

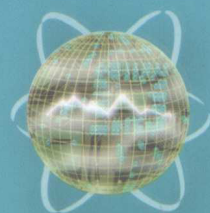


电子信息类专业实验与设计系列教材

电工与SMT 电子工艺实训

◎ 曹海泉 李 威 主编 ◎ 容太平 主审

DIANGONG YU SMT
DIANZI GONGYI SHIXUN



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

电子信息类专业实验与设计系列教材

电工与 SMT 电子工艺实训

主 编	曹海泉	李 威	
副主编	刘平秀	胡少六	位 磊
主 审	容太平		

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

电工与 SMT 电子工艺实训/曹海泉 李威 主编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-5609-6252-8

I. 电… II. ①曹… ②李… III. ①电工技术-高等学校-教材 ②印刷电路-工艺-高等学校-教材 IV. ①TM ②TN41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 095787 号

电工与 SMT 电子工艺实训

曹海泉 李威 主编

策划编辑: 谢燕群

责任编辑: 江 津

封面设计: 刘 卉

责任校对: 史燕丽

责任监印: 熊庆玉

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027)87557437

录 排: 武汉佳年华科技有限公司

印 刷: 湖北新华印务有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 7.5

字 数: 154 千字

版 次: 2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 14.80 元



本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书是作者从高等院校加强实习、实训等实践教学环节的实际需求出发,结合多年在电工与 SMT 电子工艺实践教学方面的经验和体会,以及与同类高校深入交流的成果,为满足高等教育理工类培养应用型本科专业人才的要求而编写的。

全书介绍电工与 SMT 电子工艺实践的主要环节,从焊接技术、印制电路设计、元器件测试及安装、电子产品的组装和调试,以及表面贴装技术等方面,对电子工艺的流程进行讲解。表面贴装技术是一种直接将元器件平卧在印制电路板上进行焊接安装的新技术,是当今电子组装的主流技术。采用表面贴装技术,能使电子产品轻薄短小、降低成本、提高可靠性。另外,对计算机辅助设计软件 Protel 99 SE 也作了简单介绍,让学生在掌握基础的电子工艺技术的同时,也了解最新的和先进的电子工艺知识。

本书可作为高等院校弱电类专业本科、专科学生的电工与 SMT 电子工艺实践教学的指导书,还可作为从事电工与 SMT 电子工艺制作的科技人员的参考书。

前言

随着电子信息产业的迅速发展,电子信息行业的知识、技术和工艺正在不断地更新。为了适应“电路理论”和“电子技术”等电子信息基础课程的教学需要,我们在总结多年电工与 SMT 电子工艺实践教学经验的基础上,吸收了同类院校的研究成果和新的电子工艺技术,旨在满足高等教育理工类本科专业人才培养目标的实践性教学环节要求。学生通过电工与 SMT 电子工艺实训,可了解和掌握从基础到现代的电工与 SMT 电子工艺技能,能在实践中不断地去体验、总结和提高。

本书介绍了电工与 SMT 电子工艺实践的主要环节,从焊接技术、印制电路设计、元器件测试及安装、电子产品的组装和调试,以及最新的电子工艺表面贴装技术生产流程。另外,对计算机辅助设计软件 Protel 99 SE 也作了适当的介绍。全书共分八章,第 1 章手工锡焊技术,第 2 章印制电路设计,第 3 章常用电子元器件的识别与测试,第 4 章 Protel 99 SE 计算机辅助设计,第 5 章 SMT 概论,第 6 章表面贴装的刷锡技术,第 7 章表面贴装的贴装技术与焊接技术,第 8 章 SMT 实训:迷你型 FM 收音机的组装。前四章为电工实习基础篇,后四章为表面贴装工艺篇。前四章主要由李威执笔,刘平秀、胡少六参编;后四章主要由曹海泉执笔,位磊参编;全书由华中科技大学容太平教授主审。

本书在章节和内容的安排上有如下特点。首先,理论指导实践。内容先介绍相关的背景和理论知识,通过理论的学习来指导实践内容的完成。其次,实用性强。无论是基础篇中的焊接、电路设计和安装调试部分,还是后面表面贴装工艺篇中的表面贴装的刷锡技术、贴装技术、焊接技术、SMT 实训:迷你型 FM 收音机的组装部分,只要通过学习,就可以看到学习的成果并可将学到的知识应用到实际生活中。再次,知识体系完整。对于电子产品从无到有、从简单到复杂的整个工艺过程都作了比较详细的阐述,既有基础的焊接技术,又有贴装生产技术;既有基本的手工绘图,又有计算机辅助版图设计。

现代电子表面贴装工艺,是一种直接将元器件平卧在印制电路板上进行焊接安装的新技术。该技术是目前电子设备生产的主流工艺技术。电子信息类专业的学生可在校内表面贴装生产线上进行实际电子产品的生产,如调频收音机的生产、U 盘的生产、汽车电子产品的生产以及消费电子产品的生产。学生掌握了这项工艺技术无疑可极大地提高电子设备的生产知识和实际能力,增强就业竞争力。

本实训教程计划教学时间 2 周,记 2 个学分。电工实习主要训练手工锡焊,处理一般分立元器件和小规模集成电路,以及普通电路板的设计;而表面贴装技术是处理

大规模集成电路板的现代电子工艺技术,有助于学生了解“掌上电子产品”的生产过程,提高电子信息类专业学生在生产一线的工作能力,为学生今后的就业打下良好的基础。在时间的安排上可按 1:1 的比例(1 周 40 学时),也可根据自己的实际情况有选择地进行调整。

本书可作为计算机科学与技术、软件工程、通信工程、电子信息工程、光电信息工程、自动化、电子科学与技术、生物工程、应用电子、电气工程、环境工程、现代制造等工科类专业的电工与 SMT 电子工艺实训教材。

编者在教学工作和本书的编写工作中,得到了华中科技大学文华学院及严国萍副院长的大力支持和帮助,并参考了许多相关资料,借鉴了众多学者的研究成果,文献中未能一一列出,在此一并表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者给予批评和斧正,我们不胜感激! 本书主编邮箱为 1213166348@qq.com。

编 者

2010 年 4 月

目 录

第 1 章 手工锡焊技术	(1)
1.1 锡焊的机理	(1)
1.2 锡焊工艺的种类	(2)
1.3 手工锡焊的工具	(2)
1.4 锡焊的材料	(4)
1.5 锡焊的条件及焊前准备	(5)
1.6 手工锡焊技术	(6)
1.7 拆焊技术.....	(10)
1.8 元器件的安装与焊接.....	(11)
思考与习题	(13)
第 2 章 印制电路设计	(14)
2.1 相关概念.....	(14)
2.2 印制电路板及其工艺的分类.....	(15)
2.3 印制电路板的设计原则.....	(15)
2.4 习作设计.....	(17)
思考与习题	(21)
第 3 章 常用电子元器件的识别与测试	(22)
3.1 电阻器.....	(22)
3.2 电容器.....	(25)
3.3 电感器、变压器	(28)
3.4 半导体分立器件.....	(31)
3.5 集成电路.....	(36)
3.6 其他常用元器件检测.....	(38)
3.7 实习产品 1:S-2000 型直流稳压/充电电源	(39)
3.8 实习产品 2:声光控延时节电开关	(47)
思考与习题	(50)
第 4 章 Protel 99 SE 计算机辅助设计	(51)
4.1 Protel 99 SE 的操作环境	(51)
4.2 绘制电路原理图.....	(52)

4.3 印制电路板的设计·····	(57)
思考与习题·····	(64)
第5章 SMT 概论 ·····	(65)
5.1 SMT 的基础知识·····	(65)
5.2 SMT 的历史和现状·····	(67)
思考与习题·····	(68)
第6章 表面贴装的刷锡技术 ·····	(69)
6.1 印刷机的基础知识·····	(69)
6.2 基板的基础知识·····	(70)
6.3 焊膏的基础知识·····	(70)
思考与习题·····	(72)
第7章 表面贴装的贴装技术与焊接技术 ·····	(73)
7.1 贴片机的基础知识·····	(73)
7.2 表面贴装芯片的基础知识·····	(77)
7.3 回流焊机的基础知识·····	(80)
思考与习题·····	(82)
第8章 SMT 实训:迷你型 FM 收音机的组装 ·····	(84)
8.1 SMT 实训的目的·····	(84)
8.2 SMT 实训的产品特点·····	(84)
8.3 电路原理·····	(84)
8.4 SMT 实训流程·····	(85)
思考与习题·····	(96)
附录 A FM 收音机的电路原理 ·····	(97)
附录 B FM 收音机的元件安装位置图 ·····	(100)
附录 C 常见故障、原因及修正 ·····	(111)
参考文献 ·····	(112)

第 1 章 手工锡焊技术

在电子产品的生产过程中,锡焊是十分重要的技术。无论是简单的元器件还是复杂的集成电路板,都需要通过电路连接来实现电子产品的功能。在各种电路连接方式中,焊接,特别是锡焊是应用最广泛的一种技术,它能使电路中的各个连接部位既有良好的导电性能,又有较强的机械强度。可以说,锡焊技术直接关系到电子产品质量和使用寿命。

1.1 锡焊的机理

锡焊的基本原理是通过高温加热,使焊料在焊件上浸润、扩散,形成不可剥离的导电合金层,从而把焊件牢固地焊接在一起。其间包含以下三个主要过程。

1. 焊料对焊件的浸润

熔融焊料在金属表面形成均匀、平滑、连续并附着牢固的焊料层叫做浸润,也叫润湿。浸润程度主要取决于焊件表面的清洁程度及焊料表面的张力。在焊料的表面张力小、焊件表面无油污,并涂有助焊剂的条件下,焊料的浸润性能较好。从图 1.1.1 可以看到水与玻璃试管、水银与玻璃试管之间的浸润现象。焊料与焊件的浸润程度可以通过浸润后焊料与焊件表面夹角的大小来判断。

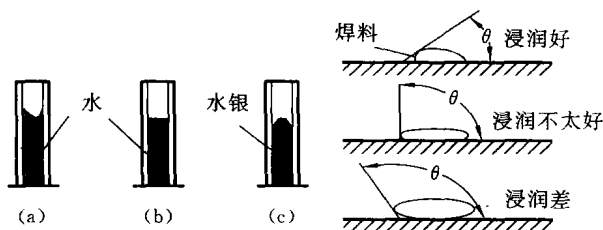


图 1.1.1 浸润现象及浸润程度

2. 扩散

高温加热被焊件和熔融焊料,两者的原子或分子在高温下相互运动渗透,形成表面合金层的过程叫做扩散。

3. 结合层

焊料和焊件金属彼此扩散,会在两者交界面形成多种组织的结合层。形成结合层是锡焊的关键,如果没有形成结合层,仅仅是焊料堆积在母材上,则为虚焊。结合

层的厚度因焊接温度、时间不同而异,一般在 $3\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间。

1.2 锡焊工艺的种类

随着焊接工艺的发展,焊接工艺的种类也越来越丰富。本书重点讲解的是手工焊接技术。手工焊接是电子技术工程人员应具备的最基本的专业技能,也是我们学习这门课程应该熟练掌握的技能之一。与手工焊接技术相对应的是自动焊接技术,现今最常用的自动焊接技术包括波峰焊、浸焊、回流焊、脉冲加热焊等。

(1) 波峰焊是一种自动焊接工艺,其整个生产流程都在自动生产线上进行,适用于批量生产。波峰焊的主要焊接过程是元件插装、喷涂助焊剂、预热、波峰焊接、冷却、切头清除和自动卸板。在生产过程中,必须对每道工序进行严格规范,否则其质量难以得到保证。图 1.2.1 所示为一款波峰焊机。

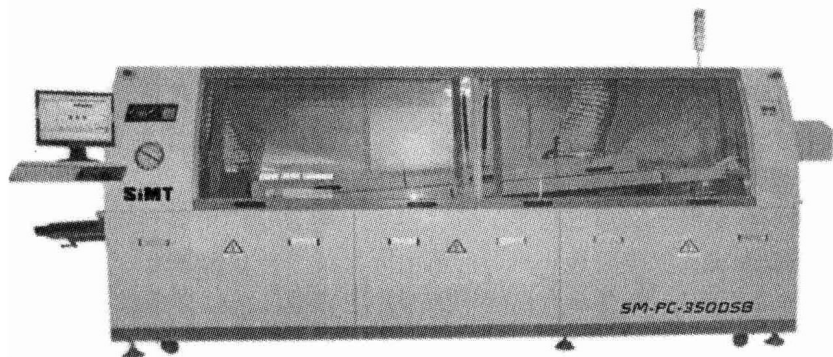


图 1.2.1 波峰焊机

(2) 浸焊是把装配好元器件的印制电路板浸入到盛有焊锡的槽内进行焊接的技术。浸焊适用于小批量的工业生产,其操作方便,但产品质量不易保证。

(3) 回流焊又叫再流焊,是伴随着微电子产品的出现而发展起来的一种新技术。它是把焊锡加工成一种拌有黏合剂的糊状物,粘接到插在印制电路板上的待焊元件引线上,然后加热印制电路板使糊状物溶化而再次流动,从而使元件焊接到印制电路板上。回流焊的效率高、质量好,一致性也优良。

(4) 脉冲加热焊是通过脉冲电流对焊点进行加热来焊接的一种方式。这种焊接适用于小型集成电路的焊接。

此外,还有超声波焊、热超声重丝球焊等,这些工艺均有各自的特点。

1.3 手工锡焊的工具

手工锡焊的工具主要有电烙铁、斜嘴钳、镊子、螺丝刀和剥线钳等。在手工焊接

过程中,电烙铁是最常用也是最重要的手工锡焊工具。其优点在于操作灵活、便于携带、价格低廉。但相比其他先进的焊接设备,电烙铁的效率很低、焊接质量与操作者的状态、水平等有很大关系,不适用于大规模的电子产品生产。

1. 电烙铁的分类

电烙铁按功率大小可分为 20 W、30 W、75 W、100 W、300 W 等多种,电烙铁的功率(W)与其内部电阻的关系如表 1.3.1 所示。按照发热方式不同可分为电阻式和电感式两类。按结构不同可分为内热式、外热式和调温等三种。内热式与外热式的主要区别在于发热元件(即烙铁芯)在传热体的内部或外部。内热式发热效率高,但内热式的烙铁头不便于更换,见图 1.3.1。

表 1.3.1 电烙铁功率与其内部电阻的关系

功率/W	电阻/kΩ
20	2.4
30	1.6
75	大于 0.6
100	约为 0.5

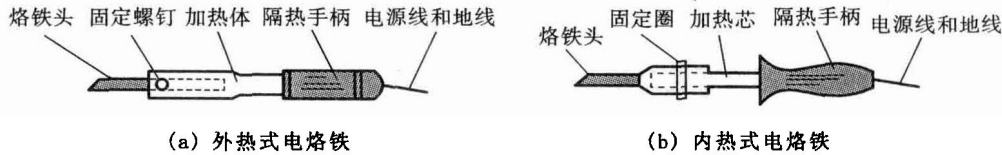


图 1.3.1 外热式和内热式电烙铁的结构

2. 电烙铁的组成

(1) 烙铁头。电烙铁的传热体,用紫铜制成,能起热能的储存和传递作用。烙铁头在使用中容易因高温而被氧化和腐蚀,使表面变得凸凹不平,甚至被折断,因此常需要打磨镀锡或者更换。新换的烙铁头必须浸锡,如果不浸锡而直接使用,就会被“烧死”而变得不粘锡。浸锡的方法是在木板上放少许松香、焊锡,电烙铁通电后,将发热的烙铁头在松香焊锡上来回挪动,直到烙铁头的前端部分均匀地镀上一层锡。因使用的场合不同,所选用的电烙铁类型、烙铁头的类型也不同。图 1.3.2 所示是几种常用的烙铁头。

(2) 烙铁芯(电烙铁的发热部分)。它是将镍铬发热电阻丝缠在云母、陶瓷等耐



图 1.3.2 几种常用的烙铁头

热、绝缘材料上构成的。通电以后由烙铁芯产生热量传递给烙铁头。

(3) 手柄。它是由木头或胶木等绝缘隔热材料制成。

(4) 接线柱。它在发热元件同电源线的连接处。

在其余的工具中,斜嘴钳用于剪导线和焊后过长的元器件引线,也可修整某些塑料片的形状以便安装。镊子用于夹持导线和元器件引线,便于装配焊接,在拆焊过程中可以起到散热的作用。螺丝刀有平口和十字两种用于固定螺丝钉或调节某些可调元器件。剥线钳用于去除导线的绝缘层,有很多大小不同的刃口,在去除绝缘层的时候,要根据导线的粗细使用相应的刃口。

1.4 锡焊的材料

1. 锡焊材料

锡焊材料为锡(Sn)、铅(Pb)的合金。锡、铅合金为共晶合金,其熔点为 $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对于单独的锡,其熔点为 $232\text{ }^{\circ}\text{C}$,单独的铅其熔点为 $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。烙铁头的温度一般在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,完成一个焊点的时间一般控制在 $3\sim 5\text{ s}$ 。

按照锡铅比例为 $61.9/38.1$ 制成的焊锡材料性能是最好的,它具有以下优点。

(1) 熔点低。熔点低则加热温度低,可防止元器件损坏。

(2) 熔点和凝固点一致,可使焊点快速凝固,增加焊料强度。

(3) 流动性好,表面张力小,有利于提高焊点质量。

(4) 强度高,导电性好。

常用焊料的形状有丝状、圆片状、带状、球状、膏状等。其中焊锡丝在手工焊接中使用最为广泛,焊锡丝为管状结构,中间夹有固体松香助焊剂。焊锡丝的直径种类很多,一般从 0.5 mm 到 4 mm 不等。另一种较为常用的焊料是焊膏,焊膏由焊料合金与助焊剂制成糊状而成,适用于回流焊和贴装元器件的焊接。

2. 助焊剂

在锡焊工艺中,松香是良好的助焊剂,其特点是:在常温下几乎没有任何化学活力,呈中性,而当加热到熔化时表现为酸性,可与金属氧化膜发生化学反应,变成化合物而悬浮在液态焊锡表面,这就起到了保护焊锡表面不被氧化的作用。另外,松香无腐蚀,绝缘性强。

同时,松香焊剂还可以增加焊料的流动性,减少其表面张力。在焊接的过程中,焊料熔化后能否迅速地流动并附着在焊件表面直接影响着最终焊点的质量。

3. 阻焊剂

焊接时,焊料只需要熔化并附着在相应的焊件上,这就意味着印制电路板上除需要焊接的部分以外,其他部分不允许有焊料附着,用一种耐高温的阻焊涂层,使焊料

只能在焊点部分进行焊接,这种阻焊涂层就是阻焊剂。印制电路板上常见的绿漆即作为一种阻焊剂。

1.5 锡焊的条件及焊前准备

1. 锡焊的条件

只有当焊件、焊料及焊接的工具选用合适,并满足一定条件,才能更好地保证焊接出的焊点达到一定的指标。因此,在焊接前,必须做到以下几点。

(1) 焊件必须具有充分的可焊性。只有能被焊锡浸润的金属才具有可焊性,并非所有的金属材料都具有良好的锡焊可焊性。例如,铬、钼、钨、铝等金属的可焊性就非常差;黄铜、紫铜等金属容易焊接,但表面容易产生氧化膜,为了提高可焊性,一般必须采用表面镀锡、镀银等措施。

(2) 焊件表面必须保持清洁。为了使焊锡和焊件达到原子间相互作用的距离,焊件表面任何污物杂质都应清除。

(3) 使用合适的焊剂。焊剂的作用是清除焊件表面氧化膜并减小焊料熔化后的表面张力,以利浸润。不同的焊件、不同的焊接工艺应选择不同的焊剂,如不锈钢、铝等材料,不使用特殊的焊剂是无法焊接的。

(4) 使用适当的加热温度并均匀加热。焊接时,不但要将焊锡加热熔化,而且要将焊件加热到熔化焊锡的温度。只有在足够高的温度下,焊料才能充分浸润焊件,并充分扩散形成合金结合层。

2. 焊前的准备工作

要想使整个焊接满足以上几个条件,需要做一些焊前的准备工作(预制)。

1) 除去焊件表面的锈迹、油污、灰尘、氧化层

元器件引线一般都镀有一层很薄的钎料,但时间一长,引线表面会产生一层氧化层,影响焊接。所以除少量表面镀锡、镀银、镀金的引线外,大部分元器件都应预制。用砂纸或锐器去除焊件表面的杂物和氧化层。

2) 镀锡

镀锡主要是为了使焊件具备充分的可焊性。对于导线或者某些没有经过预处理的元器件引线,需要事先镀上一层锡,这层锡镀在焊件的表面后会形成一种比原材料更加容易焊接的结合层,使焊接更加可靠。镀锡时要注意以下两点。

(1) 加热温度要合适,加热时间应得当。温度过低,焊锡融化不了,加热温度过高,时间长,会烧坏元器件或使得焊点发灰,所以焊接时的时间和温度都必须恰到好处。

(2) 应使用有效的焊剂(松香)。松香经反复加热后会失效,发黑的松香实际不起作用,反而容易夹杂到焊点中造成焊接缺陷。

1.6 手工锡焊技术

1. 电烙铁的拿法

电烙铁的拿法如图 1.6.1 所示。

(1) 反握法:动作稳定,不易疲劳,适于大功率焊接。

(2) 正握法:适于中等功率电烙铁的操作。

(3) 握笔法:一般多采用握笔法,适用于轻巧型的电烙铁,如 30 W 的内热式。其烙铁头是直的,头端锉成一个斜面或圆锥状,适于焊接面积较小的焊盘。

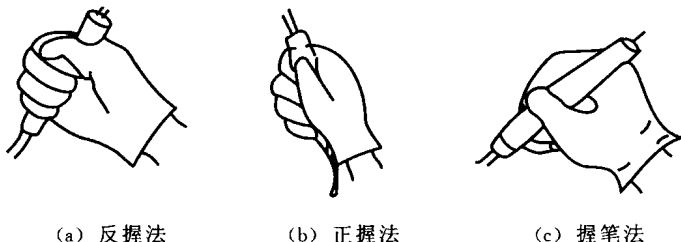


图 1.6.1 电烙铁的拿法

2. 焊锡的拿法

连续焊锡和断续焊锡时的拿法如图 1.6.2(a)、(b)所示。

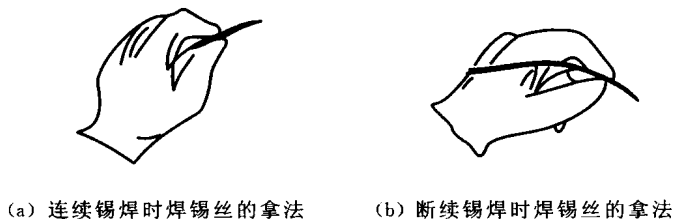


图 1.6.2 焊锡丝的拿法

3. 焊接操作五步法

(1) 左手拿焊条,右手握烙铁,处于随时可施焊状态。

(2) 加热焊件。应注意加热焊件全体,烙铁头应靠在被焊元器件的引线上,电烙铁与印制电路板的夹角应大于 30° ,小于 45° 。

(3) 送入焊条。当焊件达到一定温度后,应立即送入焊条,焊条既要和焊盘接触,又要与元器件引线接触,还要和烙铁头接触,只有这样焊接速度才快。

(4) 移开焊条。当焊盘快要被熔化的焊锡盖满时,立即移开焊条。

(5) 移开电烙铁。焊锡浸润焊盘或焊件的施焊部位后移开电烙铁。

从第(3)步开始到第(5)步结束,时间应控制在 2 s 左右。整个五步过程如图 1.6.3 所示。

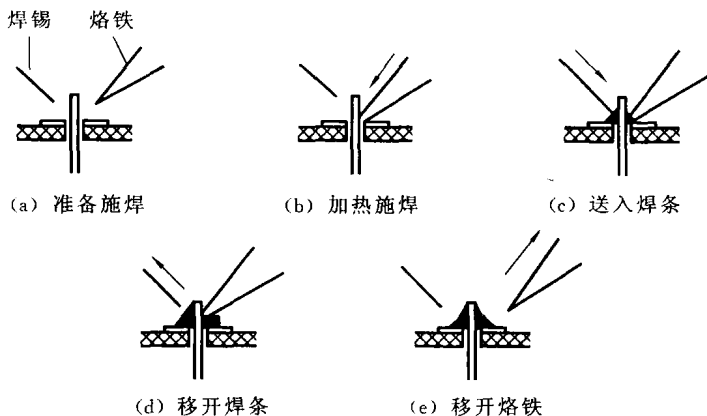


图 1.6.3 锡焊五步操作方法

4. 采用正确的加热方法

加热时应采用正确的加热方法(见图 1.6.4),让焊件上需要锡浸润的各部分均匀受热,如图 1.6.4(a)、(b)、(c)中的电烙铁均没有加热焊件的全体,不能使所有焊件均匀受热,故不正确。而图 1.6.4(e)、(f)、(g)才是正确的操作方法。

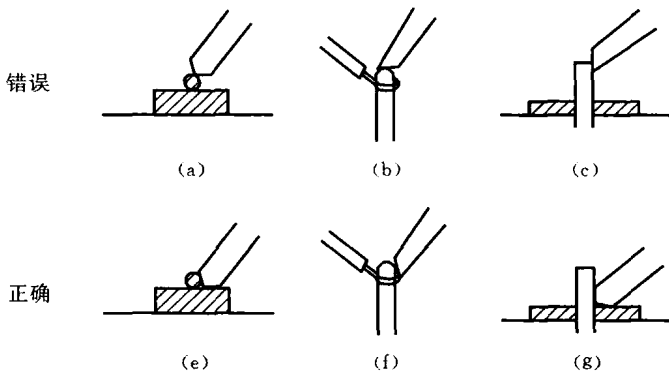


图 1.6.4 采用正确的加热方法

5. 撤离电烙铁的方法

撤离电烙铁应及时,而且撤离时的角度和方向对焊点形成也有一定影响。对于初学者而言,无论焊锡还是电烙铁,撤离时应垂直向上撤离,这样可使焊点光滑,不长毛刺。电烙铁撤离方向和焊锡量的关系如图 1.6.5 所示。

6. 焊点的质量要求

电子元器件在印制电路板上是靠焊点来固定的,因此一个焊点应达到以下几点要求。

(1) 可靠的机械强度。应保证电路接触良好,并具有一定的机械强度,焊点则应



(a) 烙铁轴向45°撤离 (b) 向上撤离 (c) 水平方向撤离 (d) 垂直向下撤离 (e) 垂直向上撤离

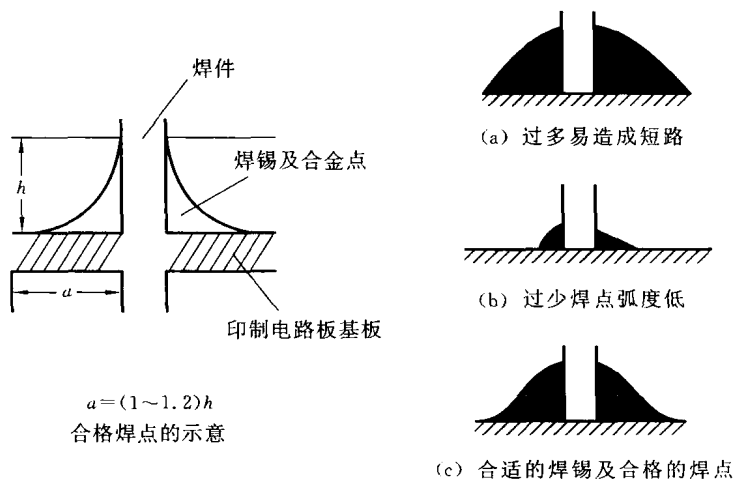
图 1.6.5 电烙铁撤离方向和焊锡量的关系

有足够的接触面积,所以焊盘必须盖满焊锡。

(2) 可靠的电气连接。一个焊点除了机械强度高以外,还要保持良好的电气连接,保证焊点随着时间的推移和周围环境的变化,其电气连接应始终如一。这是提高产品质量和寿命的关键。

7. 合格焊点的外观

焊点的外观必须保证以下四点,如图 1.6.6 所示。



$$a = (1 \sim 1.2)h$$

合格焊点的示意

图 1.6.6 合格的焊点与焊锡量的掌握

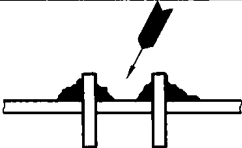
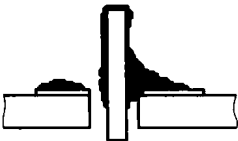
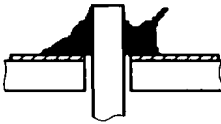
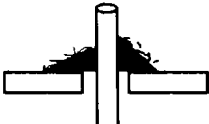
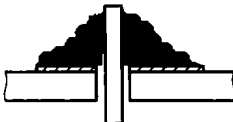
(1) 焊点形状近似圆锥体,其锥体表面应成直线,切不可成气泡状曲线。焊锡料与焊件交界处接触角应尽可能小且平滑。

- (2) 表面光泽且平滑。
- (3) 焊点匀称,呈拉开裙状。
- (4) 无裂纹、针孔、夹渣。

8. 常见焊点缺陷分析

常见的焊点缺陷有以下几种,见表 1.6.1 所示。

表 1.6.1 常见焊点缺陷分析

序号	缺陷类型	缺陷分析	缺陷图示
1	焊料过多	从外观看,焊料过多的焊料面呈蒙古包形。这种焊点既容易造成短路,又浪费焊料,造成此种缺陷的主要原因是焊丝撤离过迟	 焊料过多
2	焊料过少	其特点是焊料未形成平滑面,其危害是机械强度不够且容易造成假焊,产生的主要原因是焊丝撤离过早	 焊料过少
3	桥接	相邻导线连接的情况非常容易造成电气短路。这主要是焊锡过多或电烙铁撤离方向不当所引起的	 桥接
4	不对称	焊锡没流满焊盘会导致不对称,最大的害处是机械强度不足,产生的原因是焊料流动性不好;助焊剂不足或质量差;加热不足	 不对称
5	拉尖	出现尖端,外观不佳,容易造成桥接现象。其原因是助焊剂过少,加热时间过长,电烙铁撤离角度不对	 拉尖
6	表面粗糙	表面粗糙为过热所致,焊点表面发白,无金属光泽,表面粗糙焊盘容易剥落且强度降低。其原因是电烙铁功率过大或加热时间过长	 表面粗糙
7	冷焊	表面呈豆腐渣状颗粒,有时伴有裂纹。这种焊点强度低、导电性不好,产生冷焊点的原因是在焊料未凝固前,焊件抖动或电烙铁功率偏小	 冷焊