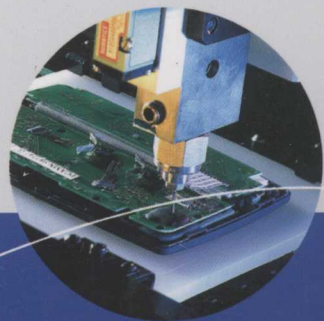


SMT教育培训系列教材

# 现代电子装联 波峰焊接技术基础

樊融融 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# 现代电子装联 波峰焊接技术基础



策划编辑：宋 梅  
责任编辑：刘 凡  
封面设计：孙焱津



ISBN 978-7-121-08555-0



9 787121 085550 >

定价：45.00 元

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

SMT 教育培训系列教材

# 现代电子装联波峰焊接技术基础

樊融融 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

波峰焊接技术的发明及其推广应用是 20 世纪电子产品装联技术中最辉煌的成就。尽管目前由于 SMT 再流焊接工艺的大量应用, 导致波峰焊接工艺的应用比例有所下降, 但过孔组装在一些电子产品中仍占有一定的比例。这种状况持续存在的主要原因是: 许多场合不需要 SMT 技术那样高的性能, 而过孔组装无疑是一种低成本方案, 所以被继续选用。因此, 波峰焊接技术在此类产品生产中仍然占主流地位。

本书在深入分析驱动波峰焊接技术不断发展和完善的基础上, 全面系统地介绍了波峰焊接设备的构成特点、设计原理及未来的发展走向; 同时还探讨了其应用工艺技术的研究方向和内容、波峰焊接质量控制方法和要求; 此外对应用中可能出现的各种缺陷的形成原理和抑制对策也进行了全面的介绍。

撰写本书的目的, 就是为从事波峰焊接设备设计的设计工程师们提供一本技术参考手册; 为从事波峰焊接工艺应用的工艺工程师们提供一本实践指南; 为培养熟练操作者提供技术导向。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代电子装联波峰焊接技术基础 / 樊融融编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.4

(SMT 教育培训系列教材)

ISBN 978-7-121-08555-0

I. 现… II. 樊… III. 电子设备—装配(机械)—钎焊—技术培训—教材 IV. TN605 TG454

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 042375 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 刘 凡

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 492 千字

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

## 序

现代电子产品制造是连接现代电子产品设计和市场营销之间的桥梁。任何一种先进的产品设计，均需经过产品制造这一环节，变成具有设计所赋予的全部功能的产品实体后，才能通过市场营销手段转变为社会商品。显然产品制造是一个企业生产实践活动的核心，是企业赢取利润的重要环节。

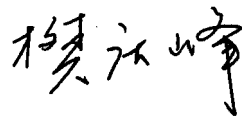
随着芯片封装技术在多功能化和微小型化方面日新月异的发展，现代电子产品制造技术已经与传统电子产品制造技术截然不同，这主要在于前者中的板级电子装联部分越来越占据主导地位，成为决定现代电子产品制造质量和制造可靠性的基础。

现代电子装联工艺技术，是研究如何以最优化的工艺流程和最适宜的工艺技术手段，力求以最低的成本、最少的人力和物力消耗、最快的时间来响应市场的需求，向社会提供制造质量好、可靠性高的现代化的电子产品。因此可以说，产品的高质量、低成本是设计出来的，更是制造出来的。

产品制造中的高质量、低成本策略的实施，要以人为本。造就一批既精通现代电子装联技术理论，又有丰富实践经验的现代电子装联工艺工程师群体，是企业工艺文化的核心，是市场竞争的需求，也是企业产品不断发展与创新的需要。

作者根据现代电子产品生产实际的需要，撰写了本书。其目的就是让电子装联工艺工程师们，在面对现代电子产品生产制造过程中的问题时，不仅知道如何去处理，还要知道为什么要这样处理。

我期待着本书能够成为国内从事现代电子装联工艺工程师们的良师益友。



# 目 录

<b>第 1 章 波峰焊接技术概论</b> .....	1
1.1 定义和优点 .....	1
1.1.1 定义 .....	1
1.1.2 采用波峰焊接工艺的的优点 .....	1
1.2 波峰焊接技术的发展历史 .....	2
1.2.1 钎料波峰焊法动力技术的发展 .....	2
1.2.2 钎料波峰动力技术的作用及其分类 .....	3
1.2.3 机械泵式钎料波峰发生器 .....	4
1.2.4 液态金属电磁泵式钎料波峰发生器 .....	5
1.3 波峰焊接设备系统分类及其特点 .....	5
1.3.1 按焊接工艺方式分类 .....	5
1.3.2 按系统外形大小分类 .....	7
1.3.3 按波峰数量分类 .....	8
1.4 助焊剂涂覆系统 .....	8
1.4.1 助焊剂涂覆系统在波峰焊接工艺中的作用 .....	8
1.4.2 对助焊剂涂覆系统的技术要求 .....	8
1.4.3 常用的涂覆方式及结构分析 .....	8
1.5 预热系统 .....	13
1.5.1 预热系统的作用 .....	13
1.5.2 对预热系统的基本技术要求 .....	14
1.5.3 常用的预热方式及其特性 .....	14
1.6 夹送系统 .....	17
1.6.1 作用 .....	17
1.6.2 技术要求 .....	17
1.6.3 常见夹送系统的结构分类 .....	17
1.7 冷却系统 .....	19
1.7.1 作用及技术要求 .....	19
1.7.2 常用结构方式 .....	19
1.8 电气控制系统 .....	19
1.8.1 控制系统的作用 .....	19
1.8.2 对控制系统的基本要求 .....	20
1.8.3 主要控制参数及指标要求 .....	20
1.9 常用的钎料波峰整流结构 .....	21
1.9.1 设置钎料波峰整流结构的的目的 .....	21

1.9.2	常见的整流结构 .....	21
1.10	钎料波形调控技术 .....	23
1.10.1	波峰高度调控技术 .....	23
1.10.2	波形调控技术 .....	24
1.11	如何评价和选购设备 .....	26
1.11.1	评价设备系统性能优劣的判据 .....	26
1.11.2	设备的验收 .....	26
1.11.3	随机资料的齐全性 .....	29
1.11.4	人员培训 .....	29
<b>第2章</b>	<b>钎料波峰动力学理论的形成及其应用 .....</b>	<b>30</b>
2.1	概述 .....	30
2.1.1	钎料波峰动力学理论的形成 .....	30
2.1.2	钎料波峰动力学理论对波峰焊接技术发展的指导意义 .....	30
2.2	波峰焊接中钎料波峰的动力现象 .....	31
2.3	波峰钎料波速对波峰焊接效果的影响 .....	32
2.4	钎料波峰的类型及其特点 .....	33
2.5	双向波峰过后熔融钎料的表面张力 .....	34
2.6	波峰焊接中的物理、化学过程 .....	35
2.7	保护油在波峰焊接中所起作用的物理本质 .....	36
2.8	获得无拉尖焊点的充分和必要条件 .....	37
2.9	最佳进入角度(倾角)范围的确定 .....	37
2.10	波峰高度和波峰压力的关系及其对波峰焊效果的影响 .....	38
2.11	钎料槽最佳容积的选择依据 .....	38
2.12	钎料波峰形状的设计及其对波峰焊接效果的影响 .....	39
2.13	适合于表面组装件(SMA)波峰焊接的波形 .....	41
2.13.1	SMA波峰焊法分析 .....	41
2.13.2	焊法 .....	42
2.14	钎料槽中杂质金属的积累与钎料波峰动力学的关系 .....	47
2.15	稳定波峰的主要途径 .....	47
<b>第3章</b>	<b>现代波峰焊接设备技术的发展 .....</b>	<b>48</b>
3.1	波峰焊接技术的进化和无铅应用 .....	48
3.1.1	波峰焊接技术的进化 .....	48
3.1.2	无铅波峰焊接的技术特点 .....	48
3.2	适合无铅波峰焊接工艺的设备技术 .....	53
3.2.1	助焊剂超声喷雾技术 .....	53
3.2.2	较长的红外、热风复合预热区 .....	53
3.2.3	钎料波峰发生器结构布局的调整 .....	53
3.2.4	传送导轨应增加中间支撑 .....	54
3.2.5	冷却装置 .....	54

3.2.6	氧化物分离系统	55
3.2.7	热风刀 (HAK) 的应用	55
3.2.8	钎料波峰高度闭环控制	56
3.2.9	预热温度的闭环控制	60
3.2.10	氮气保护波峰焊接	60
3.3	典型的无铅波峰焊接设备介绍	61
3.4	后波峰焊接时代的设备技术	66
3.4.1	问题的提出	66
3.4.2	后波峰焊接时代的设备技术	67
<b>第 4 章</b>	<b>液态金属电磁泵钎料波峰发生器</b>	<b>70</b>
4.1	液态金属电磁泵概述	70
4.1.1	钎料波峰动力技术的发展	70
4.1.2	定义和分类	71
4.2	以液态金属电磁泵为动力的钎料波峰发生器	71
4.2.1	传导式液态金属电磁泵	71
4.2.2	交流感应式液态金属电磁泵钎料波峰动力技术	74
4.2.3	单相平面感应式液态金属电磁泵	75
4.2.4	三相异步平面感应式液态金属电磁泵	79
4.2.5	三相异步圆柱形感应式液态金属电磁泵	85
<b>第 5 章</b>	<b>波峰焊接用助焊剂和钎料</b>	<b>87</b>
5.1	助焊剂的作用和原理	87
5.1.1	助焊剂在波峰焊接中的作用	87
5.1.2	助焊剂的作用及作用原理	88
5.1.3	助焊剂应具备的技术特性	90
5.1.4	助焊剂的分类	93
5.1.5	助焊剂在波峰焊接过程中的作用原理及模式	97
5.1.6	波峰焊接用助焊剂的溶剂	98
5.1.7	在波峰焊接应用中如何评估和选择助焊剂	99
5.2	波峰焊接用钎料	101
5.2.1	有铅波峰焊接用钎料	101
5.2.2	无铅波峰焊接用钎料合金	107
5.3	有铅、无铅波峰焊接常用钎料合金性能比较	111
5.3.1	SAC 与 Sn37Pb 的工艺性比较	111
5.3.2	润湿性	112
5.3.3	其他主要物理性能	112
5.3.4	连接界面	112
5.3.5	对波峰焊接用钎料条的要求	113



<b>第 6 章 波峰焊接冶金学基础及波峰焊过程中的热、力学现象</b> .....	114
6.1 冶金连接及润湿作用 .....	114
6.1.1 冶金连接 .....	114
6.1.2 润湿和连接界面 .....	114
6.1.3 可焊性 .....	115
6.2 液态钎料的表面现象 .....	115
6.2.1 液态钎料的表面层、表面能和表面张力 .....	115
6.2.2 表面张力系数 .....	116
6.2.3 弯曲液面下的附加压强 .....	116
6.2.4 润湿现象 .....	117
6.2.5 液体的黏滞性 .....	118
6.3 钎料-助焊剂-基体金属系统 .....	118
6.3.1 润湿过程中的热动力平衡 .....	118
6.3.2 接触角 .....	119
6.4 润湿系统中影响固着面积的因素 .....	121
6.4.1 固着面积 .....	121
6.4.2 影响润湿的因素 .....	121
6.5 焊接接头及其形成过程 .....	122
6.5.1 钎料接头产生连接强度的原理 .....	122
6.5.2 形成焊接连接的必要条件 .....	123
6.5.3 焊接接头形成的物理过程 .....	125
6.6 波峰焊接过程中的热、力学现象 .....	127
6.6.1 波峰焊接入口点的热、力学现象 .....	127
6.6.2 热交换和钎料供给区的热、力学现象 .....	127
6.6.3 波峰退出点的热、力学现象 .....	128
6.6.4 脱离波峰后的热、力学现象 .....	129
6.6.5 波峰焊接过程中的温度特性 .....	129
6.7 在波峰上使用油的作用原理 .....	131
<b>第 7 章 PCBA 组装设计的波峰焊接 DFM 要求</b> .....	132
7.1 现代电子装联波峰焊接技术特征 .....	132
7.1.1 现代电子装联波峰焊接技术 .....	132
7.1.2 良好的 DFM 对 PCBA 生产的重要意义 .....	132
7.2 PCB 布线设计应遵循的 DFM 规则及考虑的因素 .....	133
7.2.1 组装加工中 PCB 面的应力分布 .....	133
7.2.2 元器件的安装布局 .....	133
7.2.3 安装结构形态的选择 .....	134
7.2.4 电源线、地线及导通孔的考虑 .....	135
7.2.5 采用拼板结构时应注意的问题 .....	136
7.2.6 测试焊盘的设置 .....	136

7.2.7	元器件间距 .....	136
7.2.8	阻焊膜的设计 .....	137
7.2.9	排版与布局 .....	138
7.2.10	元件的安放 .....	138
7.3	在 PCB 上安装图形设计对波峰焊接效果的影响 .....	138
7.3.1	元器件安装布局对波峰焊接效果的影响 .....	138
7.3.2	THT 方式的图形布局 .....	138
7.3.3	SMT 方式的图形设计 .....	145
7.4	THD/SMD 安装设计的波峰焊接工艺性 .....	147
7.4.1	IC 插座焊盘的排列走向 .....	147
7.4.2	直线密集型焊盘 .....	147
7.4.3	引线伸出焊盘的高度 .....	148
7.4.4	工艺区的设置 .....	148
7.4.5	热工方面的考虑 .....	148
7.4.6	SMT 方式组装结构的可制造性设计 .....	149
7.4.7	减少热损坏的安装和焊法 .....	152
7.4.8	减少波峰焊接桥连率的安装法 .....	152
7.5	元器件引脚和 PCB 焊盘可焊性涂覆层的选择 .....	153
7.5.1	元器件引脚可焊性涂覆层的选择 .....	153
7.5.2	PCB 焊盘可焊性涂覆层的选择 .....	153
<b>第 8 章</b>	<b>波峰焊接工艺窗口设计及其工艺过程控制 .....</b>	<b>156</b>
8.1	影响波峰焊接效果的四要素 .....	156
8.1.1	基体金属的可焊性 .....	156
8.1.2	波峰焊接设备 .....	157
8.1.3	PCB 图形设计的波峰焊接工艺性 .....	159
8.1.4	波峰焊接工艺的优化 .....	159
8.1.5	无铅波峰焊接的工艺性问题 .....	161
8.2	SMA 波峰焊接的波形选择 .....	161
8.2.1	SMA 波峰焊接工艺的特殊性 .....	161
8.2.2	气泡遮蔽效应 .....	161
8.2.3	阴影效应 .....	162
8.2.4	SMC/SMD 的焊接特性和安装设计中应注意的事项 .....	162
8.3	波峰焊接工艺窗口设计 .....	163
8.3.1	正确进行波峰焊接工艺窗口设计的重要性 .....	163
8.3.2	上机前的烘干处理 .....	164
8.3.3	涂覆助焊剂 .....	164
8.3.4	预热温度 .....	164
8.3.5	钎料槽温度 .....	167
8.3.6	夹送速度 .....	169

8.3.7	夹送倾角 .....	170
8.3.8	波峰高度 .....	171
8.3.9	压波深度 .....	171
8.3.10	冷却 .....	172
8.4	波峰焊接工艺过程控制 .....	172
8.4.1	工艺过程控制的意义 .....	172
8.4.2	波峰焊接工艺过程必须受控 .....	172
8.4.3	PCB 可焊性的监控 .....	173
8.4.4	波峰焊接设备工序能力系数 (Cpk) 的实时监控 .....	173
8.4.5	助焊剂涂覆监控 .....	174
8.4.6	波峰焊接温度曲线的监控 .....	175
8.4.7	波峰焊接中钎料槽杂质污染的危害 .....	175
8.4.8	防污染的对策 .....	176
8.5	培训 .....	179
<b>第 9 章</b>	<b>波峰焊接常见缺陷及其抑制 .....</b>	<b>180</b>
9.1	波峰焊接中常见的缺陷现象 .....	180
9.2	虚焊 .....	180
9.2.1	定义 .....	180
9.2.2	现象 .....	180
9.2.3	形成原理 .....	181
9.2.4	虚焊的预防 .....	182
9.3	冷焊 .....	183
9.3.1	定义 .....	183
9.3.2	现象 .....	184
9.3.3	形成原理 .....	184
9.3.4	解决办法 .....	185
9.4	不润湿及反润湿 .....	186
9.4.1	现象 .....	186
9.4.2	形成原理 .....	186
9.4.3	解决办法 .....	187
9.5	其他的缺陷 .....	187
9.5.1	焊点轮廓数形不良 .....	187
9.5.2	针孔或吹孔 .....	189
9.5.3	撬动焊点 .....	190
9.5.4	钎料破裂 .....	190
9.5.5	拉尖 .....	191
9.5.6	溅钎料珠及钎料球 .....	192
9.5.7	粒状物 .....	193
9.5.8	芯吸现象 .....	194

9.5.9	组件损坏 .....	194
9.5.10	缩孔 .....	195
9.5.11	二次回流 .....	195
9.5.12	防焊膜(绿油)上残留钎料 .....	197
9.5.13	白色残留物 .....	198
9.5.14	白色腐蚀物 .....	199
9.5.15	黑褐色残留物 .....	200
9.5.16	绿色残留物 .....	200
9.5.17	焊点灰暗 .....	201
9.5.18	焊点发黄 .....	201
9.5.19	焊点发黑 .....	202
<b>第 10 章</b>	<b>波峰焊接中的桥连和透孔不良现象分析 .....</b>	<b>203</b>
10.1	波峰焊接中的桥连现象 .....	203
10.1.1	概述 .....	203
10.1.2	桥连 .....	203
10.1.3	桥连形成原理 .....	206
10.1.4	波峰焊接中影响桥连现象发生的因素 .....	209
10.1.5	桥连现象的预防 .....	213
10.2	金属化孔填充不良现象的发生及其预防 .....	213
10.2.1	现象表现 .....	213
10.2.2	波峰焊接中钎料对金属化孔填充性的基本要求 .....	213
10.2.3	填充性不良的主要表现形式 .....	215
10.2.4	波峰焊接中透孔不良因素分析 .....	216
<b>第 11 章</b>	<b>无铅波峰焊接中的特有缺陷现象 .....</b>	<b>221</b>
11.1	概述 .....	221
11.2	焊点外观 .....	222
11.2.1	现象 .....	222
11.2.2	形成原理 .....	222
11.2.3	可接受性 .....	222
11.3	波峰焊接中焊缘的起翘现象 .....	223
11.3.1	起翘的定义及研究动向 .....	223
11.3.2	起翘现象发生的原理 .....	224
11.3.3	从起翘发生的原理看抑制的对策 .....	232
<b>第 12 章</b>	<b>波峰焊接焊点的接头设计及可靠性问题 .....</b>	<b>235</b>
12.1	概述 .....	235
12.2	焊点的接头 .....	235
12.2.1	焊点的接头模型 .....	235
12.2.2	波峰焊接接头的基本结构 .....	236

12.3	焊接接头结构设计对接头机电性能的影响	237
12.3.1	接头的几何形状设计及强度分析	237
12.3.2	焊接接头的电气特性	240
12.4	影响焊接接头机械强度的因素	243
12.4.1	施用的钎料量对焊点剪切强度的影响	243
12.4.2	与熔化钎料接触的时间对焊点剪切强度的影响	244
12.4.3	焊接温度对接头剪切强度的影响	244
12.4.4	接头厚度对强度的影响	245
12.4.5	接头强度随钎料合金成分和基体金属的变化	246
12.4.6	钎料接头的蠕变强度	246
12.5	基体金属的可焊性和焊点的可靠性	248
12.5.1	可焊性对可靠性的影响	248
12.5.2	影响焊点可靠性的因素	249
12.5.3	波峰焊接表面的洁净度和电子污染	252
12.5.4	镀层可焊性的存储期试验及试验方法	254
12.5.5	可焊性试验方法	256
<b>第 13 章</b>	<b>PCBA 波峰焊接质量控制及可接受性条件</b>	<b>261</b>
13.1	PCBA 波峰焊接质量控制	261
13.1.1	PCBA 波峰焊接质量控制的意义	261
13.1.2	建立正确的质量控制观	261
13.1.3	影响 PCBA 波峰焊接质量的因素	261
13.1.4	PCBA 波峰焊接质量控制的关键点	262
13.2	PCBA 波峰焊接质量控制标准	262
13.2.1	ANSI/J—STD—001 和 IPC—A—610	262
13.2.2	执行 ANSI/J—STD—001 和 IPC—A—610 标准的前提	262
13.2.3	对 ANSI/J—STD—001 和 IPC—A—610 标准的评价	263
13.3	基于 IPC—A—610D 的 PCBA 波峰焊接的可接受性条件	264
13.3.1	焊接	264
13.3.2	通孔安装 (THT) 焊接的可接受性条件	268
13.3.3	表面安装 (SMT) 焊点可接受性条件	275
13.3.4	PCB 层压板	277
13.3.5	清洁度	280
13.3.6	阻焊膜	282
<b>参考文献</b>		<b>285</b>

# 第 1 章 波峰焊接技术概论

## 1.1 定义和优点

### 1.1.1 定义

波峰焊接 (Wave Soldering) 是指将熔融的液态钎料借助泵的作用, 在钎料液面形成一特定形状的钎料波峰, 而装载了元器件的 PCB 以某一特定角度, 并以一定的浸入深度穿过钎料波峰来实现连接点的焊接过程。国外也有将其称为群焊或流动焊的。

### 1.1.2 采用波峰焊接工艺的优点

- (1) 省工省料, 提高生产效率, 降低成本
- (2) 提高焊点质量和可靠性, 消除了人为因素对产品质量的干扰和影响

严格按照波峰焊接规范要求焊接过的组件, 其焊点的机、电、物、化等特性都将达到较为理想的境地, 质量和可靠性都是可信赖的。另外, 从手工焊接和波峰焊接形成焊点的物化过程, 也可看出两种工艺的本质差异, 如图 1.1 所示。

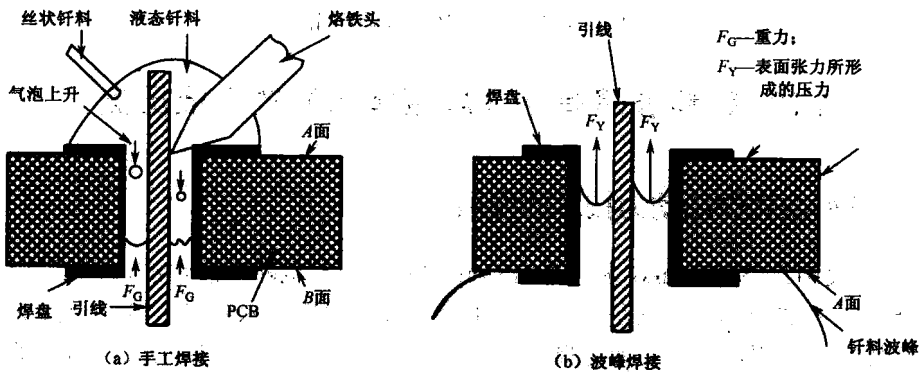


图 1.1 手工焊接、波峰焊接焊点形成过程的差异

① 手工焊接: 通常被焊面 (A) 朝上, 如图 1.1 (a) 所示, 将加热的烙铁头紧贴在被焊焊盘和引线之间, 丝状钎料从被焊焊盘的另一侧紧触焊盘和引线之间, 靠吸收烙铁头上传过来的热量熔融。熔融后的钎料首先覆盖在焊盘的上表面, 待析出的助焊剂活性物质净化被焊的基体金属表面后才发生漫流过程, 此时钎料液滴的重力  $F_G$  要参与漫流过程。因此, 手工焊接不可避免地要存在下列问题。

- 气体排放不畅: 由于受热, 丝状钎料中的助焊剂挥发出来的气体, 与孔中原本存在的空气受热膨胀, 共同形成热气泡并向孔的上端口浮动, 若能突破位于上端口液态钎料的封堵而喷发出来, 便形成冒泡现象, 并在焊点表面留下针孔和麻点; 而束缚在孔内的便形成内部洞穴。

- 重力参与了漫流过程：当穿孔内被焊接的基体金属表面净化不良时，润湿过程便不能顺利进行，但由于液态钎料受重力作用，还要继续往下坠。从外观上看，虽然焊点上也被钎料所包裹，然而这些钎料与基体金属之间并未发生冶金过程，而仅仅是依靠重力作用黏附在基体金属表面上的。

② 波峰焊接：被焊面朝下，穿孔上端口是敞露的，气体排放很畅通，因此正常情况下就不易产生冒泡和内部洞穴现象。另外，钎料的上升过程是靠基体金属表面对液态钎料的润湿力（亲和力）和液态钎料自身张力所形成的压力  $F_Y$  克服重力作用后爬上穿孔的上端口的。所以凡是通过波峰焊接形成的焊点，通常不会出现虚焊现象。

(3) 改善了操作环境，有益于操作者的身心健康

使用活性松香钎料丝手工焊接操作时产生的烟，其中大部分是助焊剂受热分解产生的气体或挥发物（松香或树脂及在其中添加的少量活性剂，如有机胺卤族化合物等）。根据日本公布的有关资料显示，这些烟中含有蒽烯、甲醛、苯酚、二乙基胺、氯化氢、一氧化碳，使用有铅钎料时还含有铅等有害成分，对人体的伤害不可忽视。而采用波峰焊接工艺可让操作者远离烟雾，而且由于采取了良好的排气系统，所以操作者的工作环境得到了极大的改善。

(4) 产品质量标准化

由于采用了机械化和自动化生产，可以排除手工操作的不一致性，这样确保了产品安装质量的整齐划一和工艺的规范化、标准化。

(5) 可以完成手工操作无法完成的工作

随着电子装备向轻、薄、短、小的方向发展，面对精密微型化的安装结构，单靠人的技能已经无法胜任，只有靠先进的自动化和机械化技术才能完成。

## 1.2 钎料波峰焊法（焊接技术）的发展历史

### 1.2.1 钎料波峰焊法动力技术的发展

1949年，美国人 S.F. Danko 和 Abramson 发明了印制电路板浸焊法，预示了 PCB 软焊接的一种新工艺方法的诞生。它是人们从手工烙铁逐点焊接进入到半机械化焊接的起步，这对于减少焊接疵病、提高生产效率无疑是一大进步。但浸焊法只适用于低档的电子产品，满足不了现代电子产品轻、薄、短、小的生产要求。

1956年，英国 Fry's Metal 公司发明了印制电路板波峰焊接法，尽管在文献中只发表了表示这种方法的一个示意性的图例，却意味着在 PCB 焊接领域中的一个新时代的开始，它使 PCB 由人工烙铁逐点焊接进入到机器自动化大面积高效率焊接的新阶段，使 PCB 的焊接工艺真正进入了自动化的时代。它在减少焊点疵病、提高电子产品的可靠性、降低生产成本、改善工人的劳动强度、提高生产效率等方面所作出的贡献是巨大的。

钎料波峰焊法（波峰焊接）技术的发明及其推广应用，是 20 世纪电子产品装联技术中最辉煌的成就，它对电子工业发展的促进作用和创造的经济效益是无法估量的，工业实践雄辩地证明了它是电子产品装联工艺中具有深远意义的革新。从世界上第一台具有工业应用价值的机器的诞生，到现在仅五十余年，但它却以非凡的速度实现了从诞生到完善、成熟，进入了大面积、大范围的工业应用。尽管目前由于 SMT 再流焊接工艺的大量应用，导致波峰

焊接工艺的应用比例明显下降，然而波峰焊接在电子装联工艺中的应用还将持续下去，在我国更是如此。

钎料波峰焊法技术的核心是要形成能用于自动化焊接的钎料波。这个波如何获得，揭示了钎料波峰发生器动力技术的内涵。由于 PCB 的波峰焊法通常是在 200~300℃ 的温度下进行的，液态钎料的氧化现象、表面张力的变化、杂质金属的融入、热劣化、波峰的平整性、钎料槽内温度场的分布和均匀性、热效率等问题，都是应该妥善处理的。

钎料波峰焊法技术虽然发明于英国，然而技术进步最快的却是美国、瑞士、意大利、荷兰、德国。他们在发展机械泵式波峰焊接设备技术方面，都达到了较高的水平，特别是美国的 Electrovert 公司、瑞士的 EPM 公司、意大利的 IEMME 公司、荷兰的 Slotec 公司、德国的 ERSA 公司等，他们的产品技术基本上反映了现代波峰焊接技术的最新发展成果。

## 1.2.2 钎料波峰动力技术的作用及其分类

### 1. 作用和要求

钎料波峰动力技术是研究产生波峰焊接工艺所要求的特定的钎料波峰。它是决定波峰焊接质量的核心，也是整个系统最具特征的核心部件，更是衡量波峰焊接系统性能优劣的重要判据。钎料波峰动力技术是融合了钎料波峰动力学理论、流体力学、金属的表面理论、冶金学、热工学、电工学等多学科知识于一体的一门综合性技术。其技术要求可归纳如下：

- 有优良的钎料波峰动力学特性（请参阅第 3 章）；
- 波峰平稳，高度可调；
- 具备一定的抑制高温液态钎料氧化的能力，最好不要使用防氧化物质；
- 在保证热容量的前提下，力求钎料槽容量最小；
- 热工特性好，节能省电，且拥有完善的温度自动控制措施；
- 钎料槽设计应使所有钎料均能处于循环状态之中，从而保持钎料成分的高度均匀性，避免局部区域出现沉积熔析相的死角；
- 加热器的设计和布置应使钎料受热均匀且无过热点；
- 杂质金属对钎料槽的污染最小，且在长期工作中杂质金属浓度应能维持在一个较小的安全水准上并能达到动态平衡。

### 2. 钎料波峰采用的动力技术的分类

当今世界上在波峰焊接设备中使用的钎料波峰动力技术分类大致可归纳如图 1.2 所示。以下凡涉及钎料波峰技术均按习惯称为钎料波峰发生器。

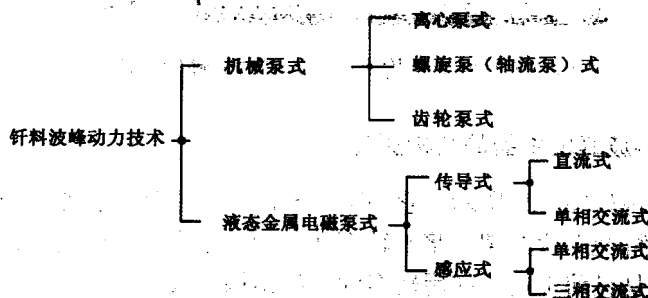


图 1.2 钎料波峰动力技术分类



### 1.2.3 机械泵式钎料波峰发生器

#### 1. 离心泵式钎料波峰发生器的结构原理

离心泵式钎料波峰发生器是机械泵式钎料波峰发生器的主流结构，其典型结构如图 1.3 所示。

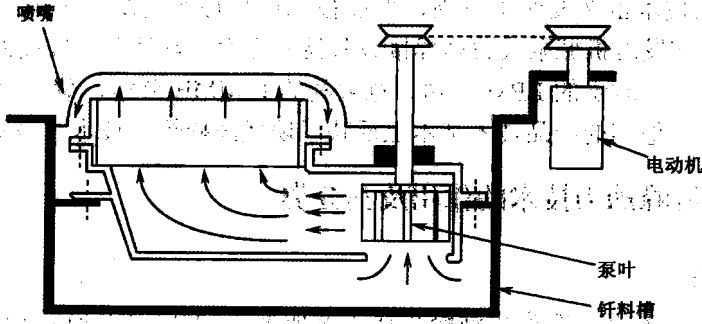


图 1.3 离心泵式钎料波峰发生器结构

如图 1.3 所示的结构，是由一台电动机带动一个泵叶，利用旋转泵叶的离心力驱使液态钎料流体流向泵腔。在压力作用的驱动下，流入泵腔内的液态钎料经整流结构整流后，呈层流态流向喷嘴而形成钎料波峰。钎料槽中的钎料绝大多数是由泵叶旋轴中心部的下底面吸入泵腔内的。

为了减少焊渣的生成，降低液态钎料表面张力减少拉尖和桥连，美国 Hollis 公司（后为 Electroce 公司所兼并）发明了一种能往钎料中注油的 Z 形整流结构的离心泵式钎料波峰发生器，其结构如图 1.4 所示。

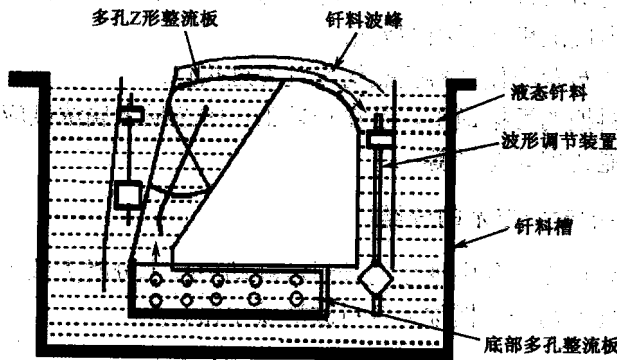


图 1.4 Z 形整流结构离心泵式钎料波峰发生器结构

#### 2. 螺旋泵式钎料波峰发生器的结构原理

轴流泵的典型结构如图 1.5 所示。它与离心泵的不同之处，就在于对液态钎料的推进形式不一样，它是利用特种形状的螺旋桨旋转而产生轴向推力，迫使流体沿轴向流动。螺旋泵式钎料波峰发生器也是目前工业上应用较多的一种结构形式。