

Jieneng

Jianpai

Jishu

Congshu

Jieneng

节能减排技术丛书

电镀废水处理 及回用技术手册

段光复 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

节能减排技术丛书

电镀废水处理及回用 技术手册

段光复 编著



机械工业出版社

电镀废水处理工作经过多种工艺的比较,作者总结出一套成熟的、先进的电镀废水处理工艺,将废水粗放分流,分为综合废水、含氰废水、含油废水三类,经物化→生物→反渗透处理工艺,连续作业,实现达标排放,60%的达标排放水回用到生产线。本工艺的特点是适合多镀种,对多种重金属不用作很细的分流,使操作简单化,动态调节、操作方便,已在多个工业园区推广。本书就是对该技术作一全面、系统、深入、理论与实际相结合的介绍。

图书在版编目(CIP)数据

电镀废水处理及回用技术手册/段光复编著. —北京:机械工业出版社, 2010. 12

(节能减排技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 30903 - 1

I. ①电… II. ①段… III. ①电镀 - 废水处理 - 技术手册②电镀 - 废水综合利用 - 技术手册 IV. ① X781. 103 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 103349 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 曲彩云 责任编辑: 曲彩云

版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟 程俊巧

责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm × 239mm · 31.25 印张 · 699 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 30903 - 1

定价: 59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

编辑热线: (010)88379782

社服务中心: (010)88361066

网络服务

销售一部: (010)68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

电镀，属于机械制造行业中的热处理分行——表面处理小分支的一叶，长期以来，作为机械制造企业热处理车间的一个班组而存在。它对机械及塑胶零件的主要作用有以下几点：

1. 提高耐蚀性能 这是电镀最基本也是最重要的作用。例如，在钢铁制品上镀锌，能在一般大气条件下有效地保护基体金属免遭腐蚀；镀锡制品在海洋环境下不易受到腐蚀；镀锡制品不仅耐蚀性能好，而且其腐蚀产物对人体无害，因此广泛用于与有机酸接触的食品容器中。

2. 防护装饰性能 采用多层电镀，镀铜、镍、铬等，既耐蚀又美观。一些工艺制品采用仿金工艺，提高外观质量。

3. 修复功能 一些重要的零部件，如轴、齿轮等磨损后，通过镀硬铬修复磨损部位，具有较好的经济效益。

4. 其他功能

(1) 耐磨性 在活塞环、冲压模具内腔等镀硬铬，其耐磨镀层可以提高制品表面硬度，增加其抗磨损能力。

(2) 减摩性 在轴瓦、轴套上镀锡、铜-锡合金可以使轴瓦、轴套不会因轴高速旋转而烧坏。

(3) 导电性 在电子工业中，许多零件要求导电性能要好，可在其连接脚上镀银，增强导电性能。

(4) 导磁性 如录音机、计算机中使用的录音带、存储器需要镀镍-钴、镍-铁合金。

(5) 焊接性 电子原件组装时，为了改善其钎焊性能，需要镀锡、铜、银等。

(6) 反光性 镀铬、银、铑可以增加某些物品表面的反光能力。

(7) 防扩散性 某些零件热处理时，不允许改变其它一些部位的原有性能，就要把这个部位保护起来，如为防止局部渗碳可采用镀铜工艺防护，为防止局部渗氮可采用镀锡工艺防护。

随着市场经济的发展，尤其是沿海一带轻工业的发展，电镀产品外表以其晶亮、润泽、光滑、色彩丰富，得到人们极大的喜爱，形成了较大的需求空间。在利润这个市场触媒剂的催化下，它从机械制造企业中走了出来；从一个小班组演变为一个独立的企业，并且逐步壮大，终于形成了一个不容忽视的电镀专

业化市场。目前,全国已有近2万家电镀企业,主要集中于珠江三角洲和长江三角洲,珠江三角洲有5000多家,长江三角洲有3000多家,广东省有4700家,浙江省有1400家,上海有1100家,北京有860家。它们为国内外冶金、交通、通信、化工、机械、电子、仪器、轻工、军工、航天、船舶等各行各业精心地服务,成为了一门不可缺少的产业。为了保证电镀产品的质量,使金属镀层具有平整光滑的良好外观,并与基体牢固结合,必须在镀前把镀件表面上的污物(油、锈、氧化皮等)彻底清洗干净,并在镀后把镀件表面的附着液清洗干净。因此,在电镀过程中,会产生大量的废水,水质复杂,废水中含有氰化物和各种重金属。全国2万家电镀企业,废水总排量达 $80 \times 10^9 \text{t}$,排入江河湖海后,污染了生态环境,严重损害了人们的身体健康,如果不加以处理,最终会酿成没有水可供人类使用的灾难。所以电镀废水不能直接排放,要进行专业化的技术处理,这种专业化的技术处理有两层意思:一是要使电镀废水达到国家规定的排放标准;二是为充分利用宝贵的水资源,达标排放水要再次深化处理,回到生产线上去。

电镀工厂多是一些分散的小企业,没有力量去建造电镀废水车间,为了解决这个难题,政府采用了一个有效的办法,把众多小的电镀企业集中起来,兴办电镀工业园,一个园区办一个电镀废水处理厂。电镀废水与生活废水、造纸废水、印染废水、皮革废水、炼油废水、发电废水、化工废水、医院废水等比较起来,是最难处理的工业废水,因为它不但含有上述废水中的污染物,还含有各种重金属,要做到达标排放与回用,处理的技术难度较大。

本人从事电镀废水处理工作多年,经过多种工艺的比较,总结出一套成熟的、先进的电镀废水处理工艺,将废水粗放分流,分为综合废水、含氰废水、含油废水三类,经物化→生物→反渗透处理工艺,连续作业,实现达标排放,60%的达标排放水回用到生产线。本工艺的特点是适合多镀种,对多种重金属不用作很细的分流,使操作简单化,动态调节、操作方便,已在多个工业园区推广。本书就是对该技术作一全面、系统、深入、理论与实际相结合的介绍。

本书有以下四个特征:

(1) 全力贯彻《中华人民共和国循环经济促进法》。循环经济的定义是:“指在生产、流通和消费等过程中进行的减量化、再利用、资源化活动的总称。”循环经济的目标有两个,一是提高经济活动的资源利用效率,二是减少污染排放。本书介绍的技术宗旨是产生的废物在自身循环利用的同时,成为另一个企业的能源和原料。

(2) 着重实践,着重应用,深入浅出,用通俗的语言,使一些专业术语能为一般人理解。

(3) 介绍内容全面。电镀废水处理涉及的专业较多,有无机化学、有机化

学、分析化学、物理化学、机械、电工、仪表、生物、流体力学、土建十门学科，涉及专业虽多，但就应用来说，并不需要掌握很深，所以涉及到的基本知识本书在有关的章节里作简明、扼要、准确的介绍，使读者不用再去查阅其他资料。

(4) 本书对污水处理站的建造费用及运行成本举了范例。以2008年物价为准，介绍了排量 $1\,000\text{m}^3/\text{d}$ 污水处理厂的建造费用及运行成本样板，并提出了不断降低成本的途径。

本书来自实践，理论思路清晰，工艺可靠，数据准确，有了它，相当于把工程师及一套技术班子带回了家。

本书与国际技术接轨，可作为从事电镀废水处理工作的技术人员、工人的学习培训教材，也可作为大专院校热处理专业师生的参考书，还可提供给欲投资电镀废水处理行业的企业或个人，作可行性研究报告的参考资料。

由于本人水平有限，加上时间仓促，缺点、错误在所难免，希望广大读者批评指正，不吝赐教。

段光复

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 水.....	1
第二节 电镀废水处理的现状.....	2
一、国外电镀废水处理现状.....	2
二、国内电镀废水处理现状.....	3
三、电镀污泥处理管理的不足.....	7
四、电镀污泥妥善处理对策.....	8
第三节 电镀废水处理的发展方向.....	9
一、治理.....	9
二、排放.....	9
三、电镀污泥处理.....	10
四、降低消耗.....	10
五、园林式厂区.....	10
六、运作模式.....	10

上篇 电镀废水一、二级处理

第二章 电镀工艺简介	11
第一节 电镀基本知识.....	11
一、电化学.....	11
二、机械.....	13
三、电镀专用名词.....	14
第二节 电镀工艺.....	16
一、电镀阶段.....	16
二、电镀液的成分及主要作用.....	17
第三节 电镀清洁生产技术.....	17
一、先进的电镀工艺.....	18
二、给水排水系统的科学布局、先进的清洗设备及清洗工艺.....	18
三、ISO 14001 环境管理认证体系与清洁生产比较.....	30
第四节 电镀工业园废水处理厂的建设.....	30
一、厂址的选择.....	31
二、四大体系论证.....	31
三、工程设计.....	33
四、市场化运行经济模式.....	35

五、电镀工业园废水处理厂的清洁生产	35
第三章 电镀废水	37
第一节 电镀废水的来源	37
第二节 电镀废水的特性	38
一、镀件清洗水	38
二、碱性除油废液	38
三、酸性活化废液	38
四、塑料电镀粗化废液	38
五、化学镀镍槽报废液	38
第三节 电镀废水的分类	38
一、含氰废水	39
二、综合废水	39
三、含油废水	39
第四节 电镀废水中污染物的危害	40
一、重金属	40
二、氰化物	42
三、酸与碱	42
四、油	42
五、磷与氮	42
六、其他物质——添加剂、活性剂、光亮剂及油脂皂化物	42
七、废气	43
第四章 电镀废水处理工艺	44
第一节 电镀废水达标排放指标与标准	44
一、水质指标	44
二、水质标准	46
第二节 电镀废水处理方式的分类	48
一、按处理方式进行分类	48
二、按处理程度进行分类	48
第三节 传统电镀废水处理方法	49
一、电镀废水中的重金属及氰的性质	49
二、传统电镀废水分类	50
三、传统电镀废水处理方法	50
第四节 最新电镀废水处理法中的一级处理	61
一、电镀废水分类	62
二、一级处理——物理化学处理工艺	62
三、化学镀废水处理	66
四、印制电路板废水处理	66
第五节 最新电镀废水处理法中的二级处理	70
一、生物处理法基本原理	70

二、生物处理法优点	70
三、生物处理中微生物特性	71
四、厌氧法处理原理	74
五、好氧法处理原理	75
第六节 工艺调试	79
一、准备工作	79
二、带负荷试车	80
三、微生物驯化	80
四、工艺控制参数的确定	80
第七节 运行中存在的问题及解决办法	80
第五章 电镀废水的除磷	82
第一节 磷、磷酸、磷酸盐	82
一、磷	82
二、磷酸	84
三、磷的重要化合物及磷酸盐	85
第二节 电镀废水中的磷酸盐	86
一、磷酸盐的性质	87
二、含磷酸盐的镀液配方	90
第三节 化学除磷	96
一、化学沉淀法	96
二、氧化法	98
第四节 同步去除 COD、氨氮、磷	98
一、生物脱氮的基本原理	100
二、生物除磷的基本原理	101
三、同步去除 COD、氨氮、磷的工艺	101
四、菌种的培育	102
第五节 A²/O 生物脱氮除磷工艺设计计算范例	104
一、设计参数及设备	104
二、工艺设计计算	105
第六节 反硝化除磷菌的增殖	112
一、北京试验	112
二、山东试验	114
第六章 药剂介绍	117
第一节 碱	117
第二节 酸	118
第三节 絮凝剂	120
第四节 还原剂	121
第五节 金属捕集剂	121
第六节 TLA 电镀废水处理剂	123

第七章 电镀污泥处理	126
第一节 电镀污泥特性	127
一、污泥的来源	127
二、污泥的性能指标	128
三、污泥的成分	129
第二节 污泥减量处理	129
一、污泥减量处理——浓缩与压滤	130
二、污泥减量其他技术	131
第三节 电镀污泥的资源化	133
一、电镀污泥的脱毒减量	133
二、重金属回收	136
三、其他综合利用	140
四、污泥综合利用涉及的有关技术	141
第四节 电镀污泥填埋处理	142
一、填埋场场址的选择	142
二、工程实例	143
第五节 电镀污泥焚烧处理	144
一、污泥焚烧处理厂选址	145
二、污泥的焚烧工艺	145
三、广东省的污泥焚烧设施	148
第八章 化学相关知识	156
一、化学基础知识	156
二、无机化学	157
三、有机化学	165
四、化工计算	165
第九章 一、二级处理设备	175
第一节 构筑物	175
一、沉砂池（综合废水池）	175
二、沉淀池	176
三、隔油池	186
四、调节池	186
五、土建构筑物基本要求及运行方式	187
第二节 机电设备	189
一、格栅	189
二、水泵	190
三、搅拌器	200
四、干粉加药机	219
五、压滤机	220
六、污泥输送机械	238

七、气动储泥斗	240
八、曝气	241
第三节 管道	243
一、管材	243
二、管件	247
三、管道的安装与布置	247
四、阀门	253
第四节 仪表及控制	255
一、在线检测仪表	255
二、控制系统	270
中篇 三级处理——中水回用	
第十章 中水回用预处理 I——膜生物反应器	273
第一节 基本概念	273
第二节 膜	275
一、膜的制造	275
二、膜的构型	276
第三节 膜生物反应器操作工艺	277
一、膜生物反应器外部要求	277
二、膜生物反应器的原理	278
三、膜生物反应器的稳定运行	279
四、浸没式膜生物反应器的优点与不足	283
第四节 膜生物反应器处理系统工程设计	284
一、生物反应器设计	284
二、膜组件设计	285
第十一章 中水回用预处理 II——超滤	287
第一节 超滤膜技术特性	287
一、超滤技术术语	287
二、超滤分离特性	288
三、影响超滤性能的因素	288
四、超滤膜组件的结构	290
五、超滤的运行方式和清洗方式	290
第二节 超滤膜运行	291
一、超滤进水水质要求	291
二、膜组件使用条件	292
第三节 超滤系统设计	294
一、设计条件	294
二、超滤的反洗与清洗	295
三、超滤装置程控步骤	297

四、运行	297
第十二章 中水回用装置——反渗透	300
第一节 反渗透系统设计	300
一、反渗透概念	300
二、反渗透系统设计	301
三、反渗透系统制造	307
四、装卸及故障排除空间	308
第二节 安装与拆卸	308
一、安装前的准备	308
二、安装元件	309
三、拆卸	310
第三节 操作管理	310
一、运行	311
二、清洗	312
第十三章 三级处理用药剂	316
第一节 杀菌剂	316
第二节 清洗剂	317
第三节 脱氯剂	318
第四节 阻垢剂	319
第五节 絮凝剂	320
第六节 其他杀菌方法	321
一、紫外线杀菌	321
二、臭氧杀菌	327
第十四章 三级处理设备 & 仪表	330
第一节 三级处理设备	330
一、多介质过滤器	330
二、活性炭过滤器	339
三、袋式过滤器	343
四、保安过滤器	347
第二节 三级处理仪表	348

下篇 实际运用

第十五章 电镀废水处理厂工程实例 (1 000m³/d)	351
第一节 电镀工艺简介	351
一、电镀工艺	351
二、电镀用药	351
三、电镀液配方	352
四、废水水量及水质	353
第二节 一、二级处理——达标排放	354

一、达标废水排放标准	354
二、废水处理工艺	354
第三节 三级处理——中水回用	356
一、中水回用工程规模	356
二、中水回用用途	356
三、原水水质	356
四、产水水质标准	357
五、中水回用工艺——MBR + 二级反渗透	357
六、产水水质	360
第四节 投资	360
一、总投资	360
二、固定资产明细表	361
三、流动资金	366
第五节 工厂效益	367
一、效益分析	367
二、投资回收分析	368
三、管理模式探讨	368
第六节 工程改进	368
第十六章 化学分析及生物试验	369
第一节 仪器操作规范	369
一、DDS-11A 电导率仪器操作规范	369
二、FA/JA 型电子天平操作规范	370
三、722N 分光光度计操作规范	371
四、L1000A 型生物显微镜操作规范	372
五、101 型电热干燥箱操作规范	373
六、PHS-25 实验室 pH 计操作规范	373
七、JPB-607 型便携式溶解氧仪操作规范	375
八、JB 型磁力搅拌器操作规范	376
九、YX280B 型手提式不锈钢蒸汽消毒器操作规范	376
十、303 型电热恒温培养箱操作规范	377
第二节 常规水质分析	378
一、六价铬检测	378
二、总镍检测	380
三、总铜检测	381
四、总氰化物检测	383
五、化学需氧量检测	386
六、总磷检测	388
七、各种磷酸盐和总磷酸盐的测定	390
八、氨氮检测	395

第三节 污泥分析	397
一、污泥的物理性质	397
二、污泥的化学性质	398
三、污泥的微生物学特性	401
第十七章 微生物研究技术	402
第一节 微生物的基本研究方法	402
一、显微镜技术	402
二、灭菌和消毒	403
第二节 微生物培养基	405
一、培养基营养物质的来源及功能	405
二、培养基的种类	406
三、培养基的配制方法	408
第三节 微生物接种技术	410
一、接种前的准备工作	410
二、接种工具的准备	411
三、接种方法	412
第四节 微生物基础试验	414
一、细菌染色	414
二、细菌的运动性观察	421
三、微生物细胞大小的测定	422
四、微生物细胞的显微直接计数法	424
五、水中细菌总数的测定	426
第五节 菌种保存技术	429
一、冰箱4℃保藏法	429
二、休眠保藏法	429
第六节 微生物生化鉴定	430
一、细菌的分离和纯化	430
二、细菌形态特征的观察	432
三、细菌培养特征的观察	433
四、细菌的生理生化反应	434
五、属的检索	443
第七节 电镀废水中常见的微生物	443
一、菌属	444
二、细菌	446
三、原生动物	449
四、后生动物	453
附录	454
附录1 国际清洁生产宣言	454
附录2 生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006)	455

附录3	电镀污染物排放标准 (GB 21900—2008)	462
附录4	日本废水排放标准限值及二噁英限制标准	466
附录5	环境空气质量标准 (GB 3095—1996)	467
附录6	工业企业设计卫生标准 (TJ 36—1979)	471
参考文献		481

第一章 概 述

第一节 水

水，是一切生命赖以生存的宝贵物质：是一切生命机体的组成物质，约占体重的 $2/3$ ，是各种生物体含量最多的一种物质；是生命产生、发育和繁衍的源泉，又是生物体新陈代谢的一种介质，生物从外界环境中吸收养分，通过水将各种养分物质输送到机体的各个部分，又通过水将代谢产物排出体外，维持着生命的活力；水还对生物体起着散发热量、调节体温的作用。

水，在地球上储量相当丰富，有 14 亿 km^3 ，覆盖地球表面积的 70.8% ，但是生活和生产用水都是淡水，地球上的水有 97.22% 是含盐量极高的海水，无法饮用和灌溉农田，便于人们取用的淡水只有 0.2% 左右，其余的 2.58% 以南北两极冰帽冰川、大气中水的形式存在。水在地球生物圈内是以循环往复来使用的，分自然循环和社会循环。

（一）自然循环

在太阳能的作用下，通过海洋、湖泊、河流等广大水面以及土壤表面、植物茎叶等表面的蒸发形成水汽，上升到空中凝结为云，在大气层的作用下，以雨、雪、雹的形式降落到地面，形成江河湖海或渗入到地下，然后又蒸发形成水汽，循环往复。

（二）社会循环

人类为满足生产和生活的需要，从自然界取用大量的水，这些水经使用后就成为生活污水和生产废水，经过处理后排入自然水体，然后又为人们取用，这就又形成了一个循环体系。

如果破坏了循环规则，就会没水可用。全球对水的需求，每 20 年将增加一倍，但水的供应不会以这种速度增加。每人每天生活用水 $40\sim 50\text{L}$ ，生活水平越高，用水量越大。一般来说，发展中国家平均每人每天生活用水 $40\sim 60\text{L}$ ，发达国家每人每天生活用水 $200\sim 300\text{L}$ ，工业用水要占城市用水的 $70\%\sim 80\%$ ，发电、冶金、石油、化工、纺织、印染、造纸都是用水大户，农业用水超过工业用水。我国是农业大国，据统计，长江流域每亩水稻田的需水量约为 $250\sim 500\text{m}^3$ ，北方地区的小麦需水量约为 $200\sim 300\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、玉米需水量约为 $150\sim 250\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、棉花需水量约为 $80\sim 150\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

我国水资源丰富，居世界第六位，但我国人口众多，人均占有量为 2460m^3 ，排在第 109 位，是世界上最缺水的 21 个国家之一，全国 300 多个城市中 108 个城市严重缺水， 40 个城市进入世界严重缺水城市之列。一方面水资源短缺，另一方面对水的污染日渐严重。从 2009 年起，广州市每年要从河源市引入一亿吨生活用水。

河流、湖泊、水库对污染有一定的自净能力，这是水体中溶解氧的作用。溶解氧

参与水体中氧化还原的化学过程和好氧的生物过程，可以把水中的许多污染物转为净体，甚至变为无害物质，但是如果排入水体的污染物的含量超过水体的自净能力，就会造成水质恶化，使水的用途受到影响，即造成水污染。在工业化进程中，向水体排放大量未经处理的工业废水、矿山排水、生活污水和各种废弃物，污染气体及气溶胶的沉降，以及垃圾倾倒在岸边或堆积，经降雨淋洗流入水体等，造成水质恶化，都属于人为污染。

水污染按性质可分为化学污染和生物污染。化学污染分为无机污染和有机污染。无机污染主要是酸、碱、盐、重金属以及无机悬浮物等造成的污染。酸性水或碱性水都会对农作物的生产产生破坏作用，有的会使土壤的性能变坏，酸性水体还会腐蚀水下设备、船壳等。酸性水体与碱性水体相遇，可发生中和反应，同时产生相应的无机盐。重金属对人体有很大的危害性，它们有的是通过饮用水直接进入人体，有的则是通过食物间接进入人体。如果它们在人体内积累并超过一定量，就会使人产生各种中毒的反应，影响人体健康，甚至危及生命。有机污染，如氮、磷进入水中会引起水中硅藻、蓝藻、绿藻大量繁殖，导致水中溶解氧减少，化学耗氧量增加，从而使水体“死亡”，进而使水体质量恶化，鱼类等死亡。这种由于植物营养元素大量排入水体，破坏水体生态平衡的现象，叫做水体的富营养化。饮用水中一般含氮量很少高于 1mg/L 。根据世界卫生组织规定， NO_3^- 含量不得超过 10mg/L 。许多水生动物（如鱼类）对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 较敏感，一般有一定的耐受限度。如水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 超过 3mg/L 时，金鱼会在 $9\sim 24\text{h}$ 内死亡。此外，亚硝酸与胺作用生成亚硝酸胺，有致癌和致畸作用，所以饮用水应严格控制亚硝酸的含量。

第二节 电镀废水处理的现状

一、国外电镀废水处理现状

电镀技术开始于1840年，起源于英国，到1924年形成了完整的工业体系。进入21世纪后，电镀技术已有了很大的发展，电镀的品种由电镀单一金属到二元合金，再到三元合金，又到复合材料组成的镀层；电镀基体材料由通常的钢铁、铜及其合金到轻金属（铝、镁及其合金），再到锌基合金压铸件，又到塑料、陶瓷等非金属材料，电镀设备已产生了各式各样的智能化自动生产线；电镀介质由在水溶液中进行，发展到在非水电解质中电镀；工艺也有了很大的进步，出现了高速电镀、脉冲电镀，既提高了生产效率，又节约了原材料。

国外电镀技术主要体现在新工艺、新技术、新设备的开发研究和推广应用方面，镀种多、自动化程度高、检测仪器先进。

国外在电镀废水的处理方面着重于源头处理，一些重污染技术已经淘汰。生物技术发展较快，各类菌种的培育、驯化、使用逐渐普及；化学上使用的药剂药效高，尽量做到少渣或无渣，如调节pH值时，用的是片碱，而不是石灰。尽管如此，发达国家的电镀工业还是逐渐向发展中国家转移。