



贺建党九十华诞 展科技创新风采

我国第二代高温超导带材研发获重大突破

——记高温超导材料专家、上海交通大学教授李贻杰

□刘洋

李贻杰,上海交通大学教授,第二代高温超导带材领域知名专家。在高温超导带材领域,他首创国内百米级第二代高温超导带材,实现了国内超导带材领域的新突破。

“十一五”期间,由上海交通大学李贻杰教授团队承担的国家科技部“第二代高温超导带材功能层制备关键技术”“863”重点项目取得了突破性进展。在科技部、上海市科委和上海交通大学的大力支持下,于2010年底研发成功百米级第二代高温超导带材制备工艺,实现了国内高温超导带材领域的新突破。提前1年多时间完成了国家科技部“863”重点项目合同书规定的各项指标和考核指标。在总投入科研经费远低于美、日、德等国的情况下,通过吸取国外研发成功与失败的经验教训,采用独特的技术路线,从2008年论证到2009年1月开始实施,再到研发成功,历时3年,终于研发成功百米量级的第二代高温超导带材制备工艺,而美、日、德等国研发成功百米量级工艺,都用了近10年的时间。

1911年荷兰科学家昂内斯意外发现,将金属汞冷却到零下269摄氏度时,其电阻突然消失,称之为超导电性。因为超导体具有无电阻的理想导电性能,所以其在工业、国防、科学研究、医学等领域的巨大应用前景使得各国政府都极为重视超导技术的研究,尤其是在医学和磁约束核聚变反应堆等应用领域具有不可替代性。1986年,IBM公司位于瑞士苏黎世的实验室首次报道钡铜氧化物具有30K的超导电性。习惯上将稀土氧化物超导材料称为高温超导材料,第一代高温超导带材以钇系(钇—钽—钙—铜—氧)高温超导材料为主。自2000年以后,美、日、德等国加强了第二代高温超导带材的研发工作。所谓第二代高温超导带材,就是采用各种镀膜手段在很薄(40-100微米)的传统金属基带(镍基合金或不锈钢等合金)上镀一层大约1到几个微米厚的稀土氧化物高温超导薄膜,以实现超大电流的传输。第二代高温超导带材以钇系(钇—钽—铜—氧)高温超导

材料为主。与传统的铜导线相比,相同横截面积第二代高温超导带材的载流能力是铜导线的几百倍。

上海交大第二代高温超导带材金属基带宽度为1厘米,厚度为80微米,稀土氧化物超导层厚度为1-2微米,2010年底超导电流为194安培,今年5月已达300安培。2011年底有望将带材超导电流传输能力提高到500安培。目前已经彻底解决了从实验室向产业化转移所必须克服的镀膜工艺的稳定性、重复性和可靠性等技术难点。从而为后续产业化生产奠定了基础。

在国际上,自从2004年以来,美国、日本和德国的研发机构先后研制成功了长度超过100米且能够传输100安培以上超电流的第二代高温超导带材,目前已达公里级。从国际上最新进展情况来看,随着示范性项目的逐渐增多,高温超导带材的成本有望大幅降低,已处于大规模市场化应用的边缘。所以,在“十二五”期间,我国大力介入该领域的产业化研发项目恰逢其时。另外,第二代高温超导带材中的超导层属稀土氧化物系列,就原材料而言,我国具有资源优势。开展第二代高温超导带材的研制可将我国的资源优势转化为技术优势,以免再次落入出口初级粉料而进口高端产品的不利局面。

高温超导技术被誉为21世纪最具潜力的电工技术。许多国家已将发展超导产业上升到战略高度,美国、日本等国将其未来智能电网的目标定位为超导电力,据其预测其形成的超导产业规模将会超过数十万亿美元。而近年来随着超导带材制备技术的不断提高,其成本正在快速下降,目前同样规格的带材价格仅为5年前的1/5,超导技术正在逐步进入实用阶段。

随着我国经济规模的不断扩大和人民生活水平的进一步提高,国际原油、天然气的供应量短缺及价格上涨将会成为制约我国国民经济可持续发展的主要因素之一。为了保证经济社会的可持续发展,2006年2月9日,国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》,规划了8个技术领域的24项前沿技术,其中之一就是高温超导技术。

李贻杰教授曾先后在美国、日本、

德国和澳大利亚多年从事高温超导领域的研究工作,并取得了丰硕的学术成果。2007年回国,扎根上海交大,开展第二代高温超导带材的研究工作。在科技部、上海市政府和上海交大的大力支持下,从零起步,在人员少、设备不足的情况下,仅用半年时间就完成了高温超导带材实验室的筹建工作。在3年时间内就取得国外投入几亿美元,历时10年才完成的成果。为了保证实验设备能连续运转,由教师、博士后研究人员和研究生组成的科研团队经常周末和节假日加班加点到深夜。经过团队日以继日的努力,在短短的三年时间内,已掌握了连续化、动态制备第二代高温超导带材的关键技术,研究开发出了一整套具有自主知识产权的第二代高温超导带材制造技术。

对李贻杰教授而言,一个梦想实现了,新的梦想正在路上。下一步工作目标将主要集中在公里级实用化带材的研发工艺方面。通过该项目,培养出掌握核心技术的一流研发团队,建成中试规模的带材生产线,开展超应用方面的研究工作,孵化出掌握核心技术的高新技术企业。采用“产、学、研”相结合的方式,与赣商集团联合研发适合于连续化、大规模工业化生产、且具有优越性能价格比和潜在市场竞争力的第二代高温超导带材制备技术,促进我国新能源领域的产品向高效、节能、高附加值方向发展。为了加快实现上海交通大学实验室科研成果向大规模工业化生产转化,上海交通大学与赣商集团签订合作协议,共同成立“上海交通大学—赣商集团高温超导技术联合研发中心”,联合开展第二代高温超导带材制造技术的研发和产业化。应用基础研究和中试规模的研发实验室设在上海交通大学,中试和规模化生产部分设在浦东新区。赣商集团将通过规模化生产提高超导带材的性价比和竞争力,逐步培育、渗透、开拓和扩大市场规模,确立我国在高温超导材料制造领域的市场主导地位。联合设在上海交大的国家能源智能电网(上海)研发中心积极推进第二代高温超导带材的超导电力设备的研究和产业化,为国家产业升级发展战略作出贡献。



□刘洋

随着人类社会高技术的发展,源于太阳剧烈活动的灾害性空间天气(俗称太阳风暴)对电网、通信和卫星等高技术系统的影响成为了新问题。其中,几乎遍布地球表面的电网由于其电力设备和输电线路的量大面广,以至于防灾的难度和发生事故的损失都是最大的。尤其在经济发达地区,电网规模越大,越容易受到攻击。因此,应对突发的空间天气电网灾害已成为电网发展、社会发展的前沿课题。

在国家自然科学基金和科技部“863”计划等项目的资助下,华北电力大学刘连光教授的科研团队率先对低中纬地区(我国)电网的空间天气灾害进行了研究,在空间天气电网灾害的分析计算方法、灾害性空间天气损伤电力设备的机理和本质、电网灾害及次生灾害的监测技术等方面进行了10多年的研究,论证了我国家多个地区电网的空间天气电网灾害事件,在中低纬地区灾情、灾害的分析计算和监测方法上形成了独具特色的方法体系,研究工作和研究成果在国内外有重要的影响。

电网风暴灾害的条件 太阳活动引起的地磁场剧烈变化称为地磁暴或磁暴。地磁场变化在地面形成感应电场,感应电场在变压器中性点接地的电网中产生地磁感应电压(简称GIC)。不同变化频率的GIC会对电网产生不同影响。变化频率为0.0001~0.01赫兹的GIC对变压器的直接损伤是温度升高、振动和噪声增大,同时GIC导致变压器半波饱和产生的谐波、无功波动等次生灾害可能导致电网的继

电网安全领域的新问题、新需求

——记华北电力大学的空间天气电网灾害研究

电保护及自动化装置误动作。数值较大的突发性的GIC和持续时间较长的GIC对电网安全的影响较大。在地球上,纬度不同的地区,其基本地磁场是不同的。靠近南北极的高纬地区的基本磁场较强,太阳活动引起的磁扰比中低纬地区剧烈。因此,在其他条件相同时,北欧、北美高纬国家的电网灾害更严重。但是,电网GIC的大小还与电网的结构、参数、输电线路的走向和大地的电性构造有关,GIC对变压器、电抗器的影响以及二次设备的损伤还与一、二次电力设备的结构、材料和设计、制造水平等有关。“空间天气电网灾害是涉及太阳物理、空间物理和大地电性构造,以及电力设备的很多多学科的前沿课题。”刘连光教授说,“尤其灾害的防治涉及这些学科的很多未知的科学问题。”

刘连光教授进一步解释说,与社会的发展,传统工业大规模的利用所带来的温室效应的问题一样,空间天气电网灾害是电网规模越来越大的新问题。因为,大型变压器的导线电阻和输电线路单位长度的电阻越来越小,磁暴在电网产生的GIC就会越来越大。另外,大型变压器采用单相变压器组结构,抵御太阳风暴侵袭的能力下降,以及我国的地质构造世界最复杂是北、北美高纬国家的科学家关注中国电网风暴灾害的原因。

中国电网问题的研究 虽然中国还没有发生类似1989年加拿大魁北克(735kV电网)、2003年瑞典马尔默(400kV电网)的大停电事故,但我国广东、江苏和浙江等发达地区(500kV电网)均发生过大量的磁暴侵袭事件,其中,2004年11月9日磁暴事故中,广东岭澳核电站变压器的实测GIC最大值为75.5安培。为了实现规划设计电网的GIC水平的评估、计算,刘连光教授团队建立了适用于计算中低纬感应地电场和大规模电网GIC的方法,利用中国地震局地球物理研究所科学家提供的磁暴地磁数据,首次分析、认证了我国家广东、浙江等地区磁暴引发的电网及电力设备事件;完成了再次发生2004年11月类似规模的磁暴、2010年映甘青宁750kV规划电网GIC水平的计算,西北750kV电网的研究成果获2009年度中国电力科学技术奖二等奖,2009届博士生刘春明的学位论文《中低纬电网地磁感应电流及其评估方法研究》入选2010

北京市优秀博士学位论文。

2010年8月,刘连光主持的“863”计划“磁暴对大型电网及变压器影响的分析控制技术”课题通过教育部科技成果鉴定,2011年6月通过科技部课题验收,目前“863”课题开发的监测系统已在6座大型变电站应用。2008-2010年,课题组与芬兰气象科学研究所、美国弗吉尼亚电力科学研究院和弗吉尼亚理工大学知名科学家进行合作,在国际Space Weather、IEEE Transactions on Power Delivery和IET Electr等核心期刊发表的论文及其应用技术成果在国内产生了重要的影响。

未来电网的科学问题 中国电网问题的研究证明了中低纬问题的科学意义和电网灾害防治的重大意义,但如何避免和防治中国未来电网的可能灾害是非常难解的问题。“1989年加拿大魁北克大停电事故后的电网防治、改造花费了8.34亿加元,但事故电网的规模不及我国2009年底电网规模的1/40,因此,大规模电网灾害的防治与数量有限的卫星问题的灾害防治不同,在变压器中性点采用避雷器削弱、串电容隔离和加反向补偿等手段,以及提高变压器设计、制造水平的技术手段治理的投资都相当大。”“另外,在超特高压电网采用这些手段治理还可能带来一些新的电网安全问题,如果能通过预测、预报防治中国电网空间天气灾害是最经济、也是最有效的好方法。”刘连光教授说。

太阳活动抛射的物质对地日系统各空间的物理过程及其相互作用非常复杂,决定空间天气电网灾害的影响因素及条件众多,预测和预报日地系统各空间的太阳事件及其对电网的可能影响,可能灾害是世界太阳物理、空间物理科学家的追求目标,以及保障人类社会电网安全、社会发展安全的迫切需求。“从避免和防治电网灾害角度,积累国内外空间天气电网灾害的观测数据,与国内外太阳物理、空间物理科学家合作,研究日地系统各空间太阳事件预测、预报理论成果的应用转化,建立基于历史上太阳事件的电网灾情、灾害,以及地空太阳事件观测数据的经验或半经验的预报模型,实现太阳事件电网可能灾情和可能灾害的预测和预报是我们的下一步研究目标。”刘连光教授说。



创新国画的领军人物——程元友

□刘洋

程元友的创新国画作品通过情感加过的形象,在继承传统的基础上,立足创新,给人带来映照着生活本质的审美意趣。而对于如何创新国画,程元友更具有自己独特和卓远的见解。

近年,程元友重点在国画和诗词的继承和创新方面做一些扶正光大的事情。他认为在我国经济上崛起的时候,需要有相应的中国独特的文化艺术来陪伴、支撑及引领。中国文化应该走向世界,尤其中国的国画和传统诗词在世界上是非常优秀和与众不同的,但是除了极少数人之外,西方人基本上因为语境不同所以不能理解和无法欣赏,也就谈不上佩服和热爱,所以这方面的市场还是很窄小的。这和我们五千年的文明史和十几亿人口的地位很不相称。目前国画和诗词等民族文化艺术在传承创新、普及和对外介绍上和当前形势有些差距。

为了推动中国国画的发展,程元友将自己在笔墨和色彩上有较大创新的国画

《上海浦东新貌》捐赠给了上海世博会联合国千年发展目标主题活动组委会,并荣获“上海世博会联合国千年发展目标爱心人士”荣誉证书。为了攻克中国国画在表现上的瓶颈和难题,他选择了国画长期过不了关的现代城市灯光夜景课题。这不仅是艺术眼光和笔墨技巧的问题,更是歌颂改革开放不可或缺的内容。经过近一年的努力,终于突破道道难关。他的新作《银城夜景》将在近期内在专业杂志上发表。程元友又根据自己长期的亲身经历和体会,写了论文《为实现中国画的伟大复兴而努力奋斗》,被中国管理科学研究院评为“共和国60年重大创新理论华表”并被载入中共中央党校理论前沿杂志社和中国领导科学研究会编辑的《闪光的足迹——中国领导科学发展的理论和实践》理论卷中。还被翻译成英文,用中英文双语方式刊登在对外发行的期刊《中文收藏》2010年10月期上,共计有十个整版。2011年1月21日《中国改革报》完整版发表了她的文章《中国画:守护华夏儿女的精神家园》,呼吁社会各界重视中国画的传承和创新。

由于程元友过眼的作品很多,并有机会和不同派别的画家切磋技艺,使他开阔了眼界,打开了欣赏的宽容量,加深了对光影、色彩、形式和图像寓意的感悟,艺术鉴赏力和创造力提高很快,他的一些创新作品被收入不少书刊杂志之中,如他的《大师背后的女人》人物国画等作品被选入中国电子信息协会编辑的《中华艺术名人博览》等等。他用中国最古老的诗种“四言诗”创作的《颂领袖》还在中国当代文学研究会庆中国改革开放三十周年活动中荣获特等奖并载入多部诗集。

附程元友诗一首

颂领袖
史称盘古,开天辟地。
惠及润之,翻天覆地。
惠及民众,百兆奋起。
薪新中国,从此屹立。
平仄求是,改革开放。
泽民引导,三个代表。
锦涛高瞻,科学发展。
中华盛世,哪朝能比。



李雪松：在摸索中前进

□李雪

最早从事湍流大涡模拟(LES)应用于工程流体力学中的这项工作,李雪松还在中科院工程热物理研究所攻读博士学位。“那时,我跟着徐建中院士,他的眼光很长远,定下了这个方向。”现在已经是清华大学热能工程动力机械专业助研的李雪松回忆到,“更早些,我在东南大学力学工程攻读硕士学位时,得到黄典贵导师的指点,开始了研究上的‘入门’,打好了学术功底。到了2003年攻读博士学位时,导师徐建中院士认为,大涡模拟在解决工业湍流问题上更有优势,但目前只局限于理论。如何能让它在工程中得到应用呢?很难,但也很值得去做。”

李雪松对徐院士的观点深以为然,开始对其进行摸索,并重点对该方向上延伸出的一个关键性分支——“可压不可压流动统一算法的问题”进行钻研。其实,针对可压不可压流动的算法,国际上不是没有方法,只是原有方法只能单独解决可压或不可压流动问题,一旦可压不可压流动存在于同一个流场,那些方法便无能为力了,从而无法满足大涡模拟的需要。

2008年1月,清华大学热能系顾春伟主持的国家自然科学基金项目“LES和DES模型在叶轮机械内部流动机理分析中的研究”正式启动,正随之做博士研究的李雪松也参与其中。他们认为叶轮机械内部流动具有高度的复杂性,存在诸如大分离等多种复杂流动现象。基于传统的雷诺平均RANS湍流模型,并不能保证对这些复杂现象有足够的计算精度和普遍性。为了准确地模拟,较可靠的方法是采用LES方法,但目前难以直接应用。在该项目中,他们采用RANS与LES联合使用的DES方法——在边界层使用RANS,分离区与主流使用LES。其优势在于,不仅计

算量相对较小,还对分离以及主流非定常特性有较好的模拟能力。

为了解决传统统一算法预处理方法不适用于可压不可压混合流动问题的缺点,李雪松提出了原创性的观点,认为可以直接修正特征值,从而构造了All-Speed Roe格式,解决了可压不可压混合流动计算精度问题,发表于国际计算流体力学领域顶级期刊Journal of Computational Physics(JCP)。这一新观点挑战了传统预处理方法的观点,并得到了国际同行的承认与比较,并启发了“可压不可压流动新型统一算法研究”得到国家自然科学基金的支持,得以深入发展。随后,他澄清了抑制压力速度失耦的经典动量插值方法与激波捕获格式内在相关机制之间的联系与区别,相关论文再一次发表于JCP。近来,他更是揭示了统一算法普适的核心机理,不仅可以解释多年来国际上发展的各种统一方法的优缺点及原因,还可以指导构造更多更优良的统一方法,为工程应用中湍流模拟扫清了障碍。反映这一工作的论文已投稿于JCP。

与已经取得一定突破的“大涡模拟”相比,李雪松的油膜轴承空化研究显然还处于初级阶段。这项研究源于近两年的摸索,“我认为油膜轴承空化主要是溶解空气空化,进而发展了新的空化模型。”他的见解打破了油膜轴承空化研究这一汪平静的池水,能够解释该研究中的许多现象,论述已投稿于国际SCI期刊。

尽管“钻研”不长,李雪松也已主持国家自然科学基金、中国博士后基金与校基金自然科学基金各1项,还作为骨干参加了国家自然科学基金与“973”项目各1项,先后荣获2007年度上海市科学技术进步奖三等奖(排名第二),与2008年度清华大学优秀博士后奖。发表EI收录论文20余篇,SCI收录论文10篇,其中,以第一作者在顶级期刊JCP上连续发表系列论文2篇,并在投1篇。对他而言,科研即是职业,也是兴趣,一边摸索,一边前进,虽有苦痛,乐在其中。

□潘丽

中原熟而天下足。作为中国的“粮仓”,河南省每年的粮食产量不仅解决了中国第一人口大省的吃饭问题,而且每年要外调大约200亿斤粮食支援外省,但是在中原经济区概念日益被更多人广泛关注的今天,有一个问题渐渐被大家所共识,那就是作为农业大省的河南,如何平衡粮食生产和经济发展的关系。

这也是郑州大学生物工程系微生物发酵与代谢工程实验室一直关注的问题。

秉承着“科研为社会服务”的理念,近年来,实验室紧密结合省情国情和生产实际确立研究方向,在实际的产业攻关中实现团队的自身价值。

首先,和许多工厂建立了长期合作关系,在不同企业先后建立了省级和市级院士工作站和两个研究生联合培养基地。

其次,意识到后化工时代来临,大生

绿色产业之梦

——记郑州大学生物工程系微生物发酵与代谢工程实验室

物工程时代正在开启,与河南金丹乳酸科技有限公司的科研人员紧密合作,攻克了该企业十几年攻关未果的L-乳酸工业化生产难关,发展建立了有自主知识产权的L-乳酸生产工艺,使该企业一跃成为世界第二大L-乳酸生产企业,产值由2亿多元增至超过10亿元。项目已获得河南省科技进步奖一等奖,并正在申请国家科技进步奖。

L-乳酸是生产聚乳酸的前体,而聚乳酸是一种有前途的,来自于可再生资源,可替代石油塑料,本身又生物可降解的优质塑料,国内外已开始大量工业化生产。但随着以粮食为原料大量生产乙醇、乳酸等石油替代品的规模进行,新的问题出现了,我们的工业发展不能与人争口粮。

于是,课题组把目光转向了一个硬骨头——木质纤维素原料的开发利用。这是一个研究了数十年的热门课题,也是一个多少人折戟的难题。经过充分的

调研,在河南省重大公益项目的支持下,课题组对这一难题进行了多方位的进攻,经过团队的不懈努力,攻克了水解、菌种、发酵和提取等一系列难关,对关键技术申请了专利。

努力终于迎来了胜利的曙光,课题组目前已打通全部环节,在实验室规模用玉米秸秆生产的L-乳酸在成本和质量上和用粮食为原料生产的L-乳酸已很接近,初步具备了工业生产的竞争能力,工业中试生产正在筹划之中。

“团队有一个梦想,就是发展以木质纤维素为原料的基于生态健康的绿色循环经济产业链模式,在石油后时代,让生物工程大显身手,让秸秆不再污染环境,让种树能有更好的经济效益,让满山坡上绿装,让农村乡镇能有更多的就业岗位……”

“豫乃大象出没之地,还我青山绿水,还我锦绣中原。”这是一个心怀理想和梦想的团队!



李雪松院士与吴健教授

团队简介:

郑州大学生物工程系微生物发酵与代谢工程实验室由中科院院士李季伦牵头,郑州大学生命科学与技术研究中心副主任吴健为带头人,团队包括魏桂毅教授、翁海波副教授、周景明副教授、师会勤讲师等。

实验室不但注重科研,还注重学生的培养。除研究生外,还对本科生采用传帮带的模式,在院系本科生导师制的基础上,开放实验室吸引大批各年级本科生进入实验室,培养学生的科研兴趣,提高研究生思维和动手能力,建立了多个校级大学生创新团队,提高了学生的创新能力,近几年先后有十余名在实验室工作过的本科生考入北大、清华和上海交大。