



电子制造业

陈超 谢完成 编著

从业指南



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子制造业从业指南

陈 超 谢完成 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电子制造业从业指南 / 陈超, 谢完成编著. — 北京:
人民邮电出版社, 2010.1
ISBN 978-7-115-20142-3

I. ①电… II. ①陈… ②谢… III. ①电子产品—生
产工艺—指南 IV. ①TN05-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第198579号

内 容 提 要

本书主要内容包括电子制造业中的“人”、电子制造业中的“设备与工具”、电子制造业中的“量测仪器”、电子制造业中的“料”、电子制造业中的“法”、电子制造业中的“环”、电子制造业中的“失效分析”。

本书图文并茂,内容来源于工厂现场,以真实的图例、前沿的技术以及最有价值的经验,讲解电子制造行业技术知识,令初学者一看就懂、一学就会、一用就灵、快速精通,为您从业导航。

本书可作为工业工程、电子及相关专业的教科书和电子制造、工程管理等从业人员的参考书,也可用于电子制造行业技术工人的培训用书,同时还可供广大电子爱好者阅读。

电子制造业从业指南

-
- ◆ 编 著 陈 超 谢完成
责任编辑 姚予疆
执行编辑 王朝辉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5
字数: 423千字
印数: 1—4 000册
 - 2010年1月第1版
2010年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-20142-3

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前言

所谓“制造”就是以规定的成本、规定的工时，生产出品质均匀、符合规格的产品。电子产品制造过程分为两步：一步是加工，另一步是组装。每种电子产品的制造，都得经过上百道工序，这其实是一个既简单又烦琐的过程，本书主旨就是向读者介绍制造过程中的技术要点，将真实的图例、前沿的技术以及最有价值的经验展现给读者。在电子制造方面，图书市场上有很多纯理论研究方面的书籍，而缺乏注重实用性的书籍，高校在电子制造技术研究和人才培养方面的投入缺乏热情，企业很难获得所需要的人才，技术提升更成为无源之水、无本之木。专业技能人才的缺乏已经并将继续制约我国电子制造业竞争力的提升。本书试图通过对电子制造业中各个环节的关键知识点的介绍，帮助有志于从事电子制造业的读者掌握从业技能。

本书内容涵盖了电子行业制造系统的各个方面，包括人、机、料、法、环。书中有大量实际案例，特别是提供了一系列精彩的精简应用实例图，拉近了抽象的理论符号与真实元器件、材料和产品之间的距离，使读者从中获得对制造业的真实感受，快速学会电子制造技术。

通过对本书的学习，读者能够掌握现代电子产品、电子制造的关键技术，以及产品技术人员（PE）、工业工程技术人员（IE）、测试技术人员（TE）和设备技术人员（ME）、环境工程人员（EE）等各岗位应具备的知识，培养从业能力、素质，包括现场解决工程问题、进行失效分析等方面的能力。

本书包含以下7个方面：电子制造业中的“人”、电子制造业中的“设备与工具”、电子制造业中的“量测仪器”、电子制造业中的“料”、电子制造业中的“法”、电子制造业中的“环”、电子制造业中的“失效分析”。每个方面都重点突出，将关键技术要点详细展开，通俗易懂地呈现给读者，且各方面之间彼此联系，形成了合理的匹配关系。另外，每章末都设有小结。

本书由陈超、谢完成编著，参与本书编写的还有李伟英、钟新跃。由于作者水平有限、时间仓促，如有缺漏和不妥之处，敬请读者指正，并将您的宝贵意见反馈给出版社和编者，以便修正、完善。

作者

目 录

第1章 电子制造业中的“人”	1
1. 在电子制造业中“人”是核心	2
2. 选择“灰领”我不后悔	4
3. 安全制造指南	5
4. 对工作喜爱才能充满激情	10
5. PE 有风格, 企业有新貌	10
6. ME 掌管设备的生死大权	16
7. TE 力求数据精益求精	18
8. IE/PIE 能够提高生产率、利润率、效率, 降低成本	19
9. 特殊岗位特殊对待——举例波峰焊操作工	21
10. KPI 决定直观的商业模式	23
小结	24
第2章 电子制造业中的“设备与工具”	25
1. 成功实现波峰焊每 100 000 个焊点只修整 1 个焊点	26
2. 实用的数显电热鼓风干燥箱	33
3. 黑胶机技术要领	34
4. SMT 标准产线实现高密度组装	36
5. 箱式上板机确保 PCB 不被推坏	37
6. 全自动丝印锡膏机准确印刷	38
7. 自动贴片机时产 150 000 点	39
8. 瑞士 PLC 微型计算机控制回流焊	49
9. 发挥最理想的分离式喷助焊剂机	54
10. 锡膏厚度测试机是品质的保证	54
11. BGA 三维激光测试机原理——断层摄影术	55
12. 视觉检查系统可代替人的目视检查	56
13. 镭射机解决防伪和质量追溯问题	56
14. 超声波焊接机代替传统的螺钉装配	58
15. 16 段温度曲线光学 BGA 返修台系统	59
16. DFT 比传统的座位线效率高 30%~40%	61
17. 座位产线是瓶颈工序“大王”	62

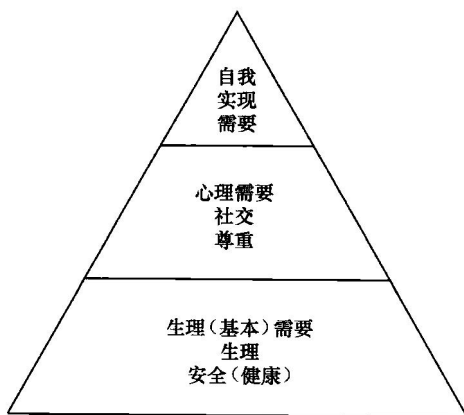
18. 切脚机被短脚作业一次过炉工艺取代	62
19. 全自动散装电容剪脚机	63
20. 电批大大减轻工人的工作强度	65
21. 电批扭力测试计——看得见力	66
22. 电子微结合技术开拓高增值市场	67
23. 智能烙铁温度测试仪——看得见温度	72
24. 无铅小浸锡炉——返修拆装贡献大	73
25. 钻铣镗磨床——夹具的“温床”	74
26. 晶体管手动冲压成型机引脚受应力比较小	75
27. 晶体管气动冲压成型机可靠性比较好	76
28. 全自动边带成型机时产 60 000 个	77
29. 三极管成型机关系到 PCB layout	77
30. IC 整型机将 IC 封装加宽或者缩小	78
31. 散装带装电阻 K 型成型机 IPC 标准架高	79
32. 无滑移纯滚辗铆接机不破坏镀层	80
33. 走刀式分板机防止焊点龟裂	80
34. 螺钉自动锁付机器人同时锁付 5~8 个螺钉提升量产速度	81
35. 焊接机器人在支柱产业中应用的百分比为 75%	83
小结	85
第 3 章 电子制造业中的“量测仪器”	86
1. 精密 LCR 电桥测试仪测量精度 0.05%	87
2. 钳流表专门用来测量在线电流大小	88
3. 摇表测量高电阻	89
4. 数字电桥——精度较高的电感、电容、电阻测量仪	89
5. 多路数据采集器可直接采集 11 种不同的数据	90
6. 扫频振动台用于发现早期故障	91
7. 调压器用来调节 AC 电压的输出	91
8. 耐压测试仪检测电子产品安全等级	92
9. 泄漏电流测试仪——泄漏电流越小越安全	94
10. 绝缘电阻测试仪——电子产品不再漏电、爬电	95
11. 示波器显示电信号瞬时值及信号波形	96
12. 智能电量测试仪——看得见功率和功率因数	98
13. 电子负载——测试用的模拟负载	99
14. 激光能量仪测量光的能量	100
15. 功能强大的万用表、三用表、复用表	101
16. 快速脉冲群发生器检测抗外界干扰能力	102
17. 接地电阻测试仪检测机壳与大地是否接触良好	103
18. 电磁干扰测试接收机简便、快捷、易操作	103

19. 自动测试系统将测试简单化	104
20. 可靠性试验箱考验盐雾、温度、湿度	106
21. 可程序 AC 电源多用于商业测试	108
22. QT2 型晶体管特性图示仪灵敏度可达 $0.5\mu\text{V}/\text{div}$	108
23. 综合器测试仪的多功能测试	109
24. 电子工业制造工具——工人手中的“武器”	110
25. 电热风筒吹紧热缩套管	111
26. 计数电子秤独有 Σ - Δ A/D 转换	112
27. 物料周转车——仓库到生产线的运输车	113
28. 离子风枪、离子风机吹出离子中和静电	113
29. 塞规检测缝隙大小	114
30. 放大镜目视检查 PCBA	114
31. 指针式推拉力计检测焊点所能承受的力度	115
32. RoHS 测试仪——实施 RoHS 的必备	115
33. 工业用服务器计算机——企业信息“电脑”	117
34. 集团内线电话系统——免费内线	117
35. 消防器材、配电柜——安全生产的保障	118
36. 办公用品、办公设备——企业必备的硬件	118
37. 在线测试仪可实现自动化快速故障定位	119
38. 功能测试可完全满足客户要求	123
39. AOI 可几乎完全替代人工操作	123
40. 自动 X 射线检查可直观可靠地检验焊点缺陷	124
41. 未来 SMT 测试技术展望	124
小结	125
第 4 章 电子制造业中的“料”	126
1. 电子制造业中的“料”的五大要求	127
2. 无源元件——电阻、电容、电感简介	127
3. 电阻器指南	127
4. 电容器指南	130
5. 电感器指南	132
6. 变压器指南	134
7. 有源器件——半导体二极管、三极管等简介	137
8. 场效应管指南——利用电场的效应来控制电流	142
9. IC 指南——特定功能的电阻、电容、二极管、三极管及其互连布线体	144
10. 电子保险——“牺牲自己保护别人”	153
11. 石英晶振机电效应——通电产生机械振荡，机械力产生电	155
12. 电子开关、继电器——控制电路电流的通断或方向	156
13. 插座——使电子产品模块化	159

14. 风机帮助散热	160
15. 线材——实现距离的飞跃	161
16. 包装材料用于运输时保护产品免受损伤或美观	163
17. 辅助电子器件、工艺辅料是构成整个产品的必要组成部分	163
18. PCB 的控制从多方面着手	167
小结	168
第 5 章 电子制造业中的“法”	169
1. MSD 取用、储存规范——防潮技术标准	170
2. 前加工规范——IPC-A-610C/D 标准	175
3. 测试工艺规范，通过测试来降低生产成本	183
4. 工时定额，提高生产效率	185
5. 功率半导体器件装配规范，提高产品可靠性	188
6. 首件、末件确认制度，防范批量性返工	191
7. 现场电子制造管理巡线要诀	191
8. 标准作业程序——将细节进行量化的“蓝皮书”	192
9. 插机工序排位原则——插机效率和品质的源泉	194
10. 整机总装工艺——面向客户的工程	195
11. 电子制造业从业指南——为您导航	202
12. 识别制造企业，寻找合格供应商	213
13. 手工焊接技术——电子制造的基础	213
14. 邦定技术，将 IC 裸晶片焊接在 PCB 上	217
15. 5S 管理+精益生产+TEAM 工作法+标准化——“中国制造”高品质	223
16. SMT 的技术从业指南	229
17. 用过锡炉载具解决波峰焊上锡棘手难题案例	237
18. 成功实现波峰焊每 8h 不大于 1.2kg 氧化渣的良好状态	242
19. 推荐一种日产 4 000 台 FPY 达 95% 的高效 PCBA 制造方案	243
20. 穿孔回流焊、选择式波峰焊技术从业指南	245
小结	249
第 6 章 电子制造业中的“环”	250
1. 电子制造业中的“环”简介	251
2. 工厂规划、布局图	258
3. 设施和工作环境——ISO 9000:2000 要求	260
4. RoHS 制程日检查表使 RoHS 实施日常化	262
5. 节能、环保、减排——人类应该承担的义务	265
小结	266
第 7 章 电子制造业中的“失效分析”	267
小结	270

电子制造业中的“人”

电子制造业中的“人”不限于制造工人、工程师、管理人员等。电子制造业中的“人”都是实干家，他们面对的工作是实在的，而并非抽象事物或纯粹的理论；他们所面对的问题也是实在的，问题不解决是不会自己消散或降低负作用的。“人”对于制造业十分重要，是制造业的核心，是产品的缔造者，所有的产品都是靠人制造出来的，最终也要通过全体员工来实现其价值。再好的技术，没有具体操作人员积极的参与实施，都不会有理想的效果。所以对“人”的认识是电子制造过程中的首要工作，关系到整个电子制造过程的效率(P)、品质(Q)、成本(C)、交期(D)、安全(S)、士气(M)等。



马斯洛需要层次理论

1. 在电子制造业中“人”是核心

(1) 在电子制造业中“人”的作用

在电子制造业中“人”是核心，所有的产品都是靠人制造出来的，最终要通过全体员工来实现其价值。人是质量的缔造者，质量从一个角度体现了一个国家的科学技术水平、生产水平、管理水平和文化水平。质量不是喊出来的，也不是靠检查员检出来的，质量是靠电子制造业中的“人”做出来的。靠人强烈的质量意识，靠成熟的设计、工程技术、工艺路线，靠细节上的质量管理、科学的制造过程，靠不折不扣的控制程序，靠持之以恒的改善，孜孜不倦地解决一个又一个问题，不断攻克难关，用最先进的制造技术制造出满足市场要求的产品，企业才可获得利润，持续发展，基业永存。同类产品一个小小的制造质量差异，都能使其售价有几十倍的差异。所以说，今天的质量，今天的效益；明天的质量，明天的效益；永远的质量，永远的效益。

所有企业均希望以最小的投入（Input）得到最大的产出（Output），达到最大的效益。那么如何在保证质量的基础上，使企业达到最大的效益？答案是：只有靠一大批掌握制造技术的“人”来降低成本和提高生产力，把这些“投入”做最有效的组合匹配，才可使质量稳定、效率高、交期准、浪费少、成本低，使企业效益最大化。

(2) 人体动作经济原则

在介绍如何使企业达到最大的效益时，首先从人体动作经济原则开始讲起，即两手同时开始及完成动作，除休息时间外，两手不应同时空闲，两臂动作应反向对称，尽可能以最低级动作方式工作。

说明：欲使动作迅速而轻易，唯有从动作距离缩短以及动作所耗体力减少上着手。欲达到此目的，实际对策则为选取级次最低的动作，使动作范围缩小，并使物料及工具尽可能靠近手的动作范围内，如图 1-1 所示。

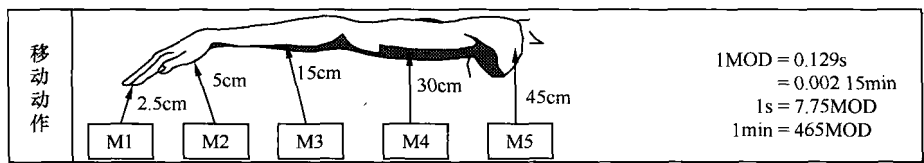


图 1-1 人体动作经济原则手的移动范围图解

(3) 应用人体动作经济原则设计工作区域

那么怎样才叫经济呢？如图 1-2 所示，首先必须保证两个手都有活干，所以在设备的左右必须放置回收已经加工好材料的盒子，以便加工完成后可立即得到暂时的储存，然后是成型的设备不能只考虑一只手做事情，必须设计两道槽，也就是两个加工装置，这样才叫经济。

(4) 人体的 5 级动作

为了方便研究人体的工作难度，定义了五个级别，见表 1-1。级别 1，速度最快为 1，体



图 1-2 应用人体动作经济原则设计工作区域图解

表 1-1 人体的 5 级动作研究成果表

级 别	1	2	3	4	5
运动枢轴	指节	手腕	肘	肩	身躯
人体运动部分	手指	+手掌	+前臂	+上臂	+肩
动力范围	手指节长度	手掌张度	前臂长度	上臂长度	上臂+身躯弯曲
速度	1	2	3	4	5
体力消耗	最少	少	中	多	最多
动作力量	最弱	弱	中	强	最强
疲劳度	最小	小	中	大	最大
时间	0.001 6min	0.001 7min	0.001 8min	0.002 6min	

力消耗最少，动作力量最弱，疲劳度最小，所花的时间最短。

原则上，要求动作轻快，眼睛的视点变动少，尽量接近对象。物体的动量尽可能利用，但如需人力制止时，动量则应减至最小程度，连续曲线运动比方向突变直线运动要好，弹道式运动较轻快。

适当的照明会使视觉舒适，合适的照明包括适合工作的充足光照，合适颜色的光线且应避免闪光，有合适的投射方向。

工作台配合座椅高度舒适，尽量以足踏/夹具替代手工工作，尽可能将两种或者几种工具合并。如图 1-3 所示的万能螺丝刀，就是将各种刀头组合的工具，对于产品装配、携带都非常适合，同时也可避免寻找，轻易不会丢失。

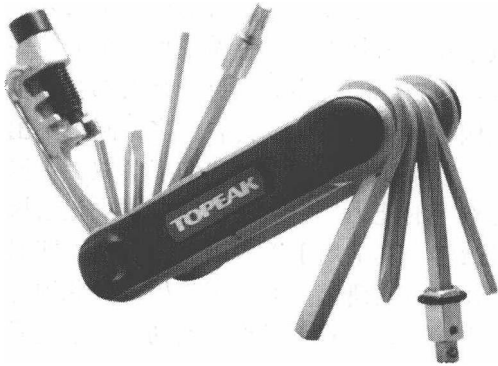


图 1-3 万能螺丝刀

(5) 手指能力表

为了方便研究人体的工作难度，以惯用右手为例，定义了 8 级手指能力，大拇指不在研究范围内，见表 1-2。

表 1-2		8 级手指能力表						
项 目	左 手				右 手			
指别	小	无	中	食	食	中	无	小
能力	8	7	5	3	1	2	4	6

比如通常所使用的标准键盘的设计原理就是基于表 1-2 的，两个大拇指也仅仅负责一个大的空格键。那么在实际的工作中，就必须时刻考虑这个原理，工具物料预放在工作位置，依手指负荷能力分配，工作手柄接触面尽可能大，操作杆变更姿势应尽可能少。

(6) 人机配合法

人机配合（Man-Machine Chart）是一门专门的学问，对提高机器的利用率、节约有限的资源很有实质意义。简单地讲，所谓人机配合法，是指人与机器配合工作的过程，发掘空间与等待时间，使工作平衡，缩短周期，获得最大的机器利用率，合理的指派人员与机器的一种方法。

人机配合法以图表的方式记录操作人员与一部机器或多部机器之操作关系，并进一步分析，将记录整理，最后达到改善工作的目的。应用范围为人操作一部机器或多部机器，数人操作一部机器或多部机器，数人进行同一项工作等。

可以了解在现场操作人员的时间或机器的时间是否妥善应用，根据记录提出质疑，寻求改善之处，然后比较改善前后的差异。

(7) 双手操作法

双手操作法是一种提高工作效率的方法，简称为双手法，有系统的记录人体双手（足）动作的过程。

有一个流传很久的说法：上帝造人时为何要给人一张嘴巴、两只眼睛、两只耳朵以及一双手呢？那是因为上帝希望每一个人能少说、多看、多听、多做。进一步思考，你是否尽力发挥了双手的功能呢？每一个人都会说当然是。如果再问下去，你的双手工作与闲置状态的比例是多少？相信就会有许多人回答不出来，根据影像资料数据统计这个比例是 4：7。

双手操作法能帮助我们了解双手在操作时闲置的状况，并寻求改善的方法，以更好地发挥双手的能力。它以图表的方式来记录操作者双手（足）的动作过程，并进一步分析记录来做改善。其适用于以人为主要的工作，即研究的对象为人体的双手或双足，专注于某一个固定工作地点的研究，即该工作固定在此地点上实施，该项工作有高度重复性，即该项工作会大量再次进行。双手操作法的功用在于记载现行操作者双手（足）的动作过程，依据记录加以质疑，寻求改善之处，比较改善前及改善后的差异。

在实际的工厂生产中，常见的插机作业是有要求的，必须双手作业来提高效率和作业的协调性。对于大量的插件，一般使用 AI 自动插件机。

2. 选择“灰领”我不后悔

“灰领”到底处于社会的哪个层面呢？“灰领”原指负责维修电器、机械的技术工人，他们经常穿着灰色的制服工作，因而得名。现在人们所说的“灰领”，指既具有较高知识水平又

具有较强操作技能的复合型职业技术人才。他们既能动脑又能动手，既会创意管理又能进行实际操作。

“灰领”在制造企业一线从事高技能操作、电子制造、设计或生产管理，或者在服务业提供创造性服务，如广告策划设计、电子制造、网络管理、会展策划、服装设计、软件开发、包装设计等。“灰领”是一种新的人才类型，它不是“蓝领”向“白领”的过渡阶层，不是比“蓝领”高一点、比“白领”低一点的阶层，也不是两者的平均。

“灰领”是有独立的智能结构、职业特征的人才类型。他们与坐办公室的“白领”不同，“灰领”不但有娴熟的技术，并且经常动手。他们与“蓝领”不同，他们有着比“蓝领”更多的知识和更佳的专业，而且工资收入也较高。随着工业信息化、信息工业化的逐步推进，社会对“灰领”的需求量会越来越大，“灰领”的地位会越来越重要。可以相信，随着社会的发展，“灰领”将成为令人羡慕的从业者。

2007 年，上海某职介所要求高级技工以上技术人员的岗位有 13 800 个，开出的月薪为 6 000~10 000 元，而符合要求的应聘者却只有 3 800 人，人才缺口 10 000 人。在就业竞争越来越激烈、工作稳定系数越来越低的时代，你是否想过把自己培养成高级技师，当一名“灰领”呢？

现在，“灰领”工作的环境宽敞、明亮，如图 1-4 所示，更重要的是工作方式已经逐渐以计算机等现代化设备代替双手。不过，这也对高级技术人员的能力提出了更高的要求，他们不仅要掌握一门单一的手艺，更重要的是要在看懂复杂的设计方案的前提下，能根据实际情况进行设计和创新，以最佳方式将设计方案付诸实施，为企业创造出最高的经济效益。

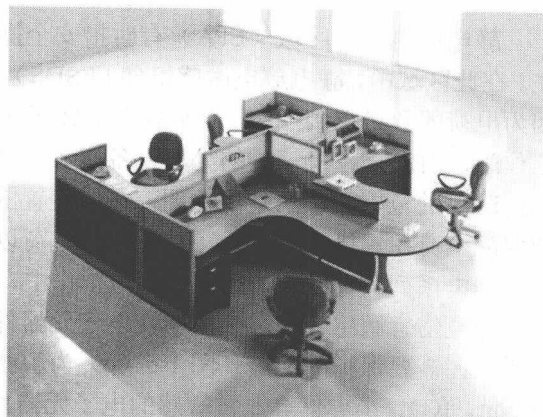


图 1-4 环境宽敞、明亮

3. 安全制造指南

(1) 静电放电

静电放电（ESD）是大家熟知的电磁兼容问题，它可引起电子设备失灵或使其损坏。当半导体器件单独放置或装入电路模块时，即使没有加电，这些器件也可能永久性损坏。对静电放电敏感的组件被称为静电放电敏感组件（ESDS）。

如果一个组件的两个引脚或更多引脚之间的电压超过组件介质的击穿强度，就会对组件造成损坏。这是 MOS 器件出现故障最主要的原因。氧化层越薄，则组件对静电放电的敏感性也越大。故障通常表现为组件本身对电源有一定阻值的短路现象。对于双极性组件，损坏一般发生在薄氧化层隔开的已进行金属喷镀的有源半导体区域，因此会产生泄漏严重的路径。器件受到静电放电的影响后，也不可能立即出现功能性的损坏。这些受到潜在损坏的组件通常被称为“跛脚”，一旦使用，将会对以后发生的静电放电或传导性瞬态表现出更大的敏感性。人体有感觉的静电放电电压为 3 000~5 000V，然而，组件发生损坏时的电

压仅几百伏。

(2) 静电电荷的产生机理

控制静电积累的第一步是要弄清楚静电电荷的产生机理。静电电压是由不同种类的物质相互接触与分离而产生的。尽管摩擦能够使电荷积累得更多,但是摩擦并不是必要的。这种效应即是大家熟知的摩擦起电,所产生的电压取决于相互摩擦的材料本身的特性。

摩擦起电是一种通过接触后又分离造成物体正负电荷不平衡的过程。当两个不同的物体相互接触时,就会使得一个物体失去电荷,如电子转移到另一个物体使其带正电,而另一个物体得到一些剩余电子而带负电。若在分离的过程中电荷难以中和,电荷就会积累,使物体带上静电。所以,某物体与其他物体接触后分离就会带上静电。通常在从一个物体上剥离一张塑料薄膜时就是一种典型的“接触分离”起电,在日常生活中脱衣服产生的静电也是“接触分离”起电。

(3) 静电放电保护区域

静电放电保护区域(EPA)有时指安全操作区,是任意一种静电放电控制措施的核心所在。在此区域中,静电放电敏感组件(ESDS)或电路板或包含这些的组件都可以安全地工作,因为电荷的数量得到控制,而不会产生破坏性电压。这种区域中通常包含工作台或工作台组、工作站、自动插件机一类的处理设备或者一块生产区。

EPA的范围必须清楚地标明,最好设置围栏以防止未经允许的无关人员入内。EPA内应使用静电电荷积累最小的材料,并且可使电荷以受控制的方式泄入到大地中。

静电系列图标图解。在电子制造工作中,经常会看到如图1-5中所示的图标,图1-5(a)表示静电伤害敏感标签,一般贴在电子元器件的包装盒上面;图1-5(b)为静电保护标签,一般贴在需要保护的地方;图1-5(c)为敏感电子器件标签,一般贴在集成电路(Integrated Circuit, IC)、半导体等非常敏感的电子元件的包装盒上;图1-5(d)表示仅仅在防静电的场所打开标志,一般贴在外箱上面,提醒操作者开箱的地点必须是已经做好了防静电措施的。



图 1-5 静电系列图标图解

(4) 静电危害防范指南

拿 PCBA (Printed-Circuit Board Assembly, 印制电路板组件) 的时候,必须戴干净的防静电手套,戴有接地线的防静电环,只可拿 PCBA 的边角,如图 1-6 所示。

穿防静电工作服、防静电工作鞋,站在防静电地面(地垫)上,戴上测试正常的防静电环在铺有防静电垫的工作台上工作,并且防静电地垫、防静电台垫、防静电环接地均良好,如图 1-7 所示。图 1-7 (d) 所示的常见防静电手环,其实里面只有 1 个 $1\text{M}\Omega$ 的电阻。

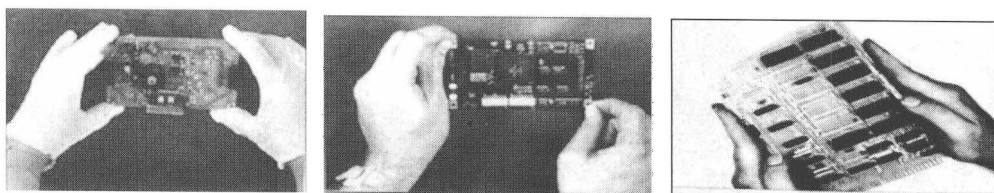


图 1-6 拿 PCBA 的边角

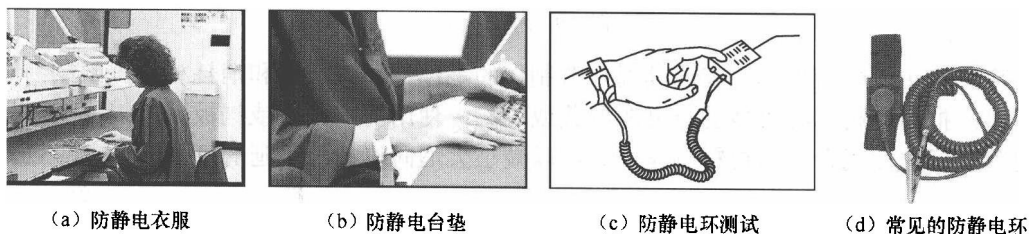


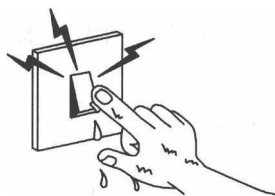
图 1-7 静电防范

工作时尽量少穿化纤类衣物，室内保持一定的湿度，比如可以在室内放上一盆冷水或种些盆栽花草等。此外，还要避免长时间呆在有静电的场所，如有很多计算机的制作室等。长时间使用计算机或调试电视后，要及时洗手和洗脸，以“驱”走皮肤上的静电。

(5) 电击或触电防范指南

电子制造从业者天天与电打交道，自身的安全意识和知识是必备的，必须规范操作，安全用电，如图 1-8 所示。

在人体各部分组织的电阻中，以皮肤的电阻为最大。当人体皮肤干燥、洁净和无损伤时，电阻可高达 $4 \sim 10\text{k}\Omega$ ；但当皮肤处于潮湿状态，电阻则会降低到 $1\,000\Omega$ 左右。此外当触电时，皮肤触及带电体的面积越大，接触得越紧密，人体的电阻就会越小。



(a) 手上带水触电



(b) 当心触电的标示

图 1-8 电击或触电防范

(6) 着火危险防范指南

那么对于天天与电还有一些化学溶剂打交道的电子制造从业者，如果操作不当，或者控制不好，很容易引发火险，常见的有以下案例：电烙铁用完后忘记关掉电源引起火灾，助焊剂摆放在波峰炉里面引起火灾，助焊剂泄漏或者残留遇到高温引起火灾，抗氧化蜡和锡渣在高温下引起火灾，电源线老化、违规搭线引起火灾，电力线线径小、超载发热引起火灾等，如图 1-9 所示。当然，所有电子制造工厂里面都必须严禁吸烟。另外，每年还要进行消防演习，做好相应的火灾预案等。

正常工作条件下的过载、组件失效、绝缘击穿、接触电阻变大或连接松动都可能产生导致危险的过高温。应保证设备不易着火，同时设备内着火点产生的火焰不会蔓延到火源近区以外，对火源进行隔离，避免对周围造成损害。

减小这种危险的方法包括：提供过流保护装置；使用符合要求的有阻燃特性的结构材料；

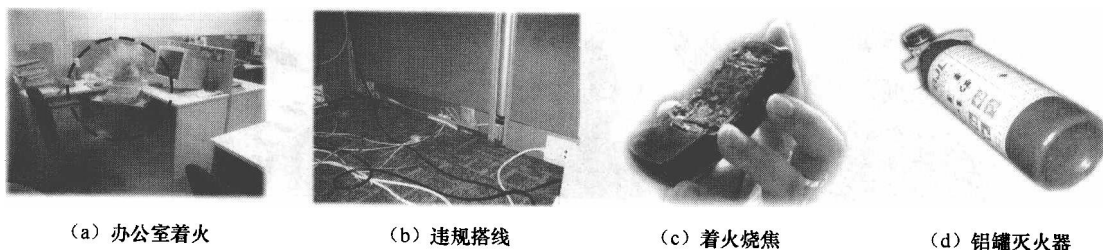


图 1-9 火灾防范

选择能避免产生或可能引起火灾的高温材料制作的零部件、元器件和消耗材料；限制易燃材料的用量；把易燃材料与可能的点燃源屏蔽或隔离；使用防护外壳或挡板，以限制火焰只在设备内部蔓延；使用合适的材料制作外壳，以减小火焰向设备外蔓延的可能性。

(7) 热危险防范指南

电子制造的任何工序都存在能量的传递，热能以热量的形式表现出来，常见的热危险有以下案例：拿电烙铁的时候，不小心没有抓到手柄，抓到烙铁头，烫伤手；打锡渣的时候，波峰炉胆里面的锡（ 260°C 左右）溅到身上，产生热危险；刚刚出炉的 PCBA，不戴高温手套就用手去拿，产生热危险；老化房里面的老化机器，不戴高温手套就用手去拿，产生热危险等。

正常工作条件下的高温可能导致下述的危险：接触烫热的可触及零部件，引起灼伤；绝缘等级下降或安全元器件性能降低；引燃附近的物质。

减小这种危险的方法包括：采取措施避免可能触及的零部件产生高温；避免温度高于材料的引燃点；如果不可避免接触烫热的零部件，提供警告标识以告诫使用人员；防止使用中触及高温零部件。例如，大家在使用电热水壶的时候，水开了，握着提手提起来倒水，手柄不会太烫以致烫伤手。

(8) 机械危险防范指南

在电子制造装配过程中，机械危险是比较多见的。

曾经有一个案例对人的教训比较深刻。一名装配员工在扎扎带过程中，因为使用工具不对，本来应该使用扎带枪的，却使用钳子，结果在往上拉的过程中用力过大将眼睛打伤，如图 1-10 (a)、(b) 所示。在使用机床和电动磨刀砂轮机器等时也会经常出现机械危险。

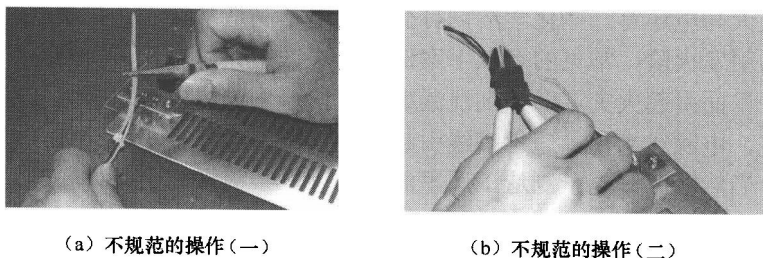


图 1-10 机械危险防范

防范机械危险要求包括：确保设备及其零部件有足够的机械强度和稳定性，避免尖锐边缘对人体产生伤害；对可触及的危险的运动部件提供防护或连锁装置；规范操作，安全

作业。

可能导致危险的原因包括：尖锐的棱缘和拐角；可能潜在地引起危害的运动零部件；设备的不稳定性；内爆的阴极射线管和爆裂的高压灯产生的碎片。产品在机械上是稳定的，在结构上是紧固的，还要避免出现锐利的棱或尖角，运动的部件要有适当的保护或连锁装置。举个例子，家用电风扇基本上都有防护罩，我们的手指头不会穿过防护罩被扇叶碰伤。

（9）能量危险防范指南

大电流电源或大电容电路的相邻电极间短路时，可能导致下述的危险：燃烧、起弧、溢出熔融金属。

就此而论，甚至接触带安全电压的电路也可能是危险的。减小这种危险的方法包括：隔离、屏蔽、使用安全连锁装置。有些大电流电源或大电容电路的相邻电极短路时，虽然电压很低，但也能打火或冒出熔融金属从而导致燃烧。

当储存的能量等级等于或大于 20J，或者在电压等于或大于 2V 时，可达到的持续功率等级等于或大于 240W 都认为是危险的。可以通过隔离、屏蔽或安全连锁装置来加以保护，避免这种危险。

（10）辐射危险防范指南

辐射是近年来比较流行的词语，辐射对人体是有害的，但并不代表辐射一点用处都没有，比如紫外线应用非常广泛，特别是在电子、印刷工业中有很多用途。紫外线（Ultraviolet）一般缩写成 UV，是指波长在 210~420nm 波段的光。真空紫外线是指波长在 100~200nm 波段的光。真空紫外线很厉害，能使空气中的氧气电离成臭氧，闻起来有一股腥臭味，这种光千万不要用肉眼看。一个实际的案例：为了保证 PCBA 能防水、防腐蚀、有好的绝缘，通常会喷涂三防漆或者 UV 油，然后用 UV 炉进行固化，一操作工没有戴防 UV 面具就去操作，被 UV 光照射，开始的时候关系不大，只是感觉有点刺眼睛，结果没多久（不到 4h）眼泪就开始流，睁不开眼睛，然后就看不见东西了。虽然避光 3~7 天后自然恢复了视力，但整张脸上的皮脱了一层。这是因为 UV 光会刺激眼角膜和皮肤。注意：操作工人在强的 UV 光下作业，要先用 UV 光强度计测量后证明没危险再操作。

设备产生的某种形式的辐射会对使用人员和维修人员造成危害，辐射可以是射频辐射、射频辐射、红外线辐射、紫外线和电离辐射、高强度可见光和相干光（激光）辐射。

减小这种危害的方法包括：限制潜在辐射源的能量等级；屏蔽辐射源；使用安全连锁装置；如果不可避免地暴露于辐射危险中，要提供警告标识以告诫使用人员。高强度的射频和射频、红外线、高强度可见光和相干光、紫外线和电离辐射对人体都是有伤害的。工程师设计的产品必须确保使用人员和维修人员受到的辐射量保持在允许的限度内。在进行光纤的安装、维护等各种操作时，严禁肉眼靠近、直视光纤出口。

（11）化学危险防范指南

接触某些化学物品或吸入它们的气体 and 烟雾可能会造成危险。减小这种危险的方法包括：避免接触或吸入可能造成危害的堆积的或消耗性的材料，避免可能产生泄漏或汽化的条件；提供警告标识以告诫使用人员危险。很多化学物品对人体都是有害的，譬如电线绝缘皮在燃