2017年12月22日 星期五

■责编 张琦

近日,有一支来自于非交通领域的团队 备受瞩目。这支团队主导开发的"基于无线 传感网的大型桥梁结构监测系统建设和关键 技术研究"项目受到了交通、结构、电子等各 领域专家的高度关注,并获得了2016年度中 国公路学会一等奖。

这支团队就是教育部特聘长江学者、清华 大学电子工程系教授杨华中团队。究竟是什么 让一支来自电子专业的团队在中国公路行业的 最高奖项中获得一等奖? 笔者走近清华大学杨 华中和他的团队,揭开团队的神秘面纱。

#### 潜心科研 十年磨砺厚积薄发

无线传感器网络与结构健康监测技术的结 合,是目前结构健康监测领域研究与实践的一 个发展趋势。清华大学是国内最早从事无线传 感网/物联网技术及应用研究的单位之一,也是 国内最早从事结构安全监测智能化并将无线传 感网/物联网技术应用于其中的单位,在这方面 拥有着深厚的技术积淀和储备。

低功耗核心芯片是构建无线传感器节点 的基础,在国家自然科学基金的支持下,清华 大学先后开展了"SoC 低功耗电路与系统 (2003-2006)""低功耗无线通信 SoC 设计 (2007-2008)""基于非易失存储器件的低功 耗无线传感网芯片与应用研究(2009-2011)" 等研究工作。在国家863计划的资助下,清 华大学开展了"RF关键电路与工艺模块

# 用无线传感网"把脉"大型桥梁

## 记清华大学电子工程系教授杨华中团队

李 杰

(2005-2007)""无线传感器网络的低功耗技 术(2006-2008)""基于片上传感网的异构多 核 SOC 低功耗设计与计算(2008-2011)"等 研究工作。在国家科技重大专项的支持下, 清华大学开展了"中高速传感器网络核心芯 片研发(2010-2012)"等研究工作。

JU JIAO

"这些项目的开展使得团队在无线传感 网核心芯片及传感网节点低功耗技术方面有 了很好的技术储备。"杨华中说,比如,团队成 员刘勇攀博士发明的低功耗非易失处理器吸 引了MIT等20余所国际知名大学、美国NSF 和 DARPA 资助的多个中心的跟踪研究,并 被IEEE体系结构顶级杂志Micro选为亮点成 果,在其网站首页报道。

#### 砥砺突破 核心技术百炼成钢

在已有低功耗芯片和节点技术基础上, 为了研发面向桥梁结构健康监测系统,团队 成员王鹏军博士进一步攻克时间同步、传感 器等一系列难题。

时间同步问题一直是国际既有无线桥梁 监测方式的局限,该项目率先成功应用了精 度自适应时间同步算法,同步精度达到 10 μ s, 大 大 优 于 常 规 桥 梁 监 测 要 求 的 1-100ms;同步收敛速度优于传统100%以上, 精度可调可自适应。

传感器的寿命问题是关系到桥梁监测系统 能否长期稳定运行的核心问题,本项目集成开 发并成功应用平均100 µ A(3V 时)的低功耗传 感器,工作寿命优于现有传感器达2-3倍以上, 更为适应太阳能供电等非稳定性供能条件。

本项目研发并成功应用基于功率谱峰值 突出预处理的索力算法,拉索基频解算精度为 0.1%-1.0%FS,可全面替代传统索力传感器。

同时,项目率先成功应用振弦类传感器动态 采样方法,采样率5-100Hz,频率信号精度 0.1-0.4Hz,突破了振弦类传感器数十年来仅可 静态采样(采样率通常低于0.02Hz)的应用局限。

基于上述技术,本项目成功开发的无线 智能传感器与云平台集成的大型桥梁结构监 测系统建设方法,对比传统监测方式,更可以 降低50%以上的建设和运维成本,节省70%以 上的建设时间。

#### 大展拳脚 产业道路前景广阔

2012年,风景秀丽的京杭大运河上,杨华 中团队在江苏无锡重要的交通枢纽——蓉湖 大桥上布设完成了当时世界上规模最大的基 于无线传感器网络的桥梁监测系统,一时引 起了社会极大关注。

不需要任何线缆,通过一个个巴掌大小的 无线智能传感器,蓉湖大桥的关键结构部位的 监测数据就可以实时传回到业主单位的电脑 上。业主单位说:"整个项目搭建过程时间短, 不影响交通,后期维护成本低且非常便捷,监 测数据准确,软件应用起来也非常方便。"

5年来,杨华中和他的团队在包括河南郑 州刘江黄河大桥、四川泸州长江大桥、泰安长 江大桥、无锡开源大桥、山东淄博樵岭前大 桥、德州卫运河大桥、南通新江海河桥、如泰 运河大桥等数十座桥梁上实现了基于无线传 感网的桥梁结构监测系统,做过众多的桥梁 专项检测、监测项目,并率先被应用于"一带 一路"项目——刚果(布)布拉柴维尔沿河大道 斜拉桥的监测中。

2015-2017年,该项目研发的无线智能 索力传感器产品连续3年被应用于交通运输 部发起的"国家干线路网监测项目-重点桥梁 监测"项目。业主单位中交公路规划设计院 评价说:"使用无线智能索力传感器,使我们 获得了较之以往更为准确、充分、可靠的数据 采集样本,极大地提高了工作效率、降低了上 桥工作的劳动强度,给我们传统的工作方式 带来了新的突破。"



杨华中说,作为中国公路学会本次获奖 的第二完成单位——北京源清慧虹信息科技 有限公司已与清华大学携手一起走过了4个 年头,该技术目前已经顺利完成A轮融资,公 司估值过亿元。

近年来,杨华中团队的相关无线智能传 感器、传感云服务等技术已经实现产业化,应 用领域也早已从桥梁拓宽至轨道交通、隧道、 边坡、水库大坝、古建筑物等基础设施领域。

# 重庆组建首支军民融合创投基金 打造西部军民融合产业高地

本报记者 雍 黎

12月13日,重庆市首支专注于军民融合 领域的创投基金——重庆上创科微股权投资 基金在渝成立。不过,这只是在为重庆军民 融合发展提供金融支持上的第一把"火"。为 助力重庆打造军民融合发展的高地,重庆科 技风险投资有限公司(以下简称"科风投")将 组建一支10亿元规模的军民融合领域基金, 推动重庆军民融合高新技术企业发展。

### 发展军民融合重庆独 具优势

"重庆具备良好的军民融合产业基础和 优势。"重庆科风投总经理徐辉介绍,重庆作 为西部唯一的直辖市及老牌工业基地,一方 面,拥有较好的工业发展基础及配套设施;另 一方面,本地也坐落了大量的军工集团、军工 科研院所及高校,拥有良好的产业环境。

据了解,重庆作为西南国防科技工业重 镇,是我国常规武器重要科研生产基地和汽 车摩托车、船、机、仪、基础件较齐全的科研与

生产基地,不仅拥有众多的军工企业事业单 位,还有众多民口企业获得参与军品配套的 保密和生产资质,其中民营企业占相当比 重。这些企业涉及兵器、船舶、航天、航空、电 子、机械、冶金、化工、环保、纺织、新能源等多 个行业,具备较强的科研开发实力和先进制

据统计,2016年,重庆市国防科技工业总 产值达3241亿元,成为重庆工业经济的重要 支柱和产业发展的重要引擎。"军转民"产业链 进一步延伸,培育了长安汽车、海装风电等行 业龙头企业,形成了汽摩、电子、船舶动力配 套、风电装备制造和服务运营的产业集群。"民 参军"规模扩大,累计"民参军"企业达87家。

同时,重庆加快布局军民融合协同创新 平台,重庆国家自主创新示范区赋予军民融 合体制机制创新示范功能,两江新区、璧山高 新区成为国家军民融合产业示范园区,联合 国防科工局、教育部、中国工程院成立了重庆 军民融合协同创新研究院等。

#### 军民融合发展基金助 力更有效

军民融合发展,基金如何助力?

徐辉说,一方面,军民融合创投基金的设 立将为军民融合发展提供金融资本。从资本 运作的角度来看,不管是军民融合产业的需 求集中放量还是军工资产的证券化和军品定 价机制改革,以及军地协调创新成果的转化 应用都将产生巨大的资金需求量,这将为金 融资本带来较好的投资机会。同时,通过金 融资本的放大效应反过来能更有效的促进军 民融合产业的高速发展。

另一方面,军民融合创投基金的设立,将 实现政府引导基金资本的两级放大,提高投 资效率。同时,吸引更多优秀的专业投资团 队关注重庆,营造良好的军民融合产业生态。

徐辉表示,随着国家政策大力支持军民融 合发展,自2016年以来,资本市场投资于军民 融合产业的投资增长迅速,可以说军民融合产

业资本的春天已经到来,军民融合孕育着巨大 的投资机会。通过军民融合创投基金的设立, 将打通本地军工工业与资本市场的隔阂,建立 通常的资源流通体制与资本运作渠道,从而推 动重庆成为军民融合产业高地。

#### 将组建10亿规模西部 军民融合创投基金

刚刚成立的重庆上创科微股权投资基金 规模为3亿元,由重庆科风投联合上海新微 科技集团、重庆临空投资开发集团有限公司 发起,将围绕军民融合产业中有关传感器与 物联网相关细分领域进行重点布局。

上海新微科技集团总裁秦曦表示,他们不 仅为企业带来资金,还将带来最先进的技术支 持,希望能够让重庆的军工产品插上信息化的 "翅膀",实现新的发展。目前在重庆已经考察 了50家企业,主要涉及芯片类、模组类、应用 类三大类别,包含了通讯、传感器、自动控制、 人工智能、无人机、智慧城市等方面。



"今年底,我们还将有一个军民融合领域 的基金落地重庆,规模为2亿元。明年底,会 再发起组建一支10亿元规模的军民融合领 域基金,推动重庆军民融合高新技术企业发 展。"徐辉透露,这支规模达10亿的基金名为 西部军民融合创投基金,将针对军民融合产 业增长带来的投资机会,重点围绕高精度导

航、军机产业链、军工新材料、军工电子、高端 船舶制造、生物医疗等行业投资领域。

重庆市科委相关负责人表示,重庆具备军 民融合发展的良好基础和独特优势,通过科技 金融合作,培育一批具有国际竞争力的军民融 合高新技术企业,将推动重庆军民融合产业更 好更快发展,打造西部军民融合产业高地。

# 等离子体技术的前沿探索者

- 记 香 港 城 市 大 学 等 离 子 体 实 验 室 副 主 任 吴 征 威

员、安徽省电气与信息化标准化委员会委员等职务。



等离子体技术是高技术领域里的尖端科 学,被列为"21世纪最先进的科学技术之 一"。作为固、液、气三态之外的第四态,等离 子体广泛存在于各种星体、星际空间、地球高 空的电离层,而其衍生出的技术则影响着人 们日常生活的各个角落。

自等离子体技术兴起以来,已在化学合 成、新材料研制、表面处理等领域开拓出一系 列新方向,成为兼具国防、军事、科技与民用 多重学科交叉的最前沿研究领域,香港城市 大学等离子体实验室副主任吴征威正是这一 前沿领域的优秀探索者。

## 不忘初心 科研家庭 走出"科研人"

吴征威出生于一个典型的"科研人"家 庭,父母都是中国科学技术大学的教师。成 长于中国科学技术大学,得益于父母的言传 身教,吴征威从小耳濡目染,对一代代科研 工作者前赴后继为事业无私奉献、以科研的

会与无限的崇敬。随着年龄的增长,他心中 播下的科研种子逐渐生根发芽,1995年,吴 征威考入中国科学技术大学,正式踏上科研 探索之路。 大三分专业的时候,等离子体专业引

起了吴征威的兴趣。"可以说,没有等离子 体技术,就没有现代化。从科学探索方 面,宇宙中99%的物质是等离子体态,理解 等离子体对认识宇宙有着非常重要的意 义;在国家安全方面,等离子体可以模拟 氢弹爆炸的惯性约束核聚变、利用等离子 体注入与沉积技术制备的航天航空材料、 实现对电磁波的隐身等。与等离子体相 关的照明工具、太阳能电池板制备、高效 燃烧等技术又为节能减排做出了重要贡 献。"吴征威说。

中国科技大学是一所自本科开始系统培 养等离子体科研人才的高校,也正是因为对 "独一无二"的向往,吴征威选择了等离子体 专业作为研究方向。进入实验室之后,吴征

威对知识的追求更加如饥似渴,他生活的最 重要内容就是"泡图书馆"。当时网络还没有 普及,各种资料都要自己动手查询。渐渐地, 吴征威几乎成了班里的"移动检索目录",每 期新到的相关专业学术期刊他基本都是第一 个浏览的,并会告诉同学:"那篇文章或许与 你正做的研究有关,建议你看看。"

人物点击

### 境外深造 实现理论 实践"双提升"

获得中科大硕士学位之后,吴征威进入 香港地区一个以等离子体为主要研究方向的 实验室——香港城市大学等离子体实验室深 造,师从著名等离子体技术专家朱剑豪教 授。朱教授踏实严谨、一步一个脚印的治学 方法使吴征威受益匪浅。实验室聚集了一批 来自不同地区、专注于不同领域的优秀研究 人员,他们共同探讨研究学术问题,产生了许 多令人振奋的合作成果。

在香港城大的学习使吴征威逐渐认识 到,等离子体技术并非只有高大上的用途, 它可以应用到与人类生活密切相关的方方 面面。如:在健康领域,经等离子体处理的 医用植入材料已经用于临床实验、可以杀 灭空气中的细菌和病毒、可以对废水废气 废物进行脱害处理等等;等离子体光刻技 术可以使芯片制备实现高精度加工的工业 化;等离子体喷涂技术可以用于加工发动 机涡轮叶片,使叶片更耐热、耐磨、耐腐蚀; 生活中很多金属制品如:门把手、水管、刀 片、轴承、齿轮等都要用到离子体表面处理 技术。

在香港城大完成部分研究工作后,由于 表现优异,吴征威获得了去悉尼大学攻读联 合培养博士学位的机会。在悉尼的两年左右 时间,吴征威专注于低温等离子体基础理论 的研究,不同文化、不同研究方法的交流与碰 撞使他的研究视野得到了进一步开阔。就这 样,从理论到实践再到理论再投入实践的反 复积累、沉淀,为他打下了深厚的理论功底, 培养了扎实的应用研究能力。得益于走出国 门的深造经历,吴征威实现了理论研究和实 践探索能力的"双提升"。

#### 怀揣梦想 攻坚克难 "苦中有乐"

对于科研工作,吴征威有着发自内心 的热爱。"这些年我一直从事等离子体研 究,或许今后五年、十年,甚至一辈子,仍然 继续研究……有人会觉得科研工作枯燥乏 味,但对我来说,科研工作不枯燥,有乐 趣。以更低的成本,让人们更健康的生活, 是我的梦想。"怀揣着实现人类美好生活的 梦想,吴征威以研究为乐趣,在与生活息息 相关的多个方向攻克了多项技术难题,以 科技的力量改变着世界、逐步实现人们健 康生活的梦想。

在公共卫生健康领域,他将等离子体技 术应用于消毒灭菌,开发出多款康复辅助产 品,在解决环境安全、公共卫生、食品保鲜等 疑难课题方面取得了显著成绩。等离子体可 以在短时间内杀灭各类细菌、真菌、霉菌等微 生物。利用这一技术,能够高效的形成相对 洁净的空间,根据需求快速部署,尤其在自然 灾害或重大伤亡事故发生时,此类装备能够 在帐篷、车辆、建筑内迅速建立起初级卫生防 疫系统。他主持开发的"便携式等离子体杀 菌装置"已形成样机,有望成为一种替代性的

物理除菌方法。

吴征威博士,香港城市大学等离子体实验室副主任、研究员,长期从事等离子体技术基础原理及其在生物医学领域的应用研究,合作发表SCI收录论文48篇, 被引用次数超过500次,申请发明专利近50项。其中基于非经典磁流体模型的理论研究工作,使人们对微电子器件及局域高能量密度等离子体中的量子效应有了 更清晰的认识。他在与生物医学相关的等离子体源制备、成套装备设计和参数诊断上开展了有针对性的系列工作。吴征威是美国物理学会(APS)会员、国际电气 与电子工程师协会(IEEE)会员,美国国家科学基金(NSF)及中国国家自然科学基金(NSFC)的通讯评委,任全国卫生产业企业管理协会抗菌产业分会专家委员会委

> 此外,他与同事们一起利用等离子体技 术对传统的骨科材料进行处理,获得了更安 全、生物相容性更好、具有部分自清洁功能的 生物医学材料。这样的材料制成的器件植入 人体,更容易与组织结合、降低感染发生率和 排异反应。在处理过程中,他们将离子注入、 表面沉积、微弧氧化、表面纳米化等一系列工 艺结合起来,开发出了成套装备,尽可能将所 有工序一体化完成,减少了人工干预可能带 来的不确定性。

### 净化空气 守护人类 健康生活

当前,受到污染的空气是诱发许多疾病 的"罪魁祸首",成为威胁人类健康的重大问 题之一。尤其是在相对封闭的室内环境中, 对清洁空气的需要成为普遍需求。吴征威的 研究方向之一是基于低温等离子体的空气净 化技术,这是集物理、化学、生物、空气动力学 和环境科学于一体的交叉型综合性技术,与 传统的净化方法相比,结合了去除有害气体、 沉积颗粒污染并杀灭有害细菌的作用,在特 殊微小环境优化方面有很好的适用性和推广 前景。

他主持完成的"低温等离子体空气净 化消毒模块"可以嵌入室内新风系统内,为 多种感染性疾病的预防和控制提供了新的 技术手段。该模块通过省级科技成果鉴 定,关键技术达到国内领先水平。此项技 术有望在教室、医院、食堂、公共交通工具 中得到应用。

同时,他还与企业合作研发出空气净化 专用抗菌型熔喷非织造材料,该材料利用等

离子体技术将抗菌物质与纺织物结合在一 起,可以在保持良好空气流动性的基础上实 现长效抗菌,利用该材料开发的口罩内芯已 进入市场推广,因其良好的抗菌防尘功效受

到广泛好评。 多年来,吴征威致力于等离子体技术在 相关领域的应用研究,成为在该方向做出贡 献的为数不多的青年"中坚力量"。他先后主 持国家自然科学基金、中科院战略新兴产业 项目、教育部重点实验室开放课题、中央高校 基本科研业务费专项资金、国家十三五重点 研发计划等项目和课题,参与"科技入滇"项 目、香港研究资助局项目、香港创新科技署项

鉴于其在学术研究和技术研发方面的贡 献,他先后入选安徽省战略性新兴产业技术 领军人才、安徽省"百人计划"、合肥市庐州产 业创新团队带头人等人才项目,获得中国产 学研合作创新奖、合肥市五四青年奖章、香港 工商界科技成就优异奖。

关于今后研究的发展方向,吴征威说: "科技要面向国民经济主战场,重大基础研究 成果产业化是科技革命发展的主要特征。我 和同事们正努力把实验室里更多的成果从科 学转化为技术,更广泛地应用到大众日常生 活中去,让科技惠及民众。"

吴征威说:"健康梦就是我们香港城市大 学等离子体实验室科研工作者的中国梦。近 期,我们主要针对低温等离子体技术在公共 卫生、医用材料和参数诊断方向上开发新产 品、新装备,等条件成熟,将进一步推动低温 等离子体外延技术在饮用水源、食品保鲜、疾 病防控等领域的示范应用,为人民群众创造 更舒适的生活环境、更健康的生活方式做出 更多的贡献。" (张静晶)