

区域生态与环境过程系列丛书

CHENGSHI WUNI  
ZIYUANHUA JISHU

# 城市污泥资源化技术

——以印刷电路板业铜污泥为例

涂耀仁 张健桂 著

YI YINSHUA DIANLUBANYE  
TONGWUNI WEILI



科学出版社

区域生态与环境过程系列丛书

# 城市污泥资源化技术——以印刷电路板业铜污泥为例

涂耀仁 张健桂 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

印刷电路板制造业为电子工业的两大零件制造业之一,其重要性不容忽视,但由于其制程中使用大量化学药剂及特殊原料,衍生许多环境问题,尤以含铜的废水污泥最令人头痛。虽然此类重金属污泥可以通过固化方式处理,但长时间后仍有固化体崩裂致重金属再溶出之虞。因此,如何将有害重金属污泥减量、减容,并进一步资源化以回收有价值重金属或作为环境融合的绿色资材,实为国内目前最迫切需要研发与推广的技术。本书针对印刷电路板制造业蚀刻废液所产生的铜污泥,结合酸浸出法、化学置换法与铁氧磁体程序,进行含铜污泥无害化及资源化研究,以期建立一种处理含铜污泥的最优化条件,不仅可减少废弃物的产生量及处理成本,还可进一步将有害事业废弃物转变成具有经济价值的资源化产品,以达到清洁生产及资源再利用之目的。

本书适用于废水处理及触媒焚化技术研究人员、高等院校相关专业的师生,也可供从事废弃物资源再利用的相关科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市污泥资源化技术——以印刷电路板业铜污泥为例/涂耀仁,张健桂著. —北京:科学出版社,2016.7

(区域生态与环境过程系列丛书)

ISBN 978-7-03-049399-6

I. ①城… II. ①涂… ②张… III. ①印刷电路板(材料)—铜污染—污泥处理 IV. ①X758

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第164322号

责任编辑:许健/责任校对:高明虎

责任印制:谭宏宇/封面设计:殷靓

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

江苏凤凰数码印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016年7月第一版 开本:720×1000 B5

2016年7月第一次印刷 印张:9 1/4

字数:200 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 区域生态与环境过程系列丛书

## 序 言

“十八大”以来，党中央高度重视生态文明建设。中共十八届五中全会强调，实现“十三五”时期发展目标，破解发展难题，厚植发展优势，必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。同时提出：坚持绿色发展，必须坚持可持续发展，推进美丽中国建设，为全球生态安全做出新贡献。构建科学合理的城市化格局、农业发展格局、生态安全格局、自然岸线格局，推动建立绿色低碳循环发展产业体系。推动低碳循环发展，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系，实施近零碳排放区示范工程。加大环境治理力度，深入实施大气、水、土壤污染防治行动计划，实行省以下环保机构监测监察执法垂直管理制度。筑牢生态安全屏障，坚持保护优先、自然恢复为主，实施山水林田湖生态保护和修复工程，开展大规模国土绿化行动，完善天然林保护制度，开展蓝色海湾整治行动。

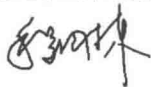
作为我国经济最发达、城市化速度最快的地区，长江三角洲（简称“长三角”）城市群面临着快速城市化所带来的一系列环境问题。快速城市化的过程常伴随着土地覆被、景观格局的变化而改变了固有下垫面特征，在城市中形成了特有的局地气候，导致城市热岛及极端天气的频繁发生，严重危害人们的生命财产安全。此外，工业化过程所引起的大量化学物质的使用和排放更对区域生态环境造成了莫大的威胁。快速城市化过程中所出现的环境问题，其核心还是没有很好地尊重自然，没有协调人-地关系，没有把可持续发展作为区域发展的最核心问题来对待。因此，我们需要在可持续发展思想的指导下，进一步加强城市生态环境研究，以促进上海及长三角区域的可持续发展。

上海师范大学是上海市重点建设的高校，环境科学是上海师范大学重点发展领域之一。1978年，上海师范大学成立环境保护研究室，开展了长江三峡大坝环境影响评价、上海市72个工业小区环境调查、太湖流域环境本底调查和崇明东滩鸟类自然保护区生态环境调查等工作，拥有一批知名的环境保护研究专家。经过三十多年的发展，上海师范大学现在拥有环境工程本科专业、环境科学硕士点专业、环境科学博士点专业和环境科学博士后流动站，设立有杭州湾生态定位观测站等。2013年，上海师范大学为了进一步加强城市生态环境研究，成立城市发展研究院。城市发展研究院将根据国家战略需求和上海社会经济发展要求，秉承“开放、流动、竞争、合作”原则，进一步凝练目标，整合上海师范大学学科优势，

以前沿科学问题为导向，以社会需求和国家任务带动学科发展，构建创新型研究平台，开拓新的学科发展方向，建立国际一流的研究团队，加强国际科研合作，更好地为上海建设现代化国际大都市提供智力支撑。城市发展研究院将重点在城市遥感与环境模拟、城市生态与景观过程、城市生态经济耦合分析等领域开展研究工作。通过城市发展研究院的建立，充分发挥上海师范大学在地理、环境和生态等领域的学科优势，将学科发展与上海城市经济建设和社会发展紧密结合，进一步凝练学科专业优势和特色，通过集成多学科力量，提升上海师范大学在城市发展研究中的综合实力，力争使上海师范大学成为我国城市研究的重镇和政府决策咨询的智库。

该丛书集中展现了近年来城市发展研究院中青年科研人员的研究成果，既涵盖了城市污泥资源化的先进技术、新兴污染物的迁移转化机制及科学数据应用于地球科学的挑战，也透过中高分辨率遥感与卫星遥感降水数据，分析极端天气的变化趋势及变化区域，通过反演地表温度，揭示城市化过程中地表温度的时间维、空间维、分形维的格局特征，定量分析了地表温度与土地覆被、景观格局、降水和人口的相关关系。同时从环境变化和区域时空过程的视角，对城市环境系统的要素、结构、功能和协调度进行分析评价，探讨人类活动影响对区域生态安全的影响及其响应机制，促进区域环境的可持续发展。该系列丛书有助于我们对城市化过程中的区域生态、城市污泥资源化、新兴污染物的迁移转化、滑坡灾害防治、景观格局变化、科学数据共享、环境恢复力以及城市热岛效应等方面有更深入的认识，期望为政府及相关部门解决城市化过程中的生态环境问题和制定相关决策系统提供科学依据，为城市可持续发展提供基础性、前瞻性和战略性的理论及技术支持。

上海师范大学城市发展研究院院长



院士

2016年6月于上海

# 前 言

“印刷电路板”（printed circuit board, PCB），又称“印刷线路板”，是电子元器件电气连接的提供者，更是各种电子产品最基础的零件，素有“电子工业之母”称号，其荣枯与全球电子工业的兴衰息息相关。据统计，2014年中国大陆 PCB 产值达 185 亿美元，占全球 PCB 总产值的 36.3%。自 2006 年起，中国已超越日本成为全球最大的 PCB 生产基地，亦是全球 PCB 产值最大、增长最快的地区，更成为推动全球 PCB 行业发展的主要动力。在全球信息、通信工业持续成长的背景下，印刷电路板工业的发展前景是大有潜力的，但随着近年来环保问题逐渐受到重视，中国在 PCB 制造方面以代工为主，生产线具有从低端制造业起步、逐渐向高端产品发展的特点，导致其所带来的环境问题更具累积性、严重性和突出性，面对我国对工业节能减排、增产不增污等政策指令的实施，电路板工业的污染问题更加受到各界关注，PCB 行业发展将面临巨大挑战。

由于印刷电路板的制程繁复，在制造过程中使用各种化学药剂及特殊原料，其所产生的废水、废气及废弃物等污染问题，对于环境有极大的危害性，处理和处置上均相当困难，尤以废弃物问题最令业者头痛。目前电路板工厂所产生的废弃物多为废水污泥及废板边料两类，其共同特性为溶出毒性有害事业废弃物。据不完全统计，印刷电路板固态污染物以废水污泥占最大宗（约 53%），主要以委托代清除处理业者进行处理，且以固化为主要的处理方式，但长时间内仍有固化体崩裂使得重金属再溶出的疑虑。故针对废弃物的回收及再生问题，如何研拟适当的处置方法，实为印刷电路板业所面临的重要课题。

据统计，每年 PCB 行业的耗水量可达 6 亿  $m^3$ ，产生的蚀刻废液达 110 万  $m^3$ ，每立方米约含铜 145kg，PCB 行业废水处理过程中产生的含铜污泥达 60 万吨。如此大量的 PCB 行业废水、蚀刻废液、含铜污泥如何有效处理，直接关系到 PCB 行业的环境治理效果及行业今后的发展。此外，产生的废弃污泥中所含重金属种类多以铜、铅、锌及镍为主，且以含铜污泥为最大宗。由于有害重金属污泥的产源均属于民生必需工业或高科技产业，未来废弃量势将有增无减。因此，如何将有害重金属污泥减量、减容，并进一步资源化以回收有价重金属或作为环境融合的绿色资材，实为目前最迫切需要研发与推广的技术。

传统的重金属污泥资源化方式多为物化处理技术，其中又可分两大类，第一类为分离污泥中的重金属成分并回收有价金属，相关技术有 MR3 金属湿式回收技术、置换电解技术、化学置换技术、高温熔融技术、氨浸/酸浸萃取技术；第二类

则是将其固定化，作为其他用途，如改造塑料制品、发泡炼石及陶瓷颜料等。但这些重金属污泥资源化方式有些因技术成本过高，有些则因资源化产品附加价值过低，无法成为市场主流技术而进一步推广。

铁氧磁体程序（ferrite process, FP）已被用于处理含重金属的废水多年，相关研究已指出，此法不仅能将法规中所管制的重金属吸附于尖晶石结构中，其产生的污泥亦符合毒性特性溶出程序（toxicity characteristic leaching procedure, TCLP）标准。相较于传统的中和沉淀法，铁氧磁体程序所产生的污泥不但易于固液分离且无须后续固化程序，可节省诸多处理成本。此外，铁氧磁体程序所产生的污泥因具有尖晶石结构，允许各种价数的金属离子填入特定的位置，此一特性在调整触媒/吸附材性质上十分有用，除可有效达成污泥中重金属资源回收再利用目的，更对国内各层次的工业发展有重要意义，使我国工业迈向永续经营，增强我国产业技术在国际间的竞争力。

本书适用于废水处理及触媒焚化技术研究人员、高等院校相关专业的师生，也可供从事废弃物资源再利用的相关科技人员参考，全书共分为四篇 14 章，第一篇（第 1 章）介绍了印刷电路板的现况、制造流程，以及印刷电路板产业的重金属废弃物/废水来源、特性及处理方式；第二篇（第 2 章～第 5 章）简单列举了现今重金属污泥资源化主流技术；第三篇（第 6 章～第 10 章）详述了由污泥产制高效能触媒的方法与催化参数优化程序；第四篇（第 11 章～第 14 章）阐述了污泥产制选择性吸附材的方法与其应用于移除水体重金属（如砷）的技术发展，最终进行污泥产制选择性吸附材的综合评价。

本书得以完成，除了要感谢诸多专家学者给予的宝贵建议外，还需感谢科技部国家重点研发项目（编号：2016YFC0502726）、上海市高峰高原学科建设项目及上海师范大学科研项目（编号：SK201614）在经费上的支持，同时要特别感谢学生蒲雅丽、曹双双对全书的细心校阅，由于作者才疏学浅，虽尽最大努力，书中仍难免有疏漏及错误之处，还望读者不吝指教，批评指正。

涂耀仁、张健桂

2016 年 3 月于上海

# 目 录

区域生态与环境过程系列丛书序言

前言

## 第一篇 印刷电路板制造业

第 1 章 印刷电路板制造业的现况	3
1.1 印刷电路板制造业简介	3
1.2 印刷电路板制造方法及流程概述	3
1.3 印刷电路板产业废弃物的特性及处理方式	5
1.4 高浓度重金属废液及废水的特性及处理方式	5

## 第二篇 重金属污泥资源化技术

第 2 章 重金属污泥资源化主流技术	11
第 3 章 酸浸出法	13
第 4 章 化学置换法	15
4.1 化学置换法定义	15
4.2 化学置换法反应机构	16
4.3 化学置换法的影响因子	17
第 5 章 铁氧磁体程序	21
5.1 铁氧磁体程序定义	21
5.2 铁氧磁体的基本结构与特性	22
5.3 铁氧磁体分类	24
5.4 铁氧磁体合成方法	25
5.4.1 传统固态反应法	25
5.4.2 非传统合成法	25
5.4.3 水热合成法	25
5.5 铁氧磁体反应机构	27
5.6 铁氧磁体程序的影响因子	27

## 第三篇 污泥产制高效能触媒

第 6 章 触媒焚化技术	35
6.1 触媒定义	35



6.1.1	触媒燃烧反应	36
6.1.2	触媒燃烧效率的计算	37
6.1.3	催化燃烧的影响因子	38
6.2	挥发性有机物 (VOCs)	39
6.2.1	VOCs 控制技术	40
6.2.2	常见的挥发性有机物及其危害	41
6.3	铁氧磁体尖晶石触媒的应用	42
<b>第 7 章</b>	<b>材料与研究方法</b>	<b>45</b>
7.1	研究架构及实验流程	45
7.1.1	研究架构	45
7.1.2	实验流程	46
7.2	实验设备	52
7.2.1	实场污泥处理设备	52
7.2.2	触媒催化 VOCs 反应设备	53
7.2.3	铁氧磁体尖晶石触媒合成设备	55
7.3	实验药品	56
7.4	其他分析仪器	57
<b>第 8 章</b>	<b>污泥产制触媒参数优化程序</b>	<b>60</b>
8.1	实场污泥基本特性分析	60
8.2	酸浸出法最佳参数的探讨	61
8.2.1	硫酸浓度效应	61
8.2.2	反应温度效应	62
8.2.3	浸出时间效应	62
8.2.4	酸浸出实验残渣	63
8.2.5	酸浸出法综合评论	63
8.3	化学置换法最佳参数的探讨	64
8.3.1	铁粉添加量对铜粉置换率的效应	64
8.3.2	反应温度对铜粉置换率的效应	64
8.3.3	pH 对铜粉置换率的效应	65
8.3.4	搅拌速率对铜粉置换率的效应	66
8.3.5	化学置换法综合评论	66
8.4	铁氧磁体程序最佳参数的探讨	67
8.4.1	硫酸亚铁添加量对总残余阳离子浓度的效应	67
8.4.2	反应温度对总残余阳离子浓度的效应	68
8.4.3	pH 对总残余阳离子浓度的效应	68

8.4.4	曝气量对总残余阳离子浓度的效应	69
8.4.5	铁氧磁体程序实验残渣	70
8.4.6	铁氧磁体程序综合评论	71
8.4.7	重金属的质量平衡	71
8.4.8	重金属进入尖晶石结构的机制	72
<b>第 9 章</b>	<b>产物特性鉴定与触媒催化测试</b>	<b>74</b>
9.1	尖晶石污泥资源化的研究	74
9.1.1	铁氧磁体程序产物组成鉴定	74
9.1.2	尖晶石产物磁性量测及应用探讨	75
9.2	尖晶石污泥催化挥发性有机物的研究	77
9.2.1	空白实验	78
9.2.2	尖晶石污泥触媒潜力测试	78
9.2.3	尖晶石污泥综合评论	84
9.3	各种铁氧磁体触媒催化 VOCs 的研究	84
9.3.1	五种尖晶石触媒的制备条件	84
9.3.2	触媒活性筛选	85
9.3.3	Cu 金属覆载量效应	85
9.3.4	触媒粒径效应	86
9.3.5	自制尖晶石触媒比表面积测试	87
9.3.6	自制 Cu-ferrite 尖晶石触媒 SEM/EDS 表面结构	87
9.3.7	自制 Cu-ferrite 尖晶石触媒综合评论	88
9.4	尖晶石污泥与自制 Cu-ferrite 尖晶石触媒的比较	89
9.4.1	触媒催化能力的比较	89
9.4.2	触媒选择性的比较	89
9.4.3	触媒长时间衰退实验的比较	90
<b>第 10 章</b>	<b>污泥产制高效能触媒综合评价</b>	<b>91</b>
10.1	实场污泥特性分析结果	91
10.2	高效率铜粉回收研究成果	91
10.3	尖晶石污泥资源化研究成果	92
10.4	各种铁氧磁体尖晶石触媒催化 VOCs 研究成果	93

#### 第四篇 污泥产制选择性吸附材

<b>第 11 章</b>	<b>吸附技术与目标污染物</b>	<b>97</b>
11.1	吸附技术原理	97
11.1.1	物理性吸附	97

11.1.2	化学性吸附	97
11.1.3	特定吸附与非特定吸附	98
11.1.4	等温吸附模式	98
11.2	目标污染物——砷	100
11.2.1	砷的基本特性及来源	100
11.2.2	砷的危害	104
11.2.3	除砷方法	105
<b>第 12 章</b>	<b>实验材料与研究方法（选择性吸附材）</b>	<b>108</b>
12.1	自制铁氧磁体尖晶石吸附剂的基本特性研究	108
12.2	铁氧磁体尖晶石吸附砷操作条件的最优化研究	109
12.3	反应动力参数及等温吸附曲线的求得	109
<b>第 13 章</b>	<b>吸附材基本特性与砷吸附效能</b>	<b>110</b>
13.1	$\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 基本特性测定	110
13.1.1	XRD 晶相鉴定	110
13.1.2	$\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 饱和磁化量测定	111
13.1.3	$\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 表面形态与粒径分析	111
13.1.4	$\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 零电位点 ( $\text{pH}_{\text{ZPC}}$ )	111
13.2	$\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 吸附砷的最优化研究	113
13.2.1	pH	113
13.2.2	吸附材质量	114
13.2.3	温度效应	115
13.2.4	阴离子竞争效应	116
13.3	等温吸附曲线及模式	117
13.4	动力学模式	118
13.5	X 光吸收近边缘结构分析	120
13.6	五价砷的脱附及纳米级 $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 再生特性测试	121
13.7	以磁性纳米 $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 处理受砷污染的地下水	124
13.7.1	砷污染地下水的化学组成	124
13.7.2	以磁性纳米 $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ 移除砷污染的地下水	125
<b>第 14 章</b>	<b>污泥产制选择性吸附材的综合评价</b>	<b>127</b>
	参考文献	129

# 第一篇 印刷电路板制造业



# 第 1 章 印刷电路板制造业的现状

## 1.1 印刷电路板制造业简介

印刷电路板（printed circuit board, PCB）制造业是集合光学、电学、化学、机械、材料与管理科学的综合工业，从计算机到电子玩具，几乎所有的电子产品中都能见到其踪迹。随着近年来信息电子产业的飞速发展及政府的大力推动，印刷电路板产业也蓬勃发展，在整个电子产业中扮演着极为重要的角色。数据显示，世界电路板工业年均增长率为 8.7%，中国的该项增长率更是达到 14.4%，截至 2014 年，中国 PCB 总产值已经超越日本，成为全球最大的 PCB 生产基地。

毋庸置疑，印刷电路板是电子工业的基础，是各种电子产品的核心部件，也是当今世界被普遍使用的电子组件，在各个电子领域中电路板均被广泛运用。其基本结构由基板强化材料绝缘层、金属铜导电层和高分子黏结树脂材料层组成。从材料组成来看，废弃印刷线路板中含有的金属、塑料、玻璃纤维等物质都是有用的资源，尤其是其所含金属品位很高，相当于普通矿物中金属品位的几十倍至几百倍，具有很高的回收利用价值。基板材料也可以回收用于涂料、铺路材料或塑料制备的填料等。印刷电路板也还含有重金属和卤素阻燃剂等有害物质，这也给废弃印刷电路板的回收处理带来了很大的困难，这些物质如果得不到妥善处置，不仅会引起新的环境污染，而且会造成资源的严重浪费。因此废弃印刷电路板的合理处置与资源化回收成为电子废弃物回收利用的关键技术之一。

以中国为例，仅中国大陆每一年就有超出 50 万吨的废弃电路板需要处理，这其中包括了在加工生产中产生的近 10 万吨电路板废弃材料。随着科学技术的发展与革新，电子产品更新速度越来越快，电子产品的使用寿命会相应缩短，这将使电子废弃物的数量呈直线增长之势。相关数据显示，欧美等国家和地区产生的电子垃圾 80% 都被装进集装箱出口运到了印度、中国和巴基斯坦，其中中国又占了 90%。而废弃印刷电路板在电子废弃物中所占的比重为 8% 左右。可见伴随电子废弃物产生的废弃印刷电路板的数量同样十分惊人。

## 1.2 印刷电路板制造方法及流程概述

印刷电路板是依各家厂商不同需要而设计出不同的电子线路，再将连接电子零件的线路绘制成电子线路图，应用印刷、照相、蚀刻及电镀等技术于印刷电路

板上制造出所需的精密电子线路，便可成为支撑电子零组件的基板与各电子零组件间电路流通的桥梁。其主要的功用是将各项电子零件以印刷电路板上的电子电路连接，发挥各项电子零组件的功能，以达到信号处理的目的，因此印刷电路板设计与制造质量的良窳，不但会直接影响其所应用电子产品的质量，亦可左右系统产品的整体性能及竞争力。

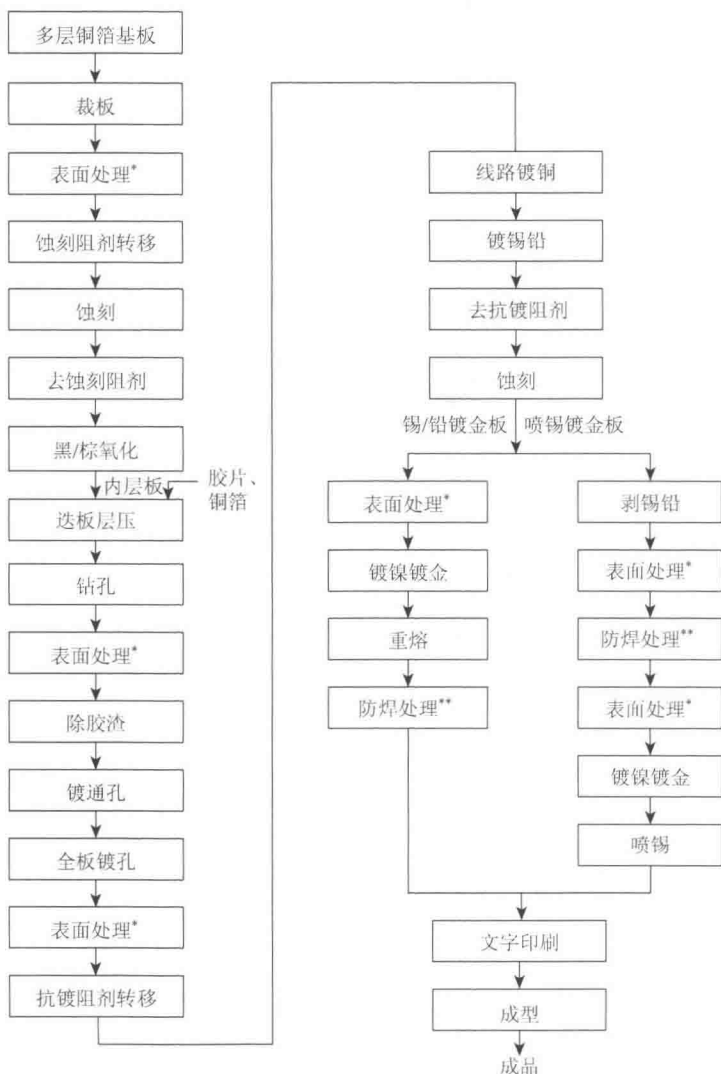


图 1-1 印刷电路板典型多层板制造流程

\* 刷磨; \*\* 加防焊绿漆

印刷电路板在制造方法上,可概分为减除法(subtractive)及加成法(additive),前者以铜箔基板为基材,经印刷或压膜曝光、显像的方式在基材上形成一个线路图案的感旋光性干膜阻剂或油墨,以形成电子线路的方法;后者则采用未压覆铜箔的基板,以化学铜沉积的方法,在基板上欲形成线路的部分进行铜沉积,以形成导体线路。另外还有将上述两种制造方法折中改良的局部加成法(partial additive)。

由于各厂生产方向及硬件规模不尽相同,在制造流程上亦有所差异,对典型多层板制程而言,其制程包含裁板、迭板层压、钻孔、成型裁边、内层刷磨、内层蚀刻、显像、黑/棕氧化、去毛边、除胶渣、镀通孔、全板镀铜、外层刷磨/显像、线路镀铜、镀锡铅、防焊绿漆、前处理刷磨、防焊绿漆显像、镀镍镀金、喷锡前/后处理、成型清洗及绿漆褪洗等。由制程的繁杂足见其使用物料及产生废弃物均呈多样性。图 1-1 即为典型的多层板制造流程。

### 1.3 印刷电路板产业废弃物的特性及处理方式

印刷电路板业由于制程复杂,产生的废弃物相对较多,目前产生量较大且仍具资源回收潜力者为“废板边料”及“废水污泥”两类。废板边料主要由制程中裁板、压膜、制板、剥膜、层压、钻孔、刷磨、成型等单元所产生;废水污泥则由废水处理而产生,其共通特性为重金属溶出有害事业废弃物。此外,废板边料经不当燃烧可能产生含溴的有害性气体,而电路板业废水污泥中所含的有害重金属则为铜和铅,其中铜主要来自于蚀刻、酸洗、刷磨及水洗等程序,而铅则来自于镀锡铅、剥锡铅及水洗等程序。电路板工厂所产生的废弃物种类固然繁杂,但部分仍具极高的经济价值,如硫酸铜、铜箔、铜粉、铝板及锡铅渣等,由原料提供厂商或废金属回收厂商进行收购,部分数量较少且属一般事业废弃物者,业者通常并无分类储存而是径行卫生掩埋处置。

### 1.4 高浓度重金属废液及废水的特性及处理方式

印刷电路板制程中所排放的各类高浓度废液及废水,由于性质迥异且污染浓度相差甚多,若将这些废液及废水混合收集处理,不但因水质剧烈变化及成分复杂相互干扰而难以处理,更造成资源的浪费。表 1-1 所示为典型电路板制程中各单元使用物料及定期排弃槽液污染特性,归纳其共通特性为高浓度 COD 或重金属铜、铅污染。若将此股废水不经任何特定收集系统而直接排入废水处理设施将会造成废水水质剧烈变化而增加处理的成本,所以有必要单独将各制程单元所排放的废水进行收集处理。



表 1-1 各类型电路板制程单元使用物料及定期排弃槽液污染特性

制程单元	步骤	槽液成分	污染浓度		
			COD/(mg/L)	Cu <sup>2+</sup> /(mg/L)	Pb <sup>2+</sup> /(mg/L)
外层蚀刻	蚀刻	氨水/氯化铵	—	100 000~150 000	—
剥锡铅	剥锡铅	氟化铵、硝酸、双氧水	20 000~25 000	1 000~1 500	10 000~15 000
喷锡	酸洗	5%硫酸	10~50	15 000~20 000	—
	助焊剂涂布	卤化有机物	极高	50 000~100 000	—
剥挂架		硝酸	3 000~5 000	—	15 000~25 000
全板镀铜、线路镀铜及镀锡铅	微蚀	硫酸/双氧水	—	2 000~20 000	—
		过硫酸钠	—	2 000~20 000	—
		过硫酸铵	—	2 000~20 000	—
黑/棕氧化	微蚀	硫酸/双氧水	—	2 000~20 000	—
		过硫酸钠	—	2 000~20 000	—
		过硫酸铵	—	2 000~20 000	—

表 1-2 为典型电路板厂废水及废液种类与处理方式，根据各股废水的特性，可将电路板厂废弃的废液分为酸性高浓度废液、碱性高浓度废液、化学铜废液及废水、氨系废液及废水、显像去墨（膜）废液、氟硼酸废液及废水、铬系废液及废水、高浓度重金属废液、制程中的刷磨废水及一般清洗废水，分别归为 A~J 类，其中，H 类废水中主要为含铜离子的蚀刻废液、高浓度重金属废液及剥锡铅废液。

表 1-2 电路板工厂废水、废液的分类原则及处理方式

类别	名称	处理方法
A 类	酸性高浓度废液	集中收集储存，定量纳入 J 类废水处理系统处理
B 类	碱性高浓度废液	集中收集储存，定量纳入 J 类废水处理系统处理
C 类	化学铜废液及废水	利用硫酸亚铁处理、铝催化还原法或铁催化还原法进行前处理去除铜离子后，再纳入 E 类废水生物处理系统中处理或纳入 J 类废水处理系统处理
D 类	氨系废液及废水	1. 采用硫化物沉淀法先行去除铜离子后，再纳入 E 类废水生物处理系统中作为氮营养剂或纳入 J 类废水处理系统处理； 2. 利用折点加氯法先行去除氨氮后再纳入 J 类废水处理系统处理
E 类	显像去墨（膜）废液	1. 采用酸化及化学混凝沉淀后，再纳入 J 类废水处理系统处理； 2. 经酸化及化学混凝沉淀前处理后再进行二级生物处理，以降低 COD 浓度，再纳入 J 类废水处理系统处理
F 类	氟硼酸废液及废水	低浓度清洗水采用离子交换法处理，高浓度废槽液及树脂再生废液则采用高温或常温铝盐-石灰处理法进行前处理，以分解去除氟硼酸，再纳入 J 类废水处理系统处理