中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

总第 7271 期

2019 年 4 月 19 日　星期五　今日8版

国内统一刊号：CN11－0084
邮发代号：1－82

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

碰撞 激荡 加速

2013 年 7 月 17 日，习近平总书记来到中国科学院考察工作，首先考察了高能物理研究所，随后在中国科学院大学礼堂会议室同中国科学院负责同志和科技人员代表座谈时，习近平指出，党中央对我国科技界寄予厚望，并向中科院提出了“四个率先”的重要指示。

这年夏天，中科院机关大楼的人们，在反复思索和讨论一个问题：中科院怎样才能引领中国科学走到世界前沿。

物质结构，一直被视为可能产生重大科学突破的领域前沿。物质深层次结构及其相互作用，是人类认识世界、认识自己首先要回答的问题，也因此成为目前的四大基本科学问题之一。在探索这一未知的领域上，中国决不能缺席。

很快，高能所接到了一张考卷：怎样建立一个能引领中国科学走向世界的“粒子物理前沿卓越创新中心”？这张考卷并不好答。如今，这张考卷答得如何了？ （详细报道见第 4 版）

率先改革进行时
中国科学院研究所分类改革纪实

打造高质量发展『绿色引擎』

——走近我国首个百万吨级煤直接制油示范工程

比面粉还细的煤粉进入生产线，20 多个小时后，就能产出像矿泉水般清澈的柴油、石脑油等油品。在国家能源集团鄂尔多斯煤制油分公司，奇幻的变化令人惊叹。

10 多年来，这家企业攻克一项项世界性技术难题，成功建设和运营了全球首条煤直接制油工业化示范生产线，为拓宽液体燃料供应渠道、保障国家能源安全提供技术支撑，对煤炭清洁高效利用发挥了技术引领、产业示范作用。

煤海变“油田”不再是梦

硫含量低于国六标准的 1/10，符合国内外环保最高标准，凝点低至零下 70 摄氏度……说起自家产品的优点，煤制油分公司总经理王建立颇为自豪。

我国富煤缺油少气，把煤变成油曾是国人多年的梦想。

作为我国能源战略的组成部分，首条煤直接制油示范生产线投资超百亿元，设计年产油品 108 万吨，于 2004 年启动建设，2008 年底试车成功，目前是全球唯一的煤直接制油工业化生产线。2011 年起，生产线开始商业化运行，去年共产柴油、石脑油、汽油等油品近 85 万吨，副产沥青 70 万吨。

王建立说，每产 1 吨油品消耗原料煤约 2.3 吨，石油价格高于 50 美元 / 桶时就能盈利，能源转化率接近 60%，远高于煤电和其他煤化工行业 40%左右的水平，目前是以煤生产液体产品的最有效途径。

煤直接制油需要加氢 3 次，工艺特殊，产品质量明显高于炼油厂。该公司军民融合办公室副主任贾振斌说，煤基油品比重大、热值高，一箱油的行驶里程可提高约 8%；耐高温、凝点低，从热带到极寒地区、高空都可使用；硫、氮等杂质含量极低。

近年来，该公司发挥技术产品优势，军民融合发展捷报频传，研发出的航空、航天煤油和陆、海、空全系列军用特种油品，为国防建设提供了重要支撑。

自主创新攀技术高峰

最初，示范生产线的单个周期运行时间设计值为 310 天，最近的 3 个周期运行时间分别达到 420 天、410 天和 415 天，标志着技术和装备日益成熟。

该项目依托我国自主开发技术建设，当时无工业化经验可借鉴，加上装置规模从千吨级直接放大到百万吨级，从设备生产到生产线安装调试、稳定运行面临众多技术挑战。

进口催化剂价格贵，研磨困难。公司党委副书记李瑞光说，在“863”计划支持下，公司联合国内科研机构攻关，开发出的纳米级催化剂不仅廉价，催化效率还提高近 5%。

生产线的“心脏”加氢反应器，高近 38 米，单台重 2100 多吨，体量居全球在役加氢反应器之首。试产时，反应器遇到内部矿物质沉积、结焦问题。该公司与北京化工大学反复摸索运行参数，优化设备结构，终于拿下这道世界性难题。

高温高差压减压阀是连接反应器与下游生产环节的桥梁，耐磨性要求极高，最初的 4 套减压阀全部为进口产品，一个阀芯就要花上百万元，寿命却仅有 70 小时左右。经过攻关，这种设备已经国产化，阀芯寿命也提高到 2700 多个小时，售价只有 10 万多元。

多年来，企业联合科研机构、配套企业攻克了反应器制造、物料回炼等众多技术难题，实现了关键装备国产化。目前，生产线设备国产化率超过 98%，既保障了稳定运行，降低了运营成本，也带动了我国煤化工技术装备升级提挡。

据王建立介绍，项目已获得技术专利 200 多项，核心技术取得了美国、欧盟、日本等 9 个国家和地区的专利授权，并在 2017 年荣获国家科技进步奖一等奖。

“单周期运行 500 天是下一个目标。”该公司质量技术部经理韩来喜说，有了技术经验，以后同等规模生产线的建设和达产时间将大大缩短，投资额可下降近 20%，产油率将明显提高，石油价格在 40 美元 / 桶以上时即可盈利。

高标准减排“绿色工厂”

煤制油分公司西侧 11 公里外的一处院落里，高高支起的 3 个银色储罐格外醒目，两米多高的红色阀门紧紧密封着三口深井，这里就是我国首个地下咸水层二氧化碳封存工程的注入作业区。

首条生产线启动后，煤制油分公司即与中科院、北师大等科研机构合作，兴建了 10 万吨 / 年二氧化碳捕集封存全流程示范项目。“通过 2495 米深的注入井，已经有 30 多万吨二氧化碳被注入地下 1500 至 2500 米之间的咸水层。”该公司工程师王永胜说，目前这是亚洲唯一的 10 万吨级地下咸水层二氧化碳封存项目。

该公司还瞄准商机，去年向化工、食品等企业出售二氧化碳 5 万多吨，实现收入 1000 多万元。

煤制油分公司还以附近煤矿的疏矸水作为生产水源，并兴建了全国首套煤化工废水深度处理系统，中水全部回用，吨油水耗由最初设计的 10 吨降为 5.82 吨，在煤化工企业中处于较低水平。煤直接液化沥青萃取深加工项目也在建设之中，将于今年 7 月建成。

“首条生产线的技术、经济和环保指标明显优于预期，有效推动了我国乃至全球的煤制油技术产业化进程，将为我国做好现代能源经济文章、推进高质量发展发挥重要引领作用。”王建立说。 （新华社记者任会斌）

最优纠缠光源和最大规模多体纠缠态诞生

本报讯（记者杨保国）近日，中国科学院院士、中国科学技术大学教授潘建伟团队在基于光和超导量子体系纠缠态制备方面取得了两项实验成果：实现了综合性能最优的量子点确定性纠缠光源和国际上最大规模超导量子比特纠缠态 12 比特“簇态”的制备。相关研究成果以“编辑推荐”的形式发表于同一期《物理评论快报》。

大规模量子计算技术的主要挑战是如何可扩展且高精度地实现量子态的制备与操控。多比特量子纠缠作为量子计算技术的核心指标，一直是国际各研究团队竞相角逐的焦点。然而，要实现多个量子比特的纠缠，需要实验的每个环节都保持极高的技术水平，并且随着量子比特数目的增加，噪声和串扰等因素带来的错误也随之增加，这对多量子体系的设计、加工和调控带来了巨大的挑战。

双光子纠缠是可扩展光量子信息处理的核心资源，其性能的主要衡量指标有纠缠保真度、产生和提取效率以及光子全同性。潘建伟团队与国家纳米科学中心研究员戴庆合作，利用自组装半导体铟镓砷量子点实现了目前综合性能最优的确定性纠缠光源。他们通过设计宽带“靶眼”谐振腔，利用双光子脉冲共振激发，首次实现了保真度 90%、产生效率 59%、提取效率 62%、光子不可分辨性 90%的纠缠光源。该实验中发展的高品质纠缠光源技术，未来可进一步应用于高效率多光子纠缠实验和远距离量子通信等方面。

在超导量子计算方面，2018 年初 Google 和 IBM 分别发布了 72 和 50 量子比特的量子芯片，但至今仍未能完整展示量子比特性能和相应的实验结果，这主要是因为规模扩展后量子比特间的串扰给实验带来了巨大挑战。此外，虽然此前报道了基于 IBM 超导量子云平台的 16 比特纠缠，但其并不是真正的多体纠缠，经过测试，至多只能保持 4 体的真正纠缠。因此，能否制备更大规模纠缠态成为衡量超导量子计算系统综合性能的重要指标。

研究人员通过设计和加工高品质的 12 比特一维链超导比特芯片，采用并行逻辑门操作方式避免比特间的串扰，以及热循环操作去除不需要的二能级系统对比特性能的影响，首次制备并验证了 12 个超导比特的真纠缠，保真度达到 70%。这也是目前固态量子系统中规模最大的多体纠缠态，为下一步实现大规模随机线路采样和可扩展单向量子计算奠定基础。

相关论文信息：

DOI:10.1103/PhysRevLett.122.113602

DOI:10.1103/PhysRevLett.122.110501

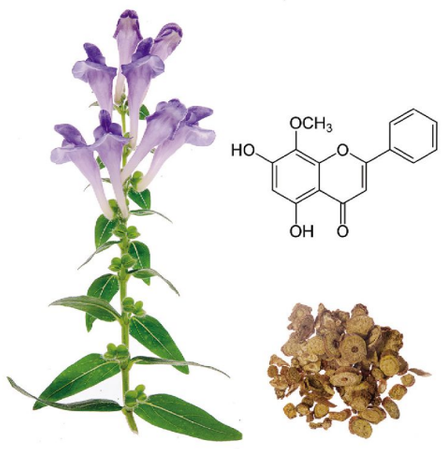
科学家成功破解黄芩合成抗癌物质的秘密

本报讯（记者黄辛 通讯员张哲）中国科学院上海辰山植物科学研究中心药用植物与健康组成功完成了唇形科植物黄芩全基因组测序，并分析了黄芩中活性成分的进化机制，进而完整阐明了抗癌活性物质汉黄芩素的合成机制。

这项研究为通过合成生物学获取汉黄芩素提供了基础，也为其他唇形科植物的遗传分析提供了参考。相关研究成果近日在线发表于《分子植物》。

黄芩叶片中含有野黄芩素、野黄芩苷，根中则含有黄芩素、汉黄芩素等活性物质。现代科学研究表明这些黄酮类成分具有抗菌、抗病毒、抗氧化、保肝和神经保护的特性，它们还能够抑制并杀死肿瘤细胞，且对正常动物细胞没有副作用。尽管黄芩具有很好的经济效益，需求在不断增加，但由于其基因组信息的缺乏，黄芩栽培育种及遗传改良受到限制。

论文共同第一作者、中科院上海辰山植物科学研究中心副研究员赵清告诉《中国科学报》，通过全基因组测序，研究团队明确了黄芩素及汉黄芩素在黄芩中的产生及进化机制，也完全阐明了汉黄芩素的合成路径。



黄芩及汉黄芩素结构

中科院上海辰山植物科学研究中心供图

一般来说，唇形科植物重复序列较高且由于黄芩自身自交不亲和性会带来基因组的高复杂性。因此，研究人员采用了三代 PacBio 测序技术，结合 Illumina 数据纠错，再用 10 X genomics 技术延伸片段长度，最后用 Hi-C 技术将 98.04%基因组序列挂载到黄芩的 9 条染色体上。

论文共同第一作者、中科院上海辰山植物科学研究中心副研究员杨俊介绍，在此测序策略基础上，研究人员得到了高质量的黄芩基因组，测得序列占预估基因组的 94.73%。并以此为基础，结合研究团队的分子生物学及代谢生物学实验分析，最终完全解析了黄芩中特有的抗癌物质汉黄芩素的进化及合成机制。

论文通讯作者、英国皇家科学院院士 Cathie Martin 表示：“黄芩的参考基因组将有助于为唇形科家族的其他成员基因组的序列组装和改进，为在药用植物中解析出有价值化合物的合成途径提供重要基础。”

“这项工作为合成生物学异源合成汉黄芩素提供了基础。”赵清表示，在不久的将来，可以通过微生物细胞表达这些合成酶，继而用合成生物学的技术生产这些活性物质。同时，这项工作也为育种学家选育优良品种的黄芩提供了理论基础。

相关论文信息：*DOI:10.1016/j.molp.2019.04.002*

植物与双生病毒的分子军备竞赛永无止境

本报讯（记者王方）双生病毒是世界上记录最早、种类最多的植物病毒，在全球小麦、玉米、木薯、番茄和棉花等重要粮食和经济作物中造成毁灭性危害。我国流行暴发的双生病毒中约 40%伴随有卫星 DNA。卫星 DNA 与双生病毒组成的病害复合体由烟粉虱传播，分布于全球。

近日，中国农业科学院植物保护研究所教授周雪平团队概述了双生病毒卫星 DNA 如何破坏植物的抗病毒兵工厂，从而实现病毒有效侵染和传播。相关研究进展发表于《植物科学趋势》。

作为一类专性寄生物，双生病毒—卫星病害复合体仅编码 7 个蛋白，需要依赖与寄主植物复杂的相互作用才能完成复制、转录和系统移动等生活史。双生病毒侵染植物后，调控寄主的细胞周期、磷酸化介导的信号转导等多个生物学过程。

当植物感知双生病毒—卫星病害复合体侵染时，会进化出多层次的防御系统来抵抗侵染，包括 DNA 甲基化、RNA 转录后基因沉默、蛋白质翻译后修饰以及细胞自噬介导的蛋白降解等。

然而，为了成功侵染植物，双生病毒卫星 DNA 编码的 βC1 蛋白作为破坏植物抗病毒兵工厂的主谋，也相应进化出多种不同的策略来攻击植物的抗病毒装备，逃脱植物的防御反应，实现病毒的有效侵染以及与传毒介体烟粉虱的互惠共生。

如此看来，双生病毒—卫星病害复合体与寄主植物之间的相互作用就像是一场永无止境的分子间军备竞赛。

这项研究成果系统地介绍了植物以及烟粉虱如何通过不同层次的抗病毒免疫反应，来抵御双生病毒—卫星 DNA 病害复合体的侵染，阐述了双生病毒卫星 DNA 如何突破植物的抗病毒防御阵地，实现病毒的有效侵染以及与烟粉虱的互惠共生。此外，该研究还总结了参与双生病毒—卫星复合体与植物分子军备竞赛的多个寄主因子在植物与其他病毒互作中的作用。

相关论文信息：*DOI:10.1016/j.tplants.2019.03.010*

壮丽 70 年·奋斗新时代

4 月 18 日，第七届中国（上海）国际技术进出口交易会在上海世博展览馆开幕，本届交易会聚焦人工智能、生物医药等前沿技术，以及企业的创新成果。

据商务部技术进出口信息管理系统统计，2012 年至 2018 年，上海市技术进出口合同登记金额从约 49 亿美元提高到约 140 亿美元，增长 184.7%。图为工作人员操作小型排爆机器人。 本报记者黄辛 通讯员刘军摄影报道

为什么植物越冬后才开花

■本报见习记者 卜叶 程唯珈

春回大地，李白桃红，漫山遍野的油菜花令人流连忘返。殊不知，这是寒冬留给世人的馈赠，不经历寒冬，有些花儿不会开。

日前，中国科学院上海植物逆境生物学研究中心研究员何跃辉和杜嘉木课题组关于一年生或双年生越冬十字花科植物开花机理的研究取得进展，研究发现关闭和重新开启 B3 结构域蛋白亚家族，可以实现开花基因在特定季节表达，从而实现植物生命周期与自然季节变化的同步。相关研究结果发表于《自然—植物》。

为什么花儿在春天开放

众所周知，在我国长江以北地区，冬小麦、冬油菜等很多植物都在秋天播种出苗，经历“寒冬”的洗礼，在气温回暖的来年春天开花生长。倘若春天播种，即使“一帆风顺”地生长到秋天也无法开花。

这究竟是为什么呢？在此不得不提到植物学里的一个经典概念：春化。

春化作用是指某些植物必须经历一段时间的持续低温，才能由营养生长阶段转入生殖阶段生长的现象，避免植物在破坏性的冬季开花，而在温暖的春季或夏季开花。

何跃辉告诉《中国科学报》：“通常植物在幼苗期遇到冬天，会产生类似人脑的‘记忆’，‘记得’那段被雪覆盖的感受。在没有‘春化’之前，植物里抑制开花的基因的表达水平很高，而冬季低温‘春化’的过程，就是把抑制开花的基因关闭。”

他介绍，植物首先经过寒冬把“成花抑制基因”关闭，随着春天气温回升，此抑制成花的力量便解除“封印”，恢复植物开花的能力。植物开花后，胚胎里成花抑制基因的关闭状态会被重新激活，直接导致下一代种子产生的幼苗不能开花。因此，下一代又要经历一个冬天，再在春季开花，以此循环往复。

“季节的更替主要依赖于温度和光照周期的变化，植物在春天开花也是遵循这个机理。”何跃辉说。

揭开“春化记忆”及其被擦除的秘密

那么，植物是如何感知低温时期，并在气温上升后“记住”其低温经历以适时开花的呢？开花后“越冬记忆”又是如何在下一代被擦除的呢？

杜嘉木告诉《中国科学报》：“植物可以巧妙、不断地调控基因的‘开关’。就像我们设计电路，控制各种元件的开合。植物也是随着发育的变化，在不同发育时期、不同的季节，很巧妙地把它的‘开关’结合在一起。”

没有春化的植物，晚花（左）；低温处理的植物，早花（右）。 罗晓、何跃辉供图

然而在植物生长发育过程中，要追踪不同发育时期蛋白的动态变化，需要长时间的观测。为此，团队选取了生长周期较短的拟南芥作为模式植物，将其放在 4℃的冰箱里，加之配备光照设施培育 30~40 天，以模拟冬天的环境效果。随后研究人员再将拟南芥放置常温下，模拟春天的气温回升。

研究人员观察发现，长期低温通过修饰幼苗体内的成花抑制基因 FLC 上的组蛋白来关闭其表达，这种组蛋白修饰引发的关闭状态在常温下得以维持（即“春化记忆”）、直到开花结种子。

（下转第2版）