

手工焊接 指导书

上海耀谷管理咨询有限公司 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上海耀谷管理咨询有限公司

“专业领域，始于耀谷”！

耀谷团队成立于2003年，致力为制造行业提供培训、咨询、第三方服务

培训咨询：聚焦于生产技术、质量工具、国际标准、采购与供应链、一线主管、办公技能、企业管理等七大系列

第三方服务：审核服务、辅导服务、检验&控制服务

手工焊接领域，聚焦于：等级培训&认证、现场辅导、解决方案、职业资格认证辅导

至今，耀谷团队已为电信、计算机、家电、汽车、国防、航空航天、医疗设备以及机电、钢铁、电子、机械、零售等行业1000多家企业成功提供过培训咨询和第三方服务，铸造了良好的口碑。

手工焊接指导书

上海耀谷管理咨询有限公司 编著



机械工业出版社

本书主要介绍最常用的3种烙铁头(凿形、刀形、马蹄形)焊接最常见的6类电子元件(片式元件、圆柱体元件、SOIC/SOT、QFP、PLCC和镀通孔元件)的最主要的两种方法(点焊法和多引脚焊接法),希望读者触类旁通,遇到不同的元件时能够选择合适的工具,运用正确的焊接流程,焊接出合格的产品。

本书特别强调焊接产品的质量,强调焊接人员必须对自己焊接的产品进行检验。第2~7章检验标准参考目前行业较通用的IPC标准,因行业内的检验标准很多,故第8章把行业通用的几个标准归纳总结并详细罗列比较,方便行业众多企业参考。

本书可作为企业手工焊接岗位培训教材和电子爱好者自学用书,还可供技工学校、职业学校的学生就业培训用。

图书在版编目(CIP)数据

手工焊接指导书/上海耀谷管理咨询有限公司编著. —北京:机械工业出版社, 2015.3

ISBN 978-7-111-49244-3

I. ①手… II. ①上… III. ①电子元件—焊接 IV. ①TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第019897号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:朱林 责任编辑:朱林

版式设计:常天培 责任校对:张力

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京汇林印务有限公司印刷

2015年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·412千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-49244-3

定价:76.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前言

电子产品的手工焊接技术在行业内已非常成熟，行业有很多相关书籍，承载了工程技术人员的智慧。本书与现有书籍最大的区别就是采用图文并茂的形式，尽量多用图片来描述焊接过程的细节步骤，让读者一目了然，达到以下“四化”的效果：复杂动作简单化，简单动作标准化，标准动作文件化，标准文件可视化。

中国功夫源远流长，但是很多绝世武功都已经失传，原因之一在于传承方法为言传身教，没有标准的文件记录。我国是制造大国，不乏经验丰富的专业人才，上海耀谷管理咨询有限公司为超过 1000 家制造公司提供过技术服务，应行业的要求组织编写本书，希望把电子产品的手工焊接秘诀记载下来，传承下去，并且在传承的过程中不断地优化完善，对行业做一份贡献，尽一份责任。

本书的编辑工作，参考了国外先进的思维：召集行业精英，集思广义，书本上的知识及方法来自于行业，应用于行业，完善于行业。我们公司先后在上海、北京、深圳、苏州等城市组织了多次研讨、审稿会议，在此要特别感谢以下单位和同仁的大力支持，你们是无私奉献的志愿者，谢谢！

上海《手工焊接指导书》定稿交流会（2014 年 1 月 10 日）

—— 金茂大厦 31 楼上海耀谷管理咨询有限公司会议室



公司名称	姓名
上海航空电器有限公司	庞成灏，钱宁生
上海铁路通信有限公司	李毅力
航天 803 所下属新跃联汇公司	刘维璋
万特电子（上海）有限公司	穆 醒
诺基亚西门子通信（上海）有限公司	高 兵

苏州《手工焊接指导书》定稿交流会（2014年2月20日）



公司名称	姓名
博世汽车部件（苏州）有限公司	邓许丹，陶琴芳
普尔世电源产品（苏州）有限公司	王世华，翟强强
佰电科技（苏州）有限公司	周建民
伟创力电子技术（苏州）有限公司	张晓燕，曹云峰，汤伟华
挪拉通科技（苏州）有限公司	傅春益
无锡盟创网络科技有限公司	高荣荣，邓明明
比比电子（苏州）有限公司	刘奕随

北京《手工焊接指导书》定稿交流会（2014年3月13日）



公司名称	姓名
北京七星华创电子股份有限公司	赵雪，夏自帮
中国石油长城钻探工程技术有限公司	孙倩
北京京港地铁有限公司	秦雪丽
北京贝克特太平洋机械电子有限公司	刘权遇
北京环鼎科技有限责任公司	何鑫，王萱
北京青云航空仪表有限公司	张贺，雷勇美，白咏梅
新乡北方车辆仪表有限公司	许德旺

(续)

公司名称	姓名
丹佛斯(天津)有限公司	马占府
中航工业北京长空机械有限责任公司	常春霞
北京瑞斯康达科技发展有限公司	计海艳
北京广利核系统工程有限公司	李建刚

全国《手工焊接指导书》定稿交流会(2014年5月29日)



公司名称	姓名
上海三木电子有限公司	邱剑云
乐思灯具(上海)有限公司	周 浩
上海新华电子设备有限公司	戎一鸣, 陆 巍
浙江三花汽车零部件有限公司	方早建
中国航空无线电电子研究所	陈 伟
杭州正盟科技有限公司	孔卫东
家颖科技(苏州)有限公司	吴用材, 李成家, 李向阳
四海电子(昆山)有限公司	周腊梅, 谢复起, 卞慧勤, 饶颖强, 金 燕
普尔思(苏州)无线通讯产品有限公司	李钟亮
泰州统实业有限公司	杨龙进
上海铁路通信有限公司	陈小英, 邢芹芹
上海新跃联汇电子科技有限公司	葛亚玺
上海本源电子科技有限公司	谢继红
天合汽车零部件技术服务(上海)有限公司	翟效伟, 缪燕刚, 郭光明
无锡普洛菲斯电子有限公司	党青华
环旭电子股份有限公司	汤凯杰, 贺 灿
捷考奥电子(上海)有限公司	孙 震
上海圣韵电子有限公司	马荣鹏, 臧小凤
上海大郡动力控制技术有限公司	陈春红, 董圆圆
域华电子科技(上海)有限公司	杨 夷
苏州美山子制衣有限公司	张建伟

同时，我们还要特别鸣谢很多单位（名单见前言后鸣谢），你们提供了机会和平台，让我们上海耀谷管理咨询公司的技术人员能够跟贵公司的工程技术人员以及工作在一线的技术工人一起交流、探讨、完善手工焊接技术。

最后，我们要特别感谢上海耀谷管理咨询有限公司的 Owen 和 Julie，Owen 收集行业技术信息，编写手稿，Julie 再运用画图软件将图一张一张画出来，大家再校稿完善，前后历时 3 年，付出很多的精力，感谢你们的努力，才有今天的成绩！还有 Emily、Mike、Fanny、Mandy、Tina、Sally、Richard、Anne、Cathy、Alan 等，你们在组织行业交流、培训、咨询等服务过程中起到了很好的桥梁作用。

本书的编辑和出版是一项较大的工程，书的命名曾经从《手工焊接标准》改为《手工焊接手册》，最后确定为《手工焊接指导书》，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位和读者对我们提出宝贵意见和建议，以便本书修订时补充更正！同时也希望更多的行业志愿者参与到本书的更新完善之中！因为有你们，本书更精彩！

编者

鸣谢

我们特别鸣谢以下的公司，你们提供了机会和平台，让我们上海耀谷管理咨询公司的技术人员能够与贵公司的工程技术人员以及工作在一线的技术工人一起交流、探讨、完善手工焊接技术，形成本书！

艾康生物技术（杭州）有限公司
艾默生（北京）仪表有限公司
艾默生船用过程控制系统（上海）有限公司
艾默生环境优化技术（苏州）有限公司
艾佩斯（苏州）不间断电源有限公司
艾司匹技电机（苏州）有限公司
艾斯威科技（珠海）有限公司
爱普科斯电阻电容（珠海）有限公司
爱普科斯科技（无锡）有限公司
安创特科技（深圳）有限公司
安费诺（常州）连接系统有限公司
安弗施无线射频系统（上海）有限公司
安靠封装测试（上海）有限公司
安络杰医疗器械（上海）有限公司
鞍山市正发电路有限公司
奥雷通光通讯设备（上海）有限公司
奥托立夫（中国）电子有限公司
拜耳技术规程（上海）有限公司
北京广利核系统工程有限公司
北京航科发动机控制系统科技有限公司
北京和利时系统工程有限公司
北京环鼎科技有限责任公司
北京全路通信信号研究设计院有限公司
北京市利国信息技术有限公司
北京特高咨询服务有限公司
贝洱海拉温控系统（上海）有限公司
比比电子（苏州）有限公司
比亚迪股份有限公司
毕梯电子（上海）有限公司
碧彩（上海）衡器技术有限公司
波尔威技术（苏州）有限公司
博世汽车部件（苏州）有限公司
布鲁克斯自动化设备（无锡）有限公司
昌硕（青岛）电子有限公司
昌硕科技（上海）有限公司
常州安费诺福祥通信设备有限公司

常州市诚利电子有限公司
常州西玛特电器有限公司
创锐讯通讯技术（上海）有限公司
达丰（上海）电脑有限公司
大陆泰密克汽车系统（上海）有限公司
戴尔计算机（中国）有限公司上海分公司
丹佛斯（天津）有限公司
德派组装技术（苏州）有限公司
帝发技术（无锡）有限公司
第一电子工业（上海）有限公司
东莞百事得电动工具有限公司
东莞名桥电子有限公司
东莞莫仕连接器有限公司
东莞普思电子有限公司
东莞崧腾电子有限公司
东和广电（苏州）有限公司
东普汽车工业（上海）有限公司
法雷奥汽车安全系统（无锡）有限公司
番禺中德电控有限公司
飞创（苏州）电讯产品有限公司
佛山市德骏电器实业有限公司
佛山通宝华通控制器有限公司
福建捷联电子有限公司
福建新大陆电脑股份有限公司
福克动力传动（上海）有限公司
福维克家用电器制造（上海）有限公司
福益柯汽车系统（上海）有限公司
富相电子科技（东莞）有限公司
高田汽车电子（上海）有限公司
工业和信息化部电子工业标准化研究院
冠捷电子（福建）有限公司
冠捷显示科技（武汉）有限公司
光宝光电（常州）有限公司
广州市浦源电子有限公司
贵阳万江航空有限公司
汉高（中国）投资有限公司

汉翔航空工业股份有限公司
杭州方正速能科技有限公司
杭州恒生数字设备科技有限公司
杭州华三通信技术有限公司
杭州泰达实业有限公司
杭州优迈科技有限公司
豪利士电线装配(苏州)有限公司
灏讯电缆连接器制造(常州)有限公司
灏讯电气设备制造(上海)有限公司
合肥科大立安安全技术股份有限公司
合肥荣事达三洋电器股份有限公司
河南新科隆电器有限公司
赫比(上海)电子有限公司
鸿城电子(上海)有限公司
鸿源科技(杭州)有限公司
华宝通讯(南京)有限公司
华高科技(苏州)有限公司
华为技术有限公司
环旭电子(上海)有限公司
惠而浦(中国)投资有限公司
惠州市特创电子科技有限公司
健鼎(无锡)电子有限公司
江苏瑞新科技股份有限公司
江苏天瑞仪器股份有限公司
捷考奥电子(上海)有限公司
捷敏电子(上海)有限公司
捷普电子(广州)有限公司
捷普电子(苏州)有限公司
捷普科技(上海)有限公司
今皓光电(昆山)有限公司
精博电子(南京)有限公司
精华电子(苏州)有限公司
康士伯控制系统(上海)有限公司
康硕电子(苏州)有限公司
柯惠医疗器材制造(上海)有限公司
库柏电气(上海)有限公司
快板电子科技(上海)有限公司
莱尼电气线缆(常州)有限公司
徠卡显微系统(上海)有限公司
蓝宝汽车部件(苏州)有限公司
廊坊安科光电有限公司
乐金电子(杭州)有限公司
乐思灯具(上海)有限公司
李尔汽车电子电器(上海)有限公司
利华科技(苏州)有限公司
联合工业(亚洲)有限公司
聊建(中国)科技有限公司
凌华科技(中国)有限公司

凌骥电子(上海)有限公司
隆堡电子(上海)有限公司
路川金域电子(上海)有限公司
伦飞电脑实业股份有限公司
罗德与施瓦茨中国(香港)有限公司
迈瑞凯电子(深圳)有限公司
迈梭电子(上海)有限公司
迈特通信设备(苏州)有限公司
贸联电子(昆山)有限公司
美艾利尔(上海)诊断产品有限公司
美莱克轨道车辆技术(上海)有限公司
绵阳普思电子有限公司
明基电通信息技术有限公司
穆格控制设备(上海)有限公司
奈特力斯电子(苏州)有限公司
耐世特汽车系统(苏州)有限公司
南大电子(深圳)有限公司
南京爱立信熊猫通信有限公司
南京莱斯康电子有限公司
尼得科电机(青岛)有限公司
宁波环球广电科技有限公司
宁波市鄞州东龙电子科技有限公司
挪拉通科技(苏州)有限公司
诺基亚首信通信有限公司东莞分公司
诺基亚西门子通信(上海)有限公司
诺特电子(东莞)有限公司
诺通(苏州)电子有限公司
欧姆龙(上海)有限公司
欧瑞康(中国)科技有限公司
品升电子(上海)有限公司
普尔世电源产品(苏州)有限公司
普尔思(苏州)无线通讯产品有限公司
奇隆电子制造(宁波)有限公司
青岛朗讯科技通讯设备有限公司
全领信息科技(上海)有限公司
确信爱法金属(深圳)有限公司
仁宝信息技术(昆山)有限公司
软思(上海)电子科技有限公司
萨康电子(上海)有限公司
赛康医用度量系统(杭州)有限公司
三一集团
上海 ABB 工程有限公司
上海艾力克太阳能科技有限公司
上海爱立信-新泰电子有限公司
上海贝尔阿尔卡特股份有限公司
上海比亚迪有限公司
上海大郡动力控制技术有限公司
上海德尔格医疗器械有限公司

上海富士达电梯研发有限公司
上海古鳌电子机械有限公司
上海光电医用电子仪器有限公司
上海广联电子有限公司
上海涵润汽车电子有限公司
上海航嘉电子有限公司
上海航空电器有限公司
上海和旭电子科技有限公司
上海亨通光电科技有限公司
上海宏力半导体制造有限公司
上海辉达电子有限公司
上海惠桑电源技术有限公司
上海惠亚电子有限公司
上海季丰电子有限公司
上海建东科技有限公司
上海剑桥科技股份有限公司
上海江森自控汽车电子有限公司
上海金陵表面贴装有限公司
上海经世电子有限公司
上海聚星仪器有限公司
上海聚益信息技术有限公司
上海凯虹科技电子有限公司
上海科博达技术有限公司
上海科学亚特兰大有限公司
上海坤锐电子科技有限公司
上海朗仕电子设备有限公司
上海联创汽车电子有限公司
上海联合汽车电子有限公司
上海联技范安思安防汽车电子有限公司
上海联盛汽车电子有限公司
上海联斯凯度变压器有限公司
上海美维电子有限公司
上海莫仕连接器有限公司
上海南亚科技集团有限公司
上海诺电科技有限公司
上海品奇数码科技有限公司
上海日立电器有限公司
上海瑞卡电子有限公司
上海赛凯智能系统有限公司
上海赛路客电子有限公司
上海三花电气有限公司
上海三木电子有限公司
上海施耐德电气自动化有限公司
上海松基电脑有限公司
上海索格菲汽车部件有限公司
上海唐盛信息科技有限公司
上海天诚通信技术有限公司
上海天赐连接器有限公司

上海天逸电器有限公司
上海铁路通信有限公司
上海威乐汽车空调器有限公司
上海威林汽车有限公司
上海微电子装备有限公司
上海伟世通汽车电子系统有限公司
上海西门子工业自动化有限公司
上海矽魁电子科技有限公司
上海欣丰电子有限公司
上海新跃联汇电子科技有限公司
上海信耀电子有限公司
上海旭福电子有限公司
上海延华智能科技有限公司
上海奕瑞光电子科技有限公司
上海永大电梯设备有限公司
上海中卡智能卡有限公司
深圳瑞斯康达科技发展公司
深圳市雷赛科技有限公司
深圳市特深电气有限公司
深圳市兴森快捷电路科技股份有限公司
沈阳兴华航空电器有限责任公司
圣韵电子（上海）有限公司
盛威尔（惠州）电缆科技有限公司
施耐德电气（中国）投资有限公司
四海电子（昆山）有限公司
苏州 AREVA 高压电气开关有限公司
苏州东山精密制造股份有限公司
苏州家颖精密工业有限公司
苏州松下系统科技有限公司
苏州万琦威电子有限公司
苏州易特诺科技股份有限公司
泰科电子（上海）有限公司
泰乐通讯技术（上海）有限公司
泰宇电子（上海）有限公司
特酷电子设备（上海）有限公司
腾辉电子（苏州）有限公司
梯爱琼斯电梯部件上海有限公司
天合（苏州）汽车有限公司
天合汽车零部件（上海）有限公司
天弘（上海）研发中心
天津百里富工业有限公司
天津电装电子有限公司
天津津亚电子有限公司
通用电气（中国）研究开发中心有限公司
通用汽车（中国）投资有限公司
瓦克华磁性材料（沈阳）有限公司
万利达科技有限公司
万特电子（上海）有限公司

王氏华高（中国）有限公司
威图电子机械技术（上海）有限公司
威意特汽车系统（中国）有限公司
微创医疗器材（上海）有限公司
微盟电子（昆山）有限公司
伟创力电子科技（上海）有限公司
伟创力实业（深圳）有限公司
纬腾技术服务（昆山）有限公司
温州佳益仪器有限公司
卧龙电气集团股份有限公司
无锡艾诺科技有限公司
无锡大星电子有限公司
吴江新亚电子有限公司
西安格威石油仪器有限公司
西安铁路信号有限责任公司
西门子（上海）电气传动设备有限公司
西门子（中国）有限公司
希迪艾通信设备（北京）有限公司
希捷国际科技（无锡）有限公司
芯发威达电子（上海）有限公司
新科旭电子（苏州工业园区）有限公司
新美亚电路（无锡）有限公司
新盛力科技（苏州工业园区）有限公司
新乡北方车辆仪表有限公司
星瑞（上海）机电有限公司
旭电（苏州）科技有限公司
旭丽电子（广州）有限公司
旭上电子（上海）有限公司
研华科技（中国）有限公司
扬州嘉华电气有限公司
依必安派特电机（上海）有限公司

揖斐电子（北京）有限公司
倚天泰克电子（上海）有限公司
忆科华电子系统（苏州）有限公司
易安信电脑系统（中国）有限公司
益技欧电子器件（上海）有限公司
英特尔产品（上海）有限公司
英维思（青岛）控制器有限公司
英业达科技有限公司
营利度富信息系统（上海）有限公司
域华电子科技（上海）有限公司
长沙广义变流技术有限公司
长沙威胜电子有限公司
长沙威胜集团有限公司
中国电子技术标准化研究所
中国工程物理研究院流体物理研究所
中国航空无线电电子研究所
中国人民解放军第五七一九工厂
中国铁道科学研究院机车车辆研究院
中国铁路通信信号集团公司
中海油田服务有限公司
中航工业上海航空电子有限公司
中航工业西安航空计算技术研究所
中科院南京宽带无线移动通信研发中心
中物院一所
中兴通讯股份有限公司
中油测井技术服务有限公司
忠佑电子（杭州）有限公司
珠海市洁源电器有限公司
卓能电子（太仓）有限公司
资电电子（深圳）有限公司

目 录

前言

鸣谢

第 1 章 概述 / 1

- 1.1 背景 / 1
- 1.2 范围 / 1
- 1.3 目的 / 1
- 1.4 参考文件 / 2
- 1.5 产品级别 / 2
- 1.6 培训和证书 / 3
- 1.7 工具、材料和工艺 / 4

第 2 章 片式元件 / 7

- 2.1 凿形点焊五步法 / 8
- 2.2 刀形点焊五步法 / 29

第 3 章 圆柱体元件 / 35

- 3.1 刀形点焊五步法 / 36
- 3.2 凿形点焊五步法 / 55

第 4 章 扁平鸥翼形引脚元件——SOIC / 61

- 4.1 刀形多引脚焊接五步法 / 62
- 4.2 马蹄形多引脚焊接五步法 / 79
- 4.3 凿形点焊五步法 / 96

第 5 章 扁平鸥翼形引脚元件——QFP/113

- 5.1 马蹄形多引脚焊接五步法 / 114
- 5.2 刀形多引脚焊接五步法 / 131
- 5.3 凿形点焊五步法 / 142
- 5.4 锥形点焊五步法 / 153
- 5.5 马蹄形转移焊接五步法（引脚间距 $< 0.5\text{mm}$ ） / 159

第 6 章 J形引脚元件——PLCC/171

- 6.1 刀形多引脚焊接五步法 / 172
- 6.2 马蹄形多引脚焊接五步法 / 188
- 6.3 凿形点焊五步法 / 199

第 7 章 镀通孔 /210

- 7.1 凿形点焊五步法 / 211
- 7.2 刀形点焊五步法 / 224
- 7.3 锥形点焊五步法 / 236

第 8 章 检验 /242

- 8.1 片式元件检验标准及方法 / 243
- 8.2 圆柱体元件检验标准及方法 / 248
- 8.3 鸥翼形引脚检验标准及方法 / 251
- 8.4 J形引脚检验标准及方法 / 254

第1章 概 述

1.1 背景

当今电子制造行业，机器化生产已经非常发达，需要手工焊接的机会越来越少，但是机器化大生产过程中总会有不良产品出现。这些不良产品需要人工分析，所以不可避免地需要手工焊接电子元件。同时，在小批量新产品试制时，机器化作业不太现实，也需要技术好的手工焊接人员来完成样品的手工焊接。

电子组件越来越复杂，元件越来越小，手工焊接难度越来越高，但是只要使用的方法得当，经过良好的培训，也能够成功手工完成。本书中的程序方法均来自电子组装厂、印制电路板制造商和元件生产商，他们认识到有必要将常用的手工焊接方法系统化、标准化、文档化。于是在上海耀谷管理咨询公司技术专家组的召集下，由行业相关工程技术人员的配合和努力，共同收集、整理、总结而完成本书，其中的方法通过了行业工程技术人员的证实是可接受的。

1.2 范围

本书涵盖了常见的表面贴装元件及通孔元件的最常规的手工焊接程序，其中表面贴装元件主要包括片式元件、圆柱体（MELF）元件、扁平鸥翼形引脚的 SOIC 及 QFP 等、J 形引脚的元件等，其他 SMT 元件，比如 BGA、QFN-EP、BTC，暂时没有收集在本书中。

1.3 目的

业界关于电子产品焊接的检验标准已经很成熟也很完善，但是介绍如何手工操作达到这些要求的书籍就比较少了，特别是图文并茂、详细分解具体操作步骤的书籍目前还没有。本书的目的就是告诉读者，如何运用正确的方法，成功地手工焊接出符合要求的电子产品。

本书描述了电子产品在维修、试样或修改时，所使用的工具、材料、方法和具体的步骤要求，力求使手工焊接动作简单化、标准化、系统化。

具体针对某种元件的焊接，本书确定了最常用的工具及方法。当然在实际工作中，同样可使用其他可替代的工具和方法来完成手工焊接工作，由读者自己来确定焊接完成的电子产品是合格的。

行业内手工焊接“高手云集”，但是很多人员会做不会说，会做不会写。本书的另外一个目的，就是帮助这些人员提升自己，把自己的技巧总结出来，同时传承下去，这将是企业宝贵的财富，也贡献于社会。

1.4 参考文件

电子产品的焊接检验标准，行业内有很多，本书主要参考以下 6 类标准：

- 1) MIL (美军标)：MIL-STD-2000A—1991《电子组装焊的标准要求》；
- 2) IPC (美国电子工业联接协会)：IPC-A-610E—2010《电子组件的可接受性》；
- 3) SJ (中华人民共和国电子行业军用标准)：SJ 20882—2003《印制电路组件装焊工艺要求》；
- 4) NASA (美国国家航空航天局)：NASA-STD8739.2—2008《表面贴装技术工艺标准》；
- 5) GJB (中华人民共和国国家军用标准)：GJB 3243—1998《电子元件表面安装要求》；
- 6) JIS (日本工业标准)：JIS C61191-2—2006《印制电路组装第二部分 - 表面贴装焊接组件的要求》。

本书的第 8 章是关于检验的标准，详细地讲解了这些标准的相同及不同之处。为了方便编辑和读者的阅读，在第 2~7 章里面引用的检验标准，我们只参考了 IPC 标准里面的 3 级产品的要求。

1.5 产品级别

关于产品的分级，可以借鉴 IPC 的分级思维。IPC 将最终产品分为 3 级，以反映在可制造性、复杂性、功能要求以及验证 (检验 / 测试) 频率等方面的不同。应该认识到各级产品之间可能是有重叠的。

用户 (很多公司理解为客户) 负责规定产品的级别，并在采购文件中说明产品的级别。

1 级 普通类电子产品包括那些以组件功能完整为主要要求的产品。

2 级 专用服务类电子产品包括那些要求持续运行和较长使用寿命的产品，最好能保持不间断工作，但该要求不严格，一般情况下不会因使用环境而导致故障。

3 级 高性能电子产品包括以持续性优良性能或严格按指令运行为关键的产品。这类产品的服务间断是不可接受的，最终产品使用环境异常苛刻；并且当有需要时，设备必须正常运转，如救生设备或其他关键系统。

考虑到手工焊接的工艺与机器化大生产的差别，某些针对机器焊接合格的焊点，对于手工焊接，我们可能视为不合格了。比如元件安装在镀通孔后的焊接，从焊接加锡面检验，手工焊接要求引脚周围 360°全部上锡，而机器焊接时只要求 330°的上锡即可；又比如通孔垂直填充，IPC3 级只要求 75% 以上，手工焊接我们要求 100% 填充。

图 1-5-1 所示 IPC3 级可接受，在本书手工焊接里面，要求 360°全部上锡才能够接受。

如图 1-5-2 所示为 IPC3 级可接受要求，大于等于 75% 孔深。

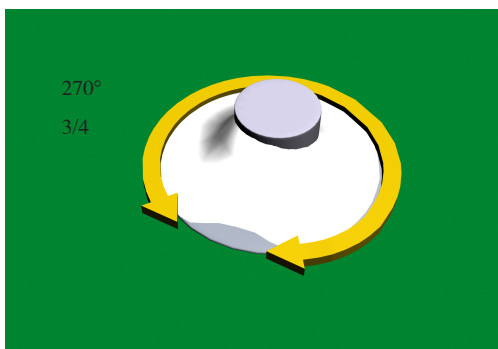


图 1-5-1

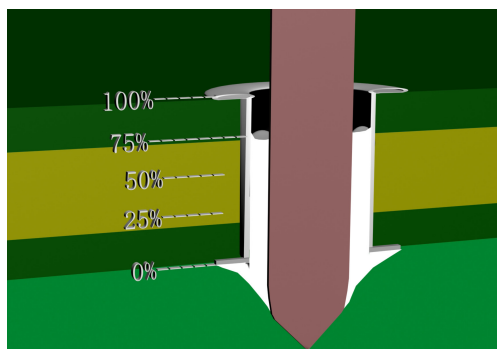


图 1-5-2

手工焊接，我们要求达到孔深的 100%，如图 1-5-3 所示，因为通过培训，完全能够实现。

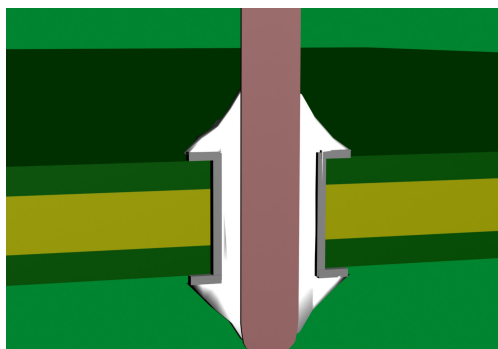


图 1-5-3

1.6 培训和证书

修改或维修后的印制电路板和组件的质量及可靠性很大程度上取决于作业者的技能和能力。不够资质的操作员即使按照正确的方法，也只能得到不合格的最终产品。而经过良好训练，经考核认证，技能达到相当水平的人员，再按照本书的程序，可以预见他能圆满地完成任务。

- 人选。具备一定焊接技巧、有一定思考能力的人都可以作为焊接人选，接受培训。而毫无焊接经验，但具备良好视力、动手能力强、有一定思考能力的人员完全可以培训出来。

- 专业培训。任何公司都应该建立并保持一套机制，随时鉴定培训需要，并对所有影响产品质量的不同环节的作业人员进行适当的培训。应当根据完成特定作业人员的受教育程度、培训及经验，鉴定他们的资质。适当地维护培训记录，并且为了满足 ISO 标准或者其他质量认证标准，可能要求维护培训记录。

作业人员和内部培训员可以参加一些公开培训班，也可邀请专业学科应用机构做内部培训。培训从概念、技能、作业程序和专用词汇上都不同于基本的焊接培训。培训的有效性在于学员能否建立高水平的理解力和思考力。这需要延伸的教学方法，手把手地示范，以保证每个学员都能够熟练地掌握要领。

要获得理想的熟练程度，根据课程安排的内容、产品的复杂程度以及受训人员的功底，

通常需要 3~10 天的培训。正规的培训，还可以提供考试及资格证书。

1.7 工具、材料和工艺

手工焊接与机器自动化作业相比，更加依赖操作者的技能。正确使用工具和材料，乃至很多专用的焊接工作台和材料，对最终产品的功能和可靠性有着举足轻重的影响。为了降低难度系数，提高工作效率，可能要求采用下列工具、材料和工艺。

1.7.1 ESD 防护

如果采用易受 ESD 影响的器件，建议按照美国标准 ESD-S20.20-2007《电气和电子零件、装置和设备》建立并实施文档化的 ESD 控制程序。

1.7.2 放大系统

电子元件越来越小，在手工焊接时，使用适当的放大系统特别重要，它能够提供更 3~100 倍的放大倍数、合适的分辨率、适当的作业距离等来确保手工焊接的质量。

1.7.3 照明 (参考 J-STD-001E-2010《焊接的电气和电子组件要求》)

手工焊接时需要有足够的光线照明，通常最小可接受的光照度是 1000lm/m²，色温在 3000~5000K 之间。光线太强或太暗，都可能影响手工焊接质量。

1.7.4 烟雾排放

手工焊接过程中会产生烟雾，有些人皮肤对烟雾过敏，有些人会感觉喉咙不适，有必要使用局部烟雾排放系统、环境保护措施或者其他人员防护措施。

1.7.5 工具

目前，手工焊接工具非常多，特别是在焊接微小元件或者复杂集成电路时，工具的精度很重要。焊接人员需要对工具进行分类，以完成不同的焊接任务。这些工具必须有温度控制、ESD/EOS 防护、人体工程设计，并包含可供选择的烙铁头以适应各种特殊的操作。

焊接烙铁应该是温度可控的，烙铁的温度应控制在烙铁头闲置温度的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内。烙铁及烙铁头的形状和尺寸应该使焊接简单且易控制，不会损坏附近的元件或者连接。

1.7.6 其他辅助工具和必需品

手工焊接是一个系统的工作，除了焊接烙铁之外，还需要镊子、各种钳子、刀片、牙签、吸锡带、清洁布及其他常用工具。

1.7.7 焊料

本书包含了有铅焊料和无铅焊料，具体选用哪种类型的焊料，请参考相关文件。特别需