

# 智能设计育种技术实现水稻抗“镉”

## 热点透视

水稻镉含量超标，既影响粮食安全，又影响稻米产业健康发展。如何破解这一难题？湖南省农业科学院湖南杂交水稻研究中心副主任、研究员李莉团队给出了他们的答案。团队应用自主研发的染色体片段缺失型镉低积累水稻智能设计育种技术，成功培育出我国首个通过国家品种审定的镉低积累水稻品种“西子 3 号”。无需特殊栽培方式，它产出的稻米镉含量就远低于 0.20 毫克/千克的国家标准限量值。

日前，染色体片段缺失型镉低积累水稻智能设计育种技术入选 2024 年农业重大引领性技术。

### 应急品种特性不稳定

农田土壤受到镉污染，最严重的影响之一便是稻米会吸收和积累了过多的镉。镉含量超标的稻米若被人食用，将严重影响人体健康。如何降低水稻对镉的吸收和积累，一直是科研人员关注的问题和研究重点。

在李莉团队开展这项研究之前，科研人员已尝试在水稻生产中筛选出应急性镉低积累水稻品种。所谓应急性镉低积累水稻品种，主要指在现有杂交水稻组合中筛选出具有一定镉低积累特征的水稻品种。但从应急性镉低积累水稻品种的田间表现来看，其镉低积累特性存在不稳定性，且需要采用特殊栽培方式与之配套。

为解决应急性镉低积累水稻在生产实践中出现的这一难题，李莉团队开始探索研究，试图找到一种可在中、重度镉污染农田种植，无需特殊栽培方式也能保持稳定镉低积累特性的水稻资源。

“多年来，国内外鉴定了大量可育水稻表型，但未能发现稳定镉低积累种质。而水稻不育系一般不能自交结实，所以通常无法鉴定籽粒镉积累表型。我们前期研究发现，籽粒镉积累表型由孢子体基因型决定，对于不育材料采用任意父本异交授粉结实的方法能鉴定其表型。因此，我们开始了大规模、高强度的不育系籽粒镉含量鉴定。”李莉说。

### 另辟蹊径找到核心种质

为此，团队另辟蹊径，建立了不育系籽粒镉积累表型鉴定方法。这种方法能够利用

花期相遇的任意可育材料，对三系不育系及未恢复育性的两系不育系开展异交授粉。待不育系受精结实后，再鉴定其籽粒镉积累特性。“这种方法扩大了镉低积累资源筛选范围。”湖南省农业科学院湖南杂交水稻研究中心研究员王天抗说。

团队将搜集到的大量国内外杂交水稻亲本资源种植于中、重度镉污染田。2018 年，团队利用不育系籽粒镉积累表型鉴定方法，率先挖掘出稳定的镉低积累不育系珞红 3A 和珞红 4A。鉴定结果显示，珞红 3A 和珞红 4A 在全镉含量为 0.80 毫克/千克土壤中种植，籽粒镉含量分别为 0.027 毫克/千克和 0.017 毫克/千克；在全镉含量为 5.00 毫克/千克的土壤种植，籽粒镉含量分别为 0.043 毫克/千克和 0.037 毫克/千克，大幅低于国家标准限量值。

为解析珞红 3A、珞红 4A 镉低积累的遗传基础，团队利用第二代和第三代高通量测序技术，对珞红 4A 进行了全基因组测序。他们发现，珞红 3A 和珞红 4A 的第 7 号染色体有一段长度为 408481 个碱基对并包含多个镉吸收、转运关键基因的大片段 (Org) 缺失，且在缺失处插入了一段长度为 2980 个碱基对的序列 (Tons)。共分离试验结果证明，Org 缺失和水稻籽粒镉低积累性状存在紧密关联。

“应急性品种的镉低积累特性不稳定，且需要结合后期灌水、调节 pH 值等栽培措施，操作比较复杂，农民不容易接受。我们发掘的镉低积累种质具有稳定的镉低积累性状，这为选育稳定镉低积累水稻新品种提供了重要的材料基础。”中国工程院院士、湖南省农业科学院党委书记栾连阳介绍。

### 建立精准分型技术体系

针对 Org 缺失及 Tons 插入，团队开发了共显性 Taqman 分子标记组合，建立了水稻镉积累精准分型技术体系。王天抗说，这一体系可保障科研人员在水稻苗期快速、精准地区分镉低积累、非镉低积累及杂合单株，准确率达 100%。

李莉告诉笔者，利用该技术体系，团队以珞红 3A、珞红 4A 转育的多基因聚合镉低积累中间材料作为供体，以主推常规稻或杂交稻亲本作为受体，采用杂交、回交育种策略，开始品种选育。技术体系的应用，大大加速了团队镉低积累水稻品种创制速度。

在精准分型技术体系的基础上，团队最



农机手操作插秧机插秧 ■ 陈思汗摄

终建立了聚合镉低积累、抗病虫害、优质、高产等分子标记前景和全基因组背景选择的染色体片段缺失型镉低积累水稻智能设计育种技术，极大提升了镉低积累、优质、高产新品种的选育效率。

2020 年起，团队选育出适合在中、重度镉污染稻区种植的“西子 3 号”“西子 9 号”“西子 17 号”等高产优质镉低积累常规稻品种 10 个，“西 3S”等镉低积累两系不育系 2 个，“西恢 3 号”“西恢 5 号”等镉低积累恢复系 7 个，测配出“西两优 4 号”等镉低积累苗头组合 2 个。

“西子 3 号”在国家区试中的表现十分突出，在 2021 年和 2022 年国家各区试点“西子 3 号”糙米镉含量仅为 0.000-0.098 毫克/千克，大幅低于国家限量标准 0.20 毫克/千克；米质综合评级为部标优 2 级，平均亩产 565.03 千克。

2021 年，“西子系列”镉低积累水稻新品系在湖南省湘阴县镉污染稻田率先开展试验示范，示范面积 160 亩；2022 年，其在湖南省湘潭县、赫山区、湘阴县等 15 个县区开展示范，总面积 1155 亩；2023 年，其在湖南省内外 13 个县区开展示范，总面积 600 亩，均实现安全生产，并在各示范点表现出极显著的降镉效果。

李莉举例，“西子 3 号”“西子 4 号”“西

子 5 号”“西子 11 号”“西两优 2 号”“西两优 4 号”的糙米平均镉含量分别为 0.021 毫克/千克、0.047 毫克/千克、0.039 毫克/千克、0.007 毫克/千克、0.023 毫克/千克、0.044 毫克/千克，大幅低于国家限量标准值，与对照组相比降镉幅度达到 95% 以上。在镉低积累的基础上，“西子系列”镉低积累水稻还表现出了优质、高产特性，真正实现了土壤镉超标稻田里产出放心大米。

2023 年，“西子 3 号”成为我国首个通过国家审定的镉低积累水稻品种，可在湖南、江西、浙江、湖北等地的双季稻区的耕地安全利用区 (镉含量小于或等于 1.5 毫克/千克) 开展晚稻种植。

染色体片段缺失型镉低积累水稻智能设计育种技术助力我国实现了镉低积累水稻重大品种选育的种质创新，引领南方镉污染稻区走上了绿色优质、增产增效之路，为粮食生产、农业增效、农民增收、产业兴旺提供了重要技术支撑。

今年，“西子 3 号”已在我国长江中下游地区省份开展大面积推广种植，这对保障食品安全、国家粮食安全具有重要意义。

“未来，我们将重点攻关杂交水稻智能设计育种技术，培育超高产、口感好、镉低积累、多抗、广适的杂交水稻新品种，为保障国家粮食安全作出应有贡献。”栾连阳说。 俞慧友

## 国内首次实现百兆瓦时构网型储能电站黑启动

# 电网应对突发情况再添“防护盾”

国家能源局数据显示，2024 年一季度，全国可再生能源新增装机 6367 万千瓦，同比增长 34%，占新增装机的 92%。截至 3 月底，全国可再生能源装机达到 15.85 亿千瓦，约占我国总装机的 52.9%，其中，风电和光伏发电之和突破 11 亿千瓦。

然而，风电和光伏发电具有间歇性、随机性和波动性，会在一定程度上影响电网安全稳定运行。

随着新型电力系统建设及“源网荷储”一体化运行的推进，储能电站如何发挥自身优势、护航电网安全尤为重要。近日，湖北荆门新港储能电站成功实施国内首个百兆瓦时构网型储能电站黑启动试验，电网应对极端突发情况再添“防护盾”。

### 30 秒恢复供电

黑启动是指电力系统由于故障停运后，依靠系统内具有自启动能力的机组或系统外电源，使整个电力系统恢复正常运行。这是保证极端条件下城市电网安全运行的重要手段。

新港储能电站是国家能源局新型储能试

点示范项目，站内有 16 个集装箱大小的储能单元，内装磷酸铁锂电池。去年底，电站二期工程并网成功，总容量 50 兆瓦/100 兆瓦时，可满足 1.6 万余户家庭 1 天的用电需求；还可以消纳附近的新能源，帮助电网削峰填谷。

在黑启动试验中，新港储能电站相邻的高桥变电站模拟突发停电，无法向外送电。新港储能电站运维人员接到指令，迅速将本站电能送往变电站帮助其启动，整个过程仅耗时 30 秒。“黑启动过程中，24 台储能变流器电压百分之百同步，系统频率、电压均可稳定控制。”国网湖北电科院熊亮博士说。

此次黑启动不仅恢复供电速度快，供电功率大、时间长，且转换效率高超过 85%，优于其他黑启动方式。若遭遇电网全停且故障恢复困难等情况，新港储能电站存储的电能可带动所在供区重要用电负荷 24 小时稳定运行，并可为新能源场站提供站用电源，助其恢复并网发电。

当前，湖北正处梅雨季节，雷电活动增多，具备黑启动功能及孤网运行能力的储能电站，可以在极端情况下提供更加稳定的供电。国网湖北电力公司相关负责人说，本次

试验为抗灾保供及储能建设发展提供了新思路，同时证明极端情况下构网型储能电站拥有较好的黑启动功能及离网运行能力。

荆门供电公司发展策划部副主任夏晓荣说，下一步，荆门计划建设 4 座规模为新港储能电站两倍的结构网型储能电站，为当地乃至湖北储备一批具有黑启动功能的抗灾保障电源。

### 攻克多个技术难题

为主动适应新能源快速增长态势，实现系统消纳能力更强、整体运行更优，破解储能电站黑启动技术难点尤为关键。

“传统储能电站多采用跟网型控制技术，需要跟踪电网的实时电压和频率才能运行。一旦电网发生波动，跟网型储能电站失去电网的实时电压和频率数据指引，无法工作。”国网湖北电科院高级工程师游力说，构网型储能电站自身就能建立实时电压和频率，既能撑起一个小型电力系统，也能直连电网，具有较强的“独立自理”能力。

这一特性也让构网型储能电站具备担当黑启动火种的潜力。

此前，抽水蓄能及燃机电站常作为黑启动载体。传统黑启动机组容量普遍较大，控制对象少，操作相对简便。

近年来，新型储能电站加快建设，清洁高效的电池储能替代传统同步发电机，成为黑启动新载体。然而，电池储能系统控制对象数量通常在几十台乃至百台，存在电压控制同步困难、多储能变流器环流抑制等问题。

去年 1 月，国网湖北电科院组织专业技术人员成立攻关团队，与南京南瑞继保电气有限公司联合研发构网型储能技术，通过开展硬件在环仿真、机组测试以及整站实证，成功攻克构网型储能黑启动中的多机并联控制以及构网限流策略难题。

“难点在于保证各机组同时、同频、同相位黑启动升压。”游力介绍，黑启动多机并联控制主要攻克了协调控制系统毫秒级的快速通信技术，以及黑启动过程中的相位修正技术。构网限流策略优化可实现有源阻尼算法重构，防止因启动线路、变压器、电动机等设备使储能变流器短时过载，抑制储能变流器谐波。这一系列创新提升了新型储能作为黑启动电源的可靠性。 吴纯新

## 创新杂谈

北京聚焦科技成果转化，出台赋权改革激励、搭建转化捷徑、概念验证助力等改革举措，努力让各类创新主体“有的转”“有权转”“愿意转”“转得顺”，推动科研与市场相向而行，帮助科技成果加速跑向市场。

科技成果转化是连接创新和产业的重要桥梁，也是发展新质生产力的重要环节。一项项科技创新成果从科研院所走向企业、从实验室跃上生产线，才能实现创新价值，助力新质生产力发展和现代化产业体系建设。如何推动创新链与产业链融通互联，让科研与应用“一键相连”？不少地方在深化改革中寻找答案。

促进科技成果转化，有时会面临这种情况：科研工作者对市场不熟悉，企业家不愿承担风险过早投资实验室技术研发。去年，北京支持华北电力大学等 5 家单位建设以科技成果转化和产业化为目标的产业开发研究院，集聚聚科技成果、人才、资本及行业资源，形成从应用研发、成果转化、企业孵化到产业培育的全链条科技成果转化工作体系。推动更多科技成果从“书架”走上“货架”，就要全面深化改革，着力打造一站式、全链条平台，让创新链与产业链更好融合。

企业处于市场前沿，更懂市场需求，对技术的感知更敏锐、更深刻。跑出科技成果转化应用“加速度”，需要充分发挥企业创新主体作用。船舶制造业企业集聚的上海长兴岛，也是上海交通大学设立的新型研发机构长兴海洋实验室所在地。过去，科研机构不掌握船舶制造一线的需求，科研成果很难在造船厂直接应用。如今，科研扎在产业一线，瞄准关键技术精准攻关，更好实现了“双向奔赴”。一个个企业开出“创新花”，结出“产业果”，有利于弥合技术与市场之间的信息差，把科技成果更高效地转化为产业优势。

“楼上楼下，成果转化。”江苏苏州光电技术研究院的一座二层小楼，楼下是高精度精密仪器实验室，楼上有三维光传感、光器件封测中试平台。一栋楼里就能实现成果研发“从 0 到 1”，成果转化“从 1 到 N”。得益于全面深化改革激发的创新活力，江苏这样一头连接科研、一头连接产业的新型研发机构已有 560 多家。多一些改革的思路 and 创新的办法，就能在促进科技成果转化和应用上实现更大突破。

创新无止境，改革无止境。探索好用管用的经验做法，搭建更多科技成果转化“快车道”，创新活力必将持续涌动，为推动高质量发展提供强大支撑。

## 孙宇彤：坚守“挖矿初心”勇做“数智先锋”

（上接 A1 版）

### 规划发展 育新赋能

从信息化到智能化再到智慧化，孙宇彤深知科技是第一生产力，攻克关键核心技术，基础研究要先行。以大数据、互联网、云计算、区块链及人工智能等为代表的生产力新质态正逐步形成，必将带来更加强大的先进生产力系统的更新和迭代。

“国际科技创新竞争态势日趋激烈，要牢牢把握发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点，抓住全球新一轮科技革命和产业变革机遇，不断深化基础研究体制机制改革，着力打通堵点卡点。”孙宇彤说，1994 年出生的她，身上有一股少年老成的“气质。”

结合多年一线工作的实践，2024 年，孙宇彤带领团队认真谋划，决定从加强基础研究和应用基础研究切入，深入探索人工智能赋能传统产业的新方法，从而为经济社会发展不断注入新动力，探索培育发展新质生产力最坚实的基

础支撑。新时代呼唤新担当，新使命激励新作为。在孙宇彤看来，自己的“数智初心”，就是要扮演好“数智先锋”角色，把习近平总书记提出的新质生产力作为大数据能力提升的核心动能。“当我们可以把握好方向和趋势时，努力前行、日积月累，我们的人工大数据就能不断走向成功，为山西省发展新质生产力、推动山西省高质量发展转型、奋力谱写全面建设社会主义现代化国家山西新篇章贡献力量。”

## 沁润农业：科技助力 大棚蔬菜绿意盎然

（上接 A1 版）眼下，大棚内的豆角、辣椒已进入盛产期。因为智慧玻璃温室的加持，这里的蔬菜生产完全摆脱了气候和土壤的影响。王玉娟透露，在新技术的推动下，温室大棚豆角的品质有很大提升，亩产达到 2500 公斤，得到市场的认可。时下豆角上市价格稳中有升，来自省内和河北等地的客商每天都来园区拉运，为了满足客商调运需求，园区每天有七八十名工人进行采摘、打包。

“沁县今年遭遇多年不遇的旱灾，正是农作物生长的关键阶段，两个多月内无一场有效降雨，直接影响着作物的生长。而在沁润农业公司，大田蔬菜采用滴灌技术，植物生长未受到影响。”王玉娟说。

聚焦农业科技创新，沁润农业围绕农业生产过程数字化转型，推进智慧农业升级赋能，培育形成一个数字农业应用场景，展现出一个以科技兴农、数字惠农赋能乡村振兴的美好前景。