



听(中国科学报) 《中国科学报》官微 科学网 App 科学网官微

# 颠覆百年定论：“摇篮”对蜂王至关重要

■本报记者 李晨

成为蜂王还是工蜂,仅仅因为它们吃的不同吗?多年来,人们一直以为,由于吃的是蜂王浆,所以蜂王才成为蜂王。近日,中国农业科学院蜜蜂研究所(以下简称蜜蜂所)的团队联合国内外单位在《自然》发表论文,给出了一个意想不到的答案——除了食物,还有一个重要影响因素是它的居住地。

研究发现,工蜂并非被动的“泥瓦匠”,而是一支拥有精确分工的“皇家建筑师”队伍。它们用发热的胸腔精心调制出一种特殊的蜂蜡,为蜂王幼虫打造了独一无二的“生物物理摇篮”——王台。这个摇篮就是蜂王发育不可或缺的“命运密码”。

这项研究彻底动摇了主导蜂学界近百年的“蜂王浆营养决定论”,为理解生命发育与社会性昆虫的进化打开了一扇全新的窗口。

## 百年定论的裂痕

上百年来,科学家一直好奇,基因完全相同的蜜蜂幼虫,为何会发育成形态、寿命、生殖能力天差地别的蜂王与工蜂。传统“营养决定论”认为,原因是它们的幼虫食物不同,蜂王被喂食的是蜂王浆,而工蜂吃的是普通花蜜。

“营养决定论”自20世纪初以来深入人心。尤其是2011年,日本科学家藤仓昌树在《自然》发文,宣称在蜂王浆中找到了一种关键蛋白Royalactin,一举破解了百年难题,在学界引发轰动。

“那时候我刚上浙江大学读一年级,还没有开始做项目。”论文共同通讯作者、蜜蜂所研究员王凯回忆,这篇只有一位作者的《自然》文章深深震撼了他。这让他更加坚定地选择蜜蜂作为日后的研究对象。

然而,2016年,德国科学家Anja Buttstedt在《自然》发表的另一篇研究文章,对前述关键蛋白的作用明确提出了质疑。这一学术交锋已经开始攻读博士的王凯敏锐意识到,“我们是否一直忽略了影响蜂王发育的其他潜在因素?”

过去的争论都聚焦于“蜂王浆里有什么”,却无人探究“蜂王浆被储存在哪里”。王台是用来培育蜂王,形状如花生般的特殊巢房。工蜂用蜂王浆饲喂王台中上的蜂王,在蛹即将羽化前,它们会封上王台,并保留一些蜂王浆在王台中供其食用。王凯决定跳出单一营养的思维定势,将目光投向那个特殊的物理空间。

科研成果的源头常常是不起眼的偶然发现。2019年,王凯团队正在开展



王台和建造王台的工蜂。

蜜蜂所供图

成熟蜜形成机制研究。成熟蜜是指蜜蜂采集花蜜后,经充分酿造、脱水,使含水量降至20%以下,并使双糖充分转化为单糖,即自然成熟封盖的蜂蜜。他们猜想,蜡盖的化学组成可能隐藏着花蜜发酵成熟的奥秘。

在研究成熟蜜的过程中,他们意外发现蜜蜂巢中不同部位的蜂蜡化学成分存在差异。王台蜂蜡的化学成分与普通六边形工蜂巢蜡、蜂蜜蜡盖蜂蜡截然不同。

论文共同通讯作者、蜜蜂所研究员薛晓锋说,这个偶然的发现成为后来颠覆性研究的起点。科研路径往往不是预设的,对未知保持开放和敏锐的观察可能让研究者走向更重要的科学问题。

传统观点一度认为,王台只是用以容纳蜂王硕大躯体的被动巢室。“在研究中发现的‘异常’数据会不会和蜂王的发育有联系呢?”经过激烈的内部讨论,王凯带领团队决定沿着这个未知的方向走下去。

为此,团队引入了跨学科力量。北京工商大学教授田华峰协助进行了蜂蜡力学性能测定,发现王台蜂蜡的抗压强度、硬度等指标均显著低于工蜂巢房蜂蜡;中国农业科学院茶叶研究所研究员朱荫则协助翻译了王台蜂蜡中特殊的挥发性物质组成。

## “手搓”设备捕捉施工现场

尽管团队发现化学与物理组成的差异,但这特殊的王台蜂蜡究竟是如何制造出来的?既然怀疑工蜂在“施工”中有特殊行为,就必须亲眼看到。

然而,市面上没有现成设备。论文共同第一作者房宇、马贝贝等人迎难而上,“手搓”了一套蜜蜂行为与温度观察系统(BTOS)。它由一个可伸入蜂巢的

内窥镜和一个能上下左右移动,集成了普通光学与热成像双模块的摄像头组成,活像一个“游戏手柄”。

通过这套自主研发设备,团队终于看到了令人惊叹的画面。大部分建造王台的工蜂,胸部温度会主动升至39摄氏度以上,远高于巢内常温。它们利用“高温施工”,加工那些高熔点的特殊蜂蜡,像一支专业的工程师存在明确的“分工”。

团队观察到个别工蜂会多次进行这一工作。为夯实这些行为学数据,他们完成了1.8万只日龄标记蜂实验,结果明确了王台建造者大部分是青壮年工蜂,而且王台建造行为不是瞬时、偶然的。

就在团队收集了王台蜂蜡特殊的物理、化学和行为学证据后,一个来自内部的“灵魂拷问”让研究陷入了短暂的瓶颈。

论文共同第一作者、中国农业大学高级实验师金晓露在开展项目数据分析时直言:“现在也就是发现了一种新的蜂蜡。”这个来自“生产应用视角”的拷问点醒了大家:如果仅仅停留在现象描述层面,而没有证明这种特殊性由蜂王发育之间有因果关系,那么其科学价值将非常有限。

金晓露建议,必须做一个实验“一锤定音”。于是,团队设计了一个精巧的“人工换盖实验”。在蜂王幼虫发育晚期,蜂王浆供给已充足时,他们将天然的王台蜡盖取下,替换成用普通工蜂蜡重塑的,形状一模一样的假盖子。

结果令人惊喜。在蜂王浆营养绝对充足、王台空间形状完全相同的条件下,住在假王台里的蜂王幼虫发育严重受损,死亡率飙升,化蛹后体重显著下降。这一实验无可辩驳地确立了理化微环境在蜂王发育中的决定性作用。

在长达6年的科研过程中,王凯深

感不同学科的视角碰撞至关重要。生物学、化学、材料学、行为学、畜牧生产等多领域专家的协作,最终“顶开”了认知的天花板。

## 两年博弈与“重度过敏”的坚守

证明一个颠覆性观点只是挑战的开始,将成果刊登于《自然》是一场长达两年的“马拉松”。

“我们投稿投了两年,整两年。”王凯说。期刊罕见地邀请了5位审稿人,在一审阶段,他们都同意送审,但提出的修改意见极其严苛。其中一个关键要求是,在其他物种上重复换盖实验,以证明结论的普适性。

这对实验周期提出了极大挑战。蜜蜂蜂王实验基本上一年只有一次机会,那就是蜜蜂分群的时候。而分群只有在外界条件比较适合、食物比较充裕的情况下才会发生,一年中适宜蜜蜂分群的时间只有3个月。

这意味着需要等待一整年才能获得实验数据。为此,论文作者、国家蜂产业技术体系首席科学家彭文君等通过产业技术体系找到了技术高超的蜂农,最终在驯化程度更低的中华蜜蜂上成功完成了跨物种验证。

这背后是常人难以想象的坚持。马贝贝从2019年硕士阶段就投身该课题。“她原来对蜜蜂不过敏,被蜇多了后现在严重过敏,只要被蜇就必须去医院。”房宇感叹,正是在漫长周期中的坚守,支撑起了整个研究。

论文在线发表的同时,《自然》配发了美国奥本大学教授Michael L.Smith的评论。他说:“这项研究将蜂王王台重新定义为一种精心构建的特殊微环境,并确认其是蜜蜂等级分化的关键决定因素。”

这项研究在科学上建立了一个新范式,将社会性昆虫的巢穴从“被动的生命容器”重新定义为“主动参与发育调控的功能活性组件”。生命发育是基因-营养-环境三者协同的精密交响,而非单一因素的主宰。

“对于蜜蜂育种或畜牧繁育来说,需要精准调控胚胎或幼虫早期的理化微环境。”王凯说,未来智能养蜂需要模拟王台的精确环境;而更广泛的畜牧繁育除了关注基因和饲料,也应将早期发育的物理化学微环境作为一个至关重要的维度加以考量。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/d41586-026-01580-y>

# 徐天衡:在6G浪潮中找到自己的“信号”

■本报见习记者 江庆龄

多年以后,中国科学院上海高等研究院(以下简称上海高研院)研究员徐天衡仍会想起与导师的那次谈话。

2016年夏天,徐天衡博士毕业。他手里有好几个offer(录用通知)。在确认去向时,他拜访了刚调入上海高研院的胡宏林。“中国科学院在信息方向的布局与国家需求高度契合,既具有完备的基础设施底座优势,又具备引领行业标准的能力。”这番恳切建议让徐天衡重新审视自己的选择。思考一晚后,他作出决定,并在两周后入职了上海高研院。

往后10年,徐天衡深耕5G/6G通信领域,牵头首创跨系统异构信息直连交互等系列核心技术,构建多主体协同的智慧应急指挥平台底座。关键技术产品在多个省市落地应用,中国技术与中国标准也走向了海外。日前,徐天衡荣获2026年度新时代青年先锋奖。

## 给算法做“减法”

2011年,怀着对通信领域的好奇心,徐天衡来到中国科学院上海微系统与信息研究所读博,师从胡宏林。刚入学不久,徐天衡就开始在导师设定的大方向下自己找课题。

当时,徐天衡主要关注谱域技术。正如人们的话语本身能够传递信息,语速、语调、停顿等细节也可能传递出额外含义,信号在传输过程中除了表层信息,频率变化、统计规律等特征也携带隐藏信息。

谱域技术要做的就是识别并利用那些不容易被直接看见的信息。“这是通信领域非常小的一个点,但扩展后很有用,比如可以在一些特殊场景下实现有效信息的安全传输。”徐天衡表示。

为检测这些隐藏信息,当时的主流做法是不断提高算法复杂度,构建更复杂的数学模型。理论上说,模型越复杂,看到的信号细节越多。不过,随之而来的是更高的算力需求和更长的处理时间。

在真实通信过程中,接收方并不需要掌握信号的全部细节,而是要尽快判断其中是否包含特定信息,完成主要语义信息的精准传达。能不能提前完成信号筛选,把算法进行简化?

顺着这个思路,徐天衡开始探索,最终提出一种大幅降低计算复杂度的新方法。在实际应用场景下,这



上海高研院供图

种方法显著提高了信号检测的精准度。“这种思路现在已是谱域技术领域的共识了。”

基于这项工作,徐天衡在研究生二年级时发表了人生第一篇SCI(科学引文索引)论文。而给算法做“减法”的思路,也影响着徐天衡之后的研究。

近年来,徐天衡与合作者开发的智能频谱弹性感知技术,可在较小计算开销的基础上获取最佳性能体验;提出低复杂度算法和分布式联合波束赋形设计,助力新一代星地通信技术发展;构建具备多节点信息聚合能力的轻量级算法,提升物联网通信系统在资源受限物联网设备中的适配性……研究对象在变化,不变的是基于实际应用场景,让信号传输更高效的底层逻辑。

在给算法做“减法”的同时,徐天衡也围绕“信号感知与信息交互”这条主线向外延伸,不断拓展研究边界。

## 给研究做“加法”

1989年出生的徐天衡,亲历了我国通信技术从追赶在部分领域实现并跑、领跑的跨越,也切身感受到技术进步给人们生活和产业发展带来的深刻影响。“作为通信领域的从业者,个人命运和国家发展是紧密纠缠在一起的。”徐天衡告诉《中国科学报》。

(下转第2版)



# 科学家厘清热带植被生产力大小估算争议

本报讯(记者朱汉斌)中山大学教授陈修治、北京大学教授袁文平联合国内外科研团队,聚焦热带地区植被总初级生产力估算中的争议,利用团队自主研发的植被生产力模型,

探讨了热带地区陆地生态系统植被总初级生产力的估算,为量化和理解解地碳循环提供了重要的方法和数据支撑。相关成果近日发表于《自然》。

植被通过光合作用吸收大气二氧化碳,形成总初级生产力,这是全球碳循环的核心过程之一,其强度直接决定了陆地碳汇的大小。然而,目前有关热带地区植被总初级生产力的估算仍存在较大分歧。

针对热带地区植被生产力的评估难题,研究团队依托全球28个热带凋落物通量站,基于团队自主研发的遥感数据驱动的植被生产力模型(EC-LUE),在突破热带地区大尺度叶龄计量技术瓶颈的基础上,利用自主研发的泛热带植被叶

龄产品,历时7年,最后发展出耦合叶龄动态特征的植被生产力模型(LA-LUE),更加准确地估算了热带地区植被总初级生产力。

该研究厘清了当前对于热带地区植被生产力估算的科学分歧,强调热带地区植被生产力模型需覆盖多站点、多气候区的验证,并需考虑叶龄等植被叶片性状的影响,为热带地区陆地生态系统植被生产力估算提供新的见解和模型方法。

《自然》审稿人认为,该研究针对全球热带陆地生态系统植被生产力规模评估开展了必要且及时的研究。单纯依靠单一站点参数化模型进行全球外推存在较大不确定性,而该研究完善了生态机理,并结合多站点实地观测开展验证,为大尺度生态遥感研究的规范开展提供了有益思路。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10562-z>



6月9日,世界最大跨度公铁两用无砟轨道斜拉桥——崇启公铁长江大桥主桥成功合龙。据悉,崇启公铁长江大桥是中国“八纵八横”高速铁路网沿江通道主干线——沪渝蓉沿江高铁的关键控制性工程,全长4.09公里,主跨400米,横跨长江入海口北支航道。大桥连接上海崇明与江苏启东,采用双层布置,是目前在建的世界最大跨度公铁两用无砟轨道斜拉桥,也是中国首座高铁设计时速350公里的公铁两用长江大桥。图为航拍崇启公铁长江大桥。

图片来源:殷立勤/中新社/视觉中国

# “摩羯”等9个致灾台风名称被替换

本报讯(记者高雅丽)6月8日,记者从中国气象局获悉,在韩国济州岛举行的联合国亚洲及太平洋经济社会委员会/世界气象组织(WMO)台风委员会(以下简称台风委员会)第58次届会,审议通过了9个新台风名称,替换2024年被除名的“摩羯”等9个台风。

台风名称的中文译名和意义由中国气象局、香港天文台、澳门地球物理气象局共同协商形成。9个新台风名称为:“高基(KOKI)”“简古维(GAE-GURI)”“点心(DIM-SUM)”“希鲁(HEBI)”“船尾(TOMO)”“蒂鲁

(TIROU)”“娜尼(NARAE)”“布拉帕(BURAPHA)”“花斑(HOABAN)”,分别替换“康妮(KONG-REY)”“桃芝(TORAJI)”“万宜(MAN-YI)”“天兔(USAGI)”“摩羯(YAGI)”“艾云尼(EWINIAR)”“飞燕(JEBI)”“山陀儿(KRATHON)”“谭美(TRAMI)”。

国家气象中心台风与海洋气象预报中心主任赵伟介绍,台风命名要遵循严格的规则,具体而言,名称不能超过9个英文字母,且确保容易发音;在各会员国所使用的语言中应有明确含义,且无不良含义;不得取用商业机构的名称。这些规则

在保障台风命名的科学性、通用性和文化适宜性的基础上,充分兼顾了各会员国的实际情况和文化传统。

按照WMO规定,西北太平洋和南海地区的台风命名、除名及更名事宜,由台风委员会统筹管理。包括中国在内的14个会员国各提供10个名字,构成共有140个名字的台风命名表,并以这些名字按顺序循环使用。若某个台风造成重大人员伤亡、巨大经济损失等极其严重的影响,或台风名称不恰当、有歧义时,相关会员国可向台风委员会提出除名建议,台风委员会将根据提议进行商讨和投票,若

全体会员意见一致,该名称将被正式从命名表中剔除,并由原提供国家(地区)重新推荐新名称。

2024年被除名的9个台风均造成了极其严重的损失。如超强台风“摩羯”先后登陆菲律宾吕宋岛、我国海南省和越南广宁省,其残余环流持续西移并席卷东南亚多国。“摩羯”刷新登陆我国最强秋台风纪录,也是登陆越南的最强台风,给所经地区造成严重人员伤亡和经济损失。

据统计,自2000年台风命名规则启用以来,截至2025年共有85个台风被除名。

# 美核聚变公司称未来有望向电网供电



本报讯 美国联邦聚变系统公司(CFS)近日发表了一系列论文。据《自然》报道,该公司称,这些论文“证实”了其ARC发电厂若按计划建成,将实现净发电,即产出电量超过所消耗电量。但一些研究人员认为,还需要实际运行的聚变反应堆数据来验证这些预测,且

仍有重大的工程问题亟待解决。

2022年,美国国家点火装置的物理学家首次实现聚变反应释放能量超过了消耗能量。但迄今还没有团队制造出能够持续产出能量盈余的反应堆,也没有证明反应堆能够以经济可行的方式运行。

这些发表于《等离子体物理学杂志》的论文由CFS及其学术合作机构的58位研究人员共同撰写,详细阐述了ARC发电厂的设计及其背后的物理原理。CFS首席科学家Brandon Sorbom说,这些论文“证实了将来我们建造

ARC发电厂时,它能正常运行”。不过,研究人员强调,在最终确定设计方案之前,必须排除一些不确定性因素。

CFS成立于2018年,到目前已筹集近30亿美元资金,并准备于明年启动其原型机——名为SPARC的示范装置。SPARC的运行结果将用于优化ARC发电厂的大部分设计,后者有望在本世纪30年代投入运营。该公司称,ARC产生的能量不仅足以维持电厂运行,还能持续向电网输送400兆瓦的净电能,这可以满足约28万户美国普通家庭的用电需求。

美国康奈尔大学的David Hammer表示,CFS发表如此多的研究成果固然是件好事,但这些论文并不能保证装置一定正常运行,到明年能成功运行SPARC,“将是一个重要的进步”。

Hammer表示,目前仍有太多“主要子系统”需要开发,因此尚不能断言ARC的设计已成定局。该公司还需证明其设施具备商业可行性,包括提取热能发电、制造出足以承受运行考验的坚固反应堆,以及获取足够的氦——这是反应堆运行必需的一种稀缺同位素燃料。(文乐乐)