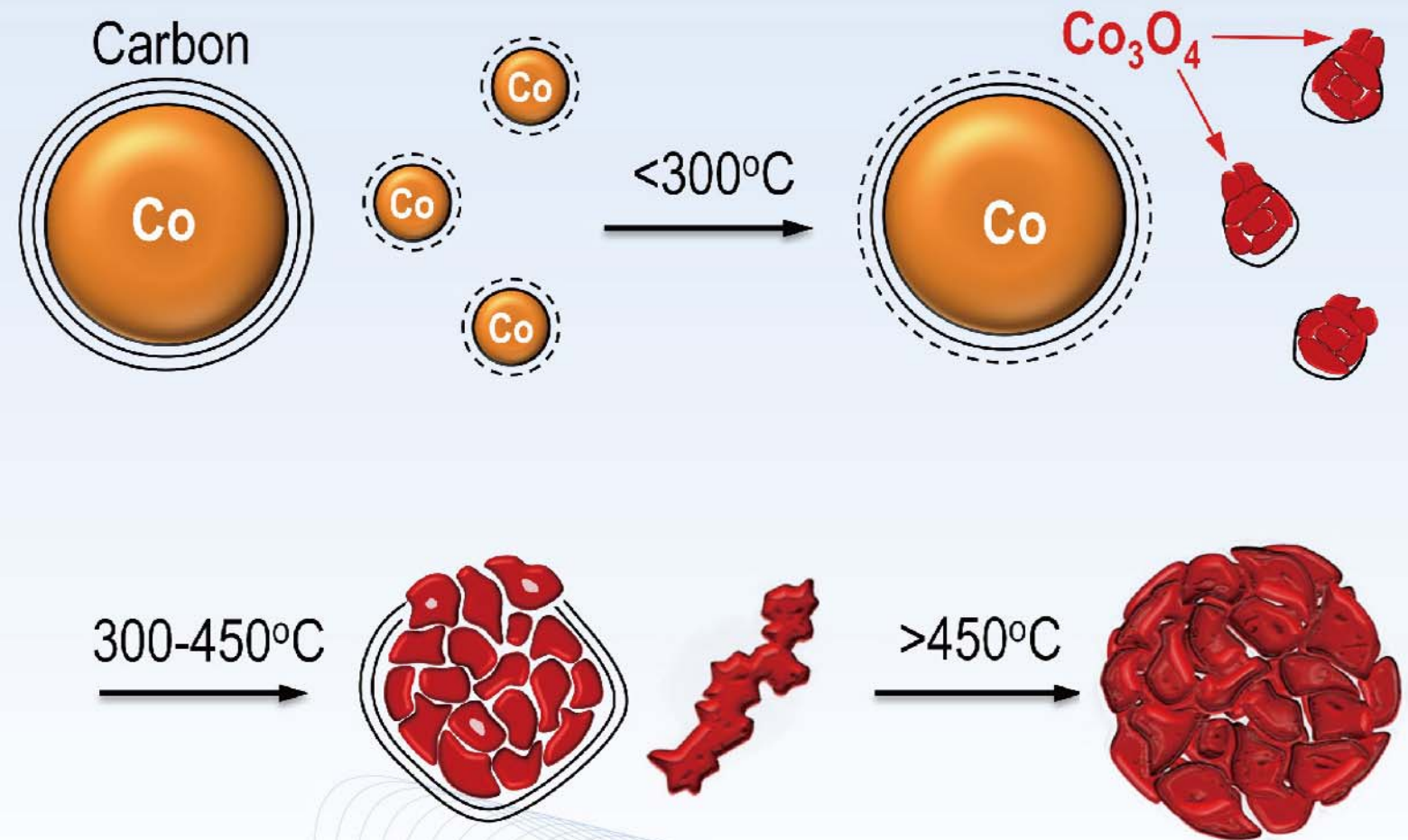


金属所非贵金属催化材料研究取得新进展



金属所非贵金属催化材料研究取得新进展

近日，金属所沈阳材料科学国家（联合）实验室磁性材料与磁学研究部张志东研究员、马嵩副研究员、王瀚博士等组成的团队、催化材料研究部苏党生研究员与宁波材料研究所张建研究员团队、中国工程物理研究院表面物理与化学国家重点实验室彭丽霞博士共同合作，利用碳包覆钴磁性纳米胶囊结构中缺陷石墨壳层的束缚作用，合成了富含高指数晶面的氧化钴催化剂，在甲烷催化燃烧反应中体现出可替代贵金属钯、铂的潜力。相关成果在线发表在Nature Communication上。

贵金属在众多催化反应中体现出优异性能，但由于其固有的稀缺特性和高昂成本，使得贵金属替代研究成为国际催化领域的重要发展方向之一。根据已掌握的反应机理，利用新颖的材料合成方法制备富含活性中心的纳米结构，降低关键步骤能垒、提升反应速率，可在较低反应温度和压力下获得较高的反应活性和目标产物选择性。低成本铁、钴等过渡金属可以合金、氧化物、碳化物等形式存在，这些化合物组成各异、

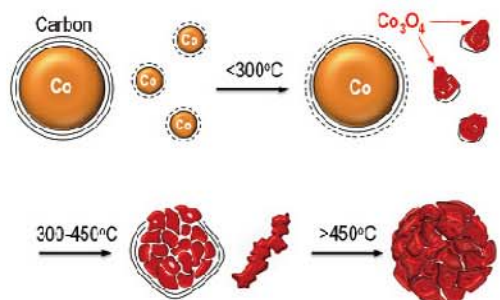


图1: 缺陷石墨壳层诱导合成 Co_3O_4 纳米颗粒示意图

晶相多样，有望通过精确设计在晶体生长阶段实现活性中心的表面富集，使其具有接近或超越贵金属的催化性能。

工业废气和汽车尾气中一般含有 $\text{C}_1\sim\text{C}_4$ 低碳烃类（甲烷、乙烷、乙烯、丙烷等），与大气颗粒物发生吸附和光、热化学反应后形成二次有机气溶胶，是雾霾中碳质颗粒物的主要来源。本研究通过原位氧化方法将碳包钴纳米颗粒局部破壳，金属钴暴露后发生的剧烈氧化过程导致内核体积膨胀，残留的石墨外壳辅助形成缺陷度较高的氧化钴颗粒。催化反应动力学表明，该催化剂具有转换频率高、表观活化能低的特点，反应速率对氧分压无明显的依赖关系，并在一氧化碳、丙烷、苯系物的完全氧化反应中表现出较高活性。目前，研究人员正利用石墨壳层诱导效应合成其他可变化过渡金属氧化物，并探索其在催化、储能、燃料电池等领域的潜在应用。

上述工作得到了国家自然科学基金委等项目的资助。

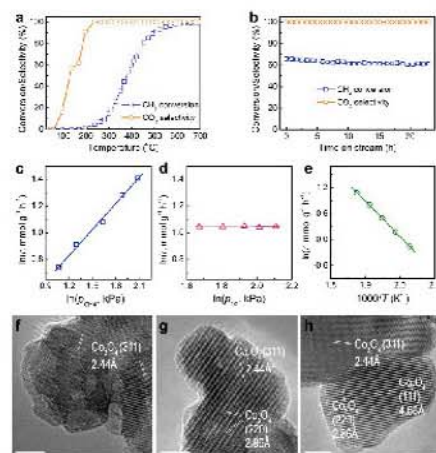


图2: 甲烷燃烧催化反应动力学及反应后催化剂表征

钴基单晶合金研究新进展

钴基合金的液相线和初熔温度比镍基合金高出约50~150K，且具有优良的抗热腐蚀性能、耐磨损性能、热疲劳性能和可焊性等优点。但固溶强化和碳化物强化的钴基合金力学性能低于镍基合金，限制了合金应用。2006年Sato等发现了具有 $\gamma-\gamma'$ 相组织的Co-Al-W基合金，在900℃时其有与第一代镍基单晶合金相近的蠕变抗力。Pollock等通过在该三元体系中添加一系列合金元素，使该体系合金的固液相温度比镍基单晶高温合金CMSX-4高100~150℃，并且高

温屈服强度与镍基高温合金MarM-247相当，这表明Co-Al-W基合金有望发展成为新的高温合金体系。

金属所高温合金部601课题组自筹资金开展了钴基单晶高温合金的研究工作，取得了一些有意义的研究结果，在Mater. Sci. Eng. A和 Mater. Lett.期刊上发表了3篇研究论文。先期的研究工作表明用Ni取代部分W仍可稳定 $\gamma'-\text{Co}_3(\text{Al,W})$ ，添加Ta可显著提高 $\gamma'-\text{Co}_3(\text{Al,W})$ 的溶解温度，添加Cr可提高合金的抗氧化性能。

在此基础上，设计了多元沉淀强化钴基单晶合金

Co-4Al-15W-17Ni-6Cr-xTa (x=0, 5, 8 wt%)，发现添加Ta可降低元素在枝晶间的偏析，显著提高合金中 γ' -Co₃(Al, W)的溶解温度，同时随着Ta含量的提高，合金持久性能、拉伸性能和密度都同时增加。在相同热处理制度时，添加Ta可提高 γ' -Co₃(Al, W)的体积分数与尺寸。热处理后，三种合金中均为 γ/γ' 两相组织，且添加Ta可提高合金正的错配度。研究还发现Ta含量对 γ' 形貌和大小有明显的影响，随着时效温度的提高，合金的热稳定性有所降低。当合金中Ta含量一定时，随着时效温度的提高， γ' -Co₃(Al, W)的正方度以及尺寸也随之提高。图1为含5wt%Ta单晶合金在不同时效温度及时效时间的组织形貌，可以看出延长时效时间和提高时效温度， γ' -Co₃(Al, W)形貌都会发生显著变化。在900-1050℃长期时效600小时后，Co₃(Al, W)相仍稳定存在，三种Ta含量合

金中Co₃(Al, W)的粗化符合Ostwald熟化模型。综上所述，沉淀强化钴基合金拉伸强度要优于传统钴基高温合金，添加Ta可提高合金的拉伸性能和高温蠕变性能。尽管该合金体系显著降低了W含量，但1.8Ta与2.8Ta合金的蠕变性能与高W含量的沉淀钴基合金相当，并且900℃蠕变性能接近镍基单晶高温合金SRR99。

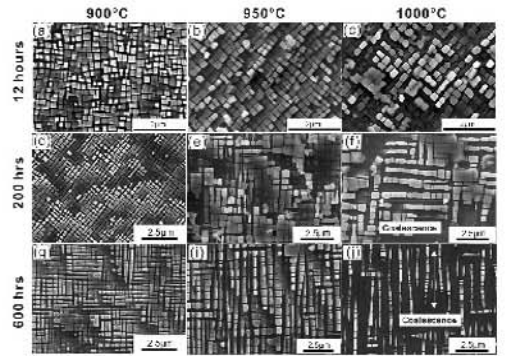


图1含：5wt%Ta的钴基单晶合金经1310℃/10h固溶后在不同温度时效后的组织形貌

天然生物与仿生结构材料研究取得系列新进展

近期，金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室材料疲劳与断裂研究部“葛庭燧奖研金”获得者刘增乾博士带领的研究小组在天然生物材料的组织结构与力学行为研究方面取得了系列新进展，在沈阳材料科学国家（联合）实验室开辟了天然生物与仿生结构材料研究的新方向。

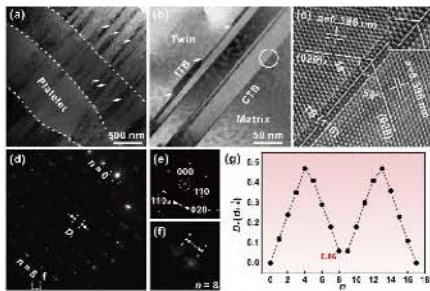


图1：紫石房蛤贝壳的多层次跨尺度组织结构以及本征具有的纳米孪晶结构

该研究旨在探索各种天然与人造材料体系变形、断裂以及强韧化之间的本征机制与联系，加深对材料力学行为的理解，进而从仿生角度实现人造材料的组织结构优化与性能改进。相关成果发表于Biomaterials 65 (2015) 13-21、Acta Biomaterialia 17 (2015) 137-151及Scientific Reports (in press)。

天然生物材料是由生物体在相对温和的生长条件下采用简单的矿物与有机质等原材料以自下而上的自组装方式合成的。经过长期选择与进化，天然生物材料往往具有复杂而巧妙的组织结构和优异的综合性能，并且能够实现自修复以及对外界条件的自响应，

从而利用最少的材料达到对生存环境的最佳适应。天然生物与仿生材料研究不仅有助于揭示自然界的奥秘，加深人们对自然的认识与理解，而且能够为人造材料的优化设计与制备提供有益的启示和指导，进而从仿生角度促进人造材料的发展和應用，因而具有重要的科学与实际意义。

自2013年6月加入沈阳材料科学国家（联合）实验室以来，刘增乾博士与博士研究生焦大等在天然生物与仿生结构材料方面开展了大量探索研究。前期工作主要包括：1）考察了贝壳、羽毛、牙齿等典型天然生物材料的组织结构与力学性能，揭示了材料的多层次跨尺度复合结构特点，首次系统阐明了天然生物材料本征具有的纳米孪晶、位错、层错、晶体取向差等多重结构缺陷，并揭示了其对力学性能的影响，纠正了主要基于有序性和规律性的传统天然生物材料结构描述方法；2）考察了典型天然生物材

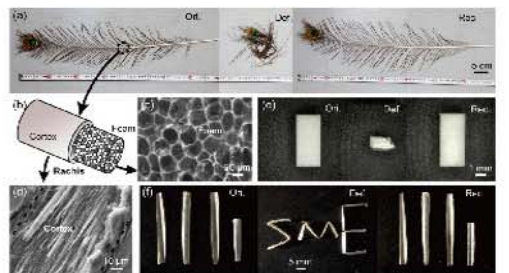


图2：孔雀羽毛及其组成部分在水合作用下的形状记忆效应



聚焦：专用材料与器件研究部

先进钢铁结构材料课题组

专用材料与器件研究部先进钢铁结构材料课题组以杨柯研究员为学术带头人、单以银研究员为课题组长，重点聚焦钢铁结构材料的组织与成分设计、相变特性，致力于平衡强韧性、疲劳强度和耐腐蚀性能等结构材料的重要和极端环境下的服役性能，开发高性能特种结构材料用钢。近十年来课题组代表性研究工作简要介绍如下：

(1) 自主研发ADS嬗变系统用散裂靶结构材料—SIMP钢

中国科学院战略性先导科技专项之一，“未来先进核裂变能”——ADS嬗变系统（ADS，加速器驱动次临界系统）是一种高效的核废物嬗变器，主要由高能质子加速器、散裂靶和铅铋冷却次临界反应堆构成。与已有核能系统相比，ADS系统采用了液态Pb-Bi合金作为候选的靶材料之一，故对结构材料的耐高温、耐液态金属腐蚀、抗辐照协同作用下的综合性能提出了苛刻要求。课题组在前期超临界、超超临界火电发电用耐热钢和未来聚变堆第一壁用中国低活化F/M耐热钢（CLAM）的研究基础上，通过分析核用T91钢的组织结构对高温力学性能的影响；研究EP823钢中合金元素对抗液态金属腐蚀性能的机制；总结CLAM钢中合金元素对抗辐照性能的影响，自主设计研制出具有优异综合性能的中国ADS嬗变系统用马氏体结构材料—SIMP钢。经过近5年的实验室研究，已基本完成该钢的各项性能测试，其制备规模也从实验室走向了工业化生产，已完成了1吨级、2吨级的制备，目前正在进行5吨级SIMP钢的制备。

(2) 中国低活化马氏体耐热钢CLAM钢

课题组通过与中科院合肥物质研究院合作，进行未来核聚变堆第一壁候选结构材料中国低活化马氏体耐热（CLAM）钢的制备。CLAM钢除了耐热性能要求之外，还需要具有低活化特性，这就要求对钢中强活

化元素进行严格控制，这是该钢制备过程中的关键。课题组通过解决钢中关键元素的溶解问题，完成了CLAM钢从25Kg级、500公斤级到1吨级规模CLAM钢的制备。目前课题组制备的CLAM钢的性能特别是辐照性能结果（由中科院合肥物质研究院负责辐照试



图1：吨级规模CLAM钢的制备

验）表明课题组制备的CLAM钢与国际未来聚变堆第一壁用候选结构材料如欧洲的Eurofer97、日本的FH82、美国的9Cr2WVTa相比具有很强的竞争力。

(3) 高强马氏体时效（不锈）钢

课题组主要涉及18Ni系马氏体时效钢、无钨马氏体时效钢、1900MPa马氏体时效不锈钢等。纯净化冶炼工艺是发展高强度高韧性马氏体时效钢的关键。目前，课题组研发的高强韧马氏体时效钢已应用到相关的发动机壳体试件，使其所承受的爆破压力提高了50%以上。另外，课题组开发的T300等超高强度无钨马氏体时效钢有可能应用在汽车零部件的生产。

根据马氏体时效钢强度和硬度对时效时间和时效温度这两个参数的敏感性，课题组创造性地开发了具有梯度力学性能和梯度组织结构的新型梯度强度马氏体时效钢，并获得相关国家基金项目支持。同时如何平衡马氏体时效不锈钢的沉淀强化作用与耐腐蚀性能

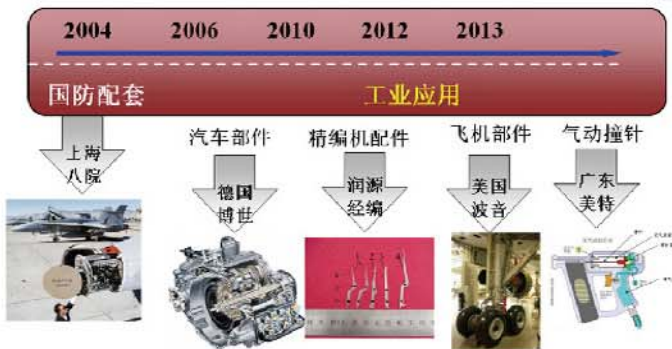


图2: 马氏体时效钢及其应用

要求之间的矛盾也是目前课题组在马氏体时效不锈钢方面的研究重点。这一项目的研究也获得了美国波音公司的资助。

(4) 完善高性能管线钢的基础研究理论

在国家一期钢铁973项目、2011国家科技支撑计划、国家自然科学基金项目和辽宁省重点攻关项目等的支持下, 深入研究了高强度低合金管线钢, 通过化学成分的优化设计、纯净化冶炼和组织细化等方面研究, 探索出了一条通过细化针状铁素体组织来大幅度提高管线钢使用寿命的新途径, 并形成了包括热机械形变、超细晶粒组织形成、微合金化作用机理、精细结构表征、金相组织鉴别、环境断裂行为等方面的高性能管线钢基础研究系统理论, 开发出X70、X80、X100、X120系列高强度管线钢, 以及抗硫化氢、抗大

变形管线钢原型材料。研究取得的一系列科研成果为国内各大钢厂如宝钢、鞍钢、本钢、武钢、舞钢等生产X60-X80级管线钢提供了重要的技术支持。在国际期刊Acta Materialia上发表的文章《In situ TEM study of the effect of M/A films at grain boundary on crack propagation in a ultra-fine acicular ferrite pipeline steel》在2006-2010年引用率进入top 50。

(5) 学术成果与人才培养

课题组多年来在钢铁结构材料如低合金高强度钢、耐热钢、马氏体时效钢等方面发表论文近160篇, 申请专利40余项, 授权近20项。已培养博士13名, 硕士7名, 与其他院所联合培养学生20余名。获得冶金部和中国石油天然气总公司科技进步一、二等奖各1项, 辽宁省自然科学二等奖、科技进步二等奖各1项, 河北省自然科学三等奖1项。最近通过总结近10年来在耐热钢方向研究的成果, 由Springer出版了《9-12Cr Heat-Resistant Steel》的英文专著。



图3: 耐热钢专著

(上接二版) 料在不同条件和应力状态下的变形与断裂行为, 揭示了变形、断裂机制及其与组织结构的关系, 阐明了结构各向异性、水合状态等对力学行为的影响及其机理, 提出了不同断裂模式相互竞争转化的力学准则, 揭示了泡沫与泡沫填充、平面片层、同心球片层、交叉叠片等天然复合结构的强韧化机理, 进而提炼出了天然与人造材料组织结构与力学性能优化的共性原则机理; 3) 揭示了孔雀羽毛、穿山甲鳞片等天然高分子材料在水合作用下的形状记忆效应以及由此引起的自修复效应, 考察了形状回复与自修复的动力学过程以及相应的材料组织结构与力学性能变化, 基于非平衡热力学涨落理论提出了定量描述形状回复与自修复过程的动力学模型, 从分子结构出发阐释了水合的影响及其微观机理, 为从仿生角度设计人造形状

记忆与自修复材料提供了指导。

以上研究工作的开展有利于拓宽金属所和国家实验室的研究方向, 并为传统材料的研究提供新思路、注

入新活力。相关研究得到了中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家(联合)实验室“葛庭燧奖研金”和中国博士后科学基金(2014M561263)的资助。

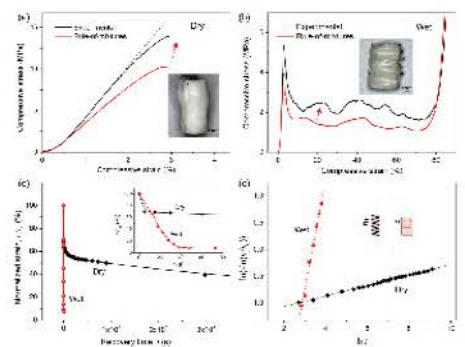


图3: 孔雀尾部覆羽羽轴在干、湿状态下的压缩应力-应变曲线以及形状回复的动力学过程



裴鴻勛 沈阳“九一八”纪念碑

金属所离退休 纪念抗战



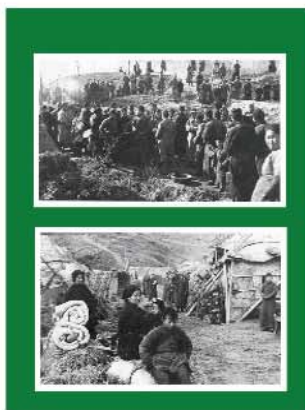
屠礼勛 通向历史的深处



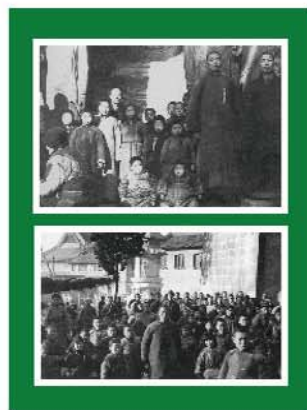
慕淑琴 日本友人参观九一八历史博物馆后，对侵华战争表示道歉



孙惠明 张学良将军塑像



陈存之收集 江南水泥厂难民营



陈存之收集 栖霞寺挤满了老老小小的难民



张柄大 七七事变弹坑遗址



张静华 云南腾冲中国远征军烈士墓园



巴力学 流离失所



张柄大 宛平城石鼓—侵华罪证

工人胜利 70周年

摄影展作品选登



丁光明 勿忘国耻



隆雅琴 警钟长鸣



白良愈 黄河在咆哮



白良愈 沈阳苏军烈士纪念碑



白良愈 我的长城



吕明 关东军司令部旧址
九一八事变次日迁到此处



吕明 沈阳故宫文德坊，九一八事变后大队日军经过此地



吕明 满铁警署旧址，九一八事变中日军重要据点至一



吕明 逃离血腥，附图为雕塑原型，日军南京大屠杀中逃难母子



吕明 正义审判，中国（沈阳）审判日本战犯特别法庭旧址



吕明 日军密谋九一八事变策划地点之一—原大和旅馆旧址



吕明 南京 遇难者名单墙



吕明 满铁奉天公所旧址，实为日军特务情报机构，九一八事变中为日军的重要据点之一



吕明 原三井洋行，日满空军大楼旧址



吕明 “九一八”事变柳条湖爆破地点碑





6月12日上午，我所举办了“三严三实”专题教育动员部署会议。所党委副书记郝欣同志作了题为《深刻领会“三严三实”专题教育要求，做一名新时期合格的党员干部》党课报告，并代表所党委就我所开展“三严三实”专题教育工作进行了和部署。

6月12日至13日，中国生物材料学会医用金属材料分会成立大会在成都召开。金属所杨柯研究员被推荐并当选为分会主任委员，徐坚研究员和郝玉琳研究员当选为分会委员。

6月12日至13日，中国生物材料学会医用金属材料分会成立大会在成都召开。金属所杨柯研究员被推荐并当选为分会主任委员，徐坚研究员和郝玉琳研究员当选为分会委员。



6月11日中国科学院沈阳分院、辽宁省科技厅在金属所举办了“先进钢铁材料加工技术专题推介会”，省内鞍钢、本钢等40余家热加工企业代表出席了会议。材料加工模拟研究团队向参会企业详细介绍了可视化热加工、清洁化冶金、短流程铸锻三项技术，以及在省内外多家企业的应用实施情况，受到了与会企业代表的欢迎。

6月5日，金属所2015年度学位授予仪式暨毕业典礼、师昌绪奖学金颁奖仪式在所学术报告厅隆重举行。全体所领导班子成员，所学位评定委员会委员，导师代表，2015年度学位获得者、毕业生和他们的亲友近400人参加，典礼由研究生部刘敏主任主持。

6月5日，金属所2015年度学位授予仪式暨毕业典礼、师昌绪奖学金颁奖仪式在所学术报告厅隆重举行。全体所领导班子成员，所学位评定委员会委员，导师代表，2015年度学位获得者、毕业生和他们的亲友近400人参加，典礼由研究生部刘敏主任主持。



6月5日，金属所2015年度学位授予仪式暨毕业典礼、师昌绪奖学金颁奖仪式在所学术报告厅隆重举行。全体所领导班子成员，所学位评定委员会委员，导师代表，2015年度学位获得者、毕业生和他们的亲友近400人参加，典礼由研究生部刘敏主任主持。



5月31日至6月3日，由金属所主办的第34届国际板成形学术会议（IDDRG2015）在上海成功召开。共有180余人参加了本次会议，其中国外代表80余人，接收论文97

5月31日至6月2日，2013年度李薰讲座奖获得者、美国Carnegie-Mellon大学材料科学系荣誉教授Thaddeus B. Massalski教授访问金属所。

5月31日至6月2日，2013年度李薰讲座奖获得者、美国Carnegie-Mellon大学材料科学系荣誉教授Thaddeus B. Massalski教授访问金属所。

