

# 立足原始创新，面向学术前沿

——金属材料强度国家重点实验室(西安交通大学)



实验室主任孙军教授

金属材料强度国家重点实验室的前身是1963年高教部和国家科委批准成立的西安交通大学金属材料及强度研究室，1981年改成西安交通大学金属材料强度研究所，1985年国家教委又批准成立西安交通大学金属材料强度部门开放实验室，1990年利用世界银行贷款进行建设，1995年4月通过国家验收成为国家重点实验室，并面向国内外开放。实验室分别于1997年、2003年、2008年3次以良好的成绩通过科技部组织的国家重点实验室评估。

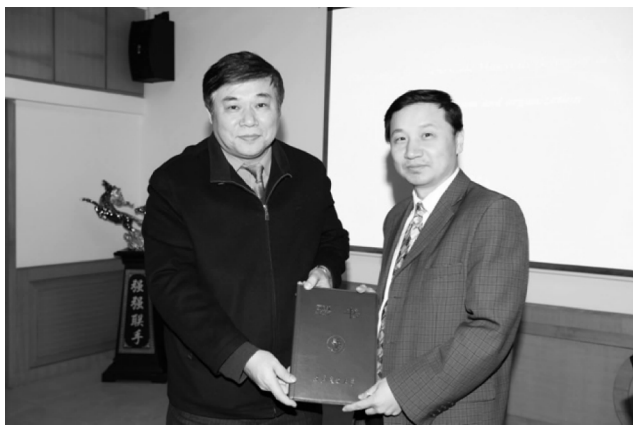
实验室依托于西安交通大学，学科基础是首批一级国家重点学科：材料科学与工程，含材料学、材料加工工程、材料物理与化学、材料服役工程安全学共4个二级学科，并与凝聚态物理、固体力学、无机化学等多学科相交叉，是一个材料科学基础研究和应用基础研究、聚集和培养优秀材料科技人才、开展高水平学术交流、装备先进科研设施的重要基地。实验室设有材料性能与

结构分析测试中心，拥有非常完备的材料制备、性能测试、分析表征等手段和系统。并依托实验室成立了纳米薄膜与生物材料、多学科材料和微纳米尺度材料行为3个研究中心。实验室在国家和西安交通大学的大力支持下，经过全室人员的共同努力，近年来实验室在整体规模、队伍建设、条件建设和科研水平方面都得到了很大的提高。

## 1 科研队伍与研究特色

金属材料强度国家重点实验室把建设一支结构合理、人员精干的高水平科研队伍放在重要位置，特别强调对优秀中青年人才的吸引、选拔与培养，进一步完善人才引进、遴选、培养等竞争激励机制，使得实验室在汇聚了一批优秀中青年学术带头人的同时，培养了一支以具有博士学位年轻教师为主的科技队伍。实验室现有固定人员49名，其中中国工程院院士1名，国家千人计划入选者2名，教授28名。具有博士学位的人员占总人数的85.7%，50岁以下中青年研究人员超过70%。实验室十分重视引进优秀留学人员来室工作，先后吸纳美、日、英等国的优秀人才6名。实验室50岁以下的优秀中青年人才包括长江学者4名，国家杰出青年科学基金获得者4名，国家“973”计划项目首席科学家1名，国家科技二等奖第一获奖人4名，教育部跨/新世纪人才15名。实验室现任主任由孙军教授担任，学术委员会主任由周廉院士担任。实验室共有27人兼任各种学术机构的委员、理事、理事长、学术期刊编委等职务。

金属材料强度国家重点实验室的总体研究方向和特色是以力学性能为主要指标的材料设计和工艺优化。即着重于研究材料的力学服役行为及其与制备工艺、成分、结构、性能等的相互关系；在此基础上，研究不同服役条件下材料的合理力学性能评价指标和判据，并将其用于指导获得最佳服役效果的材料成分设计和制备工艺技术。实验室的研究重点为根据材料的服役行为和使用要求，提炼表征材料基本属性的性能参量，研究恰当的评价方法和判据指标，把握材料成分、组织、性能三者关系，在实际应用中检验并反馈于材料设计和工艺优化。实验室目前有以下4个主要研究方向：材料力学行为的表征与评价，表层与界面材料及性能表征，高性能材料及其应用，严酷工况下材料服役性能。这4个研究方向，从基础研究、到关键技术开发和应用，构成了一个内在联系紧密的有机整体。基础研究瞄准学科前沿和高水平国际合作与交流，促进学科发展；关键技术开发和应用研究，服务于国民经济和国防建设的重大需求，充分体现了基于已有学术传统的国际学科前沿与国家目标的统一。



国际知名学者马恩教授受聘实验室兼职教授和微纳尺度材料行为研究中的主任

## 2 研究成果与科研装备

金属材料强度国家重点实验室在坚持原有研究特色和方向的基础上，不断地追求和探索新的学科领域和研究方

向,强化学科和科学研究的交叉与融合,坚持科学研究的前沿性、创新性、系统性和深入性。2003~2008年间,实验室共承担各类科研课题354项,科研总经费6180万元(实际到账数),其中国家“973计划”项目11项(作为首席科学家单位主持1项),国家“863计划”12项(作为项目负责人单位主持重点项目1项),国家攻关计划项目1项,国家杰出青年科学基金、国家自然科学基金杰出青年基金、重点项目和面上项目等各类项目54项、国际合作项目25项(含国家自然科学基金重大国际合作项目2项,国家外专局、教育部首批“111”引智计划项目1项),横向协作196项。在以下几方面研究取得重要进展:①建立了多尺度特征微观结构对金属材料力学性能耦合影响的物理模型,提出了多重结构设计的强韧化方法并在铝合金和钎合金中得到应用;②提出了薄膜界面动态结合强度概念及表征参量,建立了薄膜屈服强度的理论,研制出具有完全知识产权的等离子化学气相沉积薄膜材料工业设备;③提出了高温抗磨材料组相的高温稳定性协同控制新概念,发明了多元微合金化实现高铬铸铁碳化物与基体组织高温稳定性协调配合的方法,大幅度提高了高温抗磨材料的使用寿命;④提出了高性能高压开关铜铬触头材料综合性能优化和设计原则,阐明了残余碳对触头综合电性能影响机理,解决了我国中高压真空开关触头材料长期依赖进口的难题;⑤建立了热喷涂涂层性能与层状结构参量之间的关系,提出了喷涂粒子高速碰撞沉积机制模型及其基本规律,得到学术界的广泛认同。上述重要的研究进展和成果先后荣获包括国家和省部级科技奖励数10项,其中2005至2008年连续以第一获奖单位分别获得国家技术发明二等奖2项,国家科技进步奖和国家自然科学二等奖各1项。五年来获国家发明专利66项;发表的论文被SCI收录的有672篇,其中单篇他引频次最高的为46次,在影响因子为3以上的杂志发表的论文就有44篇,包括Nature Materials材料科学领域国际主流学术刊物1篇、Phys Rev Lett 1篇、App Phys Lett 11篇、Acta Materialia 9篇、Phys Rev B 4篇等,学术论文的影响力日益增强。特别是孙军教授等完成的“孪晶变形的强烈晶体尺寸效应”一文,发表于2010年1月21日出版的《Nature》杂志,在材料力学行为尺度效应的研究方面取得突破性进展。

金属材料强度国家重点实验室在“211”工程和“985工程”支持下,积极推进实验室硬件条件建设,近5年来先后向实验室投入3800万元,购置了JEM-2100F高分辨透射电镜(668万元)、JEM-6700F场发射扫描电镜(250万元)、UH-VDSM-II超高真空沉积和成分应力测量系统(580万元)、PAS-III等离子活化快速烧结炉(276万元)、X'Pert Pro型X射线衍射仪和SFM-III应力仪(360万元)、NanoXP纳米压入仪(270万元)、MTS Tytron 250微小力试验机(140万元)等设备,建立起良好的科研环境,具备有较完整的从材料合成、组织结构分析、性能测试到计算模拟的各种能力。实验室重视有研究特色的重要装备自主研制和开发,如PCVD脉冲等离子气相沉积设备(获国家863计划资助并通过验收)、霍尔源激励磁控溅射增强型多弧离子沉积设备(获2004年国家攻关计划资助并通过验收)、大功率微弧氧化设备(获2006年国家863计划资助)等均为实验室自主研制的。同时,实验室注重对大型分析测试仪器的新功能开发,如在“纳米压入仪”上附加了循环疲劳加载软件与装置,用于研究材料的介观性能和尺度效应;在“扫描电镜”上设计并附加了热循环加载装置,用于研究金属薄膜的热应力循环疲劳寿命;在“UHVD SM-II超高真空沉积和成分应力测量系统”上设计并附加了抗电迁移装置,提高了成分应力测量精度;在“微力试验机”上设计并附加了力、电、热多场静加载与循环加载装置,用于研究金属薄膜的力学性能。为了确保仪器设备的良好运行,实验室还配备有一支高素质的实验技术队伍,专门负责大型精密设备的使用,并积极面向社会开放,其中大型分析测试仪器的共享率在40%~50%。



场发射高分辨电镜



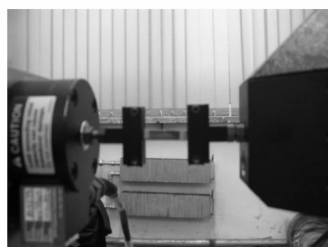
薄膜制备与原位检测



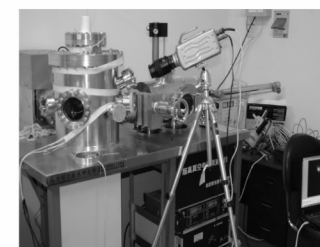
放电等离子烧结炉



纳米力学测试系统



纳米力学测试系统



高速摄影系统

### 3 对外开放与学术交流

按照国家重点实验室开放、流动、联合与竞争的运行机制,利用设备及技术上的优势,实验室通过实行对外开放课题和访问学者制度,吸引国内外高水平研究人员来实验室开展合作研究。同时十分注重与国内外企业的合作,承担国内外企业、学校和科研单位的材料科学研究、性能检测及结构分析等工作。积极向国内外研究人员开放,设立实验室开放课题基金,面向国内外学者发布项目申请指南,吸引和聚集国内外高水平知名科学家和学者来实验室开展实质性合作研究或学术交流。自1995年对外开放以来,实验室先后设立开放课题14批,有34位来自美、日、欧洲等国家和地区著名研究机构的优秀研究人员来室工作。实验室人员积极参与国内外学术交流,近5年来参加国际会议超过100人次、国内会议超过200人次、出国讲学20人次,6人次在国际重要学术会议作大会特邀报告。实验室先后成功举办了包括“第十四届国际材料强度大会”和“第七届国际残余应力会议”在内的多次全球性和全国性学术会议,其中2006年召开的“第十四届国际材料强度大会”是材料强度学界最权威的国际会议,始创于1967年,每三年举办一次,这是第一次在中国召开,有220余位境外代表参会,包括许多该领域的国际著名权威学者。

金属材料强度国家重点实验室注重邀请国外知名教授来本室讲学,近5年来共有来自日本国立物质材料研究院、美国标准技术研究所、美国 Los Alamos 国家实验室、美国橡树岭国家实验室、韩国工业科学技术研究所、美国麻省理工学院、美国密歇根大学、美国 Akron 大学、美国俄亥俄州立大学、美国宾夕法尼亚大学、美国约翰霍普金斯、日本东京大学、日本筑波大学、日本东北大学、日本大阪大学、日本丰桥科技大学、日本信州大学、德国慕尼黑工业大学、德国哥廷根大学、德国 Darmstadt 工业大学、丹麦瑞瑟可再生能源国家实验室、西班牙巴塞罗那大学、加拿大多伦多大学、西澳大利亚大学、韩国国立庆尚大学、韩国汉阳大学、韩国鲜文大学、香港大学等国际著名大学和研究机构的学术大师及著名学者45人次来实验室讲学。国际表面工程权威专家、英国皇家学会院士、中国工程院外籍院士 Tom Bell 教授应邀来实验室长期工作,在实验室组建了表面工程国际研发中心,这是外籍院士到中国全职工作的第一人。国际马氏体相变权威专家、日本筑波大学 Otsuka 教授应邀来实验室长期工作,与任晓兵教授共同组建了多学科材料研究中心;加拿大 McMaster 大学终身教授、美国工程院院士 Embury,加拿大多伦多大学王执锐和女王大学终身教授 Boyd 均应邀来实验室工作,为实验室研究生主讲“材料力学行为”课程和“疲劳与断裂”等学位。此外,实验室还建立了与国外研究机构合作和联合培养制度。与日本国立物质材料研究院联合建立“多学科材料研究中心”和研究生联合培养项目。这是一个致力于学科交叉融合的“科研特区型”材料研究机构,旨在推进中国的跨学科材料研究及培养国际水准的科学研究人才。双方合作成果十分显著,已初步形成一个国际合作、开放性的学科创新基地。

### 4 学生培养与人才引进

金属材料强度国家重点实验室拥有一支高素质的研究生导师队伍,承担培养研究人才的任务。他们高度重视学生培养,建立了完善的研究生管理制度,为研究生创造良好的学习和研究工作环境,保证了研究生的质量。研究生作为科研一线的生力军,积极参加实验室重大科研项目和实验室大型实验仪器设备的管理。实验室还选派优秀博士生到国外联合培养,积极鼓励和支持研究生出国、出境参加国际学术会议,为研究生的成长和发展提供了良好的对外交流和学习机会。吸引了全国各地莘莘学子慕名报考,招生规模和质量稳步提高。目前实验室在校研究生人数达393人,其中博士研究生183人,硕士研究生210人。

根据金属材料强度国家重点实验室长期发展规划中的总体部署,实验室积极加强体系建设和体制创新,拓展和培育前沿交叉学科,优化队伍结构,加强学术梯队建设,积极引进高层次科研人才。实验室一方面根据西安交通大学“高层次人才计划”的相关政策,并与“211工程”建设项目紧密结合,每年列支一定经费作为高层次人才引进基金并给予相关的配套政策,提供一流的工作条件,获得启动基金,配备梯队人员,解决有关办公及实验条件等问题。另一方面通过设立主任扶持基金、实施优秀博士毕业生准入机制从优秀博士毕业生中选留人才以及高影响力论文奖励机制、选送青年骨干到国外著名研究机构进修或合作研究等措施,使一批青年教师迅速成长,并涌现出一批优秀中青年学术带头人和学术骨干。此外,通过完善考核激励政策,对取得优秀的科研成果给予激励。努力做到人尽其才,适得其所,共同发展。通过组织定期及不定期的学术交流给科研人员提供交流和合作的平台,形成良好健康的学术氛围和学术土壤。

金属材料强度国家重点实验室作为目前我国材料科学领域惟一的以材料力学行为研究为主的国家级实验室,在材料强度领域开展基础与应用基础研究的同时,志存高远,把握学科发展趋势,积极开拓新的研究领域,努力将实验室建设成代表我国材料力学行为研究水平的自主创新、人才培养、学术交流的重要基地和国际学术交流与高水平合作研究中心。有志于从事材料研究的海内外优秀人才,也正在“精勤敦笃,果毅忠恕”的西安交通大学校园施展着才华。

(本刊通讯员)