

生物能源领域动态监测快报



本期重点

- 2019 中国能源行业十大发展趋势展望
- 福布斯：2019 可再生能源六大趋势
- 作物基因组编辑的国际态势
- 酵母生产乙醇，防止代谢超负荷
- 黄丝藻“富得流油”
- 储能在西北区域应用与发展分析及思路举措
- 中科院青岛能源所开发出“油脂结构定制化”的微藻细胞工厂

主办：中国科学院青岛生物能源与过程研究所
主管：中国科学院文献情报系统学科情报协调组

目 录

决策参考

2018 年度中国生命科学十大进展公布	1
福布斯：2019 可再生能源六大趋势	9
2019 中国能源行业十大发展趋势展望	12
全国 46 个重点城市垃圾分类取得积极进展	17
作物基因组编辑的国际态势	18

科技前沿

科学家研究发现植物细胞核和质体基因差异表达触发植物免疫反应新机制	32
酵母生产乙醇，防止代谢超负荷	33
Science 述评：人工改造光呼吸代谢途径助力 C3 作物生长	34
Science：揭秘光合作用蛋白的结构和功能	37
谷歌算法解读酶活性	37
机器学习助力构建酶动力学模型	38

产业动态

储能 在西北区域应用与发展分析及思路举措	39
黄丝藻“富得流油”	43
利用藻类和真菌创造新的生物燃料系统	44
秸秆发电排放受限，生物质燃气产业化道路宽广	45
中科院青岛能源所开发出“油脂结构定制化”的微藻细胞工厂错误！未定义书签。	

2018 年度中国生命科学十大进展公布

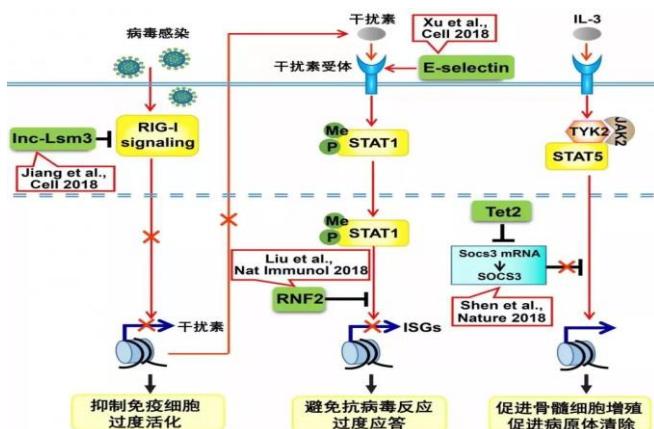
为推动生命科学研究和技术创新，充分展示和宣传我国生命科学领域的重大科技成果，中国科协生命科学学会联合体 2018 年 12 月 29 日公布了其组织 22 家成员学会推荐，经生命科学、生物技术以及临床医学等领域同行专家评选与审核的 2018 年度“中国生命科学十大进展”评选结果（排名不分先后）。

天然免疫应答与炎性反应的新型调控机制

机体的天然免疫应答是“阴阳平衡”的动态过程。有哪些分子激活天然免疫应答和及时终止免疫炎症反应，是免疫学领域前沿研究热点。

中国医学科学院北京协和医学院基础医学研究所、海军军医大学医学免疫学国家重点实验室及南开大学曹雪涛院士研究团队发现了数个调控免疫启动和炎症消退的新型分子并揭示了其相关作用机制。他们发现新型长链非编码 RNA lnc-Lsm3b 通过负反馈平衡的方式及时终止了病毒诱导干扰素产生的信号通路，避免了炎症损害；干扰素产生之后作用于相应受体，干扰素受体 IFN γ R2 通过膜易位而在细胞膜上形成功能性干扰素受体，进而有效介导干扰素效应，而细胞核内分子 RNF2 通过 STAT1 泛素化修饰则适度预防了抗病毒免疫过度应答。另外，DNA 甲基化氧化酶 TET2 通过调控 Socs3 mRNA 的去甲基化修饰而激活造血因子信号通路，促进体内髓系免疫细胞增殖和病原体清除。研究为病毒感染与炎症疾病防治提供了新思路和新靶标。

上述成果分别发表于《细胞》(Cell, 2018, 173: 634-648, 173: 906-919, 175: 1336-1351)、《自然》(Nature, 2018, 554: 123-127) 和《自然-免疫学》(Nature Immunology, 2018, 19: 41-52) 等杂志。



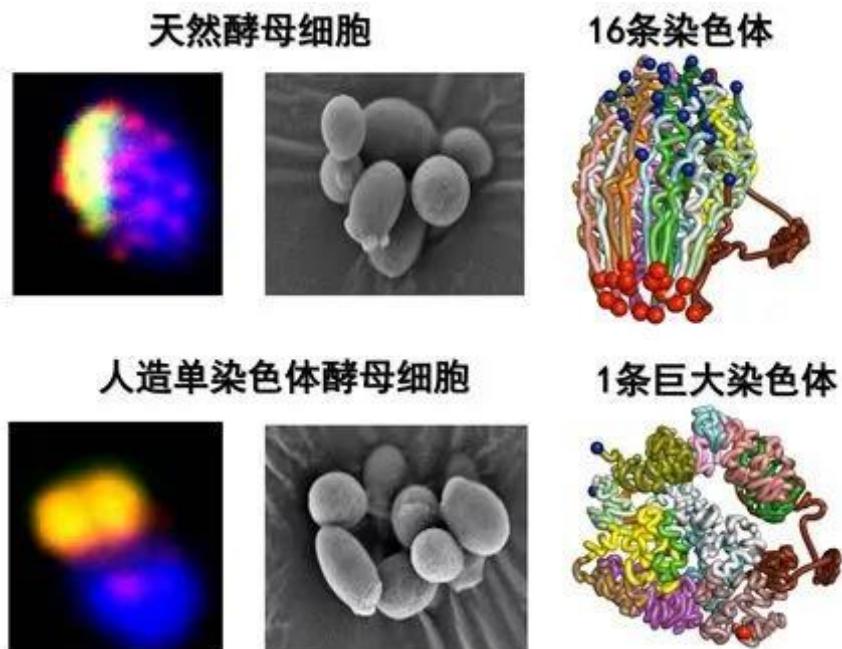
参与天然免疫应答与炎症反应的新型分子及其调控机制示意图

国际首例人造单染色体真核细胞

真核生物细胞一般含有多条染色体，例如人有 46 条，小鼠有 40 条，果蝇有 8 条，水稻有 24 条等。

中国科学院分子植物科学卓越创新中心/植物生理生态研究所覃重军研究团队以天然含有 16 条染色体的真核生物酿酒酵母为研究材料，采用合成生物学“工程化”方法和高效使能技术，在国际上首次人工创建了自然界不存在的简约化的生命——仅含单条染色体的真核细胞。该研究表明天然复杂生命体系可以通过人工干预变简约，甚至可以人工创造全新的自然界不存在的生命。这是继上世纪人工合成牛胰岛素和 tRNA 之后，中国学者再一次利用合成科学策略，回答生命科学的重大基础问题，为人类对生命本质的研究，开辟了新方向。

该成果发表于《自然》杂志（Nature, 2018, 560: 331-335）。



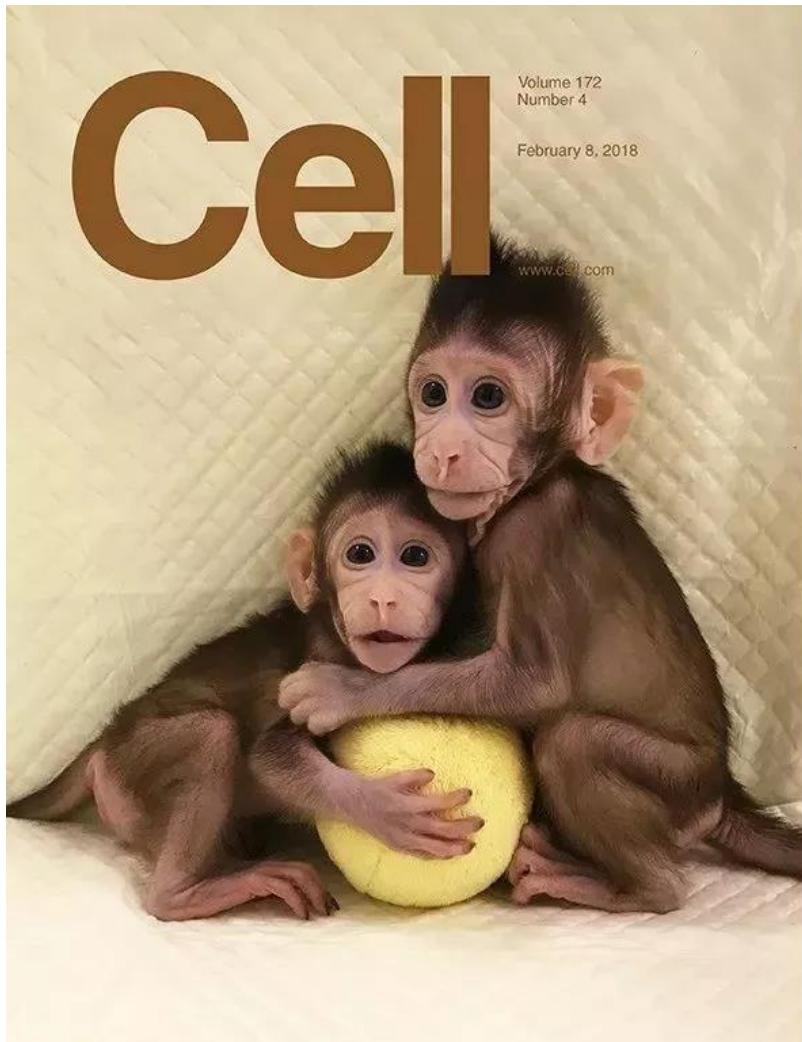
人造单染色体酵母具有与天然酵母细胞相似的正常的功能

构建世界首例体细胞克隆猴

非人灵长类动物是与人类亲缘关系最近的实验动物。由于可短期内批量生产遗传背景一致且无嵌合现象的动物模型，体细胞克隆技术被认为是构建非人灵长类基因修饰动物模型的最佳方法。

自 1997 年克隆羊多利被报道以来，虽然有多家实验室尝试体细胞克隆猴研究，却都未成功。中国科学院神经科学研究所/脑科学与智能技术卓越创新中心孙强和刘真研究团队经过五年攻关最终成功获得两只健康存活的体细胞克隆猴，从而实现了该领域从无到有的重大突破。该技术将为非人灵长类基因编辑操作提供更为便利和精准的技术手段，使得非人灵长类可能成为可以广泛应用的动物模型，进而推动灵长类生殖发育、生物医学，以及脑认知科学和脑疾病机理等研究的快速发展。

该成果发表于《细胞》杂志 (Cell, 2018, 172: 881 – 887)



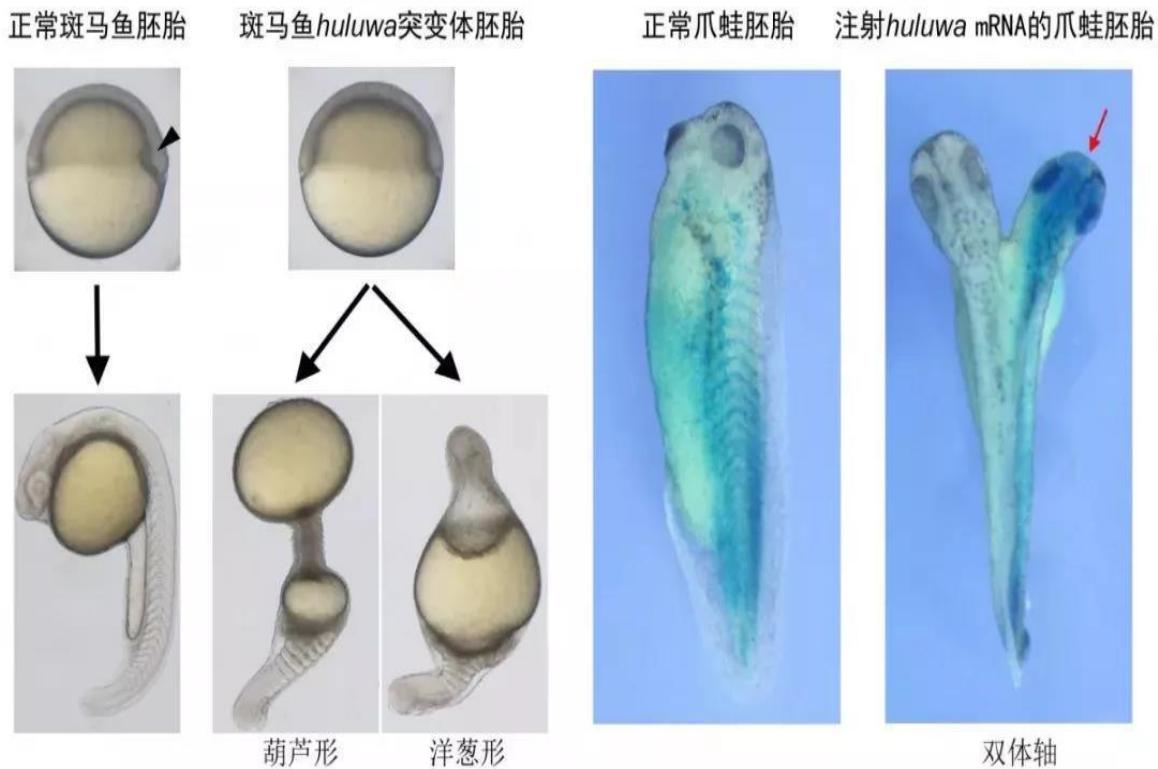
克隆猴“中中”和“华华”，来自 Cell 杂志封面

母源因子 Huluwa 诱导脊椎动物胚胎体轴形成

人和动物的躯体主要按头尾和背腹轴线发育出各种组织器官，这些轴线的形成依赖于胚胎期组织中心的作用，组织中心如何形成是发育生物学领域广为关注的重大科学问题。

清华大学孟安明院士研究组和陶庆华研究组合作，发现并命名了一个新的母源因子 Huluwa，其缺失导致胚胎不能形成组织中心和体轴、不能形成头部组织，其异位表达可诱导形成额外的体轴；揭示了 Huluwa 蛋白招募 Axin 蛋白和 Tankyrase 端锚聚合酶而促使 Axin 蛋白降解、保护 β -catenin 蛋白的崭新机制；发现受精后母源 Wnt 配体和受体介导的信号不影响胚胎组织中心和体轴形成。因此，Huluwa 是发育生物学家几十年来一直在寻找的组织中心关键决定因子。

该成果以在线研究长文的形式发表于《科学》杂志 (Science, 2018, 362: eaat1045)



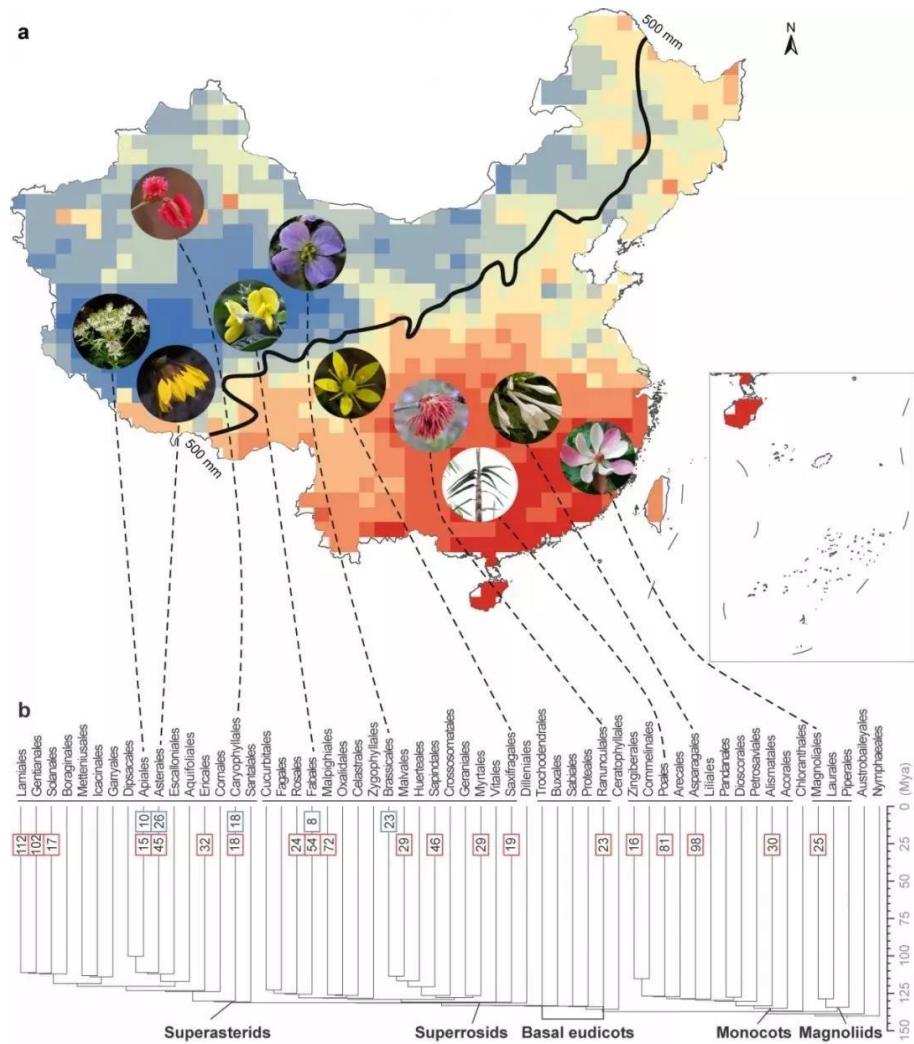
斑马鱼 *huluwa* 基因突变导致组织中心（箭头）缺失及无体轴，爪蛙中 *huluwa* 基因过表达可诱导一个额外的体轴（红色箭头）

中国被子植物区系进化历史研究

中国是全球植物多样性最丰富的国家之一，拥有近三万种有花植物，现存物种和区系的起源、演化与分布规律一直是备受关注的科学问题。

中国科学院植物研究所陈之端研究团队与合作者，经过多年的研究积累，重建了中国被子植物生命之树，发现约 66% 的属在中新世早期（2300 万年前）之后出现，中新世是中国被子植物多样性形成的关键时期。结合 140 余万条物种分布数据，发现中国东部和西部区系进化历史截然不同，海拔低、森林繁茂的东部为古老属提供了避难所；海拔高、地形复杂的西部成为年轻属的快速分化中心。该研究明确了中国被子植物属级和种级水平应该重点保护的关键地区，填补了中国目前生物多样性保护战略中缺失的一块，即生物多样性不仅要保护物种丰富度，而且要保护系统发育多样性，自然保护区建设要充分考虑区系的演化历史，这为中国生物多样性保护和保护区建设提供了坚实的科学基础。

该成果发表于《自然》杂志（Nature, 2018, 554: 234-238）。



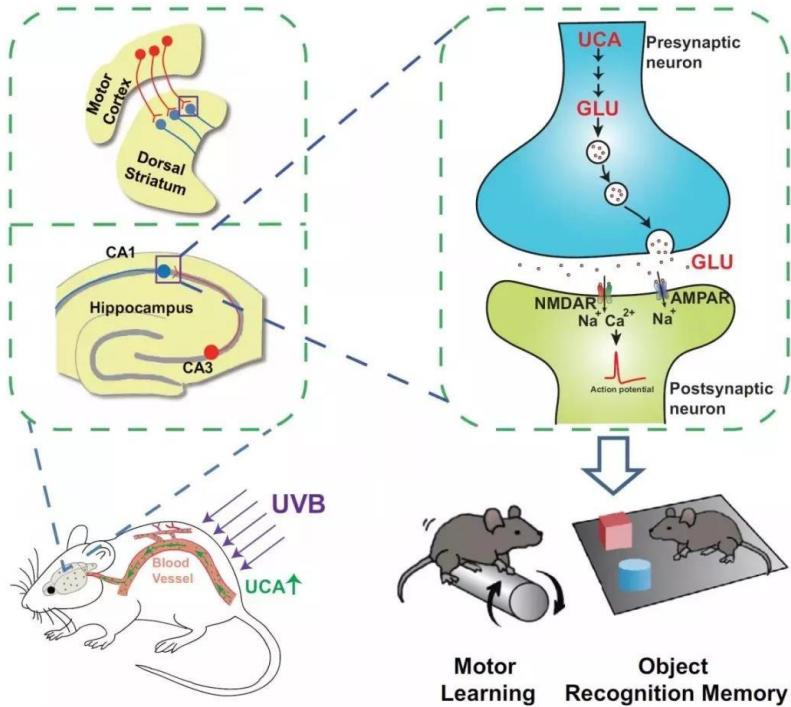
中国被子植物时空分化格局（平均分化时间约 2 千万年的分界线将中国分成东部和西部，东部区系古老，保存了生命树上的早出支系；西部区系年轻，是生命树上晚出支系的近期分化中心。）

脑内新型谷氨酸合成通路参与学习记忆

谷氨酸在大脑内具有参与细胞内蛋白合成、能量代谢以及兴奋性神经信号传递等多种重要的生理功能，因此其生物合成途径的发现对于了解大脑工作机理以及探索相关疾病发生机制都将起到非常重要的作用。

中国科学技术大学熊伟研究组和黄光明研究组合作，依托自主开发的单细胞质谱技术，发现了一条脑内谷氨酸生物合成的新途径，并成功解析了该谷氨酸合成途径在日光照射改善学习记忆中的作用机制。该研究是自上世纪 70 至 80 年代之后，再度在大脑内发现新的谷氨酸生物合成通路，对该通路的深入研究则进一步拓展了人们对于脑内谷氨酸生理功能的认知。

该成果发表于《细胞》杂志 (Cell, 2018, 173: 1716-1727)。



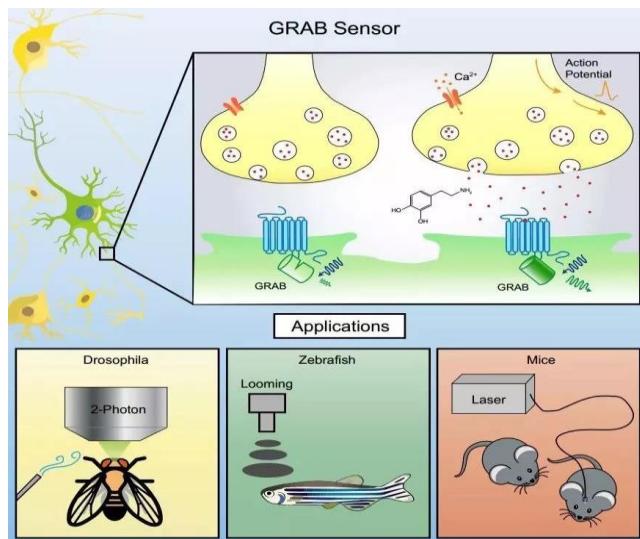
日光照射改善学习记忆的分子及神经环路机制

新型可遗传编码神经递质荧光探针的开发

如何在拥有数十亿个神经细胞、数万亿个突触连接的大脑中精确检测神经递质的释放是长久以来困扰科学家的一个难题。

北京大学李毓龙团队将荧光蛋白与特异性的人源神经递质受体巧妙地进行分子水平的融合和改造，开发出新型可遗传编码的乙酰胆碱和多巴胺荧光探针，具有高灵敏度、分子特异性、精确的空间分辨率和亚秒级响应速度，可在活体果蝇、斑马鱼、小鼠的大脑中实时检测多种行为模式中相关神经递质的变化。此外，该团队正在积极开发更多新的神经递质和调质的荧光探针，目前已在去甲肾上腺素、五羟色胺、腺苷、三磷酸腺苷和神经肽的探针开发工作中取得了重要进展，这将为研究大脑的功能提供重要的工具。

相关成果发表于《细胞》(Cell, 2018, 174: 481-496)、《自然-生物技术》(Nature Biotechnology, 2018, 36: 726-737) 等杂志。



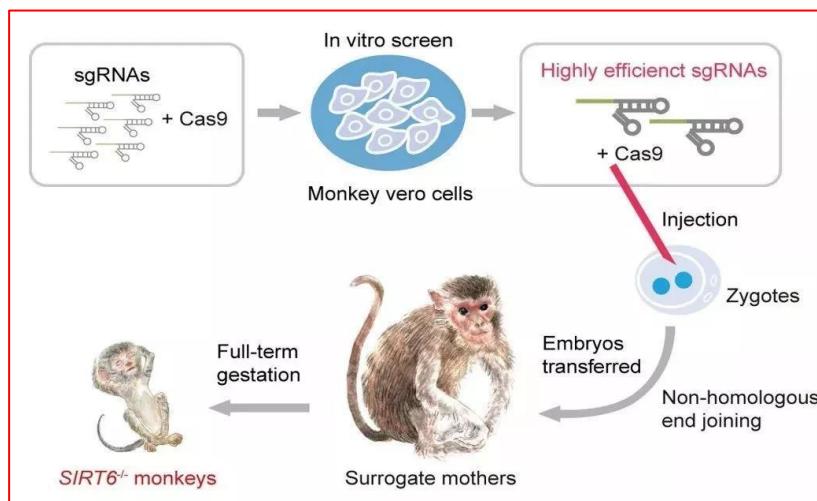
新型可遗传编码神经递质荧光探针的开发及应用

灵长类动物发育和寿命调控关键通路获揭示

衰老是机体生理功能随时间逐渐退化的过程，是人类慢性疾病的最大风险因素。虽然基于低等模式生物的研究发现了一系列调节衰老和寿命的基因，但这些基因在灵长类动物的作用却鲜为人知。

中国科学院生物物理研究所刘光慧研究组与中国科学院动物研究所胡宝洋研究组及李伟研究组合作，实现“长寿基因”SIRT6在非人灵长类动物中的全身敲除，获得了世界上首例长寿基因敲除的食蟹猴模型，进而揭示SIRT6基因在调节灵长类胚胎发育方面的全新作用。该研究首次阐释了灵长类和啮齿类动物在衰老和寿命调节通路方面的差异，为开展人类发育和衰老的机制研究以及相关疾病的治疗奠定了重要基础。

该成果发表于《自然》杂志（Nature, 2018, 560: 661 – 665）。



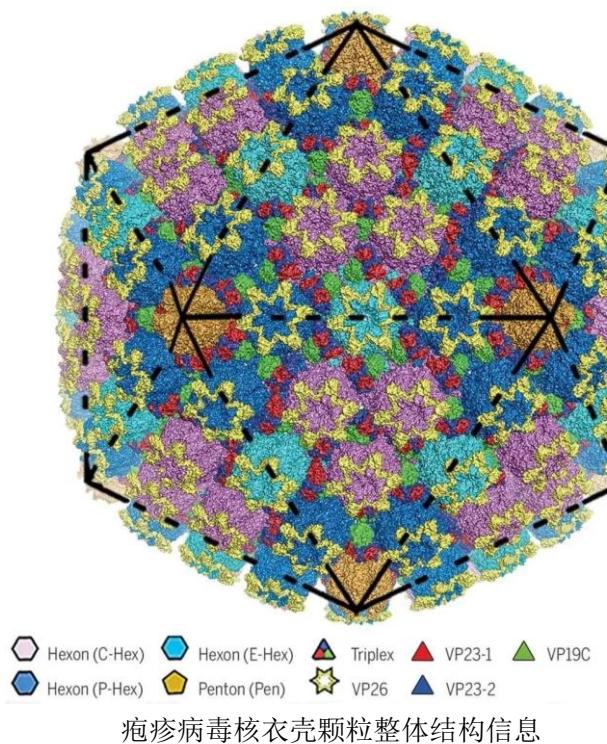
SIRT6 基因缺失的食蟹猴表现为出生前发育迟缓

疱疹病毒的组装和致病机理

疱疹病毒感染能够引发人类多种疾病，包括口腔和生殖器疱疹、水痘、带状疱疹，严重的甚至包括多种免疫系统疾病、脑炎以及癌症等。

由中国科学院生物物理研究所饶子和院士研究团队的首席研究员王祥喜等联合攻关，首次报道了疱疹病毒 2 型核衣壳原子分辨率结构，阐明了核衣壳蛋白复杂的相互作用方式和精细的结构信息，提出了疱疹病毒核衣壳的组装机制和致病机理，为有效防治疱疹病毒的感染和开发新一代高效溶瘤病毒技术提供新策略。此外，该工作在技术方法学还有重大突破，针对于“大尺度颗粒”的重构方法的应用，使得冷冻电镜结构解析的应用范围进一步推广，从而推动结构生物学的进步与发展。

该成果发表于《科学》杂志（Science, 2018, 360: eaao7283）。

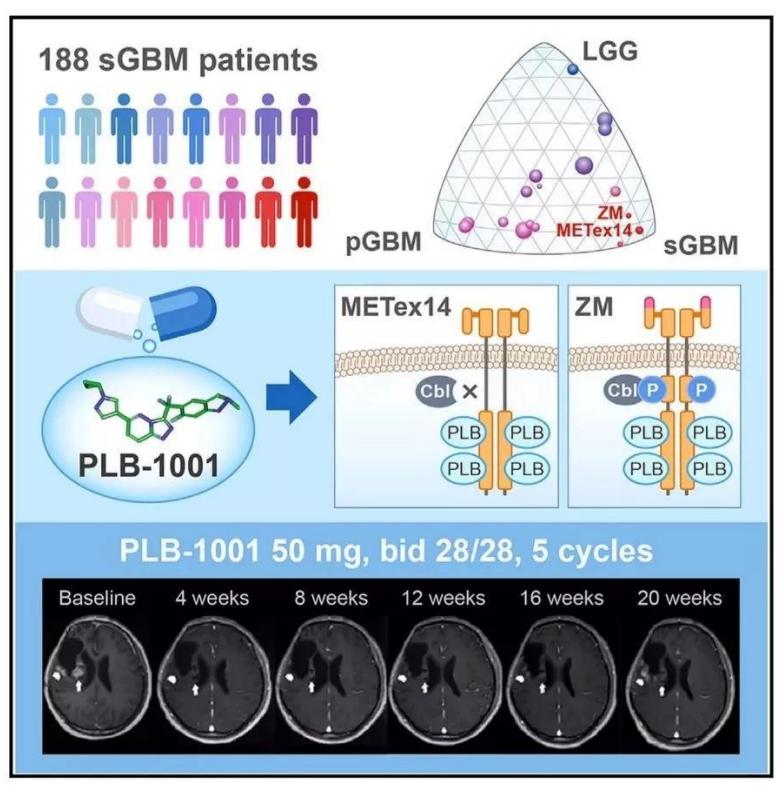


多维基因组学大数据指导下的继发胶质母细胞瘤精准治疗

脑胶质瘤是最常见的成人颅内恶性肿瘤，致残致死率高。继发性胶质母细胞瘤(sGBM)恶性进展的分子机制尚不明确，目前尚无针对性的临床治疗方案。

首都医科大学北京市神经外科研究所、首都医科大学附属北京天坛医院江涛团队一直致力于脑胶质瘤恶性进展方面的基础及临床转化研究，并于 2018 年联合香港科技大学王吉光团队和北京师范大学樊小龙团队，首次证实 MET 基因系列变异是驱动脑胶质瘤恶性进展的关键机制；首次在基因变异全景图的广度提出继发性胶质母细胞瘤克隆进化模型；并研发高效通过血脑屏障、高特异性 MET 单靶点抑制剂 PLB-1001，完成 I 期临床试验，开辟了从融合基因角度研究脑胶质瘤恶性进展机制的新领域，充分体现了“从临床中来，到临床中去”的研究思路和理念。

该成果发表于《细胞》杂志 (Cell, 2018, 175: 1665-1678)



MET 基因系列变异驱动脑胶质瘤恶性进展的关键机制及 I 期临床试验

信息来源: <https://mp.weixin.qq.com/s/7uhnGBXBcWe38zVK-YBmvw>

福布斯：2019 可再生能源六大趋势

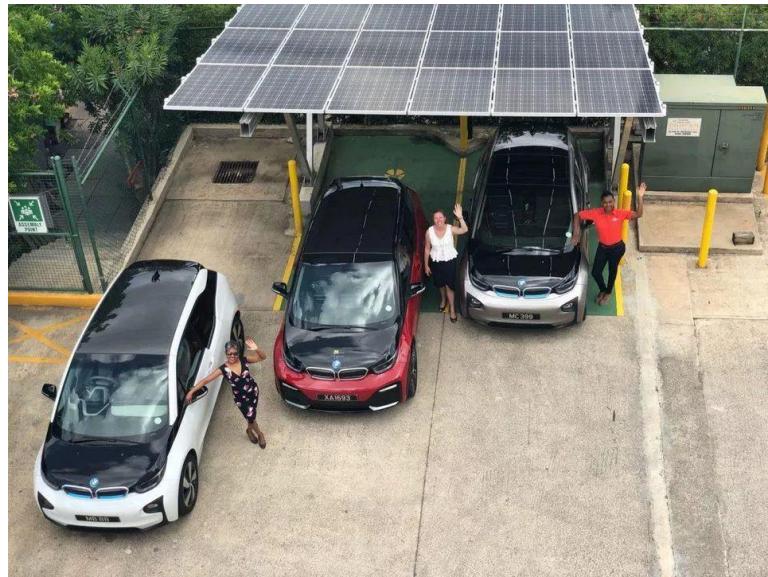
《福布斯》杂志预计，可再生能源今年将有以下六大大发展趋势：

一、能量存储

储能在电力供需平衡中发挥着重要作用，是解决可再生能源间歇性问题的关键。将存储系统与可再生能源相结合，即使在天气条件不适合发电的情况下，也能保证平稳稳定的供电。

电池是可再生能源系统中最常用的存储设备，在住宅和电网中使用越来越多。预计储能技术将继续改进，使其使用更加可行和廉价，储能将成为未来所有新能源技术的核心组成部分，因为公用事业规模和国内储能解决方案都变得更具价格竞争力，侵蚀了传统能源的优势。

在加勒比海的巴巴多斯岛，旧的电动汽车电池正在被再次加以利用，以提供电网储能并延长其使用寿命。



像 Barbados 这样的岛屿正在大力投资电动汽车

二、微电网和人工智能

微电网是一种本地能源电网，既可以独立运行，也可以连接到较大的传统电网，在紧急情况下提供能源独立、效率和保护。利用人工智能(AI)的机器学习能力和微网格控制器，可以持续适应和改进操作。

随着支持设计工作可以在一天内完成的新软件的出现，微电网的部署速度将大大加快。圣地亚哥科技公司 XENDEE 与 WorleyParsons 集团合作，推出了一套先进的微电网设计工具包，可以提供比传统方法节省 90% 的时间和成本来设计出解决方案。

从加利福尼亚到太平洋岛屿，微电网正成为人们关注的焦点。帕劳是一个太平洋岛国，是世界上第 13 小的国家，但它已经承诺建造世界上最大的微电网——35MW 的太阳能电池板和 45 兆瓦时的储能。认识到岛屿正处于经历气候变化影响的前线，并成为全球能源转型的基础后，这一努力是该国到 2050 年过渡到 70% 可再生能源的目标的一部分。

三、能源区块链和物联网

最初开发用于记录加密货币交易的区块链技术现在正被用于能源市场。区块链是一个通过对等网络进行和记录交易的廉洁数字账本。区块链缺乏集中化，这使得它成为消除电力供应商中间商的理想选择。它减少了能源的不平等和低效率，并赋予消费者直接从其他消费者手中购买和销售能源的权力。

将区块链的分布式分类技术与我们用来接收和传递信息的日常设备(现在通常称为物联网)IoT 相结合，将对能源系统产生深远影响。通过正确的应用，设备可以在最优时间自主买卖能源，实时优化能源系统设置，对耗能设备的性能进行监控和分析。

这些技术正开始被用于突破性的项目，比如布鲁克林微电网(Brooklyn Microgrid)。该项目涉及一个社区供电的微电网，其所有者通过区块链技术相互买卖电力。此类项目的成功确保了它们将在更大范围内得到实施。

四、电网平价和成本下降

当一种替代能源的发电成本和性能水平可以达到或低于传统方法发电时，就会出现电网平价现象。在许多地区，太阳能和风能在价格和性能上已达到同等水平，新技术也在不断增强它们的竞争优势。

传统的大规模、自上而下和集中分布的能源生产模式正被模块化、消费者驱动和均匀分布的发电模式所取代。可再生能源一度被认为难以融入电网，但现在却有助于增强电网的可靠性和弹性。利用区块链、AI等自动化技术，可再生能源能自我优化，提高效率。

与传统能源相比，太阳能和风能的效率和成本效益更高，不断发展的技术将继续提高它们的价格和性能。结合经济效益和低环境影响，我们可以预期可再生能源将从可接受的能源转变为首选能源。

五、积极承诺

越来越多的企业、城市和国家正在接受减排目标和气候行动计划，以实现限制全球气温上升的目标。

到目前为止，全球 100 多个城市报告说，它们的能源生产中至少有 70% 来自可再生能源，目前有 40 多个城市使用的是 100% 的可再生电力。另有数百个城市承诺致力于实现 100% 可再生能源发电的目标。认识到它们对气候变化的影响，158 家公司也承诺转向 100% 可再生能源。

2015 年《巴黎协定》签署后，许多企业和市政当局受到启发做出了这些承诺。有了 IPCC 政府间气候变化专门委员会)2018 年报告提供的新信息，我们可以预期，从化石燃料转向可再生能源的大胆承诺将会增加。

六、发展中国家的能源获取进展

当谈到令人兴奋的能源技术创新时，我们很容易忘记，世界上仍有相当大一部分人口根本无法获得能源。10 亿人还没用上电，数亿人的能源不可靠或昂贵得令人望而却步。

实现普遍获取能源是应对全球发展挑战的一个关键组成部分。能源市场正在发生的变化为能源获取问题提供了解决办法。以社区为基础的微电网可能是向目前无法获得电力的人提供负担得起和可靠电力的最具成本效益的方式。清洁、模块化和可再生能源系统是许多社区的理想选择，这些社区无法从传统的集中形式的能源生

产和输送中获益。

尽管政治因素常常阻碍进展，但新能源技术以及世界银行(World Bank)和SEforALL等国际组织的承诺，正在为向发展中国家提供能源供应奠定基础。随着成本和性能指标的不断提高，我们可以预计，可再生能源将越来越多地被用于向长期处于黑暗中的社区和地区提供电力。

信息来源：https://mp.weixin.qq.com/s/7_vl1FcPWXUiPyKEAll-Jw

2019 中国能源行业十大发展趋势展望

“元者，气之始也。”2019年伊始，在万物萧索的严冬中，新的生机正悄然孕育。2018年，能源行业经历了诸多曲折与沉浮，在一轮又一轮政策与市场的变迁中愈加坚定。

放眼2019，变革与不确定仍然是能源领域将要面对的现实，新的机遇和挑战必然加速行业洗牌。面对正在到来的变革，唯有立足当下，才能把握时代的机遇；唯有认清趋势，才能迎接未来的挑战。

新的一年，能源行业将会面临怎样的发展趋势？记者根据当前能源形势做出了如下预测。

预测一：电力体制改革加快 跨省电力交易扩大

2018年12月25日，国家电网公司召开发布会，明确下一步将着力抓好10项重点工作，不断把全面深化改革向纵深推进。

次日，国家发改委、国家能源局发布《关于请报送第四批增量配电业务改革试点项目的通知》，明确为加快向社会资本放开配售电业务，将继续组织开展第四批增量配电业务改革试点。



12月27日，甘肃、山西电力现货市场试运行启动，我国电力市场化改革取得标志性成果。

随着电力体制改革的推进，电力现货市场建设也将进一步加快，跨省区电力交易规模也将持续扩大。2019年，电力体制改革有望取得关键突破。

预测二：油气体制改革加速 管网独立取得突破

要真正有效打破油气领域垄断，推动油气领域纵向产业链的市场化、专业化分工，首先要实现真正的油气与管网的分离。

2018年，关于“油气管网独立、国家管道公司成立”的消息频频传出，而作为油气体制改革的重要步骤，成立独立运营的国家管网公司早在2017年国务院发布的《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》中就有所体现。

从国家对能源体制改革基本思路“管住中间，放开两头”来看，管网分离是油气体制改革的必由之路，此举有利于油气公司进一步深化混合所有制改革，预计国家管道公司或将于2019年春季成立。

预测三：新能源车逆势上行 氢能源是大势所趋

2018年经济下行压力较大，导致汽车销量一路走低，但新能源车却产销量持续保持高速增长。2018年1月~10月，新能源车销量已达85万辆，同比增长75%。氢燃料电池汽车因其具有良好的环境相容性、能量转换效率高、噪音小、续航里程长、加注燃料时间短、无需充电等特点，被视为很有前景的清洁能源汽车。且在能源资源获取上，氢气具有多种来源渠道，如利用风能、太阳能等可再生能源通过电解水方式获取，从工业废气中提纯获取，不会受到传统能源资源的限制。



目前，国内用于示范的氢燃料电池汽车已达200余辆，累计运行里程10余万公里。预计，2019年氢能源汽车产业将迎来高速发展期，到2030年，我国氢能汽车产业产值有望突破万亿元大关。

预测四：天然气产供创新高 供需仍处“紧平衡”

据《彭博商业周刊》2018年11月13日报道，中国已于2017年超过韩国成为世界第二大液化天然气（LNG）进口国，超越排名首位的日本已隐约在望。不过，同一天，路透社针对中国海关总署数据进行的测算认为，中国已取代日本成为全球最大的天然气进口国。

经历了2017年史无前例的“气荒”，去年以来，国家层面为天然气保供做足了准备。天然气产量和供应量再创新高，储气能力建设进展明显，预计全年天然气增产100多亿方、增供300多亿方，冬季取暖期供应量与去年同期相比，日均增加约1亿方。预计2019年，天然气供应量将继续稳步增加，但随着治理大气污染、“煤改气”的继续推进，天然气供需仍将处于“紧平衡”状态。

预测五：光伏步入平价时代 光储一体渐成趋势

在经历了2017年的突飞猛进后，维持新能源装机的可再生能源基金不堪重负，补贴缺口巨大。光伏的未来取决于是否能平价上网，降成本能力成为该行业核心竞争力。

2018年12月29日，由中国三峡集团建设的国内首个大型平价上网项目在青海格尔木正式并网发电。该电站平均电价0.316元/千瓦时，低于青海省火电脱硫标杆上网电价0.3247元/千瓦时。尽管国家能源局已明确2020年前光伏发电仍有补贴，但在电站指标竞争性配置的制度设计下，2019年必然会“以点带面”，开启光伏平价时代。



随着储能技术的快速提升和成本的不断下降，“光伏+储能”将在未来能源领域扮演重要的角色，预计2019年将有更多企业布局这一领域。

预测六：风电产业全年回暖 海上装机稳步向前

2018年风电行业加快推动海上风电和分布式风电发展步伐，在此前连续两年装机量下滑的态势下，实现了局面的扭转。海上风电曾是行业发展的短板，经过3年多的发展，无论是在可开发资源量上，还是技术政策层面上，我国海上风电目前已基本具备大规模开发条件。

据悉，福建省计划到2020年年底，海上风电装机规模达到200万千瓦以上；广东省则在全省规划了23个海上风电场址，总装机容量为6685万千瓦；江苏规划到2020年累计建成海上风电项目350万千瓦。

目前，风电企业经历两轮周期洗礼，龙头企业的竞争优势十分明显。预计2019年风电装机规模将呈现全年回暖的状态，达到30GW左右的水平。

预测七：配额制艰难出台 鼓励新能源发展

2018年11月15日，国家能源局再次下发征求《关于实行可再生能源电力配额制的通知》意见函，这是继去年3月、9月以来，配额制第三次征求意见。此次征求意见稿的主要内容包括对电力消费设定可再生能源配额，按省级行政区域确定配额指标，各省级人民政府应承担配额落实的责任，售电企业和电力用户应协同承担配额义务，电网企业应承担经营区配额实施责任，电力交易机构应做好配额实施与电力交易衔接等。



可以说，艰难出台的配额制将为新能源发展增添一大驱动力，从地方政府、电网公司的角度，形成新能源发电量、输电量的考核压力，从而鼓励新能源的发展。预计，2019年度配额指标将于上半年发布。

预测八：国网混改再提速 特高压迎建设高峰

2018年9月，国家能源局下发《关于加快推进一批输变电重点工程规划建设工作的通知》，将在2018年、2019年两年间核准9个重点输变电线路，共涉及“七交五直”12条特高压线路，这是继2012年大规模规划建设特高压之后的又一个建设高峰。12月25日，国家电网公司召开新闻发布会，宣布在前期增量配电、交易机构和抽水蓄能电站等混合所有制改革探索的基础上，继续加大“混改”范围和力度，推出向社会资本首次开放特高压建设投资等一系列举措。



值得注意的是，除国内市场打开外，特高压海外市场前景也十分广阔。一般而言，特高压建设周期在2年~3年左右时间，这意味着2019年会成为交货大年，2020年设备厂商或将迎来业绩高峰。

预测九：“三弃”问题有缓解 新能源高质量发展

根据国家能源局的数据显示，2018年前三季度，可再生能源发电消纳情况持续好转，弃电量和弃电率保持下降趋势，其中，并网风电设备利用小时数1565小时，同比增加178小时，弃风电量222亿千瓦时，同比减少74亿千瓦时；全国平均弃风率为7.7%，比去年同期减少了4.7%。弃光率平均2.9%，同比显著下降；全国弃水电量累计达到533亿千瓦时，比去年同期减少了88亿千瓦时。

预计2019年，全国可再生能源发电利用率进一步提升，弃电量和弃电率保持在合理水平，到2020年基本解决弃水弃风弃光问题。

预测十：煤化工市场发力 促关联产业发展

在国家能源安全和油价缓慢回升的形势下，煤化工市场正在重回快车道。2018年12月召开的全国能源工作会议上，有关领导强调，科学有序推进煤制油、煤制气等示范项目。目前，我国煤制油、煤制天然气等现代煤化工技术尚属新行业，煤化工项目投入和产出规模大，对带动关联产业发展和促进地方经济活力影响深远。同

时，由于煤化工项目涉及水资源消耗、土地占用、环境污染，以及产品质量标准、定价、市场准入等问题，我国现代煤化工产业发展面临着产业政策不完善、重视不足等问题，一些核心技术、设备也受制于人。



作为国家支持的能源行业发展方向，预计 2019 年，煤制油、煤制气产业政策将逐步完善。

回首过去，2018 已在时光的滚滚车轮中渐行渐远；放眼未来，2019 将把光阴的故事继续诉说。面对远方，我们只能风雨兼程，愿 2019 年，能源行业再塑辉煌。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/i0All4QsLXKZqE-KDkHmma>

全国 46 个重点城市垃圾分类取得积极进展

近日从住房和城乡建设部了解到，我国垃圾分类工作已由点到面逐步启动，全国 46 个重点城市垃圾分类工作取得积极进展，已形成一些可复制、可推广的经验。

从垃圾分类覆盖面来看，46 个重点城市均公布了实施方案，建立了市区两级的工作协调机制，并着力推进生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输和分类处理设施体系建设。其中，有 41 个城市已开展垃圾分类示范片区建设，19 个城市出台了示范片区建设和验收标准。

从立法上看，有 16 个城市已出台生活垃圾分类地方性法规或规章，26 个城市将垃圾分类工作列入立法计划，2017 年以来，厦门、西宁、广州、重庆、太原分别发布了垃圾分类地方性立法。

据统计，截至目前，46 个城市累计参加的志愿者人数达到 38 万多人。垃圾分

类进校园也在逐步推进，目前有 17 个城市在属地所有学校开展了垃圾分类的教育工作。厦门、深圳、广州等 9 个城市已印发了幼儿园、小学、中学三个版本垃圾分类教材和知识读本。

住建部相关负责人介绍说，上海、厦门、深圳、宁波、杭州等城市的经验核心共同点是，全市动员广泛参与，充分发挥人民群众的力量，特别是上海把垃圾分类工作与基层党的建设和调动基层群众积极性有机结合，与建设美好环境和幸福生活有机结合，使广大群众真切感受到垃圾分类对改善城乡环境面貌、构建和谐社区关系。这些经验和做法值得在全国推广应用。

同时，党政军机关等公共机构率先推行生活垃圾分类。截至目前，134 家中央单位、27 家驻京部队已开展生活垃圾分类，全国各省直机关普遍推行生活垃圾分类。具体来看，上海围绕“有害垃圾、可回收物、湿垃圾、干垃圾”四分类，实行了落实四级联动、注重整区推进、采取分类补贴、实施双向监督、搭建信息平台等工作制度，进一步创新了垃圾分类工作的体制机制；厦门市以社区为基本单元，努力构建“纵向到底、横向到边、协商共治”的社会治理体系，推进垃圾分类工作；深圳市完善顶层设计，建立分流分类、宣传督导、责任落实三大体系，努力提高回收利用率和居民参与率，目前中心城区已实现生活垃圾分类全覆盖。

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1048383-1.html>

作物基因组编辑的国际态势

本文综合利用定性调研和文献定量分析的方法，对作物基因组编辑技术的研发现状、重要国家、重要机构和研究主题进行分析，相关研究结果可为我国相关领域未来的研发布局和决策提供参考依据。

引言

基因组编辑技术是近年来飞速发展的一种对基因组 DNA 实现靶向修饰的新技术，相关研究始于 20 世纪 80 年代末，距今已有 30 年的发展历程。目前，基因组编辑技术包括归巢核酸酶(meganucleases, MN)、锌指核酸酶(zinc finger nucleases, ZFN)、转录激活因子样效应物核酸酶(transcription activator-like effector nucleases, TALEN)和成簇的规律间隔的短回文重复序列及其相关系统(clustered regularly interspaced short palindromic repeats associated cas system, CRISPR/Cas)等四类。

基因组编辑技术作为一项重要的新兴前沿技术，已在生命科学基础理论研究、经济物种的遗传改良以及人类健康等领域得到广泛应用，掀起了一场颠覆性的革命。2012 和 2013 年，*Science* 分别将 TALEN 和 CRISPR/Cas9 技术评为年度世界十大科学进展之一；2014 年，*Nature methods* 将基因组编辑技术评为近十年中对生物学研究最有影响力的方法之一；2015 年，*Science* 将 CRISPR/Cas9 技术评为 2015 年十大科

学突破之首(2015 Breakthrough of the Year); 2016 年, 麻省理工科技评论(MIT Technology Review)将植物基因精准编辑技术列为当年的十大突破技术(2016 Breakthrough of the Year); 2017 年, Science 将单碱基基因编辑技术评为十大突破之一(2017 Breakthrough of the Year)。目前, 基因组编辑技术在模式植物或作物的基础研究中得到广泛应用, 一些利用这些技术研发的作物品种也已获得商业化许可, 预计未来几年基因组编辑作物品种将在全球范围内快速发展。由于基因组编辑技术显示出巨大优势, 农业跨国企业纷纷调整战略布局, 加大相关领域的各项投入, 力图占领基因组编辑技术在农业领域发展和应用的主导地位。

在此背景下, 本文综合利用定性调研和文献定量分析的方法, 对作物基因组编辑技术的研发现状、重要国家、重要机构和研究主题进行分析, 旨在了解全球作物基因组编辑技术的发展和应用现状, 以期为我国相关领域的研发布局和决策提供参考依据。

1 数据来源及方法

1.1 数据来源

本文中的论文数据来自科睿唯安公司的科学引文索引数据库(science citation index expanded, SCIE), 通过基因组编辑关键词+作物的检索策略在数据库中对相关研究论文进行检索, 共获得 1237 篇研究论文。其中, 作物包括水稻、小麦、大豆、棉花、油菜、玉米、马铃薯、茄子、番茄、白菜、黄瓜等物种, 模式植物包括拟南芥。筛选的文献类型包括 article, letter 和 review, 数据获取日期截至 2017 年 12 月 31 日。

本文中的专利数据来自 DI(derwent innovation)和 DII(derwent innovation index)专利数据库, 通过基因组编辑关键词+作物的检索策略在数据库中对相关专利进行检索, 共获得 2697 件专利。数据分析工具包括数据分析软件(derwent data analyzer, DDA)、可视化分析软件 Citespace 和社会网络分析软件 UCINET。

1.2 方法

统计计量。数据下载后, 将数据导入 DDA 分析工具中进行数据清洗, 再利用 EXCEL 和 UCINET 等工具进行数据分析、统计和图表绘制。

(2) 研究热点分析。CiteSpace 是用来分析、挖掘和可视科研文献数据的应用软件, 通过分析寻找学科领域的研究热点, 并以可视化的方法呈现。通过 CiteSpace 对论文的关键词进行分析、探索和分析作物基因组编辑技术领域的热点主题及其发展趋势。其中节点大小表示关键词的频次, 节点越大, 被引频次越高。

(3) 专利研发主题分析。通过 Derwent Innovation 平台中的 THEMES 主题分析功能, 对技术领域的研发主题进行可视化分析, 形成专利主题分布全景图。其中山峰表示相似专利形成的不同技术主题, 白色表示专利集中领域和热点。

(4) 核心专利遴选。通过 Innography 平台的专利强度评价指标，对专利进行潜在价值评分。其评分依据来自于专利引证、诉讼数量、权利要求数及长度、审查时间等十余项指标，从 0~100% 分为 10 级，专利强度越大说明该专利价值越高，本文中的核心专利是指专利强度在 80% 及以上的专利。

2 作物基因组编辑技术基础研究情况分析

2.1 研究论文发文数量年度变化趋势

根据作物基因组编辑发文量的分布特点，其研究历程大致分为三个阶段(图 1)。

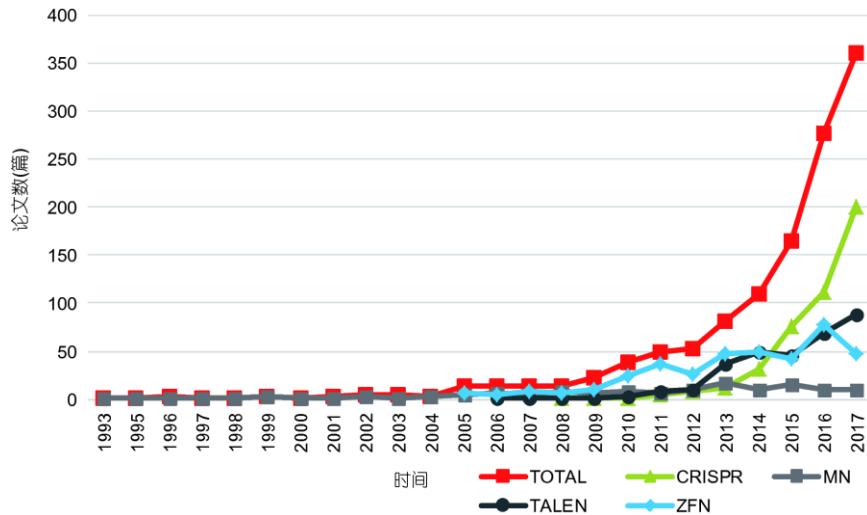


图 1 作物基因组编辑技术文献年度分布

1993~2008 年为起始阶段。此时，作物基因组编辑技术的相关研究论文数量较少，发文量均小于 10 篇。作物基因组编辑相关研究的首篇文章由法国巴斯德研究所的研究人员发表于 1993 年，涉及 I-SceI 诱导的双链 DNA 断裂可以提高烟草同源重组频率等内容，掀开了利用序列特异性核酸酶开展作物基因组精准操作时代序幕。

2009~2012 年为缓慢发展阶段。在此期间，作物基因组编辑技术相关研究的发文量缓慢增长。相对而言，ZFN 技术的发文数量较多，如 2011 年的最高发文量达到 36 篇，为该阶段研究较热的基因组编辑技术。

2013 年至今为技术快速发展阶段。在此阶段，CRISPR/Cas9 技术发展迅猛，其发文量呈指数增长趋势，2017 年的发文量比 2013 年的发文量增长了近 16 倍。其中，CRISPR 最初是作为细菌的免疫防御系统而被发现的，其作为一种编辑工具的转折点是始于 2012 年的一项重要研究成果的报道，即 Jennifer Doudna 课题组将其改造为高效精准基因组编辑工具并在体外实验中验证成功。在随后不到一年的时间里，麻省理工学院张锋团队和哈佛大学 George Church 团队先后发表了 CRISPR/Cas9 系统在小鼠和人类细胞中的应用，从而使该技术实现了在真核生物中的应用。同年，美国麻省总医院、塞恩斯伯里实验室和中国科学院等机构的研究人员分别利用 CRISPR/Cas9 技术在双子叶植物拟南芥、烟草及单子叶植物水稻、小麦中进行基因

组修饰。此后，世界各国研究人员开始聚焦这个新的研究领域，掀起了新一代基因组编辑的狂潮。

2.2 四种分支技术的研究论文数量分析

从作物基因组编辑技术各分支技术的文献数量来看(图 2)，CRISPR 相关研究的文献量最多，共 447 篇，占总量的 36.14%；其次为 ZFN 技术，其相关研究的文献量为 387 篇，占总量的 31.29%；文献量排第三的为 TALEN 技术，有 286 篇，占总量的 23.12%；文献量最少的为 MN 技术，有 147 篇，占总量的 11.88%。

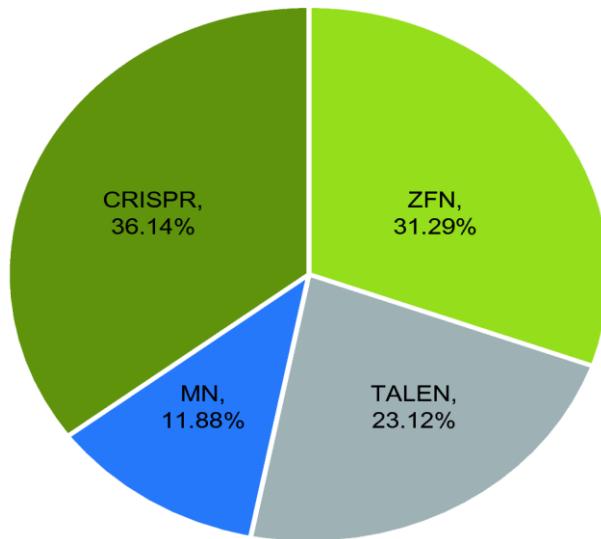


图 2 作物基因组编辑技术文献量对比，各分支的文献之间有少量重叠

2.3 研究主题分析

作物基因组编辑技术研究主题演化结果如图 3 所示。1993~2000 年，相关研究热点主要集中在 MN 技术的作用原理或机制及其在作物中应用等。例如，研究发现来自酿酒酵母的 I-SceI 核酸内切酶可以诱导 DNA 双链断裂(DNA double-strand break, DSB)，可使同源重组频率提高几个数量级；此外，将目标载体通过农杆菌介导的方法在拟南芥、玉米等作物中进行稳定遗传转化，研究 MN 技术的功效也是研究热点之一。2001~2009 年，锌指核酸酶的研究最为活跃，基因组编辑技术的作用机制研究进一步深入，包括双链断裂机制、同源重组和晶体结构的研究；此时，基因组编辑技术也经历了从在模式作物中研究基因表达转变为在水稻等主要作物中基因突变的功能研究。2010~2017 年期间，TALEN 和 CRISPR 技术相继出现，基因组编辑技术尤其是 CRISPR/Cas9 的优化改造和靶向诱变成为该时期的研究热点，具体内容包括对基因组编辑系统中的组成部分，如核酸酶、DNA 结合特异性、III 型效应子等改进研究，以增强识别特异性。

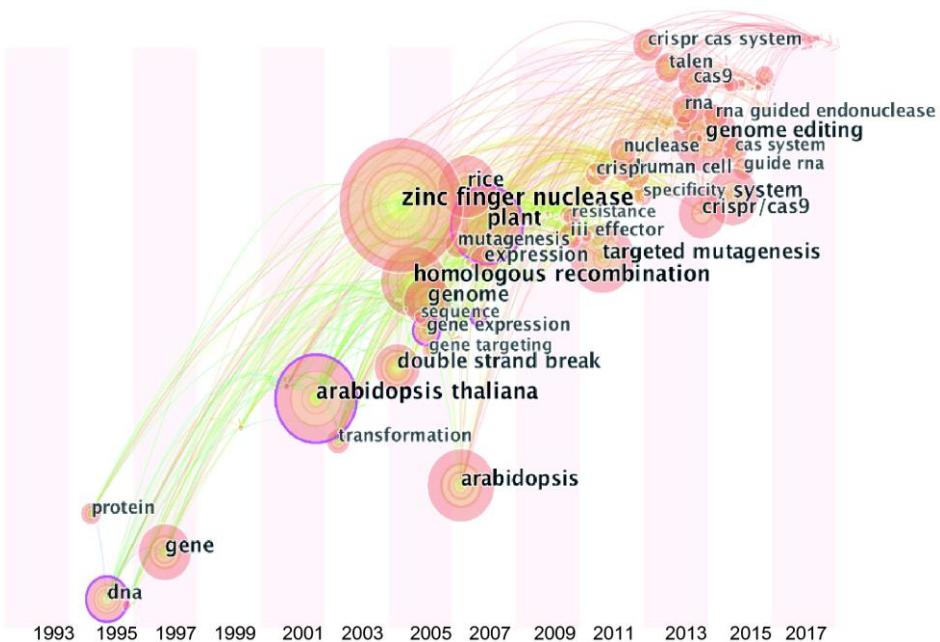


图 3 作物基因组编辑技术热点年度分布

2.4 重要国家分析

从发文量年度变化趋势上来看(图 4), 以美国为代表的欧美发达国家在该领域具有较强的领先优势, 我国后续发展迅速。法国于 1993 年最早发表了作物基因组编辑技术相关的研究论文, 但其后续研究论文数量增长较为缓慢。美国自 1996 年开始开展了相关领域的研究, 此后发文量呈快速增长趋势, 并且位居全球前列。日本和德国分别在 1997 和 1998 年开始进行相关研究, 但是后续研究发文量增长缓慢。我国自 2003 年开始从事该领域的研究, 尽管研究起步较晚, 但是后续发展快速, 2013 年后的发文量几乎呈指数增长, 并超越德国、法国和日本, 2017 年首次超过美国, 成为该领域年度发文最多的国家。

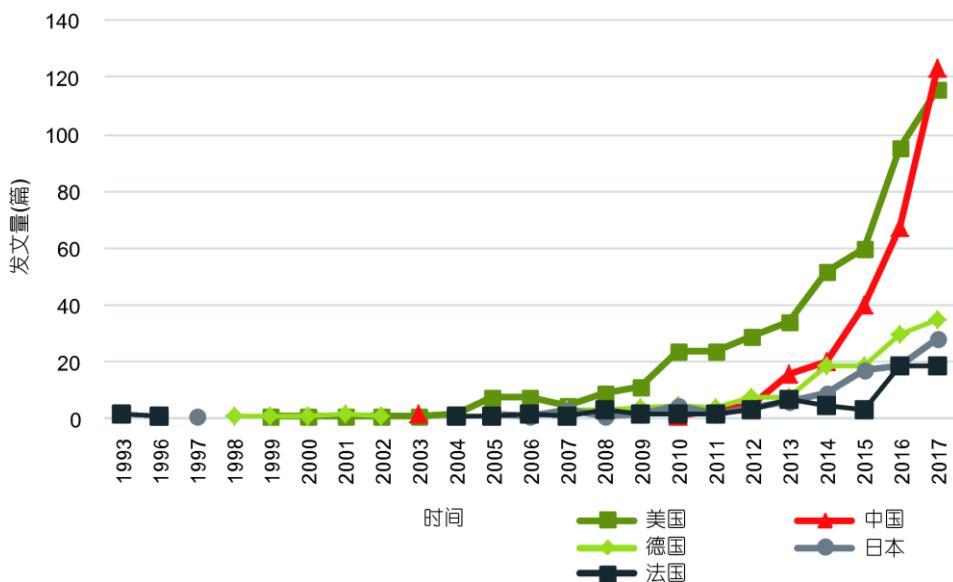


图 4 基因组编辑技术发文量年度变化趋势

从国家合作情况看，TOP20 国家合作紧密，形成了一个来往密集的合作网络，其中方框大小代表发文量的多少，箭头粗细代表共同合作文章的密切程度(图 5)。美国处于重要位置，与多个国家均有合作研究。其中，美国与中国合作论文的数量最多(75 篇)，且主要集中在 2011~2017 年，研究内容涉及 CRISPR-Cas9 系统、CRISPR-Cpf1 系统和基因沉默等方向。此外，美国和法国的合作研究也较多，共同发表了 19 篇研究论文，主要集中在 2005~2016 年，研究内容涉及 TALEN 鉴定工具、多重靶向基因组编辑、双向转录和阻遏系统等方向。

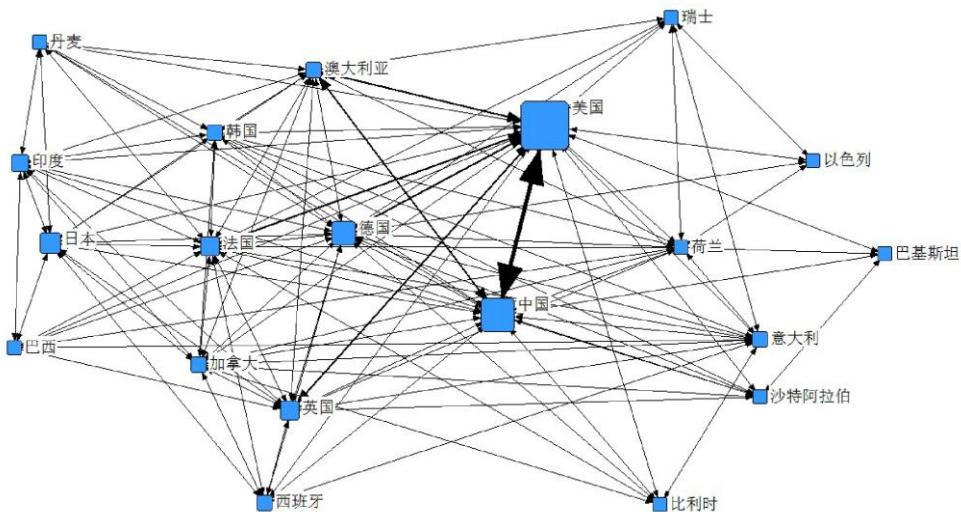


图 5 作物基因组编辑技术发文 TOP20 国家合作网络

从发文量排名 TOP10 国家的四个分支文献量分布来看(图 6)，美国、德国和法国在 4 种基因组编辑技术的布局较为均衡，其他国家则有所侧重。其中，中国、日本、英国和韩国偏重在 CRISPR 技术领域，印度和澳大利亚偏重在 ZFN 技术领域，加拿大偏重在 MN 技术领域。

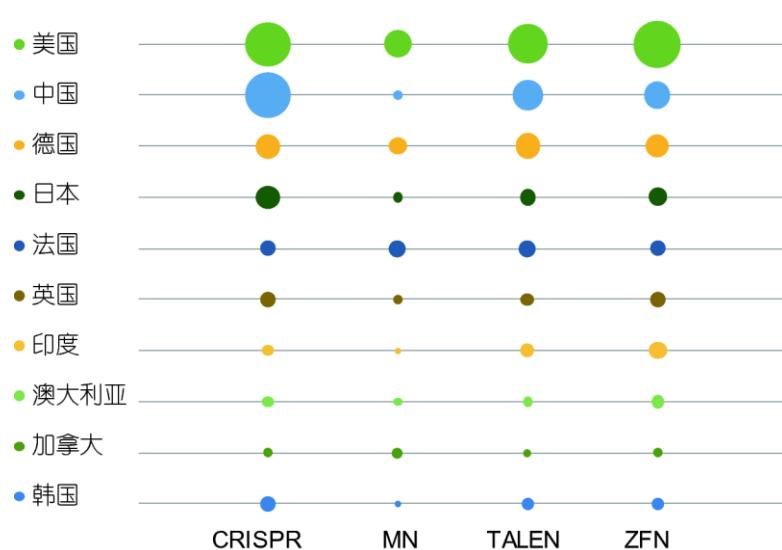


图 6 作物基因组编辑技术文献量排名 TOP10 国家的技术分布

2.5 重要机构分析

从发文量排名 TOP20 机构来看(图 7)，作物基因组编辑技术的基础研究主要以科研机构和大学为主。其中，中国科学院(78 篇)、爱荷华州立大学(54 篇)和明尼苏达大学(48 篇)的发文数量位居全球前三位；排第四位和第五位的分别是中科院农业科学院(30 篇)和马普协会(28 篇)。尽管中科院、美国爱荷华州立大学和明尼苏达大学等机构在作物基因组编辑技术领域的基础研究具有明显优势，但是其侧重的技术分支各不相同。其中，中科院在 CRISPR, TALEN 和 ZFN 上均开展了相关研究，但是侧重于 CRISPR 领域，其近年来主要围绕 CRISPR 和 TALEN 技术在水稻等作物中的应用开展相关研究。爱荷华州立大学和明尼苏达大学以合作方式发表了多篇基因组编辑相关的研究论文，是最早从事 TALEN 技术研究的机构之一，在 TALEN 等技术上具有领先优势。

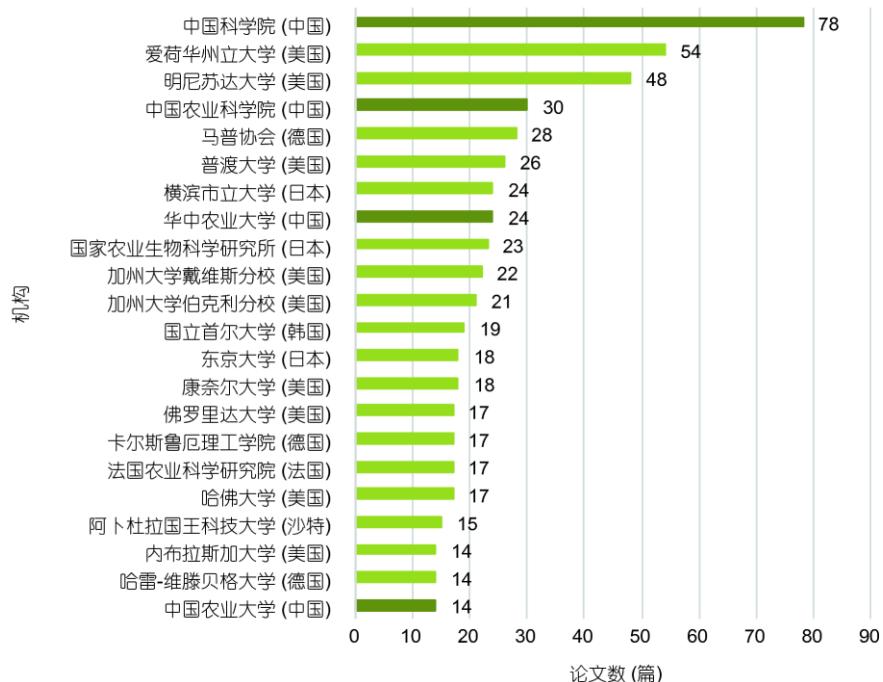


图 7 作物基因组编辑技术发文 TOP20 机构分析

从合作关系上看(图 8)，TOP20 机构合作彼此紧密，中科院与美国普渡大学的合作数量最多(15 篇)，且主要集中在 2013~2017 年，研究内容涉及 CRISPR/Cas 系统、CRISPR-Cpf1 系统、diRNAs 和转录因子等。爱荷华州立大学、明尼苏达大学、哈佛大学、内布拉斯加大学和加州大学戴维斯分校等美国大学之间的合作关系也较为密切，主要涉及遗传转化、转录激活因子、定向诱变和 CRISPR-Cpf1 系统等内容。此外，日本国家农业生物科学研究所和日本横滨市立大学的合作关系较为密切，双方在 2010~2016 年期间共发表了 15 篇研究论文，主要研究 TALEN 介导靶向突变、精准定向突变和 CRISPR/Cas 系统等。

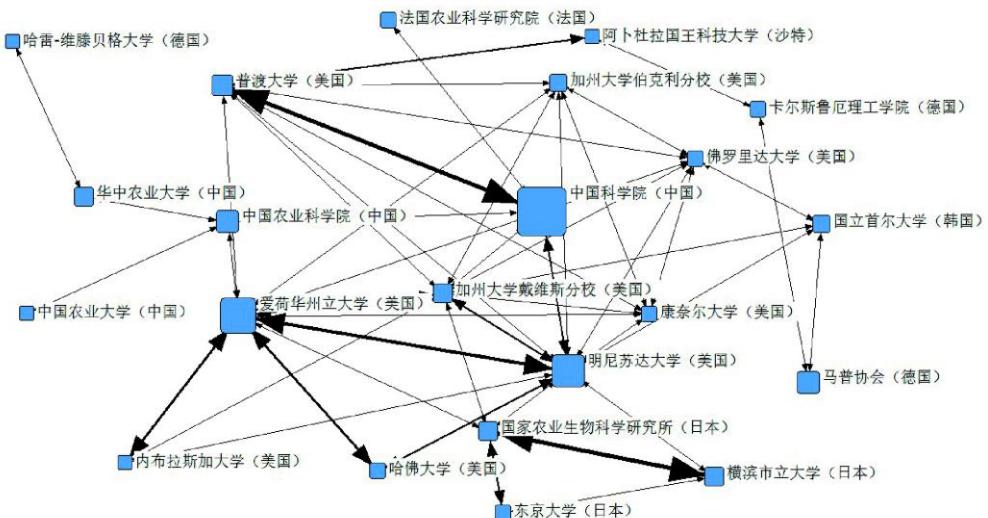


图 8 作物基因组编辑技术发文 TOP20 机构合作网络

3 作物基因组编辑技术的技术研发现状

3.1 四种分支技术的专利数量分布情况

从作物基因组编辑技术专利数量分布来看(图 9), CRISPR 技术的专利数量最多, 达 1259 件, 占总量的 46. 68%; 其次为 MN 技术, 其专利数量达 1104 件, 占总量的 40. 93%; ZFN 技术的专利数量排名第三, 为 978 件, 占总量的 36. 26%; 专利量最少的为 TALEN 技术, 达 751 件, 占总量的 27. 85%(各分支的专利之间有少量重叠)。

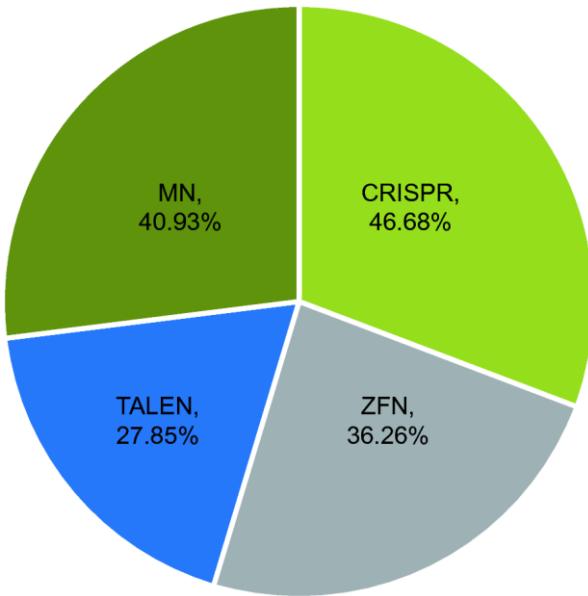


图 9 作物基因组编辑技术专利数量对比

3.2 作物基因组编辑技术的重要发展历程

作物基因组编辑技术发展历程如图 10 所示。其中，MN 技术的核心专利出现时间较早，集中在 2002~2010 年，并且近年来相关核心专利不再出现。MN 技

术核心专利主要掌握在拜耳、Collectis 和巴斯夫等公司手中，相关内容主要涉及利用归巢核酸酶进行精确的基因组重编程并开发出工业化生产核酸酶的方法、在预期位点修饰作物基因组的方法和通过同源重组对 DNA 实现靶向诱变等。

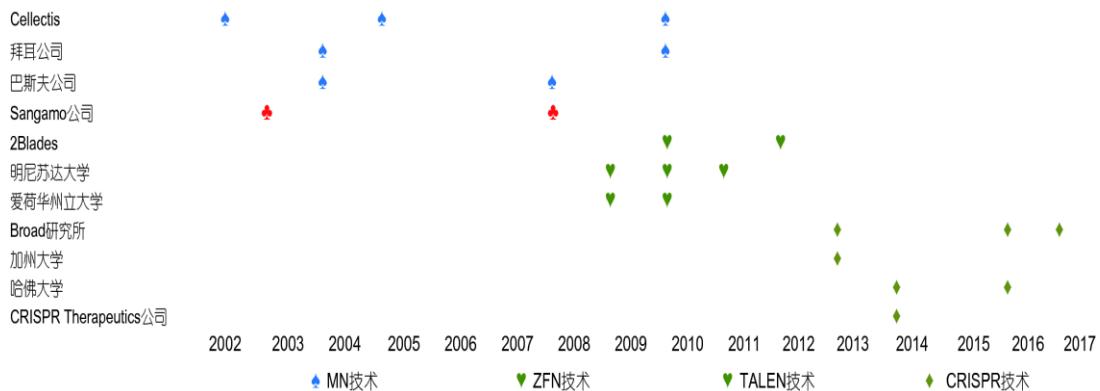


图 10 作物基因组编辑核心技术发展历程

ZFN 核心专利集中分布在 2003~2008 年，近年来未见该领域的核心专利出现。目前，ZFN 技术主要被 Sangamo 公司掌控，内容涉及利用锌指核酸酶提高同源重组的方法、利用改造的锌指蛋白调控作物内源基因表达等。

TALEN 核心专利主要分布在 2009~2012 年，此后无相关核心专利出现。目前，该技术主要掌握在 2Blades、明尼苏达大学和爱荷华州立大学等公益性机构手中，并已被授权于多个农业领域领军企业，如拜耳、杜邦先锋和孟山都等。相关核心专利主要涉及 TALEN 技术的研发、利用 TAL 效应子的重复结构域选择性识别靶向 DNA 序列的方法等。

CRISPR 技术核心专利自 2013 年后才出现，时间最晚，主要集中在 Broad 研究所、加州大学、哈佛大学和 CRISPR Therapeutics 等机构，技术内容涉及 CRISPR-Cas 载体系统和 RNA 直接靶向 DNA 修饰调控转录的方法、调控多种靶向核酸以及新的单分子向导 RNA 等方法、对新型的 CRISPR 酶及相关体系的研究等。目前，有关 CRISPR 基因组编辑技术专利权归属上仍存在诸多争议。其中，Broad 研究所获得美国的专利授权，加州大学伯克利分校获得中国和欧洲的专利授权，Collectis 等其他多方也声称拥有 CRISPR 的专利权。

3.3 技术研发内容分析

专利研发主题的分析表明，作物基因组编辑技术研发主要涉及基因组编辑技术的方法和应用两大方面(图 11)。其中，红色圆圈代表基因组编辑技术相关的方法，如 CRISPR、TALEN 和 ZFN 等技术，技术热点涉及利用 CRISPR 技术靶向修饰位点、CRISPR 核酸酶突变体、VI 型 CRISPR-Cas 系统研究等。蓝色圆圈代表基因组编辑技术相关的应用，热点涉及基因组编辑技术应用于雄性不育、抗逆性和抗除草剂等作物重要农艺性状改良研究。

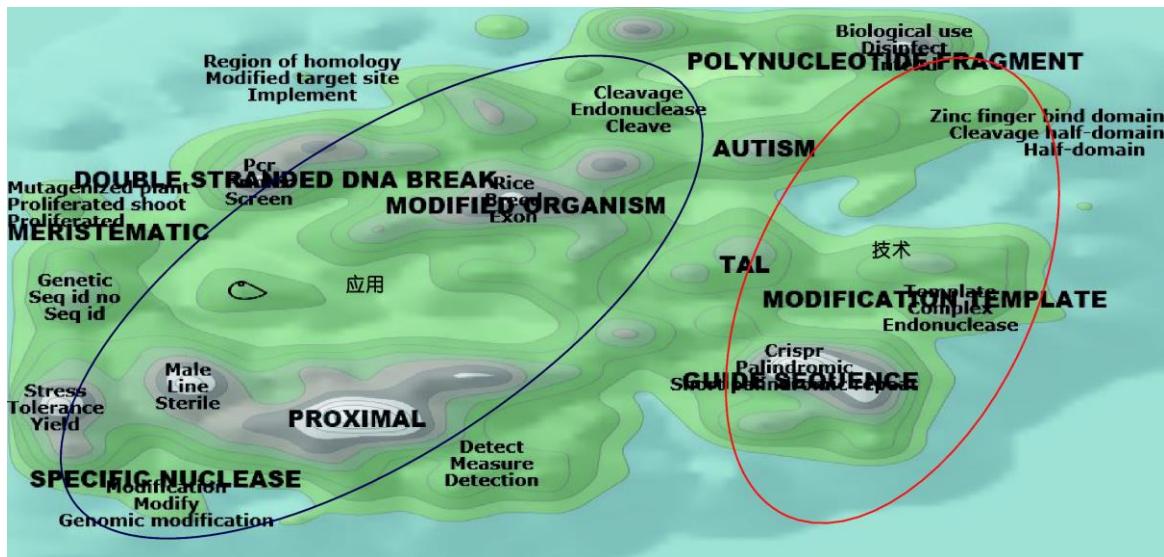


图 11 作物基因组编辑技术专利主题分布全景图

3.4 重要国家分析

作物基因组编辑专利申请数量排名前 10 位的国家依次为：美国、法国、中国、德国、日本、比利时、瑞士、荷兰、韩国和英国(图 12)。其中，美国的专利数量最多，达 1088 件，遥遥领先于其他国家。中国的专利申请数量排名第三位，达 225 件。从技术分支上看(图 13)，美国在 4 种不同的基因组编辑技术的布局较为均衡，且每类技术专利数量均排名第一； 中国则偏重在 CRISPR 技术领域； 法国和英国偏重在 TALEN 技术领域； 德国和韩国偏重在 MN 技术领域。

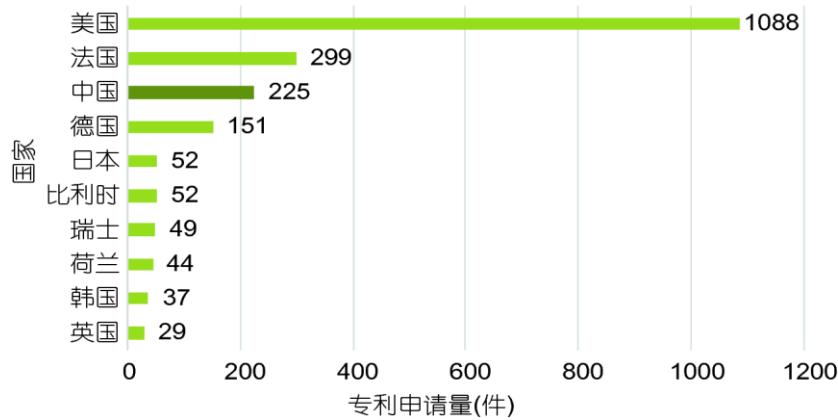


图 12 作物基因组编辑技术专利 TOP10 申请国家

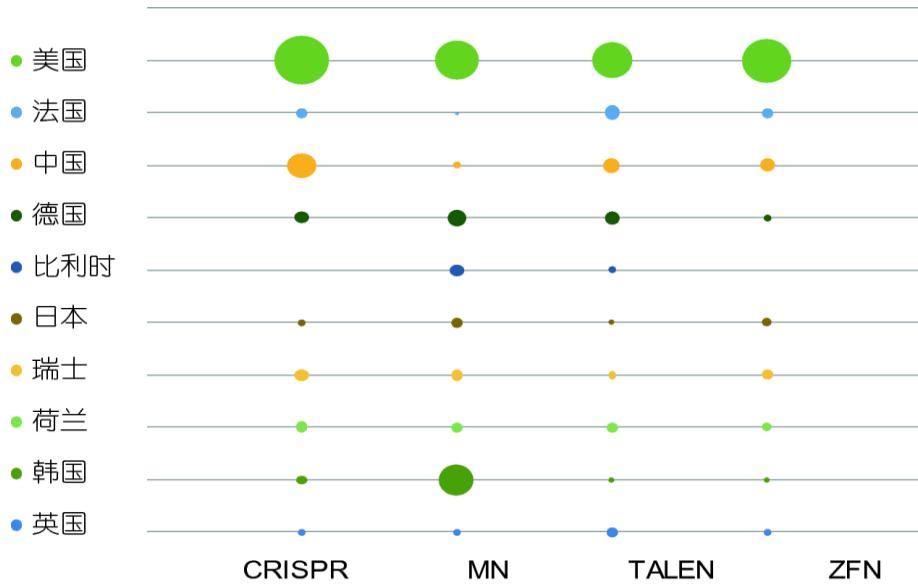


图 13 作物基因组编辑技术专利数量 TOP10 国家的技术分布

3.5 重要专利申请机构分析

从专利数量排名 TOP20 机构来看(图 14)，作物基因组编辑技术的专利申请机构主要来自美国、德国、法国、中国、奥地利和以色列五个国家，并且相关专利申请以企业为主。法国 Cellectis 公司(280 件)、美国陶氏益农公司(256 件)和 Sangamo 公司(184 件)的专利数量位居全球前三位，在该领域处于领先优势。其中，Cellectis 的技术研发主要集中在 MN 技术，陶氏益农的技术研发主要集中在 ZFN，CRISPR 和 MN 技术，Sangamo 公司则集中在 ZFN 和 MN 等技术的研发与应用。

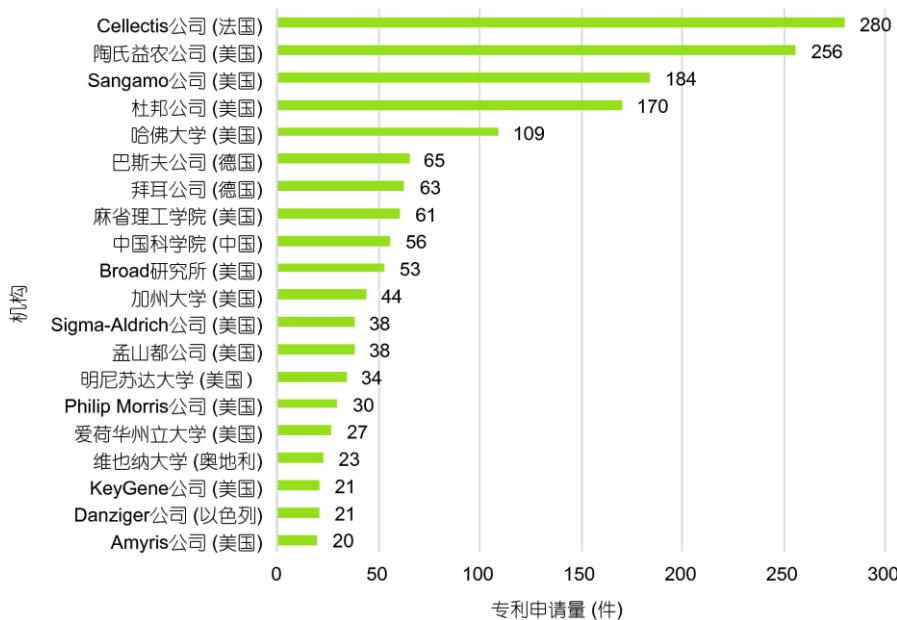


图 14 作物基因组编辑技术 TOP20 专利申请机构

从合作关系上看(图 15)，除加州大学和维也纳大学外，主要专利申请机构的合作网络主要以本国国内机构为主，合作多以“小团体”形式体现。其中，美国陶氏益农、Sangamo 公司和 Sigma-Aldrich 公司之间，哈佛大学、麻省理工学院和 Broad

研究所之间，明尼苏达大学和爱荷华州立大学之间各形成3个合作团体。陶氏益农和Sangamo公司之间合作最频繁，双方在2008~2017年期间共申请84件专利，研究内容涉及锌指蛋白、靶向修饰及整合外源序列的方法和组合物等。

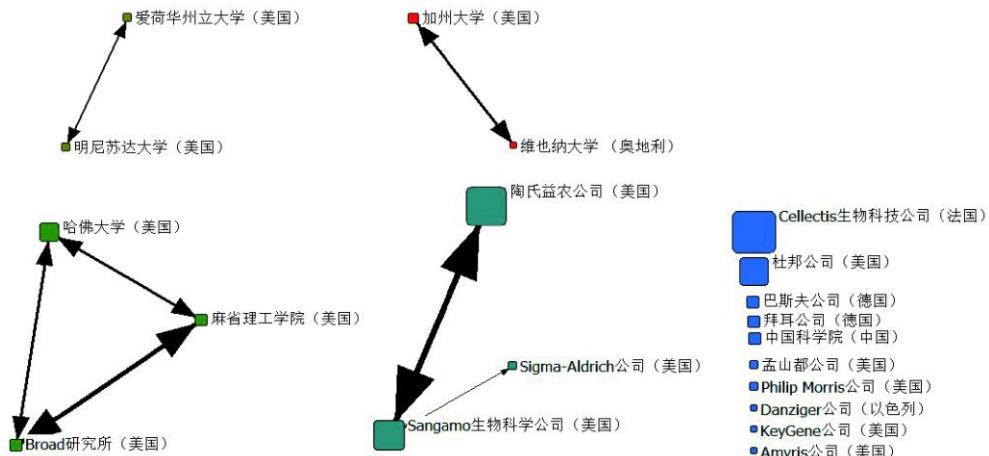


图 15 作物基因组编辑技术 TOP20 专利申请机构合作网络

4 作物基因组编辑技术的行业发展现状

4.1 农业跨国公司非常重视基因组编辑在作物育种中的应用

作物育种是基因组编辑技术最重要的应用之一，目前多数重要农业跨国企业通过技术转让和合作方式纷纷进入该领域，以期在未来利用基因组编辑技术进行农作物品种改良中能占有一席之地。2015年，杜邦先锋宣布与维尔纽斯大学签署指导性Cas9基因组编辑技术的许可及多年的研究合作协议，并获得该大学商用(包括农用)知识产权的独家许可(Vilnius University)。DuPont Pioneer Gains Exclusive License for Genome-Editing Technology from Vilnius University)。同年，杜邦与CRISPR/Cas技术领先开发商Caribou生物科学公司达成战略联盟，获得CRISPR/Cas技术在主要农作物中的独家知识产权使用权(DuPont。DuPont and Caribou Biosciences Announce Strategic Alliance)。2017年，孟山都宣布和ToolGen公司就CRISPR技术平台在农业领域的应用达成全球许可协议，并将ToolGen的CRISPR技术平台整合到孟山都的技术平台中，进一步扩大其可用于开发先进作物的基因组编辑工具组合(Monsanto。Monsanto and ToolGen Announce Global Licensing Agreement on CRISPR Platform)。2018年，农业科技公司Benson Hill Biosystems(Benson Hill)新的基因组编辑方法获美国专利商标局的专利授权，该专利涉及CRISPR 3.0 Cms1基因组编辑核酸酶，并将进一步扩大该公司的基因组学工具组合(Benson Hill。Benson Hill Biosystems Receives Patent for Novel CRISPR Technology)。同年，孟山都和农业创业公司Pairwise Plant(Pairwise)宣布达成研发合作协议，双方将通过基因组编辑技术推动农业创新(Monsanto。Monsanto and Pairwise Announce R&D Collaboration to Accelerate Innovation in Agriculture with Gene Editing)。

4.2 基因组编辑作物商业化产品预计 2020 年上市

目前，基因组编辑技术已经应用于育种实践，并培育出多个作物新品种(品系)，其中一些品种已申请解除转基因管制。拜耳公司的科学家已利用该技术培育出了具有抗虫性和抗除草剂的棉花品系，未来该技术还可以用于水稻和大豆品种的改良。杜邦公司已经获得了 CRISPR 技术编辑的玉米和小麦新品系，并将开展相关的大田试验，并预计到 2020 年底将会出售用 CRISPR 技术编辑的种子，其中基于 CRISPR-Cas 育种技术研制的糯玉米杂交品种已经进入了现场追踪和监管审查阶段 (DuPont Pioneer。 DuPont Pioneer Announces Intentions to Commercialize First CRISPR-Cas Product)。中国科学院遗传与发育生物学研究所利用基因组编辑技术，首次对六倍体小麦中的 MLO 基因 3 个拷贝同时进行了突变，成功获得了对白粉病具有持久和广谱抗性的小麦材料(遗传发育所植物基因编辑技术入选麻省理工科技评论 2016 年十大技术突破)。Collectis 和陶氏益农等公司分别利用了 TALEN 和 ZFN 等技术培育出马铃薯和玉米新品种，并被美国农业部宣布解除转基因生物安全监管 (Antonio Regalado。 A Potato Made with Gene Editing)。宾夕法尼亚州立大学利用 CRISPR/Cas9 技术研发出具有抗褐变能力的双孢菇，获得美国农业部监管的豁免权 (Gene-edited CRISPR mushroom escapes US regulation)。

5 总结与展望

5.1 总结

基因组编辑技术近年来发展迅猛，尤其是 TALEN 和 CRISPR 技术相继出现，相关研究的科学论文和专利文献出现井喷式增长，掀起了一股全球基因组编辑研究与应用的高潮。随着技术的不断发展和更替，基因组编辑的研究主题也相应地发生了变化：MN 技术的研究逐渐衰弱，CRISPR 研究不断升温；相关研究内容已从生物学机制转向了编辑功能的应用，研究对象也从烟草、拟南芥等模式植物转向水稻、小麦、大麦等重要农作物。同时，基因组编辑技术已经应用于育种实践，并培育出多个作物新品种(品系)，其中一些品种已申请解除转基因监管。多数重要农业跨国企业通过技术转让和合作方式纷纷进入该领域，以期在未来利用基因组编辑技术进行农作物品种改良中能占有一席之地。

以美国、法国和德国为代表的欧美发达国家是作物基因组编辑技术的发源地，在这一领域具有较强的领先优势，其论文数量和专利申请量均遥遥领先于其他国家。其中，该领域的基础研究主要以科研机构和大学为主，多数机构之间合作往来密切，中国科学院、美国爱荷华州立大学和明尼苏达大学等机构是主要的研究论文产出机构。该领域技术研发则以企业为主，机构合作的开展仅局限于“小团体”之间，Collectis、陶氏益农和 Sangamo 是主要的专利申请机构。

我国在作物基因组编辑技术领域的研究虽然起步相对较晚，但是后续发展快速，

发文量于 2017 年首次超过美国，成为该领域年度发文最多的国家。其中，中国科学院的研究论文数量位居全球首位，表现较为突出，在作物基因组编辑技术领域的基础研究具有明显优势。

5.2 展望

杜邦先锋、陶氏益农和孟山都等跨国公司在基因组编辑技术的产业化发展进程中起到一定的引领和推动作用，主要通过与基因组编辑主要研发者的技术转让和合作方式纷纷进入该领域，并利用 CRISPR 等最新基因组编辑技术获得了玉米和小麦等作物新品种，以期在未来利用基因组编辑技术进行农作物品种改良中能占有一席之地。

我国应当加强创建具有自主知识产权的基因组编辑技术。尽管我国近年来在基因组编辑研究中取得了较大进步，论文数量和专利数量分别位居全球第二位和第三位，但由于现有的基因组编辑技术的核心专利基本被国外机构所垄断，相关产业发展仍受制于人，因此，我国未来亟需在相关领域创建具有自主知识产权的原始创性成果和核心技术。

信息来源：<http://www.agrogene.cn/info-5424.shtml>

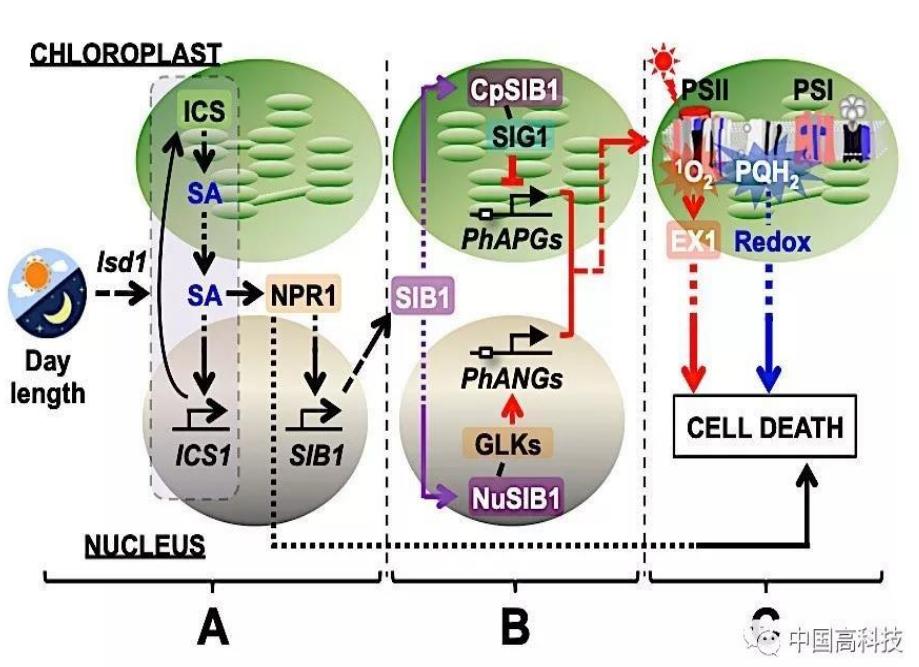
科学家研究发现植物细胞核和质体基因差异表达触发植物免疫反应新机制

1月4日，国际学术期刊 *The Plant Cell* 在线发表了中国科学院科学家团队——分子植物科学卓越创新中心/植物生理生态研究所上海植物逆境生物学研究中心 Chanhong Kim 研究组题为 *Uncoupled Expression of Nuclear and Plastid Photosynthesis-associated Genes Contributes to Cell Death in a Lesion Mimic Mutant* 的研究论文。该研究首次报道了细胞核/叶绿体双定位蛋白 SIB1 同步调节细胞核和叶绿体编码的光合作用相关蛋白来调控植物细胞死亡的新机制。该研究揭示了叶绿体在植物免疫反应体系中的重要作用。

叶绿体是半自主细胞器，绝大部分叶绿体蛋白都是由核基因组编码并运输到叶绿体中的。保持叶绿体基因组和细胞核基因组基因表达的一致性，是成功组装一个有功能的叶绿体的关键。组装好的叶绿体通过光合作用将太阳能转化为化学能存储起来。不能进行光合作用的植物病菌，只能通过侵染植物细胞获得必要的营养物质。植物病菌的侵染会极大地影响光合作用、叶绿体的功能以及植物的生长和发育。因此，植物需要建立免疫防御体系，阻止病菌的侵染。许多研究表明，叶绿体能够感知病菌侵染，并迅速地将信号传递给细胞核，促使植物建立免疫防御体系。然而，植物如何利用质体和细胞核来协同感知并抵抗外源入侵，其内在的信号转导和分子机理是什么，则尚不明了，这也是领域内非常关心的核心科学问题。

该研究中，Chanhong Kim 研究团队发现，叶绿体中合成的水杨酸能够诱导转录调节因子 SIB1 的表达。SIB1 基因编码的蛋白能够分别定位到叶绿体和细胞核中，在叶绿体中，引起光合作用相关基因表达下调；在细胞核中引起光合作用相关基因表达上调。细胞核和叶绿体基因的差异表达，会在光系统 II 中产生光抑制效应，从而在叶绿体中过量地积累单线态氧，而单线态氧作为胁迫信号分子，能够被单线态氧感受器 EX1 蛋白感知，触发叶绿体到细胞核的逆行信号通路。这个通路恰恰是引发细胞程序性死亡的主要诱因。

该论文第一作者为植物逆境中心博士研究生吕瑞清和李子豪。研究员 Chanhong Kim 和博士 Keunpyo Lee 为论文共同通讯作者。该研究受到中科院百人计划、中国自然科学基金和中科院战略性先导科技专项的资助。



积累的水杨酸诱导 SIB1 的表达

SIB1 蛋白共同定位于叶绿体和细胞核，在叶绿体中，引起光合作用相关基因表达下调；在细胞核中引起光合作用相关基因表达上调。细胞核和叶绿体基因的差异表达，最终引起光系统过量积累单线态氧，触发 EX1 介导的叶绿体到细胞核的逆行信号，导致细胞程序性死亡。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/D0Tc8hv9E2ryb8QsyKWi7A>

酵母生产乙醇，防止代谢超负荷

酵母细胞产生乙醇一直被科学家认为是一种能量的“浪费”。2018年1月7日《自然-代谢》报道，荷兰格罗宁根大学对此给出了不同的见解，研究表明酵母细胞产生乙醇作为“安全阀”，防止代谢过程超过临界水平。这一发现也可以解释癌细胞通过 Warburg 效应产生乳酸的现象。

细胞利用葡萄糖等营养素提供生命活动所需的能量。然而，酿酒酵母却将部分葡萄糖分解成乙醇而不是二氧化碳。类似地，快速生长的癌细胞分泌乳酸也被认为是一种能量的浪费。生物进化为什么没有结束这种资源的浪费，生物学家试图找到它存在的理由。

新陈代谢是一种复杂的化学反应网络，可为新细胞提供构建模块。研究者假设细胞有一个新陈代谢的速率上限，他们建立了细胞 Gibbs 能量耗散模型，模拟细胞中发生的所有化学反应所释放的能量。将热力学融入这个包含 1000 多个化学反应的模型，并结合实验数据，研究者确定了 Gibbs 能量耗散率与葡萄糖吸收的函数关系。

起初，Gibbs 能量耗散率随葡萄糖消耗速率的增加而增加，随后达到平台期，此时乙醇开始产生，这是细胞从呼吸转向发酵的转折点。研究团队在大肠杆菌中获得类似结果，Gibbs 能量耗散水平存在一个稳定的上限。研究者解释说，酵母和大肠杆菌生活在完全不同的环境中，但两者具有相似的耗散极限甚至大致相同的数值，这表明这种限制是普遍存在的。研究者提出了一个有效的假设，当细胞代谢达到最大速率后，细胞打开“安全阀”，葡萄糖被分解为乙醇、乙酸盐或乳酸盐，留下部分能量不使用。这是因为部分能量可以以热量的形式散失，不足以干扰细胞，但是如果代谢速度非常快就意味着细胞内部分子活动过于剧烈，可能会破坏某些细胞结构。不同代谢率下细胞内酶的运动就可以证实这一点。与此同时，并非所有细胞都需要安全阀，一些酵母菌株的葡萄糖摄取缓慢，不会有代谢过载的危险，因此，这些酵母菌不会产生乙醇。

该研究不仅揭开了酵母生产乙醇的神秘面纱，还解决了癌细胞 Warburg 效应的原因。这种能量和物质的浪费其实是一种“安全阀”，那些通过阻止乳酸生成而治疗癌症的药物可能会关闭细胞的安全阀。

信息来源：https://mp.weixin.qq.com/s/XvTrjszt_ZMdVeKM2UkeHw

Science述评：人工改造光呼吸代谢途径助力C3作物生长

评述论文：Synthetic glycolate metabolism pathways stimulate crop growth and productivity in the field (Science 4 January 2019: Vol 363, Issue 6422)

“我做过一个梦，梦见杂交水稻的茎秆像高粱一样高，穗子像扫帚一样大，稻谷像葡萄一样结得一串串，我和我的助手们一块在稻田里散步，在水稻下面乘凉”这是中国杂交水稻之父袁隆平的梦想。让水稻、小麦和大豆等主要农作物长得像高粱一样高大是目前农作物前沿研究的重大课题之一，对于粮食安全和减少全球范围的饥饿有重大意义[1]。

为何小麦、水稻的生物量远低于高粱呢？我们知道地球上有机物的积累是从植物上发生的，即通过光合作用，叶绿体将无机物转化为有机物。光合作用可分为三个阶段：原初反应、光合电子传递及光合磷酸化（光反应）和光合碳循环（暗反应）。光反应使光能变为活跃化学能；暗反应是植物利用光反应中产生的同化力，将 CO₂ 转变为有机物。C₃ 植物与 C₄ 植物的光反应过程都是相同的，它们的差异主要体现在暗反应阶段。只具有 C₃ 途径（卡尔文循环）的植物称为 C₃ 植物（如水稻、小麦），除具 C₃ 途径外还具 C₄ 途径的植物称 C₄ 植物（如高粱、玉米）。相比 C₃ 途径，C₄

途径多了一个固定二氧化碳的途径，这个途径起到了富集二氧化碳的作用，从而使 C4 植物的同化能力比 C3 植物强[2]。

此外，C3 植物与 C4 植物的另一个主要差别是前者在光呼吸（Photorespiration）的过程中会消耗 20-50% 光合作用积累的能量，造成其光合作用效率显著低于 C4 植物，降低了作物产量[3]。在很长一段时间里，光呼吸被认为是无效的耗能过程，抑制光呼吸、筛选低光呼吸的高光效育种曾一度成为提高作物产量的热点。但是，随着研究的深入，科学家发现长时间被抑制光呼吸的植物不能正常生长，因此单纯通过抑制光呼吸提高作物产量是不现实的。其原理在于，光呼吸解决了光合作用副产物（乙醇酸）的毒害，对维持植物体本身的正常生理有重要的作用[4]。因此，科学家设想通过在 C3 植物中引入类似 C4 植物的乙醇酸代谢途径来提高光合作用效率、增加植物生物量[5]。

最近，来自美国伊里诺伊斯大学的科学家们，利用转基因技术，成功的将乙醇酸代谢途径转入 C3 植物（烟草）中，结果发现烟草的生物量积累有了极显著的增加。如图 1 所示，在烟草中分别转入了 3 套不同的光呼吸旁路途径（AP1、AP2 和 AP3），同时在这 3 个转基因系的背景下创制了乙醇酸/乙醛酸转移蛋白 PLGG1 的 RNAi 株系。抑制乙醇酸/乙醛酸转移蛋白 PLGG1 可以降低乙醇酸从叶绿体中转移到过氧化物酶体，从而降低其“毒性”[6]。实验结果表明，在极严重的光呼吸胁迫下，3 个转基因系都表现出相较于野生型更强的光保护能力，进而维持光系统 II 的工作效率；而且在温室条件下，3 个转基因系都表现生物量的增加，其中转入 AP3 系提高的生物量最大，为增加 18%（非 PLGG RNAi 背景）和 24%（PLGGRNAi 背景）。进一步，通过测定电子传递、CO₂ 浓度和光合效率，发现 AP3 株系的叶绿体 CO₂ 浓度降低了 6.4%（非 PLGGRNAi 背景）和 10%（PLGG RNAi 背景），表明转入光呼吸旁路途径的转基因系可能通过抑制光呼吸，提高光合作用效率来增加植株生物量。最后，在大田环境下，科学家对上述实验室的分析结果进行了验证。相对于野生型，在非 PLGG RNAi 背景的转基因系中，植株生物量有显著增加（AP1 株系增加 16%，AP2 株系增加 10%，AP3 株系增加 23%；2016 年数据）。在 PLGG RNAi 背景的转基因系中，AP3 株系生物量增加 41%（2017 年数据），表明此途径可能是光呼吸的高效途径。该研究首次在 C3 作物中转入了乙醇酸代谢途径，明确了烟草中光呼吸的高效途径，提升了对转基因改造植物光呼吸的理解，是提高 C3 作物光合效率机理研究的重要实验证据。

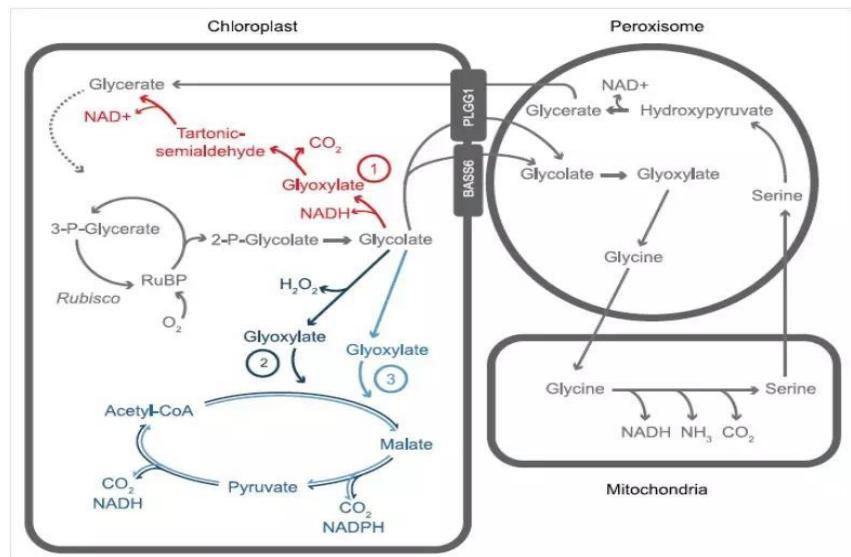


图 1. 烟草中分别转入 3 套不同的光呼吸旁路途径。1 来源于酿酒酵母 (*Escherichia coli*) 的转化乙醇酸为乙醛酸的 5 个基因 (红色部分) [7]; 2 来源于拟兰芥 (*Arabidopsis*) 和笋瓜 (*Cucurbita maxima*) 转化乙醇酸的 3 个基因 (黑色部分) [8]; 3 来源于莱茵衣藻 (*Chlamydomonas reinhardtii*) 和笋瓜转化乙醇酸的 2 个基因 (黑色部分)

参考文献

1. D. K. Ray et al., Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PLOS ONE 8, e66428 (2013). doi: 10.1371/journal.pone.0066428; pmid: 23840465
2. D. R. Ort et al., Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 112, 8529 – 8536 (2015). doi: 10.1073/pnas.1424031112; pmid: 26124102
3. H. Bauwe et al., Photorespiration: Players, partners and origin. Trends Plant Sci. 15, 330 – 336 (2010). doi: 10.1016/j.tplants.2010.03.006; pmid: 20403720
4. C. Peterhansel et al., Photorespiration. The *Arabidopsis* Book, e0130 (2010)
5. B. M. Long et al., Cyanobacterial CO₂-concentrating mechanism components: Function and prospects for plant metabolic engineering. Curr. Opin. Plant Biol. 31, 1 – 8(2016). doi: 10.1016/j.pbi.2016.03.002; pmid: 26999306
6. T. R. Pick et al., PLGG1, a plastidic glycolate transporter, is required for photorespiration and defines a unique class of metabolite transporters. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 110, 3185 – 3190(2013). doi: 10.1073/pnas.1215142110; pmid: 23382251
7. R. Kebeish et al., Chloroplastic photorespiratory bypass increases photosynthesis and biomass production in *Arabidopsis thaliana*. Nat. Biotechnol. 25, 593 – 599 (2007). doi: 10.1038/nbt1299; pmid: 17435746
8. A. Maier et al., Transgenic introduction of a glycolate oxidative cycle into *A. thaliana* chloroplasts leads to growth improvement. Front. Plant Sci. 3, 38 (2012). doi: 10.3389/fpls.2012.00038; pmid: 22639647

信息来源: <https://mp.weixin.qq.com/s/EG6hOAuLHjRRymHZRQamCA>

Science：揭秘光合作用蛋白的结构和功能

2018年12月20日《科学》报道，来自德国马克斯普朗克生物化学研究所、日本大阪大学和德国波鸿鲁尔大学等机构组成的研究团队已经探明了光合复合体I的结构和功能，这种膜蛋白复合体在光合作用的动态重组中起着重要的作用。该研究填补了光合电子传递途径方面的最后一个主要空白。

复合体I存在于大多数生物体中。植物细胞的复合体I主要存在于线粒体和叶绿体中，作为电子传递链的一部分。线粒体复合体I作为细胞呼吸的重要元素，其结构和功能已经得到了很好的诠释，而光合复合体I的研究却很少。

利用低温电子显微镜，研究人员首次揭示了光合复合体I的分子结构，它与呼吸复合体I存在较大差异，两者在负责电子运输的部分具有不同的结构，光合复合体I在光合作用中被优化为循环电子运输，它直接将电子重新注入光合电子运输链而不是储存起来。研究小组在试管中模拟这一过程，发现铁氧化还原蛋白在其中发挥了重要作用。通过光谱分析，研究者证明铁氧化还原蛋白与复合物I之间的电子传递是高效的。进一步的光谱测量表明，复合物I的结构中有一个特别灵活的部分，它像钓竿一样捕获了铁氧化还原蛋白，这使得铁氧化还原蛋白能够到达电子转移的最佳结合位置。

该研究使我们能够把光合复合体I的结构和功能结合起来，对电子传递过程的分子基础有了更详细的了解。研究者计划利用这些知识创造出人工电子传递链，在合成生物学领域带来新的应用。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/1kmday3akcfv8MrXma4Oxg>

谷歌算法解读酶活性

2018年12月10日《美国科学院院刊》报道，耶鲁大学研究者采用了一种新的方法来解开酶的复杂结构和调控机制——谷歌搜索。研究者利用谷歌算法PageRank识别了调节大多数微生物必需的细菌酶的关键氨基酸。

酶可以加速生命必需的化学反应，这些化学反应通常发生在酶的活性位点，但反应的加速必须由酶的不同部分协同调节，其中底物结合位置称为变构位点。几十年的研究仍未弄清楚底物是如何从变构位点转移到活性位点的，主要困难在于涉及的原子数量多且酶结构的灵活性大。

研究者注意到，在计算机科学领域，类似的问题早在几年前就已得到解决。谷

歌的研究人员研究了互联网上的信息流，使用 PageRank 来表示每个网页在链接到其他网站的数量和质量方面的重要性。酶的问题也类似于遥远地点之间的信息交换，通过发现每个原子的信息如何随着变构激活剂变化而与酶结合，就有可能找到被激活的信息通道。研究人员在大多数微生物的细菌酶——咪唑甘油磷酸酯合酶（imidazole glycerol phosphate synthase, IGPS）中发现了重要的氨基酸。这项研究为与 IGPS 活性相关的其他实验铺平了道路，有助于开发新的抗生素、杀虫剂和除草剂。

研究者表示，这项研究令人兴奋的是，数据科学方法开始渗透到理论化学领域，与最先进的分子动力学模拟和核磁共振方法相结合，为理解催化分子系统提供了新的工具。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/nz7mz-rLK6Ylm71mhOPphA>

机器学习助力构建酶动力学模型

随 2018 年 12 月 7 日《自然-通讯》报道，德国杜塞尔多夫大学和美国加州大学的研究人员通过机器学习识别出了决定酶活性的重要特性，能够更清楚地描述酶的动力学，更精确地模拟代谢过程，并分析细胞网络中各种成分之间的相互作用。

合成生物学研发依赖于对生物细胞中复杂系统的详细和定量的理解。只有理解了这些系统，目标操作才能实现。而生物代谢系统往往非常复杂，涉及到几百种酶的相互作用。了解酶的催化转化率对于了解生物体的生长速率、蛋白质组分和生理学都是至关重要的，然而每一种酶的个体活性目前还无法定量分析，有关酶转化率的实验数据很少，而且噪音很大。

该研究证明机器学习可以根据酶生物化学、蛋白质结构和网络环境的综合数据成功预测大肠杆菌中的酶的催化转化效率。研究者发现了一组对体内和体外酶转化率具有一致预测作用的特征，揭示了催化转化率与蛋白结构之间的相关性。研究使用预测来参数化两个蛋白质组限制代谢模型框架，其定量蛋白质组数据预测的准确性显著高于以前的方法。研究者表示，所提出的机器学习模型为理解代谢和基因组规模的蛋白质组提供了一个有价值的工具，并阐明了构成酶动力学基础的结构、生化和网络特性。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/eM0tsekwgk0SeX94KA8AdA>

储能在西北区域应用与发展分析及思路举措

为贯彻落实“四个革命，一个合作”能源战略思想，推进西北区域能源行业供给侧结构性改革，推动《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》实施，促进规模化储能技术在西北电网的应用，西北能源监管局联合清华大学共同开展了“规模化储能技术在西北电网的应用分析与政策建议”课题研究。针对西北电力系统特点，课题全面分析了西北区域对储能的需求，结合西北区域实际，提出了储能技术在西北区域应用的路径及相关思路举措。

一、储能的发展现状及前景

1.全球储能发展总体情况

(1) 从总量看，截至 2018 年上半年，全球累计运行的储能项目装机规模 19574 万千瓦，共 1747 个在运项目。

(2) 从地区看，全球储能项目装机主要分布在亚洲的中国、日本、印度、韩国，欧洲的西班牙、德国、意大利、法国、奥地利和北美的美国，这 10 个国家储能项目累计装机容量占全球近五分之四。

(3) 从类型看，截至 2018 年上半年，抽水蓄能累计装机 18420 万千瓦，占比达 94%；电化学储能 483 万千瓦，占比 2.5%；储热 403 万千瓦，占比 2.2%；其他机械储能 265 万千瓦，占比 1.4%；储氢 2 万千瓦。

(4) 从增长看，1997-2017 年，全世界储能系统装机增长了 70%，2017 年全年新增储能容量 140 万千瓦。

(5) 从发展看，抽水蓄能占绝对优势，技术最为成熟，但成本下降空间有限；电化学储能保持快速增长，年增长率达 30%，电化学储能是应用范围最为广泛、发展潜力最大的储能技术，目前全球储能技术的开发主要集中在电化学储能领域。

2.全球电化学储能发展情况

(1) 从增长看，2018 年上半年，全球新增投运电化学储能项目装机规模 69.71 万千瓦，同比增长 133%，相比 2017 年底增长 24%。

(2) 从地区看，2018 年上半年，全球新增电化学储能装机主要分布在英国、中国、德国、韩国、澳大利亚等国家。

(3) 从应用看，2018 年上半年，辅助服务领域的新增投运项目装机规模最大，为 35.42 万千瓦，占比为 51%，同比增长 344%。

(4) 从技术看，2018 年上半年，锂离子电池新增装机规模最大，为 69.02 万千瓦，占比为 99%，同比增长 142%。

3.我国储能产业发展情况

进入 2018 年，我国在发电侧、电网侧和用户侧的储能项目呈容量大和快速增长的势头。截至 2018 年 6 月，我国已投运储能项目累计装机规模 2970 万千瓦，占全球 17%，电化学储能累计装机规模 49 万千瓦，占全球 16%。2018 年上半年，我国新增电化学储能装机规模 10 万千瓦，同比增长 127%，相比 2017 年底增长 26%，目前全国新增规划和在建电化学储能项目规模为 225.1 万千瓦。

4.我国储能市场发展情况

总体而言，我国的储能市场主要分为两类，一类是配用电侧分布式发电及微电网中储能的应用，占比大约为 56%，另一类是集中式风光电站（可再生能源并网）储能应用，占比约为 35%。目前两者累计装机规模已超过国内储能市场的 90%，电力输配和调频辅助服务占到 9%左右的市场份额。

二、相关政策

1. 国外储能政策情况

在储能尚未推广或刚刚起步的国家或地区，发展储能逐渐被纳入国家战略规划，政府开始制定储能的发展路线图；在储能已具备一定规模或产业相对发达的国家或地区，政府多采用税收优惠或补贴的方式，以促进储能成本下降和规模应用；在储能逐步深入参与辅助服务市场的国家或地区，政府通过开放区域电力市场，为储能应用实现多重价值、提供高品质服务创造平台。

2. 国内储能政策情况

2015 年以来，国内对储能产业的扶持政策密集出台。2016 年 6 月，国家能源局发布《关于促进电储能参与“三北”地区电力辅助服务补偿（市场）机制试点工作的通知》，明确了电储能设施的独立市场主体地位，鼓励发电企业、售电企业、电力用户、电储能企业等投资建设电储能设施，并要求电网企业要主动为电储能设施接入电网提供服务。

2016 年 12 月，国家发改委印发《可再生能源发展“十三五”规划》，提出要推动储能技术在可再生能源领域的示范应用，实现储能产业在市场规模、应用领域和核心技术等方面的突破。

2017 年 10 月，国家五部委联合发布《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》，其中明确储能发展涵盖 5 大主要任务：储能技术装备研发示范工程、可再生能源利用水平提升工程、电力系统灵活性稳定性提升工程、用能智能化水平提升工程和储能多元化应用支撑能源互联网发展工程。

三、西北区域各省（区）储能需求分析

西北区域化石能源和风光等自然资源丰富，发电装机容量目前已达到最高负荷的三倍。截止 2018 年底，西北电网总装机容量 27179 万千瓦，其中，火电装机容量

14747 万千瓦，水电装机容量 3163 万千瓦，风电装机容量 5016 万千瓦，光伏装机容量 4069 万千瓦，可再生能源装机容量占比接近总装机容量的一半，占比 45%。

由于可再生能源发电装机容量大，本地消纳困难，加之电网的输电容量、调峰能力和负荷需求不足，导致弃风弃光严重。投资储能系统可增加电网调峰能力、缓解输电通道阻塞，有望成为解决西北区域新能源消纳问题的重要途径。

1.提高外送电力的调节能力

由于西北地区风光资源丰富，未来可再生能源发电装机容量还将进一步增长，对区域外消纳可再生能源的依赖性将越来越大，可以集中配建大规模储能系统，主要包括抽水蓄能、压缩空气储能和化学电池储能，提升可再生能源出力的可控性和在电力市场中的竞争力。

2.提升火电机组的调峰能力

西北电网中的供热机组装机容量大，在供暖期的调峰能力受限，对电网调峰能力和可再生能源发电消纳的影响显著。在电厂侧安装热水储热系统或电锅炉系统，可实现大容量储热，从而提升供热期间机组的调峰能力。

3.降低断面受阻

西北电网的覆盖的地理范围广，西电东送和北电南送的距离远，在可再生能源集中接入的区域，可以配置大规模储能系统（主要包括化学电池、储热发电和压缩空气储能），从而减小因为断面受阻而引起的弃风弃光电量。

4.提升电网的安全性和稳定性

随着西北可再生能源发电的进一步发展，在线的传统机组容量减小导致系统的惯性降低，可能危及电网的安全性和稳定性，可配置快速响应的储能系统来平抑频率的波动，提升西北电网的安全稳定性。

5.降低电网的峰谷差

在峰谷差相对较大的地区，对实施峰谷电价且电力用户负荷峰谷差显著的电力用户，鼓励由用户或第三方投资储能系统，进行价格套利或参与市场竞争，从而降低电网的峰谷差。

四、促进西北区域储能发展的思路举措

（一）储能的应用路径分析

1.应用领域。对储能系统在西北电网中的应用，建议主要考虑以下领域：增加调峰能力、降低通道受阻、提升电网安全和用户能量管理。

2.应用范围。兼顾源、网、荷侧发展。源端储能包括大规模独立储能电站、在火电厂内配置储能、在新能源场站侧配置储能；网侧配置储能主要包括电网的电源送出端、输送容量受限断面和配电网中配置分布式储能；用户侧储能主要针对工商企业用户。

3.应用类型。考虑的储能类型既包括大规模抽水蓄能、压缩空气储能、大容量储热（冷）、太阳能热发电、大规模制氢、化学电池储能，也包括功率型飞轮储能和电磁储能。化学电池储能的类型有多种，现阶段主要考虑的应用类型包括锂电池、铅酸（碳）电池、液流电池。

4.应用阶段。将不同类型储能的推广应用分为四个阶段，即“当前”、“2019-2020年”、“2021-2025年”、“2026-2030年”。其中，抽水蓄能和化学电池储能现阶段已开始推广应用；下一步可开展大规模储热和太阳能热发电技术的应用推广；在“十四五”期间，新型压缩空气和飞轮储能的应用有望突破；而在2025年以后，大规模制氢和电磁储能有望获得大规模应用。

（二）促进西北区域储能发展的思路举措

1.鼓励新能源场站建设共享型储能系统，为新能源消纳提供解决方案

（1）在新能源发电场站、输电通道受限的区域建设大规模共享型储能系统，可有效解决新能源消纳问题。

（2）共享型储能原则上由第三方投资或多个发电企业共同投资。

（3）本着谁投资谁受益的原则，对于减少弃风弃光带来的收益，由新能源发电场站与储能投资商分享，储能系统参与电力市场获得的收益由其独享。

2.鼓励电网企业投资储能，提高电网输配能力和安全稳定运行

鼓励西北各省（区）电网企业投资储能，在条件允许的情况下，尝试探索实施电网企业投资储能的配额制，投资成本纳入其输配电业务的成本核算。在电网中安装储能系统可实现降低输配电设备投资、提高电力系统灵活性、为电网提供辅助服务等多重价值，有利于提高电网的输配电能力和电网安全稳定性。

3.鼓励用户侧储能投资与运行，保障各方合理权益

（1）鼓励用户侧储能加大投资，灵活部署，通过自主的运行调控实现削峰填谷。

（2）建立用户侧储能的效益与权益分配机制，切实保护用户侧储能投资的合法权益。

（3）鼓励用户侧储能参与需求侧响应计划，制定合理的准入条件、补偿标准和参与方案，提升需求侧管理水平。

（4）针对用户侧储能参与者数量多、地点分散的特点，在设备准入和安全管理等方面需要加强规范。

4.完善机制办法，推动独立储能参与辅助服务市场

鼓励独立储能参与调峰、调频辅助服务市场，并合理考虑储能的市场准入条件、运行控制方式和补偿方式，允许多个分布式储能系统聚合参与辅助服务市场。

（1）各省（区）在制定调峰、调频辅助服务市场规则时，应综合考虑独立储能系统参与调峰、调频辅助服务，合理确定独立储能系统的准入条件。（功率、容量、

接入电压等级等)。

(2) 独立储能参与调峰、调频市场时，其运营方负责市场报价、制定储能充放电策略。

(3) 电力调度部门应将储能纳入其运行调度控制，根据储能系统的中标额度发送调度指令。

(4) 独立储能参与调峰、调频辅助服务应根据市场规则，接受辅助服务市场的考核和奖惩。

5.完善价格激励措施，鼓励储能应用和发展

(1) 在储能系统接入电网技术标准和政策规定不断完善的条件下，各省(区)应对接入不同电压等级和不同地点的储能系统充放电价进行统筹考虑。

(2) 对储能系统的充放电电价政策，考虑储能所处的电压等级和时段，为鼓励接入配电网侧的储能系统运行，可以采用分时(动态)充放电价格。

(3) 在未来改革到位，电价信号明确的条件下，储能的充放电价格应由电力市场决定。

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1048664-1.html>

黄丝藻“富得流油”

记者今日从中科院青岛生物能源与过程研究所获悉，该所微藻生物技术研究组通过“多组学”方法提高“产油微藻”黄丝藻的产油效率，使黄丝藻细胞的油滴大小与含量大幅提升，未来可运用研究成果制备绿色环保型的柴油和航油。

微藻制油，顾名思义，即利用微藻光合作用将固定在微藻体内的碳物质转化为油脂，然后利用物理或化学方法把微藻细胞内的油脂转化到细胞外，再进行提炼加工，从而生产生物柴油。和其他油料作物相比，产油微藻生长周期短，单位产油量非常大。据介绍，国际上的微藻能源相关研究很早就已开启，目前已形成庞大的产油微藻家族，但规模和成本仍是开发微藻的瓶颈问题。

据青岛能源所微藻生物技术研究组副研究员汪辉介绍，目前科学家们研究较多的单细胞产油微藻因尺寸较小，存在微藻细胞采收困难，提油工艺繁琐等问题，微藻制油成本非常高。“几年前，我们首次发现了一类丝状产油微藻——黄丝藻，它的产油效率非常高，可谓是‘富得流油’。”汪辉表示，从高倍显微镜下可以明显看到蕴含在微藻细胞中的“大油滴”，因此这种黄丝藻被誉为“微藻界的后起之秀”。

据介绍，黄丝藻的优势在于细胞生长快、油脂提取简单。黄丝藻除了光合作用外，还可通过吸收葡萄糖等“营养液”来“加餐”，利用葡萄糖异养的生长速率可增长10倍以上。

“在研究过程中，我们发现如果黄丝藻只是靠喝‘葡萄糖’来猛长，它们产油的效率会大大降低。如果不解决这个问题，就无法实现黄丝藻的高效产油。”汪辉说，研究组想到了利用目前火热的“多组学”分析手段，对细胞进行基因组、转录组、代谢物组等多层次的整合分析。科研人员通过比较利用光合作用和利用葡萄糖进行生长产生差异，找出葡萄糖异养状态下黄丝藻油脂积累降低的具体原因，并“对症下药”，最终通过补充外源前体物的方式提高了利用葡萄糖生长的黄丝藻细胞的油滴大小与含量。“从微藻中可以提炼出柴油和航油等油品，还可以生产出很多下游产品，比如，藻渣蛋白饲料、藻渣发酵沼气等等，产业发展前景十分广阔。”汪辉表示。

信息来源：http://www.dailyqd.com/epaper/html/2019-01/30/content_239078.htm

利用藻类和真菌创造新的生物燃料系统

密歇根州立大学的科学家们找到了一种方法，可以让微生物共同协作来提高生物油的产量。

这一概念的新证明发表在《生物燃料技术》(《Biotechnology for Biofuels》)杂志上，它是一个生物燃料生产平台，使用了两种海洋藻类和土壤真菌。它降低了种植和收货成本，提高了生产率，这些因素目前阻碍了生物燃料的广泛应用。

藻类、海洋小绿脓杆菌和真菌被孢霉都能生产出可供人类使用的油脂。例如，它们可以提供为汽车提供动力的生物燃料等产品中的成分，以及有益于心脏健康的欧米茄-3(omega-3)脂肪酸中的成分。

当科学家把这两种生物放在同一环境中时，这种微小的藻类附着在真菌上形成肉眼可见的大颗粒团。这种聚合方法称为生物絮凝法。

当它们一起收获的时候，这些生物产出的油比单独种植和收获的要更多。

“我们使用了相互间亲和力强的自然生物，”生物化学和分子生物学系的研究合作者兼助理研究员杜志延(音译)说。“藻类的产量很高，我们使用的真菌对我们来说既无毒，也不能食用。”这是一种很常见的土壤真菌，可以在你的后院找到。

研究人员讨论了发现生物燃料系统的其他优势，包括：

- 可持续性，因为它不依赖化石燃料。真菌生长在污水或食物残渣上，而藻类生长在海水中。

- 节约成本，因为大量的藻类和真菌很容易用简单的工具捕获，比如一张网。

- 易于扩展，因为这些生物体是未经转基因的野生菌株。它们不会对它们接触的任何环境造成感染的风险。

研究人员还讨论了他们的发现如何解决阻碍生物燃料生产的两个问题。

生物絮凝是一种相对较新的方法。生物燃料系统往往依赖于一种物种，如藻类，但它们受到生产率和成本问题的制约。第一个问题出现是因为只依赖藻类的系统油产量低。

“当藻类的生长受到环境压力(如氮缺乏)的阻碍时，它们可以产生大量的油。”藻类油在实验室里最流行的方法是将细胞培养到高密度水平，然后通过离心和几种洗涤方法将细胞从营养物质中分离出来，使细胞处于饥饿状态。“这种方法涉及很多步骤、时间和劳动力，不适合工业规模的生产。”

这种新方法用氨来喂养藻类，而氨是一种氮的来源，藻类可以迅速利用它来生长。然而，氨源的供给受到人为控制，使藻类产生最大的细胞密度并自动进入氮饥饿状态。密切监测氮的供给可以增加生物油的产量和降低成本。

第二个问题是采油成本高，因为藻类很小，很难采集。采油成本可能高达生物油生产成本的 50%。

“通过生物絮凝，真菌和藻类的聚集物很容易用简单、廉价的工具收获，”杜说。

展望未来，科学家们希望用这个系统大规模生产生物燃料。他们还知道这两种生物的全部基因组，可以使用基因工程进一步改进这一方法。

这项研究目前在 Christoph Benning 和 Gregory Bonito 的实验室进行。

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1048909-1.html>

秸秆发电排放受限，生物质燃气产业化道路宽广

“中间下过几场雨，里面已经烂了。电厂说现在不烧这个秸秆了，堆在这已经快半年了。”在山东省济宁市鱼台县长青环保能源有限公司生物质电厂门外，鱼台县鱼城镇的农户胡雪峰扒开外层金黄的秸秆垛，里层的小麦秸秆已经开始腐烂变黑。

秸秆是生物质发电的主要原料之一。仅一条马路之隔，为何这 20 多吨秸秆却进不了电厂的门呢？

大量秸秆被拒之门外

在电厂的料场里，树枝、树皮占据了大半的空间。“其实和小麦秸秆相比，这些树皮含水量高，热值低，价格也不便宜。”电厂总经理贾广金说，放弃烧小麦秸秆实属无奈之举。

据介绍，当前山东省正在实施燃煤机组（锅炉）的超低排放改造工作。按照山东省环保厅、发改委、经信委、财政厅和物价局联合发布的《关于推进燃煤机组（锅

炉)超低排放的指导意见》，2018年底前，全省10万千瓦及以上的燃煤机组以及单台10蒸吨/小时以上的燃煤锅炉要全部完成超低排放改造。改造后，燃煤机组配套的锅炉外排废气中烟尘、二氧化硫、氮氧化物的排放浓度在基准含氧量6%条件下，分别不高于5、35、50mg/m³，循环流化床锅炉的氮氧化物排放浓度不高于100mg/m³。

“虽然文件里处处写的是燃煤机组、燃煤锅炉，山东省环保厅也明确发文称以生物质为燃料的发电锅炉排放标准另行发布，但这一‘另行’就再也没有发布过，具体实施中就要求我们按照燃煤循环流化床锅炉的排放标准执行。”贾广金表示，这是他们放弃烧小麦秸秆的重要原因。“生物质燃料本身基本不含硫，大部分情况下硫氧化物的排放都不会超过35mg/m³。但有时农民会在种植过程中施用农药和化肥，不同批次的秸秆在排放上就不稳定，有时突然就会超过限值。”

“为了避免偶尔可能出现的一点超标，我们只能放弃使用当地大量的麦秆和辣椒秆。”贾广金指出，采用湿法脱硫方式可以处理超标问题，但每年要多投入1000多万元的成本，更重要的是会增加水汽的排放。“也就是我们看到的冷却塔排出的白色水汽。山东省环保要求不断提高，环保部门已经酝酿要求企业控制水汽的排放，也就是‘脱白’。为了脱掉那一点点硫，额外增加了‘脱白’，这么做企业就一点盈利都没有了。”

引发一系列问题

“现在国家对于秸秆禁烧的管理力度非常大，但是禁烧以后必须要有出口。”鱼台县环保局总量办副主任刘敏指出，当初鱼台县引进生物质电厂投资最主要的原因就是为了消化当地大量的秸秆。事实上，2017年山东鱼台长青环保能源有限公司生物质电厂就收购了当地约33万吨秸秆，占到电厂燃料总数的一半左右。

如今，大量秸秆被生物质电厂拒之门外，到底该如何处理呢？鱼台县农业局农村能源办公室主任黄启强表示，由于电厂不再大批量收购，目前大部分秸秆只能“还田”处理。“鱼台县是山东省重要的水稻产区，大量农田都属于水田，‘还田’以后对水质可能造成一些破坏。”

不仅如此，胡雪峰还带记者来到了一片种植大蒜的农田。“种蒜是需要覆地膜的，麦秆如果都放在地里还田，地膜就会被扎破，影响大蒜收成。”

此外，黄启强表示，秸秆还田后政府需要向农户支付部分补贴。“水田的补贴标准是10元/亩，旱田是20元/亩。”2017年，鱼台县秸秆还田面积约为74000亩。“预计今年很可能接近20万亩。这会给当地财政带来巨大压力。”

企业呼吁出台专门的排放标准

“秸秆不能用了，我们只能大量使用树枝树皮，但问题是现在当地的树枝树皮已经不能满足生产需要了。”贾广金说，许多负责燃料收购的经纪人不得不舍近求远，从外地运输燃料。

“有从菏泽市运过来的，也有从安徽省过来的。”经纪人郑国利给记者算了这样一笔账，目前他从外地收购树枝、树皮等燃料的价格约为 160—170 元/吨，运输成本为 80 元/吨左右，电厂的收购价格通常为 310—320 元/吨。“扣除人工、场地、机器设备的投入和损耗，利润已经很少了。每吨只能挣十几块钱，赶上一批料水分多、质量不好，基本就挣不到钱了。”

为解决秸秆燃烧过程中偶有硫排放超标的问题，贾广金表示，电厂方面也在积极组织技术攻关，希望可以通过技术手段解决这一难题。“门口的那一大垛麦秆我们现在就当做试验品来用，每次只从农户手里买一点，烧一下试试，看看能不能控制住二氧化硫的排放。”

贾广金也指出，企业在技术攻关的同时，更希望相关政府部门可以看到当前存在的问题。“不要以燃煤超低排放的标准去要求生物质电厂，而是切合生物质燃料的实际制定出相应的排放标准，这才是解决问题的关键所在。”

编者按：秸秆发电排放受限，为生物质燃气产业化的原料竞争提供了机会，拓宽发展了道路。

信息来源：http://www.21ce.cc/biomass/Detail_36963.aspx

中科院青岛能源所开发出“油脂结构定制化”的微藻细胞工厂

中科院青岛能源所单细胞中心研究证明，自然界中存在对于二十碳五烯酸（EPA）、亚油酸（LA）等多不饱和脂肪酸分子（PUFAs）具有选择性的 II 型二酰甘油酰基转移酶（DGAT2），并基于此示范了甘油三酯（TAG）之 PUFA 组成“定制化”的工业微藻细胞工厂。相关研究成果在线发表于《分子植物》。

甘油三酯是地球上能量载荷最高、结构最多元的生物大分子之一，因此它们是地球上动物、植物和人体中能量与碳源的存储载体与通用货币，也是生物柴油的重要来源。每个 TAG 分子由一个甘油分子和其上搭载的三个脂肪酸（FA）分子构成，后者的饱和度与碳链长度等特征，决定了 TAG 分子的营养功效、燃油特性与经济价值。

是否能够“定制化设计” TAG 上这三个 FA 的组成，来服务于精准健康与特种生物燃料合成呢？青岛能源所单细胞中心的研究发现，为利用合成生物学手段生产自然界不存在或稀有的、具有特殊燃料特性或营养功效的“特种 TAG”打开了大门。

微拟球藻是一种能够将阳光、海水和二氧化碳直接转化为 TAG 的工业产油微藻，

在世界各地作为一种燃料细胞工厂和高值饵料藻规模培养。其藻油中同时含有饱和脂肪酸（SFAs）、单不饱和脂肪酸（MUFAs）与 PUFAs。如果 MUFAs 含量高，藻油较适合作为优质液体燃料，服务于能源市场；而如果 PUFAs 含量高，藻油则更适合作为人体保健品。

青岛能源所单细胞中心前期在微拟球藻发现了三个 DGAT2，分别对于 SFAs、MUFAs 和 PUFAs 这三大类 FA 具有一定的底物偏好性。但是，PUFAs 中涵盖了数十种不同饱和度和链长的 FA 分子，其化学特性不同、营养功效各异，能否在单种 PUFA 分子的精度，实现 TAG 分子的理性设计呢？

针对上述问题，青岛能源所单细胞中心辛一、申琛等人在微拟球藻中发现了两个全新的 II 型二酰甘油酰基转移酶（DGAT2）蛋白元件，它们均在叶绿体上参与了 TAG 组装，却分别对二十碳五烯酸（EPA）和亚油酸（LA）具有特异的底物偏好性，继而通过在微拟球藻中调节上述 DGAT2 的转录水平，实现了 TAG 分子上 EPA 和 LA 组成的理性控制。

EPA 和 LA 均属于“人体必需脂肪酸”，人体自身无法合成，必须从食物中获得。EPA 对于治疗冠状动脉心脏病、高血压和炎症有效，而 LA 则能降低血液胆固醇，预防动脉粥样硬化。因此，工业微藻 TAG 中 EPA 和 LA 组成可控性的证明，为大规模、低成本合成自然界中稀少或不存在、却具特殊药物功效或燃料特性的 TAG 分子奠定了基础。

同时，这种通过利用油脂组装元件之间不同的底物选择性，来理性设计 TAG 分子结构的方法，为基于工业微藻乃至动植物底盘来规模生产“精准燃料”和“精准营养”提供了崭新思路。（沈春蕾 孔凤茹）

相关论文链接：DOI:<https://doi.org/10.1016/j.molp.2018.12.007>

信息来源：<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2019/1/421673.shtml>

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升，进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	中国科学院武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分先后)	中国科学院合肥物质科学研究院 中国科学院大连化学物理研究所 中国科学院青岛生物能源与过程研究所 中国科学院广州能源研究所
成员单位 (排名不分先后)	中国科学院上海高等研究院 中国科学院山西煤炭化学研究所 中国科学院上海应用物理研究所 中国科学院兰州近代物理研究所 中国科学院广州地球化学研究所 中国科学院过程工程研究所 中国科学院电工研究所 中国科学院工程热物理研究所

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

联系人：牛振恒 电话：(0532) 80662648