

2012 年度山东省优秀博士学位论文（获得者耿启金）

研 究 生：耿启金

导 师：郭庆杰 教授

论文题目：环隙流化床中纳米颗粒聚团流态化/光催化降解 VOCs 的研究

主要研究内容及创新性：依托自主设计完成的环隙光催化流化床反应器，研究了环隙流化床反应器中纳米P25颗粒聚团流态化特征和光催化降解苯和环己烷动力学规律；建立了颗粒聚团模型，揭示了环己烷和苯的吸附与操作气速、初始浓度、湿度等因素的关系，并由吸附动力学方程和能量控制模型对环己烷/苯的吸附进行验证。研究了光催化降解气态污染物环己烷和苯的动力学规律，建立了聚团颗粒光催化反应动力学模型，揭示了湿度、操作气速和目标物的初始浓度因素对光催化降解率的影响；通过对光催化降解产物的分析，提出光催化降解可能的途径和过程，并对由此引起的催化剂失活现象进行了分析。

对比近年来的研究成果，本研究具有以下四个方面的创新：

（1）环隙流化床光反应器强化了催化剂颗粒、VOCs 以及紫外光辐射的有效接触和传质，丰富了光催化反应器操作的理论；本项目提出了综合研究光辐射传递方程、环隙流化床双流体模型和多组分 VOCs 反应动力学方程，可以深刻揭示光辐射和气固流动对光降解 VOCs 的耦合机理。

（2）以研究光催化降解动力学为基础，分析多组分的选择性和诱导机制，为光催化研究与反应物的结构因素提供依据，建立光催化降解的构效关系，丰富了光催化的理论，同时为室内混合污染物的处理奠定基础 and 理论依据。

（3）低浓度 VOCs-空气混合气作为流化气体，利用声场破碎纳米光催化剂颗粒团聚，强化光催化环隙流化床反应器的紫外光、反应物和催化剂的有效接触。以破碎颗粒团聚和消除沟流，实现 C 类粘附性颗粒的稳定流化。同时，外场还可以减小颗粒的最小流化速度和颗粒的扬析量。最终达到催化反应器连续、高效降解多种室内 VOCs 的目的。

（4）采用 Monod 和 Eckenfelder 数学模型对分别对生活污水和其他复杂成分的污水进行流化床处理底物降解动力学分析，采用 Nernst 方程对以气液固三相流化床为反应器的电极反应进行电池内在因素（电极热力学过程）和外在因素的数值分析，优化电池系统，为微生物燃料电池技术废水处理工业化提供了新的研究思路，从而达到清洁和产能的双重效果。

攻读博士学位期间取得成果如下：

(1) Qijin Geng, Qingjie Guo, Changqing Cao, Huiqin Wang. Investigation into Photocatalytic Degradation of Gaseous Benzene in a Circulated Photocatalytic Reactor (CPCR), *Chemical Engineering & Technology*. 2008, 31(7): 1023–1030.

(2) Qijin Geng, Qingjie Guo, Changqing Cao, Yunchen Zhang, Lintong Wang. Investigation into Photocatalytic Degradation of Gaseous Ammonia in CPCR. *Industrial & Engineering Chemistry*. 2008, 47(13): 4363–4368.

(3) Qijin Geng, Qingjie Guo, Changqing Cao, Lintong Wang. Investigation into NanoTiO₂/ACSPCR for Decomposition of Aqueous Hydroquinone, *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2008, 47(8): 2561–2568.

(4) Qijin Geng, Nan Chen, Qingjie Guo. Kinetics and Selectivity of Gaseous Benzene and Formaldehyde Binary Mixture in Annular Circulated Photocatalytic Reactor. *International Review of Chemical Engineering (I.RE.C.H.E.)*, 2008, 1(2): 197–205.

(5) Qijin GENG , Qingjie GUO , Xuehai Yue. Adsorption and Photocatalytic Degradation Kinetics of Gaseous Cyclohexane in an Annular Fluidized Bed Photocatalytic Reactor. *Industry of Engineering Chemistry Research*, 2013, 39(4): 1711–1726.