

中国电镀史

中国表面工程协会电镀分会 组织编写

马捷 主编

中國電鍍史



化学工业出版社

014058846

F426.7
33

中国电镀史

中国表面工程协会电镀分会 组织编写

马捷 主编



F426.7
33



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1746169

328820210

本书旨在从不同角度全面阐述中国电镀行业的发展历史。全书主要分为三篇，上篇为综合电镀史，主要介绍中国电镀工业从古代到近代以至当代的整个发展历程；中篇为电镀专题史，阐述电镀在电子、航空、印刷等行业的发展和应用历史，阐述电镀的清洁生产、电镀教育与出版以及电镀行业组织的历史；下篇为地方电镀史，阐述环渤海地区、长三角地区、中西部地区、珠三角及港台地区的电镀简史。最后附有中国电镀大事记。

本书适合于电镀专业技术人员、科研人员、管理人员以及高等院校电镀相关专业的师生阅读，也适合于对行业专门史有兴趣的读者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国电镀史/马捷主编. —北京: 化学工业出版社,
2014.9
ISBN 978-7-122-21582-6

I. ①中… II. ①马… III. ①电镀-工业史-中国
IV. ①F426.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 184198 号

责任编辑: 段志兵 卢萌萌
责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 29 字数 573 千字 2014 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 128.00 元

版权所有 违者必究

《中国电镀史》编委会

顾问：秦宝兴 胡铁骑 胡如南 张允诚 蒋宇侨 郁祖湛
王 茂

主任：马 捷

副主任：林益庭 张临苏 朱英杰 李安生 袁 华 马 晨
王国祥 樊景星 王 为 毛祖国 吴 跃

委员（含执笔人，按姓氏拼音排序）：

安茂忠	陈长生	陈春成	陈贞坤	储荣邦	崔永利
党学政	董方钰	杜智康	樊景星	范宏义	范晓勤
冯 辉	高俊健	顾福林	杭冬良	胡国辉	黄广炳
霍栓成	江明华	李安生	李金桂	李玉文	林 安
林益庭	刘宝玺	刘 娥	刘仁志	刘佑厚	柳 斌
楼亚芬	陆 峰	马 晨	马 捷	马玉山	毛祖国
孟惠民	欧忠文	潘金光	任晓红	桑保华	山卫东
沈锡宽	石金生	宋延华	孙长兰	孙国庆	汤智慧
唐致远	王朝铭	王殿光	王浩洋	王和义	王国祥
王纪民	王克和	王 为	王文慧	王宗雄	吴国安
吴双成	吴忻刚	吴 跃	向 荣	谢洪波	辛建树
许士均	杨虎林	杨 磊	叶昌松	叶金堆	叶明仁
袁 华	曾 湧	詹中伟	张炳乾	张朝晖	张海燕
张林森	张临苏	张美生	张勇安	赵达均	赵国鹏
赵炎培	钟友昭	周吉林	周金保	朱立群	朱英杰

《中国历史》

主 编：马 捷

执行主编：吴 跃

副 主 编：周金保 刘仁志 储荣邦 赵炎培 赵达均

审 校：王顺起 赵炎培 王新国

秘 书：姚航远 储春娟

鸣谢单位

1. 南通菲希尔测试仪器有限公司
2. 南京四方表面技术有限公司
3. 江苏梦得电镀化学品有限公司
4. 武汉风帆电镀技术股份有限公司
5. 北京纽堡科技有限公司
6. 广州市中绿环保有限公司
7. 安美特（中国）化学有限公司
8. 江门市崖门新财富环保工业有限公司
9. 东莞庞思化工机械有限公司
10. 无锡市星亿涂装环保设备有限公司
11. 宏正（福建）化学品有限公司
12. 无锡宏联电镀设备有限公司
13. 威士邦（厦门）环境科技有限公司
14. 上海金都物资有限公司
15. 江阴市天马电源制造有限公司
16. 东莞市华普表面处理有限公司
17. 上海康晋精细化工有限公司
18. 上海瑞勇实业有限公司
19. 上海雅沁环保设备有限公司
20. JCU 株式会社（荏原优吉莱特）
21. 恩森（台州）化学有限公司
22. 昆山恒捷化工科技有限公司
23. 中航工业太原航空仪表有限公司
24. 广东达志环保科技股份有限公司

序一

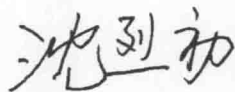
盛世修史。《中国电镀史》的出版，是一件非常有意义的事情，是电镀行业发展进步的重要标志，也是我们国家兴旺发达的一个缩影。中国表面工程协会电镀分会组织精干力量，克服资料短缺、时间紧张、人手不足等困难，编撰出上至春秋、下至当今，涵盖电镀的历史文献、工艺材料、科研应用、教育培训、企业园区、行业组织等方方面面，篇幅达几十万字的《中国电镀史》，实非易事。作为曾在电镀行业工作过的老同志，我要向参与《中国电镀史》编写的同志们，向电镀业界的同仁们，向所有关心支持电镀行业发展的领导和朋友们，表示衷心的感谢！

《中国电镀史》是一部论述中国电镀历史与现状、知识与技术、生产与企业、节能与环保的专业史书。从中可以领略古代中国创造的埋藏千年仍锋利无比的春秋越王勾践剑、灿烂辉煌的天坛祈年殿鎏金宝顶；可以了解到电镀已成为现代制造业不可或缺的加工工艺，不但具有装饰防腐作用，而且赋予产品特殊的功能；可以看到电镀行业的发展脉络，工艺水平的提高，设备材料的创新，节能环保的进步，电镀园区的兴起；可以感受到电镀行业一大批企业家、经营者呕心沥血、苦心经营，一大批科技工作者的基础研究、技术攻关，一大批技术人员和一线工人的辛勤工作、默默奉献。

以史为鉴可以知兴替。电镀行业发展到今天，既面临着新的机遇，也面临着新的挑战。市场的需求和新材料、新技术的发明创新，为电镀行业的发展开辟了广阔的空间，同时建设生态文明的美丽中国又对电镀行业在节能降耗、减排环保方面提出了更高的标准和要求。推进电镀行业的进一步发展，出路在转型，出路在创新，出路在市场。要坚持由分散企业向园区集中，由高耗能、高排污向节能环保、清洁生产的转型，全面提高电镀行业的现代化水平；要坚持机制创新与技术创新相促进，产学研用与技工贸金融相结合，国内与国际相融合，进一步增强电镀行业的核心竞争力；要注重培育市场、开发市场，努力提高电镀行业的市场适应能力和市场占有率。

一个行业的发展有赖于一支有志向、有干劲、有水平的人才队伍，电镀行业今天的大好局面是电镀业同仁共同奋斗的结果。希望同志们继往开来，更上一层楼，使电镀这一古老的行业不断焕发新的活力，更好地服务于经济建设，更好地造福于社会！

原机械工业部副部长
中国表面工程协会前理事长



2014年6月

序二

在庆祝中国表面工程协会电镀分会成立三十周年之际，由化学工业出版社出版《中国电镀史》，这是全国电镀工作者多年的愿望，真可谓众望所归，值得庆贺。

协会领导非常重视和支持《中国电镀史》的编写工作，专门组成编写班子，编者都是行业中资深的专家、学者、教授、科技人员等，他们进行了多方面的调研，收集、整理了许多历史资料，付出了辛勤劳动，在很短的时间内完成了这部具有长远意义的专著。对此，向各位编委致以衷心的感谢、诚挚的敬意。

由于电镀行业涉及多个领域，分散在各个系统，很难做到全面、完整地汇集整个行业的发展情况，因此，疏漏之处在所难免。这有待今后进一步的查证及补充。总之，这本电镀史基本反映了我国电镀行业发展的概况，凝集了我国电镀工作者的智慧，汇集了长年来在新工艺、新技术、新材料、新设备方面所取得的成果。能把发展过程以文字形式记载下来，能使广大电镀工作者及有关部门进一步了解中国电镀行业发展的过程，对今后电镀行业的发展有很大的参考价值。因此，这本电镀史的诞生，具有一定的现实和历史意义。

电镀工业在国内生产总值中所占的比例很小，但在国家经济建设中是不可缺少的组成部分。电镀技术广泛应用于军工、电子、航天航空、机械、轻工、日用工业等领域，更多的应用在与人民生活息息相关的产品之中。可谓行业小，作用大，是制造业产业的重要环节之一。

回忆从解放初期至今的电镀行业发展历程，确实发生了翻天覆地的变化。在解放初到公私合营期间，电镀行业内大多数是作坊式的私营小厂，设备简陋、技术落后，电镀工艺以镀镍、铬、锌为主，绝大多数原材料依靠进口。公私合营后，国家有关部门对电镀行业进行兼并组合，并逐步建立了专业科研机构及技术服务部门，有些工厂内也增设了化学实验室。同时在部分大专院校设立了电镀表面处理专业，培养出一批专业人才，为以后的行业发展起到积极的推动作用。

特别是党的十一届三中全会以来，电镀业得到迅速发展。新工艺、新技术、新材料、新设备层出不穷。原先电镀生产的手工操作变成自动生产线，很多地区建立了电镀工业园区，“三废”治理技术日益完善，科研机构、大专院校、科技人员队伍不断壮大，使电镀行业面貌焕然一新，现已初步建成了较完整的电镀生产体系。正如原机械工业部副部长沈烈初所说，现今我国已经是电镀大国，但还不是强国，在某些工艺技术方面还落后于先进国家。尤其在高新技术、清洁生产、节能减排、环境保护等方面还有一定的差距。我们深信，在不久的将来，我国的电镀生产技术，将会进入世界的先进行列。

继往开来，奋勇前进，让我们共同为实现电镀强国梦做出更大的贡献！

中国表面工程协会电镀分会特别顾问
第六届全国人民代表大会常务委员会委员
教授级高工

秦宝兴

中国表面工程协会电镀分会特别顾问
北京航空航天大学教授

胡如南

2014年6月

前言

表面工程离我们每个人都最近。从大处说,宇宙飞船外壳、火箭发动机耐高温处理,舰船船身防锈保护,飞机机身表面防护,都需要表面工程技术。从小处说,我们日常生活中的眼镜、手表、首饰、门锁五金、卫浴龙头的表面装饰,都属于表面处理。汽车社会中的主体——汽车,几乎每一个金属部件都离不开表面处理。电镀是表面处理技术中的主要方式,如镀铬、镀镍、镀铜、镀金、阳极氧化等,因此,电镀与我们的生活息息相关。

自从19世纪初期起,国外科学家发现原电池的阴极沉积现象,进而发明电镀技术并投入工业应用,至今已有170余年,而电镀技术传入中国也将近160年。电镀技术的产生正值第二次工业革命发生之时,从这个角度讲,电镀是工业革命的产物,是历史悠久的技术,沿用至今仍然保持着旺盛的生命力。在一些高新技术领域中,电镀作为不可或缺的加工手段发挥着关键作用,例如,电子工业中应用的多层印制板间互联电镀技术;芯片中的金属互联电镀技术;三维电子封装电镀技术;微电机系统中电镀技术;利用纳米多层膜电镀技术生产巨磁阻产品;航空航天行业中应用的摩擦辅助精密电铸技术和微尺度线电极电解加工技术;机械行业中广泛应用的再制造电镀技术和耐磨减摩复合镀技术等。总的来说,电镀是伴随着现代制造的发展而发展的,现代制造业各个领域都有电镀的运用,都离不开电镀的配套服务。

电子电镀领域里的老前辈蒋宇侨先生对我讲:电镀分三个层面,最底层也叫基础层,是电化学理论,电镀是建立在电化学理论基础上的应用科学;第二层是通用技术层,如镀铜、镀锌、镀铬等镀种,具有通用性,通用技术水平的高低决定着电镀技术整体水平的高低;第三层是行业应用层,这个层面是将通用电镀技术应用到专业领域,如电子电镀、汽车电镀、航空航天电镀、船舶电镀、印刷电镀、轻工电镀等。无论如何划分行业应用,关键在于通用电镀技术水平的发展、提高。我非常赞同蒋宇侨先生的这个观点。这说明:第一,电镀技术应用广泛,已嵌入到其他行业,成为其不可分割的一部分;第二,电镀技术水平高低,决定着其他行业产品的优劣,有事例表明个别事故的发生就是零部件电镀没做好、没做到位导致的。因此,可以说电镀很重要,不是可有可无。

社会上谈起电镀,大有谈虎色变的感觉,这是人们对电镀缺乏全面认识而产生的误解。人们认为电镀有污染,看到负面的东西较多,而了解电镀应用的少,了解电镀在某些领域还是不可或缺的加工手段的更少。其原因在于我们自身没有把电镀行业的先进技术、好的做法、清洁生产的成绩宣传给社会,告诉社会。在电镀污染物直排阶段,确实对环境造成污染。随着人们对环境保护的重视,电镀行业清洁生产普遍实施,产生的污染物可控制、可治理、可实现稳定达标排放。因此,电

镀污染物不可怕，电镀完全可以转变为绿色生态工业。社会上有必要重新审视对电镀的评价。

2014年，正值中国表面工程协会电镀分会（原中国电镀协会）成立30周年，回顾30年风雨历程，无数前辈为电镀行业的发展付出了莫大的精力。许多同志建议协会牵头编辑、出版一本记录中国电镀行业发展进程的电镀史。我觉得这个建议非常有意义，征求部分地方协会同志的意见，大家一致拥护。于是组织人力，征集各方面的素材、线索，齐心协力编写电镀行业自己的历史，取名为《中国电镀史》。

《中国电镀史》分上、中、下三篇，从不同角度叙述电镀行业的发展进程。上篇是综合电镀史篇，按时间远近，纵向综合介绍行业发展，使读者对行业发展总体概貌有所了解。中篇是电镀专题史篇，从几个侧面横向介绍行业发展史，使读者阅后对行业有更深、更广地了解。下篇是地方电镀史篇，对我国不同地域电镀行业发展的情况进一步挖掘、介绍，满足读者多元的兴趣点。

要编写一本全面反映中国电镀行业发展的历史书籍，短则3至5年，长则8至10年，要赶在协会成立30周年之际完成这部著作，实在需要些非凡之举。幸亏得到各地协会的支持，幸亏有行业热心人士无私奉献，才得以使这本电镀史及时完成，与大家见面。

严格讲，现在大家看到的《中国电镀史》，只是记录了我们行业发展的部分历史，部分领域及地域的电镀史尚未叙述到位。我们凭借对电镀行业的热爱，竭尽所能为大家提供行业发展的脉络轮廓，希望起到抛砖引玉的作用。不妥之处，希望前辈、老师、同仁们批评指正。也希望后人能够关心电镀行业发展史，有机会修订、续写电镀行业史。

最后，对参与《中国电镀史》执笔、编辑、出版、服务工作的全体人员表示衷心感谢。对为《中国电镀史》提供素材的各地协会、学会同仁表示衷心感谢。对关注《中国电镀史》编辑、出版工作的社会各界人士表示衷心感谢。

中国表面工程协会副理事长兼秘书长
中国表面工程协会电镀分会理事长



2014年6月

目录

上篇 综合电镀史

第1章 中国古代表面处理技术	1
1.1 表面处理工艺溯源和分类	1
1.1.1 古代表面处理工艺溯源	1
1.1.2 古代表面处理工艺分类	2
1.2 历代表面处理工艺概况	3
1.2.1 夏商西周时期	3
1.2.2 春秋战国时期	3
1.2.3 秦汉时期	3
1.2.4 魏晋南北朝时期	4
1.2.5 隋唐五代时期	4
1.2.6 宋元时期	4
1.2.7 明清时期	4
1.3 表面处理工艺应用实例	5
1.3.1 殷代鍍锡虎面铜盔	5
1.3.2 唐代包金武士俑	5
1.3.3 西汉鍍金长信宫灯	6
1.3.4 东汉错银牛灯	6
1.3.5 西汉“见日之光”透光铜镜	7
1.3.6 明代宣德炉	7
1.3.7 清代铜胎鍍金掐丝珐琅天鸡尊	8
1.4 冷兵器的表面处理	8
1.4.1 春秋越王勾践青铜剑	8
1.4.2 秦陵兵马俑坑箭镞	9
1.4.3 周代鍍锡铜兵器	9
1.4.4 钢铁冷兵器的烤蓝处理	9
1.5 质量管理与设计思想	10
1.5.1 质量管理	10
1.5.2 设计思想	11
参考文献	12
第2章 近代中国电镀知识的发端	13
2.1 最早记载电镀的中文书《博物新编》	13
2.2 近代电镀基础知识的引入	15

2.2.1 江南制造局翻译馆	15
2.2.2 近代化学知识的引入	16
2.2.3 近代电化学知识的引入	18
2.3 近代电镀工艺知识的引入	20
2.3.1 周郇编译的《电气镀金略法》	20
2.3.2 徐华封编译的《镀金》	22
2.3.3 徐华封编译的《电气镀镍》	23
2.4 清朝官员出国考察	25
2.4.1 张德彝的《海外述奇·三述奇》	26
2.4.2 郭嵩焘的《伦敦与巴黎日记》	26
2.4.3 徐建寅的《欧游杂录》	28
2.4.4 戴鸿慈的《出使九国记》	29
参考文献	29
第3章 晚清时期电镀教育和工艺实践	31
3.1 民间的电镀兴趣和实践	31
3.1.1 民间对电镀的兴趣	31
3.1.2 清朝驻英使馆的电镀实验	33
3.1.3 电镀知识的宣传推广	34
3.2 晚清书院的电镀教育和实践	36
3.2.1 京师同文馆的电镀教学	36
3.2.2 上海格致书院的电镀教学	39
3.3 晚清新学制时期的电镀教育和实践	42
3.3.1 新学制时期的电镀教学	42
3.3.2 实习学堂	43
3.3.3 出洋学习电镀的学生	44
3.4 实习学堂的电化学课程	45
3.4.1 《电气化学讲义》版本概况	45
3.4.2 《电化学讲义》的电知识	46
3.4.3 《电气化学讲义》的电镀知识	47
3.5 电镀在工业中的初步应用	48
3.5.1 电镀在军工企业的应用	48
3.5.2 电镀在印刷业的应用	50
3.5.3 电镀在首饰业的应用	53
3.5.4 早期应用电镀的地域分布	54
参考文献	55
第4章 近代中国电镀工业的诞生和成长	56
4.1 近代北京电镀工业	56

4.1.1	北京电镀工业的渊源	56
4.1.2	北京专业电镀厂的诞生	57
4.1.3	经营业务和工艺特点	58
4.1.4	郭洛的《电镀大全》	59
4.2	近代上海电镀工业	62
4.2.1	电镀最初应用	62
4.2.2	上海电镀工业的诞生	63
4.2.3	20世纪30年代上海电镀工业	65
4.2.4	抗日战争时期上海电镀工业	67
4.2.5	上海其他行业中的电镀	72
4.3	近代天津电镀工业	74
4.3.1	天津电镀业的诞生	74
4.3.2	天津专业电镀厂的产生和发展	75
4.3.3	天津电镀业的兴盛	78
4.4	近代广州电镀工业	80
4.4.1	广州的传统涂镀工艺	80
4.4.2	近代电镀业的诞生和发展	81
4.4.3	广州电镀业经营特点	84
4.5	近代杭州等地电镀工业	84
4.5.1	近代杭州电镀工业	84
4.5.2	近代其他城市电镀工业	86
	参考文献	90
第5章	近代中国电镀研究和出版物	92
5.1	近代中国电镀研究	92
5.1.1	早期研究工作	92
5.1.2	研究机构	94
5.1.3	早期的电镀论文	94
5.2	近代中国电镀书籍	95
5.2.1	晚清时期电镀书籍	95
5.2.2	民国时期电镀书籍	104
5.3	报刊的电镀知识宣传	110
5.3.1	清末民初报刊的电镀文章	110
5.3.2	广州报刊的电镀文章	111
5.3.3	澳门《知新报》的电镀文章	112
5.3.4	民国期刊电镀篇目	114
	参考文献	115
第6章	当代电镀工业的发展	116

6.1	新中国成立初期电镀行业概况	116
6.1.1	电镀行业概况	116
6.1.2	私营电镀业的整顿	117
6.2	现代电镀工业的建立	120
6.2.1	新型电镀工厂的诞生	120
6.2.2	腐蚀研究机构的建立	121
6.2.3	电镀技术人才的培养	122
6.2.4	推广代镍镀层	124
6.3	“大跃进”时期的电镀工业	126
6.3.1	苏联学者访问中国	126
6.3.2	第一次全国表面处理会议	127
6.3.3	第二次全国表面处理会议	128
6.3.4	开创性的基础工作	129
6.4	经济调整时期的电镀工业	133
6.4.1	全面质量整顿	133
6.4.2	电镀技术交流	134
6.4.3	金属腐蚀和防护科学研究	136
6.4.4	引进西方电镀技术	137
6.5	“文化大革命”时期的电镀工业	138
6.5.1	无氰电镀运动	138
6.5.2	电镀文献的出版	141
6.6	电镀“三废”治理	141
	参考文献	143
第7章	改革开放时期的电镀工业	144
7.1	改革开放初期的中国电镀行业概况	144
7.1.1	工业全面发展拉动电镀工业	144
7.1.2	乡镇企业迅猛发展形势下的电镀业	145
7.1.3	当代中国电镀行业三资企业的产生、发展概况	147
7.1.4	粗放工业发展模式下的环境代价	150
7.2	电镀园区的兴起与发展	151
7.2.1	电镀园区建设的背景及原因	151
7.2.2	电镀园区的建设与发展	152
7.2.3	电镀园区建设的主要贡献及现实意义	153
7.2.4	电镀园区建设中的教训	154
7.3	电镀环保与清洁生产	154
7.3.1	电镀污染代价与形势	154
7.3.2	电镀工业环境保护工作的历程	155

7.3.3 电镀清洁生产的兴起	156
7.4 电镀添加剂产业的兴起与发展	157
7.4.1 电镀添加剂行业的兴起	157
7.4.2 电镀添加剂行业状况	158
7.4.3 电镀添加剂行业发展趋势	160
7.5 电镀设备的发展	161
7.5.1 电镀设备技术升级改造	161
7.5.2 电镀设备当前水平	163
7.6 电镀行业标准化的发展历程	164
7.6.1 我国电镀标准化的历史	164
7.6.2 标准化机构及其工作	165
7.6.3 电镀标准的制定与执行	166
参考文献	166

中篇 电镀专题史

第8章 电镀技术在电子制造业中的应用史	168
8.1 电镀在电子产品制造中应用起源	168
8.2 电镀在电子产品制造中应用演进	169
8.2.1 电连接器电镀金及其合金工艺发展	169
8.2.2 分立器件、引线框架的电镀	172
8.2.3 集成电路外引线电镀发展	173
8.2.4 集成电路芯片制造采用铜电镀布线	174
8.2.5 先进封装电镀	174
8.2.6 无源片式元件电镀镍、镀锡	174
8.2.7 TCP (包含 TAB) 和 COF 化学镀锡	175
8.2.8 电子器件的电磁屏蔽技术	176
8.2.9 用于天线制造的 MID 技术	176
8.2.10 微波器件电镀	177
8.3 电子电镀的环保发展过程	178
8.4 国内外电子电镀研发现状	179
参考文献	181
第9章 航空工业电镀发展史	182
9.1 建国初期至改革开放前的航空电镀	182
9.1.1 航空电镀相关工厂、学校和科研院所情况	182
9.1.2 我国航空电镀体系的发展	185
9.1.3 镉脆故障引起的飞机失事事件	187
9.1.4 电镀新工艺、新设备和新仪器的研究	187

9.2 改革开放后的航空电镀行业	189
9.2.1 军转民, 谋生存求发展	189
9.2.2 为北京印钞厂仿制快速镀镍设备	189
9.2.3 西方航空表面处理工艺技术分析	190
9.2.4 全新的腐蚀控制理念	191
9.2.5 新一轮的工厂技术改造和新工艺攻关	191
9.2.6 几个测试仪器和相关试验方法	192
9.2.7 航空电镀业三项部级标准的研制	195
9.2.8 铝合金硼酸-硫酸薄层阳极化工艺的研制和应用	196
9.2.9 俄罗斯苏-27飞机表面处理技术	197
9.2.10 近年来航空新研工艺	197
9.3 我国无氰镀镉-钛工艺的研制和应用	199
9.4 航空电镀业的标准化工作	203
9.5 航空电镀的学术交流活动	206
9.5.1 20世纪90年代之前	206
9.5.2 20世纪90年代之后	206
结束语	209
参考文献	210
第10章 印制电路板电镀发展历程	213
10.1 探索阶段(1955~1959年)	213
10.2 自主开发、逐渐形成产业阶段(1960~1979年)	213
10.3 引进消化、吸收和创新阶段(1980~1990年)	216
10.4 高速发展阶段(1990年至今)	219
参考文献	224
第11章 电镀在印刷行业中的应用历史	225
11.1 电镀在凸版制版的应用	225
11.2 电镀在平版制版的应用	226
11.3 电镀在凹版制版的应用	228
11.4 电镀在网版制版的应用	229
11.5 电镀在印刷证券制版和硬币生产的应用	230
11.6 电镀在保证印刷质量方面的功能	230
参考文献	231
第12章 电镀清洁生产发展历程	232
12.1 清洁生产的由来	232
12.1.1 清洁生产理念的产生和发展	233
12.1.2 国外电镀工业清洁生产实践	234