

# 无机化学前沿综述

\* 徐子谦

(厦门大学化学化工学院 福建 361005)

**摘要:** 作为化学学科里其它各分支学科的基础学科, 近年来, 无机化学的研究取得了较为突出的进展, 主要表现在结构敏感催化材料的设计合成、高效能源材料、非线性光学晶体材料、分子筛及多孔材料、稀土化合物功能材料和先进碳材料等方面。本文就当代无机化学的上述前沿研究作以综述。

**关键词:** 无机化学; 研究前沿; 研究综述

**中图分类号:** O

**文献标识码:** A

## Frontier Review of Inorganic Chemistry

Xu Ziqian

(Chemistry and Chemical Engineering College, Xiamen University, Fujian, 361005)

**Abstract:** As the basic discipline of other branches in the discipline of chemistry, inorganic chemistry has made impressive achievement in the recent years, which mainly lies in the fields of the designing and synthesis of structure-sensitive catalytic materials, efficient energy materials, nonlinear optics crystalline material, molecular sieve and porous materials, rare earth compound function materials and advanced carbon materials, etc. This paper reviews above frontier research concerning contemporary inorganic chemistry.

**Key words:** inorganic chemistry; frontier research; research review

### 1. 无机化学前沿概述

依照国家自然科学基金委员会组织所著《无机化学学科前沿与展望》, 无机化学是研究无机物质的组成、结构、反应、性质和应用的科学, 是化学科学中历史最悠久的分支学科。其研究对象涉及元素周期表中的所有元素, 从分子、团簇、纳米、介观、体相等多层次、多尺度上研究物质的组成和结构以及物质的反应与组装, 探索物质的性质和功能, 涉及到物质存在的气、固、液、等离子体等各种相态, 具有研究对象和反应复杂、涉及结构和相态多样以及构效关系敏感等特点。

无机化学学科在自身发展中不断与其他学科交叉与融合, 形成了以传统基础学科为依托、面向材料和生命的发展态势, 其学科内涵大为拓展。当前无机化学学科还紧密结合特有资源优势和国家重大需求, 产生了一批有着特色的分支学科。目前, 无机化学学科已形成了丰产元素化学、无机合成化学、无机材料化学、配位化学及分子材料和器件、固体化学及功能材料、生物无机化学, 金属有机化学、团簇化学、无机纳米材料和器件、稀土化学及功能材料、核化学和放射化学、物理与理论无机化学等分支学科。随着化学科学和相关科学的发展, 无机化学与其他化学分支学科的界限将会日益模糊, 无机化学与物理化学、材料科学、生命科学和信息科学等学科的交叉将更加活跃, 从而将形成更多的重要交叉学科分支。

其中, 无机材料化学与固体化学密切相关, 属于化学与材料、能源、环境、信息等科学的交叉学科。无机材料化学研究包括: 金属、氧化物结构敏感催化材料的设计合成, 高效能源材料, 非线性光学晶体材料, 分子筛及多孔材料, 稀土化合物功能材料, 无机有机杂化材料, 先进碳材料等研究方向。

### 2. 无机化学前沿具体内容

#### (1) 结构敏感催化材料的设计合成

结构敏感材料是其功能对原子的空间排列变化敏感的材料。通过对结构敏感材料的研究, 可以归纳和总结出化合物的物理化学性质、原子的空间排列以及电子结构之间的内在规律, 为开发新型功能材料提供理论基础。结构敏感材料将主要研究晶态材料的光、电、磁性能变化与原子空间排列变化之间的内在联系, 光、电、磁性能取决于材料的电子行为, 如光学与电子的自旋运动和轨迹运动有关, 电学与材料中载流子的运输或电荷极化有关, 而材料的电子结构主要取决于原子的空间排列。

在催化领域, 金属、氧化物固体催化剂占重要地位, 它们广泛应用于石油化工、精细化工、环保催化、生命及生物化学等领域, 在催化反应中表现出很高的活性和选择性。例如, 用于石油重整的Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Pt-Re/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Pt-Sn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>催化剂; 用于选择性加氢的Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>催化剂; 用于异构化反应的Pt/分子筛和Pt/固体酸催化剂; 用于氧化反应的Ag和Au催化剂; 用于可见光型光催化的氧化物材料等。这些金属、氧化物催化剂的微观结构和性质密切相关, 催化剂的活性中心结构决定了催化性能, 体现出很高的结构敏感性。因此, 金属、氧化物结构敏感催化材料的设计合成尤为重要。

李亚栋研究组利用金属离子与表面活性剂分子间普遍存在的离子交换与相转移原理, 通过对不同界面处化学反应的控制, 根据“液体-固体-溶液”的相转移、相分离机制, 成功制备了贵金属(如Pd、Ag、Pt、Au、Rh)、半导体(CdS、PbS、ZnSe、Ag<sub>2</sub>S、ZnS、CdSe、TiO<sub>2</sub>)、磁性(CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>等)、介电、荧光纳米晶与有机光电子半导体、导电高分子及羟基磷灰石生物医学材料等系列尺寸均一、单分散功能纳米晶。在“液体-固体-溶液”相转移、相分离机制的基础上, 将该方法进一步应用于具有不同维度纳米晶的合成, 并对其形成机制进行深入探讨。例如, 合成自组装的超薄氧化物纳米晶, 基于Au的复合磁性纳米结构敏感材

料等。“纳米晶合成的通用策略”引起了国内外同行的广泛关注。

钱逸泰研究组将水热合成技术进一步扩展,把通常用于制备分子筛的溶剂热合成法发展到在有机溶剂体系中实现无机化学反应,使溶剂热合成技术发展成一种重要的固体合成方法,创造性地发展了有机相中的无机合成化学,成功地制备了GaN、InAs、InP、BN(Ⅲ-V族)、金刚石、碳纳米管、SiC及CdSe、CdS、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Bi}_2\text{S}_3$ (Ⅱ-VI族)等重要光催化结构敏感材料。

材料的磁性性能与其结构紧密相关,由于分子铁磁性在磁学和制备加工等方面比离子型、合金类铁磁体具有更为优良的性能,已成为当今化学和物理学研究的重要前沿领域。高松研究组结合分子设计合成与各种物理方法,系统研究了分子固体中磁性离子的相互作用、磁弛豫、磁有序等与分子结构、晶体结构、单分子各向异性等的关系。选择磁各向异性大的金属离子,以叠氮桥传递磁作用,并采用合适的端基配体使链间隔开,在国际上首次设计合成了同自旋的“单链磁体”,以及由氰根、叠氮、二氰胺、氰胺、甲酸等短桥连接构建的异金属(3d-4f, 3d-3d, 3d-4d)磁体、混桥杂化磁体、微孔磁体、不对称“三原子单桥”构筑分子弱铁磁体等,系统研究了其磁相态与结构的关系。发现一些弱作用体系外磁场依赖慢的磁弛豫行为,慢磁弛豫性质来源于电子自旋磁矩、轨道磁矩、核自旋磁矩之间的相互作用,其低温下的磁滞回线呈现台阶状,为发展新类型分子磁体和发现新的磁现象提供了很好的实验模型。

#### (2) 高效能源材料

高效能源材料是指支撑能源发展的、具有高效率的能量储存和转化功能的功能材料或结构功能一体化材料,它是发展新能源与可再生能源的核心和基础。高效能源材料催生了低碳等新能源与可再生能源的开发,使能源材料主要包括嵌锂碳负极和 $\text{LiCoO}_2$ 正极为代表的锂离子电池材料、储氢合金材料为代表的镍氢电池材料、燃料电池材料;Si半导体材料为代表的太阳能电池材料、相变储能材料、热电材料以及发展风能、生物质能和核能所需的关键材料等。当前研究热点和技术前沿包括锂离子电池材料、大容量储氢材料、质子交换膜燃料电池和中温固体燃料电池相关材料、薄膜太阳能电池材料、热电材料、相变储能材料等,以及发展高效能量转换与储能材料体系。

#### (3) 非线性光学晶体材料

非线性光学(NLO)晶体材料已深入到激光技术的各个领域,现已成为激光变频、电光调制和光折变晶体记忆和存储等技术必不可少的晶体材料,其中又以二阶非线性光学晶体材料居多。NLO晶体材料按其应用波段可划分为深紫外(DUV)( $<200\text{nm}$ )、紫外-可见-近红外和中红外NLO晶体材料。由于紫外-可见-近红外NLO晶体材料的研究已经比较成熟,可应用的晶体材料也很多,而能得到应用的DUV和中红外NLO晶体材料却非常少,并且已得到应用的晶体材料由于存在明显的不足而难以广泛使用。因此,研究和探索具有较好NLO性能的DUV和中外红外NLO晶体材料是当前NLO晶体材料研究的重点和热点。

由于光刻技术、微/纳米精细激光加工、超高能量分辨光电子能谱仪、光电子发射显微镜、激光光谱、光化学合成

和化学反应动力学等领域对DUV相干光源有越来越强烈的要求,而目前可产生DUV相干光源的同步辐射和准分子激光器分别存在光束单色性不好,获得特定窄带波长的效率过低,不能小型化和光束线宽,模式达不到上述领域要求,操作十分不便等缺点。获得高光束质量、窄线宽的DUV激光光源已成为激光技术领域的研究前沿和难点之一。

#### (4) 分子筛及多孔材料

由于具有独特的孔道结构、高比表面积以及丰富的活性中心,以及沸石为代表的多孔材料在石油化工、吸附与分离、储能、催化等领域中均得到广泛的应用。方沸石、锶沸石等许多天然沸石表现出可逆的吸附-脱附水、离子交换、对有机分子选择吸附等独特的性质。1932年McBain提出“分子筛”(molecular sieves)这一概念来定义能筛分分子的多孔材料。分子筛的内涵更为广泛,不仅包括沸石,也包括活性炭、硅胶以及其他具有多孔性质且能筛分分子的非晶或晶体材料。随着对孔道以及空口的大小和形状、孔道的维数和走向、孔壁的组成和性质等的深入研究,人们对多孔材料有了进一步认识和了解。根据国际纯粹与应用化学联合会的定义,按照孔道的大小,多孔材料被分为孔径小于2nm的微孔材料,孔径介于2~50nm的介孔材料以及孔径大于50nm的大孔材料。

随着合成方法与研究手段的不断发展,具有特殊结构和性质的多孔材料种类也越来越丰富。通过调整骨架元属的组成,设计和合成新型的模板剂或导向剂,构建各种多面体结构单元以及复合组装等手段,可以得到具有不同功能的多孔材料。在面临能源及环境问题的当下,开发新型的功能材料来取代传统材料已经成为人们试图解决这两大战略问题的突破口。

#### (5) 稀土化合物功能材料

稀土元素包括15种镧系元素以及钪钇,共17种元素,都处于元素周期表的ⅢB族,常用R或RE表示,具有特殊的电子结构及独特的光电磁等性质。稀土元素与过渡金属作用生成金属间化合物,这些化合物具有独特的功能,涉及稀土永磁材料,稀土磁致伸缩材料、稀土磁致冷材料、稀土储氢材料、稀土发光材料、稀土催化材料、稀土陶瓷材料等。稀土化合物功能材料广泛应用于各类高科技领域,是现代高科技产业的先导和基础。

稀土永磁材料是将钕、钐等稀土与过渡金属(钴、铁等)组成的合金,用粉末冶金方法压型烧结,经磁化后制得的一种磁性材料。包括钕钐永磁体和钕铁硼系永磁体。

#### (6) 先进碳材料

碳材料是人类历史上最早开始使用的无机固体材料之一,金刚石、石墨、活性炭、碳纤维等材料在国计民生中发挥着重要作用。富勒烯、碳纳米管、石墨烯等碳材料因具有独特的结构和性质,在很多领域具有重要的潜在应用前景,因此迅速成为最受关注的研究对象。

碳纳米管和石墨烯均具有独特的结构,并具备由其独特结构所赋予的奇异电子学、光电子学和量子学性质,一般来说,半导体性单壁碳纳米管可构筑场效应晶体管和光电子器件,而金属性管可用作连接导线或构筑高频器件。目前,一般制备方法得到的单壁碳纳米管都是1/3金属性管和2/3半导体性管组成的混合物。可靠、可控的制备方法是制约碳基纳

# 含硫污水处理的旋流处理过程分析

\*武钊<sup>1</sup> 王江涛<sup>2</sup> 赵东俊<sup>2</sup> 马强<sup>2</sup>

(1.中国石化济南炼化公司 山东 250101

2.山东滨化滨阳燃化有限公司 山东 251800)

**摘要:** 本文对镇海炼化含硫污水处理流程进行了介绍和分析,通过其开工时污水实际测量数据来进一步说明含硫污水经过旋流除油系统可将油含量达到 $\geq 500\text{mg/L}$ 的排放标准。因此对济南炼化的处理过程提出了应用含硫污水脱气罐和旋流除油器的建议。

**关键词:** 含硫污水;旋流除油器;污水处理技术

**中图分类号:** T

**文献标识码:** A

## Analysis of the Cyclone Processing Course of Sulfur-containing Waste Water

Wu Zhao<sup>1</sup>, Wang Jiangtao<sup>2</sup>, Zhao Dongjun<sup>2</sup>, Ma Qiang<sup>2</sup>

(Sinopec Ji'nan Refining and Chemical Company, Shandong, 250101

Shandong Binhua Binyang Fuel Chemical co., Ltd, Shandong, 251800)

**Abstract:** In this paper, the process of Zhenhai Refining and Sulfur Wastewater Treatment Process is introduced and analyzed. Through the actual measurement data of sewage, it is further explained that the sulfur content can reach the discharge standard of  $\geq 500\text{mg/l}$  through the cyclone degreasing system. So we make a recommendation that application of sulfur-containing sewage degassing tank and cyclone oil separator to the process of Jinan Refining.

**Key words:** sulfur-containing waste water; cyclone oil separator; waste water processing technology

### 1.调查原因

济南炼化160万吨/年柴油加氢含硫污水油含量操作指标控制 $\geq 500\text{mg/L}$ ,但装置内部并未设置相应的含硫污水处理设备,经常会导致含硫污水油含量超标。

### 2.镇海炼化含硫污水的处理

通过调查对比,以镇海炼化300万吨/年柴油加氢为例。其反应部分采用热高分流程,分馏采用双塔汽提流程,脱硫化氢汽提塔采用过热蒸汽汽提,产品分馏塔采用重

下转第16页

上接第14页

米材料器件化研究和应用的瓶颈问题。

碳纳米管生长通常采用化学气相沉积方法。石墨烯最早从高取向石墨上撕裂的方法制备。随后人们发明了SiC基底上外延生长、溶液化学方法剥离膨胀石墨、化学气相沉积,展开碳纳米管等制备方法。

碳材料具有密度小,稳定性高,载流能力强等优势,而无机纳米材料具有光电磁以及催化、传感等性能,因此二者的复合体系在催化、能源、分析检测等领域显示出重要的潜在应用前景。Ru负载于碳纳米管能够将一氧化碳和氢气高效转化为乙醇。碳纳米管与无机纳米晶体的复合也被广泛用作气体传感器。如与 $\text{SnO}_2$ 复合时,对 $\text{NO}_2$ 气体具有传感性能;与 $\text{In}_2\text{O}_3$ 复合可以用于 $\text{NH}_3$ 的检测。

### 3.结语

综上所述,根据现阶段无机化学国际前沿发展动向和无机材料化学发展现状,今后相当长的一段时间内,以功能导向的无机材料结构、物性和应用的研究,必将成为无机材料化学领域的主导发展方向和关注重点。

无机化学这些前沿的研究及研究成果,已经越来越展现出令人难以想象的优点。这些新材料的运用前景已经受到了很多人的好评,在未来,它们的应用必将改变人类的世界和生活。

### 【参考文献】

- [1]陈荣,高松.无机化学学科前沿与展望,科学出版社,2012.
- [2]中国化学会,北京大学和英国皇家化学会.无机化学前沿 Inorganic Chemistry Frontiers[J]. 2015.1-12.
- [3]中国化学会,中科院上海有机化学研究所.英国皇家化学会,有机化学前沿 Organic Chemistry Frontiers[J].2014(1).
- [4]梁文平,唐晋,王夔.新世纪化学发展战略思考[J].中国基础科学,2000(5).
- [5]徐如人,庞文琴.无机合成与制备化学[M].北京.高等教育出版社,2001.
- [6]陈荣,梁文平.我国无机化学研究最新进展[J].中国科学基金,2002(4).

### 【作者简介】

徐子谦(1997~),男,厦门大学化学化工学院;研究方向:化学理论研究与化学应用。

(责任编辑:牛玉娟)