



王小谟：

掌握核心技术必须从基础做起

□苑 晓

据中国电科微信公众号消息，国家最高科学技术奖获得者、中国工程院院士王小谟因病医治无效，于2023年3月6日14时06分在北京逝世，享年84岁。

王小谟是我国著名雷达专家、预警机事业的开拓者和奠基人。2013年，王小谟荣获2012年度国家最高科学技术奖。

2020年，“国家最高科学技术奖获奖科学家手模”项目成员曾来到王小谟办公室采集手模，并记录下了王小谟的音容笑貌和爽朗风采。刊发此文，以深切缅怀这位优秀的科学家。

2020年7月29日一早，在中国科技馆做好采集科学家手模的准备工作后，项目组乘车来到王小谟所在的中国电子科技集团公司

电子科学研究院。待王小谟助手办好来访手续后，项目组才被允许进入。院士助手把我们带到了办公大楼顶层走廊尽头的一间屋子，这里是王小谟的办公室，当天将在这里采集手模，并录制科学家寄语。

王小谟的办公室宽敞明亮，其中两面墙摆满了书柜。书籍以雷达、通信、兵工科技等专业书籍为主，也有一些战略管理、战略思维方面的书籍。办公桌上放着一个牌子，上面写着“保密守则”。办公桌和书架上摆放着多架预警机模型，这些飞机背上都有个“大蘑菇”，“大蘑菇”里面装载着雷达系统。

项目组同志利用王小谟没来之前的时间，调配手模材料、确定拍

摄位置、调节拍摄光线、调试拍摄和录音设备等。在将要准备就绪时，听到走廊里传来一阵洪亮的谈话声，是王小谟来了。

王小谟对项目组的同志十分热情，一见面就谈起了中国科技馆，“科技馆建得特别好，我经常带孙子到科技馆玩”。王小谟的一席话很快拉近了与大家之间的距离。

项目组有一名同志是贵州人，来之前了解到王小谟在贵州工作了十几年，就聊起了贵州这个话题。王小谟回顾了年轻时在贵州工作的情景，如今对工作过的地方依然很熟悉。1969年，王小谟接到一个调令：到三线去。跟王小谟一起去贵州的有八九百人，他们在

2000”采用相控阵雷达，可进行360度全方位探测，能同时引导几十架战斗机攻击，被称为“空中师

谈过“国家最高科学技术奖”颁发条件，王小谟说：“要拿这个奖，首先一条就是这一行里没人做得比你更好。”

手模采集完毕拍照留影时，摄影师建议把预警机作为背景，王小谟欣然同意。当工作人员随意选了一架预警机模型作为拍摄背景时，王小谟指着办公桌上的另一架说：“拿这一架，这一架是我设计的”。那架飞机有些不同寻常，机型较大，机背上驮了个扁圆形的“大蘑菇”，头上还插了许多“小毛刺”。为什么王小谟对这架飞机情有独钟呢？

原来这架飞机是“空警2000”预警机，曾在2009年10月1日新中国成立60周年国庆阅兵式上作为领航机型引领机群，米秒不差飞过天安门广场。“空警2000”是王小谟担任总顾问、学生陆军担任总设计师，自行研制并形成战斗力的大型预警机。“空警

府”。“空警2000”的成功研制和部署使用，实现了中国在预警机技术上体制自主化、设备集成化、功能多样化，也实现了防空预警从“以陆为主”到“陆空结合”的发展。这对于促进人民空军从“国土防空”向“攻防兼备”转变具有里程碑意义。

“空警2000”创造了世界预警机发展史上9个第一，突破100余项关键技术，累计获得重大专利近30项，是世界上看得最远、功能最多、系统集成最复杂的机载信息武器装备之一。2008年“空警2000”获得国防科学技术奖特等奖，2010年更荣获了国家科技进步奖特等奖。

为了勉励青少年热爱科学、报效祖国，王小谟为青少年录制了科学家寄语。他用播音员般浑厚洪亮的声音说道：“掌握核心技术必须从基础做起。”

王小谟被称为“军工界里的刀马旦”。他从小在北京大柘院长大，父亲曾担任冯玉祥的参谋，他小时候十分淘气，曾因不服老师批评偷偷拔过老师自行车的气门芯。他十分痴迷京剧，尤其喜欢梅

派，喜欢唱旦角，拉得一手好二胡，高中毕业那年被北方昆曲院相中，差点走上专业艺术的道路。他从从事科研工作跟爱好京剧有很大关系。中学时他为了方便听戏，自己组装了一台收音机，也因此喜欢上了无线电，为他后来学习雷达打下了基础。

曾有京剧艺术家问王小谟：“钱学森、王选等科学家都很喜欢音乐，您也喜欢音乐，科学和音乐有什么关系吗？”王小谟回答说：“有关系。学什么，都要先入门，打好基础，掌握了基本功后才能把自己的想法融入进去。比如唱戏，开始先练基本功，模仿各派大家的唱法，后面才能把各种技艺融会贯通，形成自己的风格。做科研也类似，先把基础打好了，学通了才能把自己的想法融入进去，这样就有了创新。”王小谟认为从事科研工作要坚韧，“再坚持一下也许就成功了”，这也是“自力更生、创新图强、协同作战、顽强拼搏”的预警机精神的质朴诠释。

虽已年逾八旬，王小谟仍奋战在科研一线，每天都上班，每周都与课题组的年轻人一起研讨技术问题。采集完手模，王小谟立刻赶去和学生开研讨会了。

2020年9月19日，“国家最高科学技术奖获奖科学家手模墙”在中国科技馆举行揭幕仪式，王小谟和赵忠贤院士亲临现场见证手模揭幕。现场气氛热烈，很多观众尤其是青少年、小朋友非常崇拜科学家，想跟王小谟合影，他都欣然同意，于是留下了多张王小谟和“粉丝”的合影。

(作者系中国科技馆副研究员，“国家最高科学技术奖获奖科学家手模”项目成员)

(据《中国科学报》)



给蝴蝶量「体温」

□顾 静 怡

春天来了，鲜花开了，蝴蝶也来凑热闹了。或许是翩翩的蝴蝶勾起了人们千姿百态的想法，有人抛出了一个前所未闻的问题：给蝴蝶量“体温”。谁都知道，量体温对人来说是一件很正常的事，但给蝴蝶“量体温”这事儿不仅从未听说，也似乎不太正常。然而，科学家却说，他们对于这件事早就上了心。

在一般人眼里，蝴蝶的翅膀就像指甲或羽毛一样，是由一些没有生命的组织构成的。但科学家发现它的上面有很多充满生机的活细胞存在，其中包括输送气体与血淋巴的脉管系统，以及各种神经感受器，还能释放信息素来吸引伴侣。在显微镜下观察，研究者还在蝴蝶翅膀上发现了一种被称为“翼心”的有趣结构。它像泵一样收缩，以每分钟几十次的速率跳动着，输送着被称为血淋巴的昆虫血液。问题的结症都表明，所有这些活着的组织，都需要适宜的温度才能正常工作。

然而，尽管科学家已经知道蝴蝶需要通过晒太阳等方式保持温暖，也知道在太阳的照射下，它翅膀的温度会随之发生变化。但真的要给蝴蝶“量体温”，却不是一件容易的事情。蝴蝶翅膀的热容很小，这就意味着如果用直接接触的测量方法很容易改变它的温度，导致测量不准确。有人提出用红外线热成像进行非接触测量，但科学家发现，蝴蝶翅膀对红外线是半透明的，普通的热成像根本无法得出准确的结果。为了解决这个问题，研究者对蝴蝶进行了红外高光谱成像，最终确定了它的翅膀各部分透射、反射和发射红外光的情况。

通过对热成像进行分析，研究人员得出蝴蝶翅膀上准确的温度分布。令人惊喜的是，蝴蝶的翅膀不仅有温度，而且它还控温有方。当被模拟阳光的光线照射时，它的“活组织”的部分相比周围的“死组织”温度总是更低一些。原来，蝴蝶身体表面生长着一层细小的鳞片，这些鳞片有调节体温的作用。每当气温上升、阳光直射时，鳞片会自动张开，以减少阳光的辐射角度，从而减少对阳光热能的吸收；当外界气温下降时，鳞片自动闭合，紧贴体表，让阳光直射鳞片，从而把体温控制在正常范围之内。这也是蝴蝶的翅膀在强烈的太阳照射下没被“烤熟”的原因。

阴差阳错的是，在给蝴蝶“量体温”的过程中，科学家得到了意外的收获。他们不仅发现了蝴蝶翅膀自带热检测与散热系统，而且从蝴蝶翅膀上的鳞片有调节体温的作用得到了启示。科学家模仿蝴蝶翅膀上的鳞片，为人工造地球卫星设计了一种控温系统，圆满地解决了人造卫星装置上的各种精密仪器因为温度的变化而被“烤”裂或“冻”裂的难题。

最常见不过的蝴蝶，竟然为科学难题提供了帮助。看来，蝴蝶真的为你的脑洞大开找到了理由。因为，你的细致观察，说不定什么时候就能大显身手了。

从钢铁侠可以自动愈合的战衣，到阿丽塔全身可拉伸的电子器件组装，自修复材料在科幻作品中十分常见。

自修复材料又称自愈合材料，是一种受损后能够进行自我修复的新型材料。“自修复材料的特点是能够识别损害的出现，并立即进行自我修复。这类材料可在确保物品使用安全性和完整性的同时，降低维护成本、延长物品寿命。”中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员朱锦介绍说。从电子产品到汽车飞机，再到建筑材料，自修复材料的应用前景十分广阔。那么，关于自修复材料有哪些创新性研究，其产业化前景如何？

内含可逆动态键，能进行自我修复

在使用过程中，物品会不可避免地出现损伤，严重时会产生较大尺寸的裂缝并断裂，影响材料的使用效率与寿命。以自修复材料制造的物品出现损伤后，不需要或者只需很少的干预，破损处就能自动修复。受生物学中的自修复现象启发，人们开始设计自修复高分子材料，这类材料可以自行发现裂纹，并通过一定机理将裂纹重新填补、自行修复，有效延长材料的使用寿命，具有重要的科学意义和应用价值。

朱锦表示，物品的损坏通常从细小的表面裂缝开始，这些细缝肉眼是无法发现的。这些裂缝形成后会不断扩大，这将削弱材料的原始性能，直到最后完全无法使用。而自修复材料能够很好地避免上述情况的出现，将裂缝扼杀在摇篮里。

根据修复方式的不同，可以将自修复材料分为外援型自修

复与本征型自修复两类。外援型自修复指通过在材料内部或表面添加功能性载体实现自修复，其修复效率和载体与基材间的相容性、载体的分散均匀性、载体中修复剂的含量密切相关。液芯纤维型自修复高分子材料就是典型的外援型自修复材料，其修复机理是在纤维中包裹可反应的修复剂，当材料破损后，修复剂外溢到基材材料中，通过修复剂和基材材料之间的固化交联反应对裂纹进行填充和修复。

本征型自修复指利用材料内部具有能进行可逆性化学反应的分子结构实现自我修复，这类修复方式常常需要光、热、电、磁、湿度等特定条件引发。资料显示，目前已有基于氢键、配位键、二硫键和硼酸酯键等多种本征型自修复聚硅氧烷材料，在电子封装、柔性器件、智能涂层等领域有较广泛的应用前景。

朱锦介绍，自修复材料之所以能够“破镜重圆”，是因为这些材料内部含有可逆动态键，即材料发生断裂时，这些键互相之间能够重新形成键合作用，从而在宏观上实现自我修复。“可逆动态键大体可分成以下三类，第一类是范德华力，第二类是可逆共价键，第三类是超分子动态作用。”朱锦说。

范德华力一般指分子间的作用力，通常是较弱的。但当范德华力聚集在一个聚合物内且

按同一方向排列时，便可累积足够大的力量使材料进行自修复。可逆共价键是一类能在特定条件下实现可逆断裂与重组的共价键。在聚合物基体中引入可逆共价键，在外界条件的刺激下，聚合物可快速、高效自修复，这有助于延长聚合物材料的使用寿命。超分子动态作用是一种非共价键作用，大量的超分子聚集在一起可以形成机械强度高、再加工。

近期，朱锦团队联合韩国科研团队根据触觉细胞的机械刺激响应原理，模拟真实人体皮肤的自愈功能和生物离子信号传递机制，设计合成了一种含有动态二硫键功能基团和氯取代基的新型热塑性聚氨酯材料，这一材料拥有像人体皮肤一样的弹性且具有自我修复能力，灵敏的触觉功能可以随着伤口的愈合而恢复。

“为了学习人体的‘离子信号传输机制’以进行外力的感知，同时匹配人体感知所要求的高灵敏度和耐用性，我们在自修复聚氨酯的结构中引入了‘离子抓取位点’，合理调控硬相区和软相区的结构比例，并将离子液体填入作为离子传输介质，最终得到了一系列耐用的自修复聚氨酯材料。”朱锦说。

尚处实验室阶段，但未来前景广阔

从研发屏幕折痕自我修复显示技术，到研制形状记忆合金自修复材料；从自修复的陶瓷有望提升飞行安全性，到力学可调的系列自愈聚氨酯弹性体改善手术效果，自修复材料的使用

场景与应用领域十分广阔。

朱锦说：“车胎被尖锐物品刺穿是常有的事。但是如果内胎是由自修复材料制备的话，那么车胎将会自动恢复初始性能，补胎将会退出我们的生活。未来，具有自修复功能的车衣膜可以使汽车表面划痕自动消失，降低维护成本。”朱锦表示，目前自修复材料多处于科研阶段，鲜有能够实现产业化的企业。“但是英国知名研究公司IDTechEx发布了业界首份关于自修复材料技术及市场的综合报告，到2042年，自修复材料的市场将达到数十亿美元。”朱锦说。

朱锦介绍，在他看来，未来有前景的研究领域可能在如下几个方面：一是新型自修复的动态键的结构设计与性能研究。争取开发新的动态键，在保证材料原始性能的同时，力求自愈效率的最大化。二是自修复材料的多功能化研究，自修复材料在使用过程中，往往需要兼顾其他性能，例如防汗、抗菌、生物相容等。多功能的集成化，有助于增加自修复材料的应用价值和场景。三是自修复材料的综合性能与应用场景的匹配性研究。“我们需要根据应用场景的实际情况，来设计自修复材料需要具备的其他性能，力求材料使用寿命的最大化和高度匹配性。只有实现具体应用，才能体现材料的价值。”朱锦说。

(据《科技日报》)

自修复材料：谁说破镜不能重圆

□苏菁菁

“水上庄稼”菱角

□徐廷华

《聊斋》卷十二里有一篇《菱角》的故事，讲一个“发才掩额，而丰致娟然”的画工女菱角，在动荡的战乱中，以死相守于爱情的承诺，和心上人终成眷属。事虽荒诞，也足见人们对菱角的喜爱。

“立秋”过后，金风送爽，菱叶蓬蓬翘起，菱角差不多该采摘了。菱角一口咬开，菱肉雪白，那种水灵灵、脆生生、甜丝丝的感觉沁人心脾。若烧熟后则是另一番滋味，轻轻掰开，满口香软甜糯，吃过后，还要将两半菱角敲一下，里面有时会藏有一小角菱肉。菱角是孩子们童年的恩物，那时街上到处有卖煮熟的“老菱”小商贩，装在一个小木桶里，上面盖了厚厚的棉花垫，几

分钱能买一大堆，热腾腾的。这样的风情如今只是留在儿时的记忆里了。

在品尝鲜美的菱角时，会自然吟起古代许多脍炙人口的咏菱诗。“江干多是钓人居，柳陌菱塘一带疏”，清代王士禛这句诗是说，沿江不少渔舍，疏疏落落置于菱塘边上，诗句也点出了菱的产地大多在沿江一带。“深处种菱浅种稻，不深不浅种荷花”，清人阮元更是说出了种菱以较深的河塘为宜。唐代诗人沈初的咏菱小词《忆江南》“苏州好，湖面半菱窠。绿蒂戈窗长荡美，中秋沙角虎丘多，滋味赛菱婆”，竟把菱角的味道与当时的一种苹果同论。



每到采菱季节，不妨到江南来看看采菱的多姿少女，听听她们甜甜的菱歌。

“菱池如镜净无波，白点花稀青角多。时唱一声新水调，谩人道是采菱歌。”这是白居易的《看采菱》。“乘秋风日好，来泛芰荷香。兰棹无劳速，菱歌落落置菱塘边上，诗句也点出了菱的产地大多在沿江一带。“深处种菱浅种稻，不深不浅种荷花”，清人阮元更是说出了种菱以较深的河塘为宜。唐代诗人沈初的咏菱小词《忆江南》“苏州好，湖面半菱窠。绿蒂戈窗长荡美，中秋沙角虎丘多，滋味赛菱婆”，竟把菱角的味道与当时的一种苹果同论。

每到采菱季节，不妨到江南来看看采菱的多姿少女，听听她们甜甜的菱歌。

“菱池如镜净无波，白点花稀青角多。时唱一声新水调，谩人道是采菱歌。”这是白居易的《看采菱》。“乘秋风日好，来泛芰荷香。兰棹无劳速，菱歌落落置菱塘边上，诗句也点出了菱的产地大多在沿江一带。“深处种菱浅种稻，不深不浅种荷花”，清人阮元更是说出了种菱以较深的河塘为宜。唐代诗人沈初的咏菱小词《忆江南》“苏州好，湖面半菱窠。绿蒂戈窗长荡美，中秋沙角虎丘多，滋味赛菱婆”，竟把菱角的味道与当时的一种苹果同论。

咬颌晚晖，菱花绿岸扣舷归。归来共到石桥边，野蔓系船萍满衣。“姑娘们采菱的一幅幅美丽的图画，追求幸福爱情的心声，通过这一曲曲美妙歌声毫无遮掩地宣泄出来，这是发之肺腑的天籁之音。

“湖上微风入槛凉，翻翻菱荇满回塘。野船著岸晚春草，水鸟带波飞夕阳。芦叶有声疑雁雨，落花无迹似渔榔。飘然篷艇东归客，尽日相看忆楚乡。”读温庭筠的这首诗，菱角又生出一丝丝的乡愁了。

菱的品性洁净，自生能力也很强，秋天成熟的菱角，落入河底，次年即可生根发芽，小满前后便露出水面，确是一种用力少、收益大的“水上庄稼”。