。

印制板插头在印制板上的装置位置，除非必要，一般应居中对称装置，两边空余位置要相等。

三、印制板插座的连接

印制板插座的连接，除在一般情况下可采用导线连接外，也可用印制导线连接。此种连接方式如图 5-39 所示。各



5-39 插座用印制导线连接

插座固定在印制板上，插座的引出端穿入印制板的接点孔内。此种方式适用于批量较大的产品中。

四、板间的焊接连接

印制板之间也可以采用直接焊接连接。直接焊接连接的方法，常用于面积较小且需屏蔽时与面积较大时印制板的连接。图5-40为此种连接方法的示意图，图中垂直的印制板插入部位呈印制插头形状，与大印制板的长条形槽相啮合，然后在焊接部位的印制导线间进行钎焊，使印制板之间电路实现连接。

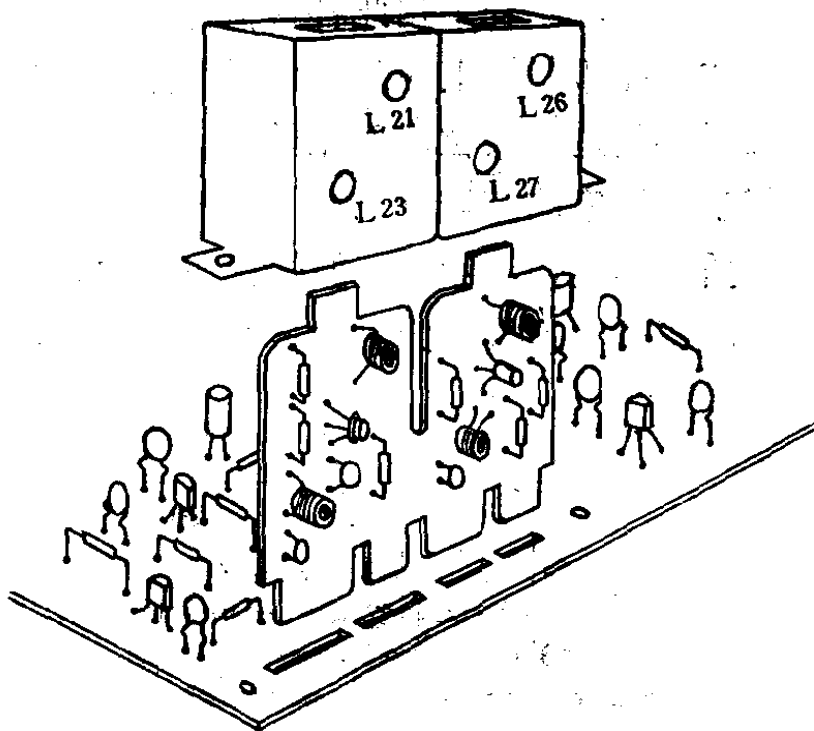


图5-40 板间直接连接

采用板间直接连接，可省去接插件，电路连接可靠，且成本低。缺点是，调试维修时不利于印制板拆卸与更换，在结构上要求安装牢靠，以防接触部位脱焊，布局要注意便于维修和更换元件。

五、插头座的自制

印制板插头座有时也可以自制。

单孔的插头座制作方法如下：可用直径1毫米长度为10—15毫米的镀银铜线，焊接在印制板的接点上，作为插针，再用废小型电子管座（小九脚或小七脚）的管脚焊片作插孔。导线焊接在焊片上后，再用内径合适的塑料套管套在管脚焊片上作护线用，如图5-41所示。

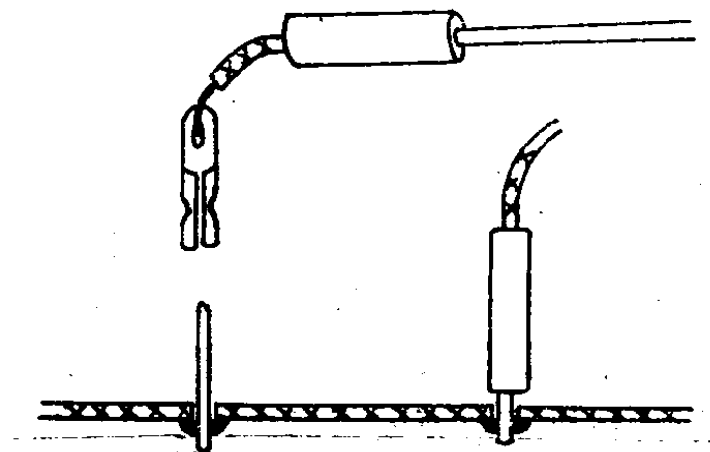


图5-41 自制单孔插头座

多孔的插头座自制：可用废大八脚电子管的管脚拆下后钎焊在印制板上作为插针，插孔可利用废的大八脚胶木电子管管座内的接触焊片代替。如图5-42所示，将焊片的前端剪去少许，与尾端弯折90°后插入绝缘板内，便成为插孔式插头。为防止插头上的导线受力拉断，应在绝缘板上钻孔作为穿线用。如无管座焊片，也可用薄黄铜片（最好镀过银的）按此形状剪成使用。自制的多孔插头座，为防止插头插反，可将1、2两位的间距比其他位稍大些，使反插时插头无法插入。

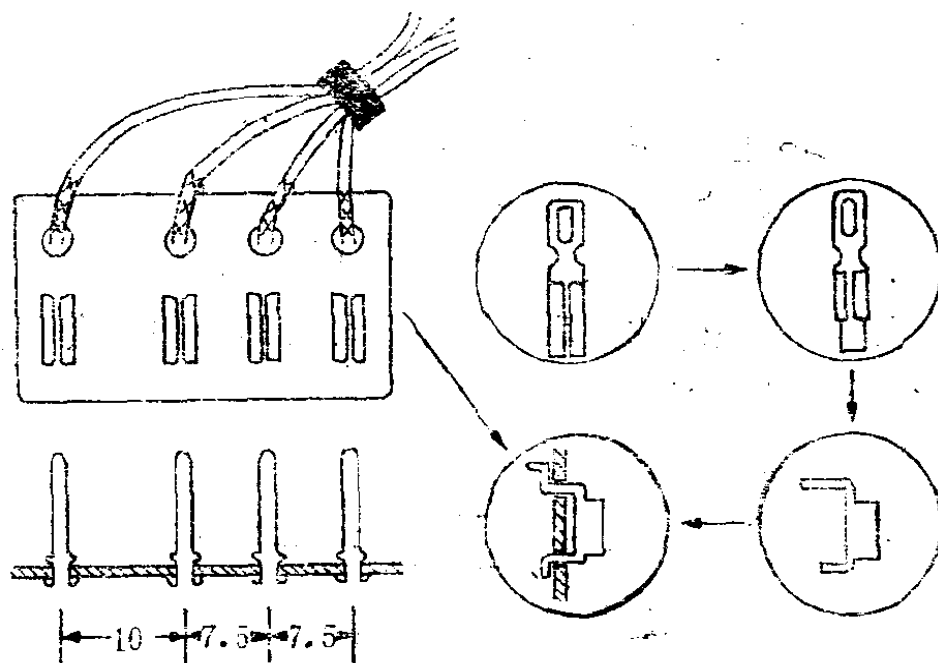


图5-42 自制多孔插头座

掌握和了解印制板导线的各种连接形式，使之在排版中根据整机结构和印制板的安装方式来选择合理的连接形式。

连接的形式在排版中要妥善考虑，一经确定之后，在制作和生产装配中就不能随意变更。

第六章 整体布局与印制板结构

以上各章分别介绍了印制板受到干扰的产生原因及其抑制方法以及排版的格式和基本要求，这些都是在进行印制板的排版时必须了解与掌握的，都属于排版的一些规则性问题。以下各章将讨论印制电路的排版过程与方法。为了使读者对排版过程较全面的了解，这里列出了排版过程图(图6—1)。从图中也可以看出，排版的各个过程并不是彼此独立的，而是相互关联的。当电路复杂时，有时需经过程的多次反复，直至最终得到合理与理想的排版；在电路简单时，上述的过程则可以简化一些。为了叙述方便，这些过程可归纳为以下四个方面进行讨论：

1. 整体布局与印制板结构的确定；
2. 绘制单线不交叉图；
3. 排版草图的绘制；
4. 印制板工作图的绘制。

现在先讨论第一个方面的问题，它包括以下两个方面的内容：

(1) 在整体布局上，如何根据整机的结构确定电路是否需要分板装配？如需要分板装配，就要确定印制板的数目，并对电路进行区分。在印制板中还要确定电路的大体布局、排版方向、引出线的位置及线数等。

(2) 在结构上，要确定印制板的尺寸和有关的结构要

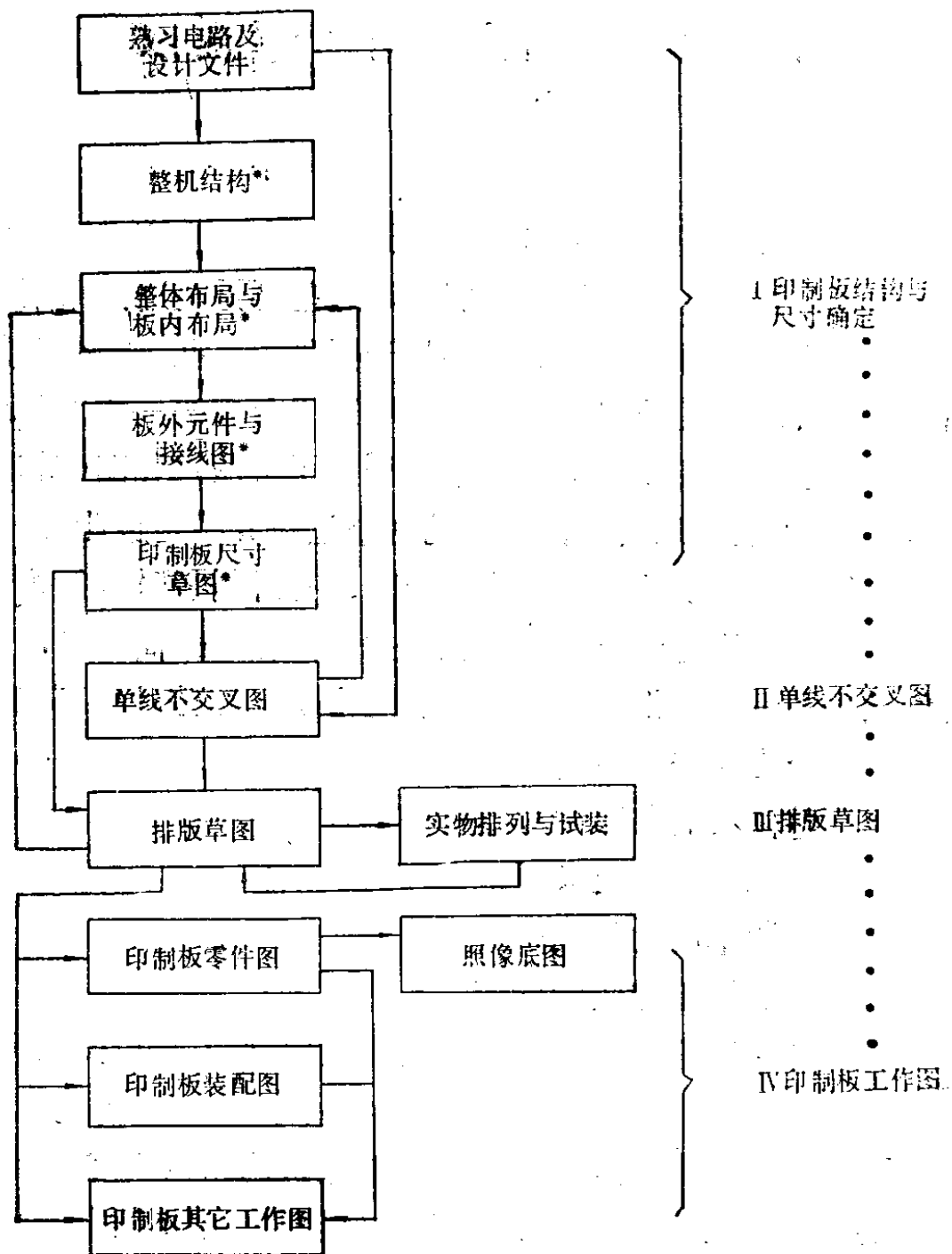


图6-1 印制板的排版过程图

素。如印制板的尺寸和形状、安装方向及固定方法、板内的结构孔位、接插件的形式及装置位置等。

整体布局和印制板结构的确定，有时往往是产品设计中的一项工作。如果这些已在产品设计中确定，那么这里就可以省去，或者仅对设计中不足的部分作必要的补充。

6-1 怎样选定电路的排版方向

排版方向是指电路的前、后级和输入、输出在板上布设时的位置次序。不论是整体布局，还是板内的电路布局，排版方向的选定是否合理都是很重要的。影响排版方向的因素有：电源的极性、晶体管的管型、晶体管管脚的排列顺序等。由于中、小功率管大多数采用B型和C型封装(图6—2)，管脚按顺时针为E、B、C(和D)排列。这样，对于采用这两种封装的晶体管的电路，在不同的电源极性(+)、(-)和不同的管型(NPN、PNP)时，电路的排版方向(从焊接面看)如表6-1所示。

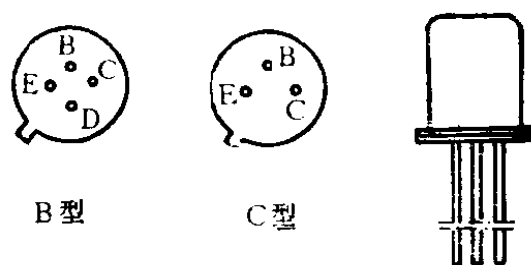


图6-2 B型和C型晶体管外形

表6-1表明，排版方向是与电路的电源极性和晶体管的管型之间具有特定的关系。也就是说，在电源极性和管型

表 6-1 电路的四种基本排版方向

管 型	NPN	PNP
排版方向	→	←
电源 +		
排版方向	←	→
电源 -		

一定的情况下，电路只能为一种排版方向。如将排版方向加以颠倒，则晶体管脚必然绕脚或使印制导线加长，当然这是不好的。

当晶体管脚采用一字形排列时，如用S型外壳封装的晶

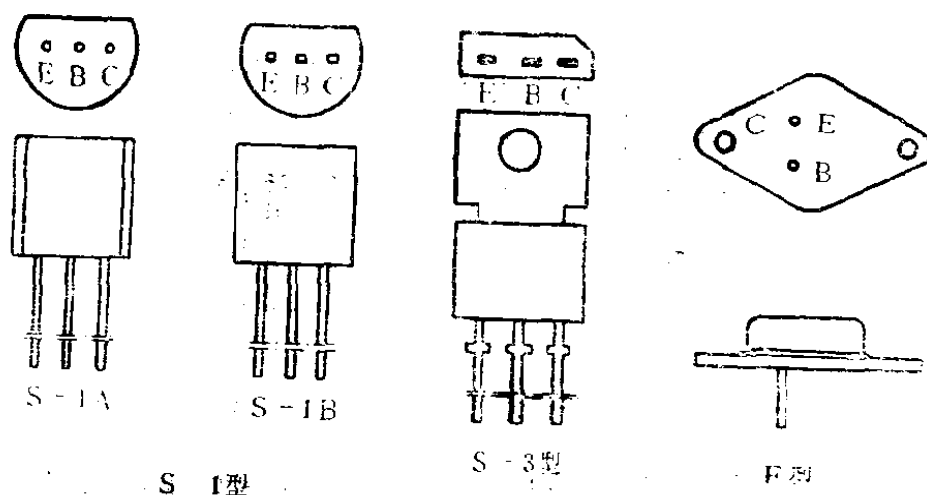


图 6-3 S型和F型晶体管外形

体管和F型外壳封装的大功率晶体管（见图6-3），这时输入、输出的位置和电路之间不存在特定的关系，因而排版方向就可以不受限制。但是，S型和F型封装的晶体管在电路中的运用为数不多。

表6-1中所列的电路四种基本排版方向，应该加以熟悉和掌握，以便在考虑整体布局或局部电路的处理时加以运用。例如，可以根据电路所采用的管型来确定输入、输出的合理位置；或者根据板上输入、输出的位置来确定电源和地的走向等等。有时当电路中两种管型都有，排版方向应按大多数管型来选定，对数目较少的一种管型则可在排版中作局部处理。

6-2 整体布局

一、了解电原理图

了解电原理图（包括与排版有关的电路设计资料），是排版工作中的首要一环。它要求：

（1）掌握和了解电路的组成和工作原理，弄清电路之间的内在联系及相互关系，信号的传递方式与顺序。

（2）了解电路各个部分的工作状态、增益和信号电平的大小，以及有可能产生哪些干扰。对可能产生的干扰，应采取哪些抑制或消除的措施？哪些电路和元件需要加以屏蔽？

（3）哪些元件的体积较大、重量较重而不宜在印制板上安装。

（4）有多少控制和调整元件？分清这些元件应装置在

面板上还是机内或者印制板上。哪些控制元件的引线不宜过长，哪些控制元件的引线允许长些等，都要做到心中有数，以便在排版时对那些不宜过长引线的元件，尽可能在印制板上就近安排。

二、整机结构

整机结构是指机壳（或机箱）的形体尺寸和内部机械零部件的组成构造。整机结构的设计，它属于产品设计的內容，这里仅就它对排版有关的部分作简略的介绍。

整机结构要求外形美观大方、体积小、重量轻、加工装配简便、成本低、工作安全可靠、维修与使用方便以及符合标准化的设计要求等。

1. 外形要求 外形要美观大方，长、宽、高的比例要恰当。根据使用的要求和元器件的数量，机壳设计可分为下列几种形式：

（1）小型式。又分为便携式（手提式和背负式）和座式（立式和卧式）。

（2）中、大型式。中、大型式的机壳，往往把设备分成具有独立结构形式的若干插箱（分机组合）安置在一个共同的机架上。机架的基本形式按其外形基本上可分为立柜式、琴柜式和列架式（或立式）等三种结构。

小型式外壳，除采用金属（铁、铝）材料外，有时为了轻便也可以采用塑料和木质材料制成。

机壳根据使用环境的要求，可以采取开启式的、半密封式或密封式等。

2. 面板的安排 应力求整齐、对称和美观。显示器，如示波管、表头、数字显示管与调节有关的指示灯应装置在

面板的上方，以免视线在调节控制器时被手遮挡。控制器尽量布置在与被控有关的显示器的下方附近。较常用的控制器，可安排在面板的右方，便于调节。在使用机器中，操作者需要经常记录有关数据时，则常用的控制器应放置在左方。控制器的安排，还应尽量依照操作顺序排列，以免操作时手的往返运动。对于需两手操作的机器，一般将需要精密调整的控制器安排在右方，便于提高操作的精度和速度。当控制器数量较多时，可按控制器的工作内容，将相关的控制器放置在一起，并在面板上用分界线按工作内容框起，以便寻找。

控制器和显示器的运动、显示方向必须符合下列要求。

(1) 作圆形运动和显示时，应以顺时针方向为最大或为“开”。

(2) 作直线运动和显示时，则应按图 6-4 所标定的方向。

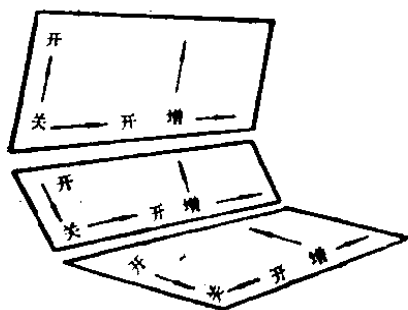


图 6-4 直线控制与显示时的方向示意图

(3) 控制器的运动和显示器的运动方向（如显示器的指针运动）必须一致，并具有明确的对应关系，如图 6-5 所示。

(4) 用数码管作数字和物理量显示时，应以左边为最大。用示波器显示时，则右边为最大。

上述这些要求，作为排版中考虑控制器和显示器的接线顺序和接线位置时参考。

面板应根据机器的放置位置和操作者眼睛的相对高度来决定其直立、前仰和后仰的最佳角度。

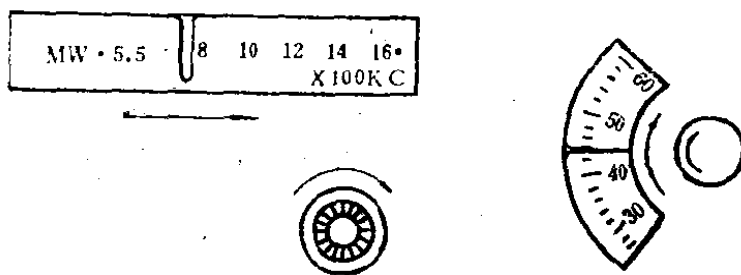


图 6 - 5 控制器与显示器的运动方向关系示意图

为防止显示器和控制器在使用、运输中受到碰撞，一般在面板四周应设有护框。

不经常调节的旋钮及保险丝、电源插座，以及输出电压较高的输出端，操作中不需要经常接插的输入、输出插座，一般可安排在机壳的后面或侧面。

3. 内部结构的安排 主要以印制板和元件的稳固、

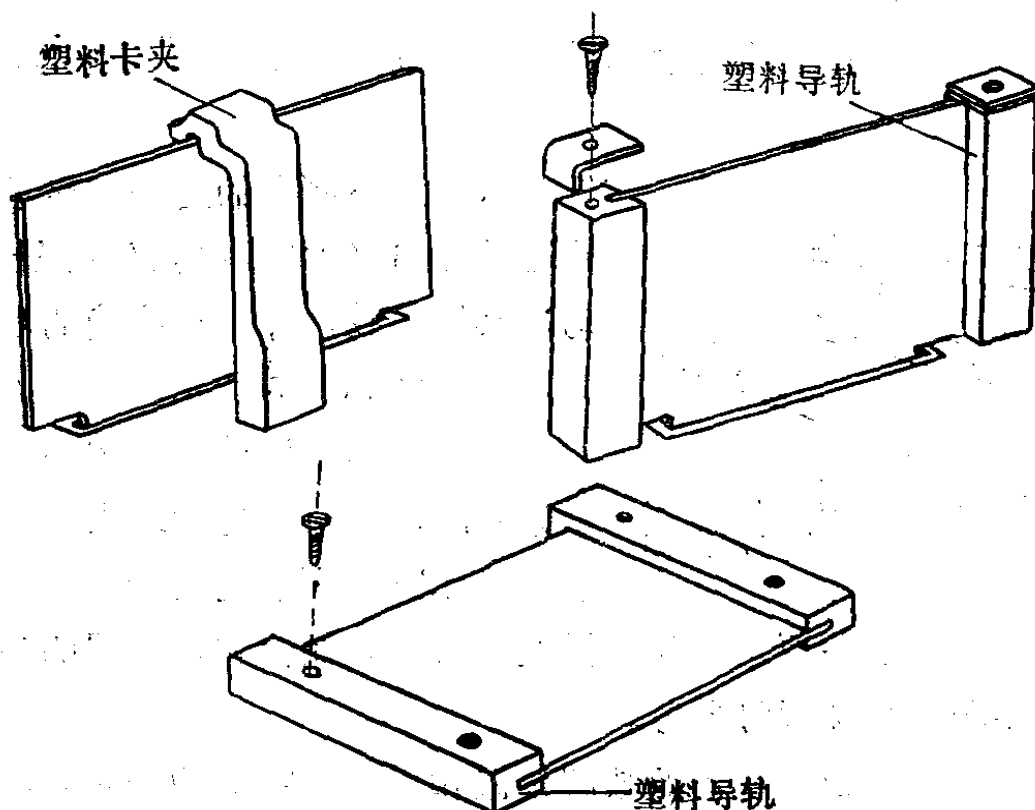


图 6 - 6 单块印制板的固定方法

散热和维修方便等要求为主。

整个结构的重心要稳定，较笨重的变压器等元件应安排在底部的机座上。印制板的固定必须牢固可靠，并能承受一定的振动和加速度力的冲击；要保证印制板装置时平整，不应歪扭和弯曲；固定方式要合理、有利于维修，印制板在拆卸时应不牵动周围的部件和板块。

单块的印制板可按照图 6-6 所示的方法进行固定。

当印制板中间设有供固定机壳后盖的螺钉时，则应按照国家图 6-7 (a) 那样，使螺钉的着力点置于机壳上。而不应用图 (b) 的那种方法，使后盖着力点位于印制板上，这样，易使印制板产生形变。印制板上装置有变压器扼流圈时，如不便

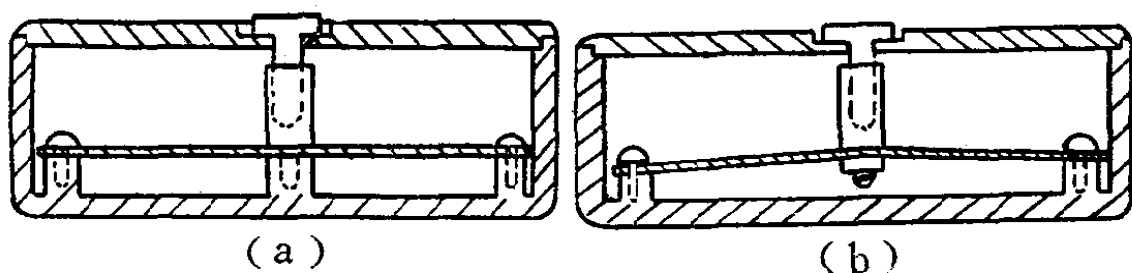


图 6-7 防止印制板受力变形

于放置在板外时，应将这些元件的承重点着力于机壳或机座上，如图 6-8 那样。

多个印制板的内部结构安排，可以采取平行插入的结构方式，如图 6-9 所示。采用多板平行插入结构时，印制板的大小和尺寸应一致，印制板插头的规格型号也应该统一，多余的触点可以不用或接地；印制板应朝同一方向，各印制板的距离应根据板内元件的高度来确定，并应留有一定的间隙，使各板可以自行插入或拔出。

多个印制板的结构如采取相互层叠的固定方式（如图

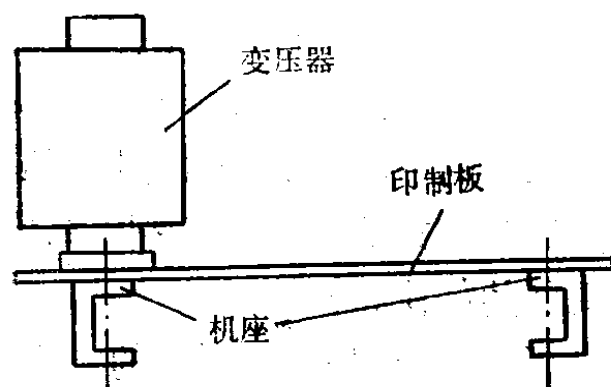


图 6-8 较重的元件应承重在机座上

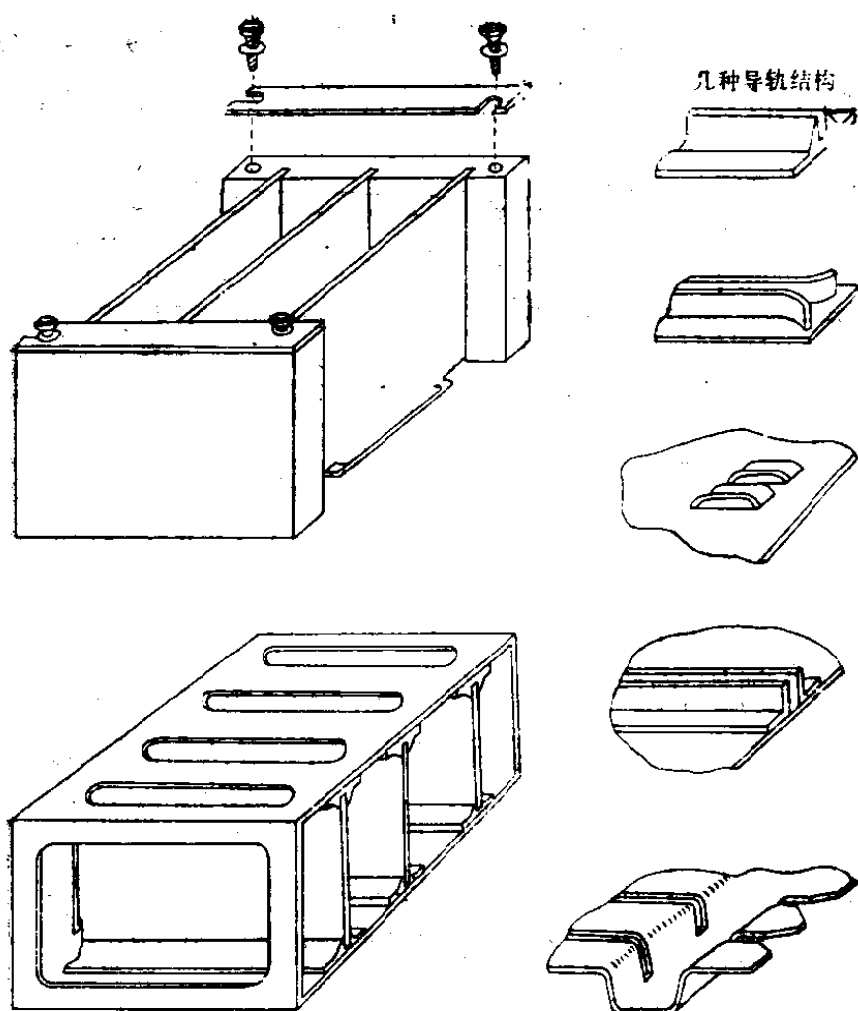


图 6-9 用于多印制板的安装结构

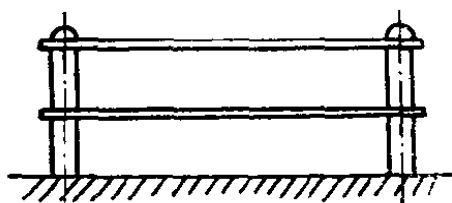


图 6-9 相互层叠的固定结构

6—9), 会给维修和安装带来不便, 因而要避免采用。

装置在面板或机壳上的控制和显示器, 应注意器件在机内所占据空间的大小和位置、尺寸。在安排内部结构时, 应

让出一定的位置。当控制器和显示器直接固定在机内印制板上时, 应仔细精确测绘, 注意印制板的装置位置是否能使这些器件位于面板和机壳的准确位置上, 防止装配尺寸误差。

• 还要注意电路中有特定安装方向的元器件, 如某些继电器、振动子、水银开关和一些特殊的电真空器件 (如噪声二极管、稳流管) 等的安装方向, 是否符合规定。

在电路内, 如有不允许连接过长导线的控制元件, 如一些电子仪器的振荡级、倍频级的频道切换开关和频率调整元件, 频率较高的示波器 X、Y 轴放大器电路的增益控制旋钮等, 则不宜离它的电路印制板过远的位置上。在安排整机结构时, 可以将这些电路的印制板紧靠面板, 以便使这些元件的转轴正好位于面板的合适部位; 也可以将这些电路从印制板上分出来, 与控制器组合起来装置在面板内侧面, 必要时可加以屏蔽, 成为一个单独的组件。当采用上述两种方法有困难时, 也可考虑采用连杆机构进行控制, 如图 6-11 所示。在采用连杆机构时, 应对控制元件的位置和面板的控制旋钮的位置准确测绘, 以确保旋钮与控制件位于同一中心线上。

机内的结构要利于机内元件的散热, 在机内要有较好的空气流通途径, 印制板位置不要影响机内空气的对流。

整机的结构还要考虑机内磁场、振动和温升的影响, 这

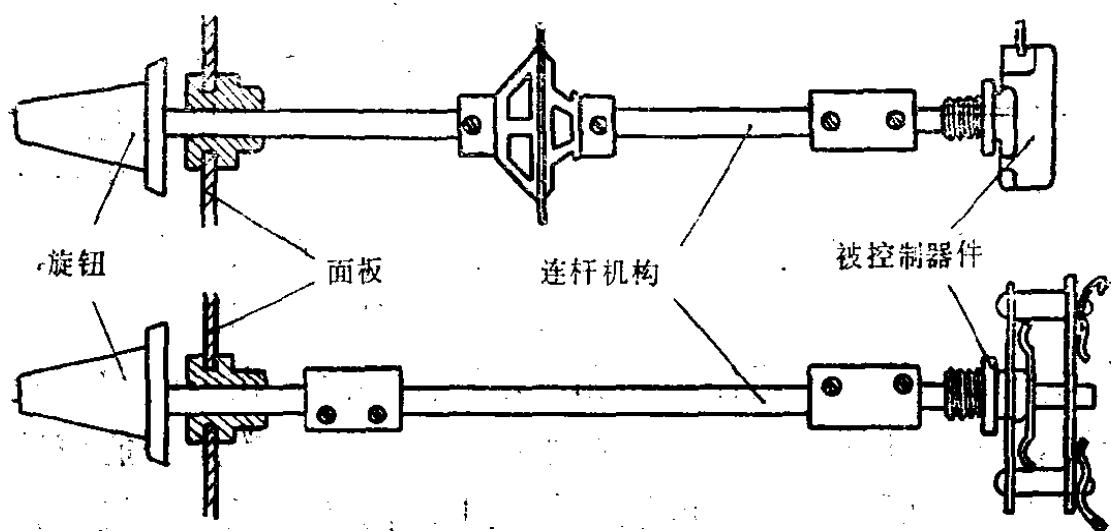


图 6-11 连杆调节机构示意图

些可按第三章中有关的要求考虑，这里不再重复。

需要说明的是，对于一些电子仪器，尤其是作为配套和组合使用的电子仪器，还要注意结构设计的标准化要求，可参考《电子设备主要结构尺寸系列》(SJ140-77)中的有关规定。

三、印制板的布局

在一个整机中印制板的数目多少，要根据整机结构和元器件数量来决定。一般在元件不多或结构允许的情况下，印制板的数目尽可能少些为好。印制板的数目少，可以减少板外的连线，同时结构也简单。印制板的数目过多，使用的接线或接插件就多，相应的成本随之增加，并使电路转换的触点增多，增加了电路发生故障的机会。同时，板外导线的来回联接会影响电路的电性能，并会产生一定的干扰。

印制板的形状一般可采用矩形。矩形的长与宽的比例要恰当，不宜采用细长条形，否则会影响到机械强度。另外，

印制板的面积也不宜过大，当大于 300×200 毫米时，可考虑分板。合理的分板，可以有效地利用机腔空间，使整机结构紧凑。

对电路进行分板时要求：

(1) 使电路成为一个完整的独立单元，不宜将要求一点接地的电路各元件分散在各电路板上；

(2) 高、低电平相差较多，相互易干扰的两个电路不宜放在同一块板上；

(3) 电路的分板部位，应尽量选择频率和阻抗低及接线较少的部位；

(4) 电路的分板部位，还要考虑有利于调试工艺的简化和使调试工艺合理。

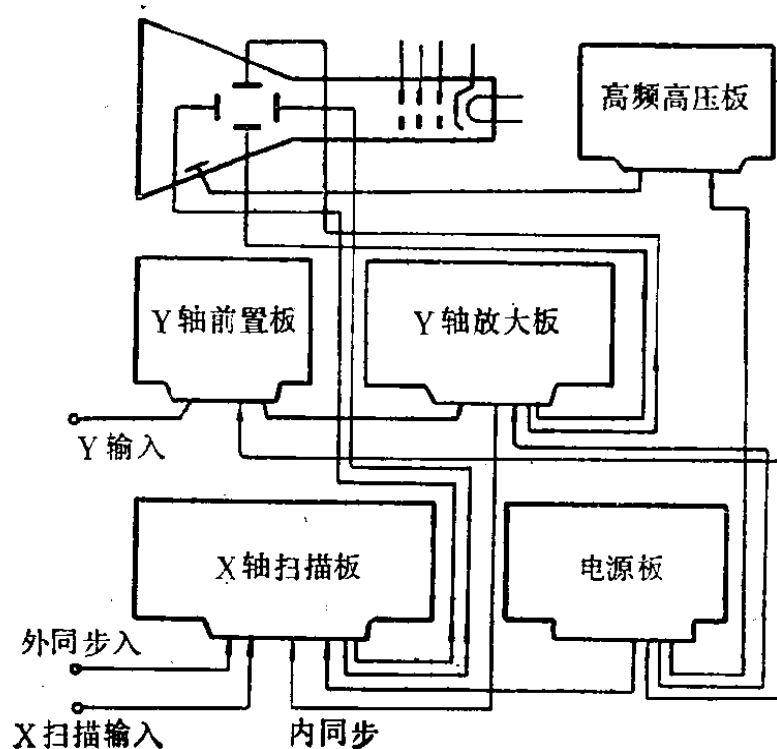


图 6-12 示波器的电路分板示意图

图6-12为普通示波器的分板示意草图，全部电路安排在5块电路板上。Y轴前置部分与放大部分分开，这样可以使前置电路板放置在面板上，使输入的导线和增益的衰减控制导线均较短，减少导线和电路的分布参数；示波器的高压由高频电路振荡变为高压经整流后供示波管用，为防止高频高压干扰仪器的其他电路，故单独安排在一块电路板上，并予以屏蔽；其他电源、Y轴放大、X轴扫描发生器分别放在3块电路板上。分板示意图草图还应大体标出主要输入、输出的部位。

图6-13为普通示波器的内部结构示意图。

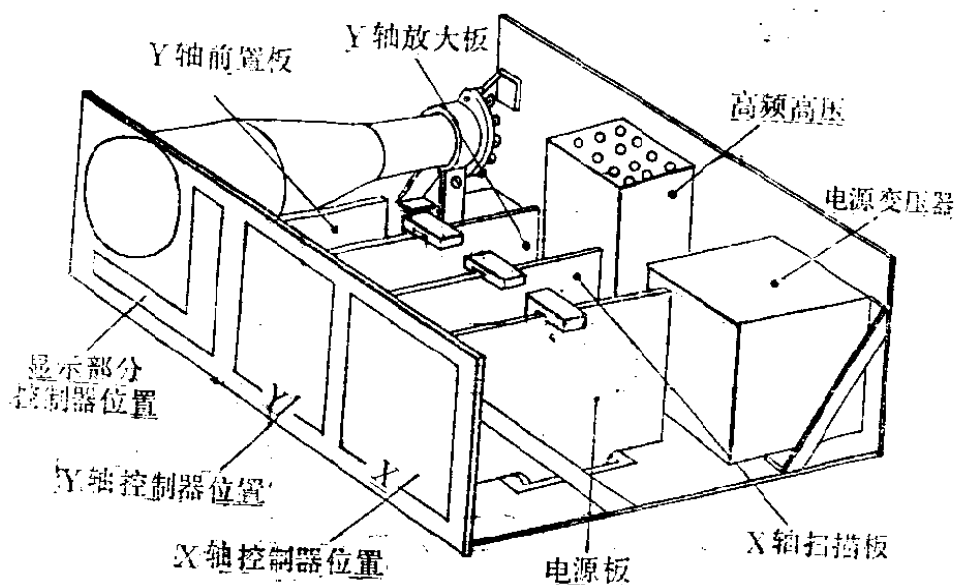


图6-13 示波器的内部结构示意图

电路板的分板和各板中在整机的位置结构，有时可以反复安排，多搞几种方案，相互比较那一种方案最佳，以便作出选择。

对较大的印制板，电路的部分较多，还应将各个电路在

板内的大体布局 and 位置、排版方向等在板内标出。板内电路的布局应注意：

(1) 相互易干扰和电平相差较大的电路，不要靠的很近；

(2) 电路的衔接安排要合理，使各电路之间的信号传递不迂回、信号走线尽可能短；

(3) 电路在板内的排版方向，要注意电路电平的梯度变化，两电路在板内平行布设时，电平的梯度变化方向要一致。

图 6-14 是电视机的板内布局示意图。图中将电视机按各部分的工作内容在两块印制板上划分为 11 个区域。区域的划分可以根据电路元器件的多少来大致划分，主要是标出电路之间的相对位置。电路的具体位置和大小则由排版时决定。区域的划分可以按部分划分，也可以将输入、输出较多或与

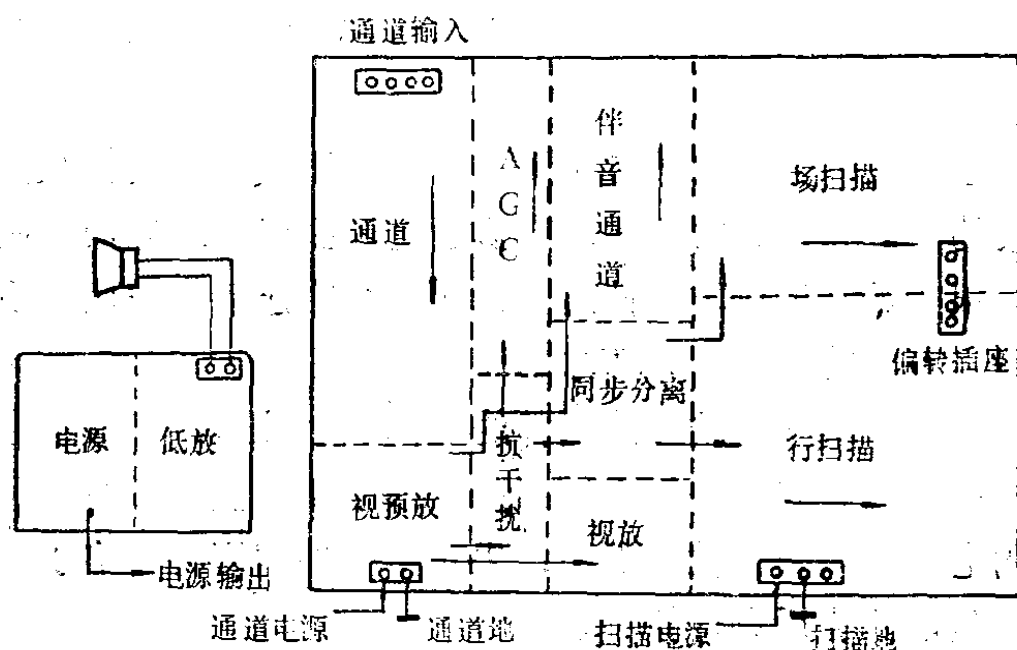


图 6-14 电视机的板内布局示意

各个电路有联系的某些级单独画出来。如图 6-14 中的视预放和抗干扰的两级电路，由于它们的输出与 AGC、视放、同步分离和伴音通道的电路有关，因而单独画出，以便表明这两级与相关的电路之间的信号传递的走向。

6-3 画板外元件和接线草图

整机布局初步确定以后，就可以着手绘制板外元件和接线草图，这是排版设计过程中的工作草图。其目的是：

(1) 按整体布局所规定的各板电路的范围，将电路具体区分开来，避免在排版中区分不清，而造成元件的重复或遗漏；

(2) 使各板的板内、板外元件区分开来，避免在排版中区分不当和错误；

(3) 通过草图可以知道从板内引出的元件与导线数目，以便在排版前确定导线的引出方式、接插件的数目和形式。

绘制板外元件和接线草图，并非是正式的整机接线图，接线的位置和导线的走向，在排版时还会变动，因而绘制时不必很工整，但要求元件的区分和导线的连接要准确，不能遗漏。草图的绘制具体要求如下：

(1) 输入、输出的元件的大体引出位置，应按照电路在板中的排版方向来确定。当引出线采用分散引出时，可在板内电路的大致部位上引出；采用接插件引出时，各引出线可以按电路先后顺序排列。

(2) 当引出元件较多和电路复杂时，也可以将板内的

电路同时画出（板内电路的画法可按第七章中的不交叉单线图的要求绘制，以减少绘制程序）。

（3）引出的导线也包括电源线、地线、板外元件之间的连接导线、屏蔽线及屏蔽线外层的接地等在内。

（4）引出的接地元件地线是否共用和单独连接，应参照第一章第四节整机的地线布局要求处理。

图 6-15 和图 6-16 为板外元件和接线草图的绘制示例。

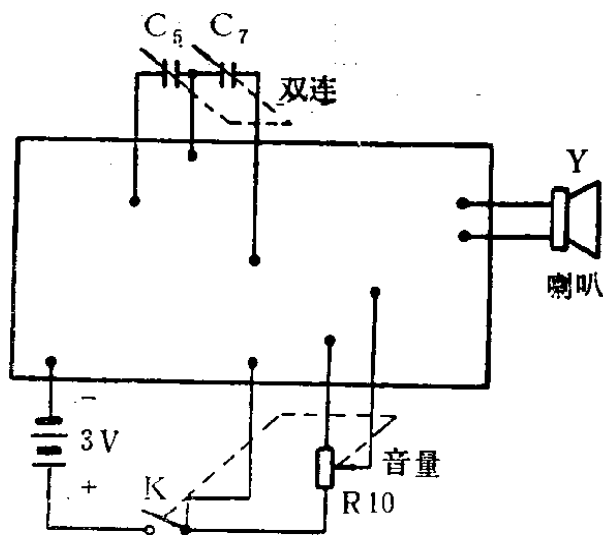


图 6-15 板外元件和接线图绘制例一

绘制板外元件和接线图时，要在保证电性能的情况下尽量减少引出板外的元件和导线，使整机布线清晰有条。下面举例说明：

（1）当板外元件允许相互直接连接时，就不要将导线再返回板内连接；或者在电路性能允许的情况下，将电路加以变动，使接线减少。如图 6-17 为晶体管收音机的板外接线图，引出板外的元件有音量电位器、电源开关和电池等。如按图(a)的方法引出需要 7 根导线，此种引出方法常常是

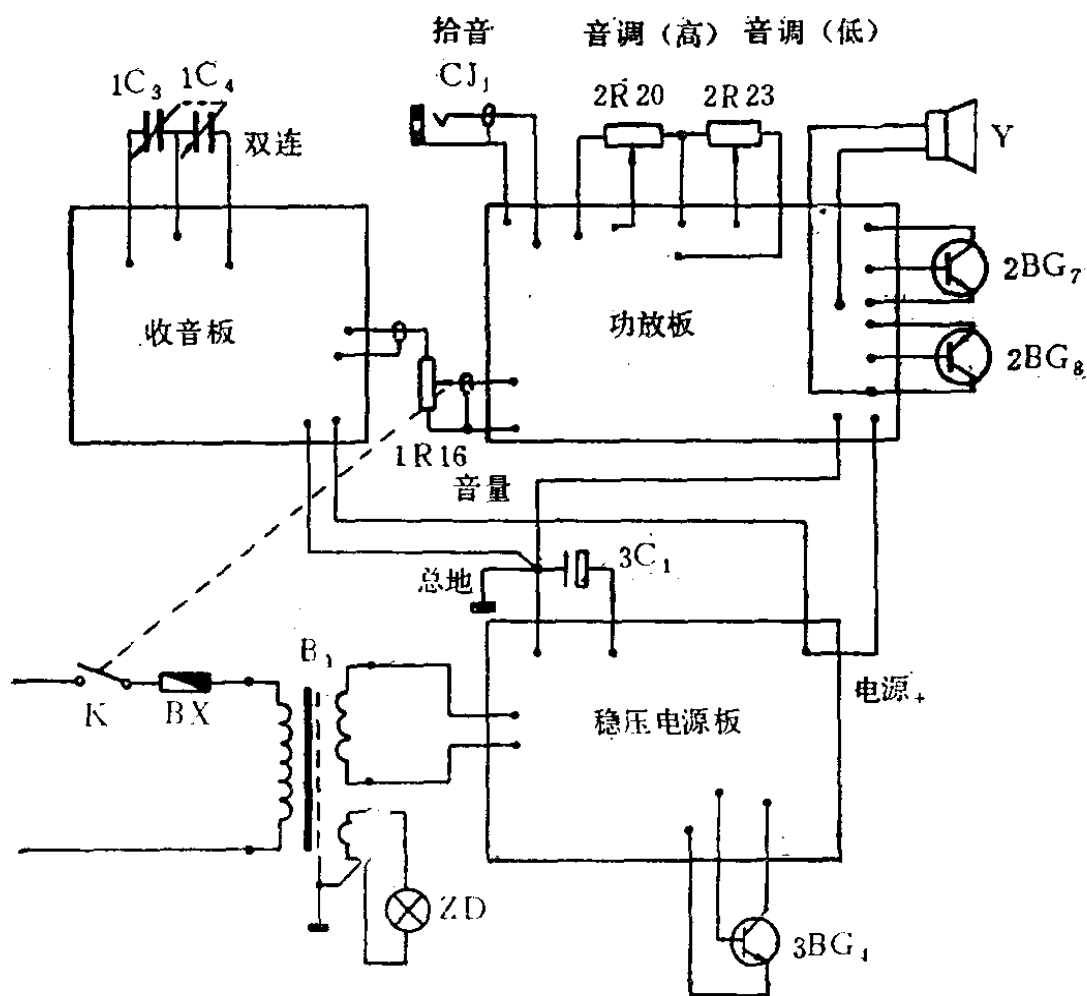


图 6-16 板外元件和接线图绘制例二

由于受到电路图的影响，依照电路图的分散位置将元件引出所致。而图(b)则是将引出板外的元件，在不影响电性能的情况下使连接的导线简化，这里只采用了四根导线。所以，在绘制板外元件和接线图时应按电路图作合理的变动。当然，这只有对电路原理比较熟悉的情况下，才能使改动合理并防止通过导线产生干扰。

(2) 改变电路的元件连接顺序，减少随同控制元件而引出的元件数，使引出导线减少。如图 6-18(a)为原电路图

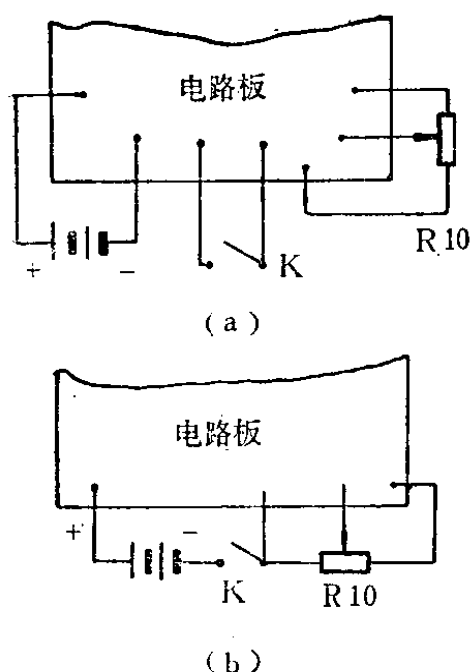


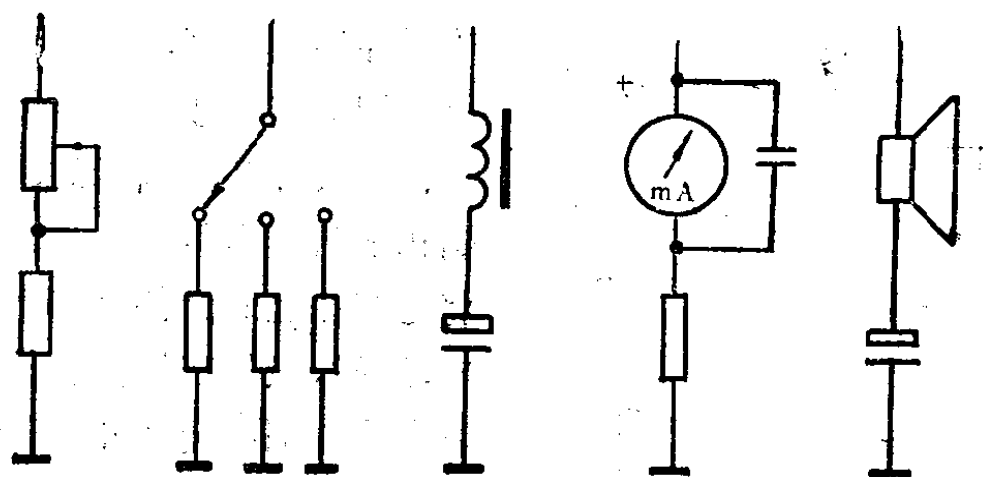
图 6-17 引出导线的简化

的元件连接顺序, 如果不改动电路图的连接顺序, 当将电位器、波段开关、指示灯、扼流圈和喇叭引出至板外时, 必须将其相连的元件引出至板外, 这样, 板外在结构上势必要考虑这些引出元件的安装位置, 如果安装位置在结构上考虑有困难, 引出的导线将随之增加。图 6-18(b) 示出在不影响电性能的情况下, 将元件的位置作合理的变更, 从而减少了引出板外的元件。

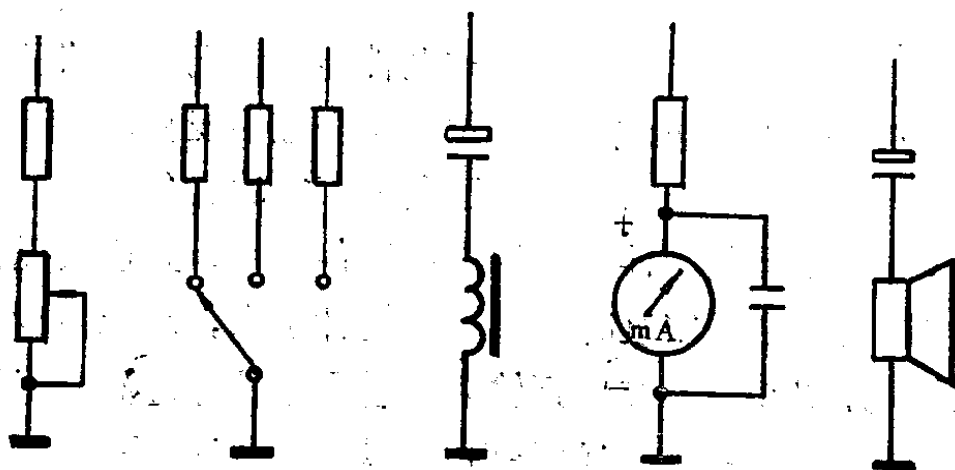
(3) 当控制元件之间的连接元件不多, 且连接元件又可在控制元件之间安装时, 则可将元件引出, 以便减少连接的导线。如图 6-19, 在音频输入和音量电位器之间有串联电容时, 按图(a)的连接方法需用 3 根屏蔽导线; 采用图(b)的方法连接则只需一根屏蔽导线。

6-4 印制板尺寸草图

印制板尺寸草图也是一种在工作过程中的临时性草图。草图主要应标出与排版有关的结构要素。它包括印制板的尺寸、各种孔径和在排版中不希望变动的一些尺寸, 另外也包括一些虽允许变动, 但限定在一定范围内变动的尺寸。对于允许在排版中变动的尺寸或须在排版时决定的尺寸不包括在草图

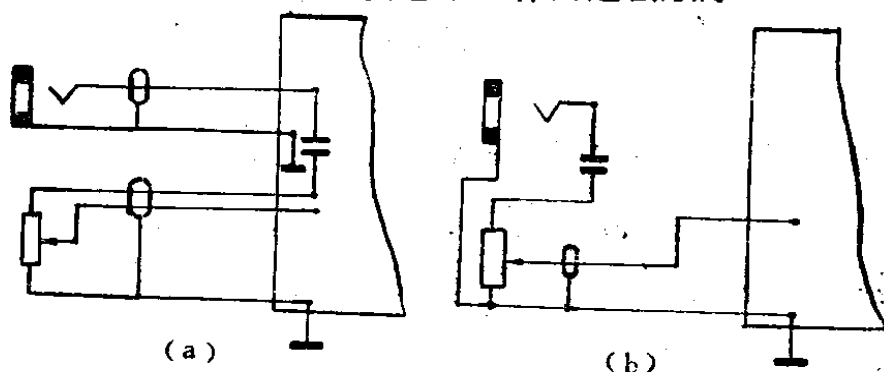


(a)



(b)

图 6-18 改变电路元件的连接顺序



(a)

(b)

图 6-19 板内元件的引出

的范围内，可由排版中和排版后考虑。例如板上元件的安装孔位、结构上允许在板内任意放置的屏蔽罩的尺寸等。

印制板尺寸草图在绘制时应依据整机结构和板的布局、板外元件和接线草图有关的内容来确定，包括下列尺寸：

(1) 印制板的外形几何尺寸。它必须按照整机结构布局，印制板在机腔内的位置和电路分板的范围内的元器件数量来确定。在一般情况下，为了加工方便印制板外形尽量采用矩形和方形。有时为使整机结构小巧、有效地利用机内空间，外形也可根据实际需要确定。例如便携式晶体管收音机的印制板，常常采用复杂的形状，以便让出电池和扬声器的位置；便携式的无线电遥控装置、小型录音机机内的印制板形状多采用不规则的形状等。

在排版中根据元件排列的情况确定印制板大小和尺寸时，应给出大体的尺寸和范围。

(2) 印制板安装的结构孔径。这是指印制板与机壳或机座固定的孔位。这些孔位如不允许变动时，则应标定孔的准确位置；如果允许随印制板尺寸大小变动但须与印制板某一边相对为一定位置时，则应与该边标明相对的尺寸。

(3) 印制板内的孔洞。当印制板根据安装情况需让开机内体积较大的元器件（如显象管的管颈、空气双连，继电器以及一些开关控制元件）必须在印制板内开孔或开洞时，也应在草图中标明。当印制板尺寸不定时，孔、洞的位置应按印制板某一个基准边标明，防止印制板尺寸在排版时变动而使孔、洞的位置偏离。

(4) 采用接插件时，应根据板外元件和接线草图的线数和整机结构情况来确定接插件的规格型号和板上的位置。

为了使印制板尺寸尽量与实际排版一致，避免在排版中使尺寸变动较大而影响整机结构，可用实物大体排列一下，看看元件的排列与印制板尺寸是否合理。

草图的绘制应在坐标纸上进行。图幅的比例可按实际尺寸绘制，也可按 2:1 的放大尺寸绘制。对于元件按座标格

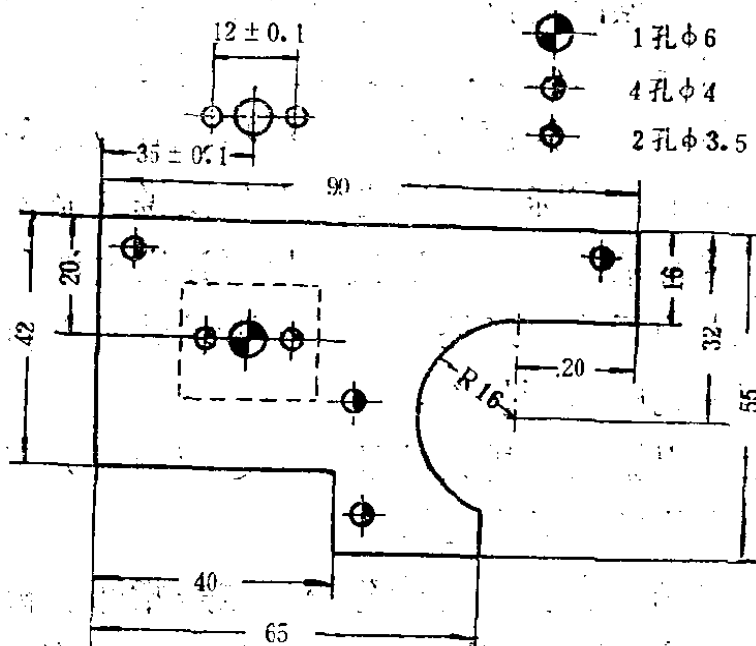


图 6-20 印制板尺寸草图

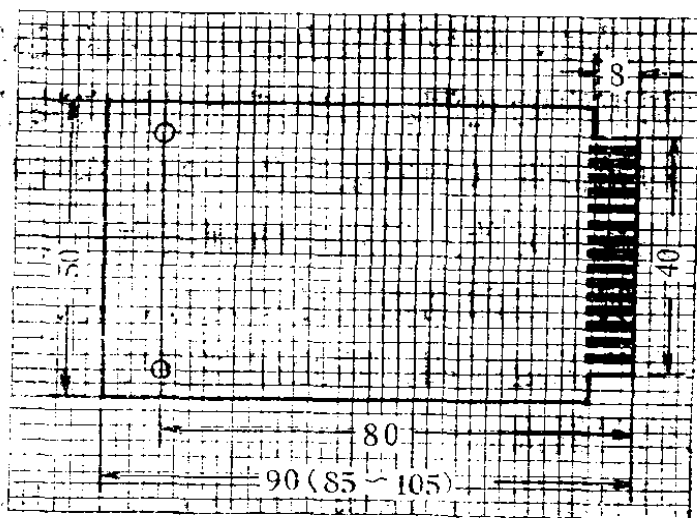


图 6-21 用坐标格绘制印制板尺寸草图

排列时，应在坐标纸上画好坐标格后绘制，绘制时可根据 5-2 节“版面的基本要求”的有关内容进行。

图 6-20 例示的是晶体管收音机的印制板尺寸草图。

图 6-21 例示的是按坐标格排列时的印制板尺寸草图。图中印制板尺寸允许沿长边作适当变动，尺寸中标出了变动的范围，当印制板的固定孔与印制插头的相对尺寸不允许变动时，则以印制插座为基准边而标出孔位。

第七章 单线不交叉图的绘制

7-1 为什么要绘制单线不交叉图

有些排版者往往喜欢直接按电原理图进行排版，在排版草图上边安排元件、边绘制印制导线和接点，但是用这样的方法进行排版是既费事又费时，不仅修改和变更版面麻烦，而且也不易获得匀称整齐的版面。这是因为元件和导线实际上布设在印制板的两面，而排版草图中却在同一平面上绘制，元件、接点和导线相互掺杂在一起，排版者的视觉很难将同一平面上的图形和线条分解成立体的两面图形，这样就会受到视觉习惯的影响，以致观察难以准确。例如，在印制导线纵横交错或集中的部位，观察时往往会产生排版密度过大的错觉，而使元件安排过稀；在印制导线稀少的部位，则又往往会造成元件在排列上密度增大的倾向。这些都是因为视觉在观察时的不准确而造成元件的排列不均。

如在排版的构思阶段，用简单的线条（如图7-1）表示印制导线的走向和与元件的连接，这样就能较好地观察出元件的排列情况，同时便于修改和对版面进行调整。我们将图7-1称为单线不交叉图，顾名思义，这是指同一平面印制导线用单线，走线之间又不允许交叉的一种排版图。

绘制单线不交叉图是排版设计中的一个重要环节，是绘制排版草图的主要依据。因此，对于单线不交叉图除了要求

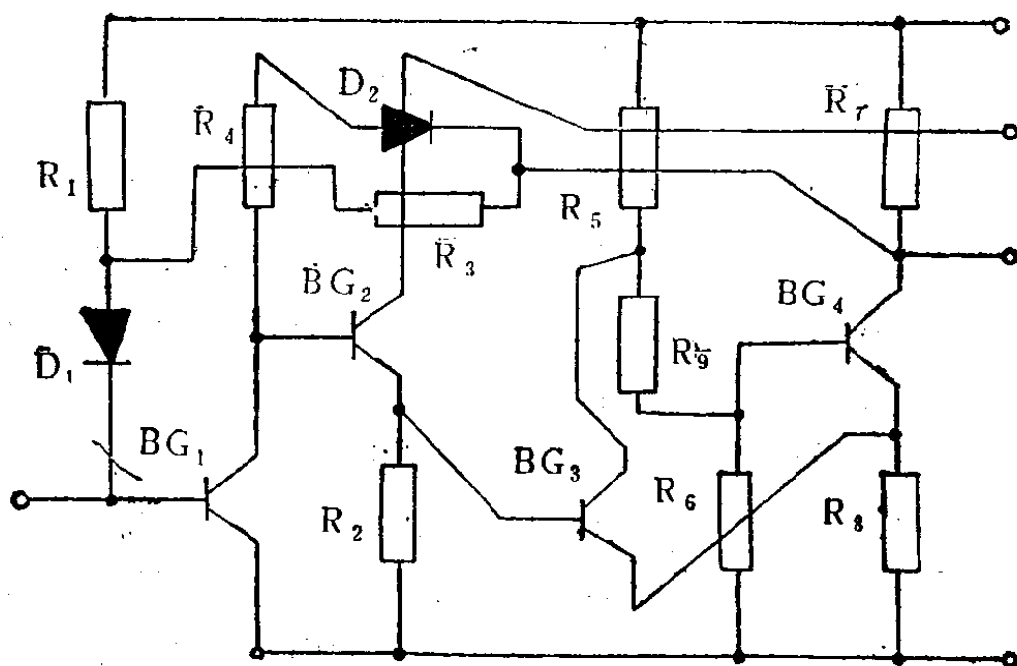


图 7 - 1 单线不交叉图

元件与导线的布局合理，还要求所有元件均按排版方向绘制，并使图中避免存在导线的交叉，否则使排版草图就无法绘制。这些都是和电路图不同的地方。在电路图中是无须考虑元件的引出顺序和导线交叉是否存在，而只要表示和说明电路的工作原理及走线的连接情况就行。在单线不交叉图中，同一平面上的导线之间交叉是不允许存在的，否则就会使走线中断，必须在元件面设置跨接线或采用双面印制板布设，在同一平面上只允许导线与元件交叉。

在以下各节中，具体介绍单线不交叉图绘制的要求与方法。

7-2 怎样按排版方向绘制

按照排版方向绘制，是绘制单线不交叉图的最主要的要求之一。电路的排版方向已经在6-1节中介绍过，必须指出的是，在绘制单线不交叉图时，不仅要求晶体管而且应包括任何不允许互换和颠倒端脚顺序的元器件在内。

一、整体电路如何按排版方向调整

电路与排版方向的关系，只存在两种情况：与排版方向相符或不相符。对不符合排版方向的电路，在绘制单线不交叉图时，第一步应先将整个电路按排版方向进行调整，然后才能开始着手绘制。

排版方向的调整，实际就是取原电路图的镜象图。如图7-2左图为不符合排版方向的电路原图，当将电路图沿轴向翻转180°度时便成为原图的镜象图。显然，右图的电路是

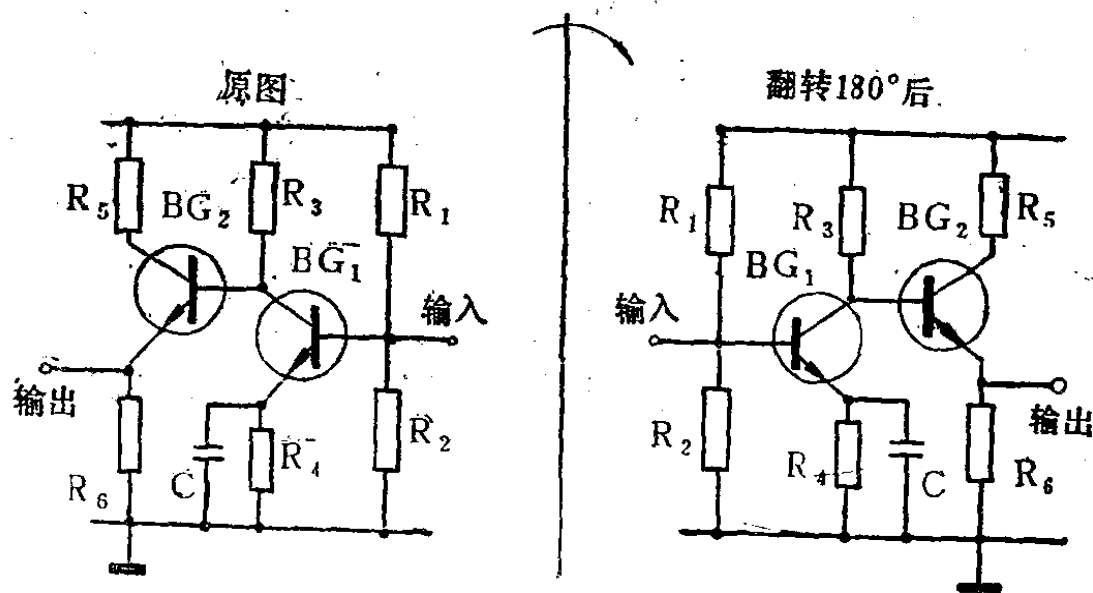


图 7-2 原图与镜象图

符合排版方向的。

取镜象图时如逐个元件绘制，那样太费事，故可以采用下列几种方法：

(1) 用透明纸将原图描绘后再翻转过来；

(2) 用复写纸复绘。方法是将复写纸衬在被复写的纸的底面，使被复写的纸反面着图；

(3) 若有电路底图在晒图时，将底图反过来晒出反图，然后将需要的部分剪下来。

采用(1)、(2)两种方法时，电路各部分之间的连线可以不绘出，在电路拼接时再连接。

镜象图取得后，如是一个印制板的完整电路，则可照此着手绘制单线不交叉图。如不完整，则应补绘或将电路拼接起来。电路的拼接可以粘贴在电路图上，也可以按照印制板的板内布局进行拼接。不论采用哪一种方法拼接，均应将电路间的连线连好。

图7-3(a)示出电视机通道和AGC两部分的电路简图。在图中，通道部分各晶体管均符合排版方向，而AGC电路中，除门管采用PNP管外，其余两管为NPN管，按大多数管型要求，则AGC电路不符合排版方向。图(b)是将整个AGC电路按排版方向调整后与通道电路拼接的情况。被调整的电路在与其它电路拼接时有两种方法：变更输入和输出的位置，或者变更地线和电源的位置。采取哪一种方法则视电路的具体情况来定。当被调整的电路输入、输出较多，并与其他电路同在一块印制板上时，为使电路之间的引线最短，则采取对调地线和电源的位置；当被调整的电路在单独的一块印制板上时，则可变更输入、输出的位置进行拼接。对于图7-3

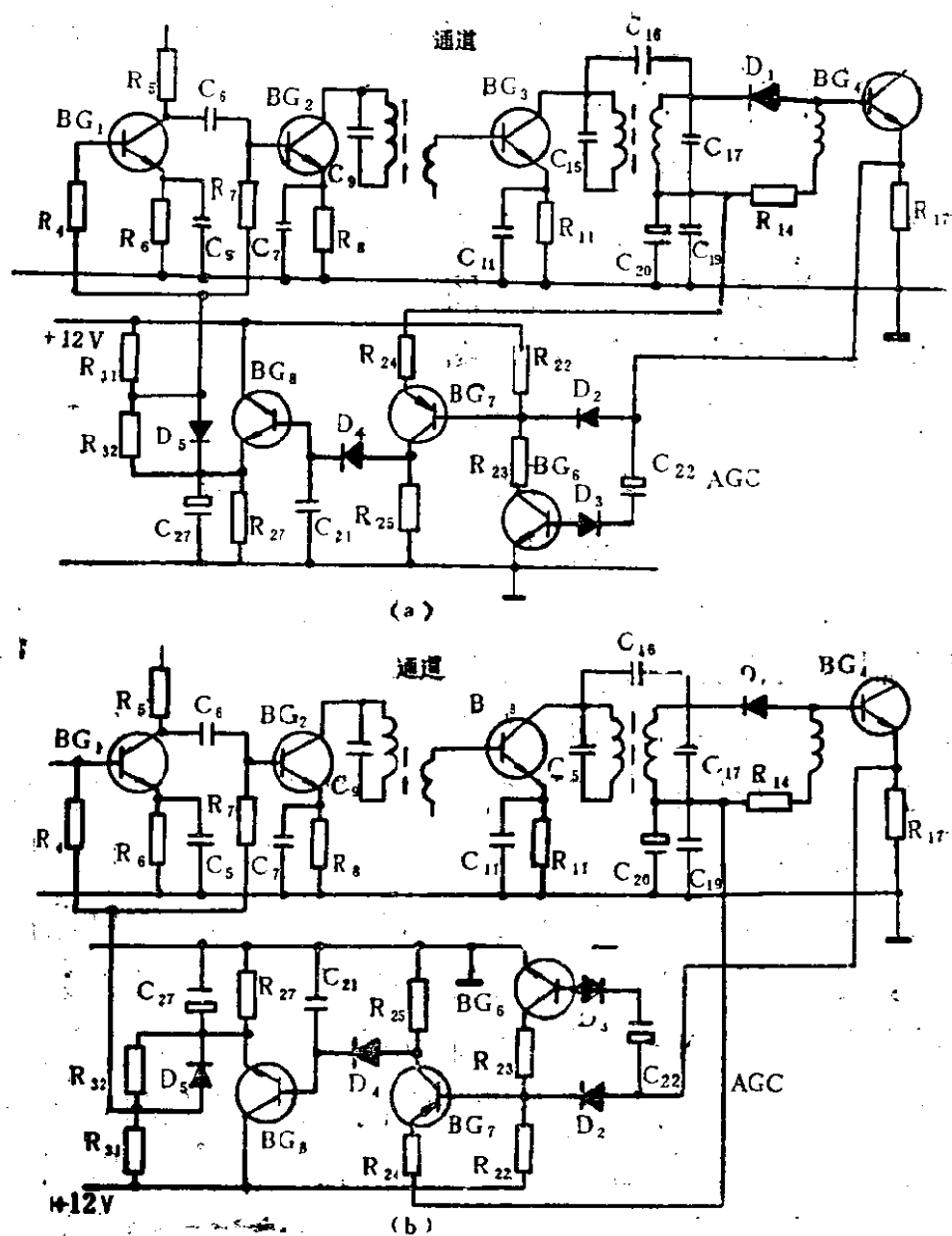
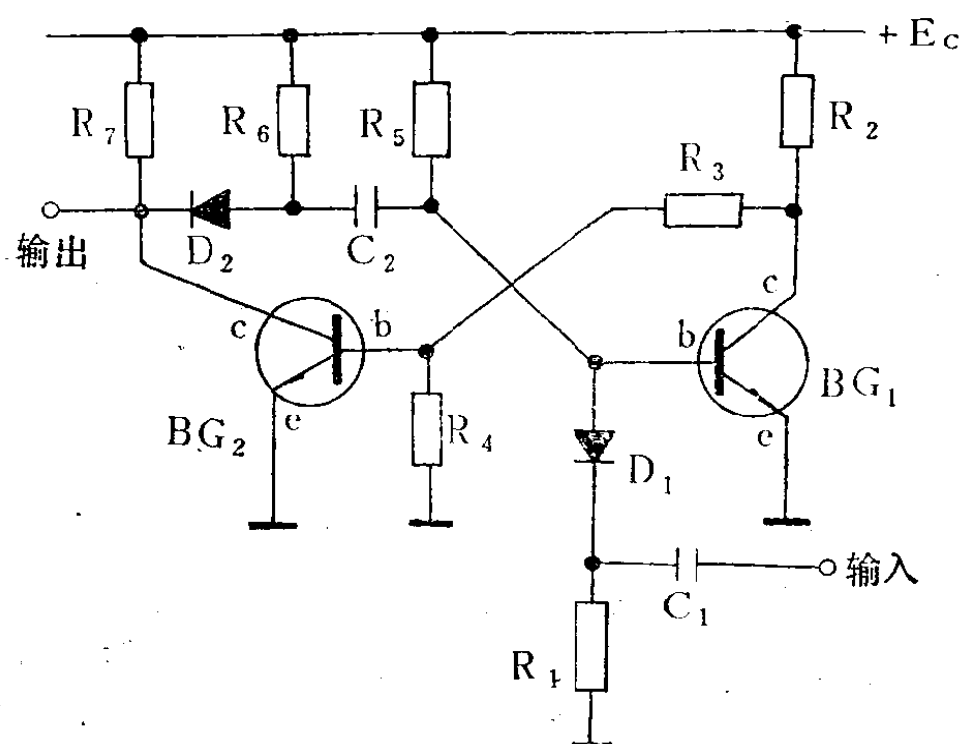
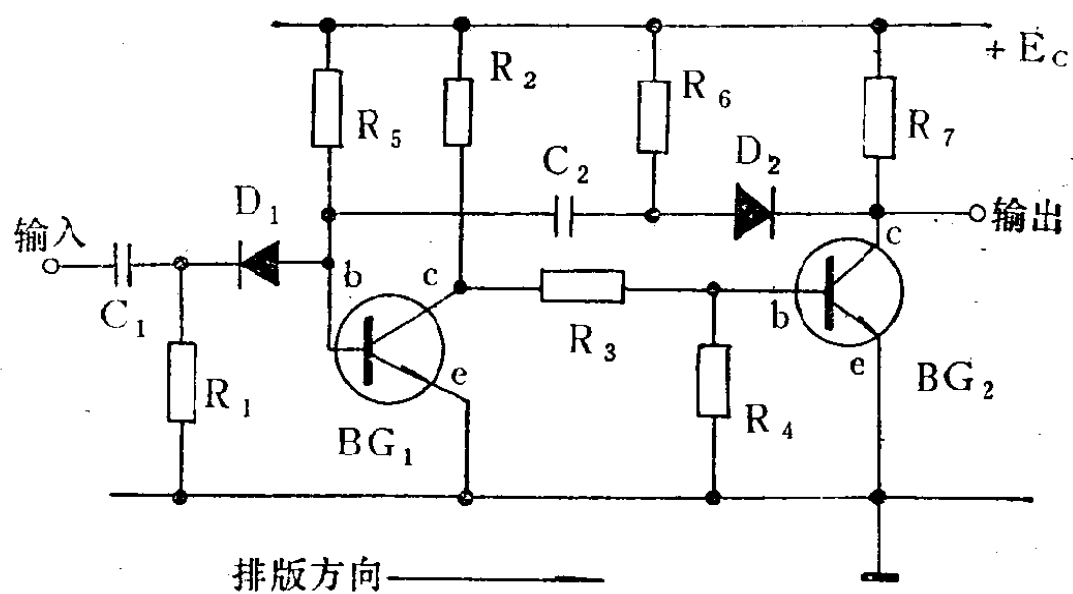


图 7-3 电路的调整与拼接

的电路，通道和AGC电路一般均应放在同一块印制板上，故图(b)在拼接时为了使电路之间的接线最短，AGC电路采取对调地线和电源的位置拼接。显然，如果使地线和电源位置保持不变，使输入和输出变更位置，就会使电路之间的引线



(a)



(b)

图 7-4 按排版方向绘制单稳态触发器电路

过长，这是不合适的。

在调整电路的排版方向时，如觉得输入、输出位置不合适时，可在电路调整中加以变更。

二、局部电路按排版方向的绘制方法

局部电路排版定向是在绘制单线不交叉图过程中进行的。下面按照电路的不同类型来分别举例说明：

1. 一般晶体管电路 图 7-4 (a) 为单稳态触发器的电路图。为了清楚地表明电路的工作原理，在原理图上习惯于此种画法，但按照电路的四种基本排版方向来考虑，图 7-4 (a) 电路的输入、输出和图中的左边晶体管均不符合排版方向。图 7-4 (b) 是将电路元件按排版方向调整后的单线不交叉图。将 (b) 图与 (a) 图对照，可以看出，除了使晶体管管脚顺序符合排版的方向外，同时输入、输出的位置也作了调整，以便于与前后级连接，另外，元件的排列也较均匀。

绘制单线不交叉图时，地线的连接要按照实际排版的要求来考虑。当元件采用座标和座标格排列时，元件的各接地点要连成线，不要象电路图上那样用接地符号表示，以免在走线较多时，因疏忽而造成接地中断。

在处理局部电路按排版方向绘制单线不交叉图时，有时会遇到个别晶体管的引出端与排版方向不符，这时可按照图 7-5 所示的几种方法，对布局作个别调整。图 (a) 的方法是颠倒晶体管 e、c 的位置，使发射极的元件与晶体管集电极的走线交叉；图 (b) 是变更晶体管的装置方向，使发射极元件和基极导线交叉；图 (c) 是不变动元件的位置，使晶体管翻转，基极导线从晶体管的发射极、集电极之间通过。在上述几种方法中：图 (c) 的方法虽然元件排列不变，但会增加基极

和集电极间分布电容，一般在频率较高的电路中不宜采用；采用图(a)和图(b)这两种方法时，要根据周围元件的分布情况来考虑，使电路元件尽可能排列匀称。

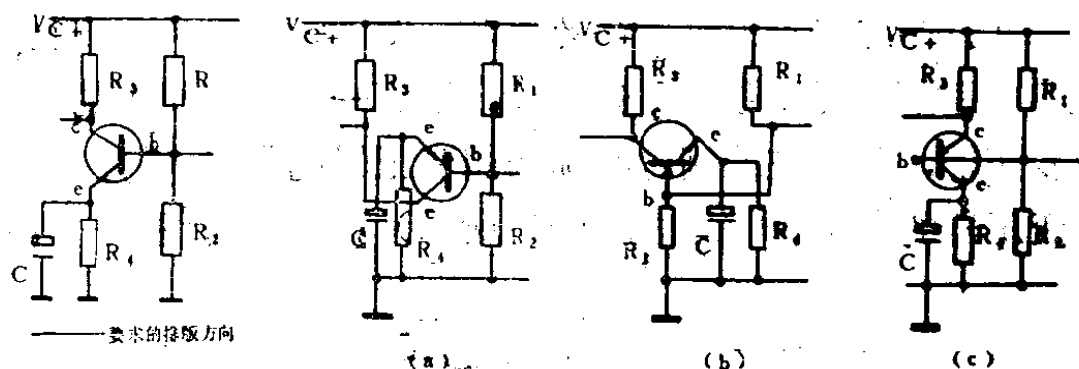


图 7-5 调整晶体管管脚顺序的三种方法

2. 特殊晶体管器件的电路 图 7-6 (a) 为单结晶体管

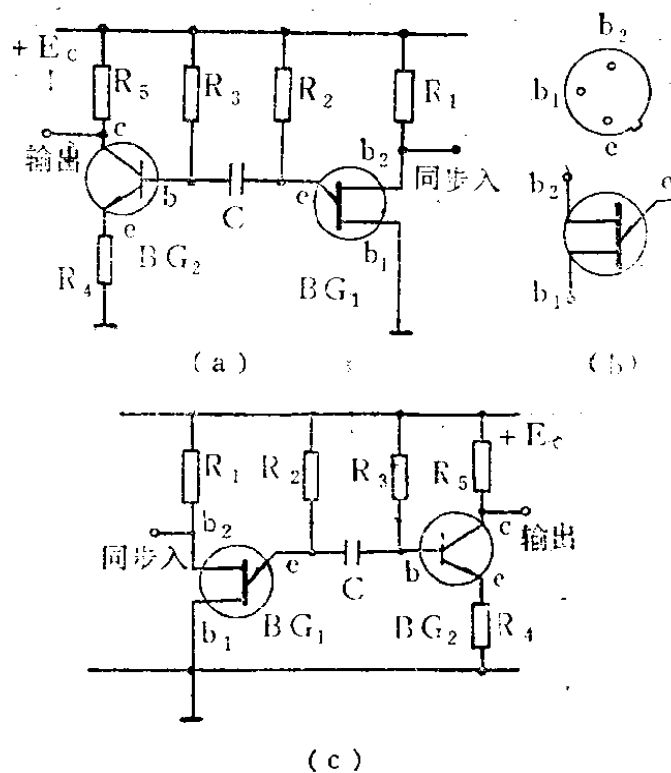


图7-6 单结晶体管方波发生器电路图的改绘

方波发生器的电路。对一些特殊器件的电路在绘制中，要根据这些器件的引出端顺序来绘制。单晶体管的引出端对应的极如图 7-6 (b) 所示。根据单晶体管引出端的位置，应绘制成图 7-6 (c) 那样。

3. 带有多引出端元件的电路 图 7-7 (a) 为电视机行振荡电路图。图中除了晶体管外，还有一个多引出端的行振荡变压器，同样在绘制时必须按照变压器的引出顺序绘制 (变压器的引出顺序如图 (b) 所示)，可以将图 7-7 (a)

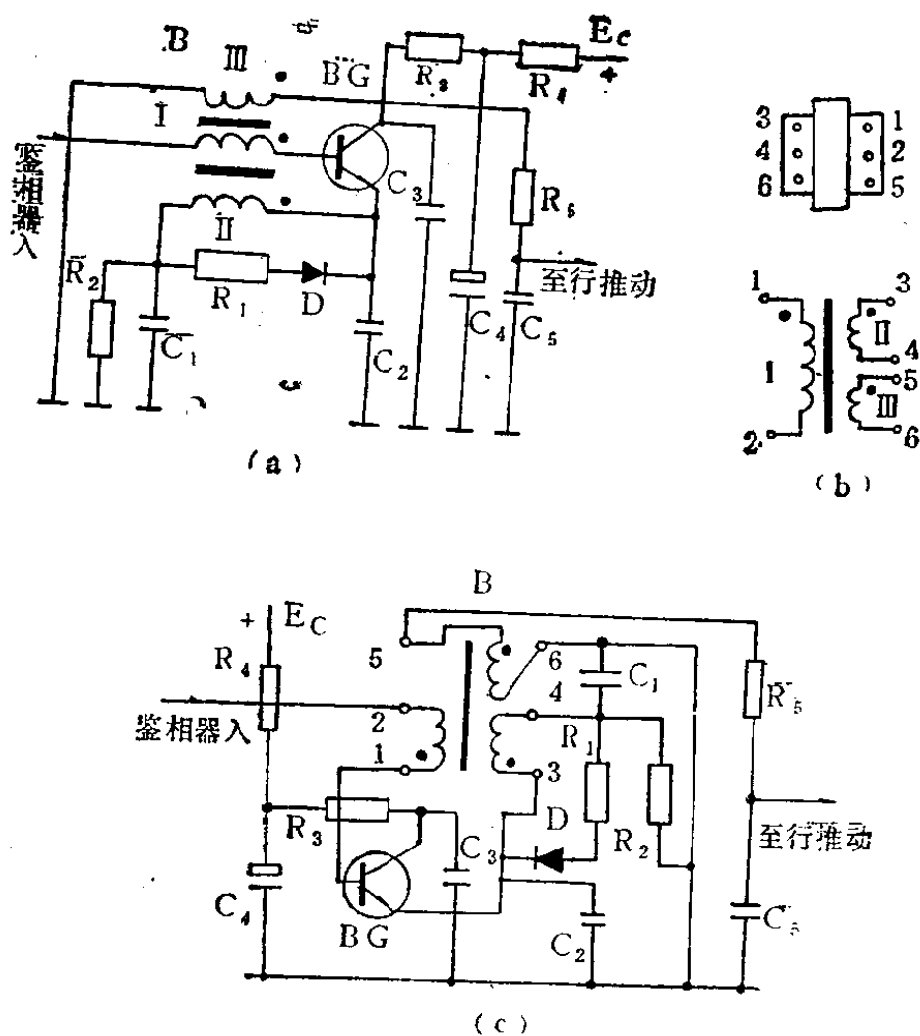


图7-7 多引出端元件的单线不交叉图

绘制成图 7-7(c)那样,使电路均按排版方向连接。对于较复杂的电路,可以多画几张草图,比较一下哪种排法走线最短,元件的排列均匀和交叉最少,而选取其中的一种。对图 7-7 的电路来说,将晶体管放在振荡变压器的上面,或者左右两边,均会使引线过长和交叉过多,都不如图(c)那样合理。

多引出端的元件,往往又是电路中元件和导线的汇集部位。多引出端元件的安装位置是否合理,对版面的走线和元件的安排有很大影响;位置处理合适,可以使电路走线短捷,元件布设均匀。因此,在处理多引出端元件的安装方向时,如元件本身和排版电性能对安装方向无特殊要求时,方形的元件可以在四个安装方向上选定最合理的一个方向;圆形的元件,则可以选定一个最佳的安装角度。例如,在图 7-7(c)中,行振荡变压器 B 的安装方向如改为其他三个方向安装时都会使导线和元件布局不够合理。

4. 采用不规则岛形接点排版的电路 此种格式的排版,接地为大面积覆盖方式,因而不必设置长地线,元件可以灵活地在任意位置上接地,从而使元件可以以最短的接线来安排元件的位置。

图 7-8 为一个天线放大器的电路图,该电路是由三级宽带放大器组成。由于工作频率高(48—230兆赫),所以采用不规则岛形接点排版。图 7-9 是绘制成的单线不交叉图。图中各级元件按先后次序排列,输入、输出安排在两端,使电路尽可能少地产生耦合。各接地元件的接地用圆点来表示。采用大面积覆盖接地,并不是元件可以随意允许分散接地,而应该尽量使本级元件在元件的中心区域做到一点接地。

在单面板上采用岛形不规则的排版,还应注意板内导线

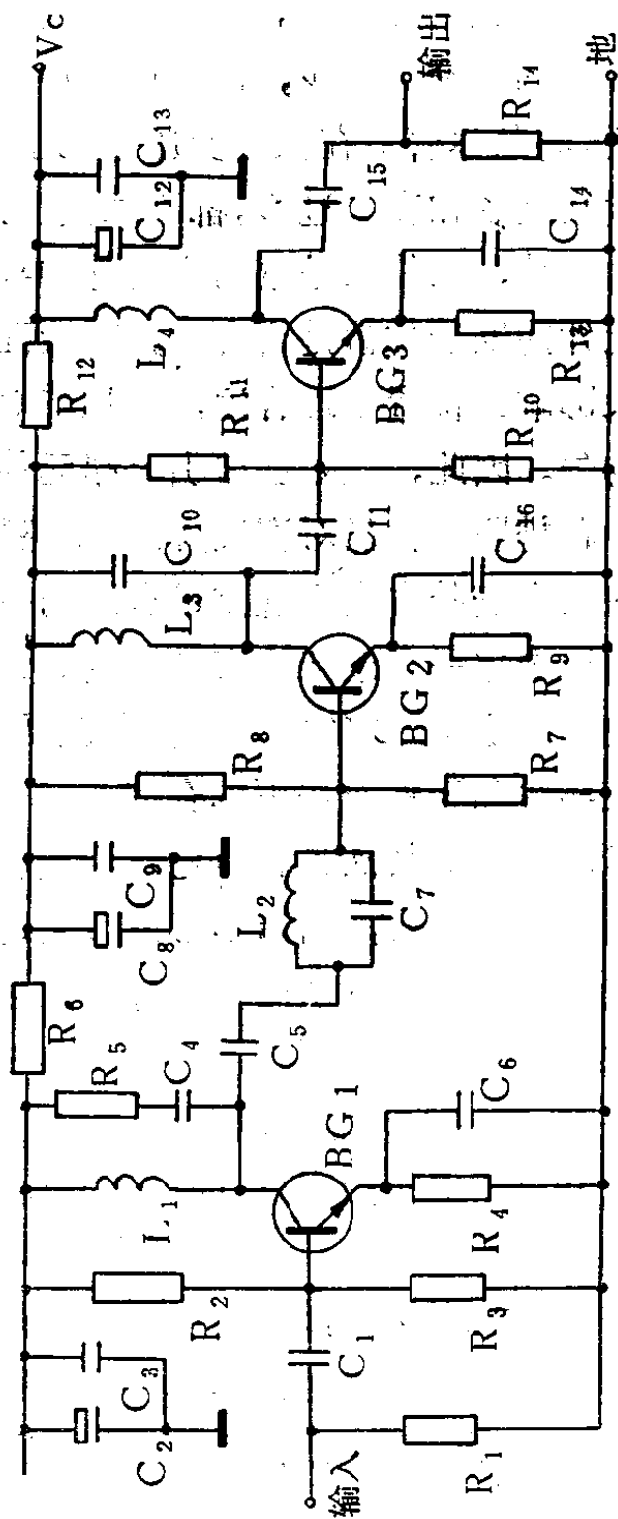


图7-8 天线放大器电路图

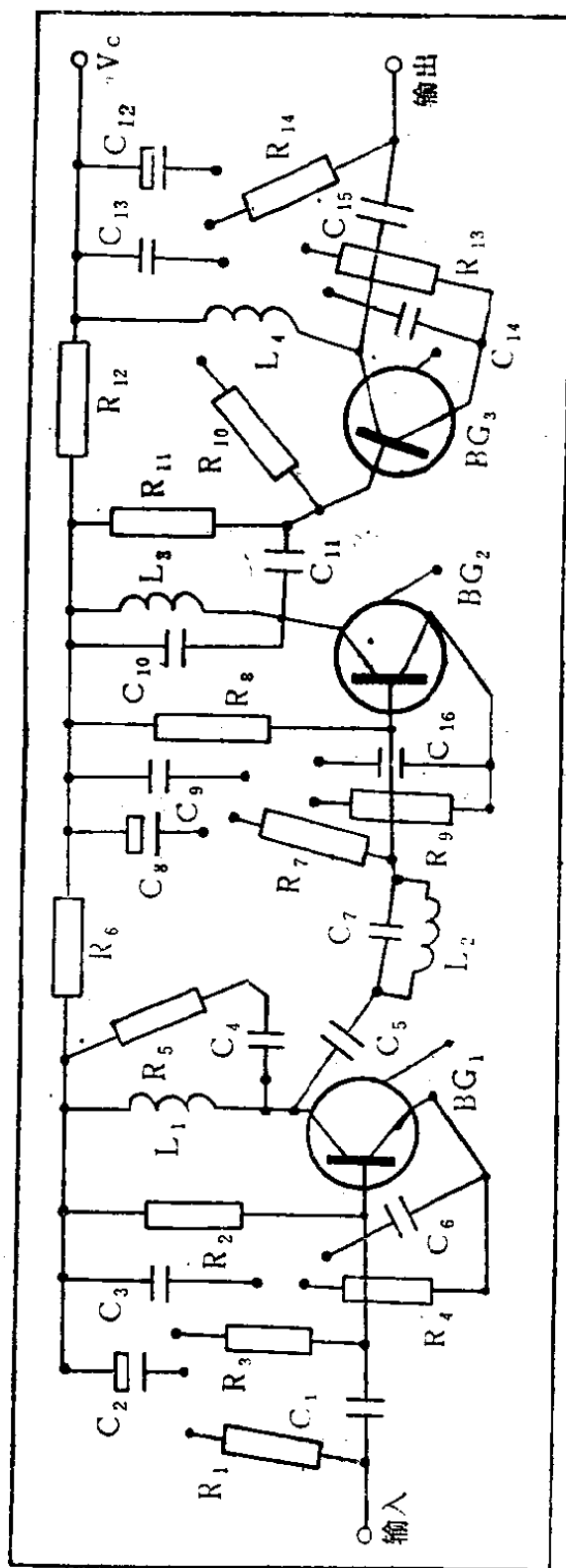


图7-9 天线放大器的单线不交叉图

的布设，除了使元件之间的连接导线尽可能短外，对较长的导线，要注意有无将大面积的地切断，造成某一部分的接地通径过窄，而使接地电感增大。对较长的导线在设置时可采用以下几种方法：

（1）非高频信号的长导线，如电源、直流和频率较低的导线，可采取紧靠印制板周围布设。

（2）高频信号的长导线，如导线上串有元件，可适当增大元件的跨距，增大地线在元件的跨距中间的宽度；如无元件，可以设置跨接线，以保证接地的通径；也可在不过多延长导线长度的情况下，适当改变导线的行走方向来保证接地的通径。

多导线的高频电路的排版，也可以采用双面板，此时导线的处理和元件的接地可以同时得到兼顾。将其中一面作为接地，一面作为导线，这样，接地的一面就不会因走线而将接地分割，仅在有桦接元件的接点上，留出圆孔，供元件穿线焊接用。

5. 线性集成电路 各种线性集成电路在电原理图上大多均标出集成块的引出编号，少数也同时画出集成电路的内部结构图。在绘制线性集成电路的单线不交叉图时，应先搞清楚原理图中集成块的引出端的编号顺序是按元件面还是按焊接面的顺序来标注？也有的则不按顺序编号来画。这些都应事先弄清楚，以免搞错。

集成电路与分立元件电路在布局方法上有所不同。

（1）由于集成块的引出端较多，引出端是沿器件的周围引出，因而，集成块的外围元件在布设时，应以集成块为中心，沿周围就近布设，集成块和外围元件在版面上的分布

呈方形或长方形最好。

(2) 在集成电路中, 元件与电源、地的连接要比分立元件的电路少得多。因此, 电源和地的布设不必象分立元件电路那样安排在电路的上、下两边, 而可以较灵活地布设。比如, 将电源和地在一起平行布设, 也可以象一般导线那样在板上穿越。

(3) 集成块的安装方向与电路的排版方向之间不存在特定的关系。因此, 集成块在布局时, 可以根据电路的元件、导线和板面的空间尺寸等情况灵活选择合理的安装方向。

图 7-10 为采用国产 5G37 集成块的低频功率放大电路。在图中, 集成块的端脚顺序是按元件面排列的。图 7-11(a)

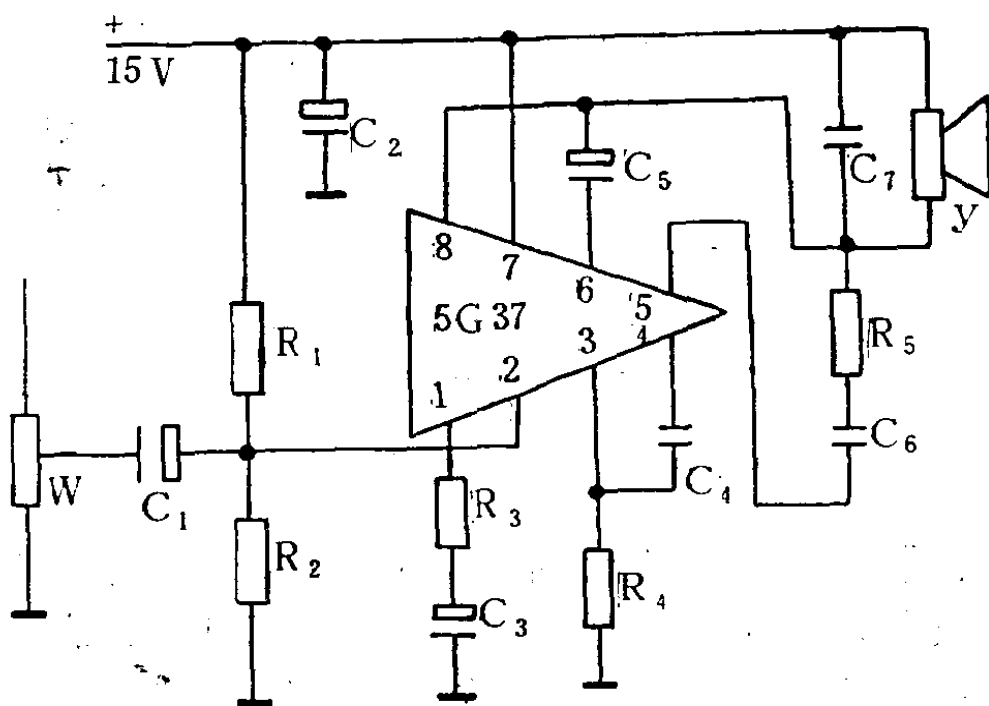
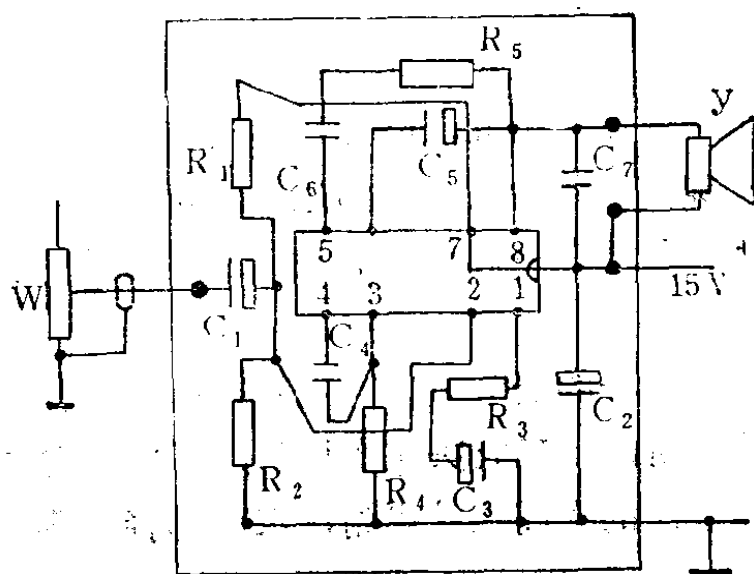
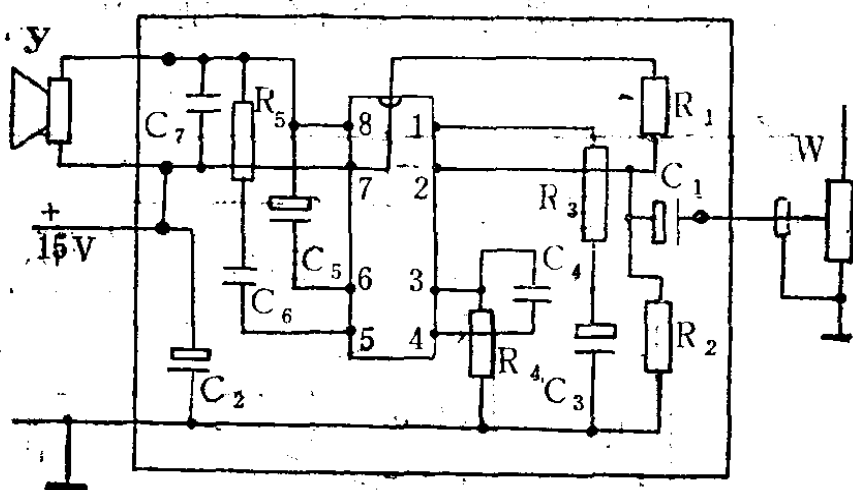


图 7-10 采用 5G37 的低频功放电路

和 (b) 是按两种不同排版方向来绘制的单线不交叉图。



(a)



(b)

图 7-11 按不同的排版方向布局

在集成电路和分立元件混合的电路中，如集成块数少时，集成块的安装方向可以按照多引出端元件的那样，选择最佳的排版方向和位置；当集成块较多时，各集成块最好按一定的方向有规则的排列，使版面显得整齐。

用线性集成电路所组成的各种放大器，同分立元件电路

一样具有一定的增益，因而对输入、输出及外围元件在布局时需要注意防止相互耦合而产生干扰。

7-3 怎样处理导线与导线交叉

单线不交叉图除了元件按排版方向绘制外，对于导线的要求则是：

- (1) 导线的路径要短，尽量减少不必要的迂回。
- (2) 要使电路能够沟通（即不允许同一平面上的导线交叉存在）。

- (3) 尽可能少地使用跨接线或使双面印制导线转换。

导线的路径过长和迂回除了使导线会占用一定的平面空间外，还会使信号在通过导线时产生一定的损耗和辐射。跨接线过多和双面印制导线转换过多，无疑的会使装配工时和成本增加。此外，双面板上金属化孔的数量是与导线转换的次数成正比，在采用电镀法来加工金属化孔时，板内金属化孔的数量越多，板的成品率相应越低。导线的路径长短和跨接线及印制导线转换的多少，也是衡量版面是否合理的一个主要方面。有时走线交叉合理，原先打算采用双面印制板的电路，用单面印制板便可解决，反之，如走线安排不当，使本来只需要单面印制板的电路不得不排成双面印制板。

一、怎样消除电原理图中的走线交叉

大家知道，在电原理图上线条的交叉是在线条与线条之间进行。图 7-12 为施密特触发器电路，在图中打×的部位为导线的交叉点，共有 6 个交叉点。若照此排版，必将要采用几根跨接线才能保证电路的沟通。如果将这些交叉点合理

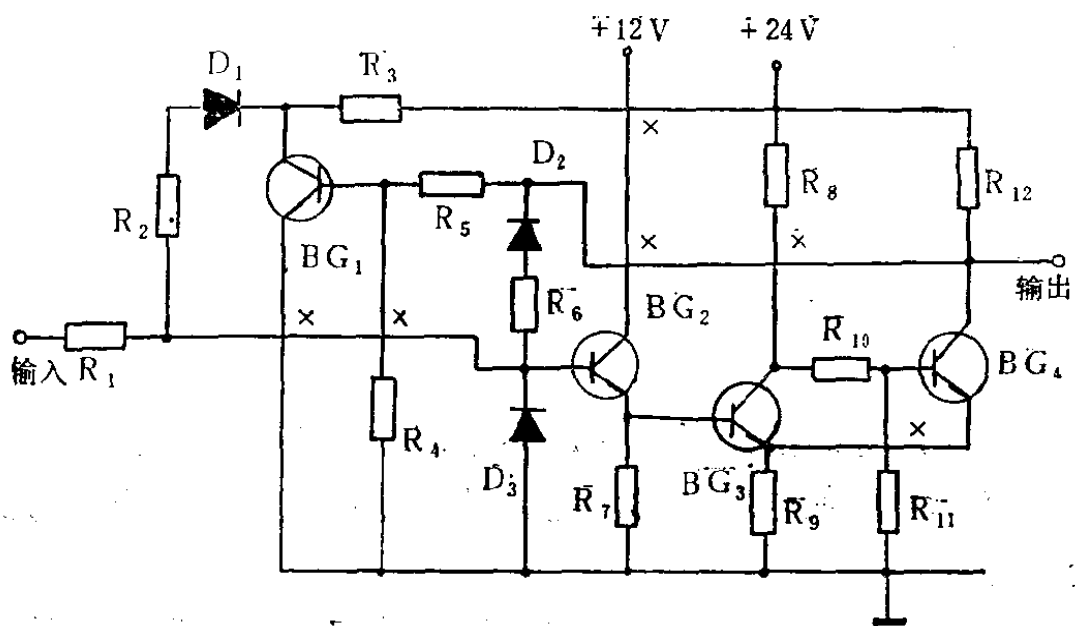


图 7-12 施密特触发器电路

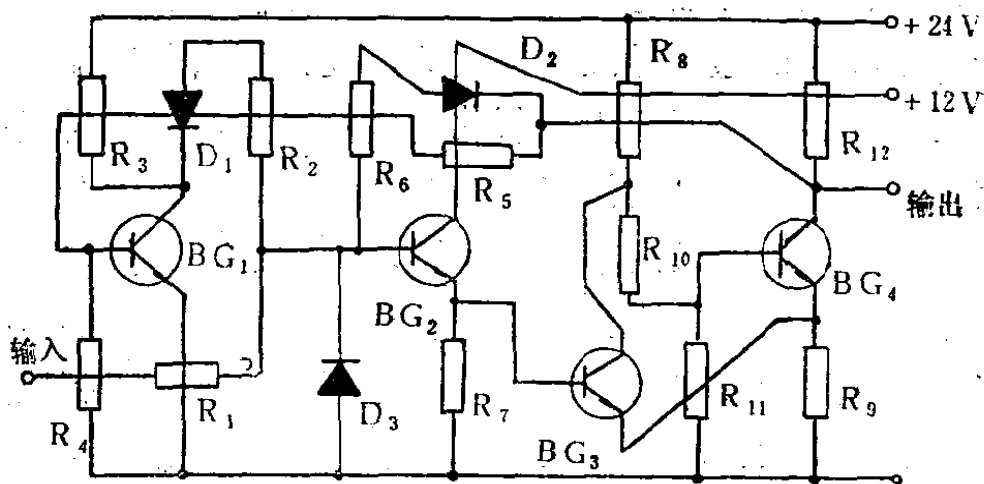


图 7-13 导线消除交叉的电路

地安排，使之成为走线和元件的交叉，则可使电路无须跨接线而沟通，成为图 7-13 所示那样。

在处理导线与元件交叉时，如遇垂直导线，则元件为水平放置；遇水平导线，元件为垂直放置。在处理导线与元件

交叉时，导线的路径要短，不要采用迂回的方法来消除走线的交叉。

当遇到电路中的导线较多时，往往不易一次画好，要仔细阅读电路图，然后多画几个草图，逐步修改，使走线的布局达到合理。比如图 7-14 的示波器扫描电路，图中的交叉点看来只有三点，但电源的引出却较多。相同的电源在引出时必须合并，即使排版布局采用分散引出，相同的电源也仍需合并。否则，会造成板外引线过多，那样是不合理的。现在我们假定图 7-13 的电路要采用印制插头引出来看一下电路的安排过程和怎样绘制单线不交叉图。

图 7-14 的电路虽然有两种管型的晶体管，但从管脚的顺序来看全部与排版方向相符，因而不需要对整个电路调整排版方向。印制插头的位置要以导线在板内的路程最短为考虑的主要因素。在该图中印制插头放在上、下两面要比左、右两面好。安排在下面时，电路从焊接面看（面）则为左边输入，右边输出；当安排在上面时，则电路调转过来后，成为右边是输入，左边为输出。在确定接插件的位置时，还要结合总体的布局情况，使印制板按照一定的朝向安装时，使板与板之间的走线要短，不要迂回和交叉。从图中可以看出向下引出的导线较多（包括地线），接插件放置在下面要比上面好，如果与总体布局一致，则可选定在下面。

分析该电路图可以看出，元件的布局大体均匀，只要作少量的调整就行，布局的重点应侧重于导线的处理。图中，电源实际为四组（+12V、-12V、+45V、-45V），其余需引出板外的导线为地线、输入、输出，如扫描速度调节电位器（ W_1 ）需装置在板外时，则还应加上电位器中点的引

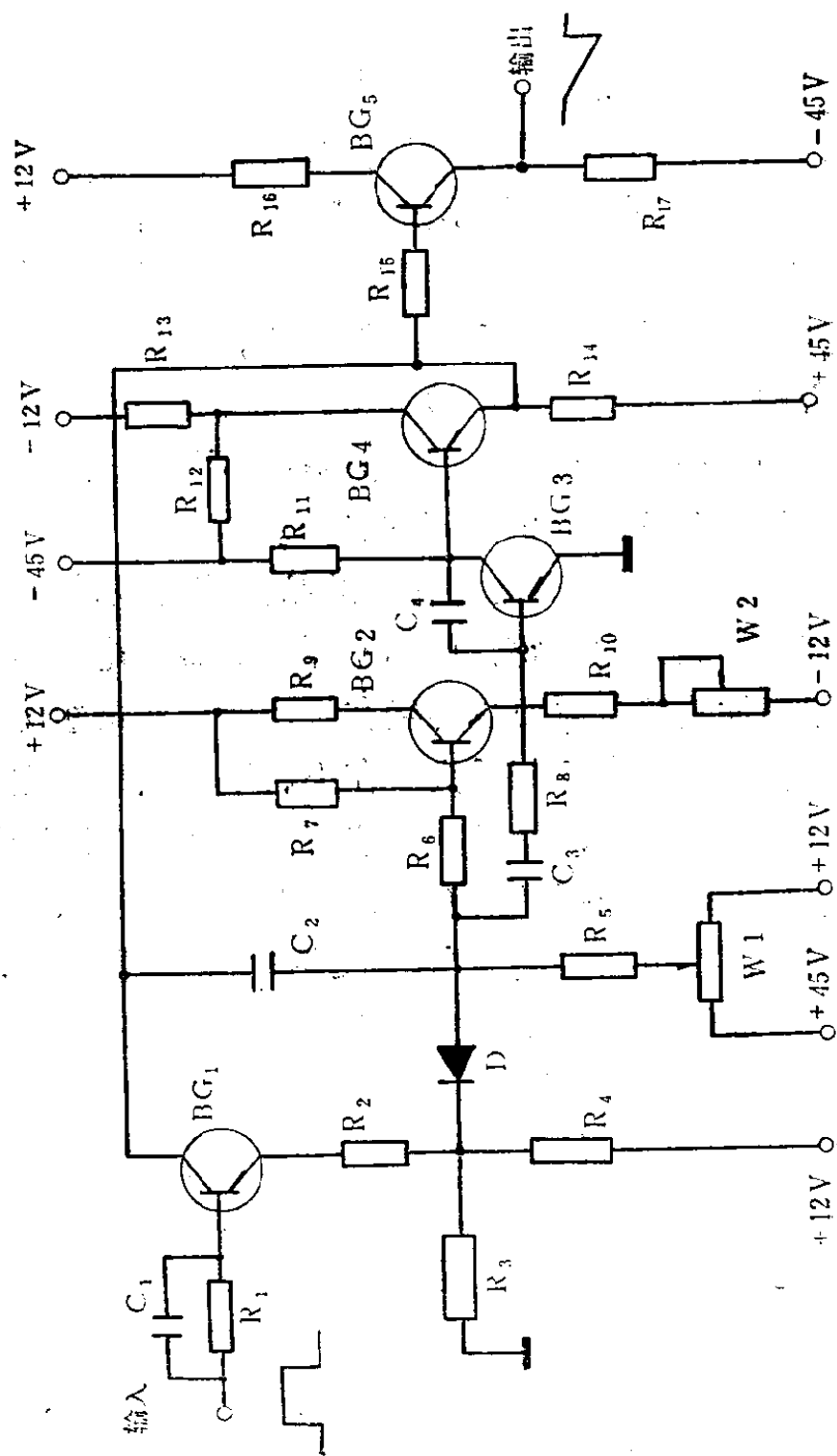


图 7-14 示波器扫描电路

出线。这样，如排版合理则总共需引出 8 根导线。由于重点是处理导线，因而第一步对元件不作过多变动，待导线的连接安排好后，第二步再变动元件的位置。为使导线走向合理，可多画一些草稿图进行比较。在元件大体不作变动时，导线的草稿图绘制可以采用一种比较方便的方法，用透明纸复在电路图上，将需要变动的导线画在透明纸上，这样既方便，又便于修改。如图 7-15，不规则的线条表示在透明纸上画出的走线和更改的部位，规则的线条为透明纸下面的电路图。

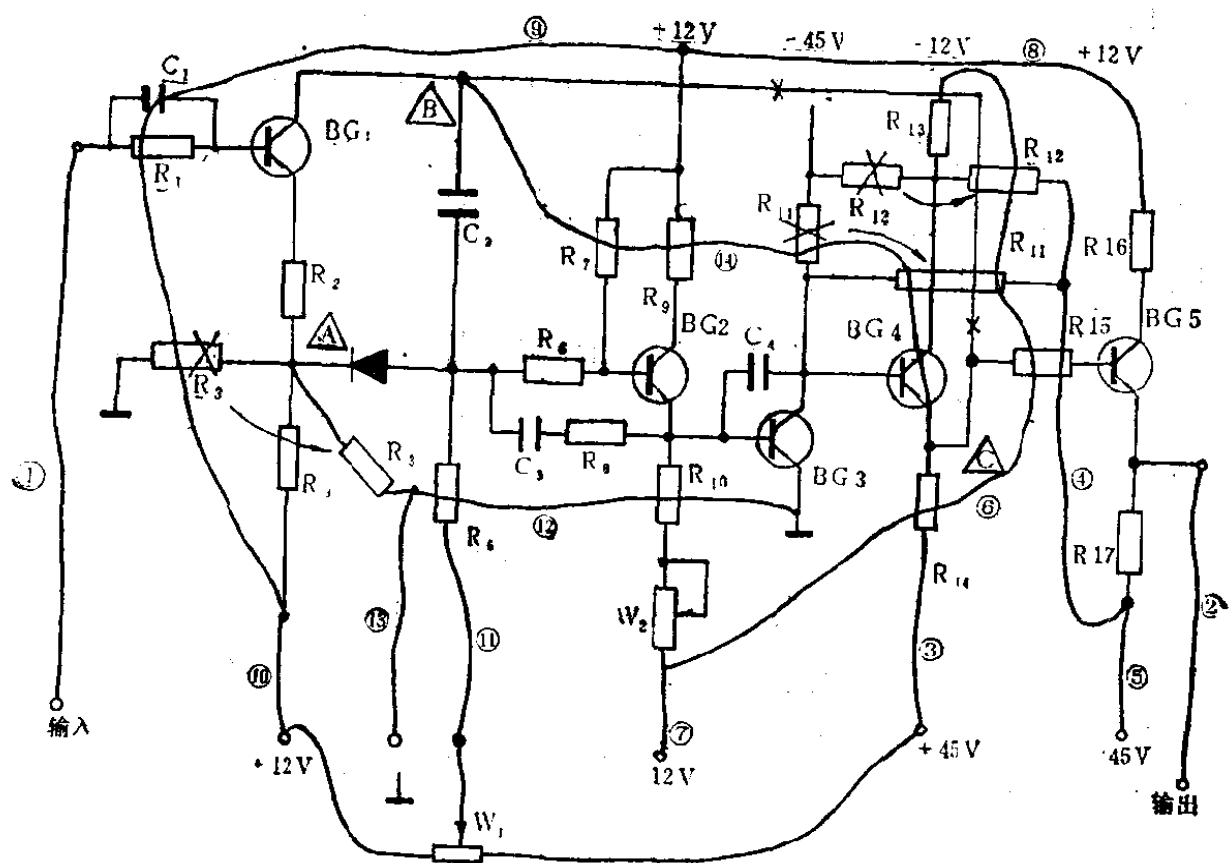


图 7-15 用透明纸来复绘的走线草稿图

现在我们就来说明一下图7-15的草稿图在绘制时的思考过程和步骤。为说明问题起见将变更的走线按顺序编号。走

线的安排一般本着先短后长，先易后难的原则。步骤如下：

(1) 输入、输出分别位于电路的首尾两端，相隔最远，位置合理，可用导线①、②直接引出。

(2) +45V电源，图上为两点，由于将电位器 W_1 引出，故在板上只需一点，可就近用导线③引出。

(3) -45V的上端电源必须与右下角的 R_{17} 上的另一点-45V相连。上端-45V电源由于受晶体管 BG_4 和导线BC的阻隔，照图上的位置引出有困难，可以采用变动电阻 R_{11} 和 R_{12} 位置使之跨越阻隔，这样就可以采用导线④与下端-45V连接。可见经变动电阻后，可以达到使两组-45V的连接为最短路径。两组45V电源合并后可由导线⑤直接引出。

(4) 上端-12V电源需和 W_2 下端的-12V合并，可用导线⑥依次穿过电阻 R_{12} 、 R_{11} 、 R_{15} 、 R_{14} 后与 W_2 的-12V相连，由导线⑦引出。

(5) +12V电源为三点，上端两点经导线⑧相连后，再经导线⑨穿越电容 C_1 和电阻 R_1 后与下端+12V相连，由导线⑩引出。

(6) 电位器 W_1 的中点由导线⑪直接引出。

(7) 图中的接地点为两点。因接地元件少，因而地线的设置就可以不必按照通常的地线处理方式，可以当作一般的导线来对待。为使两接地点之间的连接最短，可以变更电阻 R_3 位置，放在接点A的右下方，用导线⑫穿过电阻 R_{10} 后与 BG_3 (e) 极相连。地线的引出可以从 R_3 上引出，如从 BG_3 (e) 极引出则受导线⑥阻隔。

(8) 改动BC间走线的中间一段为最短路径(导线⑬)。

上述所介绍的步骤，在实际中往往并不是一气呵成的。

有时遇有走线不通，可在草稿图上反复变更和修改，不要急于求成。也可以对布局多画几个草稿图进行比较，选取最合理的一种。在草稿图上对元件和导线的位置和走向要根据电路的布局情况灵活处理，比如当导线不能变动时，则可以变动元件的位置为最佳；元件不能变动时，则可以变动走线的方向为最佳；个别元件不能变动时，则可以变动其他元件的

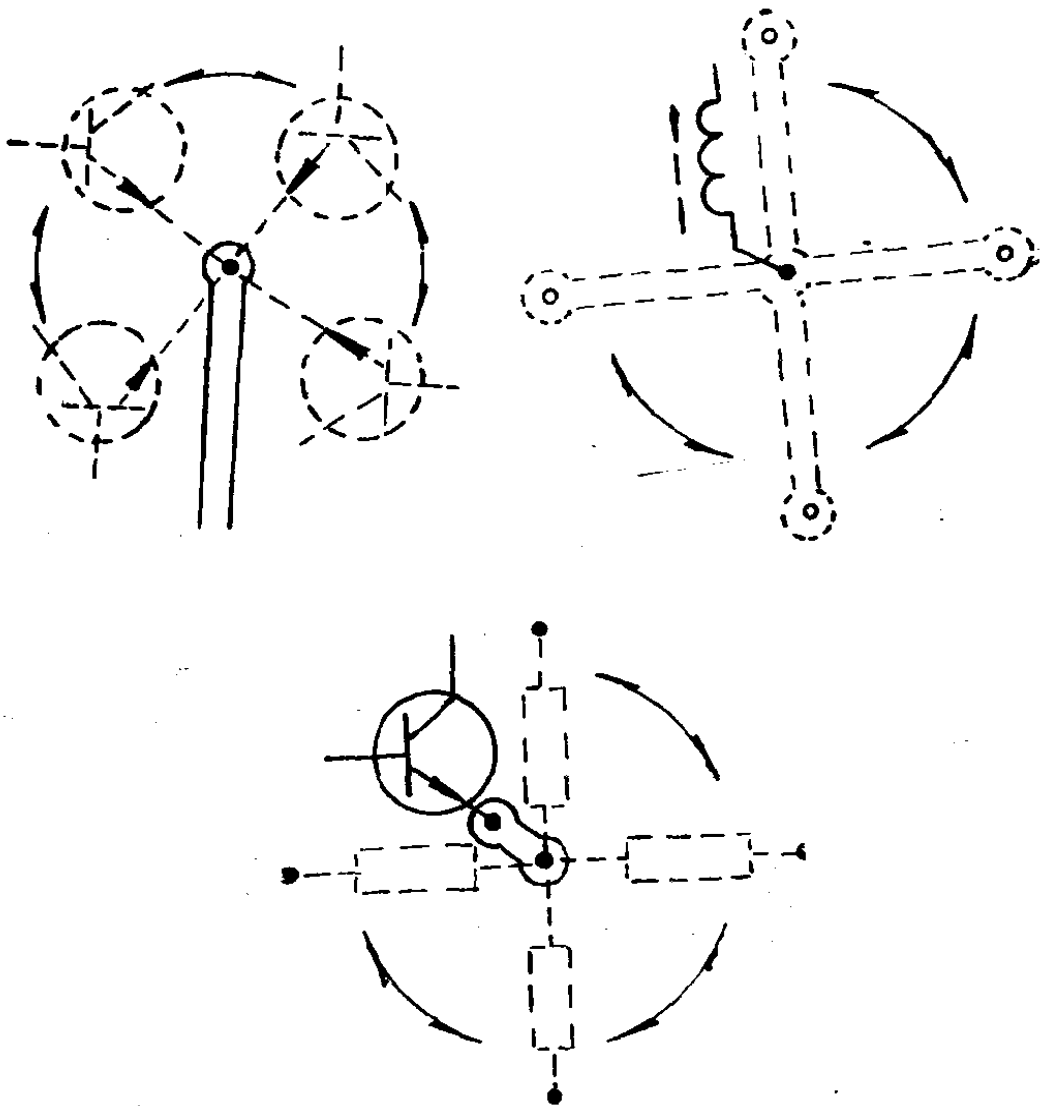


图7-16 改变元件或导线的位置(实线为不变的元件和导线；虚线为变动的元件和导线)

位置为最佳，如图7-16所示。对于晶体管在排版中不要受电原理图的习惯画法的影响（即将集电极朝上、发射极朝下），可以根据电路的情况来确定最佳的位置。在排版中只有善于灵活地变动元件和导线，才会得到较好的理想布局，克服呆板的版面。

图7-15的草稿图，经适当变动元件的位置后可以画成图

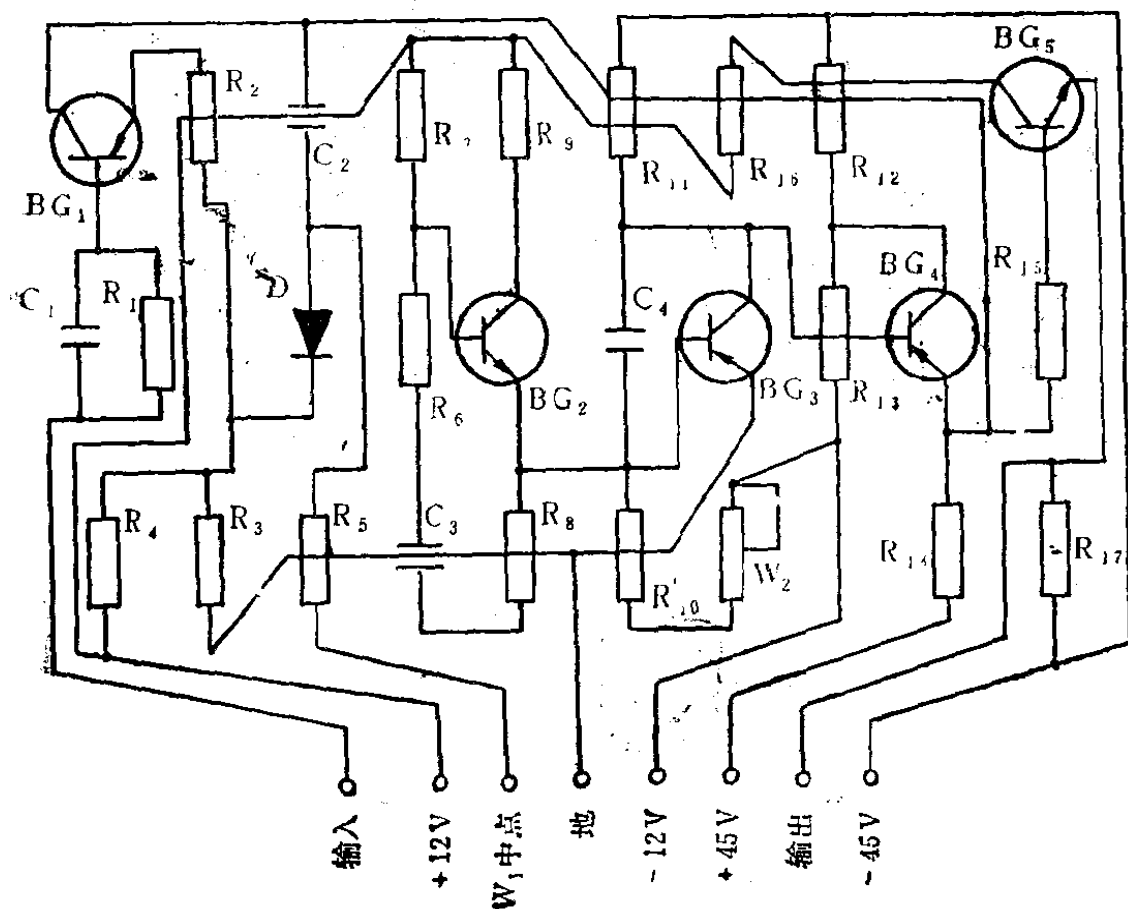


图7-17 将示波器扫描电路绘制成的单线不交叉图

7-17的单线不交叉图。中间的绘制过程不再介绍，因为导线已经走通，则元件的布局调整就比较容易了（元件的布局调整在下一节中还要谈到）。

二、怎样确定元件允许穿越的最高线数

由于元件的端脚的跨距不大，因而元件端脚允许穿越的导线数是有限的。这就要求在绘制单线不交叉图时，要注意导线在元件中的穿越，导线的数目不要超过元件允许的最高穿越数。否则，在绘制排版草图时，会使元件的跨距过大，而影响版面的美观。

元件穿越的最高允许线数与接点、导线的尺寸和元件的端脚跨距有关。表7-1为印制板采用不同导线与接点尺寸时，元件允许的最高穿线数，供绘制时参考。

表7-1 元件最高穿线数

序 号		I	II	III
接点、导线 尺寸(毫米)	接点直径	1.5	2.0	3
	导线宽度	0.5~1.0	1.0	2
	导线间距	0.5~1.0	1.0	1.5
元件跨距 (毫米)	2.5	1	—	—
	5	2; 3*	1	1*
	7.5	3; 4	2; 3*	1; 2*
	10	5; 6	4	2
	12.5	6; 7	5; 6	3*
	15	7—9	6; 7	3; 4*
	17.5	9—11	7; 8	4
	20	11—13	9	5

* 接点圆环需作部分切除

例如，需要确定0.125瓦RT碳膜电阻的最高穿线数，可以先从表5-16查得最佳和最大跨距分别为15和20毫米，当印制板接点和导线的尺寸采用表7-1的序号Ⅲ时，则可以查得在最佳跨距时，可允许穿越3根或4根导线。当采用4根导线时元件的两接点圆环相对的内侧必须作部分切除。如穿越的导线超过4根时，则可采用最大跨距（20毫米），表7-1中为5根。当然，在不得已的情况下不要采用最大跨距，尽可能通过变动元件布局使穿线数减少。

三、跨接线的设置

单面印制板的导线交叉必须采用跨接线。在单线不交叉图中，对采用跨接线的导线可以象图7-18那样用虚线加以表示。对跨接线的设置是否合理，应在单线不交叉图绘成时加以审定，对不合理的部位再重新修改。跨接线的设置应注

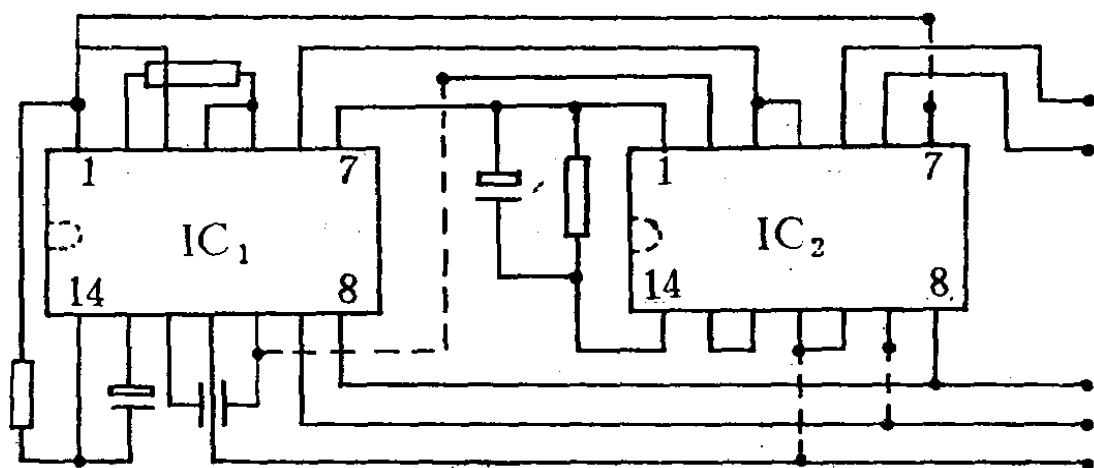


图7-18 单面板的跨接线用虚线表示

意下列几个问题：

(1) 跨接线应尽量采用短线。用短跨接线可以用硬质导线（如镀银线），便于加工装配。因而在排版允许的情况

下, 尽量依靠延伸印制导线来减少跨接线的长度, 如图 7-19(a)所示。

(2) 两导线相交时, 应选择其中较短的一根为跨接线, 如图 7-19(b)所示。

(3) 多导线相交时, 应选择导线数目较少的为跨接线, 如图 7-19(c)。

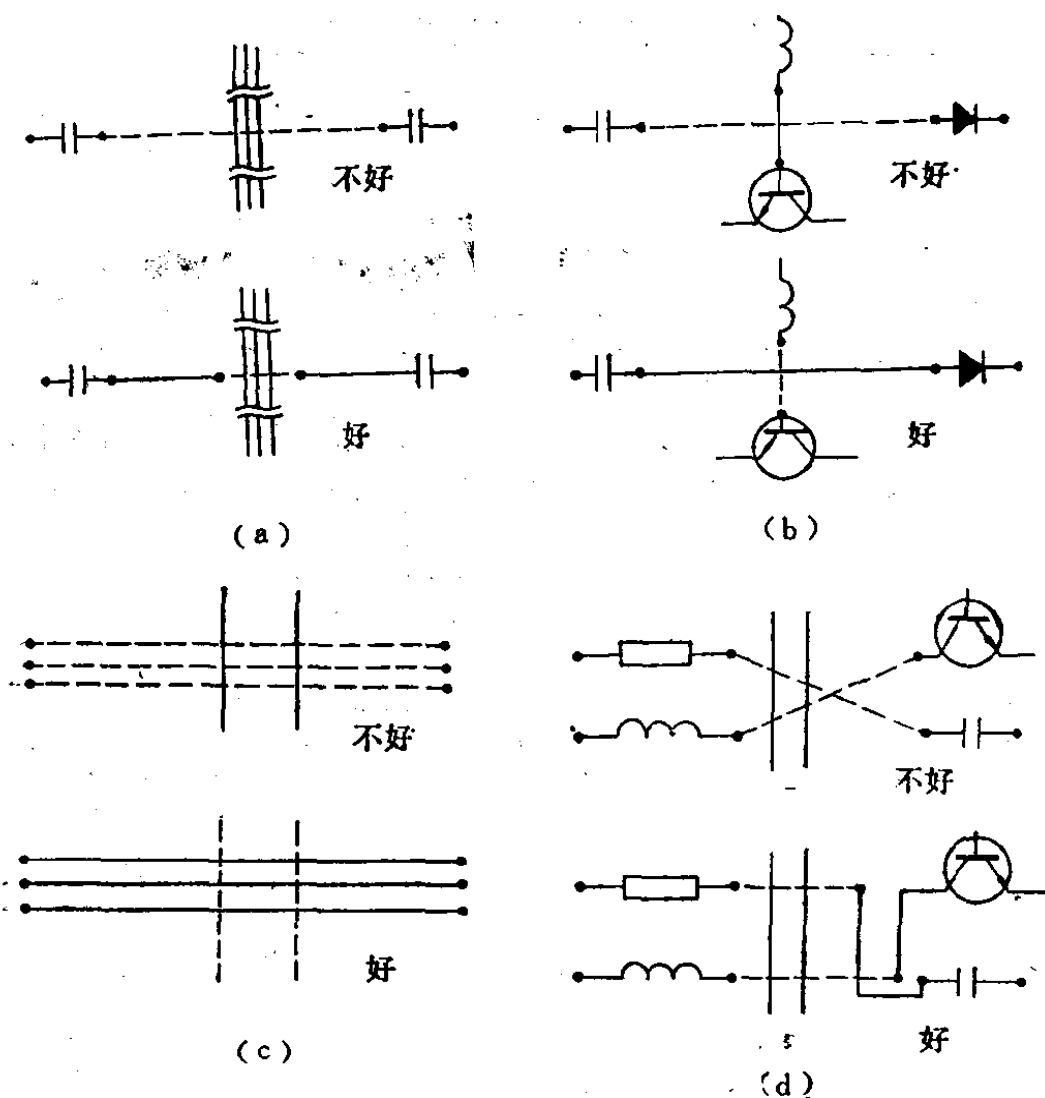


图 7-19 跨接线的设置

(4) 短跨接线之间, 一般不宜相互形成交叉, 如图 7-19(d)。

(5) 跨接线的设置, 要注意有无与印制导线平行而产生有害的耦合。

7-4 怎样使版面元件分布均匀合理

由于单线不交叉图是供给绘制排版草图用的, 除了要求元件按排版方向布设和处理好导线和导线交叉外, 还要求元件在版面上分布均匀合理。为了在以后绘制排版草图时, 使布局尽可能少地变动, 单线不交叉图应按印制板尺寸草图来绘制, 使单线不交叉图的版面与印制板尺寸草图相符。

一、版面的元件排列行数的确定

版面的美观取决于板内元件分布是否匀称, 能否有效地利用平面空间。元件的分布和导线是否合理与排列行数的确定有很大关系。在排版中应根据电路的组成结构和印制板的尺寸、形状来决定板上元件的基本排列行数。

图 7-20 例示的是两级放大电路在不同的印制尺寸时所采用的不同排列行数: 图(a)采用三行排列; 图(b)采用二行排列; 图(c)则根据板的不同情况, 采用不同行数的排列。

这里需要补充说明的是, 在整体布局和确定印制板尺寸(或板内电路划分)时, 应该根据电路的组成情况所选定的排列行数来确定印制板尺寸的宽高比。对于一般晶体管电路来说, 采用三行排列较为理想。当板内导线较多, 或者有正、负电源的电路, 可采用四行或四行以上。如电路构成与排列数不相适应, 则会引起排版困难、元件分布不均匀; 有时虽然勉强排列均匀, 却会使元件之间的连线过多, 使电路的分布电容增大, 这对频率较高和高增益的放大电路来说是

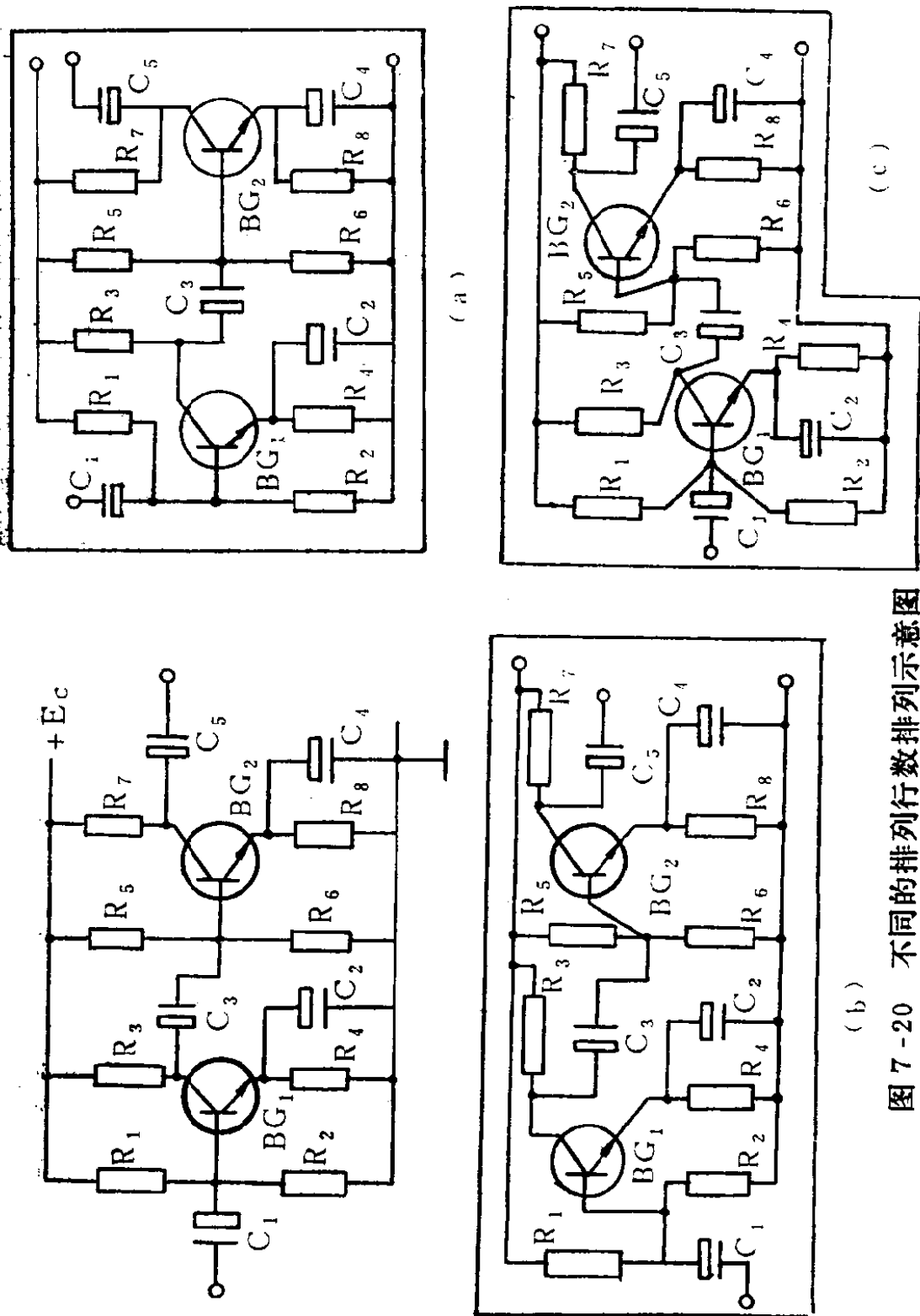


图 7-20 不同的排列行数排列示意图

有害的。另外，在电路的排版中，不要过份机械地去追求元件在板上的排列行数一致，致使元件的走线过长而影响到电性能。

二、局部电路的元件排列的调整

印制板上元件的排列行数，有时并不一定能满足板内所有电路的要求。比如，遇到个别复杂或简单的电路，或者电路中遇到有体积较大的元件，以及印制板上有较大的结构孔洞等情况。这时，必须根据具体情况对局部电路的元件排列作适当调整。

局部电路的元件排列的调整，可以通过改变元件的布设方向、元件间接点的连接方向等来实现，例如象图7-21所例示的那样。虽然在绘制单线不交叉图时，不必绘制出印制接点和导线的形状，但应用单线表示出它的布设位置和方向。

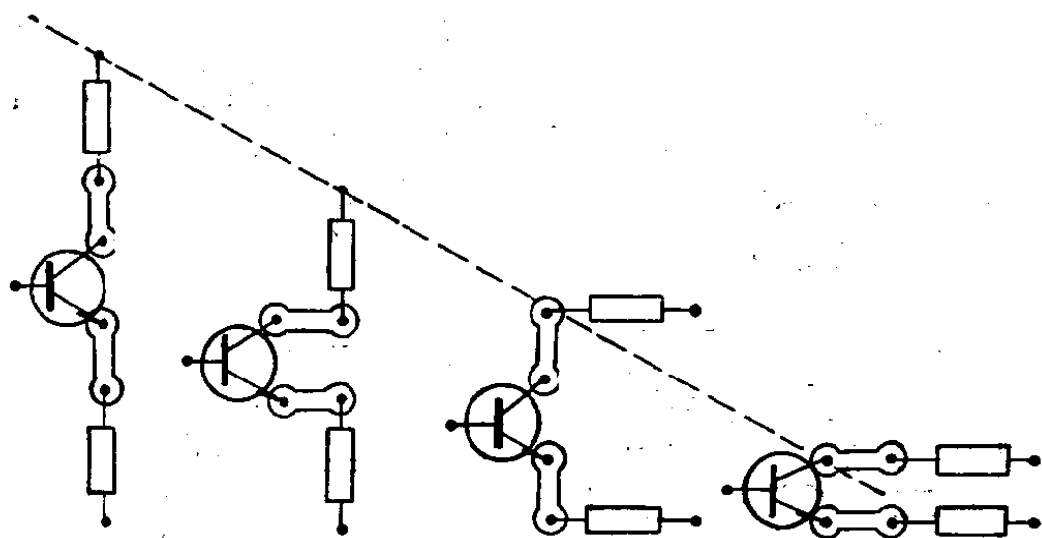


图7-21 局部电路元件的排列调整方法

三、元件的排列要求

除不规则的排版外，元件的排列要求整齐。元件的排列

除了不要歪斜外，还要求元件尽可能在同一中心线上〔图7-22 (a)〕。不同大小的元件在同一方向上排列时，一般不要使接点在同一直线上排列而造成中心线不一致〔图7-22 (b)〕。有时由于电性能或走线的影响，以及局部电路的元件密度较大而不易疏散等原因，则允许元件不按同一中心线的要求布设。另外，当印制板较大，板内的各个电路按不同的排列行数排版时，也不要求板内所有的元件按同一中心线来布设。当元件的排列不存在上述的或其他的原因时，如随心所欲地安排，造成元件参差不齐，这样做是不可取的。

在绘制单线不交叉图时，还要注意不要受走线的影响而造成元件的排列不均匀。有些排版者在排版时将走线和元件一样占用版面，看起来似乎版面分布均匀，实际上当将元件和走线分开时，元件则显得疏密不均。图7-23 (a) 的单线不交叉图，由于元件和走线同样占用版面，而造成元件面〔图(b)〕的元件排列疏密不均，影响版面的利用率。

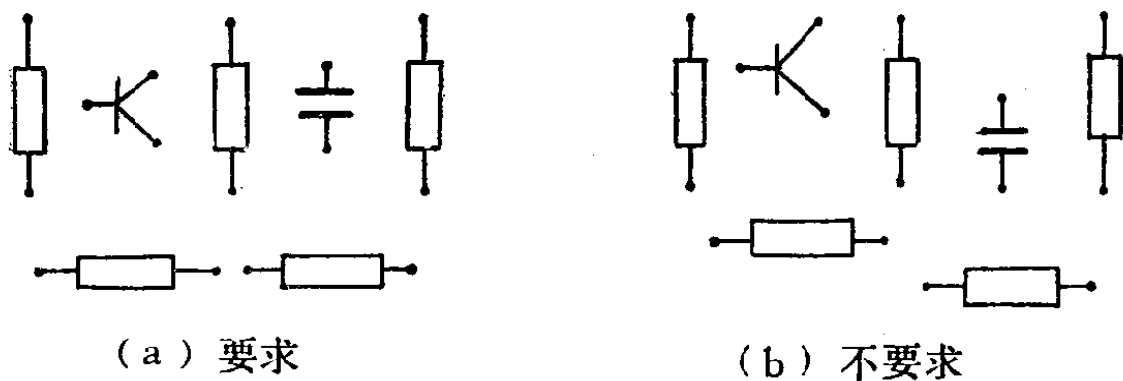
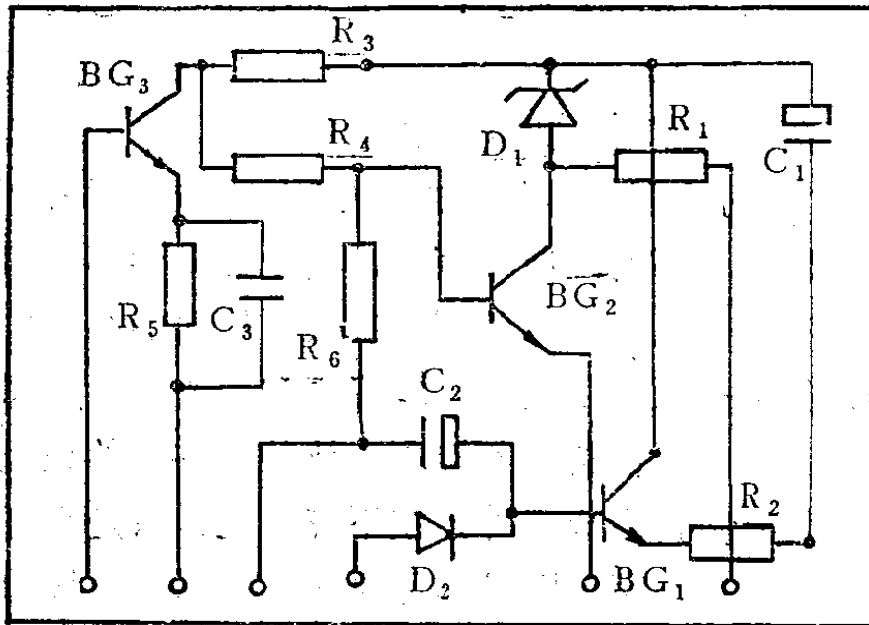
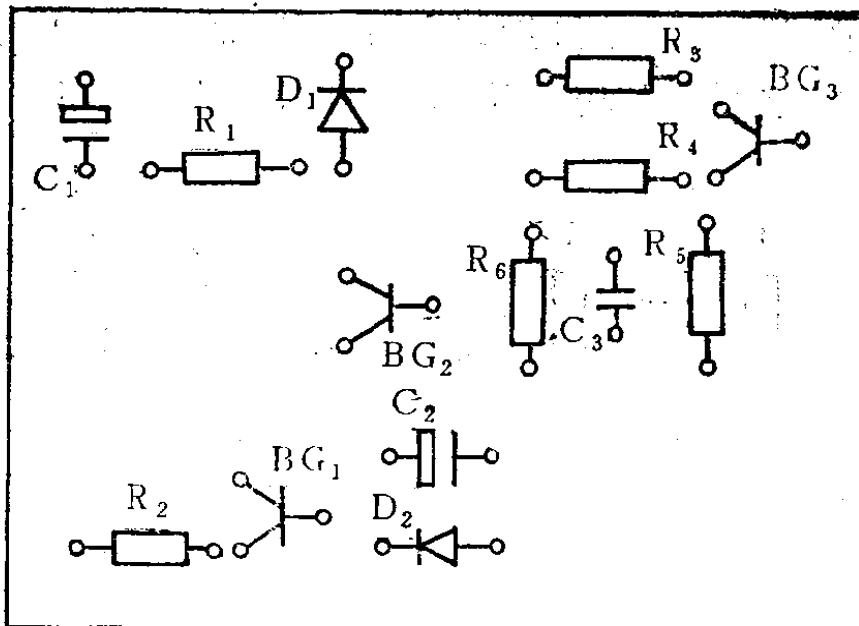


图7-22 元件的排列



(a) 单线不交叉图的情形



(b) 元件面排列情形

图7-23 导线不要占用版面

7-5 双面板的单线不交叉图的绘制

通过调整元件来解决导线的交叉毕竟是有限的。对于单面印制板说来,在电路导线较多时,如不借助跨接线的设置,则往往就无法使电路沟通。采用双面印制板来解决导线的交叉情况就大不一样了。如图7-24 (a) 的局部电路,可以在不变动元件位置的情况下,将相交的导线分别按水平和垂直方向布设在两个平面上,成为图 (b) 那样而实现立体交叉。这样,不论电路的导线数多少,只要使同一平面上的导线不产生相交,都能使电路沟通。可见,采用双面印制板来解决电路中导线较多时的交叉,要比单面印制板容易和方便

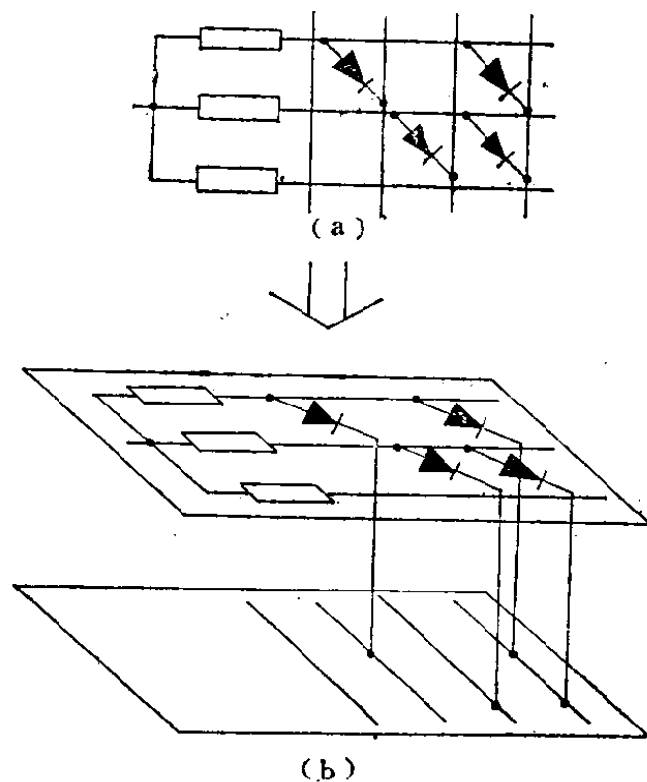


图7-24 双面导线的立体交叉示意图

的多。不必象单面印制板那样，通过调整元件或使导线迂回来解决导线交叉。因而，双面印制板的元件排列要比单面板紧凑，相应的版面的利用率也高。

虽然双面印制板的导线布设在两面，但是电路仍属于一个完整的整体。因此，为表达电路的整体连接情况，在绘制单线不交叉图时仍应在同一个平面上进行。为了区别和表示导线分布在哪一面上，可以用虚、实线来加以区别或者用两种不同颜色的线条来表示。下面结合具体的电路来谈谈绘制的要求与方法。

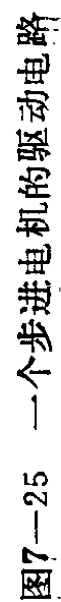
一、导线的分布面的大体确定

图7-25例示的是一个步进电机的驱动电路。

首先，需要了解一下与排版有关的一些要求： L_A 、 L_B 、 L_C 为步进电机内部的三个绕组，而不是布设在板上的独立元件。由于步进电机的绕组需要3安培左右的激励电流才能驱动转子转动，以致输出管 BG_2 、 BG_4 、 BG_6 采用大功率管3AD30来担任，并且需要备有完善的散热片，因此将大功率管装置在板外。大功率管限流电阻 R_5 、 R_{15} 、 R_{25} 和抑制反峰二极管 D_4 、 D_8 、 D_{12} 由于体积较大也需移出板外。步进电机开关K需装置在控制面板上。上述这些元件均属于板外元件。

对于分立元件的双面印制板的绘制面与单面板相同，仍以B面绘制。因此，元件的引线排列顺序和电路的排版方向与单面板相同。

导线的引出或接插件位置的选定与单面板一样。对于图7-25来说，由于需将功率级的元件引出板外，每级需引出两根导线（即功率级的基极、集电极与板内的连接）共需6根



导线。从图上来看，这些导线从上部引出要比左、右引出或向下引出要合适，所以将接插件选定在上面。这样，将图7-25需引出板外的元件引出后，可以复绘成图7-26那样（板外元件图从略），共引出12根引线。 $-24V$ 的电源可在板外元件之间连接，故同时也从板上移出。由于图7-25的晶体管引出顺序符合排版方向，因此图7-26可按原图复绘，不必取

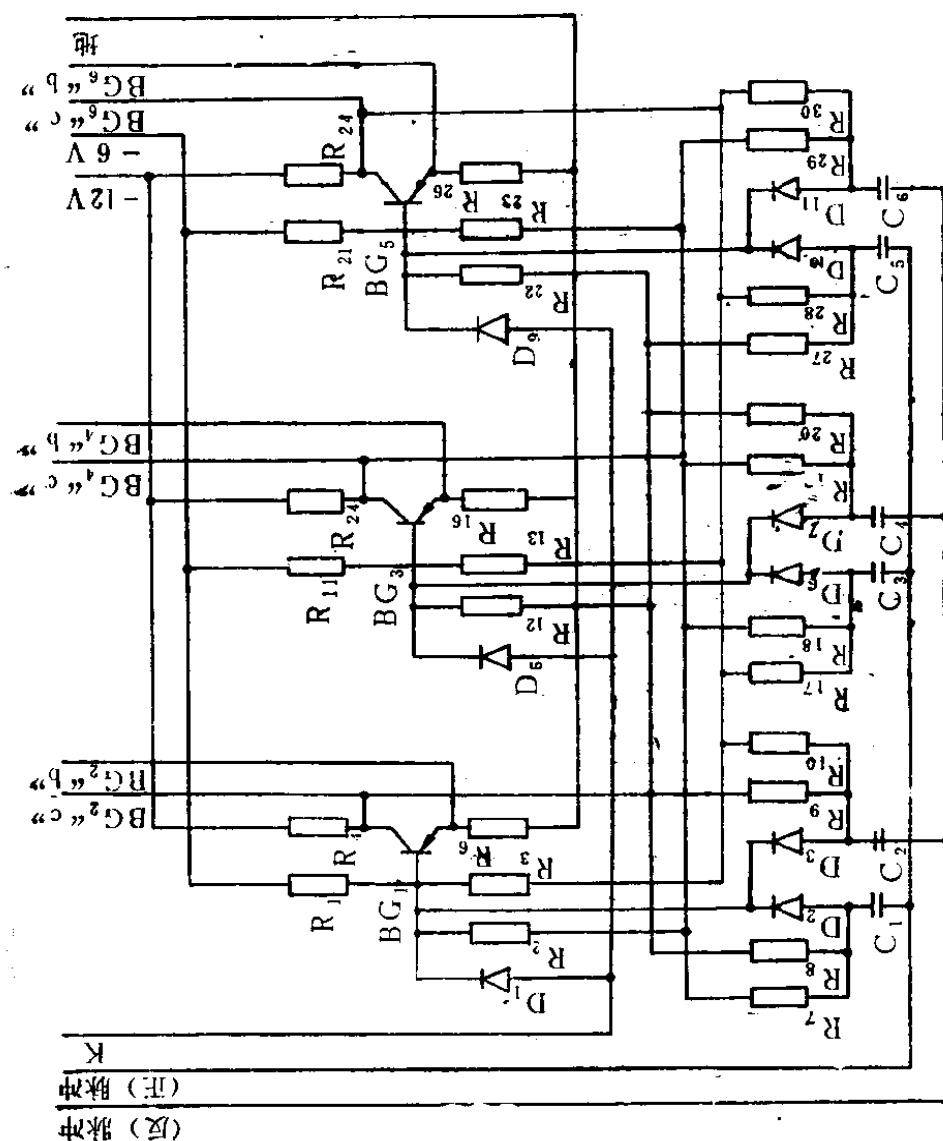
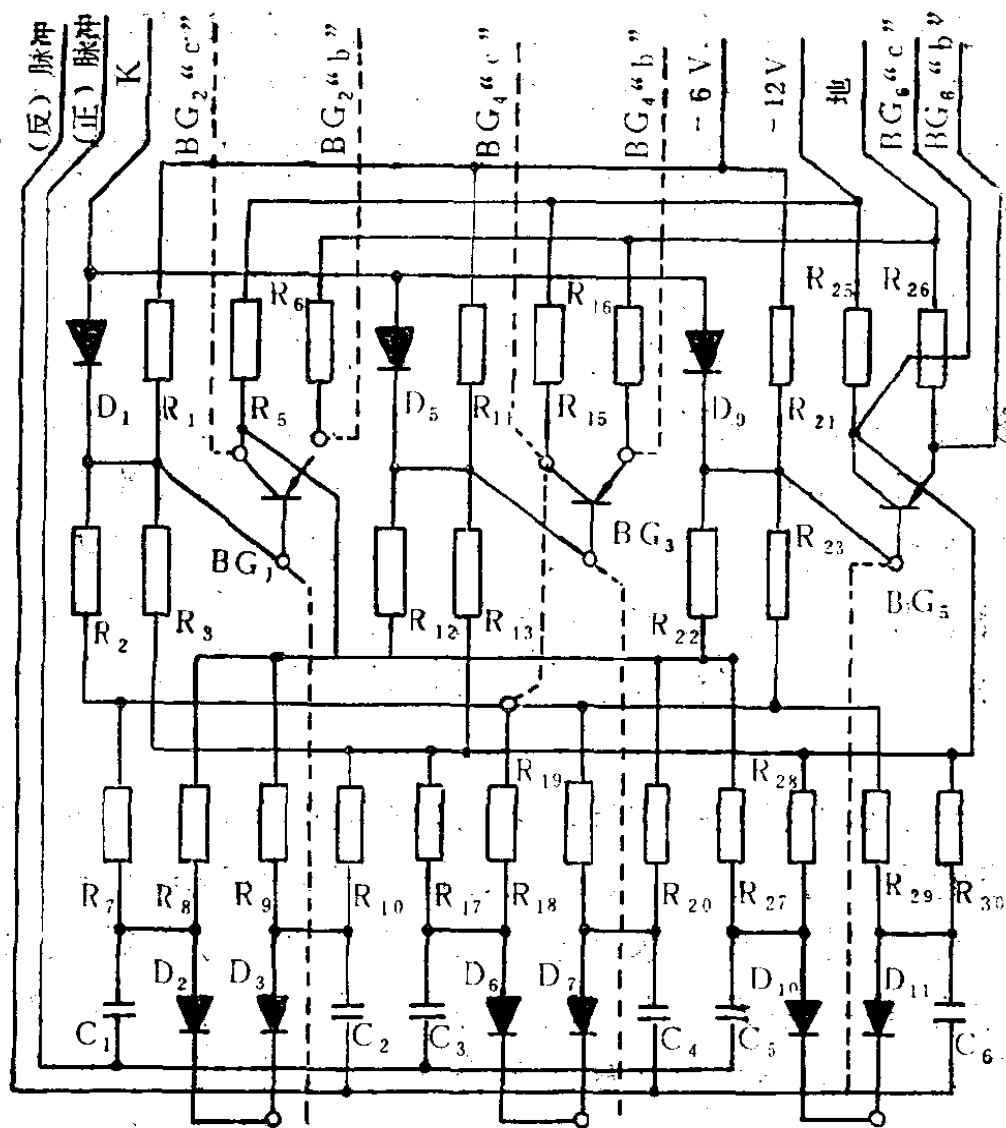


图7-26 板内元件草图

镜象图。

在导线的引出位置和数目确定以后，就可以确定导线的大体分布。确定双面印制板导线的分布方法与单面板处理跨接线的方法有所不同。单面印制板的跨接线是根据导线交叉部位的具体情况来个别确定。双面印制板由于导线交叉较多，因而在版面布局上，基本上是按导线的行走方向，将水平和垂直分布的导线分别分布在印制板的两面。这样的布局容易解决导线的交叉，即使对于十分密集的交叉导线，也能通过这样的布局使电路沟通。这也是双面印制板的两面导线为什么总是按相互垂直走向的原因。这里需要指出的是：将导线按水平和垂直分布是指导线有交叉时，对于电路中不交叉的导线，则不必按行走方向来布局，这点在下面还要谈到。

至于水平和垂直的导线应当分布在哪个面上，这要根据电路的具体情况来定。例如对于图 7-26 的电路来说，在导线交叉的密集部位，水平方向的导线比垂直方向要多。由于元件的焊接是在 *B* 面上，因而将水平方向的导线放在 *B* 面要比垂直方向的导线放在 *B* 面要合理的多。相反，如果将较多的导线放在 *A* 面，当这些导线与元件连接时，必须使元件接点的穿线孔金属化，才能与 *A* 面的导线电气连接，其结果造成金属化孔过多。所以，对于双面印制板导线的分布面确定与导线的方向无关，而是以哪一方向的导线多少来定，一般应将导线较多的方向设置在 *B* 面。图 7-27 是绘制成的双面版单线不交叉图，图中将交叉部位的垂直导线设置在 *A* 面（由虚线来表示）。为使金属化孔与穿线孔相区别，图中用空心小圆来表示金属化孔的设置部位。



图中虚线表示A面导线

图 7-27 绘成的双面板单线不交叉图

二、局部导线的布局方法与要求

1. 利用元件与导线交叉 虽然双面板是以导线的立体交叉方式来实现导线交叉，但并不意味着摒弃用元件来解决导线交叉的方法。在处理局部的导线交叉时，如果注意用元件来解决导线交叉，就可以尽量减少导线在A面上的数目，

从而减少了金属化孔的数目。比如在图 7-27 中,从 BG₅ 集电极上引出至板外的导线,是通过元件 R₂₆ 来解决导线交叉的; BG₁、BG₅ 的集电极和发射极之间所穿越的导线等,均是利用元件来解决导线交叉的。

2. 注意疏散密集部位的导线 双面印制版的导线数目较多,除了要注意导线在穿越元件时不要超过元件允许的跨距外,对于密集的导线,在不使导线迂迴的情况下,尽可能使导线做到合理地疏散。虽然有时导线并不超过元件允许的最高穿线数,但导线过份密集除了对元件布设的整齐有影响外,也会使版面的空间利用率下降。如在图 7-26 中,中间水平的导线在密集部位为 5 根,如按此图布局,不仅元件在布局时会参差不齐,而且中间的版面空间将造成浪费。在这些导线中,地线和“K”的导线均与下部的阻容元件无关,因而在图 7-27 中将这两根导线疏散至图的上部。显然,经这样调整导线布局后,对元件的排列和板的利用率都是有好处的。

3. 导线在相交时,应考虑金属化孔的数目 在图 7-27 中,上部水平方向与垂直方向引出的导线均为相同数量(4 根)。对于双面印制板来说,当采用印制插头引出时,导线可从两面直接引出,因而在图 7-27 中垂直引出的 4 根导线只要采用 4 个金属化孔就可以了。假如将垂直的导线设置在 B 面,将水平导线设置在 A 面,使导线的设置面对调成为图 7-28 那样的布局,这时金属化孔的数目就需要增加至 12 个。由此可见,对于双面板的局部导线在相交时的布局,则不应看同一方向的导线的多少,也不以导线的长短作为依据,而是以布设时金属化孔的数目最少为主要因素。在这方面,双

面板的导线布局是和单面板的跨接线处理方法是不同的。

三、金属化孔的设置位置

金属化孔的设置位置应尽可能放在元件的穿线孔上，而不要单独设置金属化孔，因为这样会增加印制板在加工时的孔数。如果元件的穿线孔较远，或者导线的走线受阻时，可以不设在元件的穿线孔上。

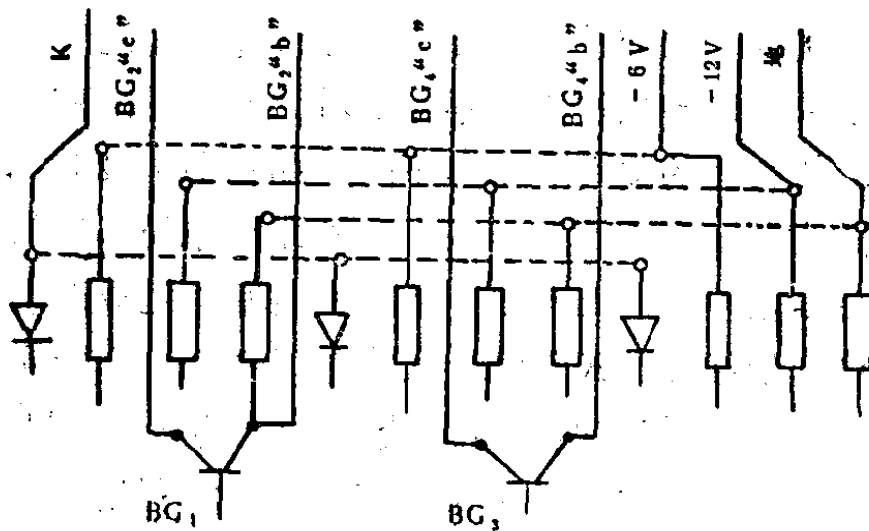


图 7-28 将图 7-27 上部导线布局变更后的情形

四、A 面导线的走向

A 面导线在布设时要注意避开板上体积较大元件的金属外壳、屏蔽罩和支架等金属结构件。同时，也不要再在绘制时与 B 面导线重叠而分辨不清。

五、元件的排列

元件排列要求与单面板相同。由于双面印制板元件的排列不象单面印制板那样受导线的牵制，元件的排列易于整齐。在图 7-26 中各行元件的数目相差较多，如不将元件作适当调整，元件的排列就会疏密不均。元件经过合理调整，

使各行元件数基本相等，其结果并不使导线增加和迂回，而元件的排列显然合理的多，如图 7-27 所示。

7-6 数字集成电路的单线不交叉图的绘制

数字集成电路是用来处理不连续变化的量，它在自动化和计算技术方面有着广泛的应用。数字集成电路在排版上有其独特的一些要求。

一、什么是逻辑图

数字集成电路的电原理图的表示方法与分立元件的电路不同，它通常采用逻辑图形符号(参看表 7-2)表示。这些逻辑图形不像分立元件中的电阻、电容、电感符号那样与元件有“像形”的关系，而是用抽象的图形来表示器件的功能。相同逻辑功能的数字电路，虽然逻辑符号相同，但是器件内部的结构可以不同，这点与分立元件的符号的使用情况一样。正如不同类型的电容器那样，尽管内部结构不同，但在电路中的符号却是一样的。表 7-2 列出我国常用的逻辑电路的标准图形符号，表中也对照列出了在统一规定前习惯使用的符号，供阅读电路图时参考。

逻辑图形符号是组成数字电路的最基本单元，由这些基本单元所组成的电路称为逻辑图。因此数字集成电路与线性集成电路在电原理图上的表示方法有所不同：线性集成电路在电原理图上只要标出引出端的编号就行，有时也画出器件内部的电路结构；而数字电路则画出逻辑图形就行。如果数字集成电路采用线性集成电路那样用引出编号来表示，则就不能表示出电路的逻辑原理；如果采用画出内部电路结构来

表 7-2 逻辑电路图形符号表

名称	标准符号	其它习惯常用符号
与门		
或门		
非门		
与非门		
或非门		
与或非门		
异或门		
与扩展器		
RS触发器		
D触发器		
JK接发器		

表示, 则大烦琐, 不易一目了然地看出电路的逻辑功能。

二、阅读逻辑电路时的注意事项

(1) 我国的逻辑电路的符号外形, 现已全部统一规定采用矩形框。在框内没有写上文字或符号的, 表示“与”逻辑; 写上“+”的表示“或”逻辑; 其他则用汉语拼音字首来表示电路的相应功能。

(2) 逻辑图的信号传递方向在一般情况下为从左到右、从下往上地传递。如电路按相反方向传递时, 则在逻辑图形符号上用箭头来表示电路的传递方向, 如图 7-29 所示。

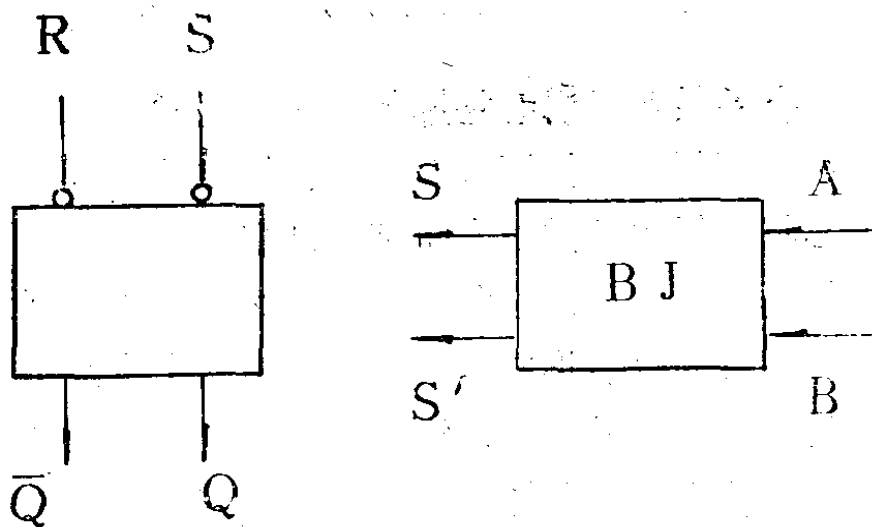


图 7-29 用箭头来表示传递方向时

(3) 在逻辑图中, 逻辑的符号可以组合成为“组合符号”而使逻辑图简化。如“与”门和“或非”门可以组合成“与或非”门, 可以用组合的与或非门符号来表示〔图 7-30 (a)〕。同样具有组合的逻辑功能的数字电路块, 在逻辑图上也可以用基本的门电路单元来表示, 以便较细致地描绘出电路

的逻辑功能原理。如图 7-30 (b) 的 RS 触发器也可以用两个与非门来表示。

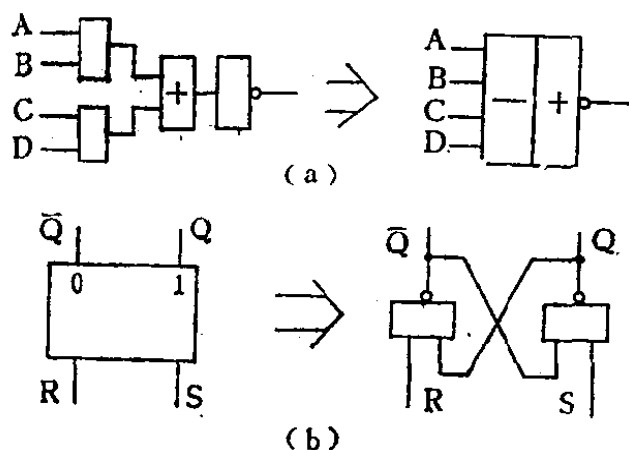


图 7-30 逻辑符号的组合与分解

三、有关数字集成电路排版的一些问题

(1) 逻辑图与排版方向不存在特定的关系，因而在排版中不必将逻辑图按排版方向进行调整。如遇到电路内有少数晶体管器件时，可在绘制单线不交叉图时作局部调整。

(2) 有的数字集成电路块，是由两个或两个以上相同功能的门电路（或触发器）组装在一起。这些门电路（或触发器）在器件内部除电源和地共用外，在电路上是相互独立而无联系的，各个门电路（或触发器）可以相互代替，也和逻辑图无一定对应的关系，在排版时可以灵活地安排。有时候实际所用的集成块的门数多于逻辑图的门数，在排版中可以将多余的门电路空起不用。

(3) 在排版中，还会遇到集成块的某些门电路有多余的输入端，或者触发器的某些多余端，这些多余端统称为闲置端。在有的逻辑图上如对闲置端已作了处理，比如将输入

端并联、接地或接电源等，在绘制时则按逻辑图的方法连接。有时这些闲置端往往不在逻辑图上表示出处理的方法时，则应在排版中处理好闲置端，这是和其他电路排版时不同的地方。

不论对于TTL集成电路还是MOS集成电路，闲置端均不要悬空。闲置端的空置，会使电路容易受到外界噪声干扰而破坏正确的逻辑关系，引起逻辑混乱而使电路误动作。对于MOS集成电路，由于输入阻抗高，在调试检修中当手和仪表触及闲置端时，极易引起栅极击穿而损坏器件。

对闲置端的处理可按下列几种方法：

1) 按电路逻辑功能的要求，将闲置端接地或者接电源。接电源时，TTL集成电路也可以经 $1\sim 3\text{ k}$ 电阻后接电源端；MOS集成电路的多余输入端在接电源时要串联 $50\sim 100\text{ k}$ 电阻。

所谓按电路逻辑功能要求，是指对于与非门的多余输入端要接到电源、或非门的多余输入端要接到地端。如图7-31(a)(b)所示。要记住必须按照逻辑功能来处理闲置端，否则就不能使电路正常工作。

2) 直接将输入端并联使用，如图7-31(c)所示。

上述两种方法应根据电路的具体情况来选择。当电路的工作速度较高时，输入端的并联会增加输入电容，增大动态功耗，从而降低了开关速度，因此，一般不宜采用并联输入端的方法。当电路的工作速度不高时，则可采取并联输入端的方法，这比接到电源和地要安全可靠或可省去串联电阻。

PMOS集成电路不用的输入端，一般都和使用端并联，触发器不用的闲置端可以接地端。

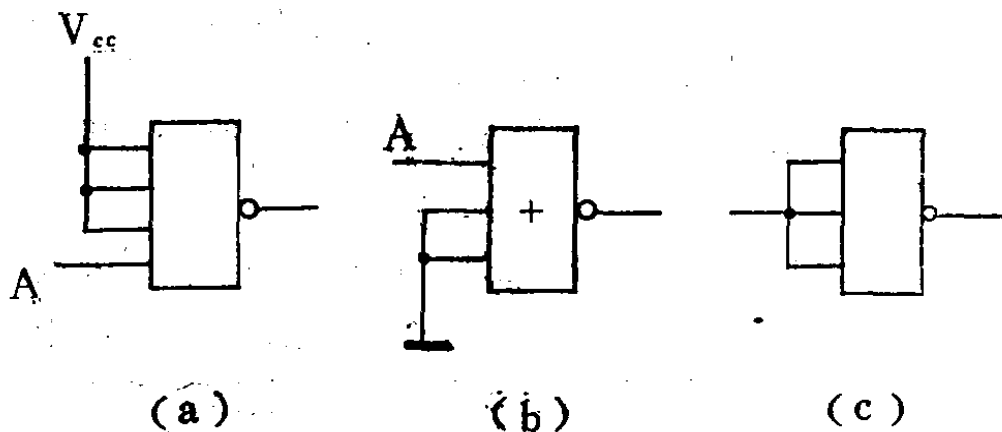


图 7-31 闲置端的处理

(4) 在排版中, 尽量避免在 MOS 电路的输入端转接, 防止接插件的接触不良或插拔时产生的感应脉冲进入输入端而造成器件损坏。如需要在 MOS 电路的输入端转接时, 应对输入端加保护元件, 一般可在输入和地之间并联一只 50—100k 电阻; 或者并联一只稍大于输入电压幅值的稳压二极管。

(5) 扁平封装的集成电路在板上的装配情况如图 7-32 所示。对于扁平封装的集成电路, 如需将引出端转至另一面时, 由于端脚距离过近, 不要在引出端上设置金属化孔。

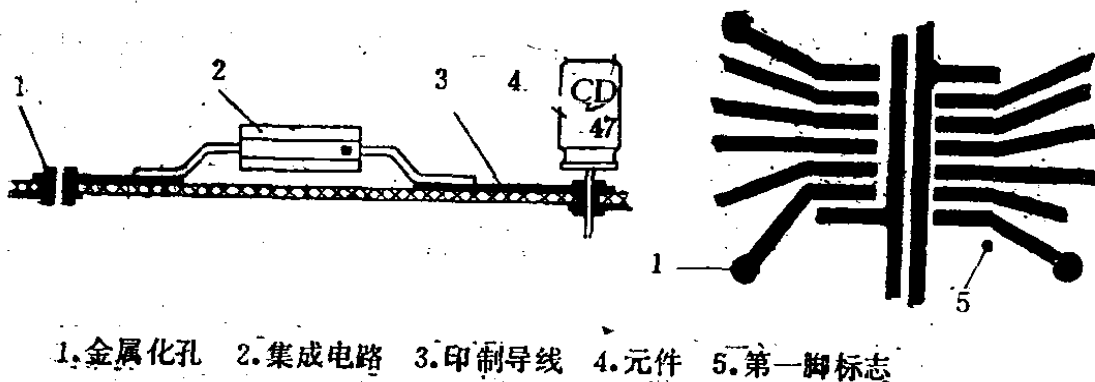


图 7-32 扁平封装集成块安装示意图

四、单面板数字集成电路的单线不交叉图绘制举例

The diagram shows a 555 timer (IC T 095) circuit. The trigger input is connected to a network of R_1 , C_1 , and R_2 . The timer is powered by a 5V supply. The output is a 50Hz square wave, connected through C_3 and R_6 to a load R_7 . A potentiometer W is used to adjust the frequency, connected to the control pin and the divider network (R_3 , R_4 , R_5). A timing capacitor C_2 is connected to the control pin.

绘制时先需查得集成块T095的外引线排列（如图7-34）。该集成块是采用扁平封装的2输入端4与非门电路，引线是按俯视图排列的。由于扁平封装的集成块在单面板上安装时，是装置在印制导线面。因此，在绘制时引线排列与俯视图相符。

(1) 由于集成块的引线较多且相距较近, 图可按比例放大来绘。

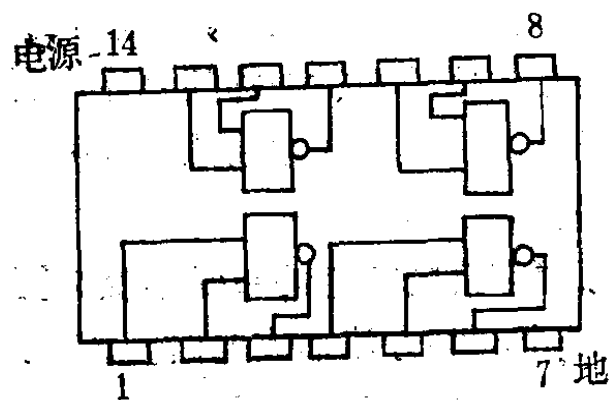


图 7-34 T095外引线排列图

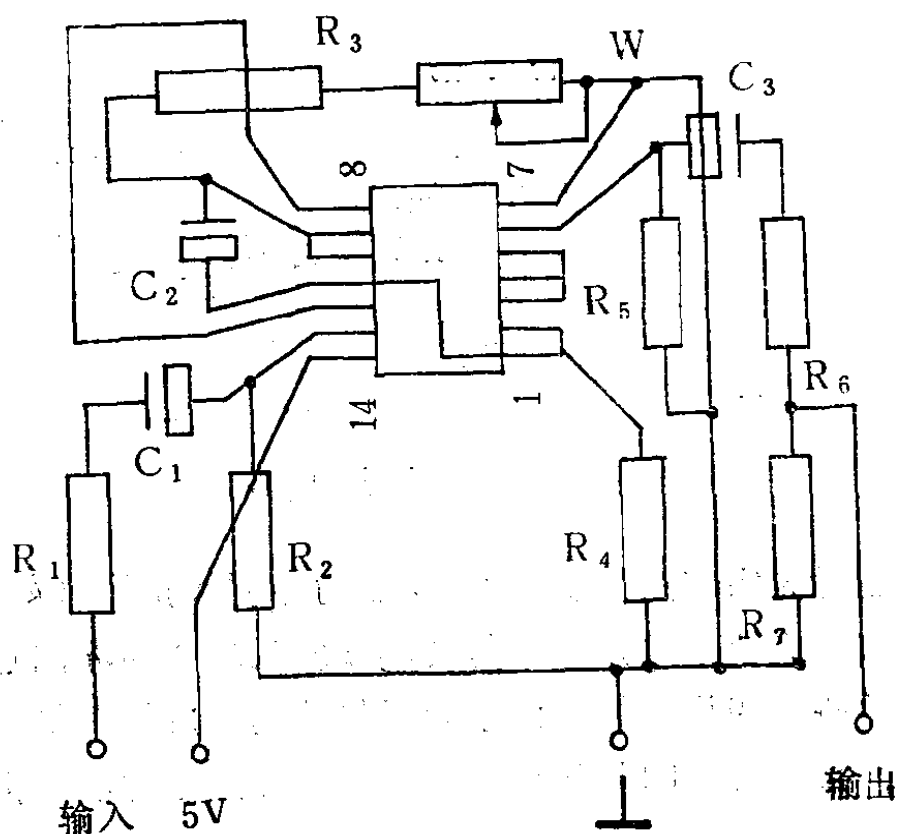


图 7-35 将图 7-33绘制成的单线不交叉图

(2) 引线在焊接端外呈辐射状，以便于安装元件的接点。

(3) 集成块内部的逻辑图一般在单线不交叉图（以及

排版图) 中不画出, 便于看清引线间的连接导线或穿越集成块的导线, 但必须标出引线编号。标注引线编号时, 不必逐个标出, 只须标明首、尾的引线编号就行。

(4) 集成块合并的引线, 可以在尾端用线条连接。尽管在排版图中相邻的引线合并时可以用一个与引线面积相等的接点来连接, 但在单线不交叉图上仍应逐个画出引线的接点, 以便识别和核对引线位置。

五、双面板的数字集成电路的单线不交叉图的绘制举例

当板内的集成块数量在 3、4 块以上时, 往往单面的印制板就不易解决导线的交叉, 需采用双面印制板来排版。下面我们结合图 7-36 的一位 “8 · 4 · 2 · 1” 代码计数器的单线不交叉图的绘制过程, 谈谈有关双面板的排版问题:

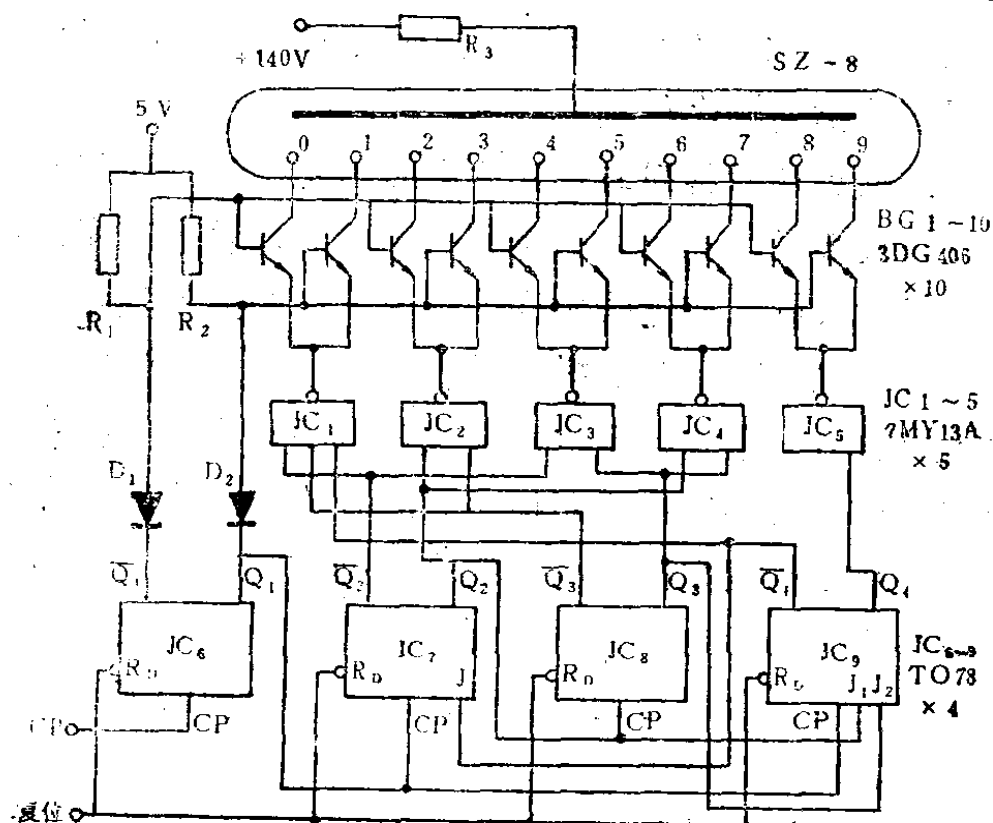


图 7-36 一位完整的 “8 · 4 · 2 · 1” 代码计数器

1. 绘制面的选定 以上介绍的单线不交叉图的绘制面都是选定在印制导线面(B面)。对于双面印制板有时绘制面也可以选定在元件面(A面)。比如,当遇到集成电路使用的是A、B型(或非部标的GB-2型)扁平封装的集成块时,由于引线 with 印制导线采用贴焊,元件与导线均在元件面,为了绘制方便与引线排列的识别习惯,可以选定元件面(A面)来绘制。对于采用双列直插和圆形封装的集成电路,在引线采用穿孔焊接时,则仍应采用B面绘制较方便。

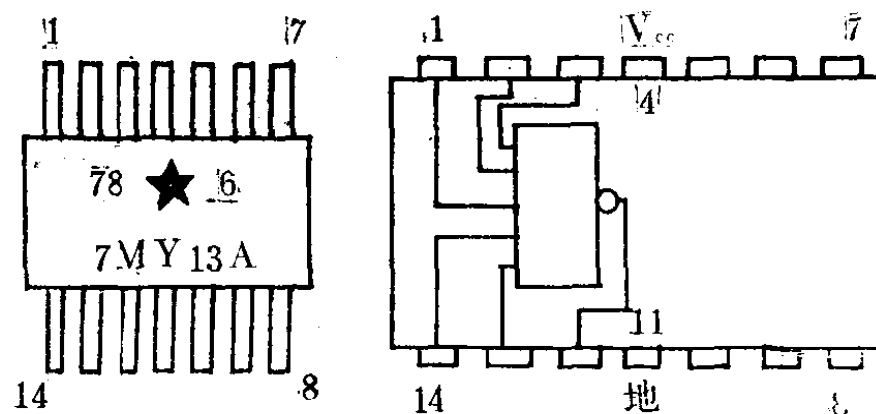
采用A面绘制时,要注意其他元件的引线排列顺序均按元件的俯视图绘制,不要搞反。

图7-36的电路使用的两种型号的集成块均为扁平封装,因此选定元件面(A面)来绘制。晶体管BG1~BG10是采用C型封装的3DG406。由于绘制面为A面,因此,管脚应按俯视图的排列顺序绘制。

2. 集成块的排列与装置方向的选定 在一块印制板上当集成块较多时,集成块的排列一定要力求整齐有序,不要零乱和任意放置。在走线允许的情况下,当然使集成块垂直和水平方向以相等间隔而排列整齐最好,在一般情况下至少应使集成块沿一个方向上(垂直或者水平)成直线排列。沿同一方向排列的集成块不要横、直混合排列。当印制板较大时,集成块的排列允许按区域组合排列。

虽然集成块与电路的排版无特定关系,但是集成块的安装方向选定是否合理对走线有很大影响。合理的安装方向与地、电源、输入、输出有关。在每一集成块上除了输入、输出的引出外,还有地和电源引出。对于扁平封装的集成块电源和地的引线是在一定的位置上引出的。如图7-36中使用的

两种型号的集成块其引线排列图如图7-37所示，7MY13A采用的非部标的GB-2型外壳封装，此种封装在老产品中仍大量存在和使用着，其引线排列和电源、地线的引出与部标的A、B型封装〔图（b）〕不同。GB-2型是以型号标志正



（a）7MY13A 引线排列

（b）78Z01 引线排列

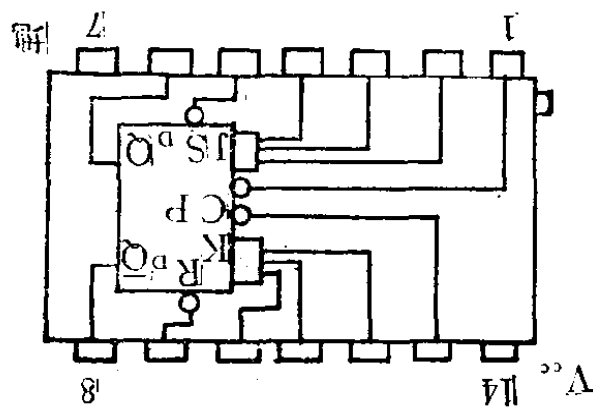
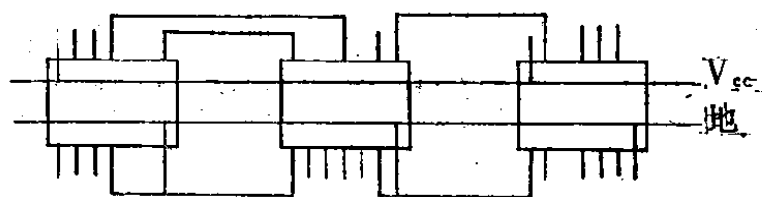
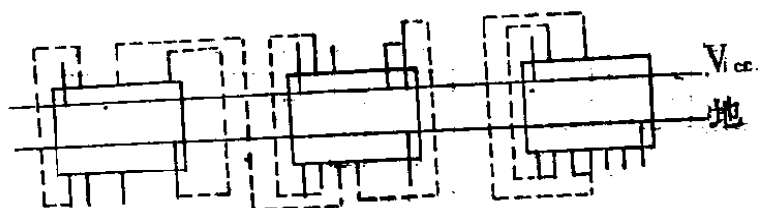


图 7-37 扁平封装的两种引线排列示意图

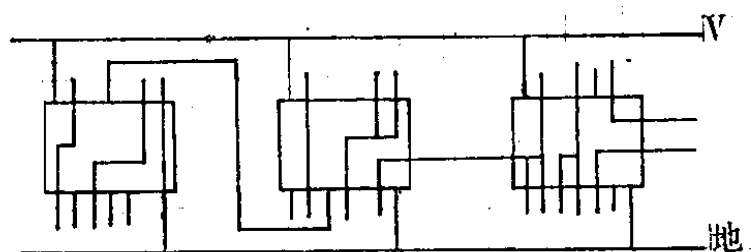
放时，左上角为 1 脚按顺时针排列，电源和地线在中间；A、B 型则以键状标记处起为 1 脚逆时针排列，电源和地分排在对角线上。



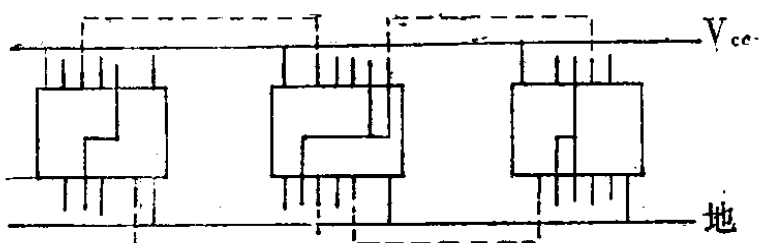
(a) 好



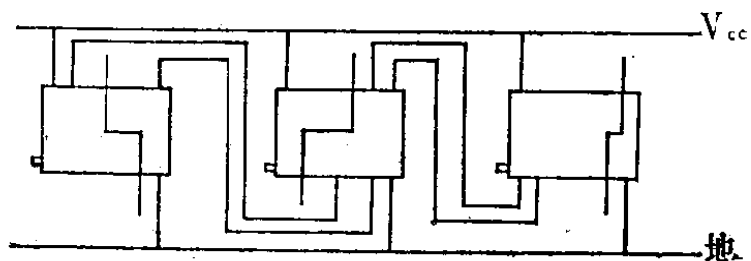
(b) 不好

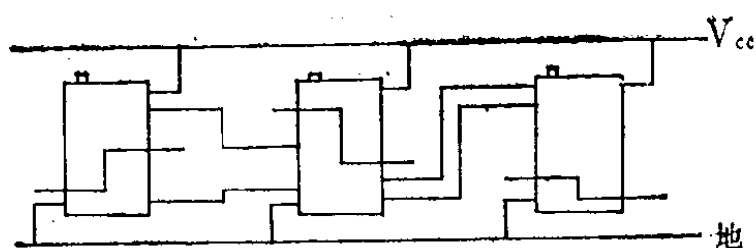


(c) 好

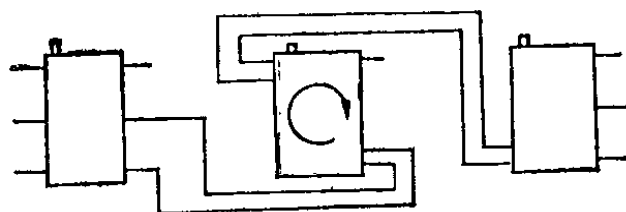


(d) 不好





(e) 整体装置方向的选定



(f) 个别装置方向的调整

图 7-38 集成块的安装方向与地、电源的布局

集成块的安装方向和电源、地的布局可根据下列不同情况来布局：

(1) 当集成块的两排引线间的连线或上、下连接的导线较少时，可按图 3-38(a) 的布局，使集成块水平放置，电源和地从两排引线间穿越。

(2) 如果两排之间或上、下之间的引线较多，则不能按图 (a) 的方式布局，否则就会形成图 (b) 那样使迂回的导线增多，并增加较多的金属化孔，此时应采用图 (c) 的布局，使电源和地线布设在集成块的外面。

(3) 当集成块间遇到有较多的导线和地、电源平行时，电源和地的布设不要离集成块太近，象图 (d) 那样。此时地和电源的走线应设在最外面，或者也可以设在另一面上。

(4) 如集成块之间的输入、输出具有一定规律的上下依次传递时，如图 (e) 那样，可以将集成块的装置方向进行

调整，使相互连接的导线为最短。

(5) 在同一行排列的集成块中，如遇个别集成块的输入、输出传递迂迴时，可以将个别集成块的安装位置调转过来，如图(f)那样。

下面具体来看一下图7-36的电路是怎样布局的。在图7-36中，共有9个集成块。如果采用 3×3 的排列，虽然从外观上做到了整齐一致，但是会造成导线迂回，故仍按原图的两行排列较为合理。上面一行的集成块 JC_1 — JC_5 为相同管型的集成块(7MY13A)组成，各集成块的输出均为同一方向。从图7-37(a)的引线排列图可以看出7MY13A是有5个输入端的单与非门电路，其中有三个输入端是与输

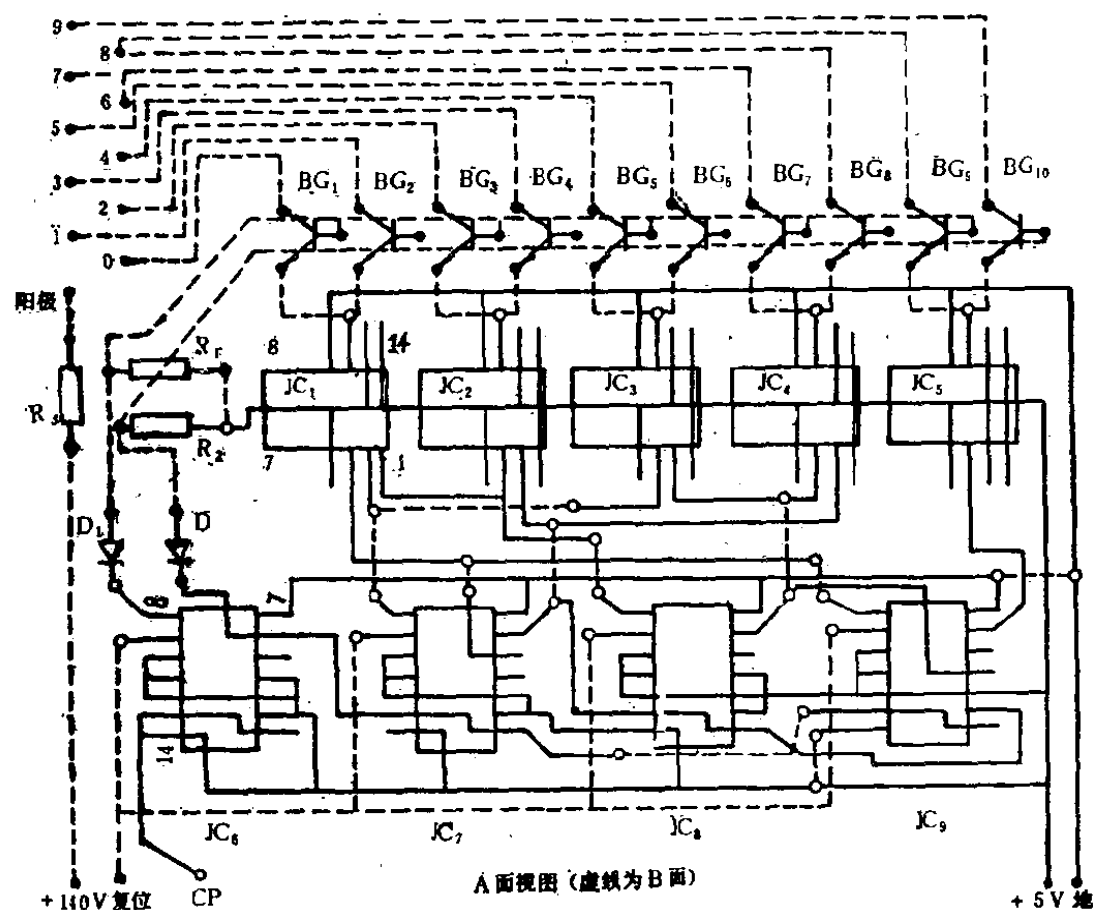


图7-39 将图7-36绘制成的单线不交叉图

出不在同一排引线中引出。图 7-39 是将图 7-36 的电路绘成的双面板单线不交叉图。图中 JC_1 — JC_5 的布局就是按照上面所述，采用沿水平方向组成直线排列。由于与非门的多余输入端均需与电源相接，因此地线就不能与电源并行从集成块中间穿越，图中将地线在集成块上面布设。集成块 JC_6 — JC_9 采用 T078，其引线排列〔图 7-37 (b)〕6、8 为输出 (Q 、 \overline{Q})，故采用直立一字形排列，地和电源则分别布设在集成块的上、下两侧。

3. 导线的 A、B 面的确定 如果说集成块的排列是以减少导线数为主要要求，那么导线的 A、B 面的确定则是以减少金属化孔的数目为主要要求。在上一节中，关于分立元件的双面印制板导线大多安排在 B 面，有利于减少金属化孔数，这适用于分立元件的电路，或适用于以穿孔焊接的双列直插和圆型封装的集成电路。但对于采用扁平封装的集成电路来说则不完全是这样。有些排版者不按电路的具体情况，在处理双面印制板时，一律将较多的导线设置在 B 面，这是不对的。在数字集成电路中大多采用扁平封装，在处理扁平封装的集成块的排版时，为减少金属化孔的数量，一般将导线放置在 A 面。如电路与分立元件混合（或与采用穿线焊的集成电路混合），则导线的 A、B 面应根据具体的电路来分别进行确定。例如在图 7-39 的布局中，晶体管 BG_1 — BG_{10} 和电阻、二极管等元件的走线放在 B 面。如果放在 A 面（即与元件在同一面），这些元件如不设金属化孔，就会造成焊接困难。在集成块附近的导线在相交时，应将导线尽量放在 A 面。在图 7-39 中，由于水平方向的导线较多，故采取使垂直方向的导线在相交时放在 B 面。

4. 局部导线的布局 它与金属化孔的设置要求与分立元件的双面板相同, 这些已在上一节中谈过, 不再重复。这里仅对图 7-39 中局部导线的布局和金属化孔的设置作一些说明:

(1) 图最下部的复位导线, 虽然它沿水平方向布设, 但却设置在 B 面 (红线)。如按照水平方向的导线一律放在 A 面来布局, 显然就要增加 4 个金属化孔。

(2) 图右地线至 JC_6 — JC_9 的地的一段导线, 同样为水平方向, 但却仍设置在 B 面, 这样的处理使两根垂直导线不必转换至 B 面布设。

(3) JC_1 — JC_5 的输出与 BG_1 — BG_{10} 发射极的连接, 金属化孔设置在集成块附近, 而没有安排在发射极的穿线孔上, 否则就会使水平方向行走的地线设置带来困难。

7-7 有关绘制的几个问题

在以上各节中, 分别对各种类型电路的单线不交叉图绘制的导线要求和方法作了介绍。在本章结束前, 再就绘制中的带有共性的一些问题作必要的说明。

(1) 在本章中重点讨论的是版面的布局方法, 为节省篇幅, 对电性能方面没有作过多的说明。当然, 理想的布局并不仅仅是指版面的排列或使走线沟通, 主要还应包括电性能方面的要求。否则, 即使元件排列匀称和电路沟通, 如电性能不良, 这样的排版, 也只能是一块废版。关于电性能的要求, 主要是指本书一、二、三章中所涉及到的有关方面, 这些均应在绘制过程中同时加以考虑。

(2) 绘制单线不交叉图是印制板排版设计的一个主要过程，也是决定排版设计成败的重要过程。对于复杂的和排版难度较大的电路，不要一次求成。即使是对于排版已具有一定经验的人，也很难一次就将电路的各个方面排的很理想，难免会出现某些欠缺之处。因此在绘制前要多阅读电路图，在对电路熟悉的情况下再开始着手绘制。绘制时，可分几步进行：先将电路按排版方向调整；其次再着重解决导线走向和消除导线的交叉；最后再解决元件的排列。上述步骤也可以反复进行。在绘制时可以多画些草图，对不同的布局方案可进行反复比较或综合起来。这样，即使是对于排版难度较大的电路，也能化繁为简，最终得到理想的排版布局。

(3) 排版是一项工艺设计，通过排版使电路得到合理的组成。要合理的处理好电性能、元件的装置密度和空间利用率这三者的关系。在排版中要反对原理图式的排版，因为按照原理图的自然布局的排版，元件的分布往往不合理，同时导线的走向也不一定能符合电性能的要求。也不要同文字印制那样排版。因为印制板的排版毕竟不同于文字排版，不能将元件按文字那样机械地排列，每一行有一定个数，每一个版面有一定行数，这样的排版必然会导致连接导线的迂回布设，而影响电性能。在排版中，还要防止将电路排列过于零乱和交错，这样的排版会造成电路间的耦合干扰，同时也不便于维修时寻找元件。尤其对于较大的印制板，在布局时应注意到电路在布局区域内的完整性。

(4) 在采用多印制板的组合装配结构中，有时印制板采用统一尺寸和形状，而各印制板内的元件数不一定相等，在排版时，对元件较少的印制板，不要使空余部位集中在一

处，印制板四周可适当留空，并适当拉大些行距来解决，而不要采用扩大元件跨距的做法。

（5）为绘制方便，对同一平面上导线相交时的电气连接，可以不必象原理图那样用圆点来表示。因为在单线不交叉图中，同一平面的导线不作电气连接是不允许存在相交的，导线的相交亦即表示其电气连接。

（6）在绘制中，如发现总体布局或印制板尺寸不合理时，应对总体布局和印制板尺寸作必要的修正。

（7）单线不交叉图绘好后，应对照原理图、板外元件和接线草图、印制板尺寸草图等，看看有无不符之处，检查元件有无缺漏、重复设置和导线连接是否准确无误。对不合理的元件和导线的布局作必要的更改。对于相交的导线，应检查一下是否属于应电气连接的交叉点，对不允许电气连接的导线交叉，则应变更导线的布局。对于双面板，应检查同一平面的导线，即同一颜色或同一线型（虚、实线），是否存在不应电气连接的相交，如有则应加以变动。

（8）单线不交叉图上的元件编号，仍应采用电原理图的编号。如需将元件按板编号，必须待排版草图绘成后，再重新对各板元件和电原理图统一编号。

第八章 排版草图的绘制

单线不交叉图是用来表达排版构思的草图，它大体确定了元件和导线在布局上的互连关系。但是，由于单线不交叉图中元件和导线并非是严格地按照一定的比例绘制的，因此就不能直接在单线不交叉图上复绘出排版的正式工作图来，还应将元件和导线按照一定的尺寸比例进行布设并绘出印制图形，这就是绘制排版草图的意义。排版草图是排版设计的总体阶段，必须将印制电路板上的所有有关因素集中在一张图上表达出来。它包括下列内容：榫接的元件、导电和非导电图形、表示出电气和机械的连接形式和结构、印制板的尺寸和孔等。

8-1 绘制的基本方法和图的比例确定

一、绘制的基本方法

排版草图虽不是正式的印制板工作图，但它是用作复制各工作图的样图，因而必须精确绘制。

单线不交叉图绘成一定比例关系的排版草图时，元件和导线的位置会有一定的变动。因此，绘制排版草图仍不要采用一边布设元件，一边绘制接点和导线的绘制方法。这样绘制，很难一次就能够刚好与印制板尺寸相符或使整个布局理想，也不便于更改。排版草图的绘制，最好分两步进行：第一步如图8-1(a)所示，先在图上布设元件和走线，确定穿

线孔的位置；第二步再绘制接点和导线图形。采用两步进行绘制，主要是便于对不合理的元件和导线的布设进行修改，直至布设合理。

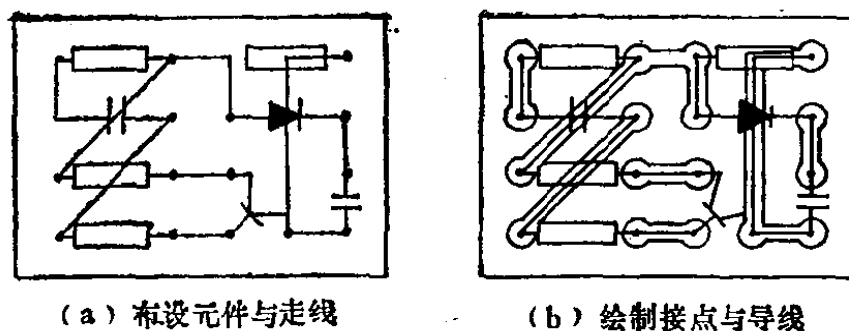


图8-1 排版草图的绘制步骤

元件和走线的布设看起来似乎与单线不交叉图相似，但是它具有单线不交叉图所没有的内容，如穿线孔位置的确定、元件和走线按尺寸比例布设等。虽然对于简单的电路，可以将单线不交叉图和元件的布设合并在一起一次完成，但对于大多数电路来讲，分别进行绘制仍是十分必要的。前者着重于解决版面布局和考虑电性能方面的要求；而后者则以实际尺寸位置为主要方面。这样对排版设计者来说，不必一次考虑过多的因素，使思考过程复杂。实践证明，分别绘制是提高排版效率的一种方法。

二、绘制用纸和图的比例确定

由于印制板各工作图之间有时成镜相图的关系，为便于直接在排版草图的正反两面复绘工作图，排版草图应用半透明的纸绘制。为使绘制图形的尺寸准确，可采用半透明的印有坐标格的描图纸和计算纸等来绘制。如在空白的纸上绘制，则应画出坐标格线。

排版草图本身并不是排版正式工作图，选定排版草图的

比例尺寸，要根据主要工作图的比例尺寸来定，这样就可以使主要工作图直接可在排版草图上复绘。否则，由于比例尺寸不符，要进行缩放和测绘，对图纸的绘制和校对带来麻烦。主要工作图是指印制板零件图和照相底图，因为这两种图纸的图形尺寸要求要比印制板装配图和其他工作图严格。在选定排版比例尺寸时尽可能使图纸的比例尺寸统一。对于照相底图一般要求比例为2:1或4:1。

排版草图和工作图在绘制时应按比例尺寸来选定格数。如用每小格为1毫米间距的座标格来绘制时，当比例为2:1或4:1时，则分别为2或4小格代表为1毫米。当元件按2.5毫米的基本格排列，比例为2:1或4:1时，则5小格或10小格（1大格）为基本格的一个格距。如果采用印有2.5毫米的座标格纸绘制时，当比例为2:1或4:1时，则为每2格或每4格为实际的一个格距。当用2.5毫米座标格纸来代替普通座标纸来绘制时，如果每格代表1毫米，则图的比例为2.5:1；每两格代表1毫米时，则图的比例为5:1。所以2.5毫米的座标格纸，也同样可以用来绘制非座标格排列的印制板，但比例尺寸要有所不同，在绘制中不要搞错。由市售的GB-1360-78-3、GB-1360-78-4，是专供绘制印制板工作图用的描图纸和铜版纸，其格距每小格为2.5毫米，每四小格为一大格，用来绘制印制板图是很方便的。

8-2 元件与走线的布设方法

在排版草图上布设好元件与走线，是一项十分细致的工作，马虎不得。否则，除了影响元件的排列美观外，更主要

的是还会造成元件在装配时堆积，以至无法装配。

一、元件布设的方法

元件的布设方法与印制板尺寸是否已定有关：当印制板尺寸未定时，元件的布设由于不受印制板尺寸的限制，因而可以比较灵活地进行布设；当印制板尺寸已定时，为使元件的布设与印制板的尺寸相吻合，必须根据印制板的尺寸先计算出元件排列的尺寸参数(如行距、间距)后，再布设元件。下面介绍印制板尺寸已定时元件的布设方法。

印制板尺寸已定时，首先要将印制板尺寸绘在图纸上。一般不要直接用印制板尺寸草图来绘制，防止在绘制中因修改而擦去了原来的尺寸与孔，而使原始数据丢失。在已定的印制板上布设元件，可先分别求出元件在水平和垂直方向上的装配尺寸，现以图 8-2 所示的两级放大电路的单线不交叉图

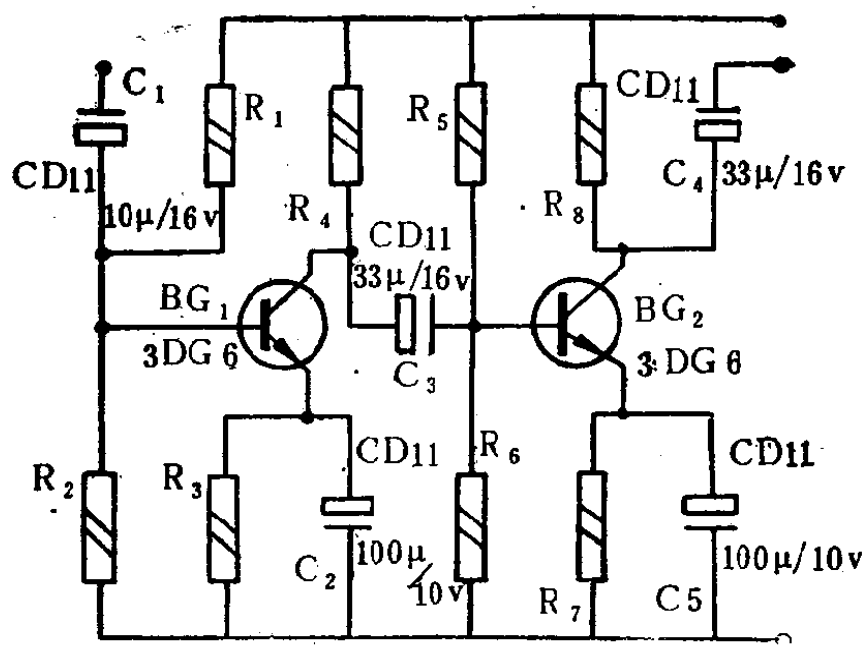


图 8-2 两级放大电路的单线不交叉图

叉图为例，来谈谈具体元件装配尺寸的计算方法和过程。

在图 8-2 中，为方便起见，同时列出了与元件外形有关的型号和符号，不另列表。图中电阻全部采用 RT-0.125W 的规格。在计算元件所需的装配尺寸时，不必按全部元件来计算，那样既很麻烦，也无必要，可以分别选取水平和垂直的直线方向上元件最密集或需最大装配尺寸的部位来计算。这样，对于元件较少或装配尺寸较小的部位，元件也就不存在安排不下的问题。如图 8-2 的电路，在水平方向的直线上，上、下两行的元件均比中间一行多，且元件数相等（为 6 个）。由于下面一行的两个电解电容（ C_2 、 C_5 ）比上面一行的两个电解电容（ C_1 、 C_4 ）的外形尺寸要大，因此应选定下面一行来计算水平方向的安装尺寸。查表 5-18 可知，RT-0.125W 电阻的间距为 5 毫米；查电解电容的产品手册可知 CD11-100 μ F-10V 的电解电容外壳编号为 5 号，根据表 5-19 和 5-20 查得间距为 10 毫米。总的安装尺寸为各类元件数乘以相应的间距而得的总和：

$$5 \text{ 毫米} \times 4 + 10 \text{ 毫米} \times 2 = 40 \text{ 毫米}$$

即为 40 毫米。

在计算元件的安装尺寸时，不要按元件的排列次序去依次相加（如按 R_2 与 $R_3 + R_3$ 与 $C_2 + C_2$ 与 $R_6 \dots$ ），这样的计算方法要比上面所用的方法要麻烦，因为采用这种方法计算时，要求出不同元件的间距，尤其是不同规格和型号的元件混合布设时计算就更为繁琐，而所得的结果却仍是一样的。

对本书没有列表的元件，可以根据安装方向上的最大外形尺寸加上元件间的安全间隙（只加一边）来计算。元件按

座标格排列时，应取座标格的整倍数（上限）来计算。在计算尺寸时，如遇有的元件排列与计算尺寸的方向平行时，应按元件的跨距来计算。另外，元件间的导线所需的布设尺寸，超过元件间距时，应将超过部分的尺寸计算在内。现在我们来计算图 8-2 的垂直方向的安装尺寸。垂直直线方向上的最大安装尺寸为两个电阻轴向和晶体管串联排列时的尺寸。查表 5-16 可知，电阻 RT-0.125W 的最佳跨距为 15 毫米；晶体管 3DG6 为 C 型管壳，管脚间距可取 5 毫米；元件接点间的行距可取 5 毫米。这样，元件在垂直直线方向上所需的最大安装尺寸为 45 毫米。

上述计算的尺寸为元件在印制板平面上安装时所需的尺寸，未包括印制板机械和电气连接结构和工艺区留空等所需的尺寸在内。

元件安装尺寸的计算，似乎比较麻烦，但对于绘制排版草图来说，即使不先计算而直接排元件，也仍然需要知道每个元件在布设时取合理的安装间距，否则元件的位置仍然是凭大概来进行安排，这样布置仍不可避免会出现不合理的情况，尤其对外形印象不深刻的元件，更会这样。

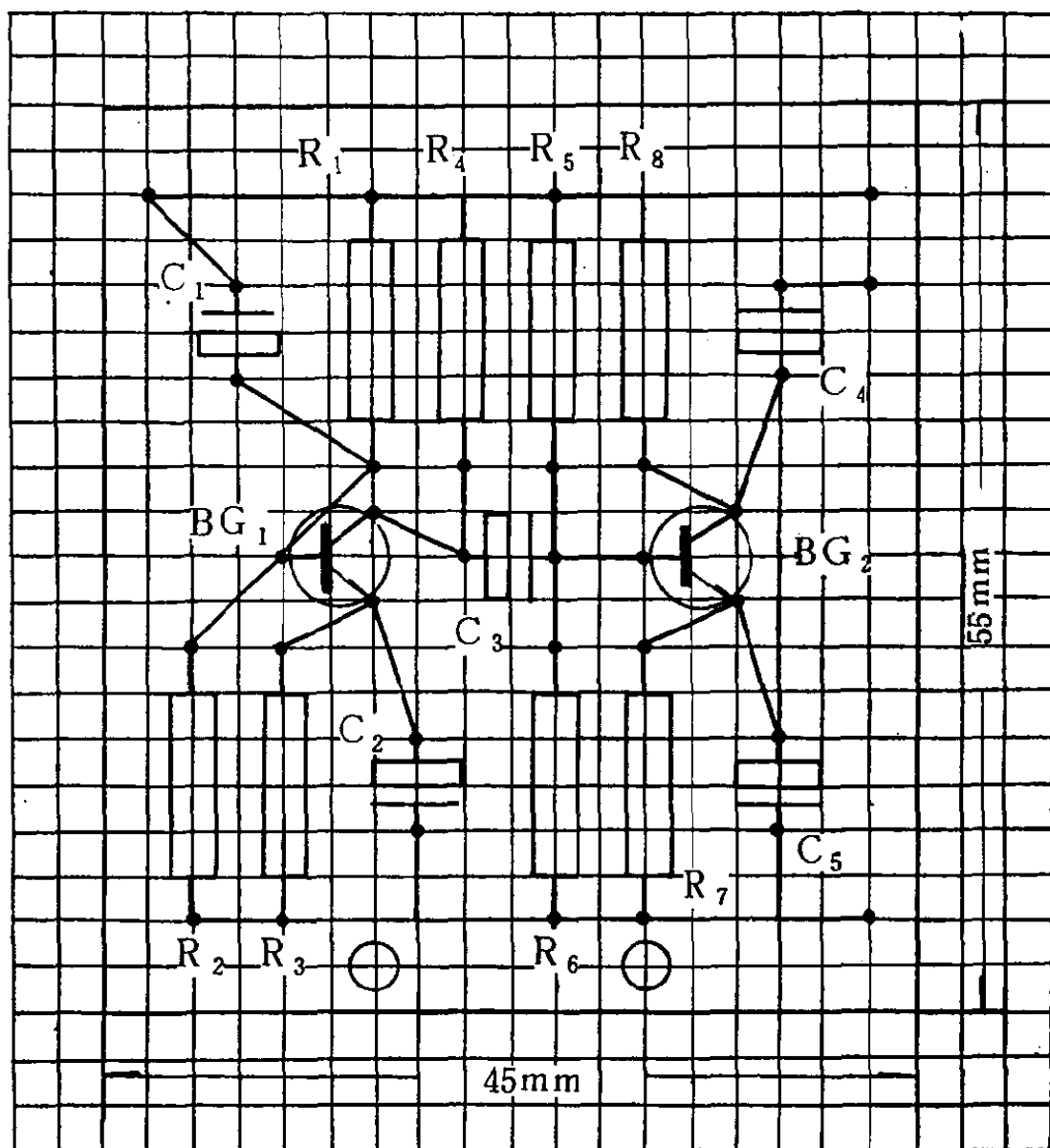
印制板所需尺寸计算好后，就可以和已定的印制尺寸对比。如两者相符时，则元件就可按计算时的尺寸进行布设；如不相符，则应适当变更元件的间距和行距或调整元件的布局。调整元件的间距和行距，座标排列要比座标格排列要容易些。因为座标格的元件间距和行距调整时必须按座标格的整数来调整；而座标排列的间距和行距可以适当地加大或压缩，从而使元件的安装尺寸与印制板尺寸相符。当印制板的尺寸稍小时，座标格排列的元件，要想使元件的间距和行距按

整格数来压缩则是不可能的，而座标排列的元件就比较好办些。在本书第五章中有关的元件行距、间距是以2.5毫米座标格的整倍数来取的，与元件的实际尺寸总有一定的余量，在座标排列时，也可按实际的元件尺寸进行压缩。另外，也可以根据元件在安装时所占据的不同空间高度来压缩元件的安装尺寸。元件的安装尺寸的压缩是有限的，在元件排列不下时，则应变动印制板尺寸来解决。当印制板尺寸大于元件安装尺寸时，元件的排列调整要容易些，但仍不应过大，否则便会造成元件排列过份稀疏，必要时也应变动印制板的尺寸。另外，如印制板的面积尺寸相似但宽、高比不符，使元件和导线不能按照单线不交叉图的相对位置来布设时，则应对单线不交叉图的布局重新调整或变更印制板尺寸。

现以8-2的电路用座标格布设为例，来具体说明元件的布设与调整的方法。

(1) 印制板尺寸相符时，图8-2的电路可以布设成图8-3那样。该图采用了2.5毫米的基本格距来绘制，图的比例为2:1。图中左右两边各留空2.5毫米；下边由于印制板有印制板固定用的结构孔，为对称起见，上、下两边各留空5毫米。因此，印制板的尺寸为55×45（毫米）。

(2) 印制板尺寸较小（即小于55mm×45mm）时，主要要解决元件能否排列得下的问题。前面已经谈过，按座标网格排列的元件，如要按整格数来压缩元件的间距是不可能的，对座标网格排列的元件压缩可以采取调整元件的布局、改变元件的安装方向（如将水平或垂直排列的元件，改为垂直或水平排列）、采用参差排列等方法，充分利用元件的空隙来压缩元件的安装尺寸。有时，由于单线不交叉图元



格距 = 2.5毫米; 比例2:1

图 8-3 图 8-2 的元件布设例图之一

件因为没有按照实际尺寸来排列，因此空余的位置不易准确地观察出来，也可以先将单线不交叉图按照印制板尺寸相符时绘出元件的布设位置，然后再根据元件排列的情况来观察元件间的空余部位，找出元件的布局调整的办法，往往容易

收到较好的效果。比如，我们可以通过分析图 8-3 的元件布设位置，可以较清楚地看出图中的电解电容 C_1 和 C_2 、 C_4 和 C_5 在垂直方向上有空余位置，中间一行晶体管 BG_1 、 BG_2 的两侧也有空余的位置，要比观察单线不交叉图更容易得到尺寸的实际概念。

现假设需要在水平方向压缩 5 毫米，看看元件是怎样布设的。5 毫米的尺寸对于 2.5 毫米的坐标网格应是 2 格。从前述已知，印制板两边仅留空 2.5 毫米，因而两边的留空不允许再压缩，必须从元件的排列上着手。那么，能否从改变元件的安装位置上来压缩元件的排列尺寸呢？我们先来看看有否这种可能性。图 8-4 是局部的两种排列方向的对比尺寸，通过对比可看出，当将 R_3 从垂直改为水平放置与 C_2 并

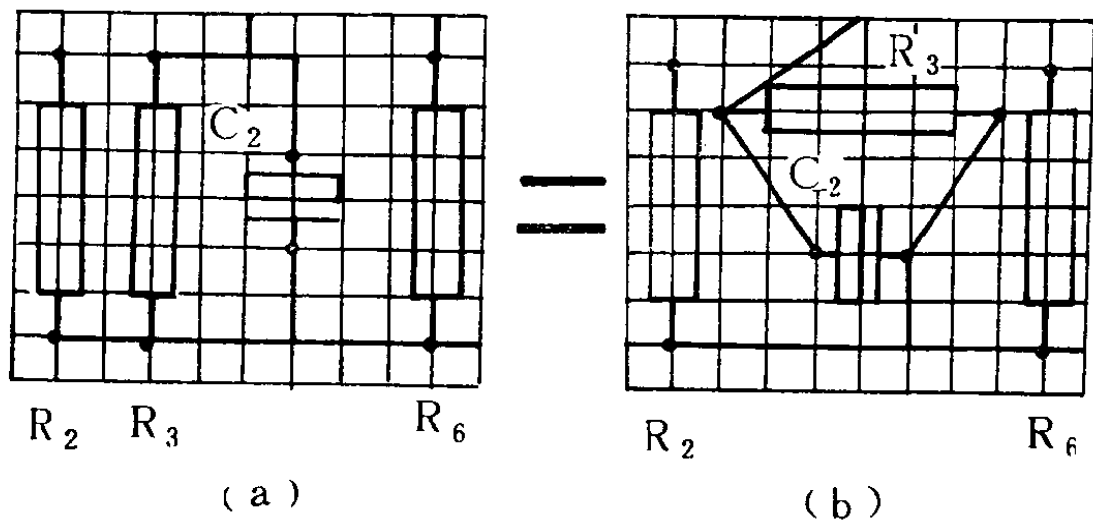
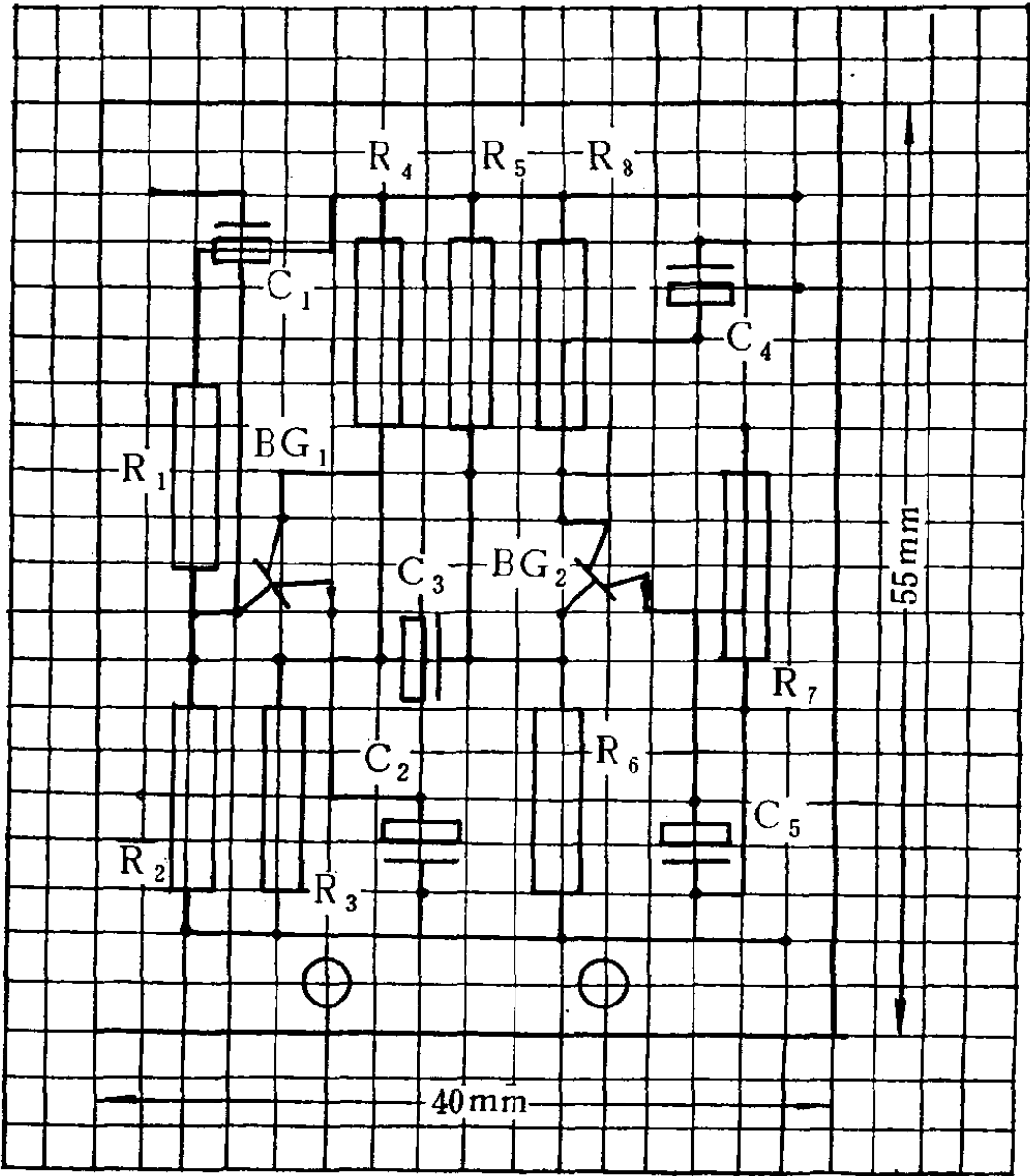


图 8-4 局部排列尺寸对比

排时，其安装尺寸是一样的。这是由于 R_3 电阻的跨距为 15 毫米（6 格）其等于 R_3 和 C_2 的间距（5 毫米 + 10 毫米），因此这两个元件不论水平和垂直放置，其安装所需尺寸是一样的。如 R_3 的跨距为 12.5 毫米时，则水平放置时，即可使水

平尺寸压缩一格。所以，在考虑改变元件排列方向时，要注意元件的跨距和间距是否有差额存在。为使图 8-2 的水平压缩 5 毫米，看来不能采用改变元件的安装方向来解决，唯一的可能是减少元件数来达到压缩水平安装尺寸。对于 5 毫米的尺寸来说是正好减少一个电阻，假如将减少后的电阻和



格距 = 2.5 毫米；比例 2:1

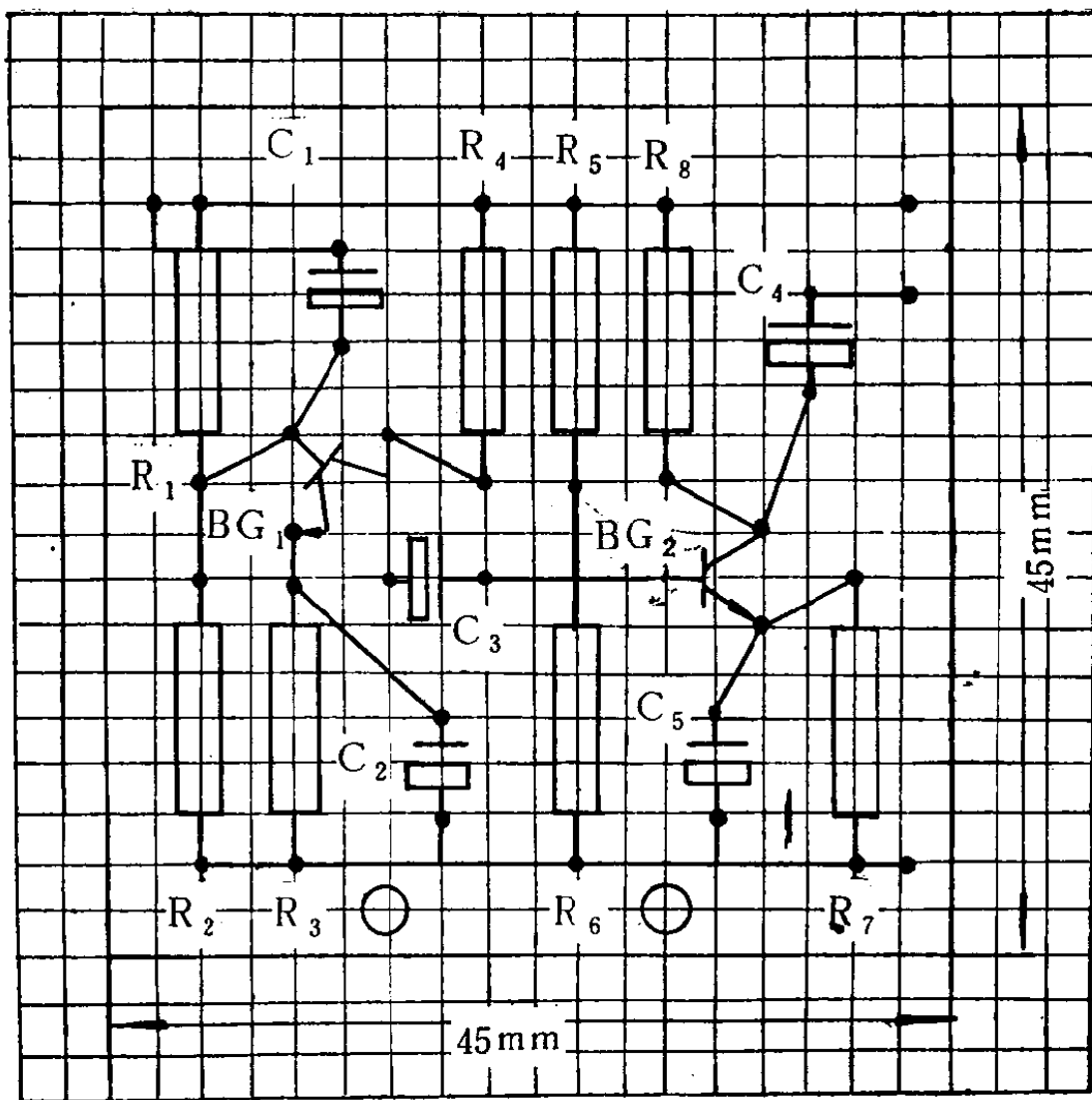
图 8-5 图 8-2 的元件布设例图之二

电解垂直放置，则元件的水平排列尺寸就可以压缩。图8-5的元件布设就是采取了这样的方法，图中将下面一行的电阻 R_7 移出后与 C_5 垂直排列，利用了 C_5 和 BG_2 的空余位置；上面一行的电阻 R_1 也同样移出而与 C_1 垂直排列，利用 C_1 和 BG_1 的空余位置，从而使水平方向的安装尺寸得以压缩。在调整元件的布局时，要注意不要使走线过长和迂回，要选择合适的元件，不要不加考虑而随意移出和插入元件。

现再假设垂直方向的安装尺寸压缩5毫米的元件布设。对于图8-2的电路来说，垂直安装尺寸的压缩采用减少元件排列行数是不可能的，因为这要增加水平方向的尺寸。也不能依靠减少元件的跨距来解决，这会使电阻无法装配。根据图8-2的特点，由于中间一行元件数较少，因而可以将这些元件利用上、下两行的电解电容的空余位置而参差排列起来，图8-6就是按这种方法而布设的。图中，分别将 BG_1 和 C_1 ， C_3 和 C_2 ， BG_2 和 C_5 垂直排列，利用了 C_1 、 C_2 、 C_5 的空余位置，使垂直方向的安装尺寸压缩5毫米。

以上对元件的布设尺寸的调整方法作了较详细的介绍，在绘制布设草图时，要根据电路的不同情况来灵活地加以运用。

(3) 印制板尺寸大时，元件的布设一般不会遇到困难，主要应使元件布设美观。对于按座标格排列的元件，除了可以采取适当增加印制板四周的留空尺寸外，还可按座标格分散地增加元件的间距和行距。增加元件的间距和行距时，不要将需增加部分的尺寸集中在某两个元件之间和两行元件之间，因为这样的布设，会使原来是一个整体布置的电路，看起来成为截然分开的两个部分。也不要采用增大元件跨距



格距 = 2.5毫米；比例：2 : 1

图 8 - 6 图 8 - 2 的元件布设例图之三

的方法，来增大元件的排列尺寸。

二、穿线孔的设置位置

(1) 元件的穿线孔决定了元件的安装位置。在决定元件的穿线孔位置时，要考虑到元件在装配时的整齐，相邻元件的中心线尽可能对齐，除因受排列尺寸的限制，致使元件

采用参差排列者外。对于装置在印制板边缘的元件，在确定元件穿线孔时，要注意元件的外壳，不要超出印制板的尺寸线，并与印制板的四周保持一定的空余位置。同时，也要注意不要使元件遮盖板内的孔（如结构孔、用来穿入连接导线的穿线孔等）。如图 8-6 布设草图中的电解电容 C_2 和 C_5 ，其外壳直径为 8 毫米，如将穿线孔向下移一格时，则将使元件的外壳遮盖住印制板的结构孔，使印制板装配困难。

（2）在并行的导线上有元件连接时，元件的穿线孔的设置不要按直线排列，穿线孔应根据导线的位置来确定，如图 8-7（a）。图 8-7（b）由于将元件的穿线孔按直线排列，因而导线形成多次弯折，既增加了导线的长度，同时也不便于在检修时识别导线的走向。

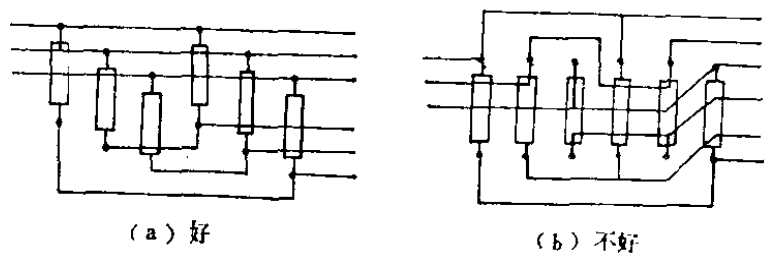


图8-7 元件在并行导线上的排列

三、导线的布设

在布设草图中除了要绘出元件的穿线孔外，同时还要用线条画出导线的连接和走向。绘制时要使线条的走向合理，路径短捷，线条简洁明瞭，不要使线条过多地弯折。这样，才能够使印制导线按线条绘制后的图形美观与合理。

对于不同接点的排版，由于印制导线的图形不同，因而对线条的走向有不同的要求，下面通过具体的图例来说明线条布设时的要求。为了清楚地看出导电图形按线条绘制后的

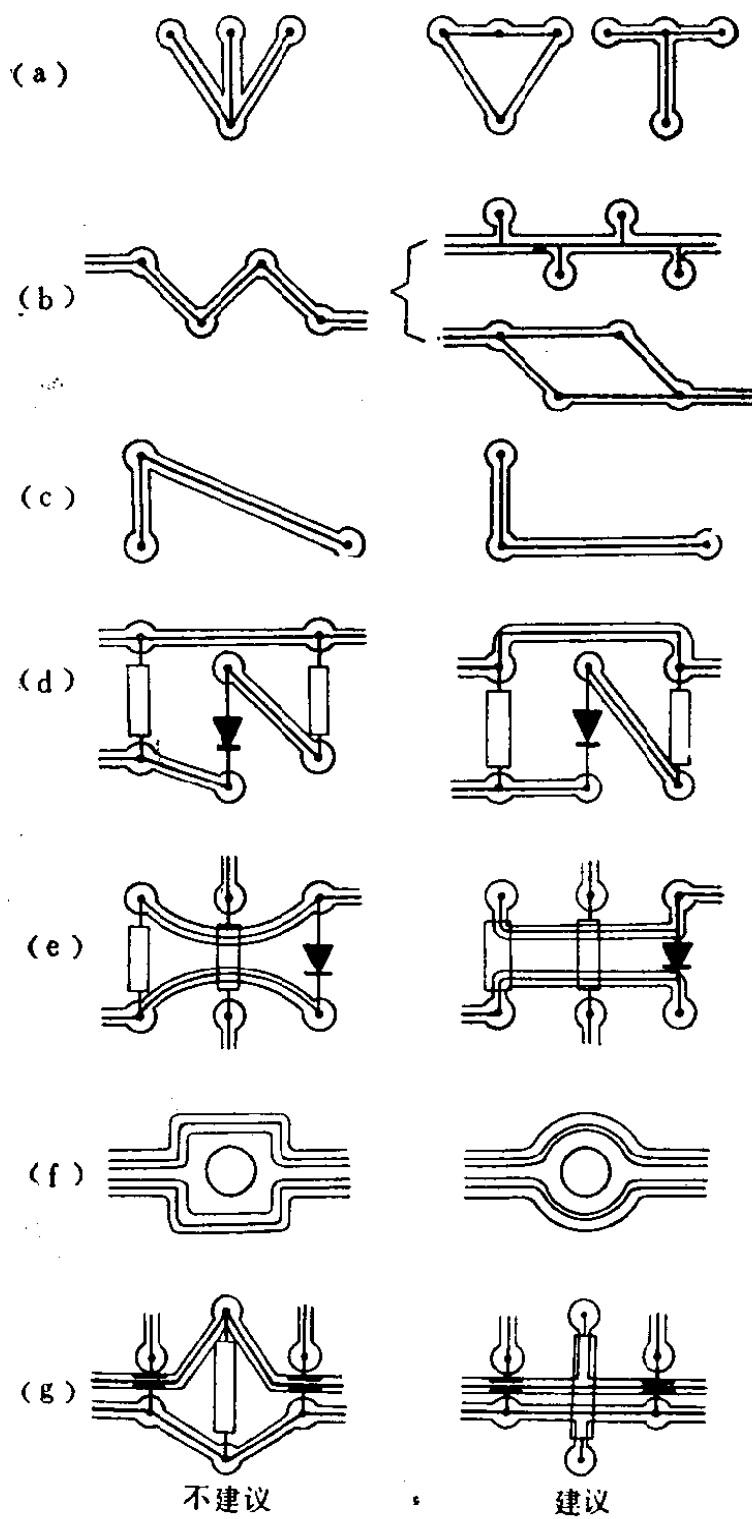


图8-8 圆形接点的导线布设

情况，在图例中，同时绘出接点和印制导线。

1. 采用圆形接点时的导线布设（以图8-8为例）：

（1）图（a）表示多接点之间连接，导线不要以较小的夹角汇集至接点上。当元件的穿线孔距离较近时，可以连成一个较大的接点；穿线孔距离较远时，应尽量简化导线的走向，使接点间的连线最短。

（2）图（b）示出长导线上遇有不在同一直线上的多接点的连接。这里采用多次弯折路径，增加了导线的有效长度。应按图右的两种方法连接。

（3）图（c）表示希望尽量缩短导线的连接路径。在此例中，斜边的长度总是大于直角边。当然，对于对角线上的两接点之间的连接，应采用斜线，而不要再经直角边转折。

（4）图（d）说明元件和导线在布设时，应尽可能使元件排列整齐。

（5）图（e）表示导线在布设时，除非必要，尽量不要使用弧形导线。有时在长导线布设的路径中，遇到有圆形的孔或结构件时，为了使导线不过多占据版面位置，可以采用圆形绕折，如图（f）。导线为圆形布设时，尽可能使导线和圆形的孔或结构件的圆心在同一点上。

（6）图（g）例示在并行的长导线上接有较大跨距的元件导线应采用的走向。

图8-3和图8-6的布设草图的线条走向是按照圆形接点的导线走向布设的。

岛形接点的线条布设与圆形接点相同，这里不再重述。

2. 方形接点的线条布设 由于方形接点是以正四边形

作为基本图案,因此在布设线条时,不要将线条绘成三角形和圆形,如图8-9 (a)、(b)的左边那样。在布设时应将线条与印制板四周呈垂直和平行(如图8-9的右边一行图形)。另外,线条尽量少采用斜线,如图8-9 (c)的左图那样。当走线因位置关系而拥挤时,可以采用斜线。

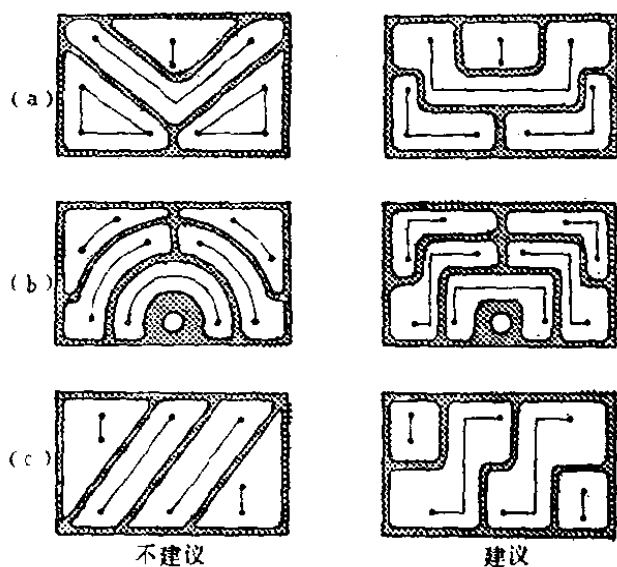


图8-9 方形接点的导线布设

图8-5的布设草图中,线条的走向就是按照绘制方形接点的要求绘制的。将图8-5和图8-6对比一下就可以看出,两种接点的线条布设的不同之处,在于连接不在同一水平和垂直线上的穿线孔时,一是采用与印制板平行布设,另一是可以采用斜线布设,这两种布设方法不能互相搞错。

四、双面板布设草图的绘制要求

双面板的布设草图的绘制,除了以上所谈到的以外,还应注意下列几点:

(1) 双面板的排版草图应绘在同一张纸的正反两面上,这样能够使两面的接点,穿线孔准确地吻合,同时绘制

简便。要比绘制在同一面上或分开绘制在两张纸上，更容易观察出布局不合理的部位。

(2) 绘制时要注意元件和导线的A、B面的区分，在A面上应布置元件和A面导线，A面的导线在布设时要注意让开元件的外壳，屏蔽罩和元件的穿线孔，防止电路形成短路。非信号的导线允许上下平行，信号导线则应避免其平行布设。

(3) 金属化孔仍用空心小圆表示，非金属化孔的穿线孔仍用实心小圆。

8-3 印制图形的绘制方法

元件和导线合理布设后，就可在布设草图上按穿线孔和线条来绘制接点和导线。有关接点和导线的图形要求，已在本书5-2节中介绍过，这里主要介绍一下绘制的方法。

一、圆形接点的图形绘制

圆形接点的图形绘制比较简便，可先绘出接点，用圆规

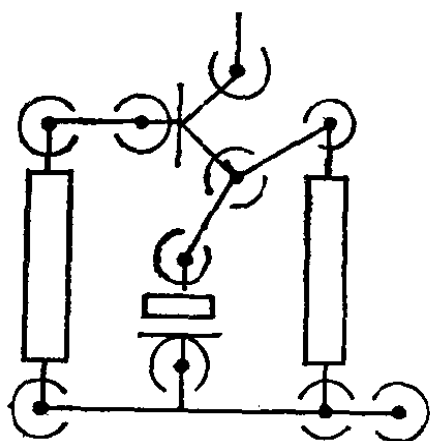
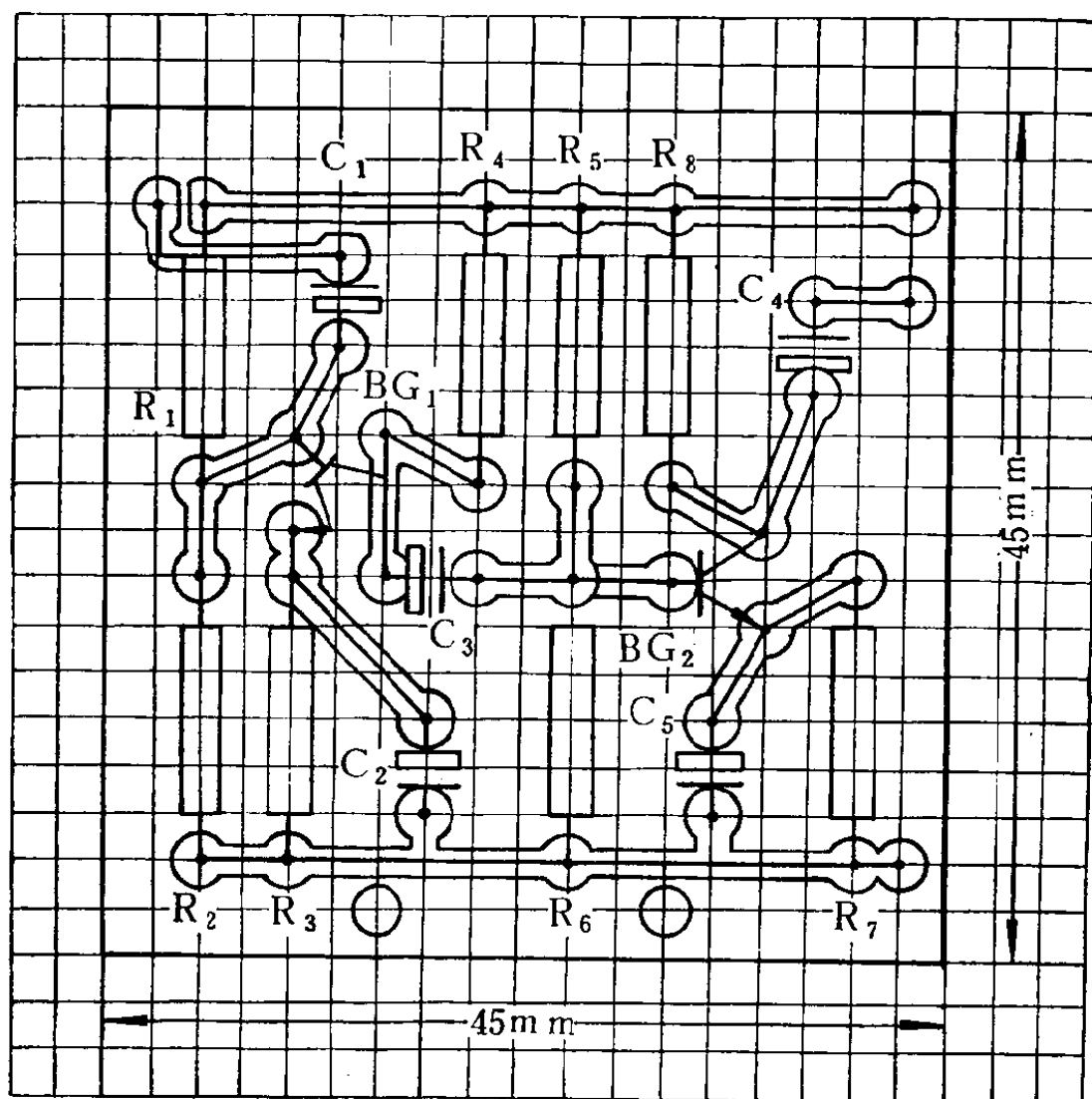


图8-10 圆形接点的图形绘制

绘成与穿线孔同心的圆，圆的直径按照所选定的接点直径来绘。绘制时应在线条引出方向上开口，对元件的引出部位则不开口，如图8-10所示。接点可以一次绘好，然后再按印制导线的宽度尺寸绘上印制导线。在绘制中如发现印制导线和周围的接点和导线间距太近

时，则应适当调整印制导线的走向。

图 8-11 是在图 8-6 上绘出接点和导线图形后的排版草图。图中接点直径为 3 毫米，导线宽度为 2 毫米。



格距2.5毫米；比例2:1

图 8-11 将图 8-6 绘成圆形接点的排版草图

二、岛形接点的图形绘制

绘制岛形接点的图形，可按图 8-12 那样分四步进行：

(1) 在接点的各端点上绘出以导线 $1/2$ 宽度为半径的圆弧。

(2) 用线条围接有电气连接的各端点的圆弧，连接时应使线条与圆弧相切，依次绘出各岛的内框线。

(3) 画出各岛的外框线，方法同(1)、(2)。

(4) 用铅笔(或红、蓝铅笔)，将内、外框线的部份涂实。

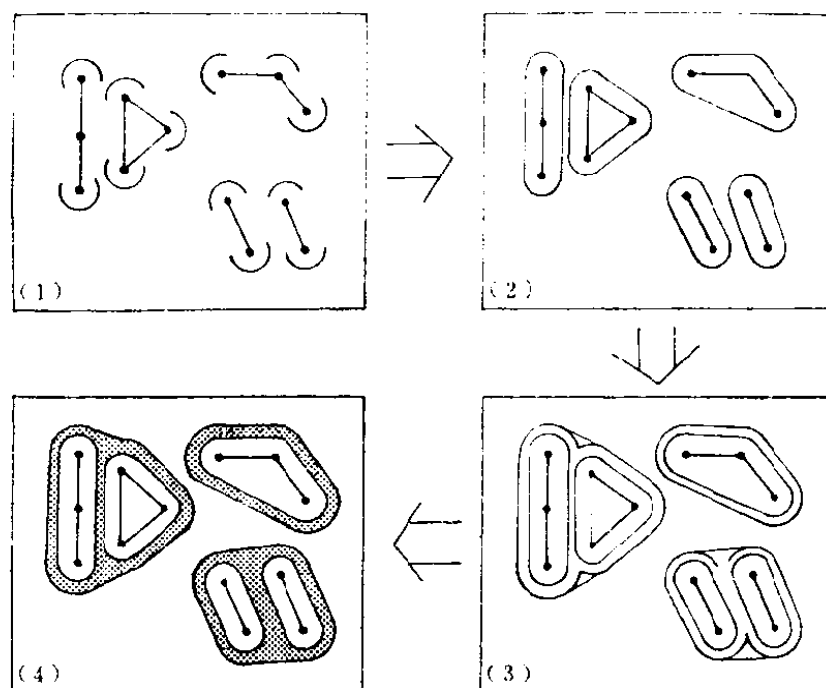


图 8-12 岛形接点图形的绘制步骤

岛形接点的圆形绘制主要要求应使各岛的内、外框线的间距一致，图形才显得美观。图 8-13 例示几种有缺陷的图形：图(a)为岛的内、外框线间距不一。图(b)为相近的两岛外框线的距离过近，应使两岛的外框线按虚线所示绘制。图(c)为相近两岛的外框线相交，使地线交界部位成为尖角，应按虚线绘制。

图 8-14 是将图 7-9 的天线放大器绘成岛形接点的排版草图。

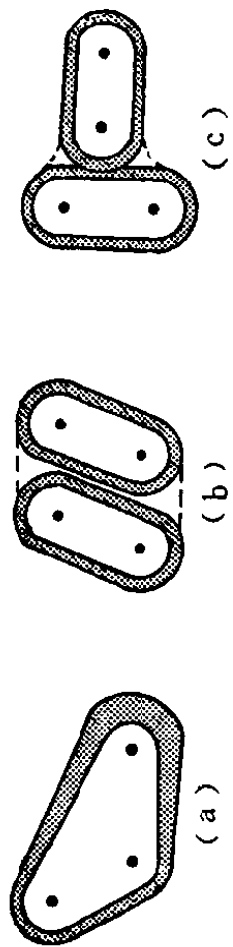


图 8-13 岛形接点图形的缺陷

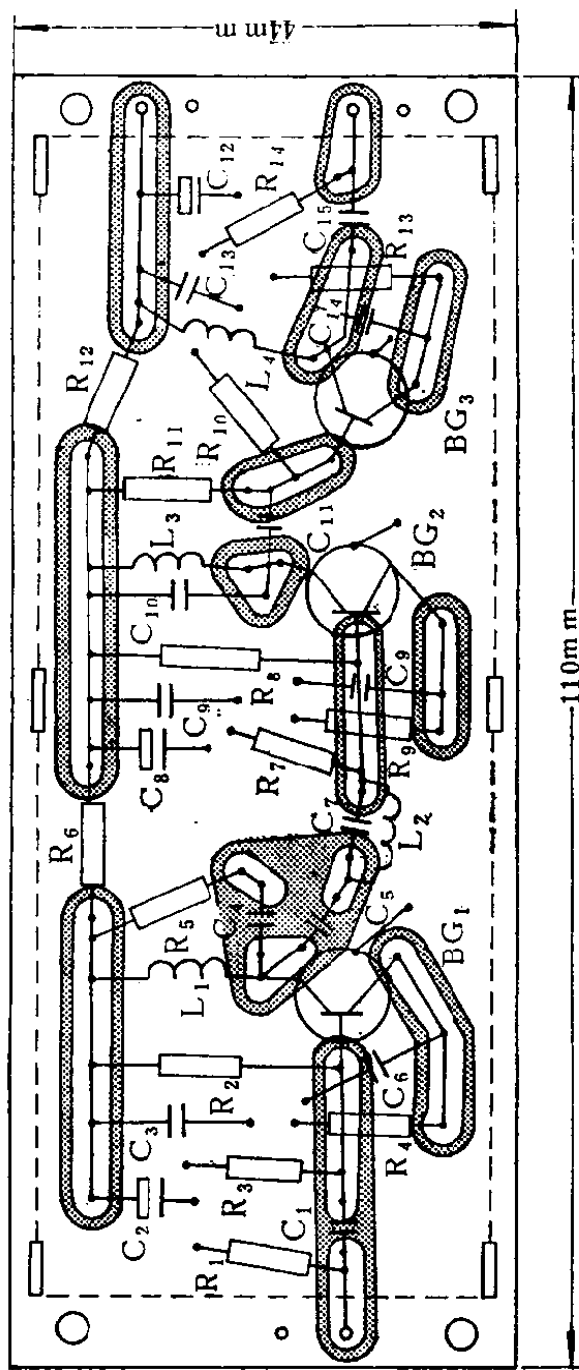


图 8-14 将图 7-9 绘成岛形接点排版草图

三、方形接点的图形绘制

方形接点的图形绘制与岛形接点不同，方法为图 8-15 所示，可分两步绘成：

(1) 在布设草图上，用线条将不应电气连接的接点和导线分开，检查一下是否将所有应隔开的部位都已隔开，或者将不应隔开的部位而加以隔开。

(2) 将全部线条按一定宽度增宽成为非电气连接的沟道。

方形接点的图形要求绘制规则，尤其是沟道的宽度尽可能一样，图形才显得美观。方形接点的图形看起来与智力游戏中的迷宫相似，但是对于印制板的排版来说，则要求图形越简单、明瞭越好。

在绘制方形接点图形时，不要按习惯上采用绘制圆形和岛形接点那样的方法，即用线条将接点和导线围接起来〔如图 8-16 (a)〕。这样绘制不仅麻烦，而且很难保证接点间的沟道宽度一致，使图形呈不规则状，如图 8-16 (b) 所示。绘制中，还要注意沟道的走向，尽可能使沟道少弯折，相邻的沟道尽可能在同一条直线上。图 8-16 (c) 的分布是不理想的，图形曲折复杂，不易辨认。方形接点上的穿线孔并不要求一定在接点的中间，在绘制图形时，不要为满足穿线孔的位置而使图形凸起来和凹进。另外，无接点和导线部位的导电部分可以空起不要，而不要包络在接点内，使接点面积过大，尤其是含有信号的接点和导线的面积不宜过大，防止因分布容量增大而造成的不必要的耦合。

图 8-17 是一个稳压电源的方形接点排版草图，该图的特点是，图形分布合理规则，沟道绘制宽度一致、弯折少。

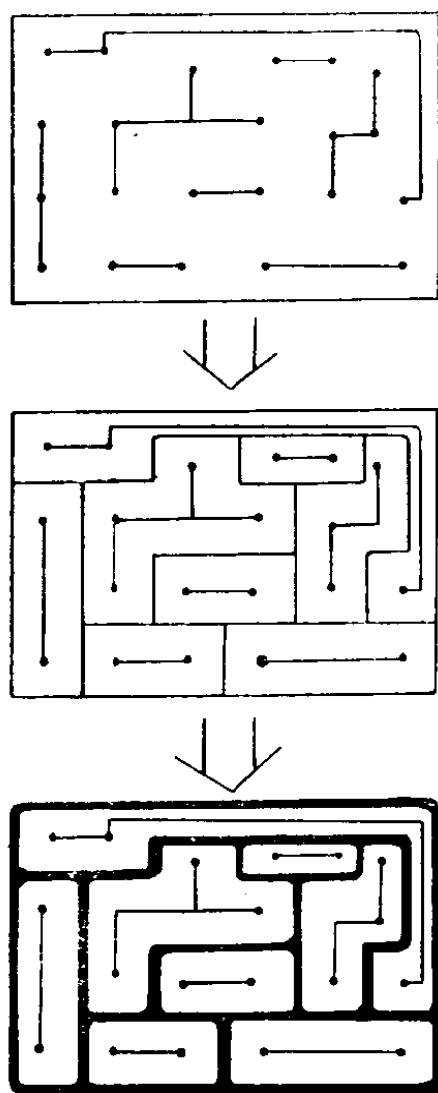
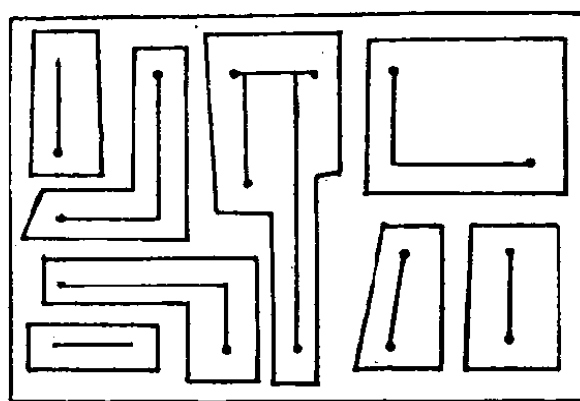
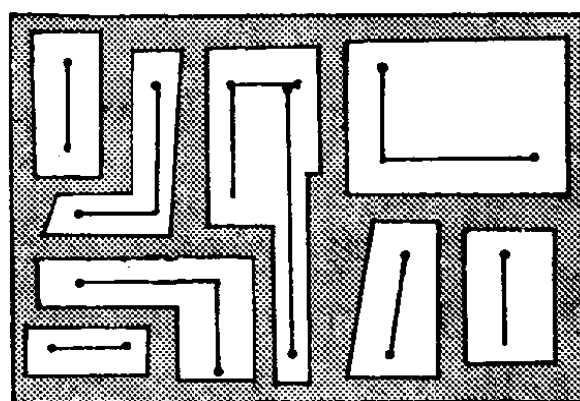


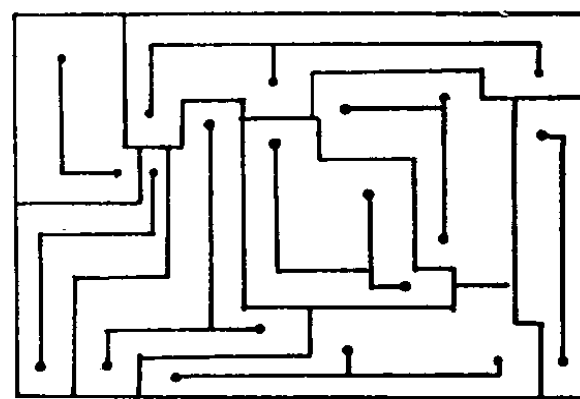
图 8-15 方形接点的图形绘制步骤



(a)



(b)



(c)

图 8-16 不正确的绘制图例

每个接点的四角绘出圆角，图形有稳重、浑厚之感。

以上介绍的是各种接点的排版草图的绘制方法。排版草图绘制好后，必须要认真地进行核对，要与原理图、印制板尺寸草图、板外元件和接线草图、单线不交叉图等对照。检查元件有无缺漏、重复，连接导线有无错误，结构尺寸有无不符等，如发现应加以纠正。对于批量较大的产品，为防止因设计不当而造成产品浪费，应该用实物按排版草图排列一次，检查一下绘制的尺寸是否合理。实物排列可将复制的排版草图贴在泡沫塑料或厚硬纸板上，然后将元件插入相应的穿线孔内。实物排列只能检查元件装配尺寸是否合理，如要

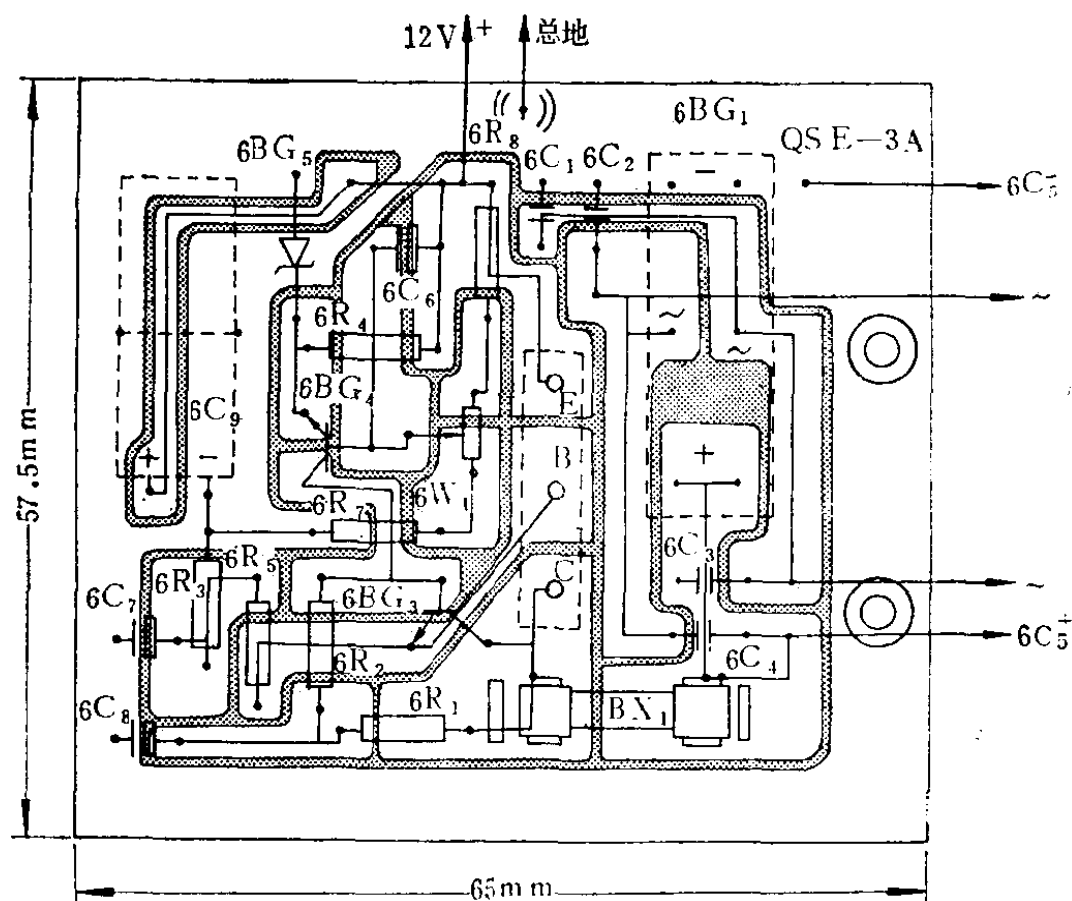


图 8-17 方形接点排版草图

检查排版草图的电性能是否符合要求，则可按排版草图制作印制电路板进行组装检验一下。对于批量较大和质量要求较高的产品，组装检验是必不可少的。对实物排列和组装检验中所发现的问题，应进行分析找出产生问题的原因，然后对排版草图进行修改，必要时也可重排。

第九章 印制板工作图的绘制

印制板工作图是排版设计的各种正式样图的总称。它根据工作内容的要求，又可分为印制板零件图、印制板装配图、照象原图等，以及包括根据其他需要和要求而绘制的工作图。印制板工作图是以排版草图为绘制依据的。

9 - 1 印制板零件图的绘制

印制板零件图（以下简称零件图）是供印制板加工用的正式工作用图，用来表示板的印制图形和各种结构要素的图样。它应包括下列内容：

- （1）印制图形。
- （2）各种孔（穿线孔、结构及安装孔、工艺孔等）的尺寸。
- （3）板的外形尺寸及材料毛坯尺寸。
- （4）需要标注在板上的文字、符号（如印制板的名称代号及图号、产品型号等）。
- （5）必要的文字说明（如印制板的规格、型号，金属化和涂复等加工要求）。

绘制印制板工作图除了应按照排版草图上的有关内容绘制外，还应根据工作图的有关工作内容的要求，增补必要的内容。因为在一张排版草图上不可能将所有工作图所要求的全部内容都包括在内。

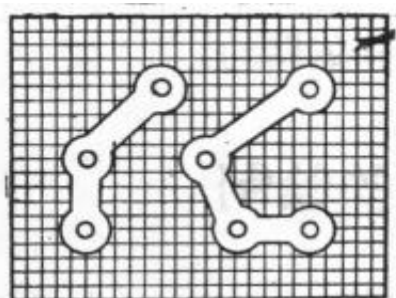
一、印制图形的表示方法及绘制

在零件图上,为了便于区别图上导电部分与非导电部分,采用下列三种方法来表示图形的导电部分:

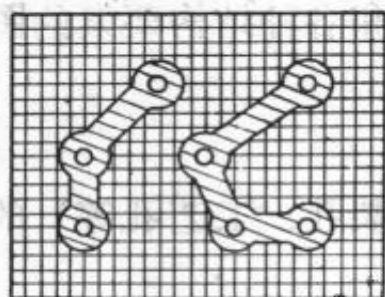
(1) 采用空白的双线轮廓〔图 9-1 (a)〕。

(2) 在图形内画倾斜的细实线〔图 9-1 (b)〕。

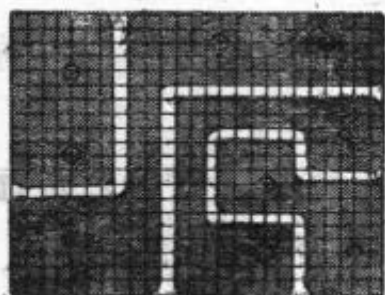
(3) 在图形内涂色〔图 9-1 (c)〕。



(a)



(b)



(c)

图 9-1 导电图形的表示方法

这三种方法应根据绘制的纸和接点的种类来合理选择。(1)、(2)两种方法是在空白的描图纸上绘制的,非导电部分以坐标格表示。此种方法不适于绘制方形和岛形接点的图形,因为这两种接点非导电部分少,因而坐标格线少,不易从坐标格线来观察图形的位置和尺寸。(1)、(2)两种方法也不适用已印制好坐标格线的描图纸的图形绘制。尤其是(2)的方法,在印有空坐标格线的图形上,再画上斜线,则会对图形的观察带来不便。

(3)的方法无论对于已印制好坐标格线的描图纸或者是空白的描图纸均适用,因而大多数的零件图都采用此种方法来绘制。在描图纸上涂色一般用红铅笔或红蜡笔涂色。因为

红色遮光性能较好,晒成蓝图后既可使涂色的部分影印成

灰色，但又不完全遮盖住图上的格线。在涂色时颜色不要涂在非导电部分和孔上。当印制导线的宽度 ≤ 0.5 毫米时，也可以用粗实线简化绘制。印制图形可按排版草图复绘。

各种孔均应按比例尺寸绘制，而不能用圆点表示。对于直径大于3毫米以上的孔，应加绘0.5毫米的导向孔。

图9-2为单面板的零件图绘制例图。

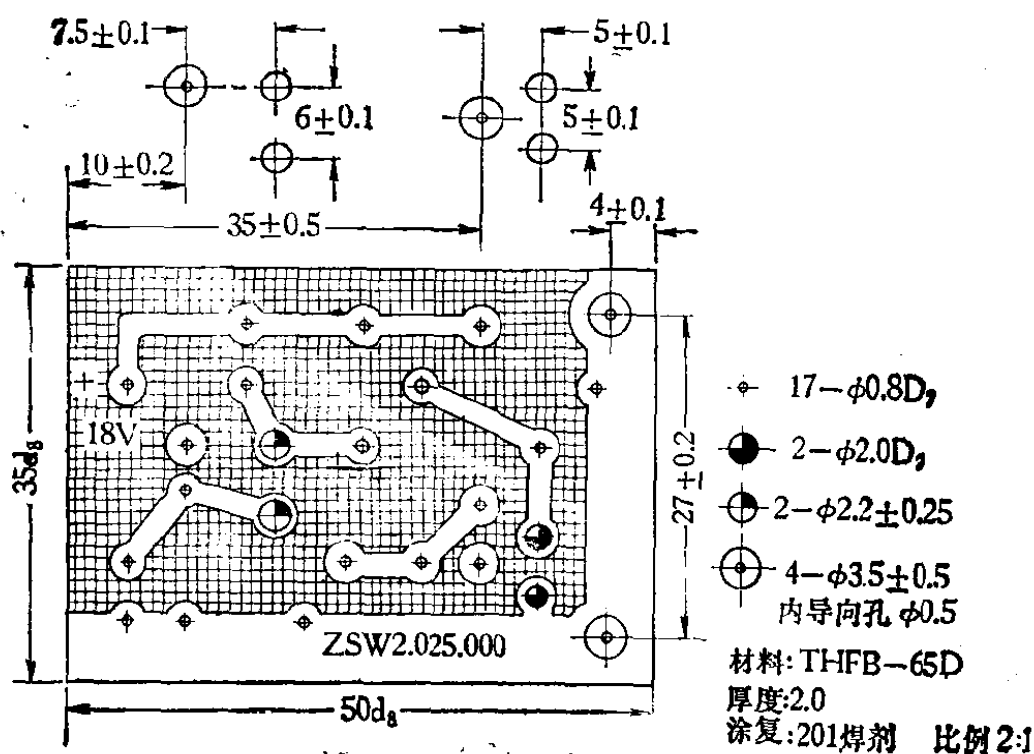


图9-2 单面板零件图绘制例图

双面板零件图必须画两个视图，分别表示两面图形及其结构要素。两个视图可分开画在两张纸上，如图9-3和图9-4所示。分开画时两张图纸为一个图号。也可以将两个视图画在一张纸上。画在一张纸上时两个图的位置可以按图9-5那样放置，以便于校对（图纸的校对后面还要谈到）。

二、尺寸标注方法

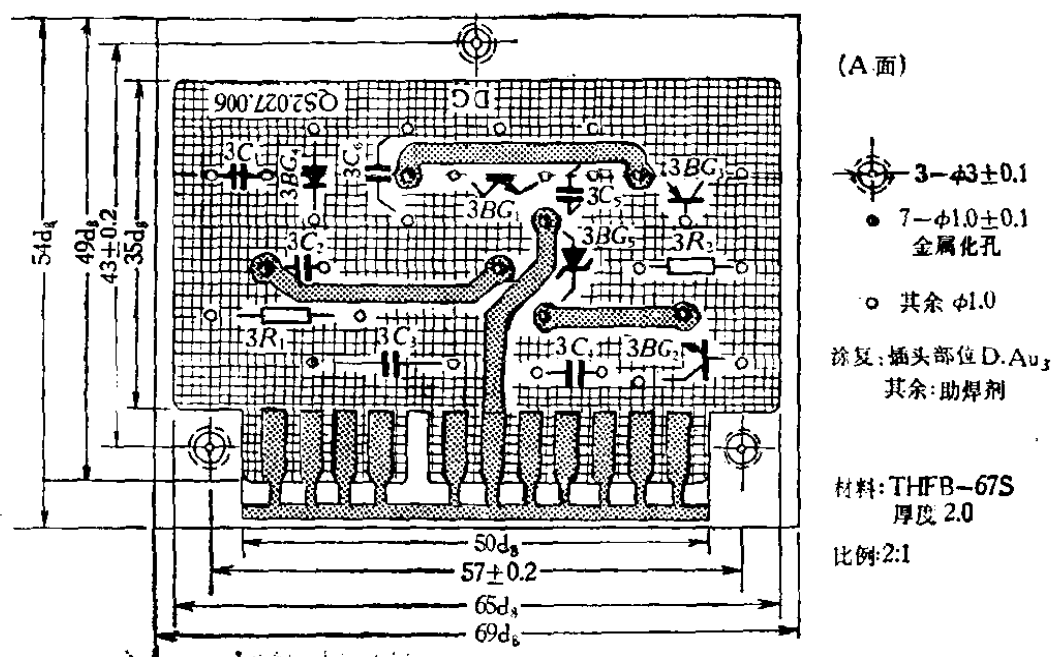


图 9-3 双面板零件图绘制例图 (A面)

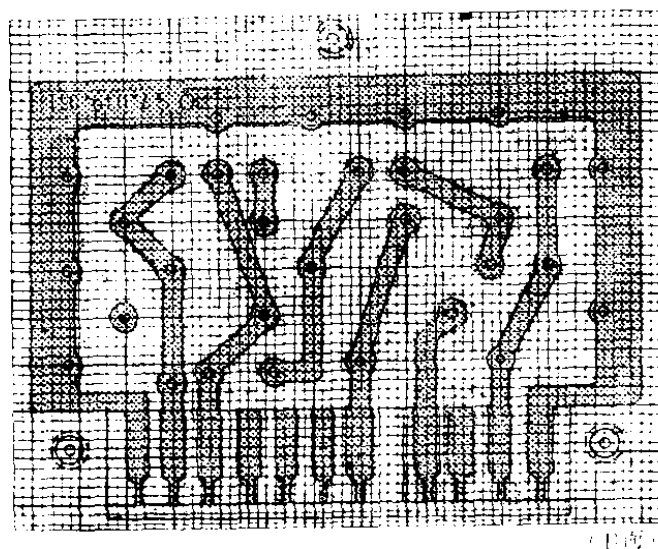


图 9-4 双面板零件图绘制例图 (B面)

1. 对公差有要求的尺寸, 必须在图样上注明。尺寸标注, 应由尺寸界线引出至板外标注。尺寸在标注时, 应注明公差级数或公差范围。当大部分尺寸精度都相同时, 则可以在图样下方作总的说明。

双面板的尺寸标注应集中在一面上, 不要分开标注在两

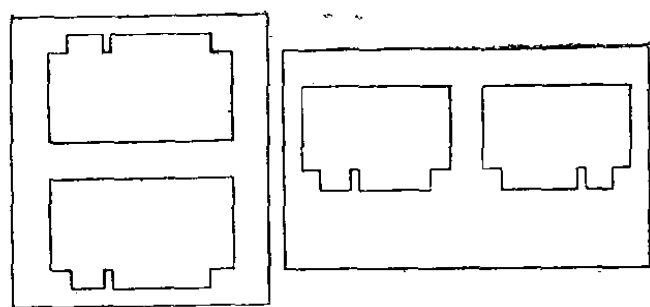


图 9 - 5 两个视图在一张图纸上的放置位置示意图

面上，也不必在两面上重复标注。

对公差有要求的尺寸，指印制板外形尺寸，各种孔的尺寸，各种配合安装的尺寸等。

（1）印制板的尺寸除了印制板的边框线外，有时（如双面印制板或尺寸要求较高和需冲剪成型的单面印制板）还应标明材料毛坯的尺寸，如图 9 - 3 所示。

（2）印制板上各种孔的尺寸，应列出标注在图样旁边。为区别各种尺寸的孔，孔内应采用不同形状的标记，同时依次说明孔数、孔径和公差。如图 9 - 2 的第一行孔的标记说明：以空心圆孔为标记的孔共 17 个，直径为 0.8 毫米，公差等级 7 级的孔。孔的尺寸确定要依据元件的引线直径、结构件的螺钉等尺寸来一一确定。孔的系列和设置的要求可参照本书 5-2 节中孔的要求来设置。

（3）当需要标注孔与孔之间的相对尺寸或需要说明印制板中的部分结构要素时，可如图 9 - 2，移出板外标注。

（4）对较复杂的零件图，可将印制图形和结构要素分开画成两张图，这样便可避免印制图形和尺寸之间相互混淆。

2. 对公差要求不高的尺寸，在图中可不标注尺寸。它的位置和尺寸均由坐标格来确定。在绘制图形时要按照比例

尺寸来绘制。为使孔的位置准确，孔的中心应落在坐标格的交点上（非坐标格排列时，孔的中心也应落在毫米格的交点上）。对于多引出端元件孔的位置，可参照5-2节中有关孔的要求的内容设置。

三、板内文字、符号标注方法

在印制板内标注文字和符号时，应考虑到字和符号的大小和笔划宽度应和图的比例相符，以缩小至正常尺寸时仍能辨认为准（照相制板时，复原后的字高一般不小于2毫米；其他方法制板时，字高一般不小于2.5毫米）。板内文字、符号一般不宜标注过多。标注时要注意既不要造成导电图形的短路，也不要过多影响导电图形的有效宽度。

印制板的名称可用代号标注，可参照“计算机文字符号标准”〈SJ1222-77〉的规定。如标准中无规定，可用汉语拼音的第一个字母表示，例如快斜波发生器用KX表示。双面板的代号一般放在A面，位置在插头相对的一边中心部位上，如图9-3中字母DG的位置。单面板的文字代号应放置在较易辨认的部位。

双面板图号的标注位置可参照图9-3和图9-4。A面一般标注印制电路板整件十进分类图号；B面一般标注印制零件十进分类图号。单面印制板一般只注印制电路板整件十进分类图号。有时同一块印制板装置在不同功能的电路时，整件十进分类的图号后面三位数字可以不标，在产品装配时，由操作人员标注。

在印制图形上，需标明接点和导线的走向、作用和电压值时，可在相关图形的旁边标注。

在双面印制板中，有时A面的印制图形不多，也可以将

元件符号和位号标注在A面上，如图9-3上所示。采用这种方法，可以省去一道在板上印制元件位置图的工序。采用此种方法，由于受导电图形的限制，元件的符号往往不能准确地标注在相应的穿线孔的位置上，可以用符号的尾端来指示装配孔的位置。

四、定位孔的设置

定位孔是用于印制板本身在加工过程中为保证板的加工精度而设置的基准孔。比如在印制双面印制板图形时，可用它来准确定位，使两面图形吻合。又如在冲制印制板插头时，可以用定位孔定位，从而保证了印制接点和插头外形之间的相对位置准确，使印制插头接点插入印制插座后与接触簧片准确接触。当然并不是所有的印制板均应要设置定位孔，这要根据具体的情况来决定。

双面印制板均应设置定位孔。定位孔可按图9-3那样设置在板的外形线以外的空余部分，一般最好用三孔定位。为使定位孔与其他孔相区别，应按图5-22那样绘法。双面印制板的定位孔，应在A、B两面的对应位置上同时画出。定位孔的尺寸应标在标有印制板尺寸的一面上，尺寸要准确标注，不能仅用坐标格线来表示。

单面印制板由于不存在两面印制导电图形的情况，定位孔是用来冲制板的外形(如印制插头)和板内的多次冲孔时的定位用。对于板的外形尺寸要求不高和采用手工钻孔时，则可以不设置定位孔。另外，如板内采用一次冲孔时也可省去定位孔，单面印制板的定位孔有时也可以利用板内的孔代替，以节省材料的毛坯尺寸。用板内孔代替定位孔时，应按定位孔的标记画法或者用文字注明。

五、双面板零件图的校对方法

对图纸进行一般常规的校对，如尺寸、孔径和印制图形等无需赘述。这里讲一下双面板的零件图的校对方法。

双面板的零件图，除一般性的校对内容以外，还应校对两面图形是否互相相符。校对的方法可以采取将两张图纸相背叠合后对光检查（如绘在同一张纸上，则可对叠，但不要叠出折痕）。检查的内容如下：

- （1）两面的孔数、孔径和孔的位置是否全部相符；
- （2）金属化孔的数目和设置位置是否全部相符；
- （3）定位孔的位置有无错位；
- （4）两面印制插头的图形有无错位；
- （5）板的外形尺寸线是否相符等。

对不符的部位应进行修改。用此种方法检查迅速、简便。

9-2 印制板装配图的绘制

印制板装配图（简称装配图）是用来表示元器件和其他产品与印制板的联接关系的图样。

由于装配图不需要在蓝图上影印出坐标格线，因而可用一般描图纸来绘制图样的底图，或者也可在印有浅色的坐标格线的描图纸上绘制。

一、装配图的绘制方法

装配图是以装有元器件和其他产品的一面（即印制板的A面）为主视图。对于双面印制板来说，装配图可以直接按照排版草图的A面描绘；单面印制板的排版草图由于一般是按B

二、装配图的绘制要求

(1) 棒接的元器件一般以图形符号表示(需进行其他装配的除外), 需要时也可用简化的外形轮廓表示。

This block contains 14 electrical symbols arranged in a grid-like fashion. The symbols include:

- Two circular symbols with a crosshair, representing AC voltage sources.
- Two rectangular symbols with terminals at both ends, representing resistors.
- A variable resistor symbol, which is a rectangle with a diagonal arrow pointing to it.
- A capacitor symbol, consisting of two parallel horizontal lines.
- An inductor symbol, represented by a series of connected loops.
- A diode symbol, shown as a circle with a vertical line and an arrow pointing towards it.
- Two more rectangular symbols with terminals, representing resistors.
- A capacitor symbol with a dashed line above it, possibly indicating a variable or specific type of capacitor.
- A diode symbol with a dashed line above it, possibly indicating a variable or specific type of diode.

时，要注意两面的元器件不要绘成重叠，应以正面的元器件排列为主，反面的元器件在不影响正面元件排列的情况下，引线可迂回画出，如图 9-6 中所示。

(3) 装配图中一般不画出印制导线。如需要表示元器件的位置与印制导线的联接关系时, 可将印制导线画出。反面的印制导线, 应按图形的实际形状用虚线(图9-7)画出; 与元件同一面的印制导线, 则按图形实际形状用细线画出。

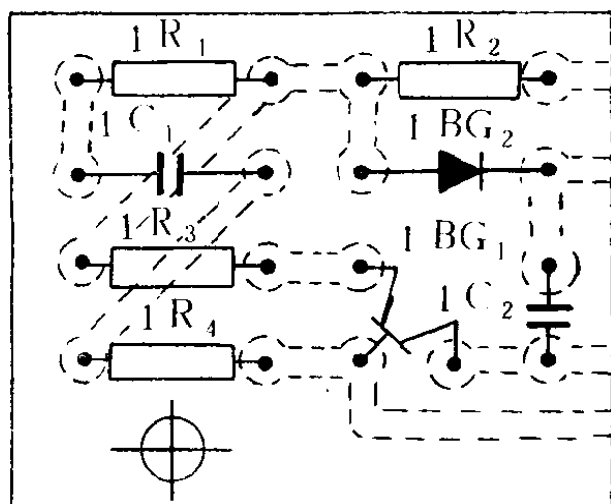


图9-7 装配图中印制导线的表示方法

(4) 对于非直线插入软引出线的元器件, 为了能明确地指示出引线安装位置, 有时还应标注引出端的编号或者引线的色别。如推动变压器, 可标明引线的1、2、3、4等编号, 或者按产品零件图的套管色别来标明红、黄、蓝、绿等。

(5) 元器件或者其他产品的体积较大, 或者需要表示出相互装配的结构关系和安装方向时, 也可以用简化的外形轮廓表示。如在图9-8中的保险丝、大电解电容、组合桥堆等元器件, 用简化的外形轮廓比图形符号更能清楚地表示出元器件的装配情况。用简化的外形轮廓表示时, 如为特定的安装方向, 还应标明与安装方向有关的符号、代号及文字

去向。

(3) 棒接的元器件应按原理图中的相应位号(如 R_1 、 C_1 ……)标注在该图形符号的左方或上方,用简化外形轮廓线表示的元器件也可以标注在轮廓线中,如图 9-8 所示。

(4) 如有十进分类编号的其他产品,结构件等应按一般装配图的规定用指引线标注序号。一同装配的几种产品可采用公共的指引线,此时序号一般依次自上而下地按顺序填线,如图 9-8 中的保险丝管及座的标注那样。如对标注序号的产品需要说明安装方法时,应在序号下面标注。如标注“铆接”、“粘502胶”、“烙铁热铆”等。相同的产品数量在一个以上时,则将其数量注在序号后并加括号。

(5) 明细栏一般填写在主标题栏上方或图形的下方,填写内容和顺序如下:

(1) 标注序号的产品:

1) 有十进分类编号的产品(按编号从小到大的次序)。

2) 外购紧固件(按螺钉、螺栓、螺母、垫圈、铆钉、销钉等次序)。

3) 外购元器件。

(2) 标注位号的元器件按照 SJ138-65 中表 1 “常用元件的文字符号”的次序进行标注。

(3) 材料(包括标注序号的材料)。

如明细栏内容较多,也可另用附表列出。

四、装配图的校对

装配图主要应校对元件的安装位置有无错误,有极性和

多引出端的元件端脚顺序是否与排版草图相符。图纸的校对比较简单,如装配图与排版草图为同一面的视图,可以将装配图叠放在排版草图上进行校对;如与排版草图为镜相图,可将装配图反过来叠放在排版草图上进行校对。

9-3 照相底图的绘制

照相底图(也称作黑白稿、照相原稿等)是用以制作照相原版或照相底版的样图,它必须按比例精确地绘制。照相底图可以由生产产品的单位自行绘制,也可委托印制板生产单位绘制。

照相底图要求反差大、黑白分明,图形清晰、光滑、无毛边,着墨处没有脱皮、龟裂和反光现象。

一、绘制用纸和墨水的要求

绘稿用纸和墨水的性能对绘制质量有很大的影响。绘稿用纸要求尺寸稳定、不易涨缩和易上墨线(即对墨水要有亲和性),一般用250克以上的重磅铜版纸、道林纸和木造纸,其中以铜版纸为上乘。不应使用不符合要求的其他纸张,如描图纸容易涨缩、起皱;坐标纸反差不好,易起毛边。绘稿用纸如本身印有坐标格线,绘制将更为方便,如本溪印制厂生产的铜版纸(GB-1360-78-4),两面均有浅色坐标格线(格线不会在底片上感光),尤其适用于双面印制板的绘制。

绘稿用的墨水应采用无光墨,如油烟硯墨、黄山松烟墨,绘时用硯台磨得墨汁。不可用碳素墨水和绘图墨水。

二、绘制的方法

照相底图主要绘出印制图形的形状，可以根据印制板零件图的图形来绘制。底图的绘制，应先画出铅笔图形，然后再着墨。画铅笔图时，笔线宜细而浅。

因铜版纸较厚不透光，因而不能复在零件图上描图，也不能采用复写纸来复印，这会造成图象边缘不清晰。因此，可采用下列两种方法进行绘制：

（1）如为空白铜版纸，可将零件图复在铜版纸上，用针将孔的圆心和图形的转折、棱角部位点出，再用铅笔轻轻描出。如为双面印制板，可先按此方法绘出图形复杂的一面，然后再按针孔的位置，在铜版纸的反面绘出另一面，从而保证两面孔的中心能严格地重合。空白的铜版纸一般不采用在纸上用手工打出格线来绘制，尤其是绘制双面印制板，两面的格线很难完全重合，同时格线在绘好后还要擦去比较麻烦。

（2）如在两面印有浅色格线的铜板纸上绘制，可按零件图的图形位置进行测绘，而不采用戳孔的方法绘制。这是由于使用戳孔的方法因零件图难免有伸缩，各孔的位置并不一定完全落在座标格的交点上，如按孔进行绘制，则座标格线仍要按孔进行修正，其结果将对绘制带来不便。双面板的图形可各自按两面的座标格绘制，但两面的图的位置和方向仍要一致。

铅笔的轮廓图绘成以后，应和印制板零件图进行校对。校对的方法是将零件图的底图复在铜版纸上，观察两图之间有无差异。如零件图为蓝图，则可分开一一校对。校对无误后再上墨线。上墨线时先画出图形的线条轮廓，然后再将轮廓的

中间部位需要着墨的部分,用毛笔填满。在图上着墨要均匀,不要越出轮廓的线条外面,造成线条边缘不整齐。

三、有关绘制的几个问题

照相底图的绘制,除了按印制板零件图的有关绘制要求以外,还应注意下列问题:

(1) 画稿上只画出图形,除外形尺寸外,其他所有的尺寸线均不在图内标注(包括孔内的标记),如图9-9所示。外形的尺寸线和尺寸数字,因不需要在照相底版上照出,可用铅笔标注,不必用墨线绘出。它主要供照相制版时校对尺寸用。尤其是对于质量差的照相机和放大机,因其X和Y方

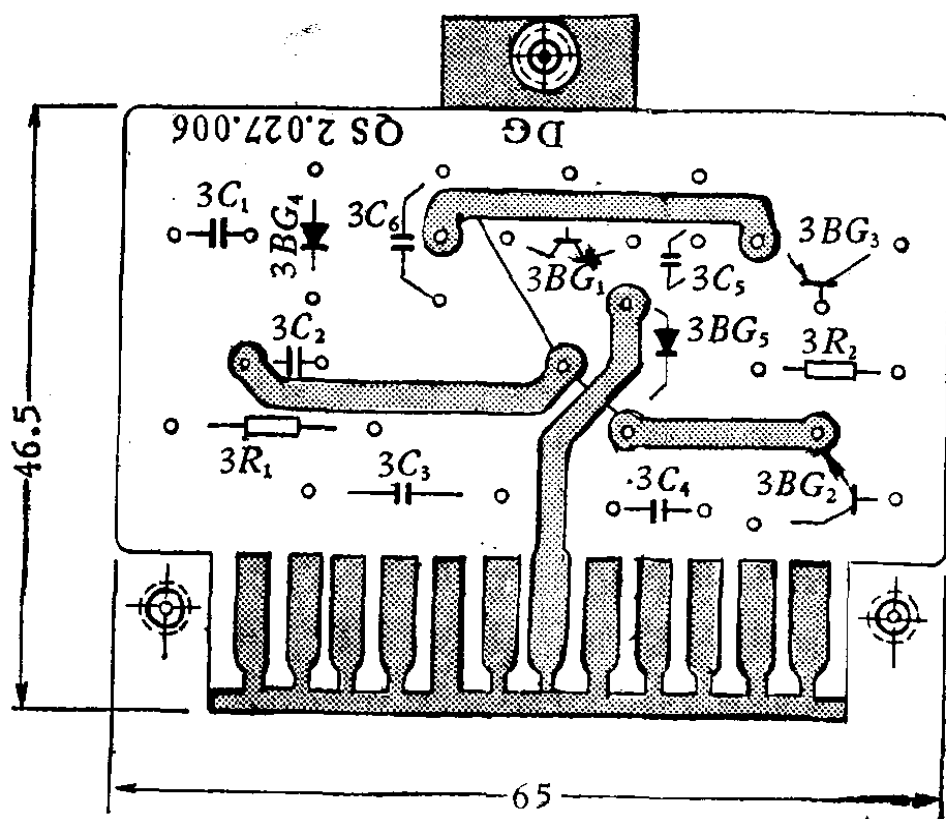


图9-9 将图9-3的零件图绘成照相原图

向的视差不一，因此，这些标注还可用来校对尺寸误差。

(2) 画稿中着墨部位为印制板的导电部分，空白处为非导电部分。为了在印制板图形上表示出孔的位置，尤其便于手工钻孔，在导电部分上应按孔的大小，绘出空白小圆；在非导电部分上，应绘出孔的圆周如图9-9所示。需要标注文字符号时，尽量在非导电部位上标注，可直接用墨写出，在导电部分上需要标注文字时，则应绘成空白字符。空白字符的绘制比较麻烦，仅在必要时才进行标注，或者如导电部分面积较大，也可采用将标注部位空白，将字符用墨写出。

(3) 绘制中如进行修改，应用酞白44*广告颜料涂白修改。当修改部位面积较大时，可以用同样的纸剪贴后再绘，这对拍照并无妨碍。

(4) 外形线是用来表示印制板的外形轮廓的，它不代表板内的电路连接。外形线的绘制既要能表示出板的外形轮廓，又不要与电路产生不必要的连接，这在绘制时需加注意。如图9-10(a)，如上下二行印制导线非同一电位时，则会通过外形线而形成短路。外形线应根据边缘导电图形的情况在适当的部位断开，如图9-10(b)、(c)所示。有时也可象图(d)那样使四周导电图形与外形线空出0.3~0.5毫米的间隙。在绘制印制插头时，在接点上和接点之间，不要画出外形线，如图9-9中印制插头的接点之间就没有外形线，可以防止印制板在插拔时造成接点短路。在冲剪成型时，由生产人员可根据印制板零件图的尺寸来确定。

表示印制板材料毛坯尺寸的外形线，不需要在照相底图上画出。

(5) 电镀接点和工艺导线的绘制。在照相底图上，还

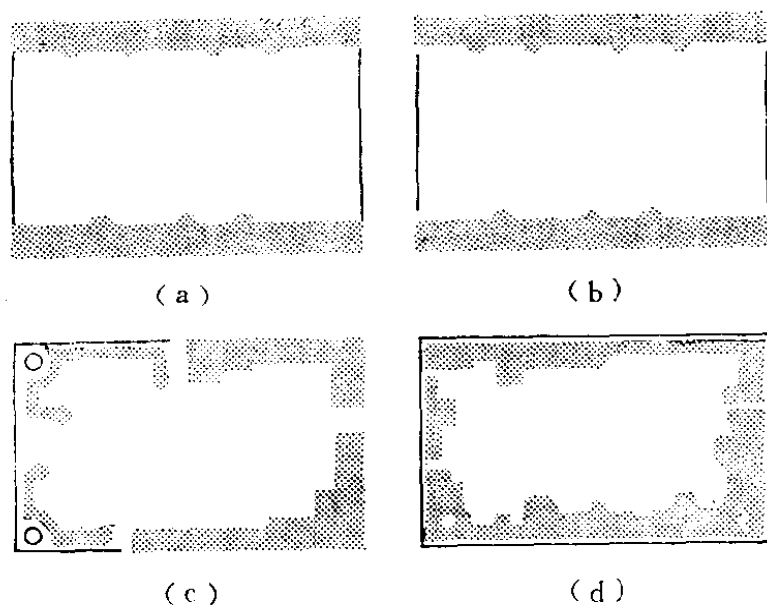


图 9-10 外形线的绘制

应根据印制板加工要求，在需要时绘出电镀接点和工艺导线。

电镀接点是用来与电镀夹具导电接触用的。当印制板需要由电镀来涂复金银等导电层时应设置电镀接点。电镀接点一般设置在外形线以外的部分。如印制板需局部电镀时（如图 9-9 中仅印制插头部分镀金），电镀接点应设置在电镀部分的对侧的外形线外，在图 9-9 中，下面一排的印制接点是通过板的两边外形线与上部的电镀接点相连，这样在电镀时，仅印制接点的部分浸入镀槽溶液中，板的其他部分和电镀夹具可以不浸入溶液，从而节省了材料消耗。双面板的印制插头，如两面均需涂复时，则应在板的两面相同部位均设电镀接点。如整个印制板均需要涂复时，电镀接点可以选择外形线上有空余的部位上设置。

用电镀法制作双面印制板金属化孔时，是否需设置工艺导线则应根据加工情况来定。如采用先蚀刻后电镀的工艺，

必须绘出工艺导线。如果采用先电镀后刻蚀（即先在未腐蚀的印制板上，将需要金属化孔先钻孔再沉铜和电镀）的工艺，则不必绘制工艺导线。工艺导线的宽度一般为0.3~0.5毫米，绘制时可按比例在图上绘出墨线，如图9-9中的斜线那样。绘制时应保证各金属化孔与电镀接点的电气连接，不得遗漏。

9-4 其他工作用图的绘制

其他工作用图，如用于印制在印制板上的元件位置图、阻焊剂涂复图、维修用的印制电路板图等，并不是都是排版设计的必需绘制的图，可根据需要决定绘制与否。上述这些图均可根据布设草图、零件图、装配图等复绘，有关绘制方法和要求这里不再一一重述。在本节中仅对一些需要注意的一些问题提出来供绘制时参考。

（1）印制用元件位置图（如图9-11所示），可根据装配图复绘。所不同的是，不需标注指引线、尺寸线和代表

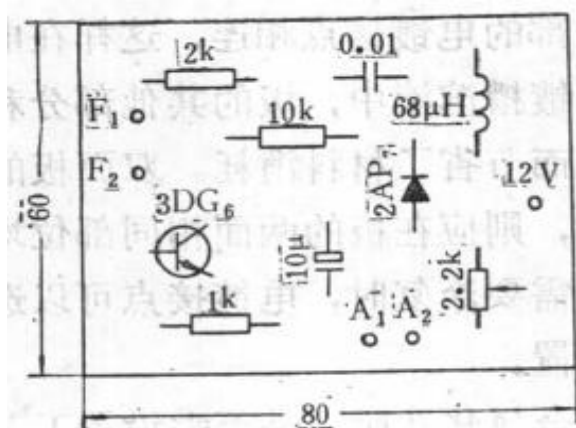


图9-11 印制用元件位置图

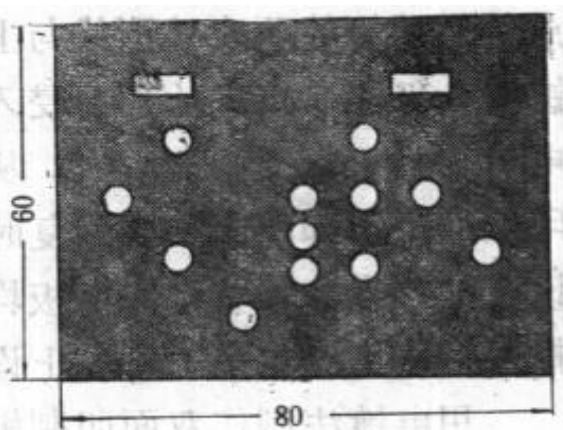


图9-12 阻焊剂涂复图

元件接点的圆点。元件可标注位号或者参数，也可两者同时标注。

(2) 阻焊剂涂复用图为焊接面视图,如图 9-12所示。它可按印制板零件图的穿线孔位置复绘,将其中需要着锡的焊点按圆形和长方形留空。

(3) 维修用的印制电路板图,可按布设草图绘制。单面板以焊接面视图。双面板可以如图 9-13那样在一张纸上同时画出两面的图形分布,但应注意元件的位置。如为通过穿线孔焊接的元件,元件应画在焊接的一面上,而不画在元件实际所在的一面上,元件引出端顺序按底视图排列,如图(a)就是这样;如元件为扁平封装的集成电路,则元件应与实际所在的一面的导线在同一面图上,元件引出端顺序按俯视图排列,如图(b)所示。为表示两面之间通过金属化孔的连接情况,用线条连接起来。另外,双面的印制电路板图,最好能够采用多种颜色套印。

附 录

附录 I 印制电路用插头座

基本尺寸和结构 (SJ212-66)

一、基本尺寸

1. 接点间距 (mm): 系相邻两接触对的横向中心距离。

1.5; (2.0); 2.5; 4

2. 印制插头的板厚 (mm):

1.5; 2.0

厚度公差及翘曲度按复铜箔酚醛-环氧玻璃布层压板 (SJ200-66) I 级板公差。

3. 印制插头插入插座的深度 (mm):

8.0

二、结 构

1. 插座式

特 征	接点间距 mm	接触形式	排 列 形 式	接 线 数 目		图 例
				印制插头的板厚 1.5mm	印制插头的板厚 2.0mm	
插	4	片	双面接触单排	7; 11; 15; (16); 19; 23; 27; 31。	11; 15	附图1(a)
			单面接触双排	14; 22; 30; (32); 38; 46; 54; 62。	22; 30	附图1(b)
	2.5		双面接触单排	8; 12; 16; 20; 26; 32。	—	附图1(a)
			单面接触双排	16; 24; 32; 40; 52; 64。	—	附图1(b)
座	(2)		簧	双面接触单排	32; 38; 44。	—
	线 簧	双面接触单排		10; 16; 22; 28; 36。	—	
		单面接触双排		20; 32; 44; 56; 72。	—	

注：括号内新产品不采用。

2. 插头座式

特 征	接点间距 mm	接触形式	排 列 形 式	接 线 数 目	附 图
				印制板厚度1~2mm	
插 头 座	4	片 簧*)	双面接触单排	7; 11; 15; 19; 23; 27; 31。	附图 3
	2.5	片 簧*)	双面接触单排	8; 12; 16; 20; 26; 32。	附图 3
		插针、插孔	单 排	4; 8; 12; 16。	附图 4
			双 排 错 列	19; 25; 31; 37。	附图 5
	1.5	线 簧	双面接触单排	10; 16; 22; 28; 36。	
			单面接触双排	20; 32; 44; 56; 72。	

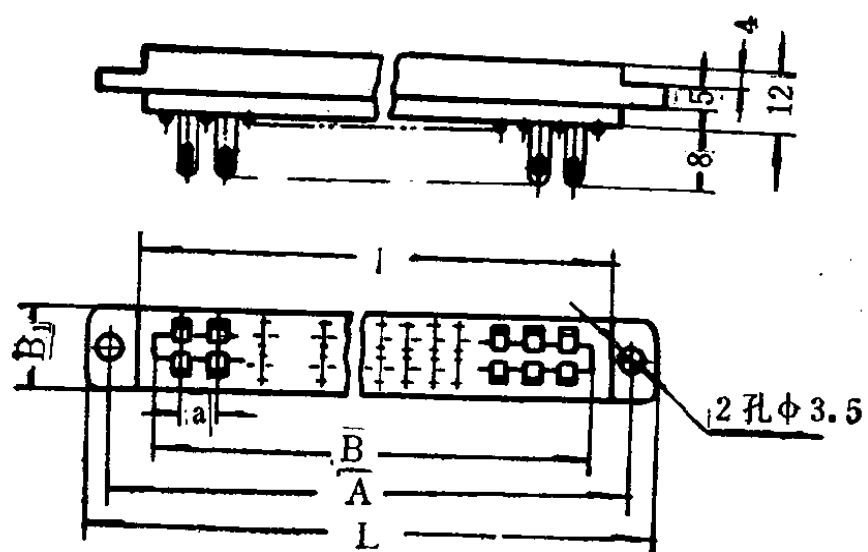
*) 片簧插头座相配的插座, 采用插座式中相应的片簧插座。

3. 定位方式：插座式采用活定位，定位附件可由生产厂供应按使用单位要求安装。其定位在接线数目中，双面接触单排定位占据一元接点，单面接触双排定位占据两个接点。

三、印制电路用插头座型号命名方法

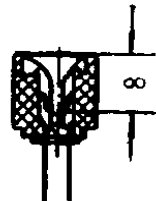
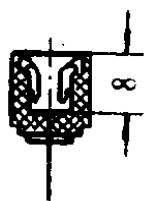
顺 序	表 示 特 征		代 号
1	型 号	插 头 座 针孔式插头座	CY CH
2		插头座的结构类型序号	数字
3	规 格 代 号	接 线 数	数字
4		插 头 和 插 座 插 头 座 插 座	J K
5		排 列 形 式 双面接触单排 单面接触双排	(省略) 2
6		板 厚 1.5mm 2mm	(省略) 2

示例： 插座 CY□-15K
 CY□-30K2
 CY□-30K2-2
 插头 CY□-15J
 插头座 CY□-15



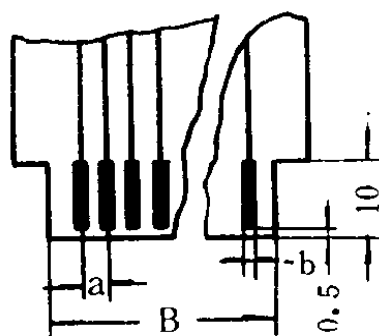
双面接触单排

单面接触双排



(a)

(b)

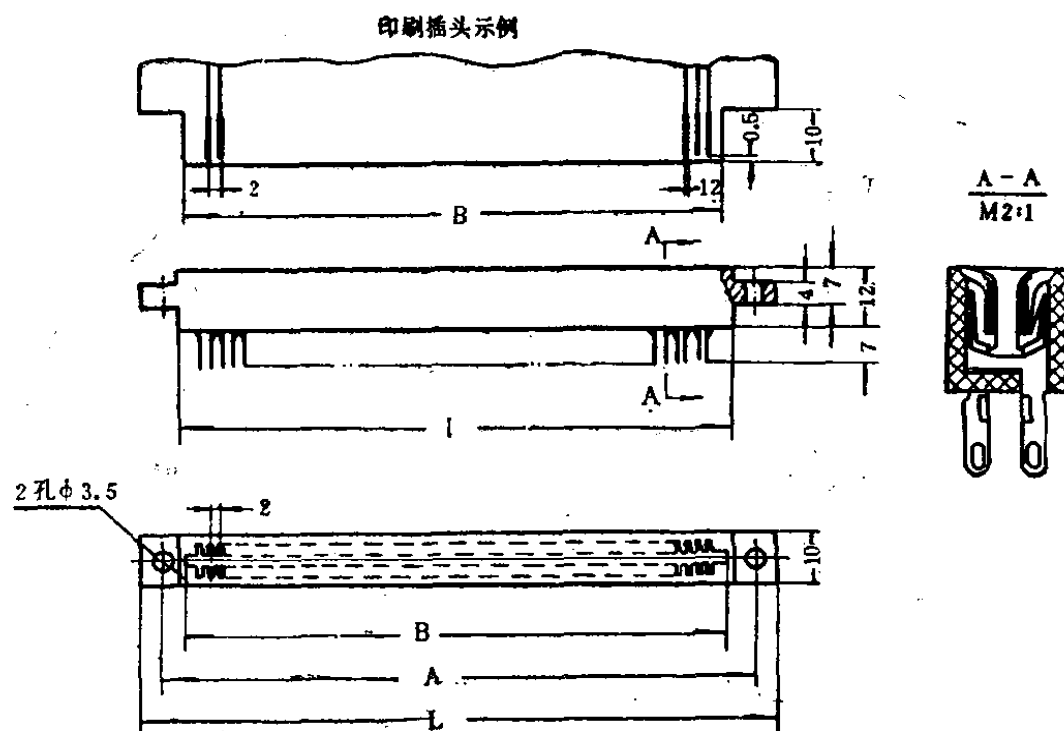


印制插头示例

附图 1 印制板插座

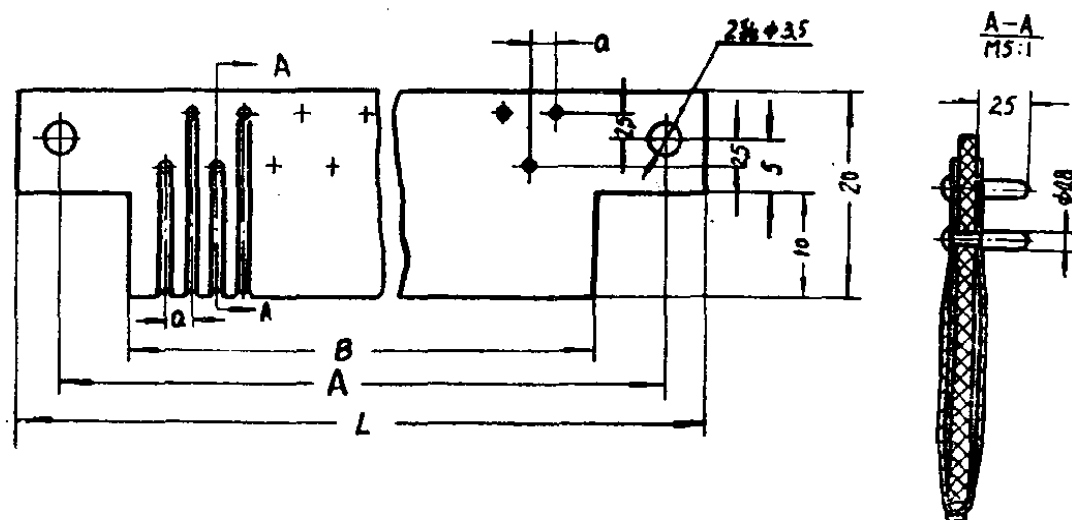
接点间距 a	接 线 数 目		L	A	l	B	b	B ₁ *	印制插头 的板厚
	单 排	双 排							
	7	14	55	45	38	32	2.0	9.5	1.5
	11	22	72	62	54	48	2.0	9.5	1.5
	15	30	88	78	70	65	2.0	9.5	1.5
	(16)*	(32)	92	82	72	68	2.0	9.5	1.5
	19	38	102	92	85	80	2.0	9.5	1.5
	23	46	120	110	100	96	2.0	9.5	1.5
	27	54	135	125	118	112	2.0	9.5	1.5
	31	62	152	142	135	128	2.0	9.5	1.5
	11	22	72	62	54	48	2.0	10	2
	15	30	88	78	70	65	2.0	10	2
	8	16	48	38	30	25	1.3	9.5	1.5
	12	24	58	48	40	35	1.3	9.5	1.5
	16	32	68	58	50	45	1.3	9.5	1.5
	20	40	78	68	60	55	1.3	9.5	1.5
	26	52	95	85	75	70	1.3	9.5	1.5
	32	64	108	98	90	85	1.3	9.5	1.5

注：() 内的数字在新设计时不采用； * 系参考数字。 计量单位：mm



附图2 印制板插座

接线数目	L	A	B	l	印制插头的板厚
32	88	78	68	72	1.5
38	100	90	80	84	1.5
44	112	102	92	96	1.5



附图3 片簧式插头

接点间距 $a=2.5\text{mm}$ 的系列尺寸

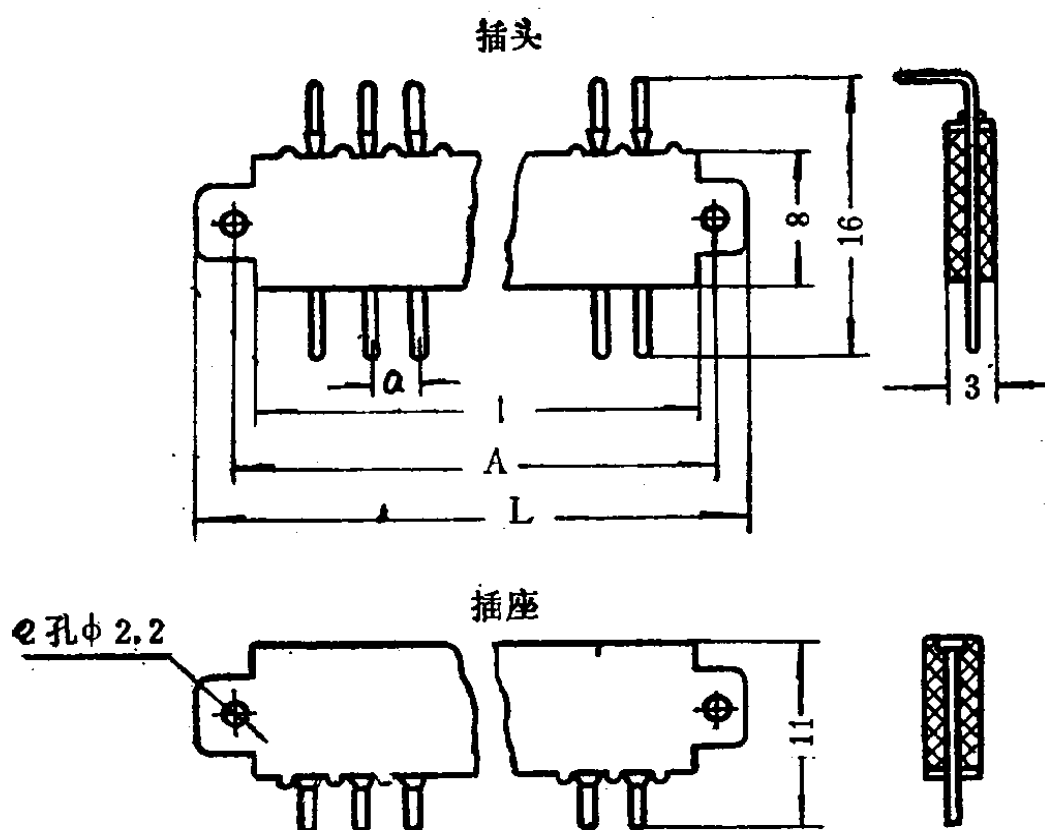
计量单位: mm

接线数目	L	A	B	配合使用2.5mm间距的 印制电路用插座接线数目
8	48	38	25	8
12	58	48	35	12
16	68	58	45	16
20	78	68	55	20
26	95	85	70	26
32	108	98	85	32

接点间距 $a=4\text{mm}$ 的系列尺寸

计量单位: mm

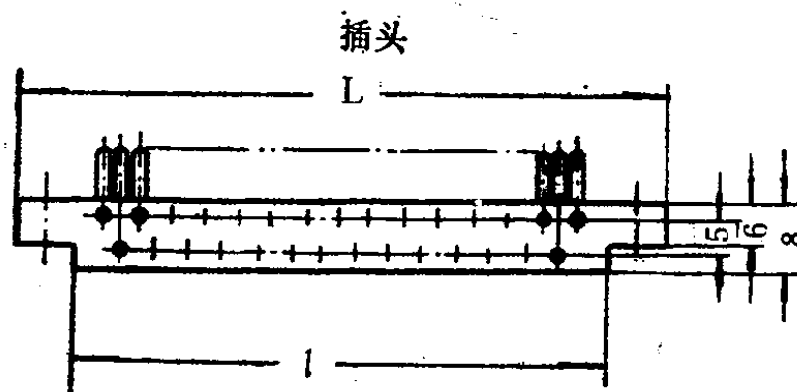
接线数目	L	A	B	配合使用4mm间距的印 制电路用插座的接线数目
7	55	45	32	7
11	72	62	48	11
15	88	78	65	15
19	102	92	80	19
23	120	110	96	23
27	135	125	112	27
31	152	142	128	31

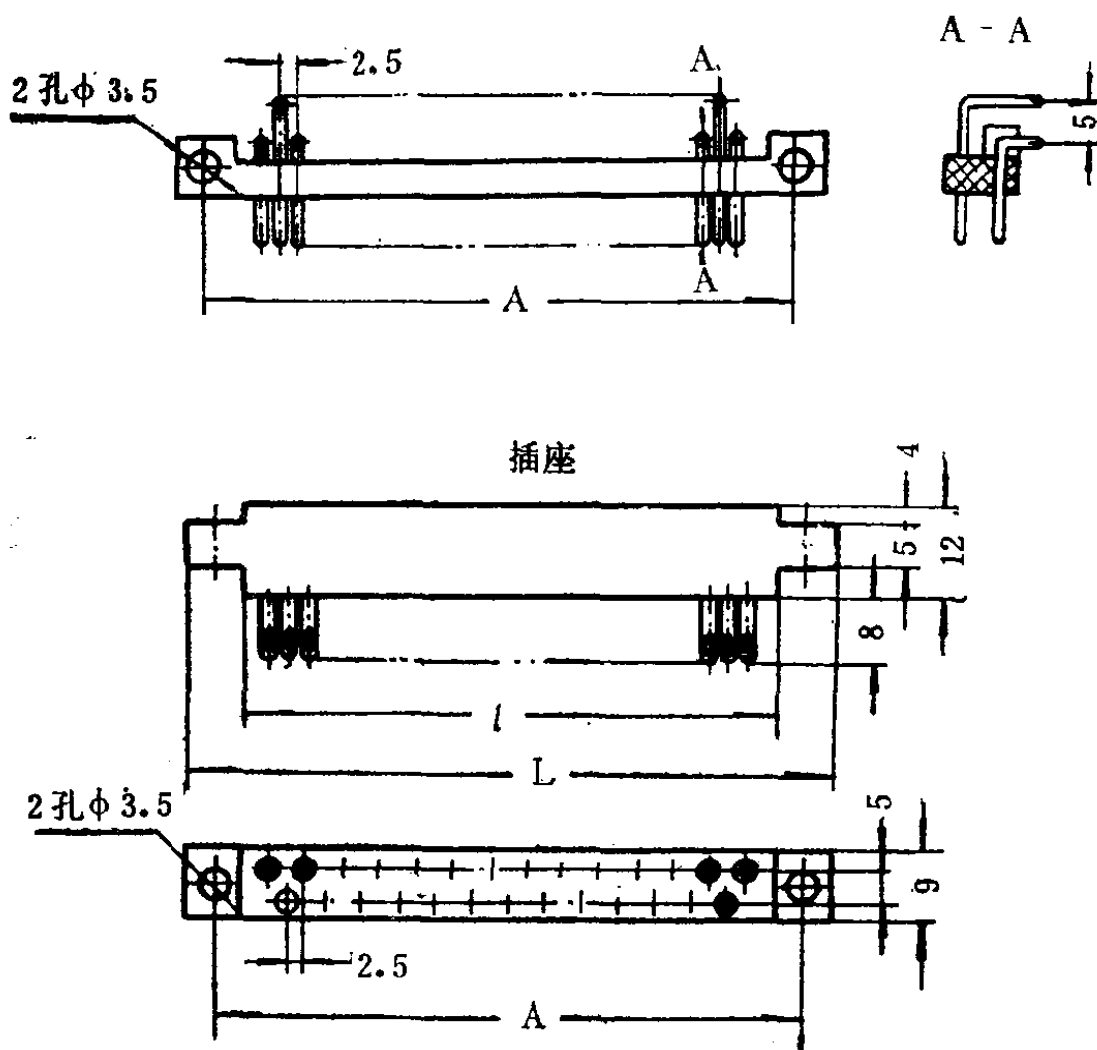


附图4 单排针孔式插头座

计量单位: mm

序号	接点间距 a	接线数目	尺寸		
			L	A	l
1	2.5	4	18	14	11
2	2.5	8	24	24	21
3	2.5	12	38	34	31
4	2.5	16	48	44	41





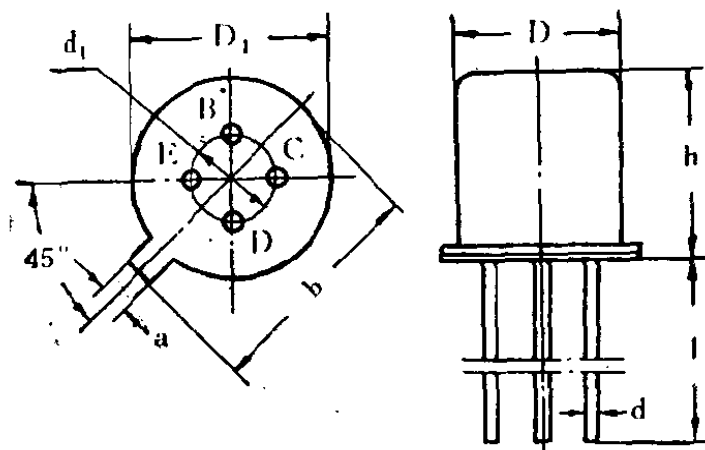
附图 5 双排针孔式插头座

计量单位: mm

接 线 数 目	L	A	l
19	68	60	52
25	84	76	68
31	98	90	82
37	114	106	98

附录Ⅱ 常用晶体管管壳外形尺寸

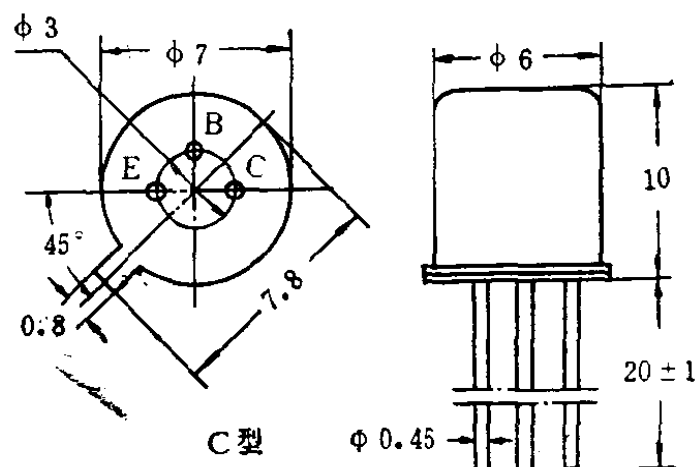
1. B型管壳外形 (附图 6)



附图 6

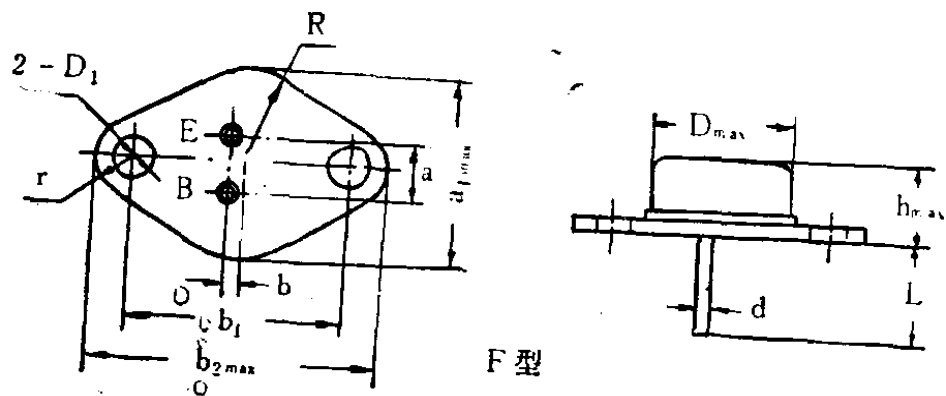
名 称	尺 寸 (mm)							
	D_1	D	d_1	d	h	l	a	b
B-1	5.8	4.8	2.5	0.45	5.5	15 ± 1	0.8	6.6
B-2	5.8	4.8	2.5	0.45	7.0	15 ± 1	0.8	6.6
B-3	9.4	8.4	5.0	0.45	8.0	20 ± 1	0.8	10.2
B-4	9.4	8.4	5.0	0.45	6.5	20 ± 1	0.8	10.2

2. C型管壳外形 (附图 7)



附图 7

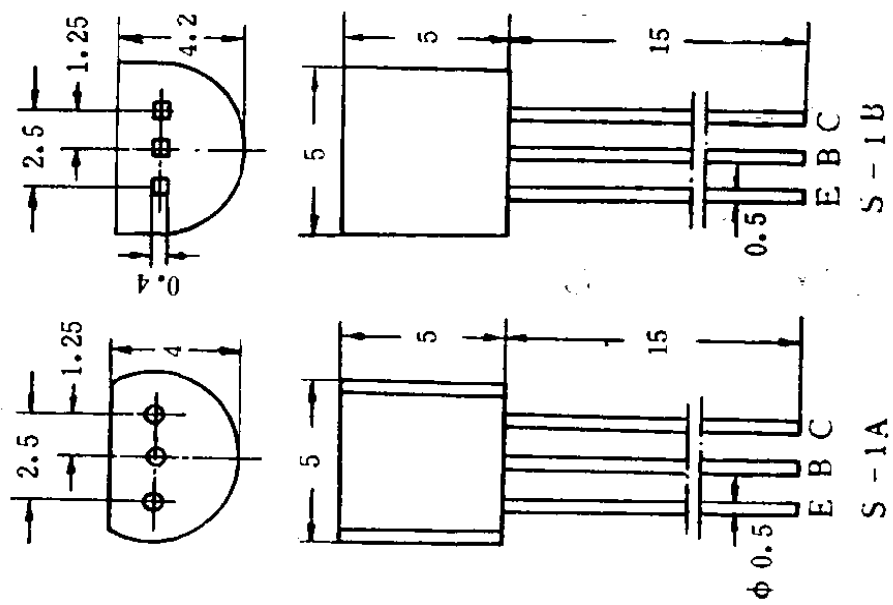
3. F型管壳外形 (附图 8)



附图 8

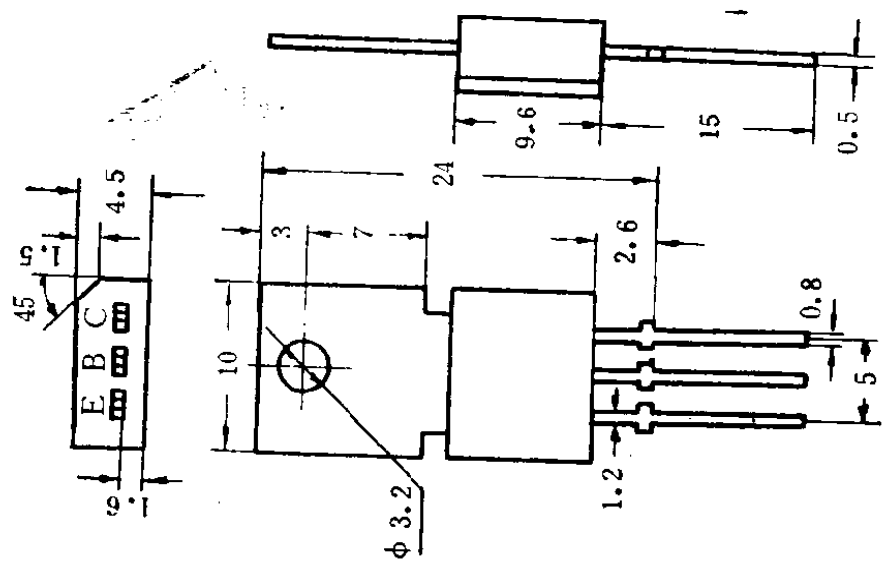
名 称	D_{\max}	h_{\max}	d	D_1	L	R
F-1	15	8.5	1	4.2	10	10
F-2	20	9.5	1	4.2	10	13.5
名 称	r	a	$a_{1\max}$	b	b_1	$b_{2\max}$
F-1	4	6 ± 0.2	20	1.6 ± 0.2	23 ± 0.2	31
F-2	5	11 ± 0.2	27	2.0 ± 0.2	30 ± 0.2	40

4. S-1型和S-3型管壳 (附图9和附图10)



S-1型

附图 9

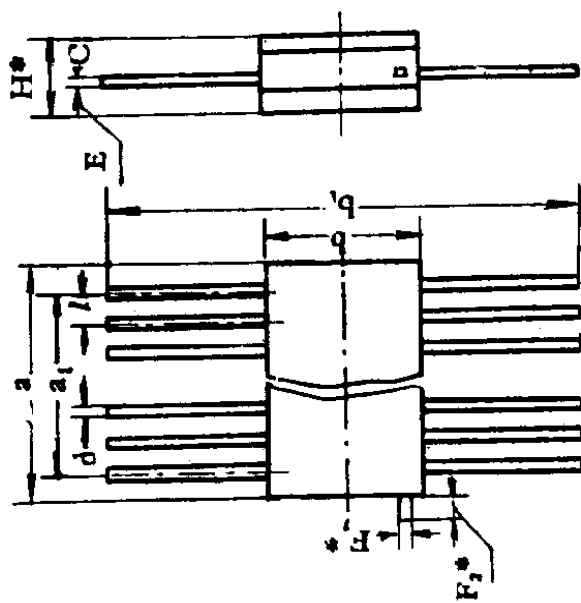


S-3型

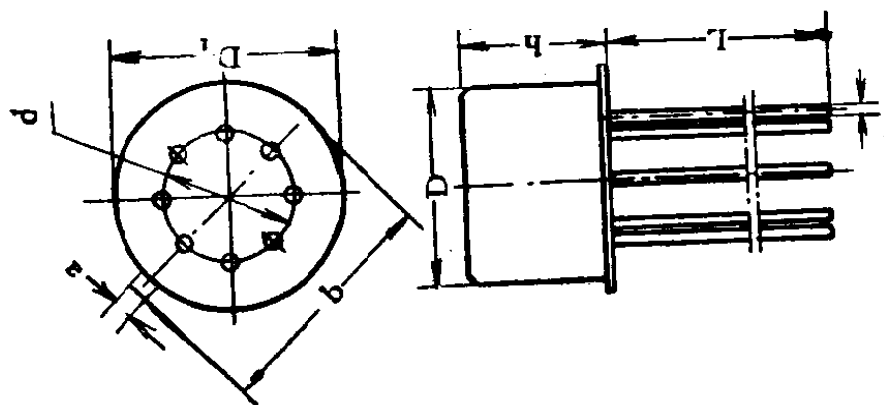
附图 10

附录Ⅲ 集成电路外形尺寸

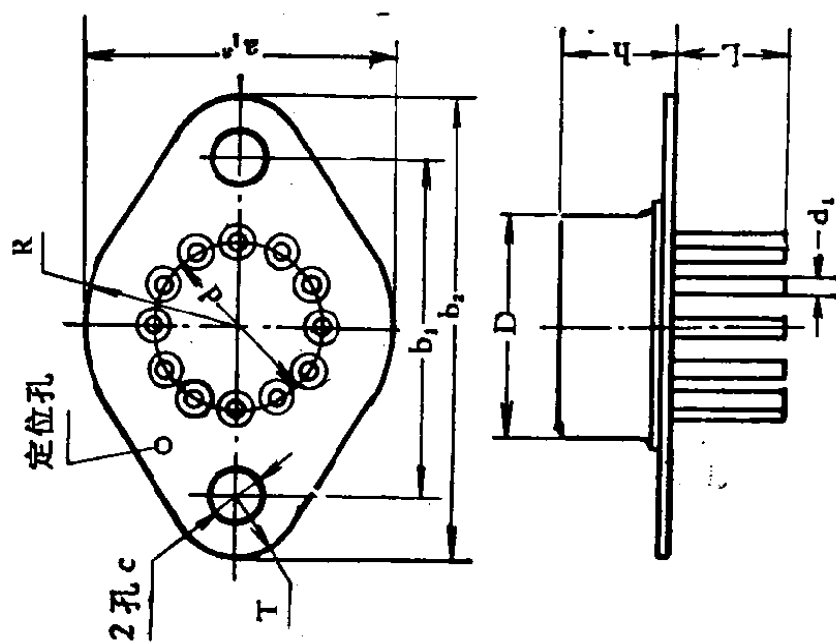
A、B型 (见表1)



Y型 (见表4)

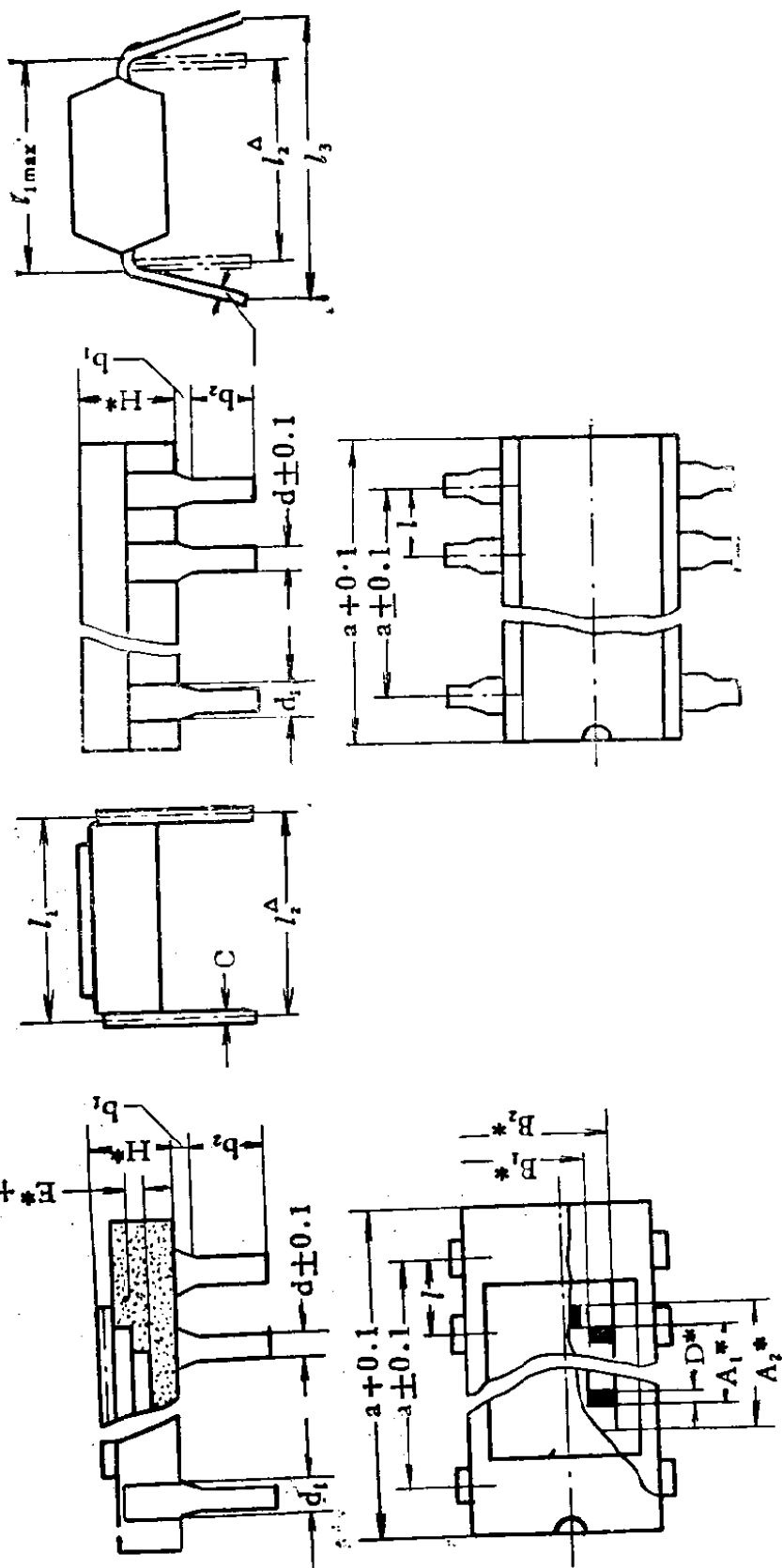


F型 (见表5)



C型 (见表2)

D型 (见表3)



一、

(单位: mm)

引线条数	a	b	l	a ₁	b ₁	c	d	E	H*	内腔*	F ₁ *	F ₂ *
14	9	6	1.25	1.25×6	17~18	0.18	0.4	1.1	3	2.2×4.6×0.6	0.4	0.8
16	10.5	7.5	1.25	1.25×7	19.5	0.18	0.4	1.1	3	3×5×0.6	0.4	0.8
18	12	8.6	1.25	1.25×8	20.6	0.18	0.4	1.1	3	3.2×6×0.6	0.4	0.8
24	16	11	1.25	1.25×11	23	0.13	0.4	1.4	4	5×7×0.8	0.4	0.8
28	18.4	13	1.25	1.25×13	25	0.13	0.4	1.4	4	5.6×8.8×0.8	0.4	0.8

注：^{*}为参考尺寸。

24

(单位: mm)

引線數	a	l	l ₁	l ₂ ⁴	c	d	d ₁	b ₁	b ₂	II*	E*	A ₁ *	A ₂ *	B ₁ *	B ₂ *	D*
8	10	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	4.8	6.6	2.4	4.2	≥0.4
10	13	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	4.8	6.6	2.4	4.2	≥0.4
12	15	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	4.8	6.6	2.4	4.2	≥0.4
14	18	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	4.8 (5.2)	6.6 (7)	2.4 (3.5)	4.2 (5.1)	≥0.4
16	21	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	5.2	7	3.5	5.1	≥0.4
18	23	2.50	7.5	7.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	5.2	7	3.5	5.1	≥0.4
24	31	2.50	15.0	15.0	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	6.4 (5.5)	8.4 (7.5)	6.4 (5.5)	8.4 (7.5)	≥0.4
28	36	2.50	15.0	15.0	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5~1.0	3.5~4.0	≤2.4	0.6	6.4 (5.5)	8.4 (7.5)	6.4 (5.5)	8.4 (7.5)	≥0.4

注: 1. "为参考尺寸, Δ 为建议尺寸。

2. 带散热片的此种外型, 其散热片宽度按功耗而定, 但必须为2.50mm的整数倍。

表 3

(单位: mm)

引线数	a	l	l_{max}	l_1'	l_2	c	d	d_1	b_1	b_2	H
8	10	2.50	8.0	7.5	8~5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
10	13	2.50	8.0	7.5	8~9	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
12	15	2.50	8.0	7.5	8~9	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
14	18	2.50	8.0	7.5	8~9	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
16	21	2.50	8.0	7.5	8~9	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
18	23	2.50	8.0	7.5	8~9	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
24	31	2.50	16.0	15.0	16~17.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5
28	36	2.50	16.0	15.0	16~17.5	0.25~0.35	0.5	1.0~1.4	0.5	3.5~4.0	4.0~4.5

注: 1. *为参考尺寸, Δ 为建议尺寸;

2. 带散热片的此种外型, 其散热片宽度按功耗而定, 但必须为2.50mm的整数倍。

表 4 (单位: mm)

引线数	D_1	D	d	h	L	a	b	d_1
3. 8. 10. 12	9.6	8.4	5	6	12.5	0.8	10.4	0.45
	10.4	9.4	5	6	12.5	0.8	11.2	0.45

表 5 (单位: mm)

引线数	D	d	c	d_1	L	h	a_1	b_1	b_2	R	r
11 7.5	3.2	0.6	10	5.2	15	19	25	7.5	3		
	4.2	1.0	10	9	20	23	31	10	4		
2. 7. 10. 12 15. 10	4.2	1.0	10	9	20	23	31	10	4		
	4.2	1.0	10	10	27	30	40	13.5	—		



“电子爱好者”网站是一个面向广大电子爱好者、大专院校学生、中小型企业工程技术人员的技术应用、推广专业网站。主要内容有：电子技术应用交流，器件资料、电子设计软件下载，电子技术支持服务，电子产品发布、转让和引进等信息。

本资料由“电子爱好者”网站收集整理，版权属原作者

在使用本资料或软件时，有什么问题，欢迎到“电子爱好者”网站内的 BBS “技术论坛”中发表，我站的热心网友会帮助你的。

技术论坛：<http://www.etuni.com/bbs>

需要更多的电子技术相关资料或软件，欢迎到“电子爱好者”网站下载。

“电子爱好者”网站：<http://www.etuni.com>