

祝融号解开火星浅表结构之谜

——解读2022年度中国科学十大进展（一）

□ 陈凌 李超

火星是太阳系中与地球最为相似的行星，因其丰富的水活动历史，一直以来都是世界行星探测的重点目标。自20世纪60年代至今，人类共进行了47次火星探测任务，从最开始发射探测器飞掠火星，到后来的环绕探测，再到现在登陆火星进行原位探测，不断深化了对火星地质地貌、矿物化学分布和内部结构的认识。

火星的浅表结构记录了其漫长演化过程中的岩浆活动、沉积过程、陨石撞击事件等，是一部几十亿年以来火星地质演化、水文循环和古环境变迁的历史书，因而成为火星研究的焦点之一。

火星浅表雷达探测开启新纪元

2021年5月15日，我国首次火星探测任务“天问一号”携带的“祝融号”火星车在乌托邦平原南部成功着陆，开启了巡视探测工作，使我国成为世界上第二个实现火星巡视探测的国家。

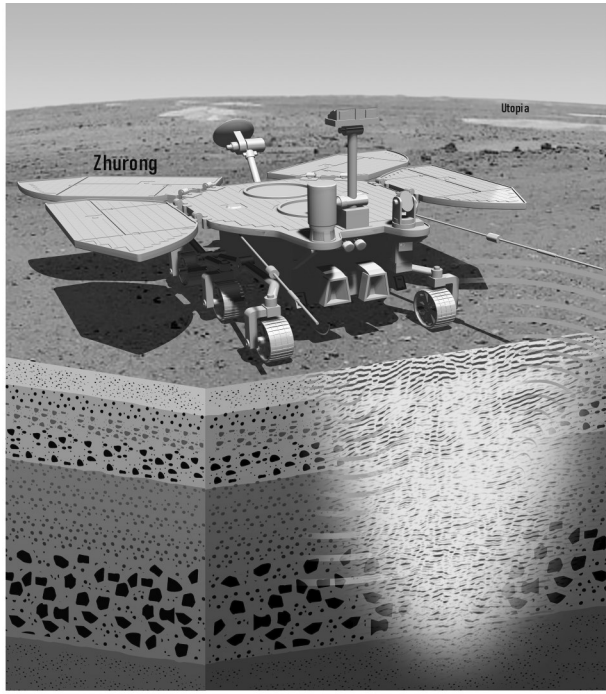
乌托邦平原是火星最大的撞击盆地，可能曾经是一个巨大的古海洋，预示着火星早期可能存在适宜居住环境。平原南部广泛覆盖着约35—32亿年前形成的北方荒原组沉积。

“祝融号”着陆区拥有众多与水活动密切相关的典型地貌，比如，壁垒撞击坑、凹坑、沟槽等，说明该区域过去存在过大量的水或冰，经历过活跃的水活动过程。然而，目前其地下是否仍然存在水（冰）、是否受水活动及其他地质过程的影响尚未可知，这制约了我们对乌托邦平原乃至火星整体演化的认识。

火星浅表分层结构与地质认识获得新突破

雷达探测是认识行星浅表结构的有效手段。“祝融号”携带的次表层探测雷达，能够对浅表百米深度范围的结构进行精细成像，可为认识乌托邦平原地下水（冰）分布、沉积特征和地质过程提供关键约束，进而为探索火星地质演化和环境变迁提供观测依据。

编者按 当前，新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，基础研究处于科研链条的起始端，成为各国科技竞争的焦点。在过去的一年里，中国基础研究在世界科技前沿留下了“中国印记”的高影响力成果。科技部高技术研究中心（基础研究管理中心）日前发布了2022年度中国科学十大进展，祝融号巡视雷达揭秘火星乌托邦平原浅表分层结构、全新原理实现海水直接电解制氢等10项重大科学成果脱颖而出。为了让读者深入了解我国基础研究取得的成就，本报将陆续刊发由十大进展完成人撰写的解读文章，展示这些成果的创新性、战略性和引领性。



祝融号火星车在乌托邦平原进行原位雷达探测，首次揭示了乌托邦平原浅表精细分层结构。

（图片设计：中国科学院地质与地球研究所团队，图片绘制：武汉大学邓俊）

速度，进而影响雷达成像质量和对地下物性成分的识别和判断。

针对这些问题，中国科学院地质与地球物理研究所行星与月球内部结构研究团队，联合国家空间科学中心和北京大学等科研人员，设计了完备的数据处理框架，有针对性地压制了随机噪音，并开发了有效的速度反演方法。基于“祝融号”火星

速度，进而影响雷达成像质量和对地下物性成分的识别和判断。

针对这些问题，中国科学院地质与地球物理研究所行星与月球内部结构研究团队，联合国家空间科学中心和北京大学等科研人员，设计了完备的数据处理框架，有针对性地压制了随机噪音，并开发了有效的速度反演方法。基于“祝融号”火星

介孔分子筛：提高石油转化率的“法宝”

□ 何慧子



科普讲解

一栏主持人：吴晶一

广东科学中心与科普时报社合办

石油，对人们来说既熟悉又陌生。我们日常使用的汽油、柴油、煤油都是由它炼化而成的，那你知道这一吨石油能炼化出多少汽油、柴油吗？

在我国，石油一次转化成成品油的比率只有约40%，剩下相当一部分都是渣油，不仅经济价值低，还很难处理。

渣油为什么会剩下来呢？在传统石油炼化过程中，我们都离不开一种材料，

叫作介孔分子筛，石油分子只有能穿过去才能实现转化。但是，这种分子筛的筛孔很小，就好比我们用筛面粉的筛子，面粉中的小颗粒过得去，大颗粒就留下了。石油分子就如同这些面粉颗粒，小分子过得去，大分子过不去，过不去就得不到进一步处理，白白浪费成为渣油。

2020年国家自然科学一等奖获得者研发了一种新型材料，可以将渣油重新转化成汽油、柴油，这就是介孔分子筛。

要想了解介孔分子筛，首先要知道什么是介孔。直径小于2纳米的孔叫作微孔，大于50纳米的叫作大孔，介于两者之间的就叫介孔。这原本的微孔变成了介孔，就相当于面粉筛变成了漏勺，筛孔变大了，

渣油大分子自然就过去了。这只是第一步，接下来该怎样提高转化率呢？除了孔大，介孔分子筛还有一个显著优势就是内部空间很大，2克介孔材料完全展开能铺满一个足球场，面积可达6000平方米。

这可不是在写科幻小说，还是给你举个例子吧。我们取一块面包，它的表面积就只有外面的一圈，如果把它切开，里面就有许多小孔，每个小孔都有一定的表面积，如果有100万个孔，它们的表面积相加，面包的总表面积就能增加约100万倍。在介孔材料如此大的表面积上，我们就可以铺满渣油分子转化所需要用的金属催化剂。渣油大分子进入后就可以在催化作用下大展拳脚充分反应，最终实现

华丽蜕变。

利用介孔分子筛，我国的石油转化率可以提高约一倍，听起来似乎微不足道，但相对于我国庞大的炼油工业而言，就相当于一个大庆油田一年的产量。

介孔材料独特的孔特性，不仅可以应用在石油化工领域，而且在新能源领域、电子器件、生物医药等领域也大有可为。

（作者系上海科技馆科学老师，第九届全国科普讲解大赛一等奖获得者）



扫码观看
讲解视频

钽：电容器领域显身手

□ 宋丹

钽，元素周期表第73号元素。

17世纪中叶，北美洲发现了一种很重的黑色矿物，被送到英国博物馆保管。大约过了150年，1801年，英国化学家查尔斯·哈契特受命分析博物馆中的这种矿石，从中发现了一种新元素，这就是钽。1802年，瑞典化学家安德斯·埃克伯格在分析斯堪的纳维亚半岛的一种矿物时发现了一种新元素，命名为钽。由于早期炼成的钽含有较多杂质，直到1903年，德国化学家拜耳首次制备出纯的金属钽。

与铌、钨类似，钽和钨也是一对“姊妹花”，它们的物理化学性质非常相似，并共生于自然界的矿物中。不同的矿石中，两种元素的含量不同，钽含量高的矿物称为钽矿，钽含量高的就称为钽矿。钽的主要矿物有钽铁矿、细晶石等，钽钨矿中往往还含有其他稀土金属，炼锡的废渣中就有钽，是金属钽的重要来源。1956年，我国开始发展钽工业，如今，宁夏东方钽业股份有限公司已成长为世界三大钽业集团之一，能从含钽比较低的矿物中提取钽，并拥有批量生产全系列钽产品的能力。

金属钽硬度适中，富有延展性，加工性能好，具有极高的抗腐蚀性，是化学性质最稳定的金属，在任何温度下与浓硝酸，甚至腐蚀性非常强的液体“王水”都不反应，仅能与氟气、氢氟酸、三氧化硫等反应。相对来说，钽更怕强碱：40%的烧碱溶液在110℃时会迅速溶解；在氢氧化钾溶液中温度更低就可迅速溶解；常温下，一般的无机盐对钽根本不起作用。这几种特性使钽可替代不锈钢，寿命比不锈钢提高几十倍，在化工、电子、电气等工业中能承担贵金属的作用，以降低生产成本。

钽的抗腐蚀性还可以制作飞机发动机燃烧室的结构材料，钽钨、钽钨钨、钽钨合金均可用作火箭、导弹和喷气发动机的耐热高强度材料及控制调节装备的零件。钽还是一种“亲生物金属”，可以制作骨科和外科手术材料。

钽在电容器领域应用最为广泛，约占其总消费量60%。1956年，美国贝尔实验室首先研制出了一种体积小且容量大的钽电容，是利用钽做介质，不需要电解液，也不需要使用钽钨膜电容纸的电容，很适合在高温下长时间工作，并能制成贴片的小型和大片元件。

钽金属表面能生成极薄的五氧化二钽膜，既能防止钽腐蚀，又能与电容器的一端极结合成一个整体，使钽电容单位体积内能具有非常高的工作电场强度，电容量特别大，在电源滤波、交流旁路等用途上具有绝对优势。

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员）

元素家族

定制疫苗或可延长胰腺癌患者生命

科普时报讯（记者吴桐）据国际期刊《自然》最新发表的一项研究表明，一种定制化的疫苗可起到免疫响应，当与其他治疗方法一同使用时，具有延缓胰腺癌患者复发的作用。

胰腺癌是美国第三大癌症死因，生存率很低，在过去60年间只有12%的生存率，结合手术和药物治疗虽可以延缓复发，但成功率很低。

研究表明，大多数胰腺癌患

者新抗原水平在升高。这是一种细胞表面蛋白，在某些类型的DNA（脱氧核糖核酸）突变后出现在肿瘤表面。个人定制化的疫苗疗法可以针对这些蛋白进行靶向治疗，提高T细胞活性。

在一次I期临床试验中，论文作者和同事结合化疗和免疫疗法，为16名胰腺癌患者注射了这种定制疫苗。他们在50%的患者中观察到可观的T细胞响应，表明这种疫苗可以起到免疫增强的

反应。在追踪18个月后，癌症患者免疫反应增强，复发时间明显延后，而对这种定制疫苗没有表现出响应的患者，在13.4个月后病情有所发展。

论文作者指出，这种定制化疫苗在治疗胰腺癌方面具有潜力，表明作为一种治疗方法具有有效性。尽管目前胰腺癌患者样本数量有限，但是这些早期结果已表明，有必要对此类定制疫苗进行更大范围的研究。

曼陀罗绘画实现心理自我疗愈？

□ 严虎



科苑览胜

栏目主持人：张孟军

近日，中国科学院心理研究所发布的《中国国民心理健康发展报告2021—2022》显示，我国公民抑郁风险检出率10.6%，焦虑风险检出率15.8%。

现在，人们的生活压力大，面临着事业挫折、人际矛盾、感情纷扰等困境，难免产生抑郁、焦虑、强迫等心理行为。对于并没有达到严重心理疾病程度的“小创伤”，绝大多数人更希望掌握一种自助疗愈方法。其实，每一个人都能实现自我疗愈，可以尝试利用自我内在的生命潜能与新陈代谢能力，修复心理创伤，曼陀罗绘画便是其中一种探索。

曼陀罗绘画，是用不同颜色涂抹在不同的线框中的一种绘画形式。它是经过瑞士著名心理学家和精神分析师荣格的现代心理学挖掘而创立的一种绘画疗愈方式。为便于体验，目前比较流

行一种结构式的绘画方式，是在已设计好的圆形图案中涂色创作。

曼陀罗色彩绚丽，由蓝色、黄色、红色、白色、黑色构成，过去用来将其画在坛城、沙曼陀罗、唐卡等器物上，以助心灵开悟。20世纪初期，荣格每天记录自己的梦境、意象，并描绘成多种对称的图形，持续10多年最终克服了自己的心理危机。

在曼陀罗绘画中，绘画者使用的色彩越多表明内心越丰富，性格越开朗。如果色彩超过7种就说明性格有些浮躁，喜欢表现，不会长时间专注于一件事；在曼陀罗绘画中，绘画者使用的色彩较单一，则说明内向，比较专注。从绘画者使用颜色冷暖来看，冷色调象征内向、退缩、冷静，暖色调象征外向、热情。从绘画者选色主次来看，主色反映一个人当下最主要的情绪体验和基本的生命状态。

曼陀罗的设计源于荣格对曼陀罗疗愈的研究，如今以曼陀罗的意象、功能理论为基础，设计出结构式曼陀罗、非结构式曼陀罗。结构式曼陀罗，是在给定模板的曼陀罗图形中进行涂色。这种

有模板的曼陀罗，具有对称性和重复性的结构特点。绘画过程只要求绘画者对曼陀罗图案一边涂色一边冥想。非结构式曼陀罗，要求绘画者根据自己的爱好或脑海中出现的任意图案，在规定尺寸的图形内作画。荣格当年创作的就是这种曼陀罗图案。

曼陀罗绘画被引入中国后，可以看到它与中国传统文化之间天然契合。从符号资源上看，中国传统文化特色的窗花、剪纸、壁画等，都可以作为曼陀罗的绘画元素，刚好符合中国人的心理疗愈之道。

许多人整天忙碌，终日焦虑不已，是因为分离的“自性”未能实现整合。曼陀罗绘画通过意象的方式展示出绘画者无意识的冲突，整合内心矛盾，与自我的自我相遇，获得内在的和谐与稳定。

人们在曼陀罗绘画过程中，可能出现并表达愤怒、焦虑、怨恨等情绪，如果这些情绪被意识到，在曼陀罗图案里就能表达出化危为安，增强内心的秩序感。

一位31岁白领女性在曼陀罗绘画中

近日，山东省烟台市泰和新材国际创新中心项目正式开工。泰和新材是国内对位芳纶产业化企业之一，此次项目落地，主要是为了改善生产线技术，形成具有自主知识产权的项目。目前，对位芳纶在国内的应用潜力十分看好。

中国纺织工业联合会2022年度发布了科学技术奖励名单，仪征化纤的超高模量对位芳纶制备关键技术研发获技术发明二等奖。仪征化纤突破了聚合、纺丝、工程放大等关键核心技术，形成了具有自主知识产权的对位芳纶成套技术。此次仪征化纤技术获奖，标志着我国对位芳纶产业的发展取得了长足的进步。

芳纶是一类合成的芳香族聚酰胺纤维。美国联邦贸易委员会采用了一个简单的芳纶定义，即聚合物分子中至少85%的酰胺键直接连接到两个芳香环。对位芳纶是芳纶的一种，由对苯二胺和对苯二甲酰氯缩合聚合而成，因其结构中酰胺基团在苯环的对位而得名。对位芳纶的主链由于共轭苯环的存在，分子链段不易发生内旋转，从而呈现线性刚性结构，具有一般纤维没有的高强度、高模量、热稳定性等特征，最终开拓了应用领域。

对位芳纶被公认为三大高性能纤维之一，它的发明被认为是世界材料发展史上非常重要的篇章：它是在技术上第一个采用新型高分子液晶纺丝技术制成的纤维，对之后纤维的开发具有指导意义，其优异的力学性能和耐高温的特点极大地丰富了人造纤维的应用领域。

作为一种工程材料，对位芳纶被广泛用于防弹衣、飞机、汽车等领域，其应用潜力引起人们越来越大的兴趣。

对位芳纶纤维最重要的应用莫过于安全防护领域，主要在于其强度为同等质量钢铁的5倍，而密度仅为钢铁的五分之一。对位芳纶制成的防弹衣体积小、重量轻。除此之外，对位芳纶还可与其他材料，如金属、陶瓷等形成复合材料，制备多种多样的安全防护装备。

对位芳纶可作为汽车或飞机轮胎的帘子线。加入对位芳纶制成的轮胎，重量轻、滚动摩擦阻力小，并且承重更高，特别应用到卡车轮胎上能够大幅延长轮胎的寿命。

对位芳纶抗碱腐蚀能力强、抗冲击性好，很适合作为混凝土加固材料，防止混凝土在梁之间开裂。20世纪80年代，日本由于地震多发和地铁建设，将芳纶应用于混凝土结构中，不仅延长了建筑物使用寿命，而且节约了修理时间和费用。

对位芳纶的发现和后续应用开发都与美国杜邦公司密不可分。早在1945年，随着尼龙纤维的商业化和聚酯纤维的发展，杜邦公司领导层就制定了长远发展规划，希望开发一种兼具超高强度和耐高温的纤维。到了20世纪60年代，杜邦公司对低温溶液聚合方法的完善和对无机盐溶液促进难溶聚合物溶解过程的研究，为芳纶的诞生奠定了基础。1972年，杜邦公司解决了对位芳纶的纺丝问题，从而推出了商业化的对位芳纶产品。

各国在对位芳纶研发上也不甘落后，相继推出类似产品：日本的帝人公司于1972年开始生产自己的对位芳纶，并命名为德克诺拉；荷兰的阿克苏诺贝尔公司在1986年推出的对位芳纶商品名为特瓦伦；韩国的科龙公司于1979年开始研发，2005年实现工业化生产；俄罗斯早在1985年就建成了生产线，商品名为特纶，后来转向生产聚芳纶。

我国对位芳纶的研究始于1972年，在之后的20年间先后经历了实验室研究、小试和中试等几个阶段，取得了一系列科研成果，但由于诸多原因未能实现产业化。近年来，泰和新材、中蓝晨光、平煤神马等公司在芳纶领域持续攻坚克难，向市场推出了许多工业化产品，但其中对位芳纶的性能和产能对比国外领先水平仍有差距，大多只能满足低端应用，能够用于军事国防和航空航天之少之又少。因此，对位芳纶及其产品的研发生产在我国仍是个亟需解决的技术难题。

（第一作者系中国科学院长春应用化学研究所研究员，第二作者系中国科学院长春应用化学研究所硕士研究生）

被家人打断，花了10多分钟时间调整情绪后坚持完成。然而在后续绘画中，她顿悟到这正是生活的现实——有些事情不受自己控制，但可以控制自己。这种不经意得到的智慧启示，会经常在曼陀罗绘画过程中涌现，这便是是一种无形的自我疗愈的过程。尤其在曼陀罗绘画时，与冥想、音乐结合，减缓了脉搏和呼吸速度，降低了血压，更有利于由生理上的变化而启动潜意识表达，引导绘画者透析深度困扰自己的“症结”，对症下药，得到自我纾解。

实践证明，曼陀罗绘画在培养积极品质、提高个人自我觉察、缓解焦虑抑郁、提升个人心理健康方面，具有独特效果。研究人员发现，一个团体在一起涂画曼陀罗时有助于提高成员间的亲密感和认同感。

曼陀罗绘画这一植根于深厚的东方文化土壤的疗愈方法，经受了现代分析心理学的引入与诠释，是一个丰富的宝藏，其自我疗愈功能值得我们不断挖掘拓展。

（作者系湖南省科普作家协会心理科普专委会副主任委员）

我国高性能纤维应用有望取得新突破

□ 苏朝晖 孙浩峻