

现代电子制造
系列丛书

现代电子装联 常用工艺 装备及其应用

◎ 孙 磊 等编著

Modern
Electronics



Manufacturing



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

现代电子制造系列丛书

现代电子装联常用 工艺装备及其应用

孙 磊 段书选 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

电子装联工艺装备是电子产品生产制造过程中所使用的各种机电装备、工模具、夹具、检测设备、测量器具等的总称,是实施电子装联工艺技术的工具和手段。工艺技术的发展决定了工艺装备的发展方向和内容,而现代化的工艺装备是确保工艺体系高效和低成本运作的基础。电子装联工艺装备的不断优化和完善,就是要使产品充分满足电子制造工艺规范的需要,实现工艺体系高效和低成本运作的目标。其反过来又促进了电子装联工艺技术的不断完善和优化。

了解和掌握电子装联工艺装备原理和使用特点是从事电子装联的工程技术人员必备的专业知识。本书对现代电子装联常用的设备进行了简要的归纳总结,既可作为电子装联制造职业教育的教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

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

现代电子装联常用工艺装备及其应用 / 孙磊等编著. —北京:电子工业出版社, 2016.1

(现代电子制造系列丛书)

ISBN 978-7-121-27402-2

I. ①现… II. ①孙… III. ①电子装联—工艺装备—研究 IV. ①TN305.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 245173 号

策划编辑:宋 梅

责任编辑:张 迪

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

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:19 字数:486.4 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:58.00 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, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

总 序

当前,各种技术的日新月异以及这个时代的各种应用和需求迅速地推动着现代电子制造技术的革命。各门学科,比如,物理学、化学、电子学、行为科学、生物学等的深度融合,提供了现代电子制造技术广阔的发展空间,特别是移动互联网技术的不断升级换代、工业4.0 技术推动着现代电子技术的高速发展。同时,现代电子制造技术将会在机遇和挑战中不断变革。比如,人们对环保、生态的需求,随着中国人口老龄化不断加剧,操作工人的短缺和生产的自动化,以及企业对生产效率提高的驱动,将会给现代电子制造技术带来深刻变革。不同的时代特征、运行环境和实现条件,使现代电子制造的发展也必须建立在一个崭新的起点上。这就意味着,在这样一个深刻的、深远的转折时期,电子制造业生态和电子生产制造体系的变革,为增强制造业竞争力提供了难得的机遇。

对于中国这个全球电子产品的生产大国,电子制造技术无疑是非常重要的。而中兴通讯作为中国最大的通信设备上市公司,30年来,其产品经历了从跟随、领先到超越的发展历程,市场经历了从国内起步扩展到国外的发展历程,目前已成为全球领先的通信产品和服务供应商,可以说是中国电子通信产品高速发展的缩影。在中兴通讯成功的因素中,技术创新是制胜法宝,而电子制造技术也是中兴通讯的核心竞争力。

无论是“中国智造”,还是“中国创造”,归根到底都依赖懂技术、肯实干的人才。中兴通讯要不断夯实自身生产制造雄厚的技术优势和特长,以更好地推动和支撑中兴通讯产品创新和技术创新。为此,2013 年中兴通讯组建了电子制造职业学院,帮助工程师进修学习新知识和新技术,不断提升工程师的技术能力。为提升学习和培训效果,我们下功夫编写供工程师进修学习的精品教材。为此,公司组织了以樊融融教授为首的教材编写小组,这个小组集中了中兴通讯既有丰富理论又有实践经验的资深的专家队伍,这批专家也可以说是业界级的工程师,这无疑保证了这套教材的水准。

《现代电子制造系列丛书》共分三个系列,分别用于高级班、中级班、初级班,高级班教材有4本,中级班教材有6本,初级班教材有2本。本套丛书基本上覆盖了现代电子制造所有方面的理论、知识、实际问题及其答案,体现了教材的系统性、全面性、实用性,不仅在理论和实际操作上有一定的深度,更在新技术、新应用和新趋势方面有许多突破。

本套丛书的内容也可以说是中兴通讯的核心技术,现在与电子工业出版社联合将此丛书公开出版发行,向社会和业界传播电子制造新技术,使现在和未来从事电子制造技术研究的工程师受益,将造福于中国电子制造整个行业,对推动中国制造提升能力有深远的影响,这无疑体现了“中兴通讯,中国兴旺”的公司愿景和一贯的社会责任。

中兴通讯股份有限公司董事长

前 言

电子装联工艺装备是电子产品制造过程中所使用的各种加工设备、工模具、夹具、检测设备、测量器具等的总称。

现代电子工艺装备是提高产品生产产能、优化工艺过程控制，提高生产效率，实现产品的生产模式由单一化生产方式，转化为多品种、多规格、多层次的灵活多变的生產方式，使企业能最大限度地快速适应市场变化需要，增强市场竞争能力的重要手段。

显然，电子制造工艺技术、电子制造工艺装备及电子制造工艺规范和标准体系，是从事电子制造工程技术人员的三大基本功。工艺技术是方法，工艺装备是工具，工艺规范和标准体系是法规。是否熟练地掌握了方法、工具和质量法规，并能在实际工作中做到融会贯通并相互优化，这是衡量一个从事电子制造的电子装联工程技术人员是否成熟的标志。

根据从事产品制造工程技术人员和学习电子制造工艺的的实际应用需要，本书以中高职在校学生和从事电子产品制造工作的初级、中级工程技术人员为主要对象，简要地介绍了电子产品加工制造相关设备的应用特性、适用范围、基本的机电原理，以及如何评估、选购和验收所需要的工艺装备。对测试设备 AOI、X-ray、视觉检测系统在实际应用中常遇到的检测图像的判读也选入了本书的介绍范围。在本书的内容组织中，有意避开对工艺装备工作原理的冗长描述和结构、电路分析，而主要介绍其对电子制造过程中的作用和影响。本书可以作为电子装联职业教育的授课教材，也可以作为从事相关工作的工程技术人员的参考用书。

作者在完成这一书稿过程中得到了中兴通讯制造中心的董海主任、丁国兴主任，工艺部汪芸部长、董四海部长，制造工程研究院工艺研究部张加民部长、刘哲总工，以及恩师樊融融教授和邱华盛总工的悉心指导和大力支持，在此表示由衷的感谢。现在网络技术非常发达，众多的企业和从业者在互联网上分享了他们的产品介绍和研究成果，也为本书的编写提供了大量的宝贵素材，在此一并表示感谢。

编 者

2015 年 7 月于深圳中兴通讯总部

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 现代电子装联工艺装备的基本概念	2
1.1.1 电子装联与电子封装	2
1.1.2 电子装联工艺技术及电子装联工艺装备	2
1.2 电子装联工艺装备的作用及分类	3
1.2.1 电子装联工艺装备的作用	3
1.2.2 现代电子装联工艺装备的分类	3
1.3 电子装联工艺技术与电子装联工艺装备的关系	4
1.3.1 一代工艺技术成就一代工艺装备	4
1.3.2 现代化的工艺装备是确保工艺体系高效和低成本运作的基础	4
1.4 掌握电子装联工艺装备基本技术要求的意义	5
1.4.1 现代电子装联工程师应具备的知识结构	5
1.4.2 衡量电子装联工艺工程师成熟的标志	6
思考题	6
第 2 章 波峰焊设备及其应用	7
2.1 波峰焊设备技术概述	8
2.2 波峰焊接设备系统构成	10
2.2.1 钎料波峰发生器	10
2.2.2 助焊剂涂覆系统	18
2.2.3 预热系统	22
2.2.4 夹送系统	25
2.2.5 冷却系统	27
2.2.6 电气控制系统	28
2.2.7 常用的钎料波峰整流结构	29
2.2.8 钎料波形调控技术	31
2.3 如何评价和选购波峰焊设备	34
2.3.1 评价设备系统性能优劣的判断依据	34
2.3.2 设备的验收	35
2.3.3 Esamber Wave Explorer 介绍	38
2.4 波峰焊接技术所面临的挑战	38
2.4.1 波峰焊接技术的进化	38
2.4.2 无铅波峰焊接的技术特点	39
2.4.3 适宜于无铅波峰焊接工艺的设备技术	43
2.5 典型的无铅波峰焊接设备介绍	48

思考题	52
第3章 选择性焊接和模组焊接设备技术及其应用	53
3.1 选择性焊接技术的发展及其应用	54
3.1.1 现代PCBA高密度双面组装中面临的挑战	54
3.1.2 选择性焊接技术的适用性及其优势	55
3.2 选择性焊接设备分类及其选用	56
3.2.1 选择性焊接设备分类	56
3.2.2 选购选择性焊接设备时需考虑的问题	60
3.2.3 典型微波峰选择性焊接设备系统的基本构成	61
3.3 模组焊接系统	68
3.3.1 模组焊接系统的发展	68
3.3.2 目前国外流行的模组焊接设备机型	69
思考题	72
第4章 再流焊接技术及其应用	73
4.1 再流焊接及其设备定义和特征	74
4.1.1 再流焊接定义和特征	74
4.1.2 再流焊接设备定义及焊法	77
4.2 再流焊接设备技术概述	78
4.2.1 对再流焊接设备的基本要求	78
4.2.2 再流焊法的演变及其特点	79
4.2.3 再流焊接炉的炉型结构	85
4.3 再流焊接炉的设计参数	90
4.3.1 热转换效率	90
4.3.2 供氮系统	91
4.3.3 助焊剂挥发物的管理	91
4.3.4 能源效率	92
4.3.5 传送系统	92
4.3.6 无铅再流焊接温度曲线	92
4.3.7 热传导	92
4.3.8 炉温调控能力	93
4.4 如何评价再流焊接设备的性能	93
4.4.1 再流焊接炉性能的表征	93
4.4.2 对再流焊接设备的质量要求	94
4.4.3 Esamber回流炉评估系统	94
4.5 再流焊接设备技术的发展	95
4.5.1 无铅应用推动了再流焊接技术的进步	95
4.5.2 市场对电子产品微小化需求的日益高涨的驱动	96

4.5.3	无铅再流焊接对再流焊接炉的适用性要求	97
4.5.4	汽相再流焊接(VPS)将东山再起	102
	思考题	104
第5章	表面贴装设备技术及其应用	105
5.1	表面贴装工程(SMA)概述	106
5.1.1	表面贴装工程(SMA)定义和特征	106
5.1.2	贴装设备的定义及特征	106
5.2	贴装设备技术概述	108
5.2.1	现代贴装设备的发展	108
5.2.2	常用的贴装设备分类	109
5.2.3	贴片机的供料方式	113
5.2.4	贴片机的吸嘴	115
5.3	典型贴装设备机型简介	118
5.3.1	ASM(原西门子 Siemens)贴装机	118
5.3.2	安必昂 Assembleon(原飞利浦)贴装机	118
5.3.3	FUJI-NXT 模组型高速多功能贴片机	119
5.4	贴装机过程能力的验证	120
5.4.1	背景	120
5.4.2	贴装机过程能力的描述(IPC-9850 简介)	121
	思考题	123
第6章	焊膏印刷设备技术及其应用	125
6.1	焊膏印刷工艺及设备概述	126
6.1.1	焊膏印刷	126
6.1.2	焊膏印刷机	129
6.2	选择焊膏印刷设备时应关注的问题	143
6.3	典型焊膏印刷设备	143
6.3.1	国外知名品牌印刷机	143
6.3.2	国产知名品牌印刷机	147
6.4	焊膏印刷设备技术的发展趋势	148
	思考题	150
第7章	点胶设备技术及其应用	151
7.1	点胶设备技术概述	152
7.1.1	点胶工艺综述	152
7.1.2	点胶机的分类及特点	152
7.1.3	点胶设备的功用及其构成	155
7.2	点胶工艺控制	158
7.2.1	高精度点胶加工时应注意的问题	158

7.2.2	影响微量胶点形成的因素	159
7.3	如何评价和选购点胶机	161
7.3.1	在选购点胶机前应关注的问题	161
7.3.2	如何判断点胶设备的性能	162
7.3.3	全自动点胶机在使用中应遵守的原则	165
7.4	焊膏喷印技术	166
7.5	常用的刮胶/点胶设备及其应用特性	168
7.5.1	刮胶机	168
7.5.2	点胶机	168
	思考题	174

第 8 章 THC-THD 元器件引脚成形设备技术及其应用 175

8.1	元器件成形概述	176
8.1.1	元器件成形的定义及其对产品生产质量的影响	176
8.1.2	元器件成形的基本参数要求	177
8.1.3	主要元器件成形规范型谱结构形式	179
8.2	元器件成形设备及其应用特性	181
8.2.1	IC 成形机	181
8.2.2	散装铝电容切脚机	182
8.2.3	轴向电阻、二极管安装成形机	183
8.2.4	功率晶体自动成形机	185
8.2.5	气动式电源模块切断机	186
8.2.6	发光二极管切脚机	187
8.2.7	其他成形设备	188
	思考题	190

第 9 章 THC、THD 元器件插装设备技术及其应用 191

9.1	PCB 上插装引脚元器件技术的发展	192
9.2	自动插件机技术概述	193
9.2.1	自动插装机对 PCB 及元器件的要求	193
9.2.2	自动插装机的分类及特点	196
9.2.3	自动插件机的工艺流程和实现方式	201
9.3	当前主流国外自动插件机品牌和型号简介	204
9.3.1	简介	204
9.3.2	美国环球自动插件机系列	204
9.3.3	日本松下 (Panasonic) 自动插件机	205
9.4	当前主流国内自动插件机品牌和型号简介	207
9.4.1	自动插件机的国产化	207
9.4.2	东莞新泽谷自动插件机	207

9.4.3 中禾旭全自动插件机	209
思考题	211
第 10 章 自动光学检测设备 (AOI) 及其应用	213
10.1 概述	214
10.1.1 在 SMA 生产中导入 AOI 有何作用 and 意义	214
10.1.2 自动光学检测设备 (AOI) 的优点	214
10.2 自动光学检测设备 (AOI) 的结构组成及检测原理	215
10.2.1 AOI 的结构组成	215
10.2.2 AOI 工作原理	216
10.2.3 三色光检测原理的典型应用	220
10.3 自动光学检测设备应用策略及技巧	222
10.3.1 自动光学检测设备的分类	222
10.3.2 AOI 应用策略和技巧	223
10.4 统计过程控制 SPC 在 AOI 检测中的应用	230
10.4.1 SPC 的定义及其对电子制造过程的作用	230
10.4.2 SPC 统计图表	231
10.5 AOI 的发展现状及如何选购	233
10.5.1 AOI 的发展现状	233
10.5.2 如何评价和选购 AOI	234
10.6 国内 AOI 设备主要供应商及其典型产品应用特性简介	235
10.7 国外 AOI 设备主要供应商及其典型产品应用特性简介	239
思考题	240
第 11 章 X-ray 检测设备及其应用	241
11.1 X 射线检测概述	242
11.1.1 自动 X 射线检测及 X-ray 检测仪	242
11.1.2 X-ray 的使用	243
11.2 X-ray 设备中 X 射线的发射和接收装置及其原理	244
11.2.1 开管式和闭管式 X 射线管	244
11.2.2 影像接收器	245
11.3 2D/3D/5D X-ray 检测的原理和应用	246
11.3.1 2D X-ray 检测系统	246
11.3.2 3D X-ray 检测系统	248
11.3.3 5D X-ray 检测系统	249
11.4 X-ray 在组装焊接中的应用技巧及图像判读	251
11.4.1 概述	251
11.4.2 BGA、 μ BGA (CSP) 器件典型缺陷的 X-ray 图像特征	252
11.5 主流 X-ray 设备供应商简介	259

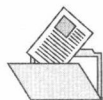
11.5.1 国外知名 X-ray 检测系统	259
11.5.2 国内知名 X-ray 检测系统	260
思考题	261
第 12 章 压接设备、返修台及侧面光学检查设备	263
12.1 压接设备	264
12.1.1 压接工艺概述	264
12.1.2 压接工艺的机理	264
12.1.3 压接的应用和分类	265
12.1.4 压接设备的定义和分类	266
12.2 BGA 返修工作台	269
12.2.1 BGA 及 BGA 返修台	269
12.2.2 BGA 返修台的作用、返修基本方法及应遵循的原则	271
12.2.3 对 BGA 返修工艺设备的基本要求	273
12.2.4 如何选购 BGA 返修台	273
12.2.5 典型 BGA 返修台产品介绍	275
12.3 面阵列器件侧面光学检测系统	278
12.3.1 面阵列器件侧面光学检测系统 ERSASCOPE-3000XL 简介	278
12.3.2 BGA、 μ BGA (CSP) 焊点光学微聚焦透镜检测图像判读	280
12.3.3 其他的微视觉检测系统	286
思考题	286
参考文献	287
跋	289

第1章 概 论



本章要点

- 📁 现代电子装联工艺装备的基本概念
- 📁 电子装联工艺装备的作用及分类
- 📁 电子装联工艺技术与电子装联工艺装备的关系
- 📁 掌握电子装联工艺装备基本技术要求的意义



1.1 现代电子装联工艺装备的基本概念

1.1.1 电子装联与电子封装

1. 电子装联的含义

电子装联是按照预定的电路设计功能，通过一定的技术手段将电子元器件、结构零部件组合成具有独立的电路功能和可靠的电流通路的工艺过程。“装联”两字包含下述两方面的基本功能。

①“装”表示安装的意思，具体内容如下。

- 结构零部件的安装（如螺装、铆装和胶接）。
- 电子元器件的安装（如 THT 插装、SMT 贴装）。

②“联”表示互连的意思，即将电路元器件互连成电流通路的过程。在电子产品生产中，完成此过程的工艺手段有软焊接、压接、绕接及导电性胶黏剂胶接等方法。

2. 传统电子装联与现代电子装联的不同

随着电子产品设计技术不断朝向轻、薄、短、小方向发展，元器件不断微细化，细间距 PCB 技术的大量应用，导致了电子装联工艺技术发生了革命性的变化。传统的一把钳子、一把电烙铁的手工装联方式，迅速被在 PCB 平面上，通过自动插装机插装元器件+波峰焊接（THT）方式，或者通过贴装机贴装元器件+再流焊接（SMT）方式等所取代。人们便把这种新的装联方式称为现代电子装联方式，以区别于传统的电子装联方式。

1.1.2 电子装联工艺技术及电子装联工艺装备

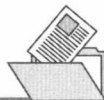
1. 电子装联工艺技术

电子装联工艺技术研究的对象是按照电子装备总体设计的技术要求，通过一定的连接技术手段将构成电子装备的各种各样的电子元器件、部件和组件等，在电气上互连成一个具有特定功能和预期的技术性能的完整功能系统的全过程。它包含了从板级组装互连、机柜组装互连，以及它们之间通过线缆互连而构成一个满足预期的设计技术要求的完整的设备体系的所有工序的集合。

2. 电子装联工艺装备

电子装联工艺装备是电子产品后端制造工序过程中所使用的各种机电装备、工模具、夹具、检测设备、测量器具等的总称。

20 世纪 70 年代以来，随着元器件封装和电子装联工艺装备技术的进步，各种自动化装



备,如自动、半自动插装机和波峰焊接机等的大量应用,将板级组装 THT 工艺带入了高效的半自动化和自动化生产的新领域。SMT 的研究成果及其相应的新工艺设备,如焊膏印刷机、点胶机、贴片机、再流焊接设备等的投入工业运行,更是将电子装联板级组装工艺推向了一片崭新的天地,电子装联工艺技术的内涵获得了革命性的快速发展。

因此,从广义上来看,“电子装联工艺技术”是手工安装和手工焊接技术、THT 安装和波峰焊接技术、SMT 安装和再流焊接技术、CMT 安装和选择焊接或模组焊接技术、高密度组装和微焊接技术、背板组装和机柜安装技术、线缆制造与系统互连技术等内容的总和。而电子装联工艺装备则是在实施电子装联工艺技术过程中,所用到的各种各样的设备的总集合。

1.2 电子装联工艺装备的作用及分类

1.2.1 电子装联工艺装备的作用

电子装联工艺装备的作用,可归纳为下述 5 个方面。

① 电子装联工艺装备是电子产品组装生产现代化和自动化的标志。电子装联工艺装备是实施电子产品制造后端工序自动化的最为重要的技术装备和手段,是衡量企业电子产品制造工艺技术现代化的重要标志之一。

② 电子装联工艺装备是优化工艺体系实现高效和低成本运作的体现。现代电子工艺装备用于提高产品生产产能、优化工艺过程控制,提高生产效率,实现产品的生产模式由单一化生产方式,转化为多品种、多规格、多层次的灵活多变的生產方式。它使企业能最大限度地快速适应市场变化需要,增强市场竞争能力。

③ 现代化的工艺装备大幅度地节省了人力资源和成本,强化了企业产品制造的低成本优势。

④ 由于大量使用自动化的工艺装备,在产品生产中减免了人为因素对产品生产质量的影响,因而有效地提高了产品生产的质量水平。

⑤ 电子装联工艺装备提高了新产品设计的推陈出新速度。面对型号众多的新产品的问世和投产上市的挑战,由于现代电子工艺装备均具有较好的柔性,即通过硬件软化技术,使得设备的硬件部分更具通用性。而设备本身所具备的功能强大的软件系统,使得设备的柔性功能更为强健。新产品上线和转线非常容易、灵活、迅速,生产周期可大幅缩短,因而强化了企业在市场竞争中的生存能力。

1.2.2 现代电子装联工艺装备的分类

1. 按用途不同分类

① 生产工序用设备:它是执行产品生产工序链中某一工艺内容的专用设备。生产工序用设备按生产产品安装方式的不同,可进一步分成如下类型。

- 穿孔插装(THT)用设备:如元器件成形设备、元器件插装机、浸焊机、波峰焊接



机等。

- 表面贴装（SMT）用设备：如焊膏印刷机、点胶机、贴片机、再流焊接机等。
- 混合安装（CMT）用设备：如选择性焊接设备和模组焊接设备等。
- 其他设备：如压接设备、绕接设备、三防涂覆设备、PCB 分板设备、清洗设备等。

② 工艺监控用设备：其主要功能是完成工艺过程质量监控，如自动光学检测设备（AOI）、X 射线检测设备（X-ray）等。

③ 返修用设备：如各种类型的 CGA、BGA、QFN、CSP、LGA、SMD、MLF、POP 等芯片返修工作台等。

2. 按安装技术方式的不同分类

① SMT 安装用设备：如点胶机、焊膏印刷机、高速贴片机、多功能贴片机、再流焊接机、在线光学检测设备 AOI 和离线 X-ray 等。

② THT 安装用设备：如各种类型的元器件成形机、各种类型元器件插装机、波峰焊接机、压接机、绕接机等。

③ CMT 安装用设备：如选择性焊接机、模组焊接机等。

1.3 电子装联工艺技术与电子装联工艺装备的关系

1.3.1 一代工艺技术成就一代工艺装备

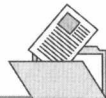
电子装联工艺技术的发展取决于电子产品结构技术的发展，而电子装联工艺装备的发展又取决于电子产品制造工艺技术的发展。

电子装联工艺装备是实施电子装联工艺技术的工具和手段，一定的工艺形式，便决定了工艺装备的发展方向和内容。例如电子装联工艺技术从 THT 发展到 SMT，其相应的工艺装备便在元器件成形设备、元器件插装机、波峰焊接设备等的基础上又催生了焊膏印刷机、贴片机、再流焊接设备等。

1.3.2 现代化的工艺装备是确保工艺体系高效和低成本运作的基础

新一代工艺装备的形成和推广应用，反过来又促进了电子装联工艺技术的不断完善和优化，并驱使其迈向更高效率、更低成本的新阶段。工艺技术和工艺装备就是在这种相互促进、相互优化，交替发展的循环过程中，从一个层次迈向更高一个层次的。

电子装联工艺装备的不断优化和完善，其唯一目的就是要充分满足电子制造工艺规范的需要，实现工艺体系高效和低成本运作的目标。



1.4 掌握电子装联工艺装备基本技术要求的意义

1.4.1 现代电子装联工程师应具备的知识结构

电子工艺技术是电子产品制造过程中最活跃的因素，是电子产品制造质量的技术基础，作为电子制造后端工序的电子装联工艺更是如此。作为一名合格的电子装联工艺工程师，其应掌握的技术知识结构体系，归纳起来可分为下述3个知识板块。

1. 电子装联工艺技术

广义的电子工艺技术内容即产品的制造技术，它包括产品设计的可制造性（DMF）、可检测性（DMT）、可维修性（DFS）的约束，原材料进厂的工艺性要求，加工制造诸元（人、料、机、法、测、环，即5M1E）的优化和控制，对应用环境的防护（如三防）措施等全部加工制造技术和管理内容的总和。

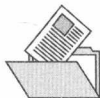
工艺技术是一门为提高企业的劳动生产效率、提高产品制造质量、节能降耗、降低成本、增加利润的一项综合性的产品制造技术。它是以“时间”、“空间”、“效率”、“能源”等为基础，对加工制造方法和顺序、生产手段、工作环境、组织机构、人力资源和结构、质量控制等不断优化为研究对象的科学。我们对工艺技术的研究就是为了寻求最经济的、效率最高的加工方法去制造某种产品。因此，工艺技术也是研究优质、高产、低消耗、高利润的生产产品的制造原理和加工方法的一门科学。采用先进的工艺技术，可直接为企业增加经济效益和市场竞争能力。

2. 电子装联工艺装备

现代电子工艺装备，是现代电子产品制造过程中所使用的各种设备、器具等的总称。现代电子装联工艺装备是指在现代电子制造后端工序中，完成THT、SMT、CMT等工艺过程所涉及的各种半自动化和全自动化的机器设备、测量装备等的总集合。

前面已分析到电子装联工艺装备是执行和实施电子装联工艺技术要求工具和手段。作为一名电子装联工艺工程师，假如缺失了这一知识板块，就等于完全或部分失去了执行和实施工艺技术要求工具和手段，那就不可能实现工艺体系高效和低成本运作的目的。

现代电子装联工艺装备已发展成一个集机、电、光等多学科深度融合的高科技的系统工程体系。面对类型繁多、结构多样、控制复杂的电子装联工艺装备，人们不可能对其一一都全面消化、吸收和掌握，实际上也没有这种必要。然而，对于一个电子制造工程师来说，必须了解工艺装备的适用范围、应用特性、关键技术参数，必须掌握判断满足既定工艺要求的程度、验收，以及选购一些工业界较常用的知名品牌型号等基本技能。



3. 电子装联工艺规范 and 标准体系

电子装联工艺规范 and 标准是描述 and 反映所制造的产品符合工艺质量要求的程度,也是衡量电子工艺装备工作能力高低、强弱的一种尺度。俗语说“没有规矩不成方圆”,工艺规范 and 标准体系是贯穿产品生产全过程中的法规性文件,生产中的各环节都必须遵守执行。作为工艺规范 and 标准体系的制定者的电子装联工艺工程师来说,若对此不熟悉甚至不甚了解,就不是一个称职的电子装联工艺工程师。熟悉诸如 IPC、iNEMI 等国际标准及行业规范,这是每一位电子装联工艺工程师都必须了解的。

1.4.2 衡量电子装联工艺工程师成熟的标志

从上述分析可知,完全可以说:电子制造工艺技术、电子制造工艺装备及电子制造工艺规范 and 标准体系,是构成从事电子制造工艺工程师的三大基本功。工艺技术是方法,工艺装备是工具,工艺规范 and 标准体系是法规。熟练地掌握方法、工具和质量法规,并能在实际工作中做到融汇贯通并相互优化,这是衡量一个电子装联工艺工程师成熟的标志。就相当于一个优秀的烹调师,只有积累了丰富的烹调知识(方法:各种菜原料的精选 and 调料的合理调配),加上炊具(工具:通过它获得最佳的温度、时间和火候),菜快出锅时还得品尝一下(质量法规:菜的调味),至此,才可将一盘色、香、味俱佳的菜肴奉献在食客的面前。

思 考 题

- ① 你如何理解电子装联的含义?传统电子装联与现代电子装联有何差别?
- ② 电子装联工艺装备对电子产品生产有何作用?它是如何分类的?
- ③ 现代电子装联工艺技术与电子装联工艺装备之间有何相关性?
- ④ 衡量一个称职的电子装联工艺工程师在专业技术上应掌握哪些基本功?