

当前位置: 学院首页 >> 研究生教育 >> 博士点简介 >> 正文

## 工业催化博士点简介

2010-08-18 09:13

工业催化是以近代化学和物理为基础,并与过程工业及材料、能源、环境、食品、生物等领域密切联系、理工结合的交叉学科,是化学品、燃料、材料、医药、食品等生产和环境保护的支柱学科之一。

本博士点师资力量雄厚,拥有教授11名,副教授17人,高级工程师3人,讲师及工程师20人,具有硕士或博士学位者占师资总数的70%以上。实验室面积5000 m<sup>2</sup>,固定资产1100余万元,主要仪器设备:IGA-003智能重量分析仪(英国Hiden公司),Lambda 900 紫外-可见-近红外常规型反射光测量系统(PE公司),Autosystem XL气相色谱仪(PE公司),Specrum GX傅里叶变换红外光谱仪(PE公司),Pyris 1热重分析仪(PE公司),及其三机联合分析系统,2400II C/H/N/S元素分析仪,催化微型反应器5套。近年来,围绕石油化工催化剂与新催化材料及其工艺开展了大量研究工作,取得了一批科研成果,形成了稳定的研究方向。多年来,承担了国家级和省部级科研项目17项,获省部级以上科技进步奖4项,国家专利2项,专著和教材4部。在国内外共发表论文300余篇,有20余篇论文被SCI、EI收录。已经培养40名硕士生,还有80名硕士生在读,13名博士生(在职)在校内进行博士论文工作。

本博士点以重点发展的石油、化工、材料、能源和环境等领域的催化技术、新型环保技术、绿色技术和清洁工艺等新技术的研究、开发和工业化为己任,把催化技术和绿色技术两项共性技术结合在一起,以绿色为目标,以催化技术为手段,着眼于石油天然气加工和石油化工领域的催化基础、应用基础和新技术的研究开发,设有如下四个研究方向:

### 1. 新型催化材料及应用研究

催化是石油与化学工业的基石,化学工业的每次技术进步大多都是基于新型催化材料或催化技术的产生,而催化剂则是催化技术的关键与核心。随着世界石油化学工业的发展,催化技术正面临着新挑战。本研究方向主要涉及以下三个研究领域:

#### (1) 新型催化材料的合成

将纳米技术与催化科学结合起来,采用微波、超声波、溶胶-凝胶、等离子体和分子组装等物理化学技术手段,可以有效地进行分子剪裁、设计,制备出各种具有特殊功能的新纳米催化材料。由纳米材料制成的催化剂可有效地消除扩散效应而使催化剂的效率得到充分改善,若作为渣油催化裂化催化剂的裂化组元,可更好地裂化渣油大分子,增产轻油。

合成过渡金属的高比表面氮化物作为催化剂或催化剂载体也是新型催化材料的发展方向之一。将其应用于石油产品加氢精制,改进其制备方法和配方,最终可开发具有工业应用价值的氮化钼系列催化剂。从催化性能来看,它们是由杂原子氮插入过渡金属的晶格,引起金属原子间距增大、晶格扩张,从而具有类贵金属的加氢性能。

#### (2) 新型催化反应工艺

将微波、等离子体、超声波和超临界流体等技术应用于催化反应过程已显示出良好的应用前景。这些新型催化反应工艺为一般条件下难以实现或不可能实现的催化反应提供了一种特殊的物理化学环境,使得催化反应可以在较温和的环境下进行。例如,微波对物质的加热是通过极性分子之间发生偶极作用,并以每秒数十亿次的高速旋转产生热效应,并使体系受热均匀;将微波应用于催化反应可大大增加反应物分子间的有效碰撞频率,使其在极短的时间内达到活化状态,从而显著提高了催化反应的速度。

#### (3) 催化剂与催化反应模拟计算技术

利用Material Studio 及其它模拟计算软件从分子水平上对催化反应的路径、过渡态、反应机理、产品分布等关键的问题进行深层次的研究。该计算技术可模拟传统的催化剂合成、结构分析、表征等实验方法而进行新型催化材料、催化反应工艺的设计,缩短其研制周期并降低开发成本。利用改进的密度方程理论可从微观角度直接探讨催化剂中毒、失活机理。若改变计算条件及参数,可从事分子大小及形态、催化剂孔径及结构以及温度等对吸附、扩散行为的影响进行研究,这对新型催化剂及新催化工艺研究开发具有重大的指导意义。

### 2. 重质油催化加工新工艺技术研究与应用

重质油催化加工新工艺技术研究与应用一直是国内外所普遍关注的热点问题,也是关系到世界各国石油资源充分利用的关键问题。众所周知,随着世界经济的发展,世界各国越来越多地需要轻质油品,而石油资源不断重质化,重质油及渣油在石油资源中所占比例不断增加,轻质油所占比例日益减小,这在国民经济发展需要与石油资源供给之间形成了尖锐矛盾。解决这一矛盾的关键在于提高重质油及渣油的加工深度,使更多甚至全部的重质油及渣油轻质化,转变为国民经济发展所需要的轻质油品。可见,重质油深度加工、尤其是深度催化加工在国民经济发展中具有非常重要的作用。

尽管世界各国石油加工行业已经采用各种形式的重质油加工技术,例如,重质油催化裂化、加氢裂化、焦化技术等,但仍不能满足要求,而且许多理论和技术方面的问题并未研究清楚,迫切需要一些转化率高、选择性好、开工周期长、能耗低、催化剂寿命长和适应性强的新型重质油及渣油深度加工工艺技术。我国原油一般偏重,其减压渣油高达40~50%,某些重质原油的减压渣油甚至高达60%以上,加之我国重质油深度加工水平还不够高,低于美国近10个百分点,基础理论和技术方面的研究也不够。因此,开展重质油催化加工新工艺技术的研究与应用,对提高重质油及渣油的加工深度、拓宽重质油化学知识、推动石油工业的发展,特别是我国石油加工行业赶超世界先进水平具有重要的理论意义和现实意义,也必将带来巨大的经济效益和社会效益。

我们自80年代初开始从事重质油化学和加工技术开发方面的研究工作,主持完成18项省部级以上应用基础和应用技术研究项目,并对重质油和渣油及其组分

在催化加工中的化学反应行为、反应机理、化学组成结构的变化规律、石油沥青及其组分吸氧老化机理、减压渣油的馏分组成评价方法进行了研究，取得了许多有价值的研究成果。近年来我们利用超临界溶剂所具有的独特性质，将重质油催化裂化反应与超临界溶剂结合起来，开展重质油在超临界溶剂中催化裂化反应行为、反应动力学、反应机理、相特性以及催化剂合成与表征等方面的研究，目的在于开发一种全馏分减压渣油新型催化裂化工艺技术。开展催化裂化冷进料技术研究，对改善进料的雾化状态、大幅度降低进料的颗粒直径、提高催化裂化反应的转化率和选择性具有显著的作用。开展重油催化裂化再生剂输送管路取热技术研究，目的是开发一种高剂油比、高原料预热温度、高再生温度的“三高”操作新工艺技术，以提高转化率，改善产品分布。这些研究均属国内外首创，处于领先水平，具有重要的理论意义和现实意义。

### 3、绿色化学与催化

绿色化学是当今国际化学的前沿，核心是利用化学原理从根本上减少或消除石油与化学工业对环境的污染。国外正加速研究绿色化学，其内容包括采用高选择性的化学反应以减少废物的产生，最好采用“原子经济反应”，不产生废物，实现“零排放”；采用无毒、无害原料、催化剂和溶剂，生产有利于环境保护、社区安全和人身健康的环境友好产品。

绿色化学要求反应物及反应过程应具有下列特点：采用无毒无害的原料、在无毒和无害的反应条件（催化剂、溶剂）下进行、反应具有高选择性及产品应是环境友好的。这些特点中有两项直接与催化剂有关。另外在国际公认的绿色化学12条准则中的第9条就是新型催化剂的开发和使用，要求合成方法中尽可能采用高选择性的催化剂。这些都说明了催化技术在绿色化学与化工中的重要性。事实上，一种新型催化剂和新催化工艺的研制或开发成功往往会引起化学工业的发展和重大变革。本研究方向主要涉及以下二个研究领域：

#### (1) 催化氧化反应中的均相催化体系

在过去的三十年中，利用金属有机络合物所进行的均相络合催化反应已成为化学家的热门研究课题。均相络合催化反应在工业生产中也得到了一定的应用，已经工业化的例子就有羰基合成、烯烃聚合以及氧化反应。到目前为止，世界上每年至少有2000万吨有机化学品是用均相催化反应生产的。在对催化过程的研究中，通过对过渡金属络合物催化剂与催化反应中间体的研究，有助于从分子水平上理解催化反应的机理。

近年来，我们将水溶性催化剂和双金属催化剂应用于烃类化合物的选择性催化氧化合成含氧化合物。用于两相( $H_2O/Org.$ )体系下的水溶性催化剂是克服均相催化剂中产物与催化剂难以分离的缺点以及提高催化剂的活性、选择性的有效途径。水溶性催化剂的特点是既保持了均相催化剂高活性、高选择性的优点，又可通过简单的相分离使产物与催化剂达到分离的目的。通过向均相催化体系中加入原来并没有催化活性或活性很低的第二种金属组分来加速催化反应性能和发现新反应的可能性；第二种金属组分或者是与第一种金属组分分担了活化两种底物的作用，或者是第二种金属组分起了配体的作用。

#### (2) 精细有机合成中的多相催化剂

多相催化剂可为精细有机合成提供新方法。随着精细化工的发展，近年来世界各国都在大力开发功能性产品，并对催化剂提出了许多新的要求。为此，人们正在力图开发一些新的催化剂，以适应精细化工发展的需要。根据国际催化化学学科的前沿和我国现有基础，选择下列3种新催化材料，在烷基化反应和催化氧化反应领域开展导向性基础研究，对这些新催化材料的合成规律、活性中心本质、有关的反应规律和反应机理进行深入研究，以奠定绿色化学催化材料的科学基础：①共轭固体超强酸；②钛系催化氧化材料；③晶格氧复合氧化物。

### 4、石油加氢催化剂的合成及其应用研究

催化加氢是石油加工工业的重要加工手段之一，催化加氢裂化则是重质油和渣油轻质化的重要加工工艺之一。我国原油的硫、氮杂质含量较高，轻质油馏分少，而我国发动机燃料的需求量不断增加。为解决这一矛盾，必须将重质油和渣油轻质化。催化加氢裂化工艺具有可加工劣质原料、产品灵活性大和产品质量好等优点，近年来国内外发展很快。从七十年代末到现在，国内已建成投产了二十余套催化加氢裂化工业装置，总加工能力超过10Mt/a。

近年来环境保护的要求更加严格，催化加氢工艺的发展将会得到更快的发展。对于环境友好柴油，美国要求硫含量不大于0.05%，芳烃含量不大于20%，同时十六烷值不低于40；瑞典对一些柴油要求更严，其q级柴油硫含量不大于0.001%，芳烃含量不大于5%。为达到上述目的，一是要有性能优异的深度加氢脱硫催化剂，以脱除难以加氢脱硫的烷基硫茆等；二是要开发低压的深度脱硫、芳烃饱和工艺以节省投资。

石油催化加氢过程的关键是催化剂，国外发达国家各大石油公司在催化加氢催化剂研制和开发方面，投入了大量人力、物力，相继推出了多种性能的催化加氢催化剂，而且催化加氢催化剂更新换代的速度越来越快。对加氢催化剂，特别是加氢裂化催化剂来说，改进催化剂性能的主要因素是催化新材料、担体制备方法的改进和新材料的使用，使担体、孔分布更为集中，更有利于金属活性组分的分散。当前国内外使用的加氢裂化催化剂绝大多数含有沸石，因此新品种沸石的使用及沸石的新改性方法都将对加氢裂化催化剂起到重要的作用，也可以说催化新材料的开发是催化剂发展的控制因素和基础。因此，石油加氢催化剂的合成及其工艺研究与开发，对提高我国原油的加工深度、推动我国石油催化加氢工艺的发展具有重要的理论意义和现实意义，其经济效益和社会效益也是巨大的。

本研究方向主要从事石油加工、石油化工技术开发，尤其在临氢催化加工领域负责和主持了多项加氢裂化催化剂和工艺的研究开发工作，实现了加氢裂化催化剂全部国产化的奋斗目标，为我国石化工业的发展作出了突出贡献。研究成功的两种催化剂属国内首创，达到了国外同类先进催化剂的水平。

本博士点的学位获得者应掌握催化科学与工程技术的坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识，了解本学科的国际学术研究前沿及发展趋势。具有独立从事本学科及其相关领域的开创性科学研究工作的能力，有严谨求实的科学态度和作风，能熟练运用计算机和先进的测试技术，并能在科学理论和工程技术上作出创造性成果。熟练掌握一门外国语，要达到读、写、听、说四会的要求。能胜任高等院校、科研及设计院所、企业和其他单位的教学、科研、设计和技术管理工作。博士研究生在3年的学习过程中，主要学习第一外国语、第二外国语、固体表面化学、表面物理化学、工业催化剂开发与设计原理、高等有机化学、高等石油化学、化学工程进展、催化研究进展、新型催化材料、择形催化、催化加氢工艺学、工业催化过程分析、工程最优化。

[【关闭窗口】](#)

