



印制电路板 和 组件污染分析 及 处理

〔美〕C. J. 陶希尔 著
曾士良 王道 译

北京科学技术出版社

印制电路板和组件污染分析及处理

[美] C·J·陶希尔 著

曾士良 王道 译

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

北京市新华书店发行 各地新华书店经售

通县马驹桥印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 10.375印张 223,000字

1987年4月第一版 1987年4月第一次印刷

印数1—2,000册

统一书号15274·059 定价1.90元

内 容 简 介

本书系统地介绍了目前美国电子工业对于印制电路板和组件的污染分析及处理。它涉及到电子整机设计、制造和质量管理的各个环节往往被人们所忽视的一些非常重要的工艺和技术问题。全书分为五个部分，包括污染的定义与标准，污染的来源和性质，污染的各种效应，污染的控制及清除以及污染预防和检测。叙述系统全面，并附有照片、数据图表，便于参考。

本书适合从事电子装置的研究设计、制造和质量控制的科技及管理人员、技术工人参考，也可作为大专院校相应专业的教学参考书。

译者的话

为适应我国电子产品质量不断地提高和对引进产品国产化的迫切需要，译者认为，应该对国外电子整机制造过程中所使用的系统性工艺、技术，对于在保证产品质量和提高可靠性方面的基本问题应有足够的了解，以便有所借鉴。基于这个目的，我们翻译了美国C·J·陶希尔博士写的这本《印制电路板和组件污染分析及处理》一书。

本书系统地阐述了往往被人们所忽视的电路污染分析与处理的问题。陶希尔博士多年从事民用与航天电子设备制造工艺、技术的研究。他曾在美国ELDEC公司负责领导材料、工艺技术研究工作。以后，又在FLUKE公司任职，开展了电路可靠性的研究。特别在涉及高压、高频和高阻抗电路方面所使用的工艺、技术的研究，取得了卓越的成果。本书就是以他长期的实践所积累的大量印制电路污染分析和处理的宝贵资料为基础写成的。

全书共分五部分：即电路污染的相对性和标准，污染的来源和性质，污染效应，污染的清除以及污染的预防和检测。这些内容紧密结合研究设计，材料选择，组件制造，装配和质量控制的实际，进行理论分析，并提出了清除污染的实际指导原则。同时，结合本书内容介绍了目前美国的电子公司普遍使用的基本工艺流程，并结合基本工艺流程，推荐

了一些新的工艺设备。其中有些设备已在北京无线电技术研究所的引进生产线上使用着。

本书适于从事电子装置研究设计、制造和质量控制的科技人员及管理人员、技术工人参考，帮助他们解决工作中出现的污染控制和清除以及质量和可靠性等方面的问题。本书也可作为大专院校相应专业的教学参考书。

由于译者水平所限，书中难免有错误与不妥之处，希望读者批评指正。

译 者

一九八六年四月

序 言

“污染作用”和“清洁处理”这种术语，已为从事含有印制电路板组件的电子系统的设计、制造和使用人员，或者与此有关的人员所广泛应用，但令人遗憾的是并没有得到准确地使用。

在许多场合，因为对给定电路的要求并不总能客观地予以评定，所以“怎样的清洁才算清洁”仍然是尚待回答的一个基本问题。印制电路板组件的清洁处理基本上都是与焊剂的清除操作相联系的，然而，人们很少注意到或者根本没有注意到在此过程前后引入的污染物。

作者试图系统地说明在电子设备制造过程中和在现场条件下，在什么地方能引入什么样的污染物；怎样清除和控制这些污染物；以及污染物的存在如何影响电路的性能。无论是清除污染物还是防止污染物的发生都需要包括工程设计人员、制造人员和质量保证人员在内的全体工作人员的共同努力。因此，为使本书的深度和广度能让上述人员都感到有用、适合要求和有兴趣，作者付出了巨大的努力。

借助从设计阶段到现场工作的污染控制来辅助消除污染是本书强调的重点。本书使用大量的实验室资料和实际的典型例证讨论了污染的效应。本书参考了有关专著，阐述了污染检测、鉴别和过程控制的理论基础。作者希望印制板电路

组件的设计者、制造者和使用者通过本书能更深入地理解污染物和它们的效应,以便能采取适当的措施来保证他们设计、制造和使用的电路达到所要求的性能。

目 录

译者的话.....	1
序言.....	1

第一篇 污染的相对性

第一章 清洁与污染.....	2
第一节 去污处理和污染控制.....	2
第二节 去污处理的目的.....	5
第三节 去污处理的标准.....	8
一、普通电路(1)的去污处理标准	12
二、普通电路(2)的去污处理标准	12
三、工业电路去污处理标准	15
四、航空电路去污处理标准	16
五、研制型电路的去污处理标准	18
第四节 小结.....	18

第二篇 污染的来源和性质

第二章 基板和印制电路板的制造.....	21
第一节 概述.....	21
第二节 印制基板材料的污染.....	23
一、树脂或硬化剂配比失调	23
二、挥发性污染物	24
三、包藏的固体杂质	25
四、玻璃纤维处理剂形成的污染物	25

五、来源于铜箔的污染物	26
第三节 印制电路板制造	27
一、机械加工和化学处理	29
二、金属化工艺处理（铜还原）	1
三、掩膜的使用与去除	31
四、镀铜	32
五、保护性镀层	34
六、铜箔的腐蚀	43
七、锡-铅焊料的软熔和均涂	47
八、化学镀锡	50
第四节 包装和运输	53
第三章 装配和辅助工序	56
第一节 概述	56
第二节 元、器件引线上的污染	59
第三节 一般处理和检验带来的污染	62
第四节 气载物和沉降物的污染	65
第五节 掩膜操作产生的污染	68
第六节 使用焊剂带来的污染	71
第七节 焊接操作产生的污染	76
第八节 清洗操作产生的污染	81
第九节 测试介质和环境室产生的污染	89
第四章 维修和现场条件	93
第一节 概述	93
第二节 维修、修补和服务产生的污染	96
一、机械方法	96
二、热加工方法（解焊和重焊）	97
三、电化学方法	100
四、化学方法	101

五、清洗方法·····	104
六、塑料的应用·····	105
七、服务·····	106
第三节 环境效应带来的污染·····	107
一、电离作用·····	108
二、热解作用·····	108
三、脱气和再凝聚·····	109
四、加热和密封引起的返原·····	110
五、湿热引起的返原·····	111
六、热塑材料的熔化·····	112
七、水和盐雾·····	112
八、离子和金属的蠕变效应·····	114
九、大气沉降物·····	118
十、氧·····	119
十一、微生物·····	120
十二、振动·····	121
十三、辐射·····	121
第四节 元件损坏产生的污染·····	123
第五节 小结·····	123

第三篇 污染效应

第五章 污染的基本效应·····	125
第一节 污染效应的类型·····	125
第二节 非电类型的污染效应·····	127
第三节 化学效应·····	128
一、直接腐蚀作用·····	129
二、原电池腐蚀·····	130
三、裂隙腐蚀·····	136
四、脱锌腐蚀·····	138

五、摩擦腐蚀	139
六、应力腐蚀	139
七、解聚作用	140
八、抑制作用	140
第四节 物理效应	141
一、装饰效应	141
二、电离物质的萃取	142
三、潜在污染的活化	143
四、脱气和再沉积	143
第五节 机械效应	144
一、粘附效应	144
二、延伸效应	148
第六节 热效应	149
第七节 光学效应	150
第八节 电效应	150
一、信号终止	151
二、信号中断	152
三、信号改变	152
第六章 污染的综合效应	161
第一节 概述	161
第二节 起疱现象	162
一、专用术语	162
二、现象的描述	163
三、起疱剂	163
四、起疱的机理	167
五、起疱产生的效应	170
第三节 聚合物返原	171
一、专用术语	171
二、返原现象的历史	172

三、返原机理	173
四、返原产生的效应	175
五、材料对返原作用的敏感性	178
第四节 银迁移	184
一、专用术语	184
二、银迁移现象的历史	185
三、银迁移的机理和原因	185
四、银迁移产生的效应	188
五、银迁移的预防	188

第四篇 污染物的清除

第七章 去污剂	191
第一节 概述	191
第二节 去污剂的类型	191
第三节 固体去污剂	193
一、磨轮刷	193
二、硬毛刷	195
第四节 液态去污剂	195
一、疏水有机溶剂	195
二、亲水有机溶剂	199
三、共沸混合物	200
四、含水有机溶剂	201
五、水溶液去污剂	202
六、自来水	204
七、水的净化	206
八、反渗透作用	212
第五节 蒸气去污剂	215
第六节 气体去污剂	222

第八章 去污处理	223
第一节 主要的和辅助性的去污处理	223
第二节 制造过程的去污处理	224
一、基板准备	224
二、水洗	225
三、碱性处理	226
四、酸处理	227
五、抗蚀剂和掩膜的清除	228
六、焊料熔化流质的清除	230
第三节 现场维修中的去污处理	232
第四节 去污处理工艺	233
一、制造之后的最后清洗与烘干	233
二、清除焊剂	233
三、涂保护层之前的最后去污处理	256

第五篇 污染的预防和检测

第九章 污染控制	260
第一节 污染控制的目标	260
第二节 从设计标准进行污染控制	261
一、电特性	262
二、组件编排和装配密度	263
三、环境暴露	263
第三节 按技术条件进行污染控制	266
一、元、器件的技术条件	266
二、材料的技术条件	266
三、工艺过程的技术条件	267
第四节 从系统试验进行污染控制	272
一、在环境条件下的工作试验.....	273

二、环境暴露后的工作试验	273
三、在环境暴露过程中的工作试验	274
第五节 从生产惯例进行污染控制	275
一、空气质量	276
二、车间的清洁度	276
三、人员的清洁度和习惯	277
第六节 污染控制图	279
第十章 污染的检测	280
第一节 概述	280
第二节 样品和试样的制备与处理	281
第三节 方法和技术	283
一、光学方法	284
二、物理方法	287
三、放射技术	288
四、电学方法	288
五、机械方法	291
六、化学方法	292
第四节 有机清洗剂中的污染物	295
一、折射率	295
二、沸点	295
三、密度	295
四、颜色	296
五、悬浮物	298
六、游离金属含量	298
七、残渣	299
八、含水率	299
九、氢离子浓度或pH值	299
十、可离子化的污染物	299
十一、酸性认定试验	300

十二、酸性和碱性	300
第五节 含水清洗剂中的污染物	301
一、电导率	301
二、湿法分析和仪器分析	302
第六节 空气中的污染物	303
一、悬浮物	303
二、气体、蒸气和烟雾	303
第七节 印制板及其组件表面的污染检测	306
一、确定去焊剂效率的试验	306
二、确定氯化物、酸性残渣和松香的试验	307
三、可离子化表面污物	308
四、起疱剂	311
五、不溶性微粒污染物	313
第八节 夹杂和包藏的污染物	314

第一篇

污染的相对性

第一章 清洁与污染

第一节 去污处理和污染控制

清除电路组件的污染物及印制电路表面污染物的作法，在一些技术文献中称为清洁处理。按照焊接工艺，对印制板表面上的焊剂及其残渣的清理是一项重要的工作。在许多情况下，希望清洁处理的方法对清除一切有害物质都有效果。然而，往往由于对污染物的性质、来源尚未弄清，以致使清洁处理方法不能达到预定的目的。

“清洁处理”一词与“去污处理”一起使用，容易使人误解，致使处理工艺的含义造成混乱。倘若没有关于去污处理的清楚的概念，不了解去污处理的作用，去除污染的效果必然被认为是在表面上的、类似于非专业性的一般处理。通常，非专业性清洁处理，主要指的是用肥皂和水擦洗、漂洗以达到组件表面清洁的目的。大多数情况下，并不知道清洗污物的性质和成分。由于缺乏必要的知识，所以主要采用机械的清洗方法，它比化学方法简单，因而易于接受。在不具备化学方法的知识时，可借助肥皂和水提供的化学清洗法去降低表面张力，引起消散和皂化作用。化学作用是清洁的基础，而在大多数情况下，再辅之以擦洗。因此，即使污染未能被化学清洗所去除，它也为机械法去污创造了条件。如果此时沉积污物尚不能被这些方法清洗掉，非专业人员便要开始试验其它方式。最常用的机械方法是用研磨法，研磨材料