

# 金属之光

4

中国科学院金属研究所  
2018年 第4期 (总第204期)

INSTITUTE OF METAL RESEARCH. CHINESE ACADEMY OF SCIENCE

「春」



## 金属所两项成果喜获辽宁省科学技术奖励一等奖

4月19日，辽宁省召开科技奖励大会，表彰2017年度辽宁省科学技术奖和辽宁杰出科技工作者。我所“太阳能转换用光催化材料的设计与构建”（主要完成人：刘岗、成会明、牛萍、潘剑、谢英鹏）获得辽宁省自然科学一等奖，“新型亚稳金属材料制备技术及应用”（主要完成人：张海峰、李扬德、付华萌、张宏伟、李宏、吕曼棋）获得辽宁省技术发明一等奖。

光催化效率是由半导体光催化材料的光吸收、光生电荷的分离及表面催化等三方面的特性协同决定，深入理解并有效调控这些特性可为设计与构建高效太阳能转换用光催化材料提供科学指导和技术支撑。金属所科研人员自2004年起针对相关科学问题开展了系统深入的研究，实现了宽光谱吸收，揭示了电子结构修饰剂的均相分布是使光催化材料光吸收边整体红移的本质因素，在动力学和热力学层面提出了两类获得修饰剂均相分布的新思路，实现了典型光催化材料光吸收边的大幅红移。发现了硫、硼单质具有可见光光催化活性；有效提升了光生电荷的分离能力，发展出以电荷扩散短路径为显著特征的低维单体光催化材料，构建了以低能量损失电荷转移为显著特征的核壳构型异质结构光催化材料，具有光生电荷空间分离特性，既保持了光生电荷强的氧化还原能力，又实现了对光生电荷分离转移能力的有效提升；利用晶面调控催化活性，实现了多种晶体的不同晶面选择性暴露的控制制备与原位掺杂，揭示了晶面特征与能带边位置、光催化活性的关联规律，提出了晶面原子配位非饱和度和晶面能带边位置协同决定光催化活性的观点，促进

了光催化材料从无特定晶面阶段发展到含特定晶面阶段。相关成果在Adv Mater、J Am Chem Soc、Angew Chem Int Ed等期刊上发表了20篇论文，在国内外产生了重要影响，截至2017年4月被SCI他引4300余次，其中8篇代表性论文被SCI他引2600余次，推动了太阳能驱动光催化材料的发展。

亚稳金属材料是热力学上处于亚稳状态、结构新颖、性能优异的金属材料，在汽车、航空航天、国防军工、石油化工、生物医学、精密机械、消费电子和信息等领域具有重要应用前景。针对制约其工程应用的瓶颈难题，金属所科研人员发明了具有抑菌杀菌功能、低成本、可制造能力强和性能优异的Zr基非晶合金，发明了用于污水处理和石油开采运输过程中防结蜡用新型高性能亚稳金属材料 and 装置，发明了非晶合金构件制备成形加工设备和技术，解决了非晶材料构件制备工艺连续性、短流程以及复杂薄壁构件控形—控构—控性一体化制备的难题。项目成果形成了材料系列—制备设备和技术—产品全链条式综合技术，并实现了技术的工程化应用。研究成果获授权国家发明专利20余项，申请国际PCT专利7项，发表SCI收录论文200余篇，被SCI他引2200余次。研究成果不仅以技术入股方式合作成立了辽宁金研液态金属科技有限公司，而且技术转让给东莞宜安科技股份有限公司和江苏耐尔冶电集团有限公司，实现了工程化应用。产品在石油开采、汽车和消费电子领域获得应用，产生了显著的经济效益和社会效益，推动了本领域材料制备与成形技术的进步。

## 准晶异质形核析出机理研究取得进展

准晶的发现冲击了凝聚态物质关于晶体平移周期性的概念。准晶一经发现，就因其特殊的结构和性能激发起材料和凝聚态物理等多个领域的

研究热潮。郭可信先生在金属所领导的研究队伍在准晶研究上取得了一批有影响力的科学成果。以色列科学家Shechtman因发现准晶被授予2011

年的诺贝尔化学奖。但准晶的形核与长大理论仍停留在模型阶段，缺乏实验的支持，因此准晶起源的原子尺度机理仍是极具挑战性的科学问题。

位错不仅直接影响材料的物理、化学和力学等一系列性能，而且可以促进强化相的异质形核

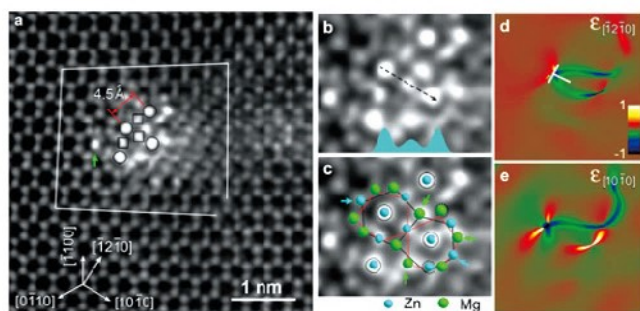


图1、冷轧后，300℃热处理约5分钟的样品中位错芯处的原子构型。(a-c)沿着Mg基体[0001]晶带轴观察到Zn原子在柱面位错处的偏聚，部分原子进入八面体间隙(圆圈所示位置)形成不完整的二十面体结构；(d, e)位错周围的应变场。

析出，从而影响材料显微结构及其演变规律，因此是材料科学研究的重要内容之一。位错破坏了晶体中局域原子堆垛的对称性，在位错芯引入了五元环、七元环等基体晶格中不存在的原子构型。二十面体原子团簇具有五次旋转对称，是一种低能量的原子组态。人们推测凝固过程中准晶很可能是由过冷液态金属中的二十面体团簇发展而来的。沈阳材料科学国家(联合)实验室固体原子像研究部的杨志卿博士与叶恒强院士基于位错芯局域原子排列和准晶团簇两者间结构之间相似的五次旋转对称性，提出了晶体中的位错可能作为二十面体团簇的形核点，进而诱发准晶固态析出的研究构想。

杨志卿等人利用扫描透射电子显微术系统地研究了Mg-Zn二元合金中Zn原子在位错芯处的偏聚和局域结构演化，发现沿位错形成的析出相不是MgZn<sub>2</sub>、Mg<sub>4</sub>Zn<sub>7</sub>等拓扑密堆晶体相，而显示出准周期性的类Penrose随机拼接结构。该新型二元准周期析出相的结构单元是由13个原子构成的二十面体，远小于其他准晶中的Bergman团簇(136个原子)和Yb-Cd团簇(158个原子)；而

且已知的所有Mg-Zn二元晶体相都是非准晶的近似晶体相。偏聚到位错芯处的部分Zn原子首先进入相邻五元环之间的间隙位，形成沿[0001]方向的间隙原子柱；随后，五元环上的原子发生结构弛豫和重组，产生以[0001]间隙原子柱为中心的二十面体串。新型准晶内的部分二十面体串上沿轴向堆垛的相邻五元环分别由5个Zn原子或5个Mg原子组成，显示出理想的五次旋转对称性。相邻二十面体串通过共边或共面的方式组成72°四棱柱和扁六棱柱，它们绕5个方向随机地平行拼接起来，形成具有类Penrose拼接结构的准周期析出相。随机拼接结构能最大化体系的熵密度，使得新型二元Mg-Zn准周期析出相具有良好的结构热稳定性，在340℃仍不发生结构失稳。本研究不仅发现了一种新型由超小结构单元构成的二元准周期结构，而且阐明了晶体缺陷造成的局域对称性破缺和准周期结构析出之间联系的微观机理，从而拓展了晶体缺陷与准周期性结构形成的研究内容。所观察到的新型结构显示出局域五次对称性，虽然仍非理想的Penrose准晶，但目前的研究结果可为揭示三维理想准晶的形成机理提供有益的参考。针对由二维类Penrose拼接结构准晶向三维理想准晶转变的研究正在进行中。

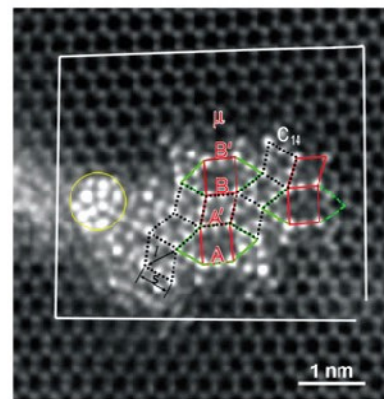


图2、冷轧后，300℃热处理或搅拌摩擦处理样品内位错上形成的复杂结构析出相。

该研究得到国家自然科学基金面上项目、重大项目，及科学院前沿科学重点项目的资助，其中关于准周期结构形核阶段的部分低压电镜研究工作在美国橡树岭国家实验室完成。文章于2月23日在Nature Communications上在线发表(Nature Communications, 9: 809, DOI: 10.1038/s41467-018-03250-8, 2018)。

# 金属所打造“金属基复合材料” 研发与产业化基地

材料复合化被认为是“2020年前唯一有潜力将材料性能提升20%以上”的手段。向金属中添加陶瓷、碳等异质材料形成的金属基复合材料（Metal Matrix Composites, MMC），具备高比强度和比模量、抗疲劳、耐磨、高导热、低热膨胀以及辐射屏蔽等优点，是国家重大需求与国民经济领域装备发展需求迫切的重要工程材料，其应用规模代表了国家材料科技发展水平。

发达国家MMC研发起步领先我国近30年，由于MMC的应用背景敏感，上世纪90年代对我国进行严密的技术封锁。因此，我国自主研发面临着MMC制备与加工困难、组织性能难控等无法逾越的世界性难题。而我国自身工业基础薄弱，使MMC自主研发长期处于技术进展缓慢、需求牵引不足的相互制约的困境，一直未能实现应用突破。

## 一、多年积累，攻克MMC工程化制备技术瓶颈

中国科学院金属研究所作为国内最早开展MMC研究的单位之一，获国家首批863项目支持，开展了MMC的粉末冶金制备与成型加工技术研发，并在“七五”末结题时，在众多课题评比中名列第一，得到国家科委工业科技司与863专家委员会表彰。“九五”和“十五”期间，多项成果通过中国科学院的成果鉴定。

随着国家科技规划推进，近年来金属所马宗义研究团队开展了MMC工程化制备技术研发，持续针对MMC产能不足、成型加工困难等技术瓶颈进行攻关，先后突破短流程与规模化粉末冶金制备工艺、可控成形加工、搅拌摩擦焊接、纳米复合材料宏量制备等关键技术瓶颈，并在航天、核电、电子、兵器等重大工程领域取得一系列关键

应用，为打破国际封锁、推动国家高新技术重大装备快速发展提供了重要支持。

粉末冶金是MMC制备的关键技术，然而其流程长、成本高，以往的研发以实验室原型技术简单放大为主，缺乏实用性的工程化制备技术，难以实现规模化、大规格化坯锭制备。为此，金属所开发了MMC复合化与基体合金化同步的短流程粉末冶金工艺，使制备周期和原材料成本双减半。同时，科研人员深入研究复合制备时界面反应、孔洞密合与第二相形成的相关性，实现了第二相、合金元素与颗粒分布调控及热处理工艺优化。

除了坯锭制备，成型加工是困扰MMC工程应用的主要技术瓶颈。MMC塑性成形能力差、变形组织与缺陷难控制等固有特征，使产品研制需要大量工艺试错，不仅费时耗力，而且适用性差，很难满足近年来装备快速发展对结构材料与零件多样化、大型化与快速响应的需求。金属所建立了精确的物理仿真、有限元模拟技术，实现MMC变形机制和组织演化的连续化、可视化精确预测，并创新性地建立了零件力学性能、热物理性能与残余应力的准确拟实方法。该成果解决了工艺参数选取盲目、依赖试验摸索的局限性，从而实现了MMC挤、锻、轧等工艺中的颗粒分布、裂纹等缺陷的有效调控，获得成功应用。

高强度焊接同样是MMC多年以来久攻不破的技术难题。虽然搅拌摩擦焊技术最可行，但面临工具磨损严重、流变性差和组织缺陷难控等巨大挑战。金属所发明了耐磨、高韧性的金属陶瓷复杂形状焊接工具，单次可焊接数米长度，并可在较大工艺参数范围内优化焊接工艺。接头强度达到时效态母材的80-97%，疲劳极限几乎与母材相同。进一步通过中子衍射与弹性力学方法建立

了高效的宏、微观残余应力计算模型，为焊接工艺参数优化奠定了基础。

尽管取得了上述成果，但陶瓷增强相对MMC机械加工性能、塑性加工工艺性的负面影响至今仍是约束应用的障碍。新型的碳纳米管性能远优于传统陶瓷相，但与金属复合时，存在难分散、易受损以及严重界面反应等严峻挑战，常规的复合制备方法很难适用。马宗义研究团队发展了搅拌摩擦加工、改良高能球磨技术，可低损伤、高效地分散碳纳米管。相比以往研究，碳纳米管在宏量制备条件下仍可获得显著增强作用，比SiC等陶瓷颗粒增强效率高十几倍，且机械加工性能优异。科研人员还进一步建立起可精确预测机械分散过程中碳纳米管平均长度的数学模型，阐明了碳纳米管的强化机制，为复合材料设计、工艺优化提供了有效方法。

金属所以上述成绩，很好地完成和争取到国家重点、重大基础研发计划课题、国家重点研发计划课题以及国家自然科学基金等项目10余项。在金属基复合材料领域发表SCI收录论文160余篇（近五年60篇），SCI他引6900余次（近五年发表论文他引470余次），获得国家发明专利授权30余项。其中，团队负责人马宗义研究员入选材料力学领域高被引学者，并在搅拌摩擦焊接领域发表SCI论文数量全球第一。

## 二、服务重大需求，打造MMC产业化基地

金属所现已形成覆盖典型应用产品的企业标准5项，通过多次用户评比，入选航天、电子等集团公司及中科院多个研究所的首选供货单位或合格供方，成为国内主要MMC产业化与研发基地。近五年为风云、嫦娥等十几个关键型号提供MMC零件万余件、数十吨。其中，以高质量、吨级复合材料坯锭制备

技术，解决了大型精密仪器缺乏轻质热管理材料的困境，比传统金属结构减重40%以上，为光学仪器研制提供了支持。同时，还广泛用于电子封装热沉部件；在国内率先突破3~4m长MMC板材批量化轧制，应用于航天器结构件，替代高强铝合金，实现减重30%以上；在世界最大的8万吨液压机上一次成功研制出SiC含量达25%、直径达2200mm的大尺寸复合材料自由锻件；突破碳纳米管增强铝基复合材料宏量制备技术，成功应用于某重大装备，使寿命提升了一个数量级，成果获部委科技进步二等奖。

此外，针对我国中子吸收材料研发滞后、长期依赖进口，制约核电自主化发展战略的局面，团队率先实现材料国产化及首次工程应用。以高成材率和高均匀性分布的B<sub>4</sub>C板材轧制技术，为国家科技重大专项“龙舟-CNSC 乏燃料运输容器研制”项目原型样机研制提供了支持，并承接高温气冷堆核电站示范工程新燃料元件运输、贮存容器中子吸收板任务。团队不仅突破国外对B<sub>4</sub>C/Al中子吸收材料的封锁，还切实为我国自主设计制造的核燃料、乏燃料贮运设备提供了国产化材料。



# 中国科学院金属研究所产生新一届所领导班子

4月18日上午，中国科学院金属研究所新一届领导班子宣布大会在北区学术报告厅举行。中科院党组副书记、副院长（正部长级）侯建国，人事局局长孙晓明，院直属机关纪委书记刘红辉，沈阳分院分党组书记姬兰柱，院人事局、直属机关党委、沈阳分院相关同志、金属所所领导班子成员、党委委员、纪委委员、副高级以上专业技术人员、职能部门负责人及六级以上职员等300余人参加了宣布大会。会议由姬兰柱主持。

孙晓明宣读了《中国科学院关于左良等职务任免的通知》，左良任金属所所长，徐岩任金属所党委副书记、副所长，张哲峰任金属所副所长，孙晓峰任金属所副所长（试用期1年）。

侯建国代表院党组向上届领导班子和全体职工的辛勤工作表示感谢。他指出，金属所紧密围绕“率先行动”计划和研究所“一三五”规划，结合国家重大战略需求，在先进动力系统用高温结构材料、核电材料及其安全性评估、工程金属材料的结构纳米化科学与技术等方面取得了重大突破，稳

固了基础研究、战略高技术新材料研究、民用高技术新材料研究均衡发展的格局。对新一届领导班子和全体职工，他提出四点要求：一是继续深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神，自觉做“四个意识”的坚强践行者，“四个自信”的坚定信仰者，自觉维护以习近平同志为核心的党中央权威和集中统一领导；二是坚持创新发展理念，积极促进“三重大”成果产出，不断深化改革，大力提升科技创新能力和可持续发展能力；三是以更高标准、更严要求切实加强领导班子的自身建设，发挥好党的基层组织战斗堡垒作用，党政主要负责同志要加强党对科技创新工作的全面领导，切实履行在管党治党、全面从严治党方面的主体责任，自觉肩负起“一岗双责”；四是全体职工同心同德、协力奋进，鼎力支持新班子，发扬主人翁精神，共同营造潜心致研、协同攻关的科研环境，共同打造充满激情活力、积极奋进的干部人才队伍。

左良代表新一届领导班子讲话。（后附讲话全篇）



左良

所长



徐岩

党委副书记  
副所长



谭若兵

党委副书记  
纪委书记



张哲峰

副所长



孙晓峰

副所长

# 左良所长在中国科学院金属研究所 新一届所领导班子宣布大会上的讲话

尊敬的侯书记，尊敬的各位领导、各位院士，同志们：

大家上午好！

刚才孙局长宣读了中科院党组关于我们所新一届领导班子的任职决定。会前侯书记还亲自与新老班子成员进行了集体谈话，特别是对新班子寄予了殷切希望，对下一步工作提出了明确的要求。作为新任所长，我深感肩上责任重大，使命光荣，我衷心感谢院党组的信任和培养，感谢各位领导的关心和厚爱，感谢广大干部职工的接纳和支持。这一次，组织上将我从太原科技大学选调到中科院金属所担任所长职务，对我而言不仅是一种认同和接受，更是一种厚望和重托，也让我再度有幸成为中科院系统中的一份子，能够有机会为金属所事业发展尽心竭力服务。

我1985年从与金属所同处文化路的东北大学金属材料专业硕士毕业，随后又分配到与金属所颇具渊源的中科院固体物理所工作，之后再回到东北大学继续深造并且留校执教和从事管理工作。在此过程中，与金属所的很多领导专家学者相识、相熟、相知。2015年，我被选调到太原科技大学工作，也就是原机械工业部的太原重型机械学院，这是一所以机械、材料专业见长的有行业背景的高校。同路相处、专业相同、志向相合、经历相嵌，让我与金属所结下了不解的缘分。

我特别能体会到金属所过去60多年来砥砺前行风雨历程，特别能体会到老一辈科学家和几代金属所人与民族同命运、与祖国共奋进、与时代齐发展的不懈努力，也特别能体会到今天金属所在国内外材料科学与工程领域的盛赞来之不易。这里我谨代表新一届所班子向以杨锐同志为所长的上届所班子，向历任所领导和学术前辈，向全体干部职工和离退休老同志致以最崇高的敬意！

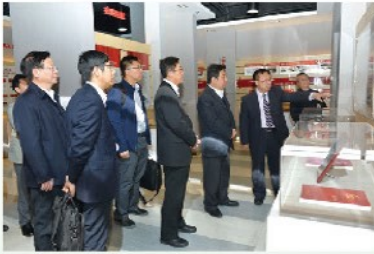
国家快速发展，科技迅猛进步，时代滚滚前行，特别是国家创新驱动发展战略的实施对科技工作提出了新的更高的要求。进入新时代，踏上

新征程，我将把今天作为一个新的起点，以新的姿态、新的境界，尽快融入新环境、适应新角色，求真务实、锐意进取、开拓创新，以良好的业绩回报组织上的重托和同志们的期待。在此我代表新一届所班子做三方面的表态：

一是提高政治站位。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，全面贯彻落实党的十九大精神，在学懂弄通做实上下功夫、做表率，坚定理想信念，自觉加强党性修养，旗帜鲜明讲政治，树牢“四个意识”，坚定“四个自信”，切实提高驾驭全局、把握全局的能力，坚决自觉地在思想上、政治上、行动上同以习近平同志为核心的党中央保持高度一致，深刻领会党中央战略意图和院党组决策部署，坚决贯彻民主集中制原则，严格执行“三重一大”决策制度，着力打造团结战斗、甘于奉献的领导集体，激发干部职工干事创业活力，坚决将党的十九大精神全面贯彻落实到金属所改革创新发展的实践之中。

二是深化综合改革。坚持问题导向和发展取向，深入开展调研，理清思路，破解难点，面向世界科技前沿、国家重大需求和国民经济主战场，聚焦目标、凝练方向、汇聚要素。加强引才、育才、用才、留才、聚才，加速基本条件和平台创新建设。做大做强，做强优势，做优急需，做实交叉，做足特色，做精供给，推动科技创新与人才培养提质增效。进一步完善内部治理结构，加强制度体系建设，创新管理体制与运行机制，深化预算绩效管理改革，落实以增加知识价值为导向的绩效分配政策。推进资源集约配置与开放共享，提升服务保障能力和精益化管理水平，强基础补短板，增活力促发展。

三是严守纪律规矩。筑牢宗旨意识，严守廉政底线，认真践行为民、务实、清廉的要求，时刻保持清醒头脑，不忘初心，担当使命，自觉接受监督，做到自重、自省、自警、自励。持之以恒反对四风，锤炼从严从实的优良作风，（下转封底）



4月16日，中国钢研科技集团有限公司总

经理白忠泉一行到金属所调研。



4月14日，沈阳材料科学国家研究中心顺利通过科技部基础司在沈阳组织的建设运

行实施方案论证会。陈宜瑜院士等9名专家受邀参加了论证会。



4月9日，科技部副部长徐南平在辽宁省科技厅党组书记、厅长王大南，沈阳市科技局局长赵日刚的陪同下到金属所调研。

科技局局长赵日刚的陪同下到金属所调研。



3月28日，金属所承担的财政部2016年度修缮购置专项设

备类项目顺利通过专家现场验收。



3月30日，由金属所、中科院核用材料与安全评价重点实验室人员牵头编制的4项

高温高压水环境下的材料试验标准由中国核学会正式发布。标准具有先进性、科学性、指导性和可操作性，填补了国际上该领域的标准空白，对我国核电“走出去”具有重要意义。

3月26日至27日，地平线2020计划中欧航空科技合作项目“增



材制造、近净成形热等静压及精密铸造高效率制造技术研究”第24月工作交流与学术研讨会在金属所召开。

(上接六版)察实情、讲实话、出实招、重实际、办实事、求实效。坚持全面从严治党，扎紧织密制度笼子，牢固树立法治意识，严格依法依规办事。认真履行一岗双责，强化意识担当，压实主体责任，加强纪律和规矩意识教育，推动权力公开透明规范运行。强化内部控制、过程管理和风险防控，努力营造遵纪守法、风清气正、干事创业的良好氛围。

在今后的工作中，新一届所班子将以强烈的

时代感、使命感、责任感、紧迫感，秉承发扬金属所优良传统，坚持“以人为本、崇尚创新、特色强所、开放发展”的理念，牢记“创新材料技术、攀登科技高峰、培育杰出人才，服务经济国防”的使命，谋篇布局，策马扬鞭，团结带领全所干部职工凝心聚力，抢抓机遇，奋力谱写新时代金属所创新发展的新篇章！

谢谢大家！