



刘静,清华大学医学院与中国科学院理化技术研究所双聘教授,威廉·伯格奖获得者,中央电视台“2015年度十大科技创新人物”

## 刘静:使中国液态金属研究走在世界前列

2015年3月,刘静带领的中国科学院理化技术研究所与清华大学联合研究小组在《Advanced Materials》发文,宣布研发成功了世界上首台自主运动可变形的液态金属机器。消息一经传出,引起了全世界范围内的广泛关注,就如同平静的水面被抛掷一枚石块,激起层层涟漪。国内外各大媒体争相报道,惊呼“中国制造出了‘终结者’”。自此液态金属——这个被人熟知而又几乎被完全忽略掉的领域,走进了公众的视线,该项成果入选由中国科学院、中国工程院主办,中国科学院学部工作局、中国工程院办公厅、中国科学报社承

办,中国科学院院士和中国工程院院士投票评选的“2015年中国十大科技进展新闻”(图1)。刘静及其研究团队也因为液态金属研究领域取得的一系列原创性成果,荣获“中央电视台2015年度科技创新人物”(图2),《科技导报》对刘静进行了采访。

### 获奖是对科研坚守的认可

谈及获奖时,刘静表示“有些意外,不过很高兴,也很荣幸,这是业界对我本人及团队多年来在液态金属研究上的坚守并有所成的一种认可。”早在2002年,刘静就带领团队围绕当时在

国内外鲜为人知的液态金属展开研究,经过10多年漫长的科研攻关,终于取得了在信息、能源、先进制造及生物医疗健康领域有着重大应用价值的原创成果。“的确,液态金属长期不为人所知,我们在漫长的研究中偶尔也会萌生孤独感,此次入选这一重要奖项对团队是一个很大鼓励。因此,我也特别感激推荐我们的专家和社会各界人士对液态金属这一新兴科技前沿的重视。”

付出就会有收获,也正是刘静对液态金属的执着,使他们在液态金属研究领域走到了世界前列,一系列重大突破被深深地打上了中国的烙印。



图1 “2015中国十大科技进展新闻”颁奖现场



图2 中央电视台“2015年度科技创新人物”颁奖现场

## 科学突破的要素：紧紧把握科学前沿锲而不舍

刘静对于在液态金属领域取得的一系列原创成果的体会是：“首先确定重大科研目标，然后对拟定的关键问题坚持不懈，并保有系统思维、永不满足既有体系的心态，一定会在合适的时机取得突破”。他们在液态金属研究上耕耘了多年，积累丰富，从而对领域内的核心问题、难点和潜在突破口已经有了深刻的认识，一旦在实验中捕捉到蛛丝马迹，往往能敏锐地抓住机遇，实现重大突破。

譬如液态金属“食铝”自主运动这种异常独特现象和机制的发现(图3)，只是刘静液态金属系列研究中的一个缩影，而最初的研究起因也是为了探索液态金属的可控变形行为，这项成果算是漫长科研环节中收获的一个惊喜。自驱动液态金属仿佛自然界的生命体一般，实现了无需外部电力的自主运动，从而为研制实用化智能马达、血管机器人、流体泵送系统、柔性执行器乃至更为复杂的液态金属机器人奠定了理论和技术基础。这种液态金属机器人完全摆脱了庞杂的外部电力系统，从而向研制自主独立的柔性机器迈出了关键的一步；其能量转换机制对于发展特殊形态的柔性能源动力系统也具重要启示意义。液态金属自驱动效应和相应机器人形态的发现，为今后发展高级的柔性智能机器人技术开辟了全新途径，具有十分重要的科学意义和实际应用价值。

## 科学探索中的灵光乍现

而令人难以想象的却是，刘静对液态金属一些特异性现象和机制的想象部分来自科幻作品带给他的灵感。就液态金属的驱动和可控变形问题，刘静最初只在心里设想或许真的可以研制出如科幻电影《终结者》中的液态金属机器人(图4)，那一定是人类所能想到的最为高级复杂的机器形态，而随着实验室一系列基础发现的取得，刘静越来越坚定了对于这个设想的信念，因此他会花费大量时间仔细研究和思考各种



图3 电控、自驱动或分身型可变形液态金属系列研究入选所在期刊封面或内封面



图4 科幻影片中的液态金属机器人

可能的因素，一有所获，便会在第一时间将这些体会和线索传达给他的学生，继而引导他们积极尝试。

“这样做促成了两种发现模式。在发现自主运动现象的过程中，其中之一应该说有些运气成分在内，一个学生偶然中采用铝箔触及了液态金属球，从而观察到了液态金属出现自驱动的惊人一幕；而另一个学生，则更多的是按照一定研究逻辑从材料匹配的角度出发，人为选择铝箔作为作用物质，同样实现了液态金属自主运动。”两种渠道出发点不同，但都达到了同样结果，可谓异曲同工。这些案例表明，对于一个有准备的实验室，机遇总是会不期而至，无论其获得发现的途径是否存在差异。

科幻作品为刘静的研究带来灵感的同时，他的研究成果又给科幻作家们带来脑洞大开的创作素材。

“比如说我们的眼睛失明了，也许液态金属可以充当视网膜的神经来帮助患者恢复光明。耳朵失聪了，液态金属也许可以作为听神经传递声音。甚至像大脑死亡了，液态金属构成的神经

电路，可以接管前身。那再往前推进一步，生命体完全死亡的，是不是可以通过注入特制的液态金属构造控制通路，使整个的躯体满血复活。如果再进一步的话，也许生与死的界限就会被彻底打破。”刘静在“科技盛典颁奖典礼”上，与科幻作家韩松交流时，颇为认真地阐述了这些令人脑洞大开的科幻素材，或许这些已经过刘静反复思考的未来技术有一天真能实现——液态金属在不久的将来可以轻而易举地应用在视神经、听神经、脑神经等方面？

科学探索需要梦想，科学突破中所说的顿悟和灵光乍现，在刘静液态金属研究中均有体现，甚或显得更丰富一些，成果的取得离不开大胆想象，更离不开刘静的坚持，而这些都与他以往的学习和科研经历密切相关。

## “理工兼修”“融会贯通”为创新动力打下坚实基础

刘静的学习和科研经历非常丰富。1987年，刘静被清华大学热能工程系燃气轮机专业录取，1989年选修

了物理系现代应用物理专业作为第二学位,1992年同时获得清华大学工学学士、理学学士学位。“理工兼修”的学习历程,使得刘静在之后多年的学术实践中,善于运用工程学解决实际问题,并把握物理学的思维对科学问题“刨根问底”。

1992年,本科毕业后的刘静成为当时清华大学较早的一批直博生,并用三年半的时间获得了博士学位。而这段学习经历,对于刘静影响深远,进一步拓宽了眼界,为其今后的科研打下了坚实的基础。“我在研究生期间的研究课题是脑冷却方面的问题,涉及工程热物理、能源技术、神经生理、生命科学和临床医学等方面,生物体系实在精妙复杂,当时我一点基础都没有,但兴味盎然”。在这期间,刘静通读了大量生命科学、医学等方面的相关著作,通过自学积累了生物医学的知识。在工程和物理的基础之外,生命现象的丰富极大地激发了他对于自然界的想象力。在工程热物理与生命科学交叉的地带,他发现了一个绚丽多彩的世界。

“理工兼修”“医学添彩”的多学科背景和专业实践经验,使刘静在进行科学研究时,总会从多角度考虑,并试图发现各自学科领域的未解难题。

刘静对跨度很大的学科融合和知识的贯通运用有某种天然的习惯,这种“融会贯通”为其学习、科研创新动力打下了坚实基础。

### 勇于接受挑战,在全新领域频出创新成果

在之后20多年里,刘静曾在多个科研机构工作过,而其所建立的研究方向都是所在单位开展的全新的领域。“受限于当时的现实条件,不少工作是在条件较为有限的情况下完成的,这在很大程度上制约了我的发展步伐,但我得感谢这些经历,它们锤炼了我在很多时候能因地制宜创造条件去开展工作的能力。”

1992年,刘静博士毕业以后,留校任教,由于缺乏基本的科研条件,科研经费几乎为零,刘静度过了一段较为艰

难的时光,但他始终秉持这样的观念:要在有限的条件下做力所能及的科研。没有挂靠的课题,就自己申请基金,开展科研、教学等,开设了一门全新的生物传热学课程,自己编写教材,在教学中发挥了关键作用。后来这部定名为《生物传热学》的内部教材,在刘静28岁时正式出版,成为此后该领域的基础文献,他之后又相继出版了系列前沿著作,为建立从低温到高温生物医学工程学的学术体系作出了重要贡献。

1999年6月,刘静结束美国普渡大学博士后研究后回国,在中国科学院理化技术研究所创建了低温生物与医学实验室。在以往经验积累和中国科学院“百人计划”的支持下,很快投入到工作中,将实验室完全从零开始发展成国内外知名的实验室。

刘静在30岁左右从事的研究领域,在多年后都发展成为十分重要的研究方向,这让刘静倍感欣慰。2014年,刘静因为在生物传热学方面的研究荣获国际传热界最高奖之一——威廉·伯

格奖(The William Begell Medal)。而自2002年创立的液态金属以及后来陆续开辟的系列研究方向,如今更成为国际上备受瞩目的重要前沿方向。

总结以往课题研究的经验,刘静表示,“对于课题的选择是否成功,我觉得这其中的确存在判断力的问题。以往学习和科研的综合背景,使我在启动相关研究时会尽量避免盲人摸象的局限,总是试图挑选出最具挑战的问题,牢牢把握深入探究的方向,而重要目标和关键突破点就是在不断的探索中逐渐形成的。”

### 基础与应用并重,为社会带来切切实实的贡献

令人高兴的是,经过10多年的持续推进,刘静团队在液态金属产业化方面也取得许多发展。先后研发出一系列在世界上广有影响的原创技术:1)液态金属电子手写笔(图5),可用于直接绘制电路;2)借助液态金属电子电路打印机(图6、7),只需在电脑上画好



图5 液态金属系列产品:电子手写笔、电子油墨、导热片、导热膏等

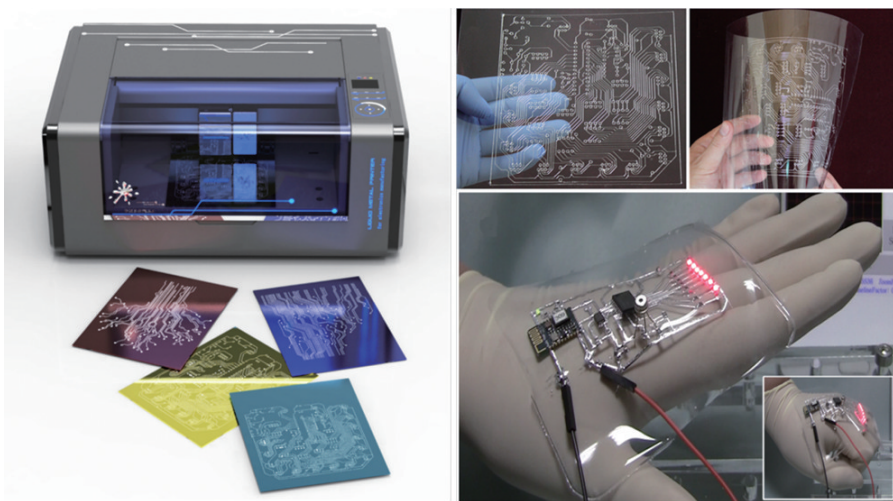


图6 世界首台液态金属桌面电子电路打印机及经其打印制成的透明柔性功能电子器件

电路图,就可将其直接打印出来;3) 采用室温3D金属打印机,则可实现复杂功能器件的直接打印(图8); 4) 美国

NASA曾在2014年将液态金属冷却列为未来重大前沿方向之一,而在此前的10多年间,团队早已系统研究了液态

金属诸多优异的传热性能和流动特性,首创的系列液态金属散热器产品已用于多个领域(图9、10)。

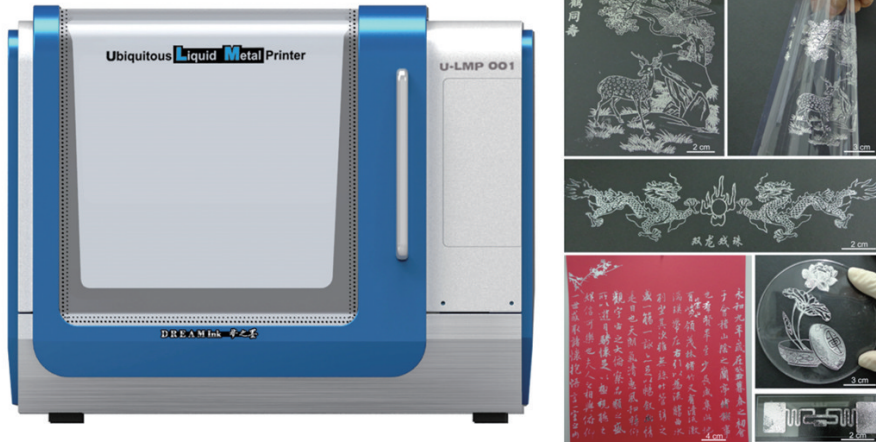


图7 可适应任意材质表面的首台液态金属喷墨电子打印机及制成的导电图案



图8 首台室温3D金属打印机及其多功能墨水复合打印原理与打印制成物件

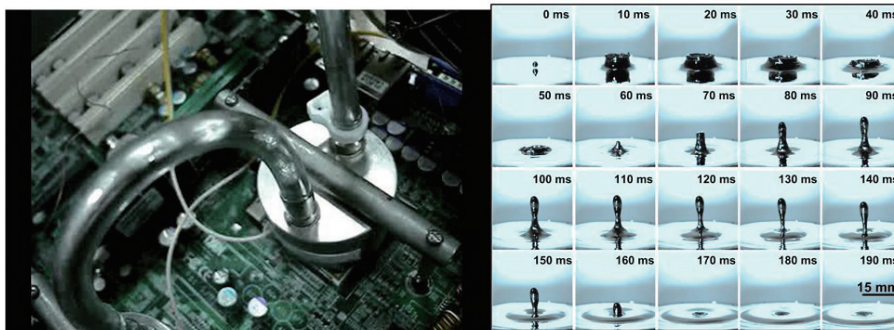


图9 流通于计算机CPU散热器中的液态金属及液滴碰撞形态

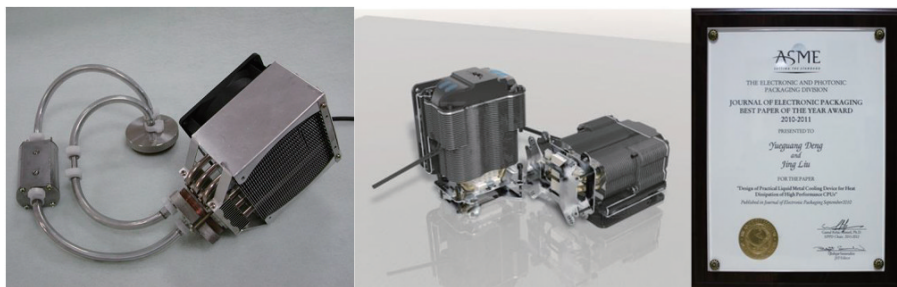


图10 首创并研制的系列液态金属芯片散热器及所获国际期刊年度唯一最佳论文奖

这些成果在2015年纷纷进入工业化生产和市场环节,并获得系列国际、国内奖项。此外,团队在生物医学领域还取得系列有重要实用价值的突破性技术,如液态金属高分辨CT血管造影技术、阻塞血管肿瘤治疗技术以及注射电子、液固转换型金属骨骼等。特别是,针对断裂神经修复这一世界性难题,采用液态金属“搭桥”,成功实现了神经连接(图11)。

这一系列开创性工作被国际上大量科学媒介广泛评论和报道。种种态势表明,液态金属这样一个涉及面极广的全新工业正在崛起,而中国有幸走在世界的前列。

基础与应用并重始终贯穿于刘静以往的学习和工作中。液态金属产业化成果的批量涌现对于刘静而言,就是努力追求所谓“完美科学”的结果,他曾对完美科学有一个粗略阐述,即“Science creates either knowledge or technology, perfect science brings about both”。“通常而言,科学的功能在于创造知识或产生技术,而完美科学所带来的则是二者兼具。在科研工作中一方面要注重原始创新,但同时又需要将有关发现充分应用于实践,基础与应用是相辅相成的。”

2015年12月22日,液态金属科技馆在云南省宣威市虹桥工业园落成,同期云南科威液态金属研发中心揭牌启动仪式举行,标志着刘静的液态金属产业化项目又迈出了坚实的一步。

“立足国家重大战略需求,前瞻世界科技变革前沿。”刘静在谈及这一产业化项目时说,“科学研究要为产业、为社会带来切切实实的贡献。”

### 优化科研环境,迎接科学的春天

今天的成功,离不开团队每位成员的努力(图12)。根据自己多年的学习和科研经验,刘静会针对研究团队每一位成员的专业背景,并充分考虑其兴趣以及职业发展愿景,为其确定合适课

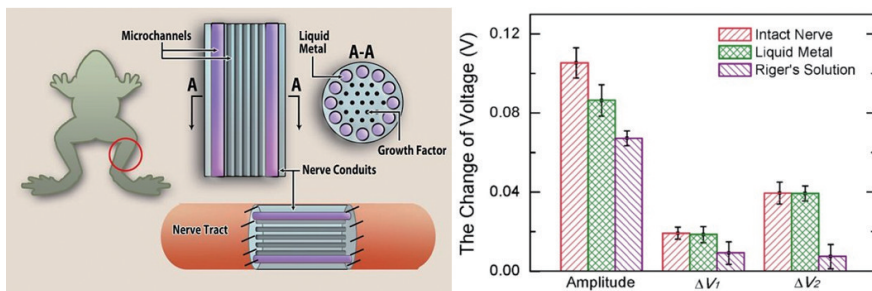


图 11 由液态金属构成的神经连接与修复导管示意图及试验效果

题,刘静说:“这样做的目的是尽量确保年轻人科研训练与自身发展的协调统一”。善于发现真正的人才,力求人尽其才,努力为其工作创造条件,减少不

必要的时间和精力被浪费,以助其取得重要成就。

在谈及项目申报、科学评价、科研成果转化、科研环境等问题时,刘静用



图 12 刘静及其团队

很简捷的话语总结了他的理解:“项目申报以研究的原创性为基准,科学评价以创新贡献为核心,成果转化以市场为准绳。科研环境的营造希望在中国可以迎来科学的春天,全面提升整个民族的科学素养和品位。科研文化宜弘扬学术平等,尊重和欣赏与众不同的创新。”

### 建立科研兴趣,获得永恒快乐

“科学探索是一项长期事业,仿佛冒险,虽然前途光明,但会遇到各种各样的技术困扰和现实条件限制,因此对所从事工作真正建立兴趣较为重要,最好能保有一份理想主义精神,这样即便探索道路上荆棘丛生,内心也始终洋溢快乐和希望,而一旦取得重大突破,获得的将是永恒的快乐。”刘静在追求着他永恒的快乐——这是无止境的创新所带来的快乐。

“对于乐在其中的年轻人,科学研究其实是非常理想的事业。当前中国科研环境正快速改善,资金投入会持续增长,青年科学家面临前所未有的机遇,期待他们在新的时代背景下更加注重原创,争取做出可望改写人类科学与技术发展史的不朽工作。当今的中国青年科学家有更好的科研环境和条件,在学术发展上已与发达国家接轨和同步。假以时日,一定会取得巨大成就。”刘静对中国青年科学家在未来世界科学版图上大有作为深信不疑。

文/刘志远(《科技导报》编辑部)

(责任编辑 陈广仁)