

他们找到了通往“圣杯”的山间小道

■本报见习记者 池涵

在恒星的演化过程中，等氢燃烧殆尽后，恒星的核心会塌缩，直至达到所需的温度进入氦燃烧阶段，发生由三个氦—4 原子核（阿尔法）生成碳—12 的“三阿尔法过程”。如果生成的碳—12 继续与一个氦—4 原子核结合，就可以产生一个氧—16 原子核，并放出 γ 射线。

这个从碳—12 到氧—16 的反应决定了宇宙中的碳氧丰度(含量)比,对于恒星演化、元素合成甚至生命起源都非常重要，因此被誉为圣杯反应。

日前，中国原子能科学研究院和美国圣母大学、中科院近代物理研究所、北京航空航天大学、印度技术大学、印度萨哈核物理所以及北京师范大学合作，基于串列加速器，利用自主建立的破裂效应干扰小的硼同位素阿尔法转移反应测量方法，通过转移反应角分布的精确测量和氧—16 束缚态势的有效约束，获得了高精度的渐近归一化系数(ANC)数据，澄清了国际数据间 240 倍的分歧。相关成果近日发表在《物理评论快报》上。

控制宇宙元素丰度的“圣杯”

论文第一作者、中国原子能科学研究院核物理所助理研究员湛阳平告诉《中国科学报》，在核天体物理中，一直到铁以前的元素的演化过程中，碳氧核的含量比例都非常重要，是核天体物理模型中非常重要的输入量。

通常，三阿尔法反应是三体反应，因而反应概率很低。然而，由两个氦—4 原子核生成的铍—8 原子和一个氦—4 原子核的

能量之和刚好对应一个碳—12 原子核激发态的能量，这种共振大大增加了三阿尔法反应的可能性。

然而在圣杯反应中，情况恰恰相反。氧—16 在碳—12 和氦—4 原子核的能量之和对应之处并没有共振态，因而反应速率变得很慢。圣杯反应和三阿尔法过程这种奇妙的组合，既保证了足够的氧—16 产生，又避免了将所有的碳—12 都转变成氧—16，进而提供了适量的碳元素和氧元素，最终形成碳基生命。宇宙中的碳氧含量比大概是 2：1，这个比例就是由圣杯反应决定的。

“这条孕育生命的反应链如同一条连续的水流，整条链反应的速率由最慢的反应决定。”湛阳平告诉《中国科学报》，“就好像用细颈瓶倒水，最窄的瓶颈决定了流速。而圣杯反应就是这个瓶颈。”

据论文通讯作者、中国原子能科学研究院核物理所研究员郭冰介绍，影响这个反应的主要因素有几方面：一是阈上共振俘获，二是阈下共振俘获，三是基态外部俘获。

这三方面都非常重要，都需要精确测量。郭冰说：“我们这个工作主要是针对基态外部俘获开展的研究，要想确定基态外部俘获贡献到底多大，需要精确测量氧—16 基态的 ANC。”

然而，由于精确测量的困难，“国际上已有的 ANC 数据存在 240 多倍的分歧，这导致无法准确给出圣杯反应的电四级截面（S 因子）。”郭冰告诉《中国科学报》。

“核反应的截面面积就是反应概率。”湛阳平解释说，“就好像玩飞镖游戏，红心的面积就是投中的概率。”

这个反应的截面有多小呢？核物理中，1

靶恩等于 10^{-28} 平方米，而圣杯反应的截面面积是 10^{-17} 靶恩。

转移反应：华山背后的小道

直接测量圣杯反应不仅要解决反应截面极小这一困难，还要考虑宇宙辐射的本底噪音。“高能宇宙射线中的 μ 子会对反应自身探测造成极大的干扰，信噪比太低了。”湛阳平说道，“除非在锦屏山下世界最深的地下实验室里。”

由于无法直接测量，此前学界对圣杯反应截面的估计都是外推得到的。“然而，众所周知，外推是不准的。”湛阳平说，而国际上对氧—16 基态 ANC 数据存在的 240 多倍的分歧更加降低了外推的可信度。

虽然“自古华山一条路”，但是也许存在一条小路可以“暗度陈仓”。对于圣杯反应来说，既然直接测量比较困难，有没有转移反应可以降低测量的难度呢？

实验组从 2007 年开始一直在摸索转移反应的方法。他们采用硼—11 跟碳—12 发生反应生成锂—7，在这个过程中，碳—12 通过转移过程俘获了硼—11 中的一个氦—4。正是对这个转移过程的测量与分析，可以精确地获得氧—16 的基态参数，从而澄清国际上目前存在的分歧。

“结果和以前假设的完全不一样，外部俘获确实非常重要。”湛阳平说，过去的估算认为，电偶级和电四级跃迁俘获的比例大致在 2：1。这次的结果发现，电四级跃迁俘获贡献比以前的预言大了 55%，相当于圣杯反应总截面增大了 16%，这个变化对目前的恒星演化模型来说，是相当显

著的。

十年磨一剑

氧—16 在反应能量附近有很多共振，基态的“外部俘获”本来并不受到研究人员的重视。

“此前，硼—11 的阿尔法转移反应方法相当不成熟。”湛阳平说，“我们从 2007 年开始积累，2012 年完善了方法，2019 年在《物理快报 B》上发表论文，首次用实验数据说话，完善了硼—11 的阿尔法转移反应的可靠性，才得到了国际同行的广泛认同。”

本篇论文的共同通讯作者、美国圣母大学物理系助理教授 James deBoer 经过理论计算，也认为外部俘获值得去测一下，因此一起完成了这项工作。

十年磨一剑，此项工作的发表表明我国进入了该领域研究的最前沿。

郭冰说：“这个工作是在地面实验室开展的，将来我们还将锦屏深地实验室对圣杯反应开展更精确的测量。”

“把圣杯反应直接测出来是我们的最终目标。”湛阳平说，“圣杯反应所发生的场所温度大约是 2 亿摄氏度，对应着 300 千电子伏特的平均能量，目前国际上的测量结果只到 890 千电子伏特，距离我们的目标还很遥远。我们正在建设锦屏深地核天体物理实验平台，从 600 千电子伏特开始，最终实现在能量为 450 千电子伏特处的测量。”

那时，人类能真正一窥这条神奇的孕育生命的反应链的庐山真面目。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.162701>

简讯

中国科协“科创中国”平台正式上线

■本报 5 月 30 日，中国科协打造的“科创中国”平台正式上线，中国科协服务科技经济融合发展的系列行动全面启动。

“科创中国”平台充分凝聚科技力量，致力于促进科学家和企业家合作，重点关注中小型科技企业，推动优势技术项目转移和成果转化，不断降低交易成本。

平台将“政产学研医服用”等各类创新主体汇聚流转，直接服务具有创新需求的重点区域、重点产业和科技型企业，也直接服务有参与意愿的高校、院所、新型研究机构及科学家团队，实现供需对接，推动创新要素和谐共生、协同共进，构建配置优化、运转高效的创新创业创造新生态。

（高雅丽）

钟南山等 10 人荣获广东“最美科技工作者”称号

■本报 5 月 30 日是第四个“全国科技工作者日”。5 月 29 日，广东庆祝“全国科技工作者日”暨表彰先进大会召开。大会向国家科技奖获奖代表颁发了奖励证书，并向 2020 年广东“最美科技工作者”颁发了证书，包括钟南山院士、中科院深圳先进技术研究院副研究员尹凌在内，10 位在新冠肺炎疫情防控和科技攻关中作出突出贡献的优秀代表获此殊荣。

寻找广东“最美科技工作者”学习宣传活动由中共广东省委宣传部、广东省科学技术协会、广东省科学技术厅联合主办。当天，广东省科学技术厅和广东省科学技术协会还共同发出《致全省科技工作者节日慰问信》。

（朱汉斌）



青海首次发现盐生肉苁蓉

近日，在第二次青藏高原科考藏药资源考察中，中科院西北高原生物研究所副研究员周玉碧带领考察团队，于青海共和盆地荒漠区发现青海新纪录物种——盐生肉苁蓉。本次发现的盐生肉苁蓉分别寄生于盐爪爪、合头草、灌木小甘菊，其中合头草和灌木小甘菊为首次发现的新寄主。

本次调查发现的盐生肉苁蓉为列当科肉苁蓉属寄生植物，为青海境内首次发现。

本报记者张晴丹报道
周玉碧供图

“荷叶薄膜”给精密仪器披上“铠甲”

■本报见习记者 刁雯慧

荷叶为何出淤泥而不染？因为荷叶的表面结构具有超疏水、防粘附的特点。借鉴这一现象，中科院深圳先进技术研究院研究员唐永炳、赵颖团队，研发出一种兼具自清洁、抗菌、抗生物粘附、抗磨损以及抗腐蚀特性的新型仿生金刚石功能膜，相关成果近期发表于《ACS 应用材料与界面》。

“在海水中，微生物在海洋仪器上粘附和聚集，会导致仪器损坏、功能退化，影响海洋工业的发展，甚至产生数以亿计的经济损失。而在医疗器械件上的细菌附着，会产生感染，影响人体健康。”团队成员王陶表示，该成果能够为医疗防护和海洋仪器防污领域提供解决方案。

低成本的新型制备方法

水珠滴在荷叶表面，很快就滚落下来，这究竟是什么原理？原来，荷叶表面具有微纳结构，带有小刺，因此它的接触角很大，脏污和水珠都不容易附着。研究团队将这一概念运用到了研究中。

与金刚石薄膜传统制备方法不同，团队自主研发了一种“分步植晶气相沉积法”，选取金刚石纳米粉作为镀膜材料，在前处理过程中独创性地采用“两次植晶”，成功构造出均匀、可控、且具有植物叶片仿生结构的超疏水微纳分级金刚石功能膜。

“由于传统的金刚石纳米粉快速团聚，难以控制吸附密度和均匀性，制备的金刚石微纳结构疏密程度不均匀、难以控制，导致无法调控出各种性能，金刚石的超疏水、抗菌等功效就不能很好地发挥出来了。”王陶说道。

“所谓两次植晶就像‘种种子’一样，”王陶比喻道，“第一次植晶，先将金刚石纳米粉处理成与材料表面具有相同电性，根据同电相斥的原理，会长出一层疏松且均匀的薄膜；在第二次植晶时，将金刚石纳米粉处理成与材料表面具有不同电性，根据异电相吸的原理，金刚石纳米粉可以很好地填满材料表面，从而长出一层均匀致密且带有微纳结构的薄膜。”

据她介绍，“两次植晶”无需使用常规制备方法所用到的昂贵仪器就能制备具有微纳结构的金刚石薄膜，制备成本要低很多。

医疗、海洋防护领域的新星

在海洋作业的船只通常使用涂料来保护船体不受海洋微生物的附着和腐蚀。然而，对于一些海洋精密仪器的防护，目前还未有很好的方法。

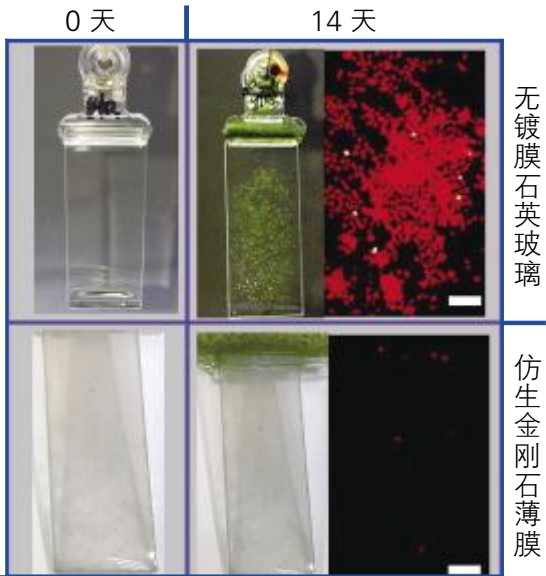
释放重金属离子的生物杀灭材料会影响海洋生态，聚合物等抗粘附材料又存在机械性能差、化学稳定性低等缺点，影响其抗生物粘附的持久性。因此，发展环保长效

的抗粘附、抗腐蚀等的特质材料尤为重要。

研究团队通过模拟复杂的海环境，对研发的新型仿生金刚石薄膜进行了测试，发现薄膜浸泡在腐蚀性液体中一个月后，其物理化学性质未发生改变，且抗菌性保持不变。

“为测试薄膜的性能，我们搭建了一个藻类暴发的海洋环境，发现仿生金刚石薄膜降低了 95% 以上绿藻的粘附，而不镀膜的商业材料上已布满了藻类。”王陶告诉《中国科学报》。

与此同时，研究团队在测试中发现，与无镀膜钛合金相比，镀有仿生金刚石薄膜的钛合金抑制了 99% 的大肠杆菌的吸附，因此，仿生金刚石薄膜在医疗器械领域同样可以应用。



目前，该方法可实现仿生金刚石薄膜在多种复杂形状衬底和多种商用基体材料上的制备，包括钛合金、硅、石英玻璃和陶瓷基体。作为新型抗菌抗生物粘附材料，其在高端医疗器械和海洋精密仪器领域具有良好的应用前景。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acsami.0c02460>

发现·进展

中国科学技术大学

揭示蓝藻光合固碳关键酶的作用机制

■本报 讯(记者杨凡)中国科学技术大学教授周丛照和陈宇星课题组经过长期研究，阐明了蓝藻 RuBisCO 酶组装的分子机理，发现 RuBisCO 成熟过程的多层次精细动态调控网络。5 月 25 日,《自然—植物》在线发表了上述成果。

蓝藻虽不是植物却能进行光合作用并释放氧气。蓝藻的光合作用在地球大气环境有氧化进程中起到了十分重要的作用,而且也是无机态的碳进入生物圈的重要途径。科学家发现,蓝藻中的 RuBisCO 酶是光合作用中决定碳同化速率的关键酶,同时也是植物光呼吸的关键酶,在光合作用中发挥着关键作用,但是其工作机制却长期未被认识。

有研究发现,向植物中添加这种酶,可以有效促进植物生长。然而这种酶的催化效率极低,一个 RuBisCO 全酶每秒钟只能催化 3~10 个二氧化碳分子的转化。蓝藻通过二氧化碳浓缩机制,可以有效提高 RuBisCO 的催化效率。将蓝藻的二氧化碳浓缩系统引入植物,被认为是一种潜在的提高植物光合作用效率和产量的方法,然而人们目前对 RuBisCO 组装和成熟的精细过程仍然不清楚,极大地制约了 RuBisCO 的活性优化和产业应用。

在本研究中,研究人员通过冷冻电镜单颗粒分析方法和生化手段,揭开了 RuBisCO 发挥功效的神秘面纱,解析了其组装和调控的多步动态构象和分子机制,为进一步利用 RuBisCO 酶服务人类奠定了分子基础。

“我们应该更多地了解蓝藻并加以利用。蓝藻作为地球上最古老的原核生物之一,其生命力非常旺盛。前些年淡水湖泊水体由于受到污染,蓝藻过度繁殖而导致水华,带来一系列环境问题。但另一方面,蓝藻也可以消耗空气中大量的二氧化碳,还可能用于生产下一代新型绿色能源。”因此,蓝藻研究具有十分重要的科学意义和实用价值。”周丛照说。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41477-020-0665-8>

中科院过程工程研究所

研制出基于自愈合微球的新型肿瘤疫苗

■本报 讯(记者李晨阳)近日,中科院过程工程研究所研究员马光辉和魏炜在新型肿瘤疫苗开发领域取得进展,相关工作发表于《科学进展》。

肿瘤免疫疗法在 2013 年被《科学》评为十大科学突破榜首。在众多免疫疗法中,肿瘤疫苗能够调动机体自身的免疫细胞杀伤肿瘤,极具临床应用潜力。然而单独肿瘤抗原进入体内后免疫原性非常弱,难以激发有效的免疫应答。

利用已批准的安全性好的简单材料,通过设计使其发挥更高性能,是剂型基础研究快速进入临床应用转化的重要策略。在这项工作中,研究人员基于已被批准用于人体的聚乳酸简单材料开发的新型肿瘤疫苗,具备独特的“抗原后包埋”“多样化装载”“免疫环境协同调控”等优势,在动物模型上单次注射后即可诱导高效且长期的特异性免疫应答,在乳腺癌、淋巴瘤、黑色素瘤等多种肿瘤模型和蛋白抗原、多肽抗原、新抗原上取得了优于商品化剂型的疗效,并展示出了非常好的安全性。

自 2006 年起,该团队率先提出并开展了先进疫苗递送系统的研究,显著增强了疫苗的使用疗效,部分剂型已通过伦理批准进入临床前和临床研究。这是该团队基于以往的研究基础、根据聚乳酸自愈合微球特性研制的新一代疫苗剂型。

相关论文信息：<http://doi.org/10.1126/sciadv.aay7735>

中科院昆明动物研究所等

破译同源四倍体紫花苜蓿基因组

■本报 讯(记者李晨)“牧草之王”紫花苜蓿是世界上最重要的牧草作物。但紫花苜蓿是同源四倍体、异花授粉,这极大阻碍了其基因密码的破译和新品种培育。日前,中科院昆明动物研究所、西北工业大学、中科院西双版纳植物园、广东三杰牧草生物科技有限公司等单位联合攻关,获得了我国地方特有品种新疆大叶紫花苜蓿的四倍体基因组,并成功将四倍体基因组组装到了 32 条染色体上。相关成果在线发表于《自然—通讯》。

我国每年仅能生产 200 多万吨优质紫花苜蓿,与 500 万吨需求之间存在巨大缺口。长期以来,紫花苜蓿高度依赖进口,其中优质苜蓿占牧草进口总量的 80% 以上。此外,国内缺乏具有自主知识产权的优质紫花苜蓿品种资源,优质苜蓿种子也大量依靠进口。

此次国内数家单位联合攻关,获得了高质量的紫花苜蓿基因组图谱。在此基础上,研究团队进一步开发出基于 CRISPR/Cas9 的高效基因编辑技术体系,成功培育获得了一批多叶型紫花苜蓿新材料,其杂交后代表现出稳定的多叶型性状且不含转基因标记。该编辑技术在不导入外源基因的情况下,能精准地点定获得作物突变体,大大加快育种速度。

该成果的完成让实施紫花苜蓿分子育种策略成为可能,为加快我国优质苜蓿品种培育和牧草产业发展提供了重要科技支撑。据悉,相关关键技术已申报发明专利。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16338-x>