

推荐国家自然科学基金项目公示

项目名称	复杂样品的高效分离、富集与低背景发光检测研究
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>该项目属于化学学科中的分析化学领域，涉及化学、环境、生物与材料学科交叉的前沿研究领域。项目针对环境和生物等复杂样品痕量分析中基体干扰严重和分析物信号低以及异构体难分离等关键问题，围绕复杂样品预处理、色谱分离和检测三个重要分析过程进行了系统研究，取得了以下重要创新成果：发现金属有机骨架的样品预处理新功能，首次建立了金属有机骨架基固相萃取和固相微萃取方法，实现了分析物的高效富集及其与基体的有效分离；发现金属有机骨架的多重协同作用色谱分离机理，率先发展了金属有机骨架基毛细管柱及其硅胶复合微球等固定相制备方法，解决了金属有机骨架应用于高分辨色谱分离的瓶颈问题，实现了异构体和结构类似物等难分离物质的高分辨分离；提出了基于长余辉纳米材料的免激发发光检测新原理，发展了掺杂量子点和长余辉纳米材料基发光分析新策略，实现了不需预分离的零背景发光检测。该项目有关成果发表在 <i>Acc. Chem. Res.</i>、<i>JACS</i>、<i>Angew. Chem.</i> 和 <i>Anal. Chem.</i> 等化学领域的权威杂志上，项目 8 篇代表性论文中有 6 篇入选近十年 ESI 高被引论文，得到国际同行的广泛引用和高度评价，引发了大量后续研究，形成了相关领域的新方向，有力推动了分析化学的发展及其与材料、环境和生命等学科的交叉。</p> <p>对照国家自然科学基金授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家自然科学基金二等奖。</p>	

项目简介:

本项目属于分析化学领域。

环境和生物等复杂样品分析对于食品安全、环境和生命科学等领域的研究具有重要意义，是分析化学领域富有挑战性的国际前沿课题。复杂样品分析的核心是如何消除复杂基体的严重干扰、提高灵敏度和选择性。研发高效分离、富集和低背景检测方法是解决这些核心问题的关键。本项目针对这些关键问题，围绕复杂样品预处理、色谱分离和检测三个重要分析过程，建立了以金属有机骨架和长寿命发光纳米材料为介质的高效样品预处理、色谱分离和低背景发光检测新原理和新方法，为复杂样品的高灵敏和高选择性分析提供了新策略和新途径，有力推动了分析化学的发展及其与材料、环境和生命等学科的交叉。重要发现点如下：

(1) 在复杂样品预处理方面：发现金属有机骨架的样品预处理新功能，首次建立了金属有机骨架基固相萃取和固相微萃取方法，实现了分析物的高效富集及其与基体的有效分离。被 *J. Chromatogr. A* 主编 HianKee Lee 等评价为该方向的“首次”工作。

(2) 在复杂样品色谱分离方面：发现金属有机骨架的多重协同作用色谱分离机理，率先发展了金属有机骨架基毛细管柱及其硅胶复合微球等固定相制备方法，解决了金属有机骨架应用于高分辨色谱分离的瓶颈问题，实现了异构体和结构类似物等难分离物质的高分辨分离。被同行评价为相应方向的“首例”工作，被 *Chemistry World* 跟踪报道。

(3) 在复杂样品检测方面：提出了基于长余辉纳米材料的免激发发光检测新原理，发展了掺杂量子点和长余辉纳米材料基发光分析新策略，实现了不需预分离的零背景发光检测。被 *Anal. Bioanal. Chem.* 主编 Alfredo Sanz-Medel 评价为是相应方向的“先驱工作”，被法国国家研究中心 Cyrille Richard 评价为“首例”利用长余辉纳米晶进行荧光能量共振转移检测肿瘤标志物的研究。

项目成果受到国际同行的广泛关注、仿效、跟踪和应用，引领了大量后续研究，形成了相关领域的新方向。8 篇代表性论文（包括 1 篇 *Acc. Chem. Res.*、3 篇 *JACS*、2 篇 *Angew. Chem.* 和 2 篇 *Anal. Chem.*）篇均 IF=11.5，被 *Science*、*Nat. Mater.*、*Nat. Commun.*、*Chem. Rev.* 等 SCI 期刊他引 1244 次，单篇最高 SCI 他引 234 次，其中 6 篇入选近十年 ESI 高被引论文。应邀参编英文专著 3 部，为 *Acc. Chem. Res.* 和 *Chem. Soc. Rev.* 撰写专题评述。阶段性成果获教育部和天津市自然科学一等奖各 1 项。在重要学术会议上做大会或特邀报告 20 余次。项目完成人担任 *Anal. Methods* 副主编及 *Anal. Chim. Acta* 等杂志编委。培养英国皇家化学会会士、长江学者、宝钢优秀教师特等奖提名奖、国家优青、全国优博论文获得者和全国优博提名论文获得者各 1 人。

客观评价：

该项目受到国际同行的广泛关注、认可和引用，引文分布于 Science、Nat. Mater.、Nat. Commun.、Chem. Rev.、Chem. Soc. Rev.、JACS、Angew. Chem.、Chem. Commun. 和 Anal. Chem. 等权威杂志上。

1、金属有机骨架基样品预处理策略的首创与引领作用

金属有机骨架基样品预处理策略的首创性得到国际同行的肯定，并引起广泛关注，形成了样品预处理领域的新方向。代表性论文 2 被 J. Chromatogr. A 主编 Hian Kee Lee 教授评价为“*The first example of utilizing MOFs as an SPME-fiber coating*”（代表性引文 1）；被中山大学陈小明院士等评价为“*The first PCP coated SPME device was fabricated by Yan et al*”（Chem. Sci. 2013, 4, 351）。据不完全统计，包括美国、法国、加拿大和日本等 22 个国家的 77 个研究机构跟踪仿效该策略进行样品预处理研究，发表了 201 篇论文。

2、金属有机骨架基高分辨色谱分离策略的首创与引领作用

金属有机骨架基高分辨色谱分离策略的首创性得到了国际同行的肯定，受到国际同行的广泛关注，形成了色谱分离领域的新方向。代表性论文 3 的首创性得到国际同行的认可：如日本产业技术综合研究所 QiangXu 评价为“*Yan and coworkers became the first to fabricate a MOF-coated capillary column for high-resolution GC separation*”（Chem. Commun. 2011, 47, 3351）；上海交大崔勇教授等评价为“*Gu and Yan made a MOF-coated capillary column for high-resolution gas chromatography (GC) separation for the first time*”（Chem. Soc. Rev. 2012, 41, 1677）；新加坡国立大学 Zhiqiang Gao 评价为“*The first example of MOF-coated capillary column for GC separation was reported by Gu and Yan*”（Trends Anal. Chem. 2013, 50, 33）。MOF 与硅胶复合球形固定相等制备方法被同行评价为“*...open up a new field for MOFs application in liquid chromatography*”（J. Chromatogr. A 2014, 1348, 1）。代表性论文 3 被英国学者 Darren Bradshaw 评价为：“*Amazingly, a total of only 1 mg of the MOF was required to prepare the 15 m long column (internal diameter 0.53 mm), which is significant given the elevated cost of some MOFs, ... making MOF based capillary GC columns a realistic alternative*”（代表性引文 2）；代表性论文 4 有关 MOF 对烷烃同分异构体分离选择性的规律被加州大学伯克利分校 J. R. Long 教授在其 Science 论文中引述以支持他们的研究结果（代表性引文 3）。据不完全统计，包括美国、德国、英国、法国、加拿大和日本等 28 个国家的 200 个研究机构跟踪仿效该策略，发表论文 227 篇。

该方面的代表性论文 3 和 4 被国际同行广泛引用（SCI 他引次数分别为 213 和 170），入选近十年 ESI 高被引论文。被美国学者 Francis P. Zamborini（Anal. Chem. 2012, 84, 541）和 Hong-Cai Zhou（Chem. Rev. 2012, 112, 869）、德国学者 Norbert Stock（Chem. Rev. 2012, 112, 933）和英国学者 Lubomira Tosheva 等（代表性引文 4）大篇幅引用。被邀请在 Acc. Chem. Res.（2012, 45, 734）上发表专题评述，被化学新闻杂志 Chemistry World（2012, 9(11), 56）跟踪报道，应邀为“无机和生物无机化学百科全书”《Metal-organic Framework Materials》部分撰写“Applications of Metal-Organic Frameworks to Analytical Chemistry”专题（John Wiley & Sons, Ltd., pp 443-456, 2014）。

3、掺杂量子点和长余辉纳米材料基免激发发光检测策略的首创与引领作用

掺杂量子点和长余辉纳米基免激发低背景发光检测策略的首创性得到了国际同行的认可并得到广泛关注，形成了光谱检测领域的新方向。被邀请在 Chem. Soc. Rev. (2013, 42, 5489) 上发表专题评述，被 Anal. Bioanal. Chem. 主编 Alfredo Sanz-Medel 教授评价为是该方向的“*a pioneer work*” (代表性引文 6)；被著名光谱分析家 R. E. Galian 评价为是“*a promising methodology for sensing organic molecules using the phosphorescence properties of doped QDs.*” (Trends Anal. Chem. 2009, 28, 279)；被南京大学朱俊杰教授评价为“*Yan’s group has acquired pioneering progress in the field of time-resolved photoluminescence analysis using QDs as a probe*” (Anal. Chem. 2011, 83, 9076)。代表性论文 7 被法国国家研究中心 Cyrille Richard 用近 3 页的篇幅专节介绍,并评价为“*the first example of fluorescence resonance energy transfer (FRET) inhibition assay for α -fetoprotein (AFP) excreted during cancer cell growth using water-soluble functionalized persistent luminescence nanoparticles*” (In “Functional Nanoparticles for Bioanalysis, Nanomedicine, and Bioelectronic Devices V. 2”; Chapter 1, pp15-17; Washington, DC, 2012), 并在其 Nature Materials 论文中作为该领域的重要进展引述 (代表性引文 7)。

掺杂量子点和长余辉纳米基低背景分析检测策略激发了同行的浓厚兴趣，引发了包括美国、法国、日本、西班牙、韩国、印度等 11 个国家的 75 个研究机构的跟踪仿效，共发表论文 138 篇。如著名光谱分析家 Alfredo Sanz-Medel 教授课题组将该方法应用到丙酮的检测 (代表性引文 6)；法国学者 Raphael Schneider 教授课题组将该方法应用于叶酸检测 (J. Luminesc. 2012, 132, 987)；南京大学朱俊杰教授课题组将该方法推广到 Mn-ZnSe 量子点并应用于 5-氟尿嘧啶检测 (Anal. Chem. 2011, 83, 9076)。有关近红外发射超长余辉纳米粒子成像 (代表性论文 8) 被纽约州立大学的 Paras N. Prasad 教授作为深组织穿透近红外成像突破的范例在 Chem. Rev. (2016, 116, 2826) (代表性引文 8) 中介绍。

代表性论文专著目录:

1. 古志远、杨成雄、常娜、严秀平* Metal-Organic Frameworks for Analytical Chemistry: From Sample Collection to Chromatographic Separation, *Accounts of Chemical Research* 2012, 45, 734-745.
2. 崔晓燕、古志远、江冬青、李妍、王荷芳、严秀平* In Situ Hydrothermal Growth of Metal-Organic Framework 199 Films on Stainless Steel Fibers for Solid-Phase Microextraction of Gaseous Benzene Homologues, *Analytical Chemistry*, 2009, 81, 9771-9777.
3. 古志远、严秀平* Metal-Organic Framework MIL-101 for High-Resolution Gas-Chromatographic Separation of Xylene Isomers and Ethylbenzene, *Angewandte Chemie - International Edition*, 2010, 49, 1477-1480.
4. 常娜、古志远、严秀平* Zeolitic Imidazolate Framework-8 Nanocrystal Coated Capillary for Molecular Sieving of Branched Alkanes from Linear Alkanes along with High-Resolution Chromatographic Separation of Linear Alkanes, *Journal of the American Chemical Society*, 2010, 132, 13645-13647.
5. 王荷芳、何瑜、纪天容、严秀平* Surface Molecular Imprinting on Mn-doped ZnS Quantum Dots for Room Temperature Phosphorescence Optosensing of Pentachlorophenol in Water, *Analytical Chemistry*, 2009, 81, 1615-1621.
6. 吴鹏、缪玲妮、王荷芳、邵学广、严秀平* A Multidimensional Sensing Device for the Discrimination of Proteins Based on Manganese-Doped ZnS Quantum Dots, *Angewandte Chemie - International Edition*, 2011, 50, 8118-8121.
7. 吴伯岳、王荷芳、陈家童、严秀平* Fluorescence Resonance Energy Transfer Inhibition Assay for alpha-Fetoprotein Excreted during Cancer Cell Growth Using Functionalized Persistent Luminescence Nanoparticles, *Journal of the American Chemical Society*, 2011, 133, 686-688.
8. 阿不都卡德尔·阿不都克尤木、陈家童、赵强、严秀平* Functional Near Infrared-Emitting Cr³⁺/Pr³⁺ Co-Doped Zinc Gallogermanate Persistent Luminescent Nanoparticles with Superlong Afterglow for in Vivo Targeted Bioimaging, *Journal of the American Chemical Society*, 2013, 135, 14125-14133.

主要完成人情况:

1. 严秀平, 排名 1, 教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 是该项目主要负责人, 项目总体设计者, 提出了项目的学术思想和研究思路, 并指导研究。对项目所列的重要科学发现第 1-3 项均做出了创造性贡献, 是 8 篇代表性论文的唯一通讯作者。开拓了金属有机骨架基样品预处理和高分辨色谱分离新方向, 发展了掺杂量子点室温磷光分析和长余辉低背景检测新策略。
2. 王荷芳, 排名 2, 副教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 对项目“重要科学发现”所列第 3 项做出了创造性贡献, 是代表性论文 2, 5-7 的作者。提出了表面分子印迹与量子点磷光分析相结合构建新型分子印迹-室温磷光识别体系的新策略, 构建了对五氯苯酚具有高选择性的表面分子印迹 Mn 掺杂 ZnS 量子点的室温磷光传感新方法。
3. 古志远, 排名 3, 教授, 工作单位: 南京师范大学, 完成单位: 南开大学, 对项目“重要科学发现”所列第 2 项做出了创造性贡献, 是代表性论文 1-4 的作者。发展了基于金属-有机骨架的毛细管气相色谱高效分离和采样吸附分析方法。
4. 吴鹏, 排名 4, 副研究员, 工作单位: 四川大学, 完成单位: 南开大学, 对项目“重要科学发现”所列第 3 项做出了创造性贡献, 是代表性论文 6 的作者。构建了基于 Mn-ZnS 量子点的多维光学传感器, 用于生物样品中蛋白质的区分与识别。
5. 常娜, 排名 5, 副教授, 工作单位: 天津工业大学, 完成单位: 南开大学, 对项目“重要科学发现”所列第 2 项做出了创造性贡献, 是代表性论文 1, 4 的作者。制备了 ZIF-8 纳米晶涂覆毛细管色谱柱, 发现该色谱柱不仅具有将支链烷烃从直链烷烃中筛分出来的优良性能, 同时还具备高选择性分离直链烷烃的能力。

完成人合作关系说明：

项目第一完成人严秀平，系南开大学教授，是该项目主要负责人，项目总体设计者，提出了项目的学术思想和研究思路，并指导研究。对项目所列的重要科学发现第1-3项均做出了创造性贡献，是8篇代表性论文的唯一通讯作者。项目其他完成人均是严秀平教授在南开大学培养的博士研究生，其中第二完成人王荷芳博士毕业后在严秀平教授课题组工作。所有项目成果均是在严秀平教授指导下，在南开大学完成的。

知情同意证明:

附件 18 知情同意报奖证明

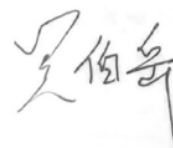
我是“复杂样品的高效分离、富集与低背景发光检测研究”项目中代表性论文 2 (Xiao-Yan Cui, Zhi-Yuan Gu, Dong-Qing Jiang, Yan Li, He-Fang Wang, and Xiu-Ping Yan*: In Situ Hydrothermal Growth of Metal-Organic Framework 199 Films on Stainless Steel Fibers for Solid-Phase Microextraction of Gaseous Benzene Homologues Analytical Chemistry, 2009, 81, 9771-9777) 的第一作者, 清楚知道并同意本项目申报国家自然科学基金, 并且不参与本项目报奖。



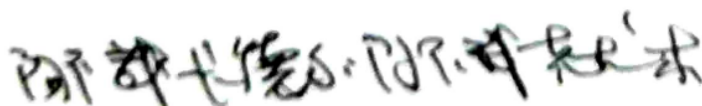
崔晓燕

我是“复杂样品的高效分离、富集与低背景发光检测研究”报奖项目中代表性论文 7 (Bo-Yue Wu, He-Fang Wang, Jia-Tong Chen, and Xiu-Ping Yan*: Fluorescence Resonance Energy Transfer Inhibition Assay for α -Fetoprotein Excreted during Cancer Cell Growth Using Functionalized Persistent Luminescence Nanoparticles. Journal of the American Chemical Society, 2011, 133 (4): 686-688) 的第一作者, 清楚知道并同意本项目申报国家自然科学基金, 并且不参与本项目报奖。

吴伯岳



我是“复杂样品的高效分离、富集与低背景发光检测研究”报奖项目中代表性论文 8 (Abdukader Abdukayum, Jia-Tong Chen, Qiang Zhao, Xiu-Ping Yan*: Functional Near Infrared-Emitting Cr³⁺/Pr³⁺ Co-Doped Zinc Gallogermanate Persistent Luminescent Nanoparticles with Superlong Afterglow for in Vivo Targeted Bioimaging. Journal of the American Chemical Society, 2013, 135, 14125-14133) 的第一作者, 清楚知道和同意本项目申报国家自然科学基金, 并且不参与本项目报奖。



阿不都卡德尔·阿不都克尤木