

离子交换除铬技术

—工业废水处理—

北京市北郊木材厂

五机部第五设计院 合编

五机部第六设计院

离子交换除铬技术

——工业废水处理——

北京市北郊木材厂
五机部第五设计院
五机部第六设计院

内 容 简 介

本书汇集了近几年来国内离子交换法处理电镀含铬废水并回收铬酸的部分科学试验成果及生产实践经验，并引用部分国外资料而编写的。书中重点介绍了双阴柱串联全饱和流程回收铬酸的经验。

全书共分概论、离子交换基础知识、离子交换除铬技术、离子交换废水处理站的设计、设备的设计、选择与施工安装、操作与管理、检测分析方法以及常用资料数据等七章，可供环境保护工作人员及工业废水处理设计，操作管理人员参考。

本书由北京北郊木材厂、五机部第五设计院、五机部第六设计院合编，由五机部第六设计院执笔。

离 子 交 换 除 铬 技 术

—工业废水处理—

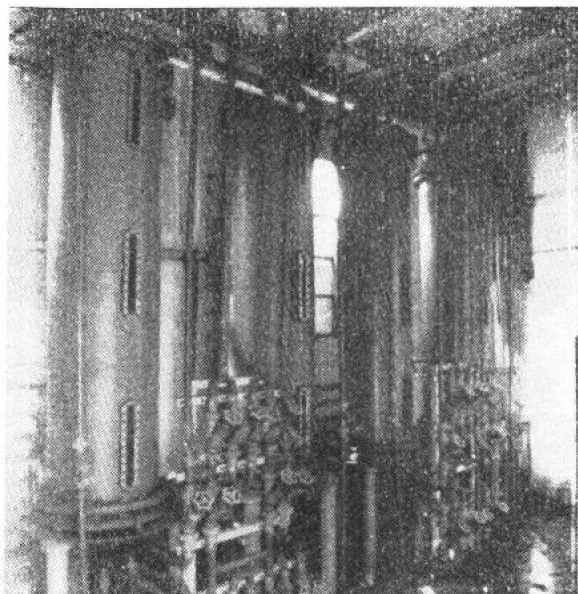
执 笔：五机部第六设计院

• 内部发行 •

河北省深泽县印刷厂印刷

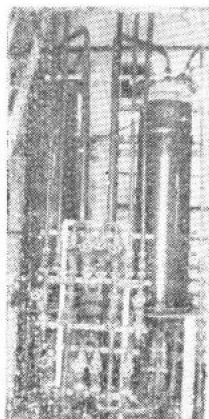
1977年12月第一次印刷

印数1—10000

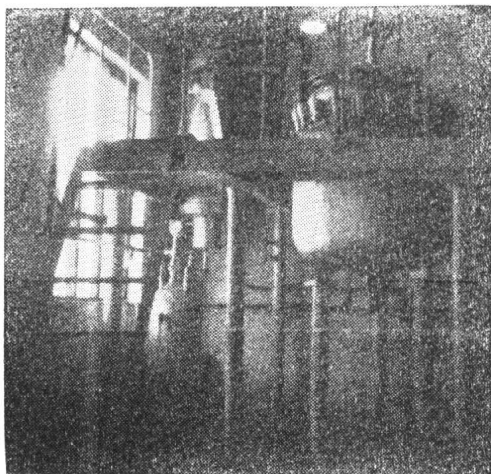


↑ 照片 1 双阴柱串联全饱和流程
($\phi 600 \times 2400$ 离子交换柱)

照片 2 →
铬酸回收系统
($\phi 500 \times 2000$ 有机玻璃柱)



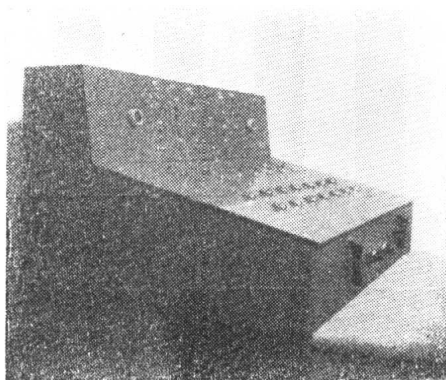
北京北郊木材厂含铬废水处理站照片



← 照片 3
铬酸减压蒸
发浓缩系统

→

照片 4
操作控制台



前 言

我们党和国家十分重视环境保护工作。在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国工人阶级和科技人员在电镀含铬废水治理方面多年来做了大量的试验研究工作，已经成功地将电解法、化学法、铁氧体法等应用于生产实践。并且试验成功了用铁屑过滤等方法处理含铬废水，为因地制宜，以废治废开辟了新途径。

国内外曾对用离子交换法处理含铬废水进行了大量研究工作。近两年来，国内在用此方法回收铬酸的问题上有所突破。在试验研究中发现了重铬酸根离子对树脂的高强亲合特性，并据此设计了双阴柱串联全饱和流程。在生产上用离子交换法已经实现了水及铬酸的循环利用，解决了过去多年未解决的回收铬酸纯度问题，达到了既消除污染又变废为宝，综合利用的目的。因此，对于离子交换法的应用和推广，受到较为普遍的关注。

为了认真贯彻执行伟大领袖毛主席关于“综合利用很重要，要注意”的教导和毛主席、周总理对保护和改善环境的重要指示，为了适应国内含铬废水治理工作的迫切需要，用实际行动向全国科学大会献礼，我们根据几年来在试验研究及生产实践中的一些粗浅认识和国内部分科学试验成果及生产实践经验，并引用部分国外资料，编写了这本“离子交换

除铬技术”。该书最初是做为五机部含铬废水治理培训班的讲义而编写的。

由于离子交换除铬技术在我国正在发展中，无论是离子交换树脂还是离子交换工艺，随着试验研究的深入和生产实践经验的积累，都将会有新的发展。因此，本书所汇集的资料是有限的。加之我们编写者的思想水平和技术水平不高，时间仓促，调查研究不够，书中可能会有不少错漏，恳切希望读者把意见告诉我们，以便更正和修改。

编 者

1977.10.

目 录

第一章 概论	1
第一节 电镀含铬废水来源、铬污染及其危害.....	1
一、电镀废水来源及特性.....	1
二、铬污染及其危害.....	2
第二节 工艺改革和漂洗方法的改进.....	4
一、采用低铬电镀、低铬纯化新工艺.....	5
二、减少镀件附着液的带出量.....	5
三、设置回收槽	
四、漂洗方法的改进	9
第三节 铬及其化合物的特性.....	15
一、三价铬化合物.....	16
二、六价铬化合物.....	17
第二章 离子交换基础知识	21
第一节 什么是离子交换树脂.....	22
一、离子交换树脂是用什么东西制成的.....	22
二、离子交换树脂的构造特点.....	23
三、离子交换树脂的物理化学性能.....	25
第二节 离子交换树脂的合成.....	29
第三节 离子交换基本原理.....	36
一、离子交换平衡.....	37

二、离子交换的亲合力和选择性	41
三、离子交换速度	49
四、工业废水处理中影响离子交换的一些因素	52
第四节 离子交换树脂的选择	63
一、树脂选择的一般原则	63
二、树脂选择举例	64
三、国内树脂牌号表	67
第五节 离子交换工艺	76
一、单阳床系统	77
二、单阴床系统	77
三、复床系统	78
四、双层床系统	79
五、混合床系统	79
六、移动床系统	79
第三章 离子交换除铬技术	82
第一节 原理	82
一、试验现象	85
二、理论分析	86
三、生产检验	89
第二节 双阴柱串联全饱和流程	91
一、废水予处理系统	91
二、废水处理系统	95
1. 漂洗水是自来水的废水处理系 统(半封闭系统)	95
2. 漂洗水是纯水循环式的废水处 理系统(全封闭系统)	101

3. 两种类型废水处理系统的优缺点比较及适用条件	101
4. 影响废水处理效果的主要因素	104
三、树脂再生系统	107
1. 阴离子交换树脂的再生	107
2. 阳离子交换树脂的再生	132
四、铬酸回收系统	135
五、铬酸的循环使用及蒸发浓缩系统	140
六、几个问题的讨论	144
1. 如何提高回收铬酸的纯度	144
2. 饱和阴柱工作终点的确定问题	145
3. 树脂用量与经济核算问题	146
第三节 其它工艺流程	153
一、全酸性流程	153
二、混合床流程	155
三、单阴床流程	160
四、体外再生的移动床流程	163
第四节 钝化含铬漂洗废水的处理	168
一、特点	168
二、工艺过程	169
第五节 电镀母液的净化与回收	176
一、镀铬母液的净化工艺过程	176
二、低铬钝化母液的净化与回收	178
三、注意问题	179
第四章 含铬废水处理站的设计	181
第一节 搜集原始资料	181

一、废水排放量	181
二、废水水质及含 Cr^{6+} 浓度	183
三、明确对废水处理的要求	185
四、全面了解当地设备材料的供应情况	186
第二节 确定初步设计方案	186
一、工艺流程的确定	186
二、主要设备的确定	194
三、总体方案平面布置	194
第三节 设计与计算	201
一、废水予处理系统的设计	201
二、离子交换除铬系统的设计	208
三、再生系统的设计	217
四、稀铬酸回收系统的设计	225
五、蒸发浓缩	230
六、所需池子容积的确定	235
七、管道设计与水泵选择	235
八、设计计算举例	238
第四节 对各专业的要求	243
一、建筑设计	243
二、电力照明设计	244
三、气体动力设计	244
四、给水排水设计	244
五、采暖通风设计	244
第五节 设计图低及说明书	245
一、流程原理图	245
二、平面布置图	245

三、管道透视图	245
四、剖面图	245
五、其它专业图	245
六、设备材料表	245
七、设计预算	246
八、设计说明	246
第五章 设备的设计、选择与施工安装	247
第一节 离子交换柱	248
一、柱体结构	248
二、柱体材料	251
三、交换柱强度计算	260
四、标准离子交换柱的选择	265
第二节 水射器	269
一、水射器工作原理及组成	269
二、水力提升器设计与计算	271
第三节 标准材料设备的选用	275
一、过滤设备	275
二、转子流量计	275
三、管道、管件及阀门	280
第四节 施工安装	285
一、安装前的准备工作	285
二、设备的安装要求	285
三、硬聚氯乙烯管的安装	288
四、耐酸陶瓷管的安装要求	293
五、工程验收	293

第六章 操作与管理	295
第一节 操作管理人员必备的基本常识	295
一、关于水质方面的一般常识	295
二、关于离子交换的一般常识	297
三、关于简易检测分析方法的一般常识	298
第二节 离子交换树脂的使用	301
一、离子交换树脂的选择	301
二、树脂的预处理	301
三、树脂活化的方法	304
四、树脂使用中应注意的问题	305
第三节 操作管理内容	306
一、运行前的准备工作	306
二、运行过程中的操作管理内容	307
三、泵的操作运行	310
四、配制和输送酸碱时的安全注意事项	311
五、组织管理	311
第四节 离子交换除铬运行中可能发生的问题及解决办法	315
一、阴柱 Cr^{6+} 提前泄漏怎么办	315
二、回收铬酸中 Cl^- 离子含量突然增高怎么办	316
三、再生效率突然降低怎么办	316
四、系统不出纯水怎么办	316
五、脱 Na^+ 柱的铬酸回收量降低怎么办	317
第七章 离子交换法处理含铬废水有关物质的检测	
分析方法	318
一、铬酐的测定（亚铁滴定法）	318

二、微量铬的测定（二苯偕肼比色法）	320
三、三价铬的测定（亚铁滴定法）	321
四、氯根的测定（氯化银重量法）	323
五、硫酸根的测定（硫酸钡重量法）	324
六、镀铬废水阴柱再生液中硝酸的测定	325
七、再生剂盐酸溶液浓度的测定（中和法）	327
八、再生剂氢氧化钠溶液浓度的测定（中和法）	329
九、阳柱出水中铜的比色法测定	330
十、阳柱再生液中铜的测定（碘量法）	331
十一、阳柱再生液中六价铬及三价铬的测定 （容量法）	333
附录	336
附图 1. 硬聚氯乙烯管水力计算图	336
附表 1. 离子交换柱及各种槽（池）选用参数表	338
附表 2. 钢管水力计算表	347
附表 3. 氢氧化钠水溶液的密度	350
附表 4. 盐酸水溶液的密度	353
附表 5. 硫酸水溶液的密度	355
附表 6. 氯化钠水溶液的密度	360
附表 7. 重于水的液体的波美度与比重的关系	362
附表 8. 浓度公式换算	363
附表 9. 毫克/升与毫克当量/升换算表	365
附表10. 水的各种硬度单位及换算	366
附表11. 氢氧化钠浓度与PH关系表	367
附表12. 不同浓度的HCl及NaOH溶液的PH值	368
附表13. 水的运动粘滞系数	369

附表14. 筛目表	371
附表15. 筛目尺寸对照表	372
附表16. 常用原素原子量表	377
附表17. 局部阻力系数表	378
附表18. 不同树脂层高度和滤速的水头损失	380
附表19. 几种常用药剂的性能及规格	381

第一章 概 论

重金属铬及其化合物在工业生产各个领域有着广泛的应用，是冶金工业、金属加工工业、电镀、制革、油漆、颜料、印染、制药、照像制版工业等必不可少的原料。如镀铬行业应用的主要原料就是铬酸。由于镀铬层具有许多独特的优点：光泽明亮美丽、硬度高、耐热、耐磨擦、耐腐蚀等，在电镀领域中占有特殊地位，无论是民用生产还是国防工业都离不开它。以上这些工业部门点多面广，每天排出大量含铬废水，粉尘或蒸气，必须加以治理。否则，会造成对环境的污染和危害。

第一节 电镀含铬废水主要来源、 铬污染及其危害

一、电镀含铬废水的主要来源及特性

1. 废电镀液：在电镀生产工艺中，电镀母液经多次使用后，产生重金属或其它杂质的积蓄，超过一定含量时会影响电镀质量，需要倒槽过滤，或净化处理以恢复电镀母液的工作能力。在倒槽过滤过程中会产生少量废弃的镀液，浓度很高，回收价值很大，必须妥善处理，如果任意排放，危害极大，排入湖、河、沟、农田会造成局部地区牲畜，鱼类等中毒死亡。

2. 镀件漂洗废水：这是电镀车间排出的最经常大量的含铬废水，包括镀铬漂洗废水和钝化漂洗废水以及电镀过程中跑、冒、滴、漏的废弃镀液，是我们处理及回收的主要对象。排水量小者每小时一个立方左右，大者每小时几十个立方。镀铬漂洗废水六价铬浓度一般在20~150ppm，钝化漂洗废水六价铬浓度变化幅度较大，有时可达200~300ppm。漂洗废水中还含有三价铬、铜、铁、锌、镍、镉等重金属离子以及硫酸根、硝酸根、氯根等阴离子。正常漂洗水PH值在4~6之间变化。

含 铬 漂 洗 废 水 PH 值

表 1—1

六价铬浓度 (mg/l)	PH值
25~100	6~5
100~200	5~4

3. 其它排水：冲刷地坪，刷洗极板以及通风冷凝或洗滌的一部分废水。这部分废水量不大，但除含有六价铬及重金属离子外，还夹带泥沙，均需处理后排放。

二、铬污染及其危害

1. 铬在人体中的作用及其危害

(1) 铬是人体营养中重要的微量元素

铬是生物机体必须的金属元素，也是人体营养中的重要微量元素。摄取微量铬不但对人体无害，而且是必须和有益的。

人体内长期缺铬症状为糖耐量受损，严重者可导致糖尿病和高血糖症。另据动物试验证明，慢性铬缺乏可导致某些慢性疾病的发生和动脉粥样硬化症等。因此，人体内需维