

电镀废水 处理及回用技术手册

段光复 编著

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电镀废水处理及回用 技术手册

第2版

段光复 编著



机械工业出版社

本书是第2版。随着环境保护要求的提高及执行标准的严格,促进了电镀废水处理行业技术水平和管理水平的进步,推进了总量控制,循环经济,清洁生产的贯彻执行。为了适应电镀行业发展的需要,第2版对第1版的内容进行了完善和增加。完善的内容有:电镀废水三级处理技术即物理化学、生物、反渗透三级处理;电镀废水粗放分流分为综合废水、含氟废水、含油废水;60%以上中水回用;重金属回收技术。增加的内容有:在线测试仪器的原理;膜处理浓水的处理;生物相诊断法;二噁英的检测;油的测定等。

本书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,也可供大专院校有关专业师生参考。

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. —2版. —北京:机械工业出版社,2015.2

ISBN 978-7-111-53429-7

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. ①X781.103-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第067273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 责任校对:陈延翔

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2016年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·30.5印张·752千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-53429-7

定价:89.00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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

第2版前言

电镀服务于国内外冶金、交通、通信、化工、机械、电子、仪器、轻工、军工、航天、船舶等各行业，已经成为一门不容忽视、不可缺少的产业。伴生的电镀废水处理行业在环境保护要求日趋苛刻的今天，格外受到关注。

《电镀废水处理及回用技术手册》于2010年9月出版发行，全面、系统、准确地介绍了电镀废水处理的先进的技术，已成为业内人士常备的学习资料。2013年2月第二次印刷。本书出版5年来，电镀废水处理行业在处理技术和管理上有了一些进步和变化：总量控制、循环经济、清洁生产大步推进；执行的标准从2012年12月起，按GB 21900—2008《电镀污染物排放标准》的表3排放；膜的应用普及了；各种电镀废水处理在线检测仪器进一步完善；废水处理的成本提高了。

为了及时反映电镀废水处理行业的这些进步和变化，满足本行业工作者的工作要求，作者与出版社商定修订再版。第2版增加和完善了以下内容：第一章概述，修改了电镀工业园现状一小节；第四章电镀废水处理工艺进一步完善，增加了在线测试仪器的原理、膜处理浓水的处理等；第七章电镀污泥处理，提出了生物相诊断法，改写了重金属回收、污泥减量，增加了二噁英的检测、油的测定。

本书第2版第十六章化学分析及生物试验、第十七章微生物研究技术由张晶老师修订。

由于本人水平有限，修订再版后仍会有不足之处，欢迎广大读者批评指正。

段光复

第1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；镀镉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、铍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，不允许改变其他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 $1000 \text{m}^3/\text{d}$ 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

第2版前言

第1版前言

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	2
三、电镀污泥处理管理的不足	8
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	10
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
七、正确认识几个问题	10

上篇 电镀废水一、二级处理

第二章 电镀工艺简介	12
第一节 电镀基本知识	12
一、电化学	12
二、机械	14
三、电镀专用名词	15
第二节 电镀工艺	17
一、电镀阶段	17
二、电镀液的成分及主要作用	17
第三节 电镀清洁生产技术	18
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	19
三、ISO 14001 环境管理认证体系与清洁生产比较	28
第四节 电镀工业园废水处理厂的建设	29
一、厂址的选择	29
二、给水卫生	29
三、车间卫生	30
四、四大体系论证	32
五、工程设计	34
六、市场化运行经济模式	35
七、电镀工业园废水处理厂的清洁生产	35
第三章 电镀废水	38
第一节 电镀废水的来源	38
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	39
三、酸性活化废液	39
四、塑料电镀粗化废液	39
五、化学镀镍槽报废液	39
第三节 电镀废水的分类	39
一、含氰废水	39
二、综合废水	40
三、含油废水	40
第四节 电镀废水中污染物的危害	40
一、重金属	41
二、氰化物	42
三、酸与碱	43
四、油	43
五、磷与氮	43
六、其他物质——添加剂、活性剂、光亮剂及油脂皂化物	43
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	45
第二节 电镀废水处理方式的分类	47
一、按处理方式进行分类	47
二、按处理程度进行分类	48

第三节 传统电镀废水处理方法	48	计算范例	104
一、电镀废水中的重金属及氰的性质	48	一、设计参数及设备	104
二、传统电镀废水分类	49	二、工艺设计计算	105
三、传统电镀废水处理方法	49	第六节 反硝化除磷菌的增殖	111
第四节 废水处理中的各种负荷	63	一、北京试验	111
第五节 最新电镀废水处理法中的一级 处理	65	二、山东试验	112
一、电镀废水分类	65	第六章 药剂	115
二、一级处理——物理化学处理工艺	65	第一节 碱	115
三、化学镀废水处理	69	第二节 酸	116
四、印制电路板废水处理	70	第三节 絮凝剂	118
第六节 最新电镀废水处理法中的二级 处理	73	第四节 还原剂	118
一、生物处理法基本原理	73	第五节 重金属捕集剂	119
二、生物处理法优点	73	第六节 TLA 电镀废水处理剂	120
三、生物处理中微生物特性	74	第七章 电镀污泥处理	123
四、厌氧法处理原理	77	第一节 电镀污泥特性	124
五、好氧法处理原理	78	一、污泥的来源	124
第七节 工艺调试	81	二、污泥的性能指标	124
一、准备工作	81	三、污泥的成分	126
二、带负荷试车	82	第二节 污泥减量处理	126
三、微生物驯化	82	一、污泥减量处理——浓缩与压滤	127
四、工艺控制参数的确定	82	二、污泥减量其他技术	128
第八节 运行中存在的问题及解决办法	82	第三节 电镀污泥的资源化	130
一、污泥状况的分析	82	一、电镀污泥的脱毒减量	130
二、运行中其他问题	84	二、重金属回收	132
第五章 电镀废水的除磷	86	三、电镀污泥的材料化技术	139
第一节 磷、磷酸、磷酸盐	86	四、其他综合利用	140
一、磷	86	五、污泥综合利用涉及的有关技术	141
二、磷酸	87	第四节 电镀污泥填埋处理	142
三、磷的重要化合物及磷酸盐	89	一、填埋场场址的选择	142
第二节 电镀废水中的磷酸盐	90	二、工程实例	142
一、磷酸盐的性质	90	第五节 电镀污泥焚烧处理	144
二、含磷酸盐的镀液配方	93	一、污泥焚烧处理厂选址	144
第三节 化学除磷	97	二、污泥的焚烧工艺	144
一、化学沉淀法	97	三、广东省的污泥焚烧设施	147
二、氧化法	99	四、空气和废水中二噁英的测定	153
第四节 同步去除 COD、氨氮、磷	99	第八章 化学相关知识	177
一、生物脱氮的基本原理	101	一、化学基础知识	177
二、生物除磷的基本原理	101	二、无机化学	178
三、同步去除 COD、氨氮、磷的工艺	101	三、有机化学	186
四、菌种的培育	102	四、化工计算	186
第五节 A ² /O 生物脱氮除磷工艺设计		第九章 一、二级处理设备	193
		第一节 构筑物	193

一、沉砂池(综合废水池)	193	七、气动贮泥斗	248
二、沉淀池	194	八、曝气	249
三、隔油池	203	第三节 管道	251
四、调节池	204	一、管材	252
五、土建构筑物基本要求及运行方式	204	二、管件	255
第二节 机电设备	206	三、管道的安装与布置	255
一、格栅	206	四、阀门	259
二、水泵	207	第四节 仪表及控制	261
三、搅拌器	215	一、在线检测仪表原理	261
四、干粉加药机	232	二、在线分析仪器原理	264
五、压滤机	233	三、在线检测仪表	266
六、污泥输送机械	247	四、控制系统	281
中篇 三级处理——中水回用			
第十章 中水回用预处理 I——膜生物		一、设计条件	303
反应器	284	二、超滤的反洗与清洗	304
第一节 基本概念	284	三、超滤装置程控步序	305
第二节 膜	285	四、运行	306
一、膜的制造	285	第十二章 中水回用装置——反渗透	308
二、膜的构型	287	第一节 反渗透系统设计和制造	308
第三节 膜生物反应器操作工艺	288	一、反渗透概念	308
一、膜生物反应器外部要求	288	二、反渗透系统设计	309
二、膜生物反应器的原理	288	三、反渗透系统制造	314
三、膜生物反应器的稳定运行	289	四、装卸及故障排除空间	315
四、浸没式膜生物反应器的优点与		第二节 安装与拆卸	315
不足	293	一、安装前的准备	315
第四节 膜生物反应器处理系统工程		二、安装元件	316
设计	293	三、拆卸	317
一、生物反应器设计	293	第三节 操作管理	317
二、膜组件设计	295	一、运行	317
第十一章 中水回用预处理 II——		二、清洗	319
超滤	297	第十三章 三级处理用药剂	323
第一节 超滤膜技术特性	297	第一节 杀菌剂	324
一、超滤技术术语	297	第二节 清洗剂	325
二、超滤分离特性	297	一、复配酸性清洗剂	325
三、影响超滤性能的因素	298	二、复配碱性清洗剂 KleenMCT511	325
四、超滤膜组件的结构	299	第三节 脱氯剂	326
五、超滤的运行方式和清洗方式	300	第四节 阻垢剂	326
第二节 超滤膜运行	301	第五节 絮凝剂	330
一、超滤进水水质要求	301	第六节 其他杀菌方法	331
二、膜组件使用条件	302	一、紫外线杀菌	331
第三节 超滤系统设计	303	二、臭氧杀菌	336
		第十四章 三级处理设备及仪表	339

第一节 三级处理设备	339	三、袋式过滤器	351
一、多介质过滤器	339	四、保安过滤器	354
二、活性炭过滤器	347	第二节 三级处理仪表	355
下篇 实际运用			
第十五章 电镀废水处理厂工程实例 ...	357	第二节 常规水质分析	381
第一节 电镀工艺简介	357	一、六价铬检测	381
一、电镀工艺	357	二、总镍检测	383
二、电镀用药	357	三、总铜检测	384
三、电镀液配方	358	四、总氰化物检测	386
四、废水水量及水质	359	五、化学需氧量检测	388
第二节 一、二级处理——达标排放	359	六、总磷检测	390
一、达标废水排放标准	359	七、各种磷酸盐和总磷酸盐的测定	392
二、废水处理工艺	360	八、氨氮检测	396
第三节 三级处理——中水回用	361	九、油的测定	398
一、原水水质	362	第三节 污泥分析	402
二、产水水质标准	362	一、污泥的物理性质	402
三、中水回用工艺——MBR + 二级反 渗透	362	二、污泥的化学性质	403
四、产水水质	365	三、污泥的微生物学特性	405
第四节 投资	365	第十七章 微生物研究技术	406
一、总投资	365	第一节 微生物的基本研究方法	406
二、固定资产明细表	366	一、显微镜技术	406
三、流动资金	371	二、灭菌和消毒	407
第五节 工厂效益	372	第二节 微生物培养基	408
一、效益分析	372	一、培养基营养物质的来源及功能	408
二、投资回收分析	372	二、培养基的种类	409
三、管理模式探讨	372	三、培养基的配制方法	411
四、工程改进	372	第三节 微生物接种技术	413
第十六章 化学分析及生物试验	373	一、接种前的准备工作	413
第一节 仪器操作规范	373	二、接种工具的准备	414
一、DDS-11A 电导率仪器操作规范	373	三、接种方法	414
二、FA/JA 型电子天平操作规范	374	第四节 微生物基础试验	417
三、722N 分光光度计操作规范	375	一、细菌染色	417
四、L1000A 型生物显微镜操作规范	376	二、细菌的运动性观察	423
五、101 型电热干燥箱操作规范	376	三、微生物细胞大小的测定	424
六、PHS-25 实验室 pH 计操作规范	377	四、微生物细胞的显微直接计数法	426
七、JPB-607 型便携式溶解氧仪操作 规范	378	五、水中细菌总数的测定	428
八、JB 型磁力搅拌器操作规范	379	第五节 菌种保存技术	430
九、YX280B 型手提式不锈钢蒸汽消毒器 操作规范	379	一、冰箱 4℃ 保藏法	430
十、303 型电热恒温培养箱操作规范	381	二、休眠保藏法	431
		第六节 微生物生理生化鉴定	432
		一、细菌的分离和纯化	432
		二、细菌形态特征的观察	433

三、细菌培养特征的观察	434	六、生物量的计测	458
四、细菌的生理生化反应	435	附录	459
五、菌属的检索	442	附录 A 国际清洁生产宣言	
第七节 电镀废水中常见的微生物	442	(2003年12月30日)	459
一、菌属	443	附录 B 生活饮用水卫生标准	
二、细菌	445	(摘自 GB 5749—2006)	460
三、原生动物	448	附录 C 电镀污染物排放标准	
四、后生动物	451	(摘自 GB 21900—2008)	464
第八节 电镀废水的生物相诊断	451	附录 D 日本废水排放标准限值及二噁英	
一、生物相诊断技术	452	限制标准	468
二、指示生物	452	附录 E 环境空气质量标准	
三、按有机状态划分的五个群	452	(摘自 GB 3095—1996)	469
四、样品取样位置与操作	457	参考文献	472
五、生物相的显微镜观察方法	458		

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。

1. 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，然后又蒸发形成水气，循环往复。

2. 社会循环

人类为了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，这样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为 $250 \sim 500\text{m}^3$ ，北方地区的小麦需水量为 $200 \sim 300\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、玉米需水量为 $150 \sim 250\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、棉花需水量为 $80 \sim 150\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

我国水资源丰富，居世界第六位。但我国人口众多，人均占有水量为 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,如果将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,例如氮、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。如果水中 $\text{NH}^3\text{-N}$ 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;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,例如调节pH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。

二、国内电镀废水处理现状

国内电镀行业属于劳动密集型的“三来一补”企业,耗能高、排污量大、产品附加值相对较低,对环境的污染危害性较大,属重污染行业,已不符合现在发展循环经济的理念。因此,政府对这类工艺落后、污染严重的企业态度明确,以政策法规和技术支撑为保障,实施生态化改造,强化管理、逐步淘汰,对超标排放而又治理无望的企业,注册期到,一律终止,工商部门不再续期办理营业执照。执行“严格管理、提高效益、保护环境、实现资源

有效利用”的策略。

珠三角电镀品种有印制电路板、电子元器件、电脑配件、汽车部件、眼镜、卫生洁具、摩托车配件、家电、灯具、门锁、五金件、首饰、钟表等。电镀工艺有普通电镀、化学镀、复合电镀、脉冲电镀、电铸、机械镀、真空蒸镀、离子镀。单一金属有锌、铜、镍、铬、锡、金、银、铂、铑、钯、钨等。二元合金有铜基的铜镍、铜锌、铜锡；锌基的锌铜、锌镍、锌铁、锌钴；镍基的镍磷、镍钴；锡基的锡锌、锡镍、锡钴。三元合金有铜镍铬、锡钴锌。在色彩方面有黑镍、沙丁镍、黑铬、沙丁铬、枪色、古铜、光亮铜、光亮镍、彩色钝化膜、蓝白色。基体材料有金属、铝、工程塑料等。

1. 管理现状

随着经济的发展，环境保护的工作越来越重视，国家成立了环境保护部，2009年，各省相继成立环境保护厅，对开展该项工作从组织上给予保证。从2002年正式开始，政府对电镀企业进行强制管理，从那时起，电镀废水的处理有了较快的发展，人们由不认识到较熟练地掌握废水处理技术，设备由简单的几个池子，发展到今天的半自动控制的连续处理，技术、设备、管理上都取得了很大的成绩，一些难处理、多年难以解决的技术问题都已克服，政府倡导的环保意识已普及，企业界接受了“严格管理、提高效益、保护环境、实现资源有效利用”这个理念，并逐渐自觉接受强制管理。

(1) 政策管理

1) 国家出台了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，各省市也出台了相应的文件。对产生工业固体废物（电镀废水厂产生大量污泥）的单位强行建立、健全污染治理责任制度：①电镀企业成立时要经过严格审批，要备齐一系列资料，如环保审批批文，污染防治设施的评估报告书和验收资料，生产工艺流程图，投资生产规模，产品种类和数量、原辅材料种类及数量、产生的工业固体废物特别是危险废物种类数量及其收集、贮存、转移、处理情况等；②执法人员采取现场监测、采集样品、拍摄现场等措施进行监管；③重视电镀企业布局，在深圳等经济发达地区已不允许再新建电镀厂，已有的集中到工业园区，按环保局的标准进行整改，达不到要求的强制关闭。

2) 国家实行工业固体废物申报登记制度。要求有关单位如实向环保主管部门申报工业固体废物的种类、产生量、贮存、流向、处置等有关资料，如有重大改变，应当及时办理变更申报登记，产生危险废物的单位必须按照国家有关规定制定危险废物管理计划、意外事故的防范措施和应急预案，并向环保主管部门备案。

3) 加强对工业固体废物的管理，建立危险废物管理档案。做到原辅材料使用情况清晰，危险废物的产生、转移、处理情况均应有详细记录和月统计表，危险废物转移联单的保存期限为五年。

4) 工业固体废物贮存设施、场所必须按照 GB 18599—2001《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》的要求建设；危险废物贮存设施、场所必须按照 GB 18597—2001《危险废物贮存污染控制标准》的要求建设，做到“防扬散、防流失、防渗漏”。收集、贮存危险废物必须按照危险废物特性分类进行，禁止混合收集、贮存、运输、处置性质不相容且未经安全处理的危险废物；禁止将危险废物混入非危险废物中贮存；禁止露天或在公共场所堆放危险废物。

5) 对危险废物的容器和包装物以及收集、贮存、运输、处置危险废物的设施、场所设

置危险废物警告、识别标志。

6) 禁止将危险废物提供或者委托给无经营许可证的单位从事收集、贮存、运输、处置等经营活动。

(2) 排放监控

1) 环保局对排放建立在线监控平台, 要求废水处理厂安装视频监控设备, 通过远程在线信息传输, 监控处理情况。一旦发现偷排或水质不达标情况, 立即纠正, 并依法处罚。目前可监控的参数有 pH、COD、镍含量、六价铬含量。

2) 按照《中华人民共和国清洁生产促进法》, 对电镀企业清洁生产实施强制性审计, 对未能通过审计的依法处罚并纳入淘汰范围。

3) 实行排污许可证, 进行总量控制。

(3) 支持 对开展废水循环使用、废物利用、节能节水、减少排污、实现“零排放”的给予资金和技术上的支持。建立技术信息平台, 鼓励和扶持在工艺技术方面的改造创新, 使之达到循环经济的要求。

(4) 污泥用掩埋的方法解决。

2. 技术现状

1) 20 世纪, 同一种电镀废水可以有不同的治理方法, 又可以有不同的工艺流程, 各种治理方法又可以相互结合。然而, 进入 21 世纪, 环境保护要求严格, 传统的方法已不能适应高要求, 新的处理技术, 即一、二、三级工艺方法强劲地进入了新建的电镀工业园。

2) 电镀废水处理厂的性质有两类, 一类是国外大公司办的, 如富士康、日东等, 环保投资到位, 药剂注重使用效果, 各种规章制度和技术措施到位; 另一类是私营企业办的, 不是按工程建设程序来建, 而是今天有钱了添个池子, 明天有钱了再加几个罐子, 污水质量波动较大, 处理质量不达标得多, 企业素质参差不齐。

3) 新的技术不断地涌现, 但在消化吸收方面, 市场却显得力不从心, 缺人缺钱。

4) 服务性的环保公司泛滥。这类公司很多, 规模都不大, 一个老板, 两三个技术人员, 就在市场上到处接工程。老板是门外汉, 技术人员是才毕业几年的大学生, 理论与经验都不足, 做出来的工程技术不成熟, 质量差、寿命短, 要不断地改进。

5) 对混排的重金属处理常常不达标。

6) 膜技术应用在达标排放水上的污染难题没有根本解决, 膜的寿命短, 运营成本居高不下, 使一些小的工业园区业主, 虽装了回用水系统, 但很少启用, 仅仅是为了充充门面。

7) 在线控制的仪表使用, 在制造纯水方面效果较好, 但在电镀废水处理上效果不好, 因为电镀废水硬度高, 仪器管道较小, 经常发生堵塞现象, 使测量不准和仪表无法工作, 仪器虚设。

8) 综合废水的金属含量在 50 ~ 180mg/L, 有回收价值, 但用离子交换法、电解法的成本高, 使该项工作一直开展不起来。

国内电镀废水处理的工作虽已走上了轨道, 但存在的问题还不少, 许多电镀工业园区是 2003 年左右建起来的, 匆忙上马, 管理和技术都不到位, 一个城市有数十家电镀工业园区, 电镀企业工厂规模小、分散问题变成工业园区小、分散的问题; 对私营小老板来说, 废水处理厂建设投资大, 运营费用高, 因此偷排现象不断; 污泥掩埋占据了大量土地资源, 因此问题没能彻底解决。

3. 电镀工业园现状

全国已建有 230 家电镀工业园，还有许多在筹划中，估计要突破 300 家。

珠江三角洲有深圳、东莞、广州、佛山、中山、惠州、阳江、肇庆、珠海、清远、汕尾、揭阳等 120 多家；长江三角洲有上海、苏州、无锡、南京、杭州、温州、永康、芜湖、镇海、宁波、江阴等 60 多家；其他地方有西安、兰州、哈尔滨、天津、青岛、烟台、北京、大连、辽阳、福州等 50 多家。每个城市建立的工业园数量不同，有十几家的，也有几家或一家的，深圳最多，有近三十家工业园。

这几年电镀工业园区发展迅速，有利于节约使用土地资源，集中进行环境治理；有利于促进信息化和工业化融合，既是优化产业结构和布局的客观要求，又是加强行业管理的工作重点。国家政策积极推进其健康发展，但在五年内，国家级基地数量将严格予以控制。2009 年 11 月国家工业和信息化部对工业园区工作开展调查研究，并起草了《国家级重点产业发展基地认定管理暂行办法（讨论稿）》，有几个基本原则。简单地说，一是符合国家有关法律法规和产业政策；二是要具备明显的产业集聚效应；三是自主创新方面具备较高水平；四是配套服务体系完善；五是节能减排等指标达到国家有关标准；六是有地方财力支持。

电镀工业园区多建也会带来风险，因此要坚持在一个城市只设一个按循环经济理念建设的电镀工业园。

（1）电镀园区的规划定位

1) 电镀园区规划主体最好是市级以上政府。在整个制造业中，电镀是一个产业关联度很广但经济总量很小、环保投入和环保责任又特别大的行业。对财力不足的县、区、镇政府而言，建电镀园区是吃力的。另外，从综合产业基础、自然条件等因素考虑，也不是所有区县以下都有必要建设电镀园区。所以应以市级以上政府担当电镀园区规划的主体，并统筹考虑区域平衡和配套政策。

2) 电镀园区规划定位要符合地区实际。在园区选址上，必须先远离敏感水源、远离居民集聚区，建在主导季风的上游；然后再选择交通、水电配套好的地方；在园区布局上要注重集约化，统筹规划厂房布局、管网铺设、集中配套服务设施等，实现资源的高效利用；在项目准入上，必须坚持审批门槛，不搞低水平重复，不搞简单的集中归并。

3) 电镀园区规划时，必须统筹考虑各电镀企业污水排放管与污水厂管连接标准和污水厂治污工艺。企业接管标准定得高一点固然会减轻污水厂负荷，但会加重企业生产成本；企业不按接管标准排放不仅给园区监管部门带来压力，而且也让污水厂找到推脱责任的理由；接管标准定得过低，不利于减排和资源循环利用，污水厂成本和风险也会大大提高。所以在规划电镀园区时，园区企业接管标准和治污工艺选择必须慎重，经充分论证并确保普遍能遵守。

4) 在规划电镀园区的同时，政府相关部门应出台有效的政策机制。

① 建于园区外分散电镀企业（作业点），停止新、改、扩的机制和搬迁淘汰机制，给园区内电镀企业良好的竞争发展环境。

② 建于园区内电镀企业，制定有利于节能减排、资源循环利用的促进机制。

③ 建立对电镀园区建设单位和园区企业环境保护持续的财政扶持机制。

5) 电镀园区建设过程中应注意的主要问题