

# 金属之光

2

中国科学院金属研究所  
2016年 第2期 (总第177期)

INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCE

# 金属之星

2015年度金属所优秀奖  
获奖人员介绍



出版日期: 2015年3月



## 2015年度金属所优秀奖获奖人员介绍



朱银莲，固体原子像研究部，研究员。

朱银莲研究员长期专注于低维氧化物功能界面的高分辨电子显微学研究。相继主持国家自然科学基金面上项目3项，作为主要成员参与国家自然科学基金重点项目以及科技部973项目。近年来在铁电材料畴壁结构的设计、制备以及电子显微学解析等方面取得了一系列具有重要影响力的研究成果。

铁电存储器具有功耗小、读写速度快、寿命长与抗辐照能力强等优点。但是这种存储单元受到尺寸效应与击穿电压等设计因素的影响，不能做到非常小的存储单元，难达到高密度存储的需求。长期以来科学家们一直在设想一种基于通量闭合结构的铁电存储单元，从而大大增加铁电存储器的存储密度。但经过几十年的探索，通量全闭合畴结构是否能够在铁电材料

### 优秀科技创新奖（基础研究类）——朱银莲

中存在却一直没有得到实验证实，其主要困难在于该闭合结构必然会导致巨大的晶格应变。如何突破铁电极化与晶格应变的相互制约，实现极化反转与晶格应变的有效调控，获得有望用于超高密度信息存储的结构单元，是当今铁电材料领域面临的一个重大基础性科学难题。

作为功能界面研究小组的主要成员，朱银莲研究员与国内外相关科学家合作，在解决上述重大科学难题方面取得突破。他们提出一种克服铁电材料自发应变的新思路，利用脉冲激光沉积方法，制备出一系列厚度的 $PbTiO_3$ 铁电多层薄膜；利用像差校正电子显微技术，不仅发现通量全闭合畴结构及其新奇的原子构型图谱，而且观察到由顺时针和逆时针闭合结构交替排列所构成的大尺度周期性阵列。

该项工作改变了之前探求通量闭合铁电畴结构的研究思路，为与铁磁材料类比的结构特性增添了新的实质性内容，也为探索基于铁电材料的高密度信息存储器提供了新途径。同时，在解决该科学问题的过程中，也探索出了一套行之有效的提取铁电畴应变分布的电子显微学分析方法，将广泛用于铁电纳米器件的应变与畴组态分析。

相关研究成果相继发表在Science、Ultramicroscopy、Advanced Materials Interfaces等具有重要影响力的国际学术刊物上，且部分显微图片被用来作为杂志封面。

### 优秀科技创新奖（应用研究和开发类）——陈荣石

陈荣石，材料环境腐蚀研究中心，研究员。

镁合金因其密度小、比强度高，逐渐成为航空航天等领域的重要材料。然而，镁合金生产和应用存在诸多技术难题。陈荣石研究员自2003年被聘为中科院“百人计划”以来，攻克了镁合金冶炼，铸件冶金缺陷控制，变形镁合金成形能力差、各向异性强等诸多难题，完成了镁合金技术系列创新。培养了硕士、博士研究生十多名；发表

SCI收录学术论文百余篇；已申请或授权发明专利20多项，其中部分专利已许可给企业实施。

陈荣石研究员近年来的主要科研成果包括：设计了大尺寸镁合金铸件的砂型铸造和热处理工艺方案，为我国新一代运载火箭研制了超大型、薄壁、高强镁合金铸件，已被装配采用。用户评价为“克服了制约我国新一代大型运载火箭制造的重大技术瓶颈和短线风险问题”。





发明了镁合金高效净化和洁净熔体的制备技术，突破了长期困扰含稀土镁合金产品夹杂多、冶金质量不稳定的技术瓶颈，对高稀土含量高强镁合金的应用发挥了关键技术支撑作用。

提出了多向小变形量、高速变形激活孪生调控镁合金织构的学术思路，发明了制备（近）各项同性镁合金锻件的技术方法和材料，其中部分材料已在航天重大工程上累计使用超过千件。

揭示了RE元素对镁合金高温变形机制和动态、静

态再结晶机理的影响。提出并实现了降低镁合金轧制板材的织构峰值强度和增大织构峰值基极偏转角，使室温变形时抑制压缩孪生，促进基面滑移和拉伸孪生，显著提高镁合金室温塑性和成形能力的学术思路。

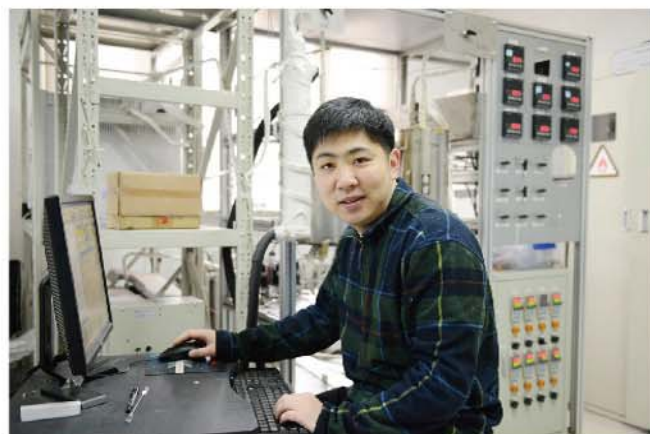
采用常规工业轧制或挤压设备，高效率、低成本地制备生产了具有优异室温塑性的镁合金变形加工材等，其中板材的室温伸长率可大于40%，管材的室温伸长率可大于35%，为镁合金变形材在工业上进行室温塑性成形奠定了基础。

## 优秀青年学者奖（基础研究类）——齐伟

齐伟，催化材料研究部，项目研究员。

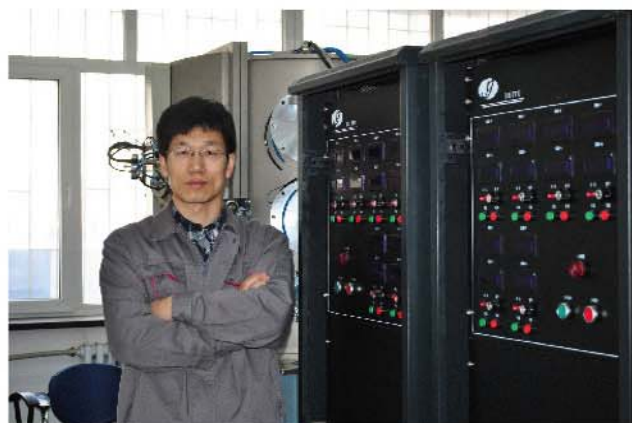
纳米碳材料具有比表面积大、导热性好、稳定性高的特点，在烷烃氧化脱氢和选择性氧化等反应中展现出反应活性好，目标产物具有选择性高、催化活性保持时间长的优势，其作为一种可再生的环境友好催化剂，可以替代传统的金属及其氧化物催化剂，能够满足石化工业中日益提高的环境保护要求。近年来，非金属纳米碳催化逐渐成为催化和材料领域的新兴热点研究方向之一。

虽然关于新颖高效的纳米碳催化体系相关报道层出不穷，但是研究者对纳米碳催化过程的本质（如催化活性中心种类和数目、分子层次上的催化反应机理等问题）认识仍显不足。针对纳米碳催化剂表面官能团（主要是含氧官能团）化学组成复杂，反应条件下结构易变，难以通过谱学方法定性和定量测试催化活性中心，齐伟博士首次提出化学滴定方法定性和定量纳米碳表面催化活性中心的思路。通过有机小分子和纳米碳材料表面氧官能团之间的高选择性特异反应和对滴定衍生物的结构和活性分析，首次给出直接的化学证据证明酮羰基基团是纳米碳催化烷烃氧化脱氢反应的活性中心，并成功实现对活性中心的定量。以上



述工作为基础，齐伟博士进一步实现了原位化学滴定方法对纳米碳催化本征活性（亦即归一化到单个活性中心的催化效率）的测试，并成功实现了不同纳米碳催化体系本征活性的评价和比较。

上述两项工作均发表在化学专业期刊Angew. Chem. Int. Ed.上，且受到了同行的关注和认可，美国化学会催化领域专业期刊ACS Catal.专门邀请齐伟博士撰写了前瞻性论文。对催化活性中心和碳基催化剂本征活性的认识以及相关研究方法的建立为纳米碳催化反应机理研究打下了坚实的基础，是从分子尺度上认识纳米碳催化过程并最终实现其工业化的关键之一。



## 优秀青年学者奖（应用研究和开发类）——姜肃猛

姜肃猛，材料表面工程研究部，副研究员。

燃气轮机是最重要的现代动力机械之一，广泛应用于航空发动机、工业发电机、舰船发动机等，是一个国家科技水平和综合国力的重要标志之一。提高燃气轮机功率和效率的要求使其进口温度不断上升，在发展新型合金和冷却技术的同时，通常在热端部件表面制备先进高温防护涂层来保证其服役寿命，因而防护涂层也是影响先进燃气轮机性能的关键因素之一。



# 金属之星

针对燃机热端部件防护涂层更高性能和更长寿命的实际需求，姜肃猛副研究员深入研究了包覆型MCrAlY涂层的失效机理及成分优化，并在此基础上，开展了梯度/复合MCrAlY涂层体系的研究，成功设计并制备出了(MCrAlY+AlSiY)、(MCrAlY+Al)、(MCrAlY+AlNiY)等几种梯度/复合涂层体系，具有优异的高温防护性能，有效地延长了叶片的使用寿命。同时针对涂层与基体之间的元素扩散导致涂层性能降低的问题，创新性地提出了一种新型扩散阻挡层

—自生式扩散阻挡层的概念，并在梯度涂层体系中成功制备了自生式扩散阻挡层，为扩散阻挡层提供了新的设计思路。上述相关研究成果已发表于Corrosion Science、Applied Surface Science等期刊上，同时申请专利3项，已授权专利2项。

在高温防护涂层工程化研究方面，重点研究了制备工艺对涂层综合性能的影响，制备出多种符合技术指标要求的涂层体系，目前相关涂层体系已获得应用，生产的多种叶片防护涂层产品已装机运行。



## 优秀技术支撑奖——侯桂臣

中S、O、N等杂质元素会导致非金属夹杂和疏松等缺陷，严重影响合金的力学性能和铸件的冶金质量。

侯桂臣高级工程师与他人合作，制备出高稳定活性氧化钙坩埚，解决了氧化钙坩埚吸潮问题，通过开展氧化钙坩埚熔炼高温合金脱氧、脱硫和脱氮机理研究，掌握了高温合金杂质元素深度脱除、夹杂物控制和过滤净化等关键技术。目前，侯桂臣团队批量生产的高温合金母合金中O、N、S杂质含量分别控制在10ppm以下，一些合金中O、N、S杂质含量控制在5ppm以下，显著改善了高温合金母合金的冶金质量，整体提升了高温合金的熔炼水平。

为了进一步改善高温合金母合金冶金质量，提高熔炼设备工作效率，侯桂臣在大型熔炼设备改进方面开展了大量的工作。课题组目前

使用的真空感应熔炼设备是十几年前引进的德国设备，因器件老化等原因出现了真空系统抽速慢、感应线圈容易变形等问题。侯桂臣对真空系统进行了管路变径、加装防泄漏装置等改造设计，提高了真空系统的真空度和工作效率，使ALD500Kg真空感应熔炼炉达到最佳真空状态。侯桂臣还对设备的感应线圈进行了加固和防漏磁处理，增加了线圈的使用寿命，提高了热效率，缩短了冶炼过程。相比以前，一炉冶炼成本下降了30%。

近3年，作为课题组高温合金母合金研发的总负责人，侯桂臣带领20余人的团队，平均每年为中航黎明、西航、黎阳等企业生产各类母合金200余吨，平均年产值8000余万元，所生产的高温合金母合金在用户方获得了很高的声誉和一致好评。

侯桂臣，高温合金研究部，高级工程师。

高温合金广泛应用于航空发动机和工业燃气轮机热端部件，是国防和国民经济建设不可或缺的关键材料。高温合金中通常加入了Al、Ti、Cr、W、Mo、Ta、Re、Nb、Co、C、B、Y等十余种强化元素，冶炼工艺十分复杂，母合金的纯净度问题已经成为影响高温合金部件质量和寿命的关键因素之一。合金

## 优秀管理奖——吴正超

吴正超，基建处，工程师。

2015年6月以前，吴正超任职综合管理处基建办电气工程师。工作中他不断加强专业知识的学习与积累，努力把专业工作“做好、做精、做新”。近几年主要参与完成了浑南园区6#实验室的建设，浑南园区电力增容工程，浑南园区新建水泵房工程，文化路园区、浑南园区道路排水及绿化工程，电力保障设施节能改造项目，文化路园区1100#实验楼、752#实验





楼、科技门市房改造，文萃路园区新建地下泵房，浑南园区1#、2#厂房改造，文化路园区、文萃路园区塑胶球场工程以及所内一些其他科研用房改造工程。同时，作为园区建设工作小组秘书负责准备会议材料和招标材料，并积极参与中科院各基建项目的建议书、可研报告、修缮申报书的编制等工作。

2015年6月，所内组织机构调整，吴正超被授权主持基建处日常工作，主管所内基建项目、修缮专项项目及科研用房改扩建等基本建设工作。2015年是金属所基建项目较多的一年，主要建设内容包括：十二五基建项目浑南世纪路园区7#、8#、9#实验室建设，2015年修缮专项工程文化路园区房屋修缮、浑南园区基础设施改造项目，以及其他一些科研用房的改扩建工程。吴正超面对压力，在摸索中前行。在工作中，他既是管理者，更是一名普通的工作人员，一年

来奔走于施工现场、设计院、招标中心、设备生产厂家、沈阳分院和各行政审批部门，协调总包与分包单位的纠纷，施工与设计、监理单位的技术争议，所内用户需求与设计规范的矛盾等。在处理问题过程中，始终坚持把金属所利益放在第一位，合理把握尺度，顾全大局，积极面对，不怕困难，合理运用政策，妥善解决问题，较好地维护了金属所的利益。为更好地解决施工中的突发问题，他坚持下现场，所内三个园区各项基建工程不论大小，都会出现他的身影。科学院基建工程不仅要在工程施工中保证质量与安全，同时要兼顾施工进度和预算资金执行率。截止2015年底，金属所圆满地完成了十二五基建项目、2015年修缮项目国拨部分资金预算执行，顺利通过了院2014年修缮专项“电力保障设施节能改造”项目验收，使金属所基建工作得以顺利地向前推进。

## 2014-2015双年度优秀教师奖——杨院生

杨院生，高温合金研究部，研究员。

杨院生研究员曾先后赴英国牛津大学和英国帝国理工学院工作。长期从事新型金属材料及其制备工艺与性能等研究工作。曾负责国家973计划课题，国家自然科学基金重点项目、重大项目课题、面上项目，国家科技支撑项目课题，中国科学院重大项目，国家国际科技合作项目等20余项国家和省部级重点研究项目，在新型材料制备、金属凝固、多物理场控制材料制备等方面取得了丰硕的研究成果。发表科研论文220余篇，被SCI收录120余篇，参编专著4部。申请专利40余项，授权34项。并受邀出席国内外学术会议并做特邀报告30余次。曾获辽宁省自然科学二等奖2项，其它省部级科技进步二等奖3项，享受政府特殊津贴。自1998年起至今，一直担任金属所研究生专业基础课《凝固理论与技术》的主讲教师。

杨院生研究员已连续十八年为我所研究生授课，他把研究生教学放在非常重要的位置。杨院生研究员讲课有三个特点，其一是学者风范，其二是平易近人，其三是教学方法由浅入深，深受学生欢迎。杨院生研究员是我所第一位采用双语授课的老师，他以国外最新的英文教材为蓝本，精选教学内容，精心编写英文讲义。《凝固理论与技术》课程尽管他已讲过多次，但每年开课前他还是要精心备课，对讲义进行修改，把最新研究成果编入课件。杨院生研究员一向反对照本宣科，在课堂上非常注重学生对基本概念和基本理论的理解，每个概念的来龙去脉他都交代得清



清楚楚，深奥的理论经他讲解既明白易懂，又不失深刻性。教学中他充分发挥学生的主动性，强调教与学的互动，组织学生收集与课程相关的最新研究成果并进行研讨。他不仅传授知识，更注重培养锻炼学生的能力，他的授课深受我所研究生的欢迎。学生对杨院生研究员课堂教学的评价是：最新且有条理的讲义，细致而又生动的讲授，深入浅出，易于理解，并且经常提出有趣的问题来激发我们的思考。杨院生研究员除了给我所博士硕士研究生授课外，还多次为工程硕士研究生班讲授《凝固理论》课程。他为人师表，教书育人，言传身教，用实际行动把我所严谨、严肃、严格的优良作风传递给学生，深受学生的欢迎和爱戴。杨院生研究员于2006年获得中国科学院研究生院“优秀教师”称号，2011年获得中国科学院“朱李月华优秀教师奖”。



## 高能量密度锂离子超级电容器研究取得重要进展

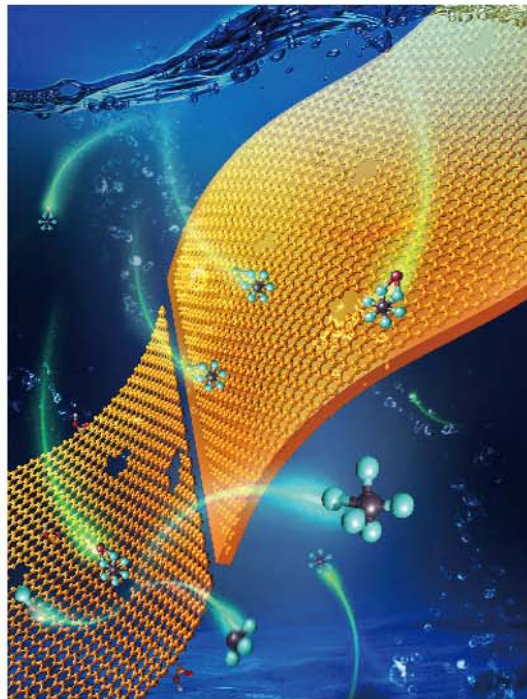
随着电动汽车、清洁能源存储及便携式电子产品的快速发展，开发与之相匹配的兼具高能量、高功率、长寿命的电化学储能器件成为目前的迫切需求。超级电容器，又称电化学电容器，是目前最重要的电能储存装置之一，其快速充放电、长循环寿命、高充放电效率及高的安全性是锂离子电池等二次电池所无法比拟的。但低的能量密度限制了超级电容器在消费电子、电动汽车、智能电网、清洁能源等领域的进一步应用。因此如何在保持超级电容器高功率、长寿命的前提下提高其能量密度是当前亟待解决的问题。

经过多年的研究，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室先进炭材料研究部的科研人员发现，造成超级电容器低能量密度的根源之一是组装成器件后正、负电极材料无法在最优的电位窗口下工作。为了解决这一问题，他们提出了采用电化学电荷注入来改变电极材料的表面电化学结构，实现调控正、负电极材料的电化学电位到最佳初始电位的方法，从而极大地提高了超级电容器的工作电压和比容量。由于超级电容器所储存的能量与工作电压和活性材料的容量成正比，因此能量密度大大增加。该方法具有普适性，目前已经在多种碳基超级电容器上验证有效。特别是以石墨烯作为活性材料的石墨烯锂离子超级电容器在调控后，不仅

保持了超级电容器的高功率特性，而且能量密度超过镍氢电池并接近锂离子电池水平，展现出极大的应用前景。

同时也针对新技术带来问题，持续进行发展和改进，如石墨烯锂离子超级电容器循环使用寿命下降（1000次循环衰减25%）的问题，研究人员采用电化学预包覆的方法，使二氟草酸硼酸锂分解并在正电极表面形成纳米尺度的保护层。该保护层具有电子绝缘

而离子导通的特性，不仅可隔绝活性材料与电解液的直接接触而发生分解，且可获得电极中高的离子扩散和传输。采用电化学预包覆处理石墨烯正极的锂离子超级电容器不仅展现出优异的能量密度和高的功率特性，而且循环稳定性更佳（每次循环衰减量仅为0.011%）。相关结果被《先进能源材料》接收发表。同时，科研人员提出了锂离子超级电容器的智能电芯设计思路，实现了提升能量密度、安全性并能有效地实现自修复等智能功能。相关结果在《能源储存材料》上发表。



电化学预处理后石墨烯锂离子超级电容器性能提高微观机理示意图

## ADS系统用5吨级SIMP钢制备成功

加速器驱动次临界ADS（Accelerator Driven Subcritical）系统是未来先进核嬗变能系统，不仅可以用来处理高放核废料，还可以利用期间产生的核能发电。

在中科院核能先导专项“未来先进核裂变能—ADS嬗变系统”的支助下，中国科学院金属研究所杨柯、单以银研究团队在过去的5年时间内，完成了具有自主知识产权的散裂靶用结构材料—新型耐高温抗辐

照抗液态金属腐蚀马氏体耐热钢SIMP钢的成分、组织设计与优化，及其各项性能的评价与研究等多方面工作，申请与SIMP钢相关发明专利10余项。

2015年9月课题组采用真空感应+真空自耗的工艺方法成功完成了5吨级SIMP钢的第一轮冶炼。化学成分分析结果表明，5吨级铸锭的主元素均为最佳成分点，S、P等杂质元素含量均控制在极低水平，Ni、Mo、Al、Nb、Ti、Co等各类活化元素的含量也均控制



在极低水平。锻造和热处理后的显微组织形貌观察表明，5吨级SIMP钢获得了全马氏体的目标组织，各项常规力学性能均优于目前核电用同类钢种T91钢。2016年1月课题组完成了5吨级SIMP钢的第二轮冶炼，进一步完善和固化了SIMP钢的大规模冶炼工艺。

5吨级SIMP钢的成功制备，标志着ADS系统用裂变靶结构材料已达到工业化成熟阶段，我国已拥有了具有自主知识产权的耐高温、抗辐照、耐液态金属腐蚀新型结构材料，使我国在核用结构钢方面的研究开发达到了国际先进水平，将大大地推动中国ADS核嬗变系统的研究进程。

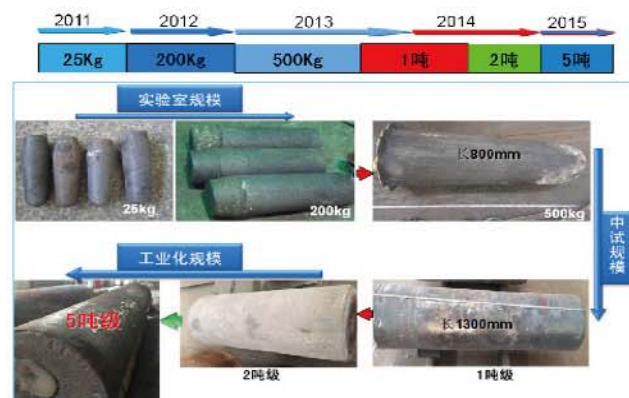


图1 SIMP钢的制备从25kg到5吨级的历程

## 水体富营养化与蓝藻爆发治理研究取得新进展

在人类活动的影响下，生物所需的氮、磷等营养物质大量进入湖泊、河流、海湾等缓流水体，导致水体富营养化。在外界温度条件合适的情况下，富营养化水体会引起蓝藻迅速繁殖。密集爆发的蓝藻会导致水中溶解氧迅速下降、水质恶化，从而引起水生动物的大面积死亡，破坏生态平衡。

为了解决水体富营养化以及其带来的蓝藻污染问题，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室环境功能材料研究部李琦研究员及其团队近期针对水中氮、磷元素去除、蓝藻杀灭以及藻毒素降解进行了研究，取得了系列新进展。他们发展出一种简单、低成本的溶剂热方法制备出系列成分比的Ce/Zr双金属氧化物纳米颗粒，研究发现通过改变Ce/Zr的成分比可以调控其结构、晶粒尺寸、表面性质，从而影响其磷酸根吸附性能。吸附动力学研究表明， $Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$ 纳米颗粒在此系列样品中具有最佳的磷酸根吸附性能，其饱和吸附量达到112mg/g，在目前文献所报道的磷酸根吸附材料中性能最为优异。磷酸根在 $Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$ 纳米颗粒上的吸附遵循内球吸附模型，表面羟基发挥主要作用。利用太阳光能进行光催化净水处理是解决水体污

染的一种很有前景的方法。他们发展出一种氧化钬修饰氮掺杂二氧化钛 ( $TiO_{2-x}N_x/PdO$ ) 光催化材料，在可见光下具有良好的光催化氧化性能。应用于水中氨氮 ( $NH_4^+-NH_3$ ) 去除，其在可见光照射下去除率就超过90%，且产生的副产物 $NO_3^-$ 和 $NO_2^-$ 低于5%。他们在研究中还首次发现， $TiO_{2-x}N_x/PdO$ 在弱碱环境下 ( $pH \sim 8$ ) 即能有效去除水中氨氮，大大拓展了光催化氧化去除水中氨氮的应用范围。在可见光照射下， $TiO_{2-x}N_x/PdO$ 还展示出对于蓝藻优异的光催化杀灭性能。通过光催化氧化破坏蓝藻细胞壁，蓝藻细胞内多种生物活性物质发生泄漏与被分解，从而造成对于蓝藻细胞不可修复的破坏，使此杀灭过程不可逆转。同时， $TiO_{2-x}N_x/PdO$ 能够在可见光照射下有效分解蓝藻细胞释放出的藻毒素，从而解决了蓝藻处理过程中常见的藻毒素污染的问题。相关系列研究结果发表在Chemical Engineering Journal (封面文章)、Chemical Engineering Journal以及Chemical Engineering Journal。

上述研究工作得到了国家自然科学基金、金属所知识创新工程项目、沈阳材料科学国家（联合）实验室基础前沿创新项目、中科院青年创新促进会项目和教育部留学回国人员科研启动基金的支持。

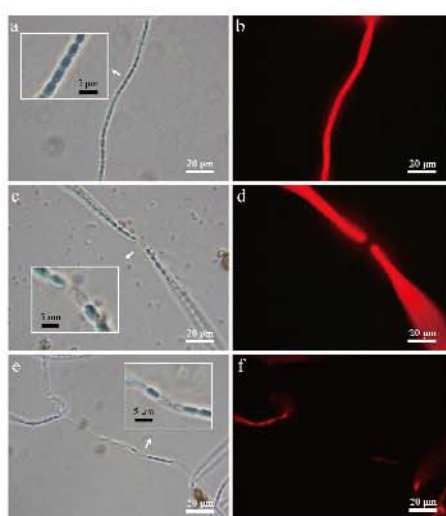


图1 可见光照射不同时间后 (a/b: 0小时、c/d: 3小时、e/f: 6小时) 蓝藻细胞链被 $TiO_{2-x}N_x/PdO$ 薄膜光催化氧化破坏情况，a、c、e与b、d、f分别为对应的原位实时相差与荧光显微照片



## 所内动态

2月23日，金属所党委副书记郝欣率队赴中德（沈阳）高端装备制造产业园进行全面对接，双方就产业园运行模式、产业园入驻项目、人才政策等方面开展了广泛的交流，并初步达成合作意向。



2月5日，金属所召开2015年度工作总结大会。谭若兵副所长作了科研工作总结报告，杨锐所长作了全所工作总结报告，张健副所长主持了金属所2015年度优秀奖颁奖仪式。



2月1日，金属所召开2015年度党委工作总结大会。党委副书记郝欣代表所党委作了2015年度金属所党委工作总结报告，党委副书记、副所长、纪委书记谭若兵主持“一先两优”颁奖仪式。



1月27日至28日，金属所承担的3项中国科学院科研装备研制项目“激光熔化成形设备的研制”、“模拟核电高温高压水中材料表面原位划伤电化学测试装置的研制”、“双性能、双组织（定向柱晶+细晶）盘片一体化（涡轮）熔铸设备”通过验收。



1月20日，由奥地利驻华使馆科技参赞Helmut SPITZL先生和奥地利联邦交通创新与技术部代表Alexander POGANY先生共同带领的26人奥地利新材料代表团访问金属所，进行学术交流和合作研讨。



1月11日，中国科技大学材料科学与工程学院院长聘任仪式暨学院建设研讨会在中国科技大学举行，金属所所长杨锐被聘任为材料科学与工程学院院长，中科大校长万立骏为杨锐所长颁发了聘书。

