

一、项目名称

复合高分子絮凝剂的絮凝行为和作用机制研究

二、申报奖种

自然科学奖

三、推荐单位

山东大学

四、项目简介

化学混凝沉淀是水和废水处理中广泛应用的处理技术，混凝效果的好坏关键取决于絮凝剂的品质。为了进一步提高混凝效果，复合高分子絮凝剂的研发是国内外混凝技术领域研究热点课题。本项目以在水和废水混凝处理中广泛应用的铝盐、硅酸盐、聚二甲基二烯丙基氯化铵、聚环氧氯丙烷-二甲胺等混凝剂为原料，基于它们的化学组成和分子结构特征，通过控制聚合铝盐的有效浓度和盐基度（B）、硅酸盐的活化条件和活化硅酸的聚集度、聚二甲基二烯丙基氯化铵（PDMDAAC）和聚环氧氯丙烷-二甲胺（EPI-DMA）的合成工艺参数、聚集度和荷电量，研制出了系列高效、稳定的复合高分子絮凝剂，揭示了复合高分子絮凝剂产品中各组分之间的互相作用、以及该相互作用对产品的性能、混凝行为和混凝效果的影响情况，阐明了不同类型的复合高分子絮凝剂的作用机制，为新型、高效复合高分子絮凝剂的研发和应用奠定了理论基础。取得的主要科技创新成果如下：

(1) 研制出了新型、高效、稳定的聚硅氯化铝复合絮凝剂产品，揭示了产品中聚硅酸与铝的水解产物间存在的相互作用、以及该相互作用对铝的水解-聚合历程、水解聚合物的大小及结构形貌、形态分布及转化规律、带电特性以及混凝效果等的影响情况；发现在该复合絮凝剂中，聚硅酸的存在影响铝盐的水解-聚合过程，铝盐水解后形成的中间聚合形态（Alb）中并不全是由聚十三铝（Al13）组成，而是包含了一些其它铝硅络合新形态；对聚硅氯化铝而言，不能像 PAC

那样把 Al₁₃ 含量的高低来作为判断其混凝效果好坏的判据。

(2) 发明了聚合铝(铁)盐-PDMDAAC 新型无机-有机复合高分子絮凝剂的制备工艺技术, 研制出了高效、稳定的聚合铝(铁)盐-PDMDAAC 复合高分子絮凝剂; 揭示了聚合铝(铁)盐与 PDMDAAC 之间的相互作用、以及该相互作用对铝(铁)的形态分布和转化、混凝剂的混凝行为和混凝效果的影响规律; 发现该复合絮凝剂的凝效果密切与聚合铝(铁)盐的 B 值、PDMDAAC 的含量(P%) 和分子量(η) 相关, 聚合铝(铁)盐-PDMDAAC 主要是通过吸附电中和作用和吸附架桥作用去除水体中污染物的。

(3) 发明了聚合铝(铁)盐-EPI-DMA 新型无机-有机复合高分子絮凝剂的制备工艺技术, 实现了聚合铝(铁)盐与 EPI-DMA 的协同增效, 研制出了 EPI-DMA 含量高且性能稳定的高效聚合铝(铁)盐-EPI-DMA 复合高分子絮凝剂产品, 揭示了聚合铝(铁)盐与 EPI-DMA 之间的相互作用、以及该作用对产品的性能、混凝行为和凝聚效果的影响规律, 明确了其混凝作用机制。

本项目已发表学术论文 296 篇, 有 207 篇被 SCI 收录, 在 SCI 中被引用总数 1452 次, 其中他引 1123 次; 获授权发明专利 9 项。10 篇代表性论文的平均影响因子为 4.788, 被 SCI 他引 326 次。在基础理论研究成果指导下研发出的产品已进行技术成果转化, 产生了显著的经济效益、社会效益和环境效益。本项目引领了我国混凝科学与技术的发展, 带动了水和废水处理化学品技术进步。

五、主要完成人情况表

1、姓名: 高宝玉 排名: 1 技术职称: 教授

工作单位: 山东大学

完成单位: 山东大学

对本项目技术创造性贡献:

(1) 代表性论文 1-10 的第一作者或通讯作者, 2 项鉴定成果均为第一完成人;

(2) 本项目授权的 9 项中国发明专利第一发明人；

(3) 对发现点 1 的贡献：揭示了产品中聚硅酸与铝的水解产物间存在的相互作用以及该相互作用对聚硅氯化铝复合絮凝剂的性能、作用行为及混凝效果等的影响情况；发现在聚硅氯化铝中 Al_b 中并不都是由 Al₁₃ 形态组成，不能像 PAC 那样把 Al₁₃ 含量的高低来作为判断其混凝效果好坏的判据。

(4) 对发现点 2 的贡献：揭示了聚合铝（铁）盐与 PDMDAAC 之间的相互作用、以及该相互作用对铝（铁）的形态分布和转化、混凝剂的混凝行为和混凝效果的影响规律；

(5) 对发现点 3 的贡献：揭示了聚合铝（铁）盐与 EPI-DMA 之间的相互作用、以及该作用对产品的性能、混凝行为和凝聚效果的影响规律，明确了其混凝作用机制。

曾获国家科技奖励情况：

(1) “受污染引黄水库水净化处理关键技术装备研究与示范工程” 成果获 2011 年度山东省科技进步一等奖，第 5 获奖人；

(2) “新型水和废水处理用混凝剂与吸附材料研制及性能” 成果获 2013 年度山东省科技进步一等奖，第 1 获奖人。

2、姓名：王燕 排名： 2 技术职称：副教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 代表性论文 6 的第一作者、代表性论文 1、2、3、7、9 和 10 的主要作者，鉴定成果 2 的主要完成人；

(2) 本项目授权的 7 项中国发明专利主要发明人；

(3) 对发现点 2 的贡献：发明了聚合铝（铁）盐-PDMDAAC 新型无机-有机复合高分子絮凝剂的制备工艺技术，研制出了高效、稳定的聚合铝（铁）盐

-PDMDAAC 复合高分子絮凝剂；揭示了聚合铝（铁）盐与 PDMDAAC 之间的相互作用、以及该相互作用对铝（铁）的形态分布和转化、混凝剂的混凝行为和混凝效果的影响规律，明确了混凝作用机理。

曾获国家科技奖励情况：

“新型水和废水处理用混凝剂与吸附材料研制及性能” 成果获 2013 年度山东省科技进步一等奖，第 2 获奖人。

3、姓名：岳钦艳 排名： 3 技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 代表性论文 3 的第一作者、其它 9 篇代表性论文的主要作者，2 项鉴定成果均为第二完成人；

(2) 本项目授权的 8 项中国发明专利主要发明人；

(3) 对发现点 3 的贡献：发明了聚合铝（铁）盐- EPI-DMA 新型无机-有机复合高分子絮凝剂的制备工艺技术，研制出了 EPI-DMA 含量高且性能稳定的高效聚合铝（铁）盐- EPI-DMA 复合高分子絮凝剂产品，揭示了聚合铝（铁）盐与 EPI-DMA 之间的相互作用、以及该作用对产品的性能、混凝行为和凝聚效果的影响规律，明确了其混凝作用机制。

曾获国家科技奖励情况：

(1) “基于污泥和工业固体废物的环境友好材料的研制和应用” 成果获 2015 年度教育部技术发明二等奖，第 1 获奖人；

(2) “新型水和废水处理用混凝剂与吸附材料研制及性能” 成果获 2013 年度山东省科技进步一等奖，第 3 获奖人。

4、姓名：魏锦程 排名： 4 技术职称：工程师

工作单位：中国城市规划设计研究院城镇水务与工程研究分院

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 代表性论文 1、7 和 10 的第一作者，代表性论文 2、6 和 9 的主要作者；

(2) 对发现点 2 的贡献：发明了聚合铁盐-PDMAAC 新型无机-有机复合高分子絮凝剂的制备工艺技术，研制出了高效、稳定的聚合铁盐-PDMAAC 复合高分子絮凝剂；揭示了聚合铁盐与 PDMAAC 之间的相互作用、以及该相互作用对铁的形态分布和转化、絮凝剂的混凝行为和混凝效果的影响规律，明确了混凝作用机理。

曾获国家科技奖励情况：

无。

5、姓名：曹百川 排名： 5 技术职称：讲师

工作单位：北京交通大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 代表性论文 5 的第一作者；

(2) 对发现点 3 的贡献：基于聚合铁盐与 EPI-DMA 的化学特性，研制出了 EPI-DMA 含量高且性能稳定的高效聚合铁盐- EPI-DMA 复合高分子絮凝剂产品，揭示了聚合铁盐与 EPI-DMA 之间的相互作用、以及该作用对产品的性能、混凝行为和凝聚效果的影响规律，明确了其混凝作用机制。

曾获国家科技奖励情况：

无。

6、姓名：杨忠莲 排名： 6 技术职称：讲师

工作单位：东南大学

完成单位：山东大学

对本项目技术创造性贡献：

(1) 代表性论文 4 的第一作者，代表性论文 5 的主要作者；

(2) 对发现点 3 的贡献：基于聚合铝盐与 EPI-DMA 的化学特性，研制出了 EPI-DMA 含量高且性能稳定的高效聚合铝盐- EPI-DMA 复合高分子絮凝剂产品，揭示了聚合铝盐与 EPI-DMA 之间的相互作用、以及该作用对产品的性能、混凝行为和凝聚效果的影响规律，明确了其混凝作用机制。

曾获国家科技奖励情况：

无。

六、代表性论文专著目录

序号	名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码	SCI 他引次数	他引总次数
1	Comparison of coagulation behavior and floc structure characteristic of different polyferric-cationic polymer dual-coagulants in humic acid solution/ Water Research /J.C. Wei, B.Y. Gao*, Q.Y. Yue, Y. Wang	5.991	2009,43(3):7 24-732	69	116
2	Color removal from simulated dye water and actual textile wastewater using a composite coagulant prepared by polyferric chloride and polydimethyldiallylammonium chloride/ Separation and Purification Technology /Bao-Yu Gao *, Yan Wang, Qin-Yan Yue, Jin-Cheng Wei, Qian Li	3.299	2007,54(2):1 57-163	68	96
3	Synthesis of polyamine flocculants and their potential use in treating dye wastewater/ Journal of Hazardous Materials /Q.Y. Yue, B.Y. Gao, , Y. Wang, H. Zhang, X. Sun, S.G. Wang, Roy R. Gu	4.836	2008,152(1): 221-227	41	52
4	Synthesis and characterization of hydrophobically associating cationic polyacrylamide/ Chemical Engineering Journal /Zhong Lian Yang, Bao Yu Gao* , Chun Xiao Li, Qin Yan Yue, Bin Liu	5.31	2010,161(1-2):27-33	44	51
5	The impact of pH on floc structure characteristic of polyferric chloride in a low DOC and high alkalinity surface water treatment/ Water Research /Baichuan Cao, Baoyu Gao*, Xin Liu, Mengmeng Wang, Zhonglian Yang, Qinyan Yue	5.991	2011,45(18): 6181-6188	16	42
6	The characterization and flocculation efficiency of composite flocculant iron salts- polydimethyldiallylammonium chloride/ Chemical Engineering Journal /Yan Wang, Baoyu Gao*, Qinyan Yue, Jincheng Wei, Qian Li	5.31	2008,142(2): 175-181	36	48

7	Performance and mechanism of polyferric-quaternary ammonium salt composite flocculants in treating high organic matter and high alkalinity surface water/ Journal of Hazardous Materials /J.C. Wei, B.Y. Gao*, Q.Y. Yue, Y. Wang, L. Lua	4.836	2009,165(1):789-795	36	46
8	The chemical species distribution and transformation of polyaluminum silicate chloride coagulant/ Chemosphere / Baoyu Gao*, Qinyan Yue, Bingjiang Wang	3.698	2002:46(6):809-813	27	44
9	The size and coagulation behavior of a novel composite inorganic-organic coagulant/ Separation and Purification Technology /Bao-Yu Gao*, Yan Wang, Qin-Yan Yue, Jin-Cheng Wei, Qian Li	3.299	2008,62(3):544-550	25	42
10	Effect of dosing method on color removal performance and flocculation dynamics of polyferric-organic polymer dual-coagulant in synthetic dyeing solution/ Chemical Engineering Journal /Jincheng Wei, Baoyu Gao, Qinyan Yue, Yan Wang	5.31	2009,151(1-3):176-182	26	38