

杨萍,王云强,孙慧,等.中国戈壁光伏新能源基地建设的途径及政策[J].中国沙漠,2026,46(3):154-162.

# 中国戈壁光伏新能源基地建设的途径及政策

杨萍<sup>1,2</sup>,王云强<sup>3</sup>,孙慧<sup>3</sup>,颜长珍<sup>1</sup>

(1.中国科学院西北生态环境资源研究院,甘肃兰州730000;2.中国科学院科技基础能力局,北京100864;3.中国科学院地球环境研究所,陕西西安710061)

**摘要:**在中国落实“双碳”目标与能源转型的背景下,大规模开发利用戈壁资源、建设光伏新能源基地是构建新型电力系统以及保障国家能源、生态与粮食安全的战略举措。本文系统梳理中国戈壁资源与光伏开发现状,分析戈壁本底基础科学数据、光伏开发政策体系及生态协同等方面存在的问题,从能源、农业、生态、产业融合角度,提出能源开发、特色农业与融合发展的协同发展路径,并从土地管控、科技支撑、生态补偿、跨区域协同等方面构建政策保障体系,以推动戈壁光伏基地从单一能源工程向生态能源经济协同的系统模式转型。

**关键词:**戈壁资源;光伏新能源;系统路径;生态协同;政策保障

文章编号:1000-694X(2026)03-154-09

DOI:10.7522/j.issn.1000-694X.2026.00028

中图分类号:X821

文献标志码:A

## 0 引言

在全球应对气候变化与能源转型的背景下,中国“双碳”目标的实现及能源安全的保障亟须构建清洁低碳、安全高效的能源体系<sup>[1]</sup>。中国中东部地区光伏新能源建设目前面临土地资源紧张与生态约束强化的双重挑战<sup>[2]</sup>。西北干旱区分布的大面积戈壁,年太阳总辐射量和可利用小时数高,地表由稳定砾石覆盖,地势平坦,植被稀疏<sup>[3-4]</sup>,是建设大型光伏新能源基地的理想区域<sup>[5]</sup>。推动光伏开发向戈壁地区战略转移,不仅能优化能源空间布局,还具有保障国家能源、生态与粮食安全及区域协同发展的战略意义。

本文通过系统分析戈壁光伏开发的资源基础、现状问题、融合路径与政策保障,构建多目标协同、多系统耦合的开发路径,为实现戈壁资源高效、绿色、可持续发展提供理论支撑与实践参考。

## 1 中国戈壁资源及戈壁光伏新能源建设现状

中国戈壁面积广阔,光能资源丰富。戈壁光伏开发呈现集群化、规模化特征,并与生态修复及农

业发展协同。该区域仍面临本底认知不清、政策体系不完善、生态影响不明等关键问题,严重制约该区域光伏的可持续开发。

### 1.1 中国戈壁资源现状

戈壁是干旱区地表由粗大砾石或基岩覆盖、植被极度稀疏的干旱荒漠景观,是长期地质剥蚀、搬运与堆积作用的结果<sup>[3]</sup>。依据地貌形成的主导外营力和地表物质特征,可分为剥蚀和堆积两类型。剥蚀戈壁以物理风化和侵蚀作用为主,地表为基岩裸露或覆有薄层砾石,主要分布于内蒙古高原中西部及边缘山地。堆积戈壁以冲积、洪积作用为主,地表由厚层砂砾石组成,多分布于大型内陆盆地边缘及山麓地带的倾斜平原。

中国仅西北干旱区戈壁面积约66.1万km<sup>2</sup>,约占国土面积的6.9%<sup>[4]</sup>,主要分布于温都尔庙-百灵庙-鄂托克旗-盐池一线以西的内蒙古高原中西部、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地及新疆塔里木盆地与准噶尔盆地等内陆盆地边缘山麓地带<sup>[3]</sup>。西藏北部羌塘高原高寒干旱地区也分布有约10.4万km<sup>2</sup>的戈壁(图1)。

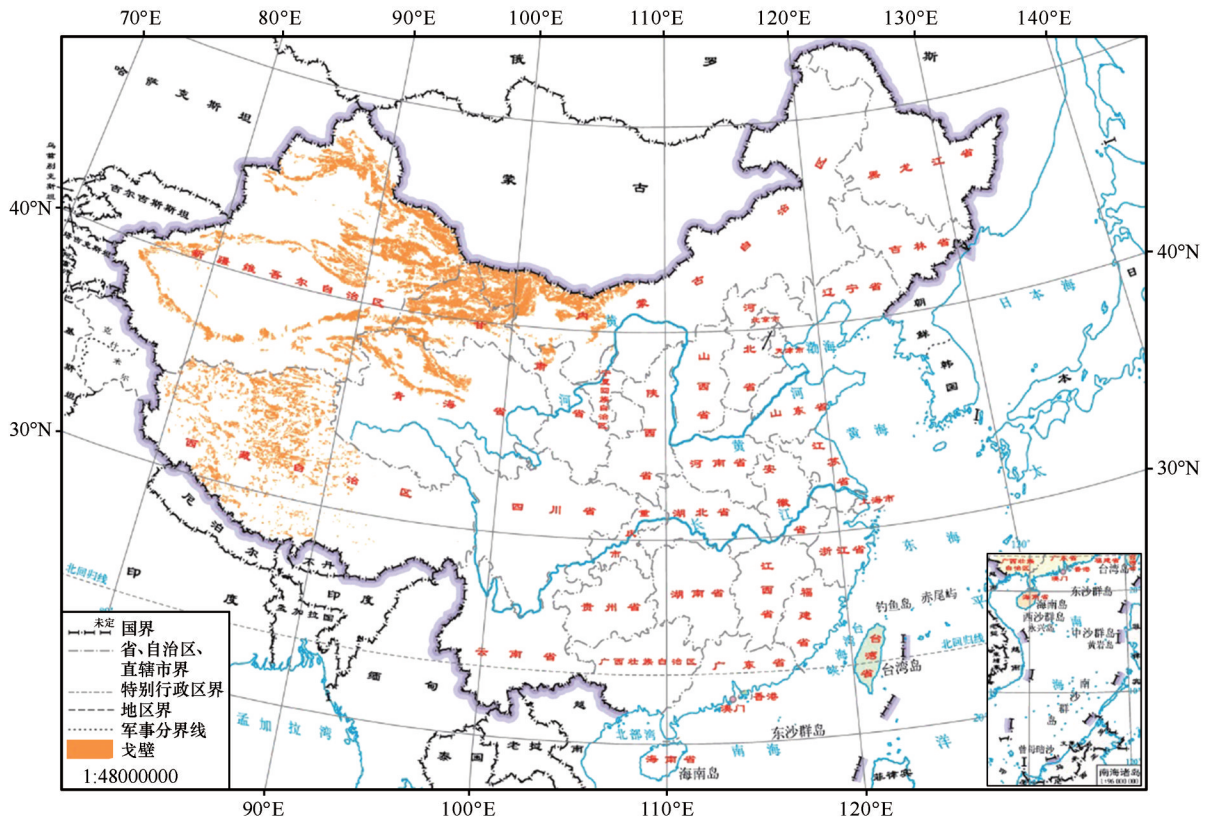
收稿日期:2026-01-28;改回日期:2026-02-24

资助项目:科技基础资源调查专项(2023FY100700)

作者简介:杨萍(1964—),女,陕西兴平人,博士,研究员,主要从事西藏土地荒漠化研究及生态系统研究网络的管理和研究工作。

E-mail: yangping@cashq.ac.cn

通信作者:颜长珍(E-mail: yancz@lzb.ac.cn)



注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号GS(2016)1600号标准地图制作，底图边界无修改

图1 中国戈壁分布

Fig.1 Distribution of gobi in China

中国戈壁地处温带大陆性气候带的干旱区，降水极度稀少，年降水量普遍低于200 mm。地表热容量小，气温日较差30~50℃。蒸发强烈，潜在蒸发量为降水量的20~50倍<sup>[6]</sup>。土壤以盐分高、质地粗、有机质匮乏的棕色荒漠土和灰棕荒漠土为主。植被稀疏，盖度通常不足10%，以旱生、超旱生灌木、半灌木及草本为主<sup>[3-4]</sup>。由于地势开阔、大气透明度高，戈壁区风能与太阳能资源丰富。

### 1.2 中国戈壁区光伏新能源开发现状

中国戈壁光伏开发已从单一电站建设发展成为集能源供给、生态修复与区域发展于一体的协同型产业，呈现出集群化部署、跨区输送与多元技术融合的特征。

(1) 戈壁光伏新能源建设现状。中国“沙戈荒”地区，戈壁占38.76%<sup>[7]</sup>，光伏年利用时间为1 759 h<sup>[8]</sup>。截至2025年6月底，全国光伏发电装机容量约11亿kW<sup>[9]</sup>，在戈壁地区形成了以甘肃、新疆、青海为核心的集群化开发与跨区输送格局。甘肃省侧重于大规模集中开发与特高压外送，酒泉千万千瓦级基地

通过特高压向华中输电<sup>[10]</sup>。新疆主推风光火储一体化，兼顾电网安全与生态修复，喀什纯光伏基地在发电的同时提升了局部植被覆盖度<sup>[11]</sup>。青海省则以海西州千万千瓦级基地为代表，构建了技术实证与电力外送的双重体系<sup>[12]</sup>。截至2025年下半年，三省区新能源装机均超7 300万kW，清洁能源占比高<sup>[12-14]</sup>。

(2) 典型光伏新能源与农业协同模式。戈壁地区光伏与农业协同已形成一地两用的节水型和设施型模式，通过光伏阵列遮蔽效应降低地表温度与土壤蒸发，为耐阴低耗水作物创造生长条件。节水型光伏农业采用传感器驱动的精准灌溉技术，在甘肃、新疆等地实现枸杞、苜蓿等作物高效种植，在发电同时显著降低农业用水消耗。设施型光伏农业利用透光谱组件与能源管理系统，在保障光合有效辐射的前提下实现温室环境智能调控，提升农业生产可控性<sup>[15-16]</sup>。

### 1.3 存在的主要问题

为支撑国家能源转型目标而开展的大规模戈

壁光伏基地建设,在快速推进的同时,正面临基础认知不足与政策体系不完善的问题,制约着其可持续发展。

(1) 对戈壁本底及光伏生态影响认知不足。当前对戈壁区域的本底认知、生态影响及工程适应性研究都存在不足。尚未建立大范围、高精度的地表物质、水文地质及生态要素本底数据库,基础数据系统性缺失导致规划选址只能依赖粗略数据。大规模光伏阵列对地表反照率、风沙流场及水分再分配的长期影响、工程扰动引发的次生风险评估等生态影响机制的研究不足造成难以准确判定可开发与保护的空间边界<sup>[17]</sup>。针对强紫外线、剧烈温差及频繁风沙等极端环境,对光伏组件与电气设备的耐久性及运维成本等工程可靠性研究不足给项目运行带来不确定性<sup>[18]</sup>。缺少对水资源及新型农业模式的研究,制约对组件清洗、消防等运维用水估算及光伏+农业协同模式的深度协同<sup>[19]</sup>。

(2) 戈壁光伏开发政策支持体系不完善。现有政策框架在顶层设计上已明确了方向,但在标准制定、系统协调和全程监管等执行层面仍存在不足。国家已出台光伏建设的相关规划<sup>[1]</sup>,但针对戈壁特殊生境的强制性技术标准仍然空白,如板下种植规范、生态修复标准等缺少,导致地方实践中缺乏统一普适技术依据。特高压外送通道建设周期通常长于光伏电站,源网建设不匹配导致“有电送不出”的矛盾突出。目前政策侧重于对建设期准入管理,而全生命周期监管缺失,对运营期的动态生态影响评估及末端废弃组件的循环利用缺乏强制性法规。

(3) 对新能源项目潜在生态影响评价薄弱。在戈壁地区建设新能源项目,除直接占用外,主要是土地空间与生态功能冲突。基础设施(如道路、升压站)的物理占用破坏地表砾幕或原生生物结皮,这种土地占用与生态功能破坏会导致生态功能丧失及生态廊道破碎化<sup>[17]</sup>。在干旱区水资源刚性约束下,项目运行期的组件清洗及光伏+生态模式下的植被灌溉新增了用水需求,与原有的生态、农业及生活用水形成水资源竞争<sup>[20]</sup>。大规模光伏阵列对局地微气候的长期影响尚不明确<sup>[21]</sup>,且全生命期末端的废弃组件若回收体系不健全,其中的重金属等有害物质可能对脆弱环境构成新污染的长期与累积性环境风险评价缺少。

## 2 开发利用戈壁资源的必要性

在全球能源结构转型与中国“双碳”目标持续推进的背景下,开发利用戈壁资源、建设光伏新能源基地,在国家能源安全、生态文明建设、区域协调发展与推动科技创新等方面都具有重要战略意义。

### 2.1 生态保护需要

从国家生态安全格局构建角度看,戈壁光伏规模化开发可减少耕地占用、保障国家粮食安全、降低中东部地区开发生态风险。

(1) 减少耕地占用协同粮食与能源安全保障。早期部分光伏项目占用耕地,直接导致了农业生产空间丧失与景观破碎化。即便项目本身建于非耕地,其配套及管理设施也可能分割连片农田,影响机械化作业和农田水利设施的整体性,导致农业与能源竞争资源。将光伏建设重心西移至戈壁,通过科学规划和低影响开发,可将未利用地转化为生产清洁电能的能源地,实现土地资源的净增利用。减少光伏建设对中东部粮食主产区耕地的占用可从国家层面增加粮食与能源安全保障<sup>[13]</sup>。

(2) 降低中东部地区光伏开发生态风险。中东部地区的林地、草地生态系统承载着水土保持、水源涵养及物种栖息地保护等生态功能。大规模光伏建设易对原生生态系统造成扰动,导致生态功能退化,并可能通过改变局地小气候与光照条件,对周边农田等生态系统产生影响而引发系统性生态风险<sup>[22]</sup>。将光伏开发重点转向戈壁地区能缓解中东部地区新能源发展与耕地保护、生态红线之间的空间冲突。在严格落实生态保护措施的前提下,推动戈壁光伏基地建设,能够在国家尺度上实现生态风险的整体降低,而非单纯的生态风险转移。

### 2.2 戈壁光伏开发效益

将戈壁荒漠变为光伏新能源生产地,能以极具竞争力的成本,推动绿色产业发展,同时创造持续的长期经济效益与生态效益。

(1) 经济效益。戈壁地区土地资源丰富,使用成本低廉,为光伏规模化建设提供低成本空间<sup>[23]</sup>,建设吉瓦级超大规模光伏基地能显著降低单位发电成本。目前,西北大型光伏基地的度电成本已降每千瓦时0.15~0.23元,具有明显的市场竞争力<sup>[24]</sup>。戈壁光伏开发可实现将原本低产或零产的土地转

变为能生产清洁电力与潜在高附加值农产品的基地,提升土地的综合经济产出。

(2) 生态效益。戈壁地区光伏阵列可通过物理遮蔽,降低地表辐射与风速,减少地表水分蒸发、增加风沙流的沉积阻力,促进土壤结皮的形成与稳定,在近地表微观层面建立物理防护体系,能抑制土地荒漠化<sup>[25]</sup>。光伏板下的弱光、板面清洗水分补给都能为耐旱植物提供湿润微环境,随着植被覆盖的增加区域碳汇功能得以增强,并为昆虫与鸟类提供栖息生境,产生生态系统恢复、生物多样性提升的生态效益<sup>[26]</sup>。

### 2.3 实现产业协同

戈壁光伏基地以生产清洁电力为核心,通过产业深度融合,可驱动区域经济绿色转型与高质量发展。

(1) 新能源消纳与农业用能结合。戈壁光伏电力可直接供给农业灌溉、环境调控及饲料加工等高能耗环节,为集约化养殖与设施农业提供稳定、经济的动力,促进电力就地消纳,实现绿色电力的高效利用<sup>[27]</sup>。利用富余绿电开展农产品冷藏、烘干等绿色深加工业务延长产业链<sup>[28]</sup>。绿电生产、农业利用、产品加工的内循环系统的构建,将清洁能源融入当地生产生活体系,有助于缓解光伏电力外送与消纳压力,实现新能源开发与农业现代化的协同推进。

(2) 循环经济产业链构建。针对光伏发电的波动特性,可利用富余电力生产绿氢、合成绿氨,实现能量以化学能形式的长周期存储与跨季节调配,也能为零碳化工提供原料。通过能源梯级利用与微网集成,构建以直流微网为核心的局域能源系统,将光伏电力直供数据中心或电解槽,最大限度减少交直流转换损耗。还可回收设备运行产生的低品位废热,用于农业设施保温,实现不同品位能量的高效利用。由此形成资源循环、低碳高效的能源综合多能互补利用体系<sup>[17, 21]</sup>。

### 2.4 保障国家战略安全

从国家战略安全角度看,在戈壁荒漠地区部署大规模光伏基地,通过空间置换策略,可协同保障国家能源自主、关键资源安全、边疆地区稳定,并增强在全球气候治理中的主动性与影响力。

(1) 保障能源安全与粮食安全双重目标。戈壁地区生产大规模光伏电力可直接提升清洁能源消

费占比,降低对进口油气的依赖,保障国家能源安全。通过特高压输电通道,可将富集的清洁电力定向输送至东部负荷中心,从而增强全国电网的互济能力与整体韧性。将能源开发置于戈壁,能够有效缓解中东部地区的农光争地矛盾,为保障能源安全与粮食安全提供空间解决方案。

(2) 边疆地区经济发展与社会稳定。光伏基地建设的大规模建设投资可直接带动高端装备制造、智能运维等产业向西部转移,吸引数据中心、绿氢制造等高载能产业就近布局,形成绿色产业集群效应<sup>[29]</sup>。大规模建设投资可直接带动基础设施向偏远地区延伸,通过利益共享机制能够打破行政与区域壁垒、削减地理区位优势,增强边疆地区的自我发展能力、社会凝聚力和社会稳定性。

(3) 提升气候变化应对与全球治理能力。戈壁光伏巨大的发电潜力是中国实现碳减排目标的关键支撑,可为中国履行国际减排承诺、参与全球碳市场提供坚实基础。光伏与生态修复模式能同步实现减排与增汇效应<sup>[30]</sup>,通过戈壁光伏建设技术规范等相关标准的制定与推广,中国经验可转化为国际技术准则,推动技术、标准与模式的系统输出,参与并引领全球绿色价值链重构<sup>[31]</sup>,提升全球治理能力。

## 3 戈壁地区光伏新能源发展路径

戈壁光伏新能源的发展需要走一条以系统性科技集成驱动能源生产、生态修复、产业升级协同推进的发展路径。

### 3.1 新能源开发领域

戈壁地区光伏新能源开发通过对风、光、土地、电网、负荷及储能等多要素进行全局优化配置及全产业链科技创新,转化为高价值、高可靠的绿色电能。

(1) 风光电基地集约化布局。基于光伏电与风电在日内及季节上天然互补特性,构建多能互补系统是提升输出稳定性的关键。研究表明,在河西走廊等戈壁地区,风光容量配比在1:1.5至1:2.0时,可最优平滑系统出力<sup>[32]</sup>。时间上,通过精细化建模优化容量配比以平滑出力曲线。空间上,采用风光机组同场交错或分区布局,共享集电线路与升压站,提升设施利用率。通过多集群柔性直流输电技术,将分散集群汇入直流环网或辐射状网络,最终经大容量柔性直流线路统一送出<sup>[33]</sup>。

(2) 土地复合利用。建立垂直分层与多功能复

合利用体系,在严格评估水资源承载力的前提下,因地制宜整合能源生产、生态修复与农业活动。光伏阵列布局与防风固沙工程结合,利用板阵引导风向,促进植被恢复。大间距高支架设计能为板下农业机械与作业留出空间。光谱分离光伏组件将紫外与红外波段用于发电,透射可见光至板下供植物生长,实现光能共享<sup>[34]</sup>。通过接种蓝藻、地衣等微生物,固定流沙并提升土壤有机碳,使光伏基地兼具碳汇功能。

### 3.2 现代农业领域

戈壁光伏基地可通过构建“光-电-农”协同生产系统,将光伏设施从单一发电装置转型升级为能够优化农业生产微环境的新型基础设施,实现荒漠土地生态修复与生产力提升。

(1) 戈壁特色农业体系。戈壁特色农业体系是建设以绿色能源破解水与热的资源约束,以基质工程规避土壤缺陷,以生物互补挖掘空间价值的现代农业系统。利用光伏电力驱动苦咸水淡化设备,将高盐碱地下水转化为灌溉水源<sup>[35]</sup>。但是戈壁地区水资源稀少,农业开发必须严守水资源红线。通过建设“光伏+全电气化智能温室”,利用富余绿电主动热调控,保障高附加值作物的反季节与全年稳定生产<sup>[36]</sup>。采用基质栽培与无土栽培技术,实现不依赖自然土壤的农业生产模式<sup>[37]</sup>。利用光伏板下的遮阴、恒温空间发展光伏+食用菌产业,实现发电与食用菌生产的一地两用。

(2) 种养结合与高附加值产业。在板下遮阴保湿的微环境基础上,通过精细化设计构建多层级的种养结合模式,实现从生态治理到产业化的系统升级。在板下种植耐阴牧草,并科学放养羊、鸡等家畜家禽,建成生态循环种养系统。牲畜采食牧草并抑制杂草生长,有助于降低电站运维成本,同步实现生态保护、清洁能源生产与牧民增收<sup>[38]</sup>。利用板下弱光恒湿环境建立“药光互补”系统,种植高附加值中药材,形成治沙与增收协同的路径<sup>[39]</sup>。构建沙生植物种植、采收、加工一体化产业链,利用就近光伏绿电进行深加工,增强项目造血能力和抗风险韧性。

### 3.3 融合发展模式

戈壁地区光伏新能源的发展要通过对能源、生态、农业等多维度要素的结构性耦合与功能性协同,形成具有高韧性、高产出与高附加值的融合发

展模式。

(1) 能源农业协同系统。能源农业协同系统旨在将光伏电力融入现代农业,为戈壁农业提供零碳动力,并为绿电创造本地消纳市场。在基地建设含分布式光伏、储能及智能控制的源网荷储一体化微电网,向节水灌溉、冷链物流等农业高载能环节直供低成本绿电,推动农业向技术密集型转型。利用光伏富余电力电解水制氢,获得可存储可运输的绿氢,绿氢可直接作为氢燃料供农机使用,实现零碳动力<sup>[40]</sup>;也可合成绿氨作为绿色氮肥还田,通过绿氢与绿氨衍生利用构建能源农业协同系统。

(2) 数字赋能体系。数字赋能体系是通过构建云-边-端协同、数据驱动的自适应决策系统,服务于时间、空间与资源的全局优化配置。能源侧融合气象与遥感数据,利用深度学习实现分钟级光伏功率预测<sup>[41]</sup>,农业侧通过传感器与无人机构建作物“数字孪生体”实时映射生长状态,建立统一智慧管理平台。基于统一模型与AI算法,建立产值最大化及能耗、水耗最小化的光伏与农业目标协同的优化系统。建立数字孪生仿真推演系统,预演不同策略对发电、作物生长与土壤的长期影响,为决策提供仿真支持,推动从经验决策向数据驱动跨越。

## 4 戈壁地区光伏新能源发展政策保障体系

戈壁地区光伏新能源的高质量发展需要构建以精准用地政策为基础、科技创新机制为驱动、生态价值补偿为纽带、跨区域协同为支撑的政策保障体系。

### 4.1 创新戈壁用地土地政策

为确保戈壁光伏新能源开发的土地空间保障,需要构建从科学规划、分类审批到全程监管、效益提升的全链条土地政策体系。

(1) 科学规划与差异化审批。建立光伏项目差异化审批机制,将戈壁土地作为多功能复合空间进行管理,推动从静态保护向功能耦合转变。光伏方阵用地按未利用地实行备案制,允许租赁且免办转用审批。涉及灌木林地时采用“林光互补”模式,协同能源生产与生态保护。升压站、生活区等永久设施按建设用地管理,落实占补平衡并严控规模。场内道路参照农村道路管理,简化审批<sup>[42]</sup>。

(2) 动态监管与生态刚性约束。在实施分类审

批后,建立数字化监测与法定义务结合的刚性监管机制,落实“全生命周期”的生态问责机制<sup>[17]</sup>。自然资源部门在年度国土变更调查中,将光伏方阵占地作为单独图层进行数字化标注与动态监测。政策明确谁开发、谁保护、谁修复的责任链条,将项目服务期满后的生态修复确立为企业的法定义务,确保土地利用的可逆性与区域发展的可持续性<sup>[42]</sup>。

(3) 复合利用的权益保障。为保障土地复合利用的合法权益,激励光伏+模式实施,通过制度设计推动土地高质量复合利用。探索“光伏+防风固沙”与“光伏+生态修复”的多元化利用模式,提升单位土地的综合效益。支持农牧民与集体经济组织参与光伏项目并分享收益。明确土地流转、促进就业及板下经济的政策依据,确保部分项目收益留存地方,实现生态、产业与社会效益的协同提升。

#### 4.2 建立科技支撑体系

构建涉及综合规划、标准规范、科技研发、实证示范等方面的科技支撑体系,推动戈壁新能源基地升级并成为可再生能源技术与生态治理方案的策源地与实证平台。

(1) 顶层设计与攻关机制。以国家能源及科技规划为纲领,明确技术攻关重点,通过揭榜挂帅、国家重点研发计划等机制,集中资源攻克光伏治沙、高效转化与稳定并网等核心技术,形成可推广模式<sup>[17]</sup>。政策应支持人工智能、大数据等技术应用于能源调控,推动戈壁光伏基地向算力+绿色动力密集型智能基础设施转型。通过智能传感与气象模型融合,持续优化系统运行与发电效率,推动戈壁新能源基地升级。

(2) 标准体系与实证示范。中国已成立全国荒漠化防治标委会,制定了《光伏治沙技术规范》等相关国家标准、团体标准,为新能源基地规划建设提供了依据。还需要针对戈壁特殊环境,建立光伏治沙、生态监测等统一标准体系。同步建设多场景实证基地,验证新技术与模式的可靠性及经济性。通过标准与实证相结合,将戈壁光伏基地打造为全球极端环境可再生能源技术的策源地和验证场,推动中国经验与技术标准协同输出。

#### 4.3 建立生态补偿机制

建立戈壁地区绿色电力、碳汇及生态服务的定

价与交易体系,促使生态效益可量化、可交易,将光伏治沙的生态效益转化为企业可获取的稳定收益。

(1) 能源价值的绿色溢价实现。依托绿电与绿证市场,戈壁光伏电能通过绿色电力证书实现其零碳环境权益的独立交易,实现在售电收入基础上额外获得环境权益收益。进一步推动绿证与节能降碳政策的衔接,鼓励项目参与绿电、绿证交易及碳汇开发,使企业能获得稳定的绿色溢价收益来源。国家层面需加快完善多层次的新能源消纳市场体系,为绿电绿证交易提供制度与市场基础。

(2) 生态价值的资产化。试点将光伏治沙产生的防风固沙、固碳增汇、生物多样性保护等多元生态效益进行科学核算,并纳入地方生态产品目录。大规模光伏建设可增加陆地生态系统碳储量,但其具有空间异质性,需建立本地化的精准监测与核算体系。通过建立标准化方法学,将经核证的碳汇量开发为碳资产,从而完成生态价值资产化。

(3) 正反馈循环的构建。建立光伏发电收益反哺生态治理投入、生态改善提升碳汇能力和环境价值、碳汇交易增加项目绿色溢价收益、激励更大规模更高质量的光伏治沙投资的正反馈循环,为戈壁地区提供高质量的绿色转型路径。进一步探索生态资产向经济收益转化的市场化机制,推动碳资产进入全国碳排放权交易市场,由控排企业购买,从而拓展项目绿色收益的实现渠道。

#### 4.4 建立跨区域协同开发模式

针对戈壁基地开发主体分散、跨省协调不足的现状,通过顶层制度设计,对资源、市场、产业及生态治理需求进行系统整合,实现资源的高效配置、系统安全韧性提升及综合效益的最大化。

(1) 源网荷储的宏观统筹。国家层面强化统筹管理,推行统一规划、统一开发、统一输送的集群化模式。实施风光大基地与配套煤电、特高压外送通道的同步规划、核准与建设,确保发、输、用环节有序衔接。需重点研究适应特高压直流输电特性的送端电网结构及储能协同的规划方法。

(2) 市场机制与通道协同。打破省际市场壁垒,完善跨省区输电价格机制,推动建立全国统一电力市场。通过培育跨区域综合能源服务商、优化资源调度等方式,全面推行新能源上网电价市场化改革,提升西部绿电在受端市场的价格竞争力,保

障其送得出、落得下、用得好,实现清洁能源在全国范围内的优化配置。

(3) 产业布局与生态联动。引导东部电解铝、钢铁、数据中心等高载能产业向西部清洁能源富集地区有序转移,通过新能源+产业实现就地消纳与负荷转移协同;将新能源基地建设与“三北”防护林等国家生态工程深度融合,建立跨区域补偿机制,统筹整合生态修复资金与项目资源,推动能源开发、生态治理、产业升级、乡村振兴与基础设施建设的整合,发挥国家多重战略的叠加效应。

## 5 结论与展望

新能源基地建设是中国在“双碳”目标与能源转型背景下的重大战略抉择。中国戈壁地区具有光照资源丰富、生态干扰小、开发成本较低等优势。开发利用戈壁资源建设光伏基地,对保障国家战略安全、推动生态文明与区域协同发展具有关键意义。通过科学的路径选择和合理的政策设计,可以在保障生态安全的前提下实现新能源的大规模开发。

戈壁光伏新能源基地建设需要以系统性科技集成为核心,构建能源、农业与生态协同的复合型路径。通过多能互补与智能调控提升系统稳定性,并创新“光伏+”模式实现发电、固沙与农业的深度融合。依托绿电驱动节水灌溉与设施农业,发展板下种植、养殖等高附加值产业。推动光伏建设与荒漠化治理相结合,增强碳汇功能与生态韧性。通过数字孪生平台实现多要素智能协同,形成高韧性的区域发展范式。

戈壁光伏新能源基地建设需要创新用地政策,实施差异化审批与数字化动态监管,推广“光伏+”复合利用模式。强化科技支撑,以国家规划引领核心技术攻关,建立相关标准体系并建设实证基地。健全生态补偿机制,推动生态效益核算与碳资产交易。推动跨区域协同,统筹源网荷储规划,引导高载能产业西移,实现能源、生态与产业的多重战略融合。

中国戈壁光伏基地建设将为全球荒漠化地区绿色发展提供中国方案。通过技术、模式与制度创新,探索生态保护与能源开发协同推进新路径,为中国绿色发展提供支撑。随着相关模式的完善与推广,也可在全球能源转型、生态环境治理与气候变化应对中发挥更为重要的作用。

## 参考文献:

- [1] 国家林业和草原局,国家发展改革委,国家能源局.三北沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙规划印发[N/OL].中国绿色时报,2025-06-26. <https://lyt. ln. gov. cn/lyt/index/gnzx/2025062609112680938/index.shtml>.
- [2] 刘明明.“双碳”目标下可再生能源发展规划实施的用地困境及其纾解[J].中国人口·资源与环境,2022,32(12):21-30.
- [3] 申元村,王秀红,程维明,等.中国戈壁综合自然区划研究[J].地理科学进展,2016,35(1):57-66.
- [4] 冯益明,吴波,周娜,等.基于遥感影像识别的戈壁分类体系研究[J].中国沙漠,2013,33(3):635-641.
- [5] Lu X, Li X B, Zhang C H, et al. Mapping the carbon mitigation potential of photovoltaic development in the gobi and desert regions of China[J]. Energy, 2024, 308: 132936.
- [6] 张强,曹晓彦.敦煌地区荒漠戈壁地表热量和辐射平衡特征的研究[J].大气科学,2003,27(2):245-254.
- [7] 笄国盛,王翠萍,李锋,等.第六次全国荒漠化和沙化调查主要结果及分析[J].林业资源管理,2023(1):1-7.
- [8] Wu J W, Xiao J Y, Hou J M, et al. Development potential assessment for wind and photovoltaic power energy resources in the main desert-gobi-wilderness areas of China [J]. Energies, 2023, 16(12):4559.
- [9] 中国环境科学研究院,公众环境研究中心.中国光伏建设进展报告[R/OL].2025-11. [https://www. cpnn. com. cn/news/xny/202511/t20251111\\_1845375.html](https://www. cpnn. com. cn/news/xny/202511/t20251111_1845375.html).
- [10] 酒泉市人民政府.酒泉市抢抓“双碳”机遇 新能源及新能源装备制造蓬勃发展[EB/OL].2025-11-20. <https://www. jiuquan. gov. cn/jiuquan/c104679/202511/aae7389a087043988d7d3e2747d0a8e3.shtml>.
- [11] 喀什地区融媒体中心.板间流光映绿洲:喀什地区光伏产业书写荒漠“绿电高地”纪实[EB/OL].2025-07-31. <https://www. xj. chinanews. com. cn/dizhou/2025-07-31/detail-ihetu-aqf5012000.shtml>.
- [12] 李隽.青海清洁能源装机规模超7300万千瓦[EB/OL].中国新闻网,2025-11-13. <https://qwgyzy. qqb. gov. cn/cj/2025/11-13/10515137.shtml>.
- [13] 大国工程在新疆.新疆莎车百万千瓦储能电站完成“构网型”改造[EB/OL].新疆维吾尔自治区生态环境厅,2025-09-07. <http://www. xjhb. gov. cn/xjzshbse/c114841/202509/7c7ce6c34dcc48d683c0f01b1b517771.shtml>.
- [14] 甘肃日报.向新逐“绿”风光无限:甘肃加快打造全国重要的新能源及新能源装备制造基地[EB/OL].2025-09-11. [https://zwwf. gansu. gov. cn/lanzhou/tsfw/zsyzfzq/tzzn/art/2025/art\\_77b94d18126d4025b578b7d209fde6b5.html](https://zwwf. gansu. gov. cn/lanzhou/tsfw/zsyzfzq/tzzn/art/2025/art_77b94d18126d4025b578b7d209fde6b5.html).
- [15] Yuan Y, Wu G, Yang Q C, et al. A novel spectral-splitting solar greenhouse roof with air-flowed containing particles between double covering: experimental results and modeling[J]. Renewable Energy, 2026, 256: 124498.
- [16] Yadav N, Pattabiraman B, Tummuru N R, et al. Toward improving water-energy-food nexus through dynamic energy manage-

- ment of solar powered automated irrigation system[J]. *Heliyon*, 2024, 10(4): e25359.
- [17] 李森, 赵京东, 李泽东, 等. 沙漠、戈壁和荒漠地区光伏系统生态影响研究进展[J]. *环境工程技术学报*, 2025, 15(2): 709-716.
- [18] Adothu B, Kumar S, John J J, et al. Comprehensive review on performance, reliability, and roadmap of c-Si PV modules in desert climates: a proposal for improved testing standard[J]. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2024, 32(8): 495-527.
- [19] John J J, Najeeb N S, Apostoleris H, et al. Assessing the feasibility of nighttime water harvesting from solar photovoltaic panels in a desert region[J]. *EPJ Photovoltaics*, 2024, 15: 1.
- [20] Yi Z M, Cui L Q, Liu X Q, et al. Characteristics of airflow motion and distribution of dust microparticles deposition in the flow field of photovoltaic panels[J]. *Renewable Energy*, 2025, 245: 122811.
- [21] Jiang J, Gao X, Lv Q, et al. Quantitative study of the environmental thermal effects of a photovoltaic power plant in the Gobi area: from the perspective of energy distribution[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2025, 156: 195.
- [22] Zhang H, Song Y, Zhang M, et al. Ecological environmental impact assessment of photovoltaic and "photovoltaic +" development in China[J]. *Renewable Energy*, 2025, 252: 123509.
- [23] Osama A, Bilal R, Sameer A, et al. Techno-economic assessment of bifacial photovoltaic systems under desert climatic conditions[J]. *Sustainability*, 2024, 16(16): 6982.
- [24] 青海省发展和改革委员会. 关于组织2026年新能源增量项目开展机制电价竞价工作有关事项的通知[EB/OL]. 2025-11-13. [http://fgw.qinghai.gov.cn/xwzx/tzgg/202511/t20251113\\_90518.html](http://fgw.qinghai.gov.cn/xwzx/tzgg/202511/t20251113_90518.html).
- [25] 李旭东, 刘淑娟, 袁宏波, 等. 沙漠地区光伏电场的生态效应及其治沙模式研究现状[J]. *能源与节能*, 2025(12): 1-5.
- [26] 杜华栋, 王梦雨, 聂文杰, 等. 半干旱矿区塌陷地光伏电站建设对植物群落特征的影响[J]. *植物生态学报*, 2025, 49(11): 1778-1790.
- [27] Pandey G, Lyden S, Franklin E, et al. A systematic review of agrivoltaics: productivity, profitability, and environmental co-benefits[J]. *Sustainable Production and Consumption*, 2025, 56: 13-36.
- [28] Temiz M, Dincer I. Development of concentrated solar and agrivoltaic based system to generate water, food and energy with hydrogen for sustainable agriculture[J]. *Applied Energy*, 2024, 358: 122539.
- [29] 潘也, 任胜钢. 我国新能源产业区域协同发展的建设路径与对策[J]. *中国工程科学*, 2025, 27(6): 286-302.
- [30] Chen H, Wu W, Li C, et al. Temporal variations and driving mechanisms of carbon and water fluxes in desert photovoltaic ecosystems[J]. *Renewable Energy*, 2025, 242: 122484.
- [31] 中国可再生能源学会, 中国治沙暨沙业学会. 沙戈荒地区光伏电站建设选址与生态修复技术[R]. 2025-06-27. <https://ndls.org.cn/standard/detail/fe470c1543acc336ed1dde2a317ec-cfd>.
- [32] 辛业春, 徐广健, 张一峰, 等. 不同时间尺度下新能源联合发电特性及最优配比[J]. *吉林电力*, 2020, 48(2): 11-18.
- [33] 向往, 梅晓波, 赵峥, 等. 内陆清洁能源基地±800kV/10000MW直流外送拓扑设计[J]. *高电压技术*, 2024, 50(5): 2052-2066.
- [34] Lu M, Amaducci S, Gorjian S, et al. Wavelength-selective solar photovoltaic systems to enhance spectral sharing of sunlight in agrivoltaics[J]. *Joule*, 2024, 8(9): 2483-2522.
- [35] 刘柯好, 徐政, 陈锐坚. 微型光伏纳滤苦咸水淡化系统的研发[J]. *太阳能*, 2023, 4: 44-51.
- [36] Yadav S, Panda S K, Hachen-vermette C. Assessment of year-round performance of SPVT greenhouse system with EAHE employing periodic thermal model[J]. *Solar Energy*, 2024, 282: 112941.
- [37] 殷学云, 张国森, 刘华. 戈壁日光温室西葫芦-菜豆有机生态型无土栽培技术[J]. *中国蔬菜*, 2020(11): 113-115.
- [38] 杨丽雯, 姜鲁光, 赵慧霞. 内蒙古“牧光互补”开发适宜性及其与区域能源需求的耦合评价[J]. *干旱区资源与环境*, 2023, 37(5): 122-129.
- [39] 庄心情, 于远航, 许涛, 等. “双碳”战略下药光互补新模式推动乡村振兴[J]. *科技与创新*, 2024, 6: 177-179+182.
- [40] 汪磊, 卢璇. 环保及公用事业: 政策需求双轮驱动绿色燃料的产业化元年[EB/OL]. 2025-11-04. [http://stock.finance.sina.com.cn/stock/go.php/vReport\\_Show/kind/industry/rptid/815603154998/index.phtml](http://stock.finance.sina.com.cn/stock/go.php/vReport_Show/kind/industry/rptid/815603154998/index.phtml).
- [41] Tiang B, Wang N, Liu L, et al. Control strategies for agricultural photovoltaic systems: balancing electricity generation and agricultural yield for sustainable development[J]. *Solar Energy*, 2025, 288: 113270.
- [42] 自然资源部办公厅, 国家林业和草原局办公室, 国家能源局综合司. 关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知[EB/OL]. 2023-03-20. [http://hunan.gov.cn/zq/zcsd/202303/t20230329\\_29299896.html](http://hunan.gov.cn/zq/zcsd/202303/t20230329_29299896.html).

## Pathways and policies for the construction of photovoltaic new energy bases in China's gobi regions

Yang Ping<sup>1,2</sup>, Wang Yunqiang<sup>3</sup>, Sun Hui<sup>3</sup>, Yan Changzhen<sup>1</sup>

(1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Bureau of Basic Capacity for Science and Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China; 3. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China)

**Abstract:** Driven by the imperative of achieving carbon peaking by 2030 and carbon neutrality by 2060, China is undergoing a profound energy revolution. In this context, the large-scale utilization of gobi and desert resources to construct renewable energy bases has emerged as a national strategic priority. This initiative is pivotal not only for building new-type power systems capable of accommodating high proportions of renewable energy but also for the synergistic safeguarding of national energy security and food security. By directing photovoltaic (PV) development toward the gobi, China aims to alleviate the land-use conflicts between energy infrastructure and agricultural preservation in the densely populated eastern provinces. Despite the clear strategic value, the implementation faces significant challenges. This paper systematically reviews the current status of China's gobi PV resources and finds that the scientific foundation for large-scale development remains weak. Specifically, there is a shortage of baseline data regarding the fragile gobi ecosystem, where recovery from disturbance is difficult. Furthermore, existing policy frameworks often lack specific guidance for these unique landscapes, and the mechanisms for achieving ecological synergy remain underexplored. Addressing these gaps, this study analyzes the development potential from the perspectives of energy, appropriate agriculture, and ecological restoration. Recognizing the constraints of water resources and soil conditions, we propose coordinated pathways that prioritize "PV + desertification control" and water-efficient ecological industries over water-intensive agriculture. To support this transition, we construct a policy support system covering four key dimensions: precision land use control, technological support for extreme environments, ecological compensation mechanisms, and cross-regional energy coordination. Ultimately, the goal is to facilitate a paradigm shift for gobi PV bases: moving from single-functional energy stations to integrated systems that deliver ecological, energy, and economic benefits simultaneously.

**Key words:** gobi resources; photovoltaic new energy; systematic pathways; ecological synergy; policy support