

湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项目申报表

项目名称：电镀废水离子交换法分离技术的实验研究				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学号	专业	性别	入学年份
窦博青	201467090412	应用化学	男	2014年
黄才友	201467090416	应用化学	男	2014年
贺连皓	201467090414	应用化学	男	2014年
梁爱苹	201467090310	应用化学	女	2014年
雷婷	201467090406	应用化学	女	2014年
指导教师	杨晓焱	职称	副教授	
项目所属一级学科	化工	项目科类(理科/文科)	理科	
<p>学生曾经参与科研的情况</p> <p>项目负责人窦博青同学自入校以来一直参与专业相关的科研，尤其在离子交换树脂应用去除水中离子方面，进行了大量的文献阅读和实验工作，曾获得三等奖学金。小组成员黄才友等同学参加了2015~2016年度的科技立项研究，获得国家励志奖学金一次，一等奖学金和二等奖学金，获得三好学生、优秀团员等称号，并获得校级分子模型大赛一等奖，美食文化节三等奖，优秀军训征文。小组成员梁爱苹同学曾获得二等奖学金两次，获得三好学生、优秀团员等称号，曾获校级陶艺大赛一等奖。小组成员贺连皓同学曾获得第十届社团风采节先进工作个人，第六届分子模型大赛三等奖，军训征文优秀奖，三等奖学金一次。小组成员雷婷曾获校节能减排一等奖，2015暑期三下乡先进个人，校暑期社会实践报告三等奖，校陶艺一等奖，校标本大赛三等奖。</p> <p>小组成员在离子交换树脂应用去除水中离子方面，已经进行了一段时间的实验研究，且小组成员在科研创新领域有着浓厚的兴趣，积极主动参与，希望通过自己的实验研究，在水质净化与处理、节能减排、绿色能源等方面贡献自己的微薄之力。</p>				

指导教师承担科研课题情况

- 1、新型 gemini 缓蚀剂界面特性的 NMR 研究，波谱与原子分子物理国家重点实验室开放室基金项目 T09，2009.01-2011.12，5 万，负责人，已结题；
- 2、化学驱油剂分子相互作用机制的 NMR 研究，自然科学基金 20373087，2004.01-2006.12，22 万，主要成员排名 4，已结题；
- 3、变压器油老化过程组分变化的 NMR 研究，波谱与原子分子物理国家重点实验室开放室基金项目 T152809，2008.01-2010.12，2 万，排名 2，已结题；
- 4、基于纳米固体催化剂生物柴油高质化技术的研究，科技部项目 G2008AA05Z405，2008.01-2010.12，80 万，参与，已结题；
- 5、竹炭负载 Ce 掺杂纳米 TiO₂ 光催化氧化法降解甲醛，长沙市科技局，2008.3.24-2010.6.24，15 万，参与，已结题。
- 6、岩心核磁扫描实验等两项测试，横向项目，2015.4-2017.4，20 万，参与，在研。

项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

研究和实验的目的

电镀废水成分复杂，除含有氰化物和酸碱废水外，其所含的重金属毒性巨大，包括铜、锌、铬、镍、铅、铂、金、银等，因此电镀废水污染已经成为当今最严重的环境污染问题之一。目前，处理电镀废水的主要技术有化学沉淀法、离子交换法、吸附、膜过滤、电化学处理技术等。电镀废水处理工艺中常利用离子交换树脂（或是其他材料合成的离子交换剂）对重金属离子进行置换，去除重金属离子达到提高水质的目的。本课题中不仅利用树脂的交换特性，而且利用树脂与不同离子交换亲和力不同的特性，将其中的离子根据其树脂的交换亲和力顺序，进行分离。目的是将这些有害离子富集、分离纯化后进行回用或回收处理，减少含重金属废液和固废的释放，并应用于其他重金属废水治理和受重金属污染严重的生态系统的修复中。这能够有效地解决水体和土壤的重金属污染，并将分离产物回用或贵金属回收，具有很高的环保效益和经济效益。

研究内容

(1) 根据电镀废水有机物等含量高的特性选择大孔型离子交换树脂作为吸附介质，拟利用强酸阳树脂、弱酸阳树脂、强碱阴树脂和弱碱阴树脂不同形态时的交换亲和力顺

序特性实现对离子的选择性交换和脱吸；

(2) 用混合树脂进行离子交换实验，主要针对长株潭区域污染较严重的重金属离子废水排放处理和回用，研究强、弱型阴、阳树脂混合比例和形态对吸附选择的影响，以及废水中初始杂质离子浓度、pH 值、温度等条件对选择性和去除效率的影响。

(3) 根据特定离子的流出曲线，确定交换和脱吸条件。

(4) 选择合适的再生剂尽量简化混合离子交换树脂的再生过程和提高再生效果，使其具有更好的可行性、经济效益和市场推广应用前景。

拟解决的主要问题：利用阴、阳混合树脂的交换选择性顺序和平衡特性，除去并分离水中离子态、络合态、胶体态的有害离子。

国内外研究现状和发展动态

国内外研究现状：

电镀废水成分复杂，除含氰废水和酸碱废水外，还含有铬、镍、镉、铜、锌、金、银等重金属污染物。这些物质进入环境，必定会对人类健康及生态环境产生严重的危害[1]。

目前，处理电镀废水的主要技术有化学沉淀法、离子交换法、吸附、膜过滤、电化学处理技术等。化学沉淀法是为经济有效的方法，因其技术成熟、操作简单，可同时去除电镀废水中多种金属，因此得到广泛的应用，但同时也存在着化学药剂的二次污染和固废重金属污染的问题[2]。离子交换法操作简单，便捷，残渣稳定，相比而言，离子交换法能处理大容量的重金属工业废水，并且在电镀车间能直接循环利用这些金属，回收率达97%以上，但也存在着前期处理和再生酸碱耗的问题[3]。膜分离法是利用高分子所具有的选择性进行物质分离的技术，包括反渗透、超滤、纳滤等，纳滤能有效地去除废水中的镍、铬、铜、砷等，操作简单、可靠，能源消耗相对较低，污染物去除效率高，因此正在受到越来越多的关注[4, 5]。电化学方法是利用金属的电化学性质，处理含有高浓度电沉积金属废水的一种有效方法，处理效率高，便于回收利用，而且随着日益严格的污水排放标准，它的重要性也日益凸显，但缺点是初始投资高，供电贵，使它们还没有广泛地被使用[6]。

离子交换、吸附是处理电镀废水目前研究较多的方向之一，离子交换树脂有螯合性树脂、两性树脂、凝胶型离子交换树脂、大孔交换树脂等多种类型，离子交换树脂法曾是我国电镀废水治理中应用最广泛的技术。纵观离子交换技术的发展历史及其在电镀废水治理中的应用现状，离子交换法的主要功能有：1)去除各种有害重金属离子，以应付今后将日趋严格的排放标准；2)脱盐用，如化学法处理后，再经树脂交换脱盐作末道把关；3)回收废水中的有价值金属，如金、银、铜、镍、铬等；4)提高水的循环利用率，节约日益匮乏的水资源；5)在多道逆流漂洗后，用于废水净化形成闭路循环[7]。

发展动态：

随着我国日趋严格的排放标准，电镀废水排放标准从《污水综合排放标准（GB8978-1996）》提高到了《电镀污染物排放标准（GB21900-2008）》，而且很多地区集中化管理，建立了电镀工业园区，因此电镀废水中离子种类和含量变化会更加复杂。这对电镀废水处理工艺的发展也提出了集中化、一体化、零排放等新的要求，因而离子交换树脂也从早期电镀废水单一治理、达到排放，转换为近年以优化组合技术为特征的电镀废水综合治理中的重要角色，如零排放的“闭路循环工序化”发展，即逆流漂洗→离子交换→蒸发浓缩的组合工艺——离子交换蒸浓法，针对废水成分不同，国内也出现了逆流漂洗→蒸发浓缩→离子交换的组合技术。随着离子交换连续化工艺和新型离子交换树脂（纤维）的不断涌现，离子交换技术也可以与化学沉淀法、膜处理技术、电解法等组合起来，在电镀废水深度处理、高价金属盐类的回收、提高水的循环利用率和符合日趋严格的排放标准中，发挥更大的作用，使离子交换的应用还会有某种程度的扩大。而根据重金属工业废水中所需去除离子的不同，筛选出对去除离子有较高选择性的合理树脂或通过运行条件的调整实现这种选择性，是实现离子交换树脂更广泛应用的关键[8~10]。

参考文献

- [1]姜玉娟, 陈志强. 电镀废水处理技术的研究进展[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(3): 45~48;
- [2]徐灵, 王成端, 姚岚. 重金属废水处理技术分析 with 优选[J]. 广州化工, 2006, 34(6):44~46;
- [3]崔志新, 任庆凯, 艾胜书等. 重金属废水处理及回收的研究进展[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(12):375~377;

- [4]包子健. 电镀废水纳滤膜(NF)浓缩回用研究(硕士学位论文), 浙江大学, 2012;
- [5]林兰, 张国亮, 孟琴, 章宏梓. 膜技术在电镀废水资源化过程中的应用[J]. 全国化学工程与生物化工年会, 2006.11;
- [6] Belkacem M., Khodir M., Abdelkrim S., Treatment characteristics of textile wastewater and removal of heavy metals using the electroflotation technique[J]. Desalination, 2008, 228(1-3): 245~254;
- [7]李健, 石凤林, 尔丽珠, 张惠源. 离子交换法治理重金属电镀废水及发展动态[J]. 电镀与精饰, 2006, 25(6):28~31;
- [8]李红艳, 李亚新, 李尚明. 离子交换技术在重金属工业废水处理中的应用[J]. 水处理技术, 2008, 34(2):12~16.
- [9] D. Petruzzelli, G. Tiravanti, R. Passino, Cr(III)/Al(III)/Fe(III) ion binding on mixed bed ion exchangers. Synergistic effects of the resins behaviour[J], Reactive & Functional Polymers, 1996, 31:179-185;
- [10] V.K. Koul, A.K. Gupta, Uptake of sodium chloride by mixture of weakly acidic and weakly basic ion exchange resins: equilibrium and kinetic studies[J], Chemical Engineering Science, 2004, 59:1423-1435.

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

本课题小组已经查找并阅读了大量关于电镀废水处理方面的相关文献, 熟练地掌握了离子交换实验的操作方法, 进行了课题相关的试验研究和理论验证, 对该项目具有较深入的了解。

本课题小组前期研究了阳、阴弱型混合离子交换树脂的分离过程, 并研究了 H 型弱型阳离子交换树脂与 Cu^{2+} 离子的反应及其逆反应过程, 发现 Na^+ 离子浓度较高的溶液也不能完全置换出树脂中的 Cu 离子, 而 4% 的 HCl 溶液中的 H^+ 离子则反应进行度高, 将失效的阳离子交换树脂再生成 H 型。且研究了阳离子交换树脂 Na^+ 溶液与 H 型树脂交换和 Ca^{2+} 溶液与 Na 型树脂交换的出水水质变化曲线和特性, 掌握了树脂相与溶液相离子交换的特性。并通过实验过程的实践, 修正了一些实验研究中可能出现的意外情况。

此外, 小组成员还认真学习了仪器分析方法, 掌握了课题所需要的分析检测技术的学习, 为研究打下了坚实的基础。

项目的创新点和特色

离子交换树脂虽然在电镀废水处理方面已经有大量的研究和应用，但是很多都集中在利用特定树脂对离子的选择性来实现对有害重金属离子的吸附和回收，本课题视角独特，利用常用离子交换树脂在不同水质条件和不同形态的树脂与不同离子交换亲和力不同的特性，将其中的离子根据其树脂的交换亲和力顺序，进行分离，实现纯化回用、循环利用的目的。

在交换阶段，尝试利用阴、阳树脂的交换平衡，实现选择性交换水中部分离子，在脱吸过程，利用不同的再生溶液或不同混合溶液配比，控制离子洗脱，使混合的离子分离，方便后续的贵金属回收或溶液回用过程，实现废水的“零排放”，提高经济效益。

项目的技术路线及预期成果

1、项目技术路线

(1) 根据电镀废水特性选择大孔型离子交换树脂作为吸附介质，拟利用强酸阳树脂、弱酸阳树脂、强碱阴树脂和弱碱阴树脂不同形态时的交换亲和力顺序特性实现对离子的选择性交换和脱吸；

(2) 用混合树脂进行吸附实验，主要针对长株潭区域污染较严重的含重金属离子的废水，实现去除电镀过程废液中进入的离子，实现回用；或者去除有害离子，进行排放。

(3) 根据特定离子的流出曲线，确定交换和脱吸条件。

(4) 选择再生剂实现混合离子交换树脂不分离再生的过程，减少再生废液排放量和浓度，使其具有更好的经济效益和市场推广应用前景。

2、预期成果

(1) 通过本项目的研究，完成离子交换树脂对混合废水中多种离子的分离过程和减少再生污染的影响。

(2) 归纳整理相关实验数据，形成项目研究报告。

(3) 争取发表论文 1~2 篇或申报相关 1 项专利。

年度目标和工作内容（分年度写）

2016.11-2017.5: 研究阴、阳树脂混合比例和形态对吸附选择的影响, 以及运行条件对选择性和去除效率的影响。

2017.5-2017.10: 混合树脂分离工艺研究, 并选择合适的再生剂, 并研究实现分步洗脱的工艺条件。

2017.11-2018.4: 选择合适的再生剂, 尝试实现混合树脂的再生。

2018.4-2018.12: 整理实验数据, 编写论文或申请专利。

指导教师意见

该课题选题新颖, 小组成员利用学到的专业相关知识, 解决社会实际中急待解决的问题, 具有一定的社会效益、环保效益和经济效益, 符合“两型社会”的建设目标, 研究方案切实可行, 且研究小组已开展了部分相关的实验研究工作, 工作基础良好。同时, 小组成员思维活跃, 分工明确, 协调合作, 懂得利用自身优势, 有效的结合专业资源, 扑捉社会需求信息。因此同意推荐他们参加“湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目”。

签字:

日期:

注: 本表栏空不够可另附

