

“每每想起，我总是暗自惊叹并感谢大自然馈赠给了人类如此神奇的材料，功能实在强大，它把许多不同材料的优势都集于一身了”。虽然隔着手机屏幕，但依旧可以真切地感受到刘静教授描述液态金属特性时的兴奋。

液态金属： 材料界会变戏法的“魔术师”

——专访清华大学教授刘静

刘静

清华大学医学院生物医学工程系教授
中科院理化技术研究所研究员



文/本刊记者 鲁婷婷

打开电脑，在搜索栏键入“液态金属”一词，弹出无数赞美之词，与液态金属有关的新闻近来也是频频传出。

“液态金属”作为材料界中的一员，相较于石墨烯、纳米材料等其他材料而言，确实还是较为年轻，殊不知在2010年之后液态金属才逐渐成为科研圈关注的焦点，到目前为止专注液态金属研究的科学家还十分稀少。虽然液态金属的历史不够悠久，但在被关注的短短几年里它的影响力却十分巨大，目前液态金属的应用在制造业领域初绽锋芒，尤其在芯片冷却、印刷电子与3D打印方面，液态金属展现出了强大的

优势。未来，液态金属很有可能逐步渗入到生物医学、智能机器、文化教育等一些领域，展示它更奇妙的一面。

材料界的“新贵”：大自然赐予的厚礼

液态金属，通常指的是常温下处于液态的金属。有时人们也将“非晶态合金”称为液态金属，实际上这是译自国外公司Liquidmetal的商业名称，不够确切。严格说来，在形态和功能上能够实现千变万化的金属正是近年来异军突起的常温液态金属。

液态金属有何特殊之处？众所周知，一般金属的熔点普

遍较高，通常除了水银，常规环境下的金属多呈固态，但液态金属在常温常压下却能像水一样呈液态，可流动。

液态金属的独特性首先表现在具有普适变形能力上。在液态金属与水体交界面上的双电层效应，可使室温液态金属具有在不同形态和运动模式之间转换的普适变形能力。比如，浸没于水中的液态金属对象可在低电压作用下呈现出大尺度变形，一块很大的金属液膜可在极短的时间内马上收缩为单颗金属液球，变形过程十分快速。

其次，液态金属可导电且呈液相，这在材料领域非常罕见。导电几乎是所有金属最基本的功能之一，但是除了导电，常温常压下成液相的材料，到目前为止恐怕也只有液态金属了。像石墨烯、纳米材料虽说可导电，但是却像绝大部分材料一样以固体形式存在。类似液态金属在常温常压下呈

液相且导电性能极佳的材料的确很稀少，有的材料可导电，但它很难变成液体；有的材料是液体，但导电性能很弱甚至没有，从这种意义上讲，液态金属表现出了罕见的多能性，兼具多种材料组合在一起的优势。

除了导电，液态金属还具有远高于水、空气及许多非金属介质的热导率，因此所制成的液态金属芯片散热器相对传统水冷，可实现更加高效的热量输运极端散热能力。例如，水的沸点为100摄氏度，在工厂高温高压环境下极易变成气态爆炸，但液态金属沸点可达2000多摄氏度，如果用它来冷却超快的计算机芯片，即使被烧得发烫，也是安全的。此外，液态金属本身就是金属，它不需要像水那样需要机械泵来驱动，而是可以直接用电磁泵驱动。液态金属的确是一种很神奇的材料。



‘液态金属进入各个领域，它最闪光的一个特点：为解决其领域的挑战与瓶颈而来，而不是解决一般性问题。’刘静教授指出。



其实，液态金属种类繁多，它不止一类，而是包含成百上千，甚至成千上万类，它可以是单质金属，也可以是二元、三元等的合金。液态金属虽然不能解决所有问题，但如果把它与其他材料结合，可能发挥很多的功能，满足人类更多的需求。

“每每想起，我总是暗自惊叹并感谢大自然馈赠给了人类如此神奇的材料，功能实在强大，它把许多不同材料的优势都集于一身了”。虽然隔着手机屏幕，但依旧可以真切地感受到刘静教授描述液态金属特性时的兴奋。

当下：液态金属已玩转制造业

目前，互联网已渗透到生物医药、能源环境、经济生活、文化教育等各个领域，所及之处几乎已遍布“互联网”，国内最早在2011年11月第五届移动互联网博览会上提出“互联网+”的概念。那么液态金属作为材料界的“新贵”，凭借其独特的优势，与各个领域融合、碰撞，未来极有可能衍生出“液态金属+”的概念。

“液态金属进入各个领域，它最闪光的一个特点：为解决其领域的挑战与瓶颈而来，而不是解决一般性问题。”刘静教授指出。

如何玩转液态金属使其大放异彩？

据刘静教授介绍，目前研发出的液态金属直接印刷电子电路的技术，其墨水就是液态金属，从网上下载电路图，直接打印出来，后期做一些零件组装工作即可，不用再到生产线上进行一系列繁琐的工序，在办公室便可以实现。同时，用液态金属作为笔芯的材料，制造出来的笔，很容易就能画出电路，而电路可直接打印在纸张和透明胶片上，因而打印A4纸大小的纸电路，只需十几分钟。这样一来，可以根据所需快速打印电路、零件，节省了时间，因而液态金属使得电子制造更为灵活和高效。

液态金属在现代机器人制造上，“法术”也颇多。机器人时代一定会到来，就如手机时代一般，现在人手一部手机，未来将人手一台机器人，但目前研发的机器人行动僵硬，无法完全适应人类生活，与理想中的柔性机器人存在很大的差距。虽然机器人行动是靠软件操控，但制作出来最终还是依靠材料。“国外部分顶尖大学从事柔性机器人材料研究工作多年，一般是用聚合物、有机的或无机的可变形材料，从未在液态金属上大做文章，但也可以理解，因为之前绝大部分科研者对于液态金属还是陌生的。”刘静教授针对机器人制造材料解释道。

2013年，刘静教授带领的团队发现：液态金属通过外加电场可短暂改变形状，实现旋转、变形、合并，但是去掉外场（磁场、热场、声场、力场），液态金属即会在其表面张力作用下迅速回缩成球形，无法维持先前的形状。后来，尝试去掉外场，液态金属在吞食少量物质后产生动力，完全解脱外界的电场，进行长时间高速运动，实现自我驱动，从而为研制柔性机器人奠定了理论和技术基础。

“用‘神奇’二字都不足以形容我对液态金属这种材料的惊叹”，刘静教授感慨道。当把电场与磁场结合起来，液态金属在其中就会泛出一圈一圈的波纹，产生一层一层的褶皱，仿佛人的皮肤长了皱纹一样。此外，刘静教授还介绍了一种异常独特的液态金属固液组合机器的自激振荡效应：将处理过的铜丝触及含铝的液态金属时，铜丝会被液态金属迅速吞入，当金属丝被吞并后，它并没有停下而是长时间的来回震荡，当用其他的金属接触它，其振动频率会加快，这一突破性发现为柔性机器的研制打开了新思路。

柔性机器人如果实现，会怎样改变人的生活呢？设想一下，柔性机器人可以是你的情绪调控师，当你心情郁闷，它可以变换各种形状，逗你开心；如果这是一道门缝，它就可以钻进去，当小孩子早上懒床不愿起来时，柔性机器人从门缝“嗖”地一下钻进去，把小孩子叫起来。柔性机器人在未来的发展空间很大，但相对地，其挑战也是巨大的，而科学研究的魅力就在于此！

未来：各个方向，掀起浪潮

目前，液态金属在生物医疗方面的应用，虽不像在制造业方面运用如此之成熟广泛，但却也大有可为。2016年，刘静教授带领的研究小组与北京协和医院皮肤科合作，将液态金属涂于试验动物皮表的黑色素瘤患处并导入电流，利用低电压祛除了黑色素瘤，证实了基于皮表液态金属电路传导的低电压电学效应可有效治疗恶性黑色素瘤。

在肿瘤治疗方面，目前国内使用的绝大部分栓塞剂是从国外进口而来。而且，这些常规的栓塞剂很容易被血液冲刷走，要想堵住血液很难，但液态金属就可以作为一种优良的栓塞剂，堵住营养物质，杀死病毒，使病灶萎缩，达到治疗的效果。以兔子耳朵试验为例，将液态金属注射到特定部位，兔子耳朵渐渐地就会像树叶一样干枯凋亡。设想如果在长肿瘤的患处，利用液态金属堵住每根毛细血管，一定程度就可阻止癌细胞四处蔓延、扩散，有效控制病情。毛细血管由于极其细小，在CT下几乎无法分辨，影响了医生准确诊

断，如果将液态金属注射到毛细血管中，利用其金属的特性在CT下便会闪闪发光，看得极其清楚，方便诊疗一体化。

液态金属在生物学应用方面，有电学特性也有流体特性，比如像液态金属神经连接，它既充当电导体又充当流体，亟待进一步的研究和应用。在骨骼治疗方面，过去注射到骨髓中的材料由于其自身特性的限制，病愈后很难取出。但如果以流体的形式注射液态金属，在一定温度下固化，充当刚柔并济的骨骼，病愈后可方便取出。液态金属实现自驱动，可将它做成微型马达，吞服到人的胃、肠道里面，完成药物的递送任务后，可以随异物一起排出人体。在口腔治疗方面，可把液态金属当漱口水来漱口，缓解口腔的炎症。未来的医学，从头到脚，从体内到体外，都有可能运用到液态金属，期待液态金属在不久的将来在医学上大展身手，造福病患。

在教育方面，液态金属也可以发挥它的魅力，利用它涂画即成型的特性，吸引学生更加热爱科学，激发学生对科学的浓厚兴趣。在课堂上，过去讲电路实验，由于受技术条件的限制，没办法现场展示电路制作过程，进行实地演示，讲完理论可能一堂课就结束了，但是现在液态金属所做的打印机，可以在课堂上立马打印电路模型，并进行展示，这样既提高了教学效率，也为课堂教学提供了便利。在艺术方面，利用液态金属制作出来的艺术品也会很震撼，为艺术表演提供优良的道具，从而助力艺术发展。

刘静教授深信未来液态金属能掀起前沿科学的大浪潮。液态金属发展至此，越来越多的人洞察到了它的潜力，国家政府层面也开始重视起来，并给予了一定的支持。2017年1月12日，中国科学院宣布正式启动前沿科学重点研究计划，已支持98个中科院院属研究单位的408位拔尖科学家开展前沿研究，这其中就包括了刘静教授以及他的科研团队，并把液态金属纳入到前沿科学重点研究计划之列。

2016年11月30日，刘静教授在中国第二届液态金属产业技术高峰论坛上，介绍称在液态金属的不少研发与产业领域，中国是“第一个吃螃蟹的人”。液态金属的一系列突破性发现始于中国，众多与液态金属相关的技术创新都带有深深的中国烙印。而刘静教授也期望，通过液态金属的发展，未来能为中国的原创科技贡献绵力。（编辑/李艳琴）