

# 国家自然科学奖提名书

(2019 年度)

## 项目基本情况

提 名 者		余刚，张锁江，石碧	
项目 名称	中文名	氮氧化物催化净化性能增强及反应机理研究	
	英文名	Performance enhancement and reaction mechanism of catalytic NOx purification	
主要完成人		吴忠标（浙江大学），董帆（重庆工商大学），刘越（浙江大学），王海强（浙江大学），江博琼（浙江大学）	
项目起止时间		起始：2006 年 1 月 1 日	完成：2015 年 9 月 16 日

## 提名意见

提名专家	余刚，清华大学，教授
学科专业	环境科学
<p>提名意见：</p> <p>氮氧化物是造成我国城市群大气复合污染的主要污染物之一，环境催化净化技术是最具前景的绿色控制技术，制约其全过程控制的关键科学问题包括催化净化性能不高、机理不明确和过程毒副产物难调控等。该项目提出了低温 SCR 双通道脱硝反应机理，揭示了主导催化剂性能的核心因素，开发了活性和抗硫性能优良的 Mn/TiO<sub>2</sub> 系列催化剂；基于廉价前驱体，构建了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 纳米片基同型异质结和非贵金属 Bi 单质基异质结，提出了其光催化净化 NO<sub>x</sub> 的性能增强机制和反应机理；开发了基于薄层多孔结构光催化剂的原位负载技术，解决了过程毒副产物难调控的难题。该项目在 Environ. Sci. Technol.、Appl. Catal. B 等期刊发表 8 篇代表性论文，SCI 他引总次数为 2006 次，单篇他引 300 次以上的论文 3 篇，5 篇入选 ESI 高被引论文。该项目第一完成人是教育部长江学者特聘教授，第二完成人是国家优秀青年科学基金获得者并入选科睿唯安全球高被引科学家榜单。</p> <p>该项目为氮氧化物污染的全过程控制提供了重要的理论和技术基础，为推动相关学科进步提供了做出了重要贡献。该项目已获得 2012 年浙江省科学技术奖（基础研究）二等奖和 2016 年教育部自然科学奖一等奖。</p> <p>提名该项目为国家自然科学奖 <u>二</u> 等奖。</p>	

## 提名意见

提名专家	张锁江，中国科学院过程工程研究所，研究员
学科专业	化学工程
<p>提名意见：</p> <p>氮氧化物（NO<sub>x</sub>）是我国主要的大气污染物之一，也是城市群大气复合污染的重要前体物。环境催化技术是彻底解决氮氧化物污染的最有效最具前景的途径之一。该项目重点围绕新型高效净化催化剂开发、氮氧化物降解机理以及过程稳定性等关键科学问题展开了一系列富有成效的研究工作。</p> <p>该项目通过研究氮氧化物的全过程催化净化反应过程，揭示了新型的双通道低温脱硝反应机理及关键反应控制因素，在此基础上制备出了三元高分散金属氧化物催化剂，显著提升了催化剂的脱硝性能及抗硫中毒能力。进一步合成了新型异质结光催化剂，将 NO<sub>x</sub> 的净化性能提高 4 倍以上，并提出了抑制净化过程中毒副产物生成的新方法，有效解决了制约光催化性能提升的关键难题。该项目发表的 8 篇代表性论文，获得国内外学术界的高度认可，其中 5 篇论文为 ESI 高被引论文；分别获得 2016 年教育部自然科学奖一等奖和 2012 年浙江省科学技术奖二等奖，为温和条件下高效净化氮氧化物提供了重要的理论基础，成果显著。特此推荐！</p> <p>提名该项目为国家自然科学奖<u>二</u>等奖。</p>	

## 提名意见

提名专家	石碧，四川大学，教授
学科专业	皮革化学与工程
<p>提名意见：</p> <p>氮氧化物（NO<sub>x</sub>）是造成大气复合污染和灰霾主要污染物之一，对生态环境安全和人体健康造成了严重的威胁。利用环境催化净化技术在温和条件下实现对 NO<sub>x</sub> 的去除，是控制 NO<sub>x</sub> 最具前景的绿色技术。</p> <p>该项目针对温和条件下催化净化 NO<sub>x</sub> 过程中反应机理揭示、净化效率提升和毒副产物控制 3 个关键问题，进行了全方位的研究。首次发现了低温 SCR 脱除 NO<sub>x</sub> 的双通道反应机理，并以此为依据开发了高效的新型三元催化剂，利用三元催化剂中的固溶体结构，有效保持了催化剂中的活性点位，提高了低温下对 NO<sub>x</sub> 的去除并提升了催化剂的稳定性。同时通过调控催化剂微结构和原位负载技术，利用内建电场增强电荷分离的方式，提高了对 NO<sub>x</sub> 的净化性能，并实现了对反应过程中毒副产物的控制。该项目发表的 8 篇代表性 SCI 论文，受到国际广泛关注，在同领域论文中他引次数居国际前列，研究成果具有重要的科学价值，为温和条件下催化技术在大气污染控制中的应用奠定了重要的基础。</p> <p>提名该项目为国家自然科学奖__二__等奖。</p>	

## 项目简介

氮氧化物（NO<sub>x</sub>）是造成我国城市群大气复合污染和灰霾的主要污染物之一，严重威胁生态环境安全和人体健康。环境催化净化技术能够在温和条件下实现典型大气污染物的高效净化，被认为是控制 NO<sub>x</sub> 最具前景的绿色技术之一。该项目针对制约其全过程控制的三个关键科学问题：反应机理不明确、催化净化性能不高和过程毒副产物难调控，以温和条件下 NO<sub>x</sub> 高效催化净化技术的基础研究为核心，揭示了 NO<sub>x</sub> 催化净化的双通道反应机理，提出了通过内建电场增强电荷分离提高 NO<sub>x</sub> 净化性能的新方法，实现了净化过程毒副产物的有效调控。研究成果对 NO<sub>x</sub> 催化净化性能增强及反应机理的认识具有重要科学价值，推动了温和条件下催化技术在大气污染控制中的应用。主要发现点如下：

1、针对低温 SCR 催化剂活性不高和抗硫性能差的难题，首次提出了双通道反应机理，除公认 E-R 反应途径外，发现 L-H 反应途径是增强低温 SCR 脱硝活性的关键因素；制备了过渡金属改性的 Mn/TiO<sub>2</sub> 系列高效催化剂，增强了活性组分的分散性和稳定性，首次将 90°C 条件下对 NO<sub>x</sub> 的脱除率提高至 90% 以上；引入稀土 Ce 元素大幅度提升了催化剂的抗硫性能，在低浓度 SO<sub>2</sub> 反应体系中，催化剂耐久度提高了 3.1 倍，攻克了低温 SCR 脱硝技术实际应用中的关键难点。

2、构建了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 纳米片基同型异质结和非贵金属 Bi 单质/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 异质结，提出了其光催化净化低浓度 NO<sub>x</sub> 的性能增强机制。通过半导体能带结构设计，原位构建了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 同型半导体异质结和 Bi/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 金属-半导体异质结，优化后异质结光催化净化 NO<sub>x</sub> 的性能可提高至 4.3 倍，有效解决了制约光催化性能提升的关键难题，并首次揭示了其内建电场驱动光生电荷高效分离的机制。

3、发现了一种通过热处理廉价前驱体尿素获得高性能薄层多孔结构 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 纳米片的新方法，开发了基于薄层多孔结构催化剂的原位负载技术，解决了净化过程毒副产物难调控的难题。阐明了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 光催化净化低浓度 NO<sub>x</sub> 的反应机理，识别出 NO<sub>x</sub> 净化过程的中间毒性产物，在此基础上从动力学角度提出了抑制毒副产物生成的新方法。

项目在 *Environ. Sci. Technol.*、*Appl. Catal. B* 等期刊发表 8 篇代表性 SCI 论文，SCI 他引总次数 2006 次，单篇 SCI 他引 300 次以上论文 3 篇，单篇最高 SCI 他引达 461 次，5 篇入选 ESI 高被引用论文，被包括 *Chem. Rev.*、*Chem. Soc. Rev.*、*Nature Rev. Mater.*、*Energy Environ. Sci.* 等期刊正面引用。代表性引用作者包括 *Appl. Catal. B-Environ.* 主编、韩国浦项工业大学 Nam IS 教授，美国工程院院士、密西根大学 Yang RT 教授和中国工程院院士、清华大学郝吉明教授等。近 10 年低温 SCR 脱硝高引论文中代表作 1 的 SCI 引用次数居国际第五、国内第一。第一完成人是教育部长江学者特聘教授，位列环境/生态、工程和化学三个领域 ESI 引文国际排名前 1%，列 Elsevier 2017 年中国高被引学者榜单；第二完成人是国家优秀青年科学基金获得者，并入选 2018 年科睿唯安全球高被引科学家榜单。该项目获 2012 年浙江省科学技术奖二等奖和 2016 年教育部自然科学奖一等奖。

## 客观评价

(1) Appl. Catal. B-Environ. 主编、韩国浦项工业大学 Nam IS 教授在论文中 (Catal. Today 2010, 151, 244) 引用代表作4 (“Wu et al. reported the high deNO<sub>x</sub> activity of Mn/TiO<sub>2</sub> catalyst prepared by sol-gel method at the reaction temperature of 100 °C.”), 高度评价了创新点三中所制备催化剂在100°C下的高脱硝活性。英国皇家化学学会绿色化学奖获得者、牛津大学 Wolfson 催化研究中心主任 Tsang SC 教授在其论文 (J. Catal. 2010, 276, 56-65) 中引用代表作4 (“Some transition metal-oxides and mixed-oxide catalysts have been investigated in the low-temperature SCR reaction including ... Of all the catalysts screened, Mn-containing catalysts exhibited relatively high activity for the conversion of NO<sub>x</sub>.”), 认可创新点一中催化剂的高脱硝活性。

(2) 美国工程院院士、密西根大学 Yang RT 教授, 中国工程院院士郝吉明教授和李俊华教授在其综述 (Catal. Today, 2011, 175, 147) 中引用代表作1, 论证稀土元素 Ce 在 MnO<sub>x</sub>/TiO<sub>2</sub> 中的添加能有效增加表面吸附氧浓度、改善催化剂的贮氧能力和表面酸性、促进 NO 向 NO<sub>2</sub> 的氧化, 从而提高其脱硝活性。

(3) “全球顶尖一百化学家榜单”入选者、加州大学河滨分校 Yin YD 教授在 Chem. Rev (2014, 114, 9853) 综述引用代表作3 (“TiO<sub>2</sub> composites containing both manganese and rhenium oxides are frequently used for supported catalytic reactions, such as NO<sub>x</sub> reduction for manganese oxide...”), 认同本项目开发的 Mn/TiO<sub>2</sub> 催化剂已广泛地应用于 NO<sub>x</sub> 的催化还原反应。

(4) 美国橡树岭国家实验室科学家 Savara A 和西北大学 Weitz E 教授在 Annu. Rev. Phys. Chem. 综述 (2014, 65, 249) 中引用代表作2, 认为采用原位漫反射红外研究低温 SCR 反应机理的方法科学。Environ. Sci. Technol. 副主编、美国国家工程院院士、中国工程院外籍院士 Crittenden J 教授和清华大学李俊华教授在论文 (Appl. Catal. B-Environ. 2015, 168-169, 195) 中引用代表作2, 肯定了该项目的原位红外反应机理研究。Phys. Chem. Chem. Phys. 副主编、北海道大学 Asakura K 教授在其论文 (Catal. Today 2013, 201, 131) 中称赞发现点一中的催化剂为新型、高效、稳定的低温 SCR 催化剂。

(5) Journal of Materials Science 主编、巴西圣保罗大学 Camargo P H C 教授在综述 (Chem. Soc. Rev., 2018, 47, 7783) 引用代表作 5 和 6, 并直接引用原文中 2 幅图, 认为通过尿素和硫尿的分子前驱体构造 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 同型异质结, 延长了载流子的寿命, 因此显著提高了光催化活性, 为高性能光催化提供了新的策略 (“...extending the lifetime of charge carriers and resulting in noticeably higher photocatalytic activity... open new strategies to...”); 非贵金属 Bi 单质的等离子体效用可同时促进 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 光生电荷的分离和可见光利用效率的提高, 因此 Bi/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 表现出 NO 高效且稳定的去除性能 (“Dong et al. constructed an Bi NPs/PCN displaying highly enhanced visible-light photoactivity and stability for NO purification...attributed to...improved light-harvesting...the increased separation efficiency of electron-hole pairs...from the LSPR effects of Bi...”)。

(6) 全球顶尖 100 位材料学家、美国肯特州立大学 Jaroniec M 教授在综述 (Adv. Mater., 2015, 27, 2150) 中引用代表作 5 和 7, 认为尿素是合成薄层、高比表面积 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 的优选前驱体; 且以尿素和硫脲为前驱体构筑的 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 异质结, 电荷分离得到强化, 因此表现出高可见光催化净化性能。

(7) J. Mater. Chem. A 副主编、阿德莱德大学 Qiao SZ 教授在 Energy Environ. Sci. 文章 (2015, 8, 3708) 引用代表作 5, 指出构造 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 基异质结是增强其可见光催化性能的有效方法。福州大学能源与环境光催化国家重点实验室主任王心晨教授在综述 (Energy Environ. Sci., 2015, 8, 3092) 中引用代表作 5 和 7, 论证热处理尿素过程中形成的气泡对于形成多孔薄层 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 起到了模板作用; 以尿素和硫脲为前驱体成功构建了 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 同型异质结。

(8) 加拿大化学会会士、西安大略大学 Rohani S 教授引用代表作 5 和 8, 并进行图文亮点介绍, 认为将 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 负载于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 泡沫陶瓷是一种新颖的原位负载方法, 负载型 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 表现出高度增强的光催化净化性能; 同型 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 异质结界面可促进光生电荷分离, 进而提高光催化去除 NO 的性能。

(9) 莫纳什大学 (马来西亚) 科学家 Chai SP 在综述 (Chem. Rev., 2016, 116, 7159) 引用代表作 5, 6, 7 和 8, 引用了原文 17 幅图, 用 90 余行文字进行了重点评述, 认为构建新型 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 同型异质结, 能带结构匹配, 可以有效克服 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 自身缺陷, 是一种全新的光催化性能增强方法, 且该制备方法可用于催化剂大规模制备, 具备广泛的应用前景 (“Dong et al. engineered a novel g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> metal-free layered heterojunction...the rational construction of isotype heterojunctions...smart novel approach to overcome the intrinsic drawbacks of g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>...achieving highly efficient photocatalysis...can be developed easily in a large scale...”); 利用 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 与载体之间的相互作用, 可实现 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上牢固负载; 重点评述了构筑薄层多孔结构和 Bi 单质基异质结可大幅提升 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 净化 NO 性能, 为理解 Bi 单质的类贵金属行为作为经济可行的助催化剂提供了新的研究见解 (“This study provides a new research outlook in understanding...economically feasible Bi metals... improved charge separation.”)。

(10) 孙世刚院士在 ACS Catal. (2014, 4, 3928) 中引用代表作 7 报道的制备方法, 认为 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 由于其良好的热稳定性、可调的电子结构和低成本制备工艺, 是一种有效的多相催化剂。ACS Appl. Mater. Interfaces (2014, 6, 16449) 综述引用代表作 7 中 3 幅图, 并用 12 行文字重点评述, 用尿素作为前驱体通过控制热处理温度可获得高比表面积 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>。

(11) 韩布兴院士在 ChemCatChem (2013, 5, 192) 中引用代表作 7 的研究结果, 认为 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 经过化学调控可以形成多种纳米结构, 并可以直接应用于光催化。德国墨尼黑大学 Kessler F 教授在 Nature Rev Mater 综述 (2017, 2, 17030) 引用代表作 8, 评述·O<sub>2</sub><sup>-</sup>和·OH 活性自由基是光催化净化 NO 的主要活性物种。

## 代表性论文专著目录（不超过 8 篇）

序号	论文专著 名称/刊名 /作者	年卷页码	发表时间 （年 月 日）	通讯 作者 （含 共同）	第一 作者 （含 共同）	国内 作者	SCI 他 引 次 数	他 引 总 次 数	论文 署名 单位 是否 包含 国外 单位
1	Ceria modified MnOx/TiO <sub>2</sub> as a superior catalyst for NO reduction with NH <sub>3</sub> at low-temperature/ Catalysis Communications/ Zhongbiao Wu, Ruiben Jin, Yue Liu*, Haiqiang Wang.	2008 年 9 卷 2217-2220 页	2008 年 7 月 20 日	刘越	吴忠 标	吴忠 标, 金 瑞奔, 刘越, 王海 强	329	385	否
2	DRIFT study of manganese/titania-based catalysts for low-temperature selective catalytic reduction of NO with NH <sub>3</sub> / Environmental Sciences & Technology/ Zhongbiao Wu, Boqiong Jiang, Yue Liu*, Haiqiang Wang, Ruiben Jin.	2007 年 41 卷 5812-5817 页	2007 年 8 月 1 日	刘越	吴忠 标	吴忠 标, 江 博琼, 刘越, 王海 强, 金 瑞奔	215	235	否
3	Effect of ceria doping on SO <sub>2</sub> resistance of Mn/TiO <sub>2</sub> for selective catalytic reduction of NO with NH <sub>3</sub> at low temperature/ Catalysis Communications/ Zhongbiao Wu, Ruiben Jin, Haiqiang Wang*, Yue Liu.	2009 年 10 卷 935-939 页	2009 年 2 月 15 日	王海 强	吴忠 标	吴忠 标, 金 瑞奔, 王海 强, 刘 越	183	235	否
4	Effect of transition metals addition on the catalyst of manganese/titania for low-temperature selective catalytic reduction of nitric oxide with ammonia./ Applied Catalysis B: Environmental/ Zhongbiao Wu*, Boqiong Jiang, Yue Liu	2008 年 79 卷 347-355 页	2008 年 3 月 8 日	吴忠 标	吴忠 标	吴忠 标, 江 博琼, 刘越	145	175	否



5	In Situ Construction of g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Metal-Free Heterojunction for Enhanced Visible Light Photocatalysis, ACS Applied Materials & Interfaces/ Fan Dong*, Zaiwang Zhao, Ting Xiong, Zilin Ni, Wendong Zhang, Yanjuan Sun, Wing-Kei Ho	2013 年 5 卷 11392-11401 页	2013 年 11 月 13 日	董帆	董帆	董帆, 赵再望, 熊婷, 倪紫琳, 张文东, 孙艳娟, 何詠基	366	373	否
6	An Advanced Semimetal-Organic Bi Spheres-g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Nanohybrid with SPR-Enhanced Visible-Light Photocatalytic Performance for NO Purification, Environmental Sciences & Technology Fan Dong*, Zaiwang Zhao, Yanjuan Sun, Yuxin Zhang, Shuai Yan,* Zhongbiao Wu	2015年49卷 12432-12440 页	2015年 9月16 日	董帆, 闫帅	董帆	董帆, 赵再望, 孙艳娟, 张育新, 闫帅, 吴忠标	163	166	否
7	Efficient synthesis of polymeric g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> layered materials as novel efficient visible light driven photocatalysts/Journal of Materials Chemistry/Fan Dong*, Liwen Wu, Yanjuan Sun, Min Fu, Zhongbiao Wu*, S. C. Lee.	2011年21卷 15171-15174 页	2011年 8月22 日	董帆, 吴忠标	董帆	董帆, 武丽文, 孙艳娟, 傅敏, 吴标, 李顺诚	461	478	否
8	Immobilization of Polymeric g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> on Structured Ceramic Foam for Efficient Visible Light Photocatalytic Air Purification with Real Indoor Illumination, Environmental Science & Technology/ Fan Dong*, Zhenyu Wang, Yuhua Li, Wing-Kei Ho, S. C. Lee	2014年48卷 10345-10353 页	2014年 8月8日	董帆	董帆	董帆, 王震宇, 李宇涵, 何詠基, 李顺诚	144	146	否
合 计							2006	2193	

**承诺:** 知识产权归国内所有且无争议。以下情况和规定已向所有未列入项目主要完成人的作者明确告知并征得同意: ①上述论文专著用于提名 2019 年国家自然科学奖; ②国家科技奖获奖项目所用论文专著不得再次参评; ③未获奖项目所用论文专著再次参评须隔一年。其中, 未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者(含共同第一作者、共同通讯作者)已出具知情同意书面签字意见, 与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。因未如实告知上述情况而引起争议, 且不能提供相应存档备查的证据, 本人愿意承担相应责任, 并接受处理。

**第一完成人签名:**

### 主要完成人情况表

姓 名	吴忠标	性别	男	排 名	1	国 籍	中国
出生年月	1966 年 1 月			出 生 地	浙江永康	民 族	汉族
身份证号				归国人员	否	归国时间	
技术职称	教授			最高学历	博士研究生	最高学位	博士
毕业学校	浙江大学			毕业时间	1994-03-14	所学专业	环境化工
电子邮箱	zbwu@zju.edu.cn			办公电话	0571-88982863	移动电话	
通讯地址	浙江大学紫金港校区农生环大楼 B234 室					邮政编码	300058
工作单位	浙江大学					行政职务	所长
二级单位	环境与资源学院					党 派	中国共产党
完成单位	浙江大学					所 在 地	浙江
						单位性质	高等学校
参加本项目的起止时间		2007.01 至 2015.09					
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目负责人，负责本项目技术路线、研究目标和研究内容制定，对项目实施和完成起到关键组织领导和技术指导作用，在本项目中的工作量占到本人工作量的 60%。在项目各个关键问题上均提供了重要的创新思路，对于项目中催化剂制备技术的开发、催化剂改性优化和氮氧化物降解机理的提出起到了重要作用，在 3 个发现点上均有重要贡献。是本项目代表性论文 1、2、3、4 和 7 的第一作者或通讯作者。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无。</p>							
<p><b>声明：</b>本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。<b>该项目是本人本年度被提名的唯一项目。</b>如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>						<p><b>完成单位声明：</b>本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p><b>工作单位声明：</b>本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>	

### 主要完成人情况表

姓 名	董帆	性别	男	排 名	2	国 籍	中国
出生年月	1982 年 8 月			出 生 地	湖北宜昌	民 族	汉族
身份证号				归国人员	否	归国时间	
技术职称	教授			最高学历	博士研究生	最高学位	博士
毕业学校	浙江大学			毕业时间	2010 年 6 月	所学专业	环境工程
电子邮箱	dfctbu@126.com			办公电话	023-6276978 5	移动电话	
通讯地址	重庆市南岸区学府大道 19 号					邮政编码	400067
工作单位	重庆工商大学					行政职务	无
二级单位	环境与资源学院					党 派	中国共产党
完成单位	重庆工商大学					所 在 地	重庆
						单位性质	高等学校
参加本项目的起止时间		2007.01 至 2015.09					
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>本项目的主要完成人之一。薄层多孔结构光催化制备、g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Bi 单质/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 异质结光催化作用机制和光催化净化 NO 的反应机理等方面开展工作，本人在本项研究中的工作量占本人工作量的 80 %。对主要发现中的第 2 和第 3 点做出了重要贡献，是本项目代表性论文 5、6、7 和 8 第一作者或通讯作者。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无。</p>							
<p><b>声明：</b>本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。<b>该项目是本人本年度被提名的唯一项目。</b>如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>						<p><b>完成单位声明：</b>本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p><b>工作单位声明：</b>本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>	

## 八、主要完成人情况表

姓 名	刘越	性别	男	排 名	3	国 籍	中国
出生年月	1976 年 4 月			出 生 地	江苏宜兴	民 族	汉
身份证号				归国人员	是	归国时间	2006.4
技术职称	教授			最高学历	博士研究生	最高学位	博士
毕业学校	新加坡南洋理工大学			毕业时间	2006.04	所学专业	机械工程
电子邮箱	yueliu@zju.edu.cn			办公电话	0571-87953088	移动电话	
通讯地址	浙江大学紫金港校区农生环大楼 B215 房间					邮政编码	310058
工作单位	浙江大学					行政职务	无
二级单位	环境与资源学院					党 派	
完成单位	浙江大学					所 在 地	杭州
						单位性质	高校
参加本项目的起止时间		2007.01 至 2009.02					
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>本项目的完成人之一。在 Mn-Ti 催化剂 Ce 掺杂改性、低温 SCR 反应机理等方面开展工作，本人在本项研究中的工作量占本人工作量的 60 %。对主要发现中的第 1 点做出了重要贡献，是本项目代表性论文 1 和 2 的通讯作者。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无。</p>							
<p><b>声明：</b>本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。<b>该项目是本人本年度被提名的唯一项目。</b>如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>					<p><b>完成单位声明：</b>本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p><b>工作单位声明：</b>本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>		

### 主要完成人情况表

姓 名	王海强	性别	男	排 名	4	国 籍	中国
出生年月	1977 年 8 月			出 生 地	浙江宁海	民 族	汉
身份证号				归国人员	否	归国时间	
技术职称	副教授			最高学历	博士研究生	最高学位	博士
毕业学校	浙江大学			毕业时间	2007 年 12 月	所学专业	环境工程
电子邮箱	haiqiangwang@zju.edu.cn			办公电话	0571-87953088	移动电话	
通讯地址	浙江大学紫金港校区农生环大楼 B215 房间					邮政编码	310058
工作单位	浙江大学					行政职务	无
二级单位	环境与资源学院					党 派	中国共产党
完成单位	浙江大学					所 在 地	浙江杭州
						单位性质	高校
参加本项目的起止时间		2007.01 至 2009.02					
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>本项目的完成人之一。在 Mn-Ti 系低温 SCR 脱硝催化剂抗硫性能改进等方面开展工作，本人在本项研究中的工作量占本人工作量的 60 %。对主要发现中的第 1 点做出了重要贡献，是本项目代表性论文 3 的通讯作者。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无。</p>							
<p><b>声明：</b>本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。<b>该项目是本人本年度被提名的唯一项目。</b>如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>					<p><b>完成单位声明：</b>本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p><b>工作单位声明：</b>本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>		

### 主要完成人情况表

姓 名	江博琼	性别	女	排 名	5	国 籍	中国
出生年月	1981 年 4 月			出 生 地	浙江杭州	民 族	汉
身份证号				归国人员	否	归国时间	
技术职称	副教授			最高学历	博士研究生	最高学位	博士
毕业学校	浙江大学			毕业时间	2008-09-30	所学专业	环境工程
电子邮箱	Rings_jbq@126.com			办公电话	0571-28008235	移动电话	
通讯地址	浙江省杭州市下沙高教园区学正街 18 号					邮政编码	310012
工作单位	浙江工商大学					行政职务	无
二级单位	环境科学与工程学院					党 派	中国共产党
完成单位	浙江大学					所 在 地	浙江杭州
						单位性质	高等学校
参加本项目的起止时间		2007.01 至 2008.03					
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>本项目的主要完成人之一。在低温 SCR 反应机理、抗硫反应机理和三元催化剂开发等方面开展工作，本人在本项研究中的工作量占本人工作量的 90 %。对主要发现中的第 1 点做出了重要贡献，是本项目代表性论文 2 和 4 的主要作者。</p>							
<p>曾获国家科技奖励情况：</p> <p>无。</p>							
<p><b>声明：</b>本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。<b>该项目是本人本年度被提名的唯一项目。</b>如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>						<p><b>完成单位声明：</b>本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p><b>工作单位声明：</b>本单位对该完成人被提名无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年    月    日</p>	

## 完成人合作关系说明

项目完成人董帆（2005.09~2010.06）、王海强（2002.09~2007.12）和江博琼（2003.09~2008.09）在吴忠标教授的指导下完成了博士学位论文。攻读博士学位期间，承担了本项目的主要研究工作。刘越和王海强获得博士学位毕业后分别于 2006 年 4 月和 2008 年 1 月加入吴忠标教授课题组，承担了本项目的部分研究工作。

董帆于 2010 年 6 月获得博士学位毕业后，后赴重庆工商大学环境与资源学院工作，并继续与浙江大学吴忠标教授和王海强博士在环境光催化剂制备改性及污染净化方面开展密切的合作研究。在本项目中，共同发表 2 篇 SCI 论文。本次申报“国家自然科学基金”的部分成果为双方在合作期间取得的共同成果，特此证明。

**承诺：**本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

**第一完成人签名：**

### 完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	联合获奖	吴忠标, 刘越, 江博琼, 王海强	2012 年	2012 年浙江省科学技术奖二等奖		
2	联合获奖	吴忠标, 董帆, 王海强	2016 年	2016 年教育部自然科学奖一等奖		
3	论文合著	吴忠标, 刘越, 王海强	2008 年 7 月 20 日	Ceria modified MnOx/TiO <sub>2</sub> as a superior catalyst for NO reduction with NH <sub>3</sub> at low-temperature/ Catalysis Communications/ Zhongbiao Wu, Ruiben Jin, Yue Liu*, Haiqiang Wang.		
4	论文合著	吴忠标, 江博琼, 刘越, 王海强	2007 年 8 月 1 日	DRIFT study of manganese/titania-based catalysts for low-temperature selective catalytic reduction of NO with NH <sub>3</sub> / Environmental Sciences & Technology/ Zhongbiao Wu, Boqiong Jiang, Yue Liu*, Haiqiang Wang, Ruiben Jin.		
5	论文合著	吴忠标, 王海强, 刘越	2009 年 2 月 15 日	Effect of ceria doping on SO <sub>2</sub> resistance of Mn/TiO <sub>2</sub> for selective catalytic reduction of NO with NH <sub>3</sub> at low temperature/ Catalysis Communications/ Zhongbiao Wu, Ruiben Jin, Haiqiang Wang*, Yue Liu.		
6	论文合著	吴忠标, 江博琼, 刘越	2008 年 3 月 8 日	Effect of transition metals addition on the catalyst of manganese/titania for low-temperature selective catalytic reduction of nitric oxide with ammonia./ Applied Catalysis B: Environmental/ Zhongbiao Wu*, Boqiong Jiang, Yue Liu		
7	论文合著	董帆, 吴忠标	2015 年 9 月 16 日	An Advanced Semimetal-Organic Bi Spheres-g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> Nanohybrid with SPR-Enhanced Visible-Light Photocatalytic Performance for NO Purification, Environmental Sciences & Technology Fan Dong*, Zaiwang Zhao, Yanjuan Sun, Yuxin Zhang, Shuai Yan,* Zhongbiao Wu		
8	论文合著	董帆, 吴忠标	2011 年 8 月 22 日	Efficient synthesis of polymeric g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> layered materials as novel efficient visible light driven photocatalysts/Journal of Materials Chemistry/Fan Dong*, Liwen Wu, Yanjuan Sun, Min Fu, Zhongbiao Wu*, S. C. Lee		