

电镀清洁生产技术与~~管理~~

彭希仁 主 编

中国环境科学出版社

• 北京 •

序

清洁生产是实现工业持续发展的模式。它是工业污染控制的重大变革。其核心是：以污染预防战略取代末端处理为主的污染防治战略。目前国内工业各行业、各地区都在建立推行清洁生产的示范工程。电镀是金属或非金属表面处理的主要加工技术，通用性强，使用面广，电镀生产几乎遍布国民经济各个部门。电镀又是一种复杂的化学和物理化学过程，它对环境产生严重污染。是工业重点污染源之一，在电镀行业中开展清洁生产尤为重要。1993年以来，国家环保局推行清洁生产的示范工程就已在三家电镀厂进行过清洁生产审计示范。中国航空工业总公司确定电镀作为本行业推行清洁生产的重点，已在两家企业进行了电镀清洁生产试点，在此基础上，委托南昌航空工业学院组织电镀清洁生产专家编写了这本《电镀清洁生产技术与管理》专著。该书运用清洁生产方法学，结合电镀行业污染源和污染物的特点，从技术与管理两方面系统地阐述了清洁生产的途径。将清洁生产方法学与行业生产技术相结合的专著，在国内还不多见。这是在推行清洁生产是值得倡导的。

本书编者将电镀行业清洁生产作为一项系统工程，叙述了电镀生产全过程污染控制的各种途径。包括：替代电镀层的清洁技术、电镀生产的清洁工艺、减少槽液的带出量和蒸发量、逆流清洗技术以及加强生产管理、节能、降耗、减污等。全书结构严谨系统，

内容新颖实用。

全书的选材,体现了技术与管理并重。工业各行业实施清洁生产的途径很多,概括说来就是技术和管理两大类。在我国推行清洁生产的实践中,各方面的清洁生产专家,由于职业和经验的的不同,对技术与管理在清洁生产中的作用,不免有所偏颇。这本专著,坚持技术与管理并重的原则,是比较合适的,也可供其他行业借鉴。

清洁生产不包括末端治理,工业生产过程中,采用一些先进的、对环境无害的末端处理技术还是必要的。清洁生产与末端治理是相辅相成的。这本专著将综合治理技术作为辅助内容编入,可供企业的电镀工作者参考应用。

我深信,这本《电镀清洁生产技术与管理》专著的出版,将对全国电镀行业实行清洁生产起到积极的推动作用。

国家清洁生产中心

周中凡

1996.6.1

前 言

近年来,在联合国环境署的积极倡导下,清洁生产已成为一种世界潮流,被公认是实现可持续发展战略的关键因素和必由之路。推行清洁生产在党中央、国务院批准的《中国环境与发展十大对策》中得到了强调,也成为我国工业污染防治工作战略转变的重要内容之一,并纳入了《中国 21 世纪议程》之中。

电镀生产,遍布于国民经济各部门,是工业中重点污染源之一,所排放的铬、镉等重金属和氰化物都是国家实行总量控制的污染物。我国国家环境保护局推行清洁生产的示范工程,选择了三家电镀厂进行了清洁生产审计示范。中国航空工业总公司将电镀作为推行清洁生产作为首选行业,已在两家企业进行了电镀清洁生产试点。在此基础上编写了这本教材,作为电镀工程和环境工程专业用,也可供各级环境保护管理干部和专业技术人员以及电镀工程技术人员作专业参考书,以满足在全国电镀行业推行清洁生产有效地控制电镀污染的需要。

本书是以清洁生产方法学为指导,电镀清洁生产途径为线索,技术与管理并重的原则来选择和组织内容的。本书论述了清洁生产的背景和由来,介绍了国内外清洁生产发展动向,全面地阐述了清洁生产的概念,结合我国具体国情,有选择地介绍现行的电镀清洁工艺和废弃物处理和利用技术。

本书由彭希仁主编。编写分工：第一章由史蓉蓉编写；第二章和第八章由袁雪琴编写；第三章和第四章由陈士明编写；第六章由范淑琴编写；第九章和第十二章由魏立安编写；第十章和第十一章由柯军编写；其余各章由彭希仁编写。

在本书的编写过程中，得到了许多同志的热心支持、关心和帮助，如国家清洁生产中心周仲凡高级工程师在百忙中为本书作序，在此表示感谢。

编写本书时参阅并引用了有关文献资料，主要参考文献已在有关章节列出，为了节省篇幅，未能全部列出，在此，谨向各位作者表示谢忱。

限于编著者的水平，书中缺点和错误在所难免，期待着广大读者给予批评和指正。

编 者

1996年6月

目 录

第一章 清洁生产是控制工业污染的新战略.....	(1)
1—1 国外对清洁生产进行的探索和进展.....	(1)
一、国际组织	(1)
二、有关国家	(5)
1—2 清洁生产的概念与内涵	(11)
一、清洁生产概念.....	(11)
二、清洁生产内涵.....	(12)
1—3 清洁生产的理论基础	(14)
一、系统分析.....	(14)
二、最优化理论.....	(16)
三、废物——资源理论.....	(17)
1—4 推行清洁生产的意义和作用	(18)
一、推行清洁生产的重要意义.....	(18)
二、推行清洁生产的作用.....	(19)
1—5 我国推行清洁生产的必要性	(24)
一、推行清洁生产是实现我国环境保护目标的需要.....	(24)
二、推行清洁生产是促进经济增长方式实现根本性转 变的需要.....	(26)
三、推行清洁生产是实施可持续发展战略的需要.....	(28)
四、推行清洁生产是企业实现经济效益、社会效益和 环境效益统一的需要.....	(31)
1—6 企业清洁生产审计	(32)

1—7 我国推行清洁生产的进展	(34)
一、推进中国清洁生产示范工程	(35)
二、成立国家清洁生产中心	(36)
三、落实《中国 21 世纪议程》行动计划,实施中国清 洁生产政策与管理项目	(37)
四、工业行业积极推行清洁生产	(37)
1—8 我国推行清洁生产的展望	(38)
一、清洁生产将成为产业政策的一项重要内容	(38)
二、清洁生产审计将成为环境审计的主要内容	(39)
三、清洁生产将有利于实现建立现代企业制度的目标	(40)
四、清洁生产为企业开辟了获取国际资金和技术的渠 道	(41)
第二章 电镀行业污染物的来源和危害	(42)
2—1 我国电镀行业的现状	(42)
一、我国电镀行业的基本情况	(42)
二、“七五”后期以来取得的进展	(43)
三、主要问题	(44)
2—2 电镀行业污染物的来源	(45)
一、电镀废水的来源	(45)
二、电镀废气的来源	(48)
三、电镀废渣的来源	(49)
2—3 电镀行业污染物的危害	(49)
一、酸碱废水	(50)
二、氰化物	(51)
三、六价铬和三价铬	(52)
四、镉和镉化合物	(53)
五、铅和铅化合物	(54)

六、镍和镍化合物.....	(55)
七、铜和铜化合物.....	(55)
八、锌和锌化合物.....	(56)
九、电镀工艺中使用的添加剂和光亮剂等.....	(56)
十、其他.....	(56)
第三章 电镀行业实行清洁生产的途径	(58)
3—1 工业生产过程的清洁生产途径	(58)
一、源削减.....	(58)
二、废物循环利用,建立生产闭合圈	(62)
三、发展环保技术,搞好末端治理	(63)
3—2 电镀行业实行清洁生产的途径	(63)
一、替代电镀的清洁技术.....	(64)
二、逆流清洗技术.....	(65)
三、低毒无毒工艺.....	(66)
四、低浓度工艺.....	(67)
五、优化工艺规范.....	(68)
六、加强现场管理.....	(68)
第四章 替代电镀的清洁技术	(70)
4—1 概述	(70)
4—2 机械镀	(73)
一、机械镀的发展.....	(73)
二、机械镀的工艺过程.....	(75)
三、机械镀的技术要求.....	(77)
四、机械镀的设备.....	(78)
五、镀层的特性.....	(79)
六、机械镀的废水废液处理.....	(80)
4—3 热喷镀	(81)
一、概述.....	(81)

二、热喷涂工艺及特性	(81)
三、燃烧火焰喷镀	(82)
四、电弧喷涂	(85)
五、等离子射流喷涂	(85)
六、高频感应喷涂	(87)
七、激光喷涂	(87)
4—4 蒸发镀	(87)
一、真空镀与气相镀	(87)
二、蒸发镀的原理和特点	(88)
三、蒸发镀工艺	(89)
四、主要加热源材料	(90)
4—5 离子镀	(91)
一、离子镀工艺的特点	(92)
二、离子镀的工作原理及装置	(93)
三、离子镀工艺	(94)
四、离子镀技术的应用	(95)
4—6 溅射镀	(97)
一、溅射镀膜原理	(97)
二、溅射沉积膜层的特点	(98)
三、磁控溅射	(98)
四、磁控溅射的应用	(99)
4—7 气相镀	(99)
一、气相镀方法	(99)
二、气相镀的装置	(100)
三、影响镀层质量的因素	(103)
四、气相镀的应用	(104)
第五章 电镀清洁工艺	(106)
5—1 氯化钾镀锌	(106)

一、镀锌工艺的发展与现状	(106)
二、氯化钾镀锌的工艺性能和优点	(108)
三、氯化钾镀锌工艺及其操作规范	(109)
四、镀液成分的作用	(109)
五、操作条件的影响	(114)
六、镀液配制与调整	(117)
七、镀液的维护与管理	(118)
八、杂质的影响与去除	(121)
九、镀锌后处理工艺	(123)
5—2 低铬钝化	(125)
一、锌镀层钝化处理概述	(125)
二、低铬彩钝液中的成膜机理	(128)
三、低铬彩钝的工艺流程	(129)
四、低铬彩钝的配方及其操作条件	(130)
五、彩钝液中各成分的作用和影响	(130)
六、操作条件的影响	(138)
七、超低铬钝化	(142)
5—3 镀锌镍合金	(144)
一、概述	(144)
二、锌镍合金电镀液的类型和组成	(146)
三、镀液的组成及工艺条件	(148)
四、电镀锌镍合金工艺过程及主要工艺说明	(148)
五、锌镍合金镀层的性质	(152)
5—4 稀土添加剂镀铬	(152)
一、概述	(152)
二、镀铬液配方及工艺条件	(154)
三、影响镀液性能的主要因素和工艺条件	(154)
四、需要进一步完善的问题	(159)

5—5	低铬酸镀硬铬	(160)
一、概述		(160)
二、镀液配方和工艺条件		(161)
三、主要工艺参数的确定		(164)
四、高、低浓度铬酸镀硬铬质量对比		(166)
5—6	三价铬盐镀铬	(168)
一、概述		(168)
二、国外三价铬盐镀铬的研究和进展		(169)
三、国内三价铬盐镀铬的研究和进展		(176)
5—7	多层镍电镀工艺	(179)
一、多层镍-铬镀层体系替代铜-镍-铬镀层体系		(179)
二、镀双层镍		(179)
三、镀三层镍		(182)
四、不合格镍镀层的退除		(183)
第六章	减少镀件附着液的带出量和槽液蒸发量	(187)
6—1	减少镀件附着液的带出量	(187)
一、镀件附着液的带出量与电镀工艺的关系		(187)
二、镀件出槽后延长在槽上排除附着液的时间		(189)
三、挂具及镀件吊挂方式和镀件设计的改进		(189)
四、滚筒、吊篮等带出液量和减少带出液量的措施		(192)
五、回收槽和带出液的回收措施		(195)
6—2	减少加温槽的镀液蒸发量	(197)
一、加温镀槽在抽风状态下蒸发量的计算		(198)
二、加温镀槽槽液蒸发量估算指标		(199)
第七章	镀件清洗方法与逆流清洗技术	(200)
7—1	镀件清洗方法的分类和流程	(200)
一、清洗的分类和名称		(200)

二、清洗方法的流程	(202)
7—2 逆流清洗工艺基础条件	(207)
一、减少镀液带出量	(208)
二、提高末清洗槽液的浓度	(208)
三、降低镀液的浓度	(208)
7—3 逆流清洗理论计算方法及实际应用	(209)
一、并列清洗系统理论计算方法	(209)
二、连续逆流清洗系统理论计算方法	(211)
三、间隙逆流清洗系统理论计算方法	(213)
四、并列清洗、连续逆流清洗与间隙逆流清洗三种系 统理论计算方法之间的关系	(218)
五、实用计算方法	(220)
7—4 电镀逆流清洗系统的设计与运行	(225)
一、各类逆流清洗方法的适用条件	(225)
二、设计参数的选择	(226)
三、清洗槽及排水管沟的设计	(230)
四、逆流清洗操作系统的设计	(231)
五、逆流加喷淋清洗系统	(232)
7—5 电镀逆流清洗闭路循环系统	(235)
一、电镀清洗闭路循环系统的设计原理	(236)
二、电镀清洗闭路循环系统的实用类型	(237)
三、闭路循环系统中各分离浓缩处理单元的主要技 术指标	(242)
第八章 加强企业管理实现节能降耗减污	(247)
8—1 实行清洁生产必须加强企业管理	(247)
一、加强管理是企业发展的永恒主题	(247)
二、企业环境管理是企业管理的组成部分	(249)
三、企业环境管理的首要任务是弄清和掌握污染状	

况与生产过程的内在联系	(249)
四、实行清洁生产必须加强企业管理	(250)
五、清洁生产丰富和完善了工业企业的管理思想 ...	(252)
8—2 电镀生产的节能技术管理	(253)
一、电镀生产节能技术管理的要求	(253)
二、电镀生产节电技术管理	(254)
三、电镀生产节热技术管理	(255)
四、电镀生产节水技术管理	(257)
8—3 严格物资管理实现降耗减污	(257)
一、实行无害保管	(257)
二、实行无害运输	(258)
三、实行限额发放	(258)
四、严格物资消耗定额	(259)
第九章 电镀废水的处理与利用	(270)
9—1 电镀废水处理技术发展概况	(270)
9—2 含铬废水的处理与利用	(272)
一、自然循环法	(272)
二、强制循环法	(272)
三、离子交换法	(273)
四、电解法	(279)
五、活性炭吸附法	(282)
六、化学还原法	(286)
七、铁屑法	(288)
9—3 含氰废水处理与利用	(294)
一、碱性氧化法	(294)
二、电解食盐水法	(299)
三、臭氧法	(301)
9—4 含镍废水的处理与利用	(302)

一、含镍废水处理方法的概述	(302)
二、离子交换法	(303)
9—5 含镉废水的处理与利用	(306)
一、离子交换法	(306)
二、化学法	(308)
三、电解浮上法	(309)
9—6 含铜废水的处理与利用	(310)
一、离子交换法	(310)
二、中和法	(312)
三、电解法	(312)
四、化学还原槽内处理法	(313)
9—7 含锌废水的处理与利用	(314)
一、化学法	(314)
二、离子交换法	(315)
9—8 含金废水的处理与利用	(317)
一、离子交换法	(317)
二、双氧水还原法	(318)
三、电解法	(319)
9—9 含银废水的处理与利用	(319)
一、减压薄膜蒸发法	(319)
二、电解法	(320)
三、化学法	(320)
9—10 含酸、碱废水的处理与利用	(321)
一、自然中和法	(321)
二、药剂中和法	(321)
三、过滤中和法	(323)
四、离子交换——电渗析法	(324)
五、气浮法	(326)

9-11 多种金属离子混合废水的处理	(327)
第十章 电镀废气处理与利用	(330)
10-1 概述	(330)
一、应用抑雾剂	(330)
二、采用固体悬浮物阻挡液雾的逸出	(331)
三、采用吸风设备的净化装置	(331)
10-2 电镀用抑雾剂	(332)
一、抑雾剂的组成和分子结构	(332)
二、抑雾机理的探讨	(334)
三、抑雾效果和抑雾剂性质的关系	(336)
四、抑雾剂的应用	(337)
五、使用抑雾注意事项	(342)
10-3 铬酸废气的治理	(344)
10-4 氮氧化物废气的治理	(345)
10-5 含硫酸及盐酸废气的治理	(347)
10-6 含氰化物废气的治理	(348)
10-7 含氟化氢废气的治理	(348)
第十一章 电镀废渣处置与利用	(350)
11-1 电镀污泥的处置与利用	(350)
一、概述	(350)
二、固化处理	(352)
三、有效利用	(356)
11-2 槽渣处置与利用	(362)
一、铬槽渣处理	(362)
二、镍槽渣处理	(363)
三、硫酸铜槽渣处理	(364)
四、碱锡槽渣处理	(365)
五、槽渣处理和回收的隔膜电解法	(366)

第十二章 电镀废液处理与利用.....	(367)
12—1 概述	(367)
12—2 隔膜电解法	(368)
一、隔膜电解法用于铜钝化废液的再生与回用	(368)
二、隔膜电解法应用于处理其它废镀液	(373)
12—3 离子交换法	(374)
一、镀铬液的净化处理	(374)
二、镀锌的低络钝化槽液的净化处理	(377)
12—4 化学处理法	(380)
一、镀银废液中回吸银	(380)
二、镀金废液中回收金	(382)

第一章

清洁生产是控制 工业污染的新战略

工业生产是环境污染的主要来源。防治工业污染,是我国环境保护工作的重点。我国在 1992 年发布的环境与发展十大对策,将“尽量采用能耗物耗小、污染物排放量少的清洁工艺”作为防治工业污染的首要措施。1993 年 10 月召开的全国第二次工业污染防治工作会议,提出“实现清洁生产,建立现代工业新文明”的号召,并明确要求:“推行清洁生产是我国 90 年代工业污染防治的战略任务”。

1—1 国外对清洁生产进行的探索和进展

一、国际组织

1. 联合国环境署工业与环境规划活动中心(UNEP IE/PAC)

1989 年 5 月联合国环境署理事会会议决定在世界范围内推进清洁生产。尔后,环境署工业与环境规划活动中心制定了清洁生产计划,并对清洁生产给出科学的定义。该组织分别于 1990 年 9 月、1991 年 10 月、1992 年 10 月召开了有关会议。1992 年 10 月召开的巴黎清洁生产部长级会议和高级研讨会,是三次会议中规格最高、规模最大的会议,旨在结合在巴西召开的联合国环境和发展