

# 智能设计育种技术实现水稻抗“镉”

K 热点透视  
rediantoushi

稻米镉含量超标，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性的水稻品种。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。

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

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柏连阳介绍。

## 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、非镉低积累及杂合株，准确率高达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、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，为粮食丰产、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。”柏连阳说。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，迅速将本电站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雳博士说。

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区域重要用电负荷24小时稳定运行，并可为新能源场站提供电站用电源，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上百台，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，抑制储能变流器谐振。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

# 一场科研为战的“漂亮仗”

——国防科技大学智慧能源创新团队深入一线解难题

“黄老师您好，我们在上级机关的帮助下，了解到您承担了一个与电能质量相关的后勤科研重点项目。可否请您派出专业力量为我单位提供技术支持？”前不久，国防科技大学系统工程学院教员黄生俊接到了来自部队一线的紧急电话。

原来，驻地在西藏拉萨的某旅保障部出现了严重的电能质量问题，导致一台储能变流器烧毁。地方公司出具的评估报告显示，系统性解决问题需15个工作日，所需经费90余万元。如果按照评估报告操作，该旅保障部面临两个现实困难：一是经费较高且申请流程复杂，二是解决问题时间过长，会严重影响部队的日常训练。他们迫切希望寻求军内专家帮助，并形成系统性解决问题的方案。

闻讯而动，黄生俊所在的智慧能源创新团队立即开展研讨，结合地方公司的评估报告和现场照片、数据，对储能变流器烧毁的原因进行诊断分析。

智慧能源创新团队是国内率先将大数

据与人工智能技术应用在智慧能源领域的科研队伍。团队成员曾多次前往高原、海岛和边防部队，为全军各单位新能源建设和战场电能保障提供技术指导。

“我们初步判定是负荷侧的三相不平衡导致变流器被烧坏，如果三相不平衡的问题得不到妥善解决，即使更换新设备也依然存在被烧毁的风险。”黄生俊说，“找出导致三相不平衡的具体原因所在，从根本上解决问题，是避免后续系列问题的重中之重。我们必须到现场看看。”

没有片刻犹豫，黄生俊和同为智慧能源创新团队成员的王锐带上电能质量检测设备立刻赶往拉萨。由于是第一次进藏，黄生俊和王锐出现了明显的高原反应，他们头痛欲裂、嘴唇发紫。但到达现场后，仍强忍不适第一时间开展问题排查。

根据系统实测数据，微电网所在供配电

线路中一次侧A、B、C三相电流严重不平

衡，负荷不平衡率远远超过《电力系统运行

技术规程》中规定的10%。本以为有了前期

的问题评估和方案论证，问题能很快得到解决，但部队营区老旧、电气一次接线图缺失的现实情况又让排查整改工作陷入困境。

为了更快地“对症下药”，他们决定根据实际线路连接情况进行逐一测量排查，通过分析实测结果，最终成功找到导致三相不平衡的直接原因。“营区配电房各负载回路的空气开关中，存在多处A、B、C三相错位连接的情况，各营新增负载时没有进行全局统筹，将新增负载接到了同一相。三相负载的不合理分配最终导致了新增回路三相严重不平衡。”王锐结合现

场情况为部队战士详细解释。

找出具体原因后，黄生俊和王锐同部队战士一起对接线错误的空气开关进行调整，并重新分配负载回路。一天下来，他们初步解决了营区负载三相不平衡问题，在不增加成本、不影响部队训练的情况下消除了安全隐患，将系统性解决问题的时间从评估的15个工作日缩短为2天，维修经费大幅下降。针对该问题的前因后果和排查经过，黄生俊和王锐还出具了《问题诊断评估意见

书》和详细的《问题诊断评估报告》，为部队后续的电路整改提供了系统性决策建议和指导，同时他们还为官兵进行了电力操作规范方面的讲解和培训。

张强

## 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发展的新方法，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。“当我们能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、推动山西省高质量转型发展、奋力谱写全面建设社会主义现代化国家山西篇章贡献力量。”

## 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，为了满足客商调剂需求，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发展应用场景，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。