



农村能源革命是我国能源革命整体布局中的重要部分。7月18日，农业农村部等四部门联合发布《关于推进政策性开发性金融支持农业农村基础设施建设的通知》，明确提出“开发生物质能、农村光伏等农村新能源”。在乡村振兴战略和“双碳”目标驱动下，农村能源该如何发展？《能源评论》记者日前就此采访了中国工程院院士杜祥琬。他表示，要提升农村能源革命战略地位，将农村能源发展纳入国家生态文明建设、能源革命和乡村振兴战略框架。中国的能源革命选择从化石能源基础薄弱的农村入手，代价更小。在农村，立足于可再生能源的基础设施符合能源低碳化大趋势，农村丰富的生物质能与风能、太阳能相结合，有助于实现新型电力系统安全可靠、经济可行、绿色低碳的“可能三角”。

## 以农村能源革命 推动区域崛起

——访中国工程院院士杜祥琬

文 / 本刊记者 王伟 本刊特约撰稿人 崔磊磊

兰考县等地的试点只是初步成功，中国农村能源革命建设任重道远，亟须各方协同持续深入推进，积极探索可复制可推广的、基于农村能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径。

### 能源革命从农村入手或易突破

**问：**为推进乡村振兴战略，有关部门出台了多份支持农村清洁能源发展、构建乡村现代能源体系的文件。您认为，从农村入手推动能源革命的必要性和可行性如何？

**答：**城市的诞生来源于化石能源的集中使用，其特征是规模经济、规模消费。越是大城市，化石能源基础设施越完备，煤、油、气、电运行相当稳定。城市能源革命的一个难点，就是如何激发大部分城市的内生动力，筹集巨额资金对基础设施进行大规模改造。因此，中国的能源革命选择从化石能源基础薄弱的农村入手，代价更小，不仅必要而且可行。原因如下：

一是从能源资源禀赋来看，与“富煤少油缺气”相对应的是农村地区丰富的可再生能源资源。农村发展可再生能源一直是就地生产、就地消费，分布式发展效率更高（有条件的地方也可以和集中式相结合）。二是农村化石能源基础设施比较薄弱，化石能源价格比较高，阻碍了农村产业的发展，而发展可再生能源的成本比较低、阻力也比较小，可以发挥农村的资源优势。立足于太阳能、风能等可再生能源的基础设施符合能源低碳化的大趋势，资源和市场同在一起，技术容易培育。通过现代工业手段，利用风、光、水、生物质、地热等能源，可以解决目前农村的三个问题：生物质能利用手段原始、散烧煤和垃

圾污染。

**问：**我国农村有大量生物质原料（农林废弃物），您认为该如何科学提高其利用效率，能否与新能源开发结合起来？

**答：**这些生物质原料目前大多采取直接燃烧的低效利用方式进行处理，易造成资源浪费和环境污染问题。以秸秆为例，我国是世界第一大秸秆生产国，秸秆年产量约8亿吨。生态环境部的数据显示，2019年卫星遥感共监测到全国秸秆焚烧点6300个，主要分布在东北、华北、华中和华东地区。

人们常说，“堵不住浓烟滚滚，疏方得碧水蓝天”。生物质能具有储存方便、成本低、用量灵活可控、资源市场易衔接的特点，现在要研究如何实现其工业化的利用。比如，生产沼气、液态乙醇、固化成型等。此外，如果将生物质能和风能、太阳能相结合，可以起到调风补光的作用，有助于实现新型电力系统的“可能三角”——既安全可靠，又经济可行，还绿色低碳。

**问：**近日发布的《中国农村散煤治理综合报告（2022）》显示，2021~2022年采暖季，京津冀及周边、汾渭平原等重点地区超额完成散煤替代农户约420万户。散煤治理工作目前是否应该告一段落？

**答：**这份报告显示，在北方地区



## “十四五”期间我国推动农村可再生能源发展五大举措

1



实施千乡万村驭风行动、千家万户沐光行动“双千万”行动，利用乡村建筑屋顶、院落空地、田间地头、设施农业、集体闲置土地、通过村集体土地作价入股、农民参股等方式，推进乡村分散式风电和分布式光伏发展，在提升乡村绿色电力自给率的同时，推动乡村产业发展，壮大村集体经济，增加农民收入。

2



构建县域内城乡融合的多能互补清洁供暖体系，积极推进生物质能清洁供暖，因地制宜推动地热能、太阳能、电能供暖，提升农村清洁供暖水平，助力宜居乡村建设。

3



加快发展生物天然气，以县域为单位积极开展生物天然气示范，提高有机废弃物、畜禽粪便的资源化利用率，助力农村人居环境整治提升。

4



实施农村电网巩固提升工程，聚焦脱贫地区农村电网薄弱环节，提升农村电网供电可靠性，满足农村大规模分布式可再生能源接入、电动汽车下乡等发展需要，筑牢乡村振兴电气化基础。

5



开展乡村能源站行动，建设具备分布式可再生能源诊断检修、电动汽车充电、生物质成型燃料加工等能力的乡村能源站，探索能源服务商业模式和运行机制，提升乡村可再生能源普遍服务水平。

<< 资料来源：国家发展改革委、国家能源局

15个省份中，清洁取暖率超过70%、80%比例的分别为8个、6个。这表明，我们在散烧煤治理方面已经做了不少工作，取得了一定的成绩，下一步还需要进一步努力实现清洁替代。

对于散烧煤，国家发展改革委给出的定义是灰分大于16%、硫分大于1%的煤。大多数研究把家庭取暖、餐饮使用的煤，以及一些小锅炉、小窑炉的用煤称为散烧煤。散烧煤的使用存在诸多问题，比如，质量不达标、燃烧效率较低、废气无法有效处理，所以对空气的污染远比大型燃煤锅炉严重。散烧煤尤其是劣质煤在燃

烧过程中排放大量烟尘、温室气体及酸性气体，是造成大气污染和雾霾的主要原因。这些污染物直接排放，污染了环境，危害了民众健康。用散烧煤的灶具、取暖设施（以土暖气、火炕或者煤炉为主）的热效率、能源利用率比较低，造成了资源浪费。

近年来，我国散烧煤治理工作有阶段性进展，减污降碳协同效应明显，还需继续努力。

**问：**对于农村固体废弃物利用，也就是垃圾处理问题，您有什么解决思路？

**答：**随着农村居民生活水平不断

提高，固体废弃物的产生量也在增加。2019年，我国农村生活垃圾量为2.99亿吨，主要包括农村生活垃圾、畜禽粪便，如果处理不当，将造成能源浪费和环境破坏。

农村的垃圾处理应该采取就近原则，在政府引导下，打造政府、企业、公众三方面密切配合的“黄金三角模式”。数据显示，现在每亩秸秆资源化的价值约为200元，每吨垃圾资源化价值约为100元。如果处理好了，无论是发电供热，还是生产肥料，都具有一定的经济价值。同时，做好这项工作，也是美丽乡村建设不可或缺的部分，将产生巨大的社会效应。

## 以试点带动，助力乡村振兴

**问：**您认为，基于农村资源禀赋的能源革命的具体落地应用和方向是什么？

**答：**大力发展分布式与集中式结合的低碳能源网络，是农村能源革命的一个方向。分布式低碳能源网络有较多优势：一是可以极大利用可再生能源，有效缓解能源环境问题；二是可以合理利用能源，提高能源效率；三是结合大电网可以提高供电可靠性和供电质量；四是由于发电单元更靠近用户，供电成本也比较低，尤其是对地形条件恶劣的偏远地区、经济欠发达地区而言。

在具体技术上，分布式低碳能源网络可以把清洁环保的低碳发电系统以小规模（数千瓦到50兆瓦）、模块化分散布置在用户附近，独立输出电、热、冷，彼此互联，采取先进的数字信息技术（智能化监控、网络化群控和远程遥控等技术），进行高效准确的资源配置，保证各分布式能源系统安全可靠运行。比如，现在已经在农村创造了农业种植、畜牧养殖、林业治沙和光伏相结合的新模式，在实现土地综合利用、发展新业态的基础上，既推动了新能源的发展，又提高了土地利用的经济性。

**问：**国家相关部门已经发布了《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》，明确提出了到2025

年的主要目标。您认为，农村能源发展新业态还有哪些机会？

**答：**综合农村地区的太阳能供热采暖、风光发电蓄热电锅炉、地热、热泵等技术，可以解决农村清洁供暖、热水需求，这样就有条件尽早完成散烧煤替代。

同时需要立足可再生能源，发展绿色制造业等新兴前沿产业。有一些产业也可以入驻农村，使用当地可再生能源，既达到自身节能减排的目标，又起到推动乡村振兴的作用。农民不仅是能源消费者，还可以成为能源的生产者和服务商。在此基础上，发展虚拟电厂、微电网以及相应的数字技术可以吸纳一批就业人口，集聚乡村振兴的人力资源，带来乡村产业可持续发展的机会。

**问：**您所提倡的农村能源革命，有哪些成功试点？

**答：**农村能源革命由中国工程院提出来后，得到了国家相关部门和地方政府的支持，例如，河南省选定了兰考县作为农村能源革命的试点。自2017年7月开展农村能源革命试点工作至今，兰考县全面淘汰了薪柴和散烧煤，清洁取暖普及率从14%提高到99%。最近国家能源局组织了对兰考县农村能源革命试点的第三方验收和评估，结果显示：该县新能源发电量占全社会用电量的比重从21%提高到90%，全县生活垃圾无害化处理率达到94%以上，农作物秸秆资源化利用

率达到90%以上，农村人居环境明显改善，收入显著增加。

此外，广东省清远市清城区源潭镇新马村已成为广东省城乡融合综合能源示范点，2022年光伏发电量预计将达到338万千瓦时。山西省芮城县试点发展的“光储直柔”模式，培育了一批能源产消者，增加了本地的能源自给率，值得研究推广。

**问：**您如何评价这些试点成果的可推广性和价值？

**答：**在推进兰考试点工作过程中，我提出了我国中东部能源“身边取”和“远方来”相结合、分布式与集中式相结合的发展方向，以及着重发展“身边取”的思路。因为这不仅可使能源结构低碳化，而且可改善能源空间格局，提高试点地的能源自给率。以兰考县为例，其太阳能、风能的资源并不是最好的，但是能够发展好集光伏、风电、生物天然气、智能电网、地热取暖、垃圾发电、智慧交通于一体的低碳能源网络，服务于低碳美丽乡村建设，说明其做法有一定的普适性、代表性和可推广性。

需要强调的是，兰考县等地的试点只是初步成功，中国农村能源革命建设任重道远，亟须各方协同持续深入推进，积极探索可复制可推广的、基于农村能源革命的生态文明建设典型范式和实施路径，由此推动区域崛起，助力中国生态文明建设战略顺利实施。□