

合金的记忆力从哪里来

□ 莫尊理 尹智宇

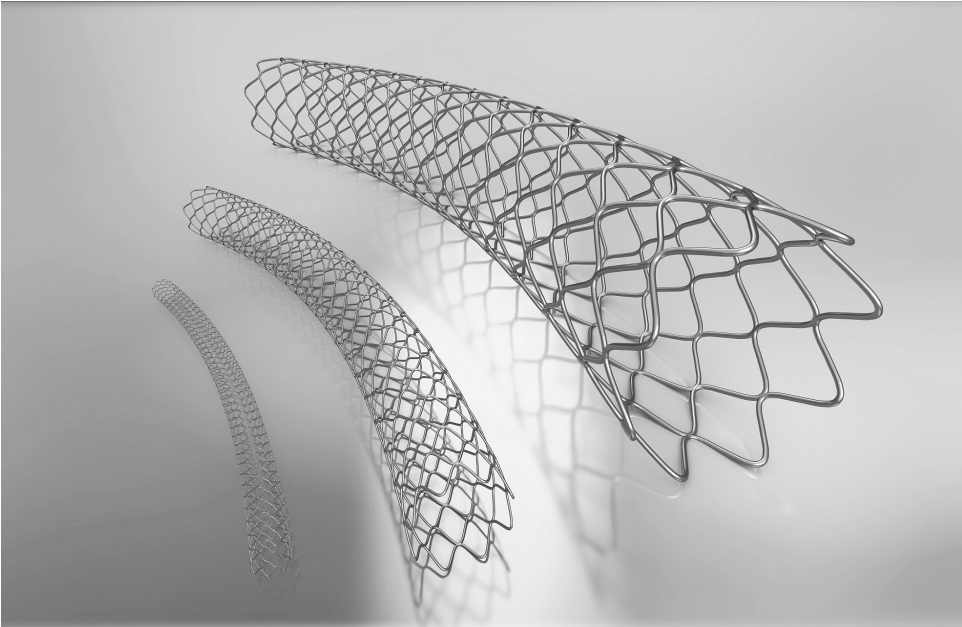
化学有魅力

Fascinating Chemistry 栏目主持人:王雷泽

当非遭遇到新科技，将碰撞出怎样的火花？近日，中央广播电视总台、文化和旅游部联合推出的电视节目《非遗里的中国》，展示了国内第一幅“非遗+科技”的动态交互苏绣作品，令人耳目一新。在形状记忆材料和感温交互等技术的加持下，指尖轻抚绣品，便可触发蝴蝶振翅，花瓣舒展。形状记忆材料为精湛的刺绣增添了不少魅力。那么，为什么形状记忆材料会产生如此神奇的现象呢？

形状记忆合金是指具有一定初始形状，经低温塑形后能在热、光、电的刺激下恢复初始形状的一种新型金属功能材料。镍钛形状记忆合金是新型功能材料的“后起之秀”，是由镍和钛组成的二元合金。形状记忆效应是它独树一帜的特性，同时还具有超弹性、较好的耐腐蚀性和生物相容性。

合金为什么具有形状记忆效应？这还要从晶体结构说起。形状记忆效应的产生，是由于存在两种不同的晶体结构相。具有形状记忆效应的合金大多数发生热弹性马氏体相变。马氏体相变后，合金留下较大的塑性变形空间。当合金被加热到最终温度以上时，低温的马氏体转变为高温的奥氏体，自动恢复到初始状态。这实际上是一个由热诱发的相变过程。需要注意的是，奥氏体状态是去除载荷时的状态，呈立方体结构，而马氏体是加载时的状态，呈六边形结构。在形变的过程中，原子没有扩散，仅仅是晶体结构发生了变化。



用合金制成的人体动脉支架。 视觉中国供图

为了充分利用镍钛合金因形变而对外做功，人们发明使用镍钛合金制作的发动机。不同于一般发动机，镍钛合金制作的发动机摆脱了传统能源的束缚，仅依靠镍钛合金U形带在热水和冷水中的伸缩来驱使轮子转动，实现热能向机械能的转变。镍钛合金的出现，为我们寻求新能源指明了一个崭新的方向。

除了做功，德国萨尔兰大学的科研小组还利用镍钛合金制成了人造肌肉驱动器。这是对镍钛合金形状记忆效应另一个层面的应用。研究团队创建的精细“肌肉纤维”，是由成束的超细镍钛合金丝组成。当电流通过由镍钛合金制成的电线时，材料升温，晶体结构发生相变，从而使电线变短；电流切断后，电路冷却并恢复到原来长度。用多股合金丝连接机械手指关节模拟肌肉纤维，形成类似于手指的正面屈肌和背面伸肌等肌肉群，以便执行更为精确的运动。

超弹性是指试验样品在外加载荷的作用下，能够产生远远大于常规材料弹性极限的应变变量。在外加载荷卸载后，试样的变形可以自动恢复。镍钛合金的弹

性极限远远大于普通材料，并且不再遵守虎克定律，在一定形变范围内应力呈现非线性关系，利用超弹性可以制作小巧玲珑、高自动化、性能可靠的元器件，如在医学上应用颇多的超弹性自膨胀型支架、不会随矫治方向移动而逐渐脱力的矫正弓丝等。

抗腐蚀也是镍钛记忆合金的强项。镍钛记忆合金表面氧化后形成一层二氧化钛氧化膜，可以增加合金表面层的稳定性。由于镍、钛的化学惰性，镍钛合金易形成厚度为2—20 纳米致密的氧化层。在植入过程中，该氧化层生长并吸收矿物质和生物体液的其他成分，从而导致表面重塑，再次加固了它的耐腐蚀性。

利用综合性能，镍钛合金制成的食管、封堵器、腔静脉滤器等微创医疗器械，在人们的生活中运用广泛。新型镍钛记忆合金温控输尿管支架已被生产且用于医疗手术中。这是一种螺旋式支架，遇热膨胀，遇冷变软。进行支架置入手术后，镍钛记忆合金支架在65℃热水的情况下成功膨胀，锚定于狭窄处，输尿管再度恢复通畅，为患者带来福音。

作为综合性能较好的形状记忆材料，镍钛合金长期成为形状记忆合金研究中的重中之重。从传统的微米晶到纳米晶和非晶态，镍钛形状记忆合金与时俱进，走在发展的前沿。与此同时，镍钛合金毛细管、块状纳米晶镍钛合金等大量结构新颖的镍钛合金应运而生。未来，利用数字化三维重建技术或其他新型的技术手段，对镍钛合金进行精致细腻加工是其发展的方向。

（第一作者系西北师范大学教授、博士生导师，第二作者系西北师范大学研究生）



地下综合管廊。（图片由作者提供）

8月9日，国内城市核心区域单次建设规模最大的综合管廊——武九综合管廊工程全线贯通，将缝合武昌、青山临江片区城市路网，全面容纳电力、热力、给水、通信、中水等管线，为武昌滨江片区的市政管线建设提供可靠的地下空间。

那么，什么是综合管廊？通俗一点来说，管廊就是一个大型的“地下收纳盒”。电力高压电缆、通信电缆、城市自来水管、再生水管道等各类工程管线被分别放置其中，并进行集中管理，每一种管线都有属于自己的位置，全部“住”进了“集体宿舍”。

随着城市建设不断发展，人们发现，曾经难缠的空中“蜘蛛网”、突兀的电线杆、反复开挖道路造成的城市“马路拉链”统统不见了。这些电线都已被放进了综合管廊当中，在看不见的地下继续为人们服务。

盛夏时节，尽管气温高达35摄氏度，但在温度仅有28摄氏度左右的“集体宿舍”里，管线再也不怕日晒雨淋，也不用埋在地里和土石、蚯蚓做伴，因此使用寿命和安全可靠性得到极大提升。更让人惊叹的是，“集体宿舍”中每个“成员”的工作状态都显示在监控室的大屏幕上，哪个“成员”一旦“生病”，监控终端就会立刻发出警报，并显示出病症的级别和位置，不需要开挖地面，检修人员就能按图索骥直达“病灶”，保证民生供给安全。除此之外，综合管廊本身坚固的结构还具有一定的防震减灾作用。

综合管廊已有近200年的发展历史。1832年，世界上第一条综合管廊在法国巴黎修建，此后欧洲国家掀起综合管廊建设热潮。

虽然国土辽阔但因城市高度集中，美国和加拿大公共空间用地矛盾仍十分尖锐，因此也都在20世纪逐步形成了较完善的地下市政综合管廊系统。日本建设市政综合管廊虽起步比欧美晚，但阪神大地震后飞速发展，成为综合管廊技术最先进、法规最完善、规划最完整、建设速度最快的国家之一。

1958年以来，我国在北京、上海、广州、佳木斯、济南、昆明等城市开始陆续建设综合管廊，经过几十年发展，从建设规模和建设水平来看已超越欧美等发达国家，成为综合管廊的超级大国。

地下综合管廊使用寿命长达100年，大水淹不进，地震震不垮，将各类线缆转移到地下综合管廊中，既可对紧张的城市地下空间进行充分的开发利用，又减少了架空管线与城市绿化之间的矛盾，让城市形象更加美好。

综合管廊是城市建设现代化、科技化、集约化的标志之一，也是城市地下管线建设的发展方向。

（作者系北科科普宣讲团成员、北京市科学技术研究院系统工程研究所项目工程师）

原来是地球引力在“捣鬼”

□ 肖植文

科苑览胜

栏目主持人: 张孟喜

在第31届世界大学生夏季运动会举行的男子铁饼比赛中，波兰选手以63米夺得金牌，牙买加和阿尔及利亚选手分获银牌和铜牌。

这场铁饼比赛让人想起一件怪事：有一位投掷好手，在广州一次男子铁饼投掷比赛中，成绩突破70米大关。没过多久，他被派往参加在黑龙江省哈尔滨举办的一场运动会。在比赛中，这位投掷好手使尽全身力气总是过不了70米大关。回到广州后，他的成绩马上又恢复到以前的水平。

这又是怎么回事？原来是我们生存的地球在“捣鬼”。这与地球的重力加速度变化有关。重力加速度的大小，随其在地球上的地点不同而有差异，加上我们生活的地球形状怪异，不是一个正圆球体，而是两极稍扁、赤道略鼓的椭球体。由于赤道半径要长一些，造成物体加速度小，地

球引力变小；由地心到两极，半径相对短一些，地球引力要大一些。

中学物理有这样一个公式G=mg。这个公式说的是物体重量G，等于物体质量m乘以物体重力加速度g。当物体质量一定时，物体重力加速度越大，地面引力越大，物体重量就越大。重力加速度从赤道向两极存在着由小到大的变化。广州距离赤道近，重力加速度较小，地球引力小。当铁饼质量一定时，广州铁饼重量就显得轻，投掷的距离就远些；哈尔滨距北极近，重力加速度变大，地球

引力大，同一个铁饼的重量就变得重了。所以，这位投掷好手尽管使尽全身力气也超不过70米。

还有一次，有人在欧洲荷兰将一批5000吨青鱼装上轮船，经半个月航行到达赤道附近一座非洲城市。轮船到岸停泊复称后，让众人大吃一惊，发现青鱼少了近19吨。青鱼明明是有人一路押送的，要说被偷是完全不可能的，如果发生损耗，也不会少那么多。原来，这也是地球引力大小不同在“捣鬼”。

（作者系湖南省科普作家协会理事）

四千年前我国已有陶瓷排水系统

□ 赵献磊

科普时报讯（记者吴桐）施普林格·自然旗下专业学术期刊《自然·水》日前发表一篇论文指出，中国已知最早的陶瓷排水系统在平粮台古城遗址出土。这一系统约有4000年历史，可能是应对远古环境危机的适应策略，体现了一个社会进行集体水管理的早期案例。

平粮台古城遗址发现于1980年，是中国最早的规划严整的高等级史前城址，开创了城市建设规划先河。遗址位于河南淮阳东南，是距今4300年至3900年新石器时代晚期龙山时代古城，面积约5万平方米。

平粮台古城属温带季风性气候，年降水量季节差异大，夏季降雨量每月可达500毫米，面临气候不确定性威胁。

论文作者张海、庄奕杰和同事分析了平粮台所在淮阳地区的147个沉积物岩芯，有证据表明距今4200年前存在短期降水波动，包括一些极端降雨事件。

平粮台古城的排水系统涵盖城内日常排水、城墙排涝和城门通道排水。

在遗址南城门外出土了三组陶质排水管道，呈倒“品”字形排列，两端有高差，可向城外排水。

在遗址南城门东侧的城墙内有两组陶质排水管道。这两组陶质排水管道均纵向穿过城墙。每组陶质排水管道皆有一定坡度，城内高于城外，城内连通有进水沟或洼地，城外通过沟渠排向外侧壕沟。论文作者经实地勘查认为两组陶质排水管道似乎经过多次维修和重建。

平粮台被认为没有社会等级分层，因此，论文作者认为管理这类排水管道基建是一种合作的水治理方式。

丹霞地貌为何踩不得

□ 科普时报记者 史诗

8月7日在张掖七彩丹霞景区拍摄的丹霞景观（无人机照片）。

新华社记者 张可任 摄

近日，有网友发视频称，在陕西省榆林市靖边县波浪谷景区，一位女士踩着丹霞地貌拍照。随后，波浪谷工作人员回应称，不允许踩踏丹霞地貌。据悉，靖边县文化和旅游局物广局已协同相关部门对相关行为人进行追查。

丹霞地貌为啥踩不得，还有哪些地貌需要被保护？对此，记者采访了相关专家。

丹霞，字面意思是红色的晚霞。广东

丹霞山是丹霞地貌的命名地，这里“色如渥丹，灿若明霞”的地貌景观吸引了地质学家们的注意，他们把其他和丹霞山一样的地貌景观通称为丹霞地貌。于是，丹霞地貌也成为由陆相红层形成、以陡崖为特征的地貌类型的总称。

水和风雕刻了陕北丹霞地貌，纤细的岩石纹路清楚地展示了砂砾沉积的运动过程。历经数万年风雨侵蚀，靖边丹霞呈现出千姿百态的景观，像云朵、陀螺、土楼、千层饼，展示着塞上丹霞的奇特神韵，堪称中国的“波浪谷”。

“丹霞地貌对研究古地理气候环境具有重要意义。”中国地质博物馆高级工程师卞跃跃告诉科普时报记者，由中国学者命名的丹霞地貌，早已成为国际学界广泛接受的学术名词。丹霞地貌的形成历经百万年为单位的地质历史，是不可复制、不可再生的地质遗迹，在遭受人为破坏后会加速风化和流水侵蚀，且自然恢复周期长、修复难度大。“它是目前存在的类似古生物化石，如若被人踩上一脚，地表层分布的屑岩会被轻易破坏，地表留下的一个脚印需要数十年，甚至更久才会恢复原貌”。



轻松扫码 科普一下

激光让材料每个部位发不同光

——解读2022年度中国科学十大进展（六）

□ 邱建荣 孙 轲 谭德志

激光被称为“最快的刀”“最准的尺”“最亮的光”。20世纪80年代，科学家发明了飞秒激光——一种人类在实验室可实现的超短脉冲激光。基于飞秒激光泵浦探测时间分辨技术的飞秒化学，基于飞秒激光超精密光谱技术、飞秒激光啁啾脉冲放大技术原创性成果，近年来相继获诺贝尔奖。

当将飞秒激光聚焦到透明介质内部时，在焦点附近会诱导一系列基于高度非线性过程的物理化学动力学过程，包括多光子吸收、等离子体产生、电子声子耦合等，在焦点附近产生超高电场、超高温、超高压、超快冷却等现象。因此超快激光已成为一种非常强大的对透明材料结构和性质进行极端操控的工具，在光电器件制造领域有着广泛的应用。

我们的研究团队在超快激光与材料相互作用及3D极端制造领域有着20多年的研究积累，取得了一系列原创成果，在国际上产生

了广泛的影响。

在过去20多年的研究中，我们的研究团队曾发现飞秒激光诱导的离子价态变化、折射率升高、偏振依赖纳米光栅、气泡形成等现象，也实现了基于飞秒激光聚焦照射，以及热处理的空选选择性各种纳米粒子，包括金属、半导体、上转换纳米粒子、量子点析出和擦除。但迄今为止，纳米粒子（晶体）析出在激光焦点的周围，主要基于温度场效应。当局域温度超过析晶温度而低于液相温度时，晶核形成和晶体生长的速度比较大，照射一定时间后就会产生晶体粒子析出。但这次我们的研究团队发现了超快激光诱导透明介质微区液态纳米分相和离子交换新机制，开拓了玻璃微纳结构调控新技术，在应用方面取得了新的突破。

利用聚焦飞秒激光在玻璃内部诱导产生局域的高温高压环境，促使玻璃产生纳米分相，形成含有不同组成的局域结构。随着照

射时间延长会产生基于浓度梯度化学势的离子交换，如溴与氯的离子交换，从而进一步在时空域精细调控微区元素组分。在激光停止辐照之后，局域快速冷却导致形成具有不同组分和尺寸带隙可调的半导体纳米晶结构。通过测试电镜和微区分析确认了其物理机制，这一新的发现大大丰富了超快激光与物质相互作用的内涵。

这种超快激光三维调控原理，可通过聚焦激光三维扫描实现任意形状的三维可控发光结构。应用空间光调制器进一步实现了图案一次性写入，大大提高了写入速度。另外，由于形成的纳米晶被包覆在玻璃内部，使得所写入的纳米晶具有高度的稳定性，在紫外光线照射、有机溶液浸泡和250℃高温环境下仍然保持长期稳定性，有望支持构筑长寿命功能器件。

我们的研究团队进一步展示了超快激光

直写的3D半导体纳米晶阵列，在多维光存储领域的应用，提出并开拓了在微发光二极管和全息彩色显示方面的应用。传统的纳米晶光电器件从纳米晶制备、图案化，到器件封装等一系列程序都较复杂、耗时长、成本高，而超快激光直写技术可实现一步成型，大大降低了成本。

在理论上突破和技术上创新的基础上，我们的研究团队提出了超快激光诱导玻璃内微区液态纳米分相和离子交换的飞秒激光与物质相互作用的新机制，开拓了玻璃内部写入带隙和发光大范围连续可控的三维半导体纳米晶结构新技术，为新一代微发光二极管器件、显示及存储技术，提供了新的物质基础和技术支撑。

（第一作者系浙大光电学院教授，第二作者系浙大光电学院博士生，第三作者系之江实验室研究员）