

Reflexiones sobre la evolución de las fuerzas productivas de nueva calidad, las energías renovables y la planificación espacial territorial: un análisis centrado en la energía eólica y solar

WANG Yizhe, WANG Xingping, ZHU Zhenwei

Resumen. Las «fuerzas productivas de nueva calidad» constituyen una palanca estratégica para que China logre un salto cualitativo en su capacidad productiva. La planificación espacial debe orientar activamente la implantación de las energías renovables, en particular la eólica y la solar, y utilizar la energía como medio para favorecer la formación de fuerzas productivas de nueva calidad. El artículo examina las relaciones entre fuerzas productivas, energía y espacio. Sostiene que las energías renovables son una condición fundamental para el desarrollo de dichas fuerzas: históricamente, las transformaciones cualitativas de la productividad han ido acompañadas de cambios en las formas energéticas dominantes. La transición energética también modifica los usos de la superficie terrestre. La energía eólica y solar alteran la lógica espacial de los sistemas energéticos convencionales y dan lugar a una nueva modalidad de uso del suelo —la «producción energética espacial»— que redefine el valor del espacio y pone a prueba los sistemas existentes de utilización territorial. Sobre esta base se construye un marco analítico «fuerzas productivas–energía–espacio». La planificación espacial territorial asume una responsabilidad importante en la gestión de los recursos energéticos distribuidos por todo el territorio chino; sin embargo, los conceptos e instrumentos heredados de la era de los combustibles fósiles se ajustan cada vez menos al desarrollo de las energías renovables. Por ello, es necesario volver a la relación fundamental entre producción energética y espacio e innovar en las concepciones espaciales, los métodos analíticos, los instrumentos de planificación y los mecanismos de implementación.

Palabras clave: fuerzas productivas de nueva calidad; energías renovables; planificación espacial territorial; superficie terrestre; recursos espaciales; energía solar; energía eólica; producción energética.

Clasificación de la Biblioteca China: TU984. Código del documento: A. DOI: 10.16361/j.upf.202503006. Número de artículo: 1000-3363 (2025) 03-0043-09.

* Investigación financiada por el proyecto clave del Fondo Nacional de Ciencias Sociales de China, «Promover el desarrollo de alta calidad de los parques industriales chinos en el extranjero a lo largo de la Franja y la Ruta» (proyecto n.º 22AZD052), y por el Programa de Innovación en Investigación y Práctica de Posgrado de Jiangsu, «Trayectorias, mecanismos y modelos de planificación para el desarrollo bajo en carbono de los parques industriales» (proyecto n.º KYCX23_0313).

El mundo atraviesa transformaciones inéditas en un siglo y el orden global se está reconfigurando profundamente. China ha adoptado las «fuerzas productivas de nueva calidad» como instrumento estratégico para obtener ventaja en la competencia internacional, modernizar su capacidad productiva y promover un desarrollo de alta calidad. En los últimos años, formas representadas por la inteligencia artificial, los vehículos eléctricos inteligentes y la robótica se han incorporado rápidamente a la producción y a la vida cotidiana, impulsando grandes avances científicos, tecnológicos y económicos. En este contexto de aceleración tecnológica, el papel de la planificación espacial —y la contribución que debe realizar— se ha convertido en una cuestión central para la disciplina y la profesión [1]. Aunque la planificación espacial se relaciona con numerosos campos, su objeto directo no es la tecnología en sí, sino el entorno externo en el que esta se desarrolla y opera. A medida que las ciencias de la información, encabezadas por la inteligencia artificial, se concentran en la expansión del espacio virtual, podría parecer que la planificación espacial se aleja de la frontera tecnológica.

En realidad ocurre lo contrario. El espacio físico y el virtual adquieren una nueva conexión a través de la energía. Los sistemas energéticos emergentes, basados en la energía eólica y solar, integran fuerzas

productivas, energía y espacio en un conjunto orgánico y abren una nueva vía para que la planificación espacial apoye el crecimiento de la productividad. Ya en 2005, Shen Qingji [2] señaló el importante papel del urbanismo en el desarrollo de las energías renovables. Más recientemente, la geografía de la energía y los estudios sobre transiciones sostenibles han confirmado la importancia teórica del «espacio» para la «transición energética». Matthew Huber [3], Gavin Bridge y otros autores [4] han sostenido que el espacio y el suelo deben ocupar un lugar central en toda teoría de la transición energética. Los geógrafos han examinado energía, espacio, poder, seguridad y justicia desde múltiples perspectivas [5-6]. Investigadores en arquitectura y urbanismo han estudiado las relaciones entre la forma urbana —edificios, conjuntos edificados y ciudades completas— y la producción de energía renovable [7-8], mientras otros han analizado la respuesta de la planificación espacial al cambio climático [9]. Sin embargo, son todavía escasos los trabajos que abordan la respuesta de la planificación desde una perspectiva conjunta de energía y espacio.

Como principal impulsora mundial de la transición hacia las energías renovables, China ha establecido recientemente la planificación espacial territorial como un nuevo y poderoso instrumento de gobernanza [10-11]. ¿Qué relación mantiene este instrumento con la transición energética en curso y con el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad? ¿Qué papel puede desempeñar? Reflexionar sobre estas cuestiones es importante para construir una teoría moderna de planificación con características chinas [12]. Numerosos especialistas ya han examinado las relaciones amplias y diversas entre las fuerzas productivas de nueva calidad y la planificación espacial [13]. Tomando la energía como variable mediadora, el artículo se concentra en dos conjuntos de relaciones —fuerzas productivas y energía, y energía y uso de la superficie terrestre—, construye un marco analítico «fuerzas productivas–energía–espacio» y aclara el papel, las limitaciones actuales y las orientaciones futuras de la planificación espacial territorial en la transición hacia las energías renovables.

1 «Fuerzas productivas de nueva calidad» y «energías renovables»

1.1 Clarificación conceptual: la relación entre «fuerzas productivas» y «energía»

Las «fuerzas productivas» suelen definirse como la capacidad humana para transformar y utilizar la naturaleza, mientras que la «energía» se entiende generalmente como la «capacidad de realizar trabajo», aplicable tanto a las sociedades humanas como a sus interacciones con el medio natural [14]. Ambos conceptos describen una capacidad abstracta para la práctica humana y, por tanto, poseen significados estrechamente relacionados. En la década de 1960, el astrónomo soviético Nikolái Kardashev [15] consideró la energía como fundamento del desarrollo productivo de toda civilización y propuso un índice basado en la capacidad de utilizar energía —la escala de Kardashev^①— para medir el nivel de avance civilizatorio. Si se tiene en cuenta la relación histórica entre revoluciones tecnológicas y energía [16], esta última puede entenderse incluso como una expresión concreta y cuantificable de la capacidad productiva.

El crecimiento de la escala total de uso energético es un indicador importante de la productividad social y se relaciona estrechamente con la prosperidad material de la población. Un hogar de clase media en un suburbio estadounidense del siglo XXI puede consumir energía a una potencia media de 30 kW en su vida cotidiana, equivalente al trabajo conjunto de 6 000 esclavos robustos pertenecientes a un aristócrata del Imperio romano [17]. La comparación muestra que el suministro energético masivo de la sociedad moderna permite a las personas ordinarias disfrutar de niveles de vida muy superiores a los de las élites antiguas^②. Del mismo modo, el consumo energético per cápita de China alcanzó 4 053 kg de carbón estándar en 2023, 43,6 veces el nivel de 1953, que era de 93 kg. Esta es una de las manifestaciones más directas de la rápida modernización de la productividad china. En este sentido, cada gran salto productivo se ha apoyado en una revolución energética. Aunque hoy la expresión «alto consumo energético» suele emplearse con una connotación negativa, la experiencia histórica muestra que los instrumentos productivos avanzados suelen requerir más energía: la productividad avanzada se sustenta en un consumo elevado.

1.2 Experiencia histórica: las «fuerzas productivas de nueva calidad» se apoyan en «nuevas energías»

En la actualidad, la expresión «fuerzas productivas de nueva calidad» designa una forma avanzada de productividad en la que la innovación desempeña el papel rector, se superan los modos tradicionales de crecimiento económico y las trayectorias establecidas de desarrollo, y la alta tecnología, la alta eficiencia y la alta calidad se ajustan a la nueva filosofía del desarrollo [18]. Históricamente, sin embargo, lo «nuevo» siempre es relativo a lo «antiguo»; por ello, estas fuerzas están fuertemente condicionadas por su época. La historia de la productividad humana es un proceso iterativo en el que las fuerzas «nuevas» de cada periodo sustituyen a las «antiguas». La difusión de la máquina de vapor en el siglo XIX y la expansión de los motores de combustión interna y los sistemas eléctricos en el siglo XX fueron procesos de este tipo. El carbón y el petróleo⁽³⁾ se convirtieron, respectivamente, en las «nuevas energías» de aquellas épocas y fueron adoptados a gran escala [19].

Desde la Antigüedad hasta el presente, el crecimiento demográfico y la búsqueda de mayores niveles de vida han ampliado la demanda energética y generado reiteradamente nuevas formas de energía. Desde la Revolución Industrial del siglo XVIII, las sucesivas oleadas de carbón, petróleo, gas natural y otras «nuevas» fuentes elevaron la energía total disponible para la humanidad de 5 653 TWh⁽⁴⁾ a 168 779 TWh [20], es decir, dos órdenes de magnitud. Ninguno de los grandes logros colectivos de la historia en agricultura, ingeniería, industria o guerra habría sido posible sin una captura, utilización, gestión e innovación eficientes de la energía. Desde el materialismo histórico, el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad crea objetivamente presión para ampliar la producción energética, mientras las nuevas formas de energía proporcionan la base firme para su crecimiento. En cierta medida, una nueva forma energética constituye por sí misma una forma de fuerza productiva de nueva calidad.

1.3 Contradicción contemporánea: el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad está generando una «crisis energética»

Los sistemas productivos contemporáneos están profundamente vinculados a los combustibles fósiles. Su uso intensivo se encuentra incorporado a casi todos los subsistemas de la vida moderna, incluidos los productos, la cultura, los paisajes espaciales y las instituciones jurídicas [21]. Durante la Revolución Industrial, los combustibles fósiles aparecieron como una «nueva energía». Gracias a la ventaja termodinámica de su extraordinaria densidad energética, dismantelaron rápidamente el orden agrario dominado durante milenios por la biomasa tradicional [22]. En el Manifiesto del Partido Comunista, Karl Marx y Friedrich Engels [23] observaron que la burguesía había creado, en un breve periodo histórico, fuerzas productivas superiores a las de todas las generaciones anteriores reunidas; esta transformación se apoyó en la enorme potencia material de los combustibles fósiles. Algunos investigadores consideran su uso una condición fundacional del modo de producción capitalista y hablan incluso de «capitalismo fósil» [24]. Sin embargo, las externalidades ambientales de su explotación masiva y sin restricciones —emisiones de carbono y contaminación espacial— se aproximan a los límites de capacidad de los ecosistemas terrestres. El desarrollo bajo en carbono se está convirtiendo en una tendencia global, mientras el techo de expansión de la energía fósil ha quedado prácticamente fijado y ya no puede sostener un crecimiento exponencial del consumo futuro.

Al mismo tiempo, nuevas tecnologías como la inteligencia artificial aceleran el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad. La evolución de los grandes modelos de IA depende del crecimiento exponencial de la capacidad de cálculo y del procesamiento de datos, lo que a su vez genera incrementos exponenciales del consumo energético [25]. Algunas investigaciones proyectan que, para 2030, la capacidad mundial de cálculo puede aumentar otros dos órdenes de magnitud, alcanzar $5,6 \times 10^{22}$ operaciones de coma flotante por segundo y consumir entre 44,8 y 67,2 billones de kWh de electricidad [26]. Esta tendencia ha despertado una preocupación creciente. Como ha señalado Elon Musk, fundador de Tesla, el rápido desarrollo de la inteligencia artificial está creando una crisis energética [27]. En enero de 2025, el modelo chino DeepSeek se difundió rápidamente por numerosos sectores, impulsando nuevas fuerzas productivas y

elevando las expectativas sobre la demanda energética asociada al cálculo. El conflicto estructural entre una demanda que crece exponencialmente y el techo rígido de la oferta fósil se hace cada vez más visible.

La energía eólica y solar aparece, tanto en la teoría como en la práctica, como una de las principales soluciones a la contradicción entre las nuevas fuerzas productivas y el sistema energético existente. Casi toda la superficie terrestre recibe diariamente una intensa radiación solar, y la energía renovable total disponible supera ampliamente la demanda actual y cualquier demanda futura razonable. La energía solar que alcanza la Tierra cada año equivale aproximadamente a 10 000 veces el consumo humano actual de combustibles fósiles. La energía eólica y solar se consideran los medios más prometedores y viables para captar esta inmensa energía superficial en un futuro previsible [28]. Su desarrollo producirá además una profunda transformación de la manera en que la humanidad utiliza la superficie terrestre.

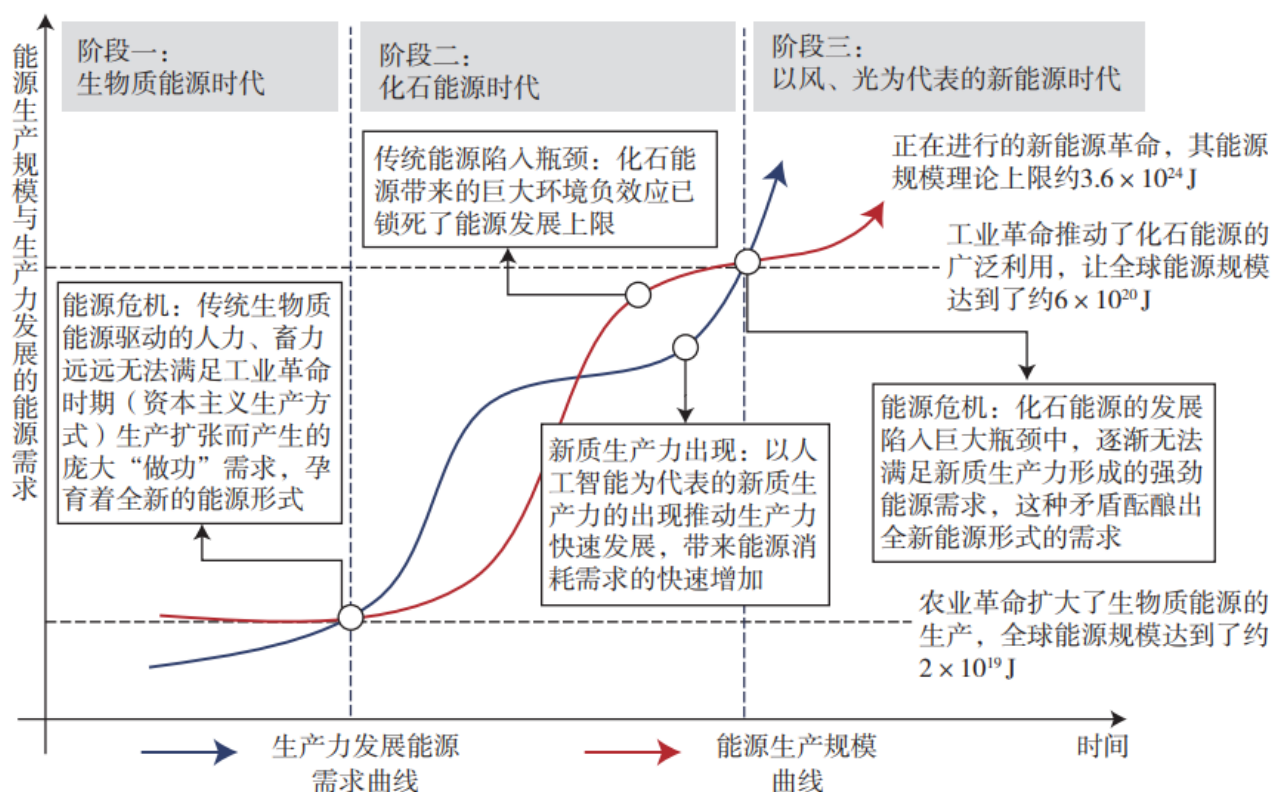


Figura 1. Representación esquemática de la relación dialéctica entre el desarrollo de las «fuerzas productivas» y la «energía»

2 «Energías renovables» y «nuevas» formas de uso de la superficie terrestre

2.1 Energía y uso de la superficie terrestre: la transición energética es también una transición del uso del suelo

A lo largo de la historia de la civilización humana han surgido diversas formas de energía, entre ellas la biomasa —alimentos y leña—, los combustibles fósiles —carbón, petróleo y gas natural— y las energías renovables contemporáneas —fotovoltaica, solar térmica y eólica—. Cada una ha generado una lógica fundamentalmente distinta de uso de la superficie terrestre (tabla 1). En las sociedades agrarias dominadas por la biomasa, su baja densidad de potencia espacial⁽⁵⁾ significaba que la producción energética dependía de disponer de más tierras agrícolas y de mayor calidad, de modo que las plantas captaran más energía solar mediante la fotosíntesis. Esa energía sostenía, a su vez, una mayor cantidad de trabajo humano y animal para satisfacer las necesidades productivas y de subsistencia del Estado y de los individuos [29]. Por ello, los recursos de la superficie terrestre constituían el núcleo de la producción energética y el principal indicador del poder político y la riqueza [30].

Tabla 1. Características espaciales asociadas a tres grandes sistemas energéticos y sus modos de producción [31]

Característica	Energía de biomasa	Energía fósil	Energías renovables
Periodo histórico principal	Antes de aproximadamente 1800	Desde aproximadamente 1800 hasta la actualidad	Desde la actualidad en adelante
Categoría del sistema	Sistema energético superficial	Sistema energético subterráneo	Sistema energético superficial
Principales formas de energía	Alimentos y leña	Carbón, petróleo, gas natural, etc.	Energía eólica y solar
Mecanismo de formación de la energía	La vegetación superficial capta energía solar mediante fotosíntesis	La biomasa antigua se transforma mediante procesos geológicos y geoquímicos durante decenas de millones de años	Las instalaciones eólicas y solares captan directa o indirectamente energía de origen solar en la superficie terrestre
Principal fuerza motriz	Fuerza muscular humana y animal	Máquinas de vapor, motores de combustión interna, etc.	Motores eléctricos y procesamiento de información
Densidad de potencia espacial de los principales portadores energéticos (W/m²)	0,03–0,18	135–500	1–8
Consumo de recursos espaciales en la producción energética	Muy alto	Bajo	Relativamente alto
Necesidad espacial relativa para producir una cantidad equivalente de energía	Retícula 40 × 40	Retícula 1 × 1	Retícula 8 × 8
Lógica de expansión de la producción energética	Ampliar la superficie utilizada para producir la mayor cantidad posible de energía	Invertir en tecnología para extraer con mayor eficiencia la energía del subsuelo	Ampliar la superficie utilizada para captar y producir la mayor cantidad posible de energía
Presión de la producción energética sobre el uso de la superficie	Alta	Baja	Relativamente alta
Consecuencias espaciales	Grandes superficies quedan vinculadas a la producción energética, limitando fuertemente el suelo disponible para otras funciones	Solo se utilizan superficies reducidas para la producción y el transporte, dejando amplias áreas para otras actividades humanas	Grandes superficies se destinan a la producción energética, ejerciendo una presión considerable sobre el espacio necesario para otras actividades

Nota: las necesidades espaciales ilustrativas se calculan utilizando densidades de potencia representativas de 0,08 W/m² para la biomasa, 135 W/m² para la energía fósil y 6 W/m² para las energías renovables.

Con la llegada de la sociedad industrial, la producción energética se desplazó hacia la exploración de yacimientos subterráneos más extensos y de mejor calidad y hacia la construcción de rutas comerciales fiables capaces de transportar la energía de forma eficiente a los centros mundiales de consumo, principalmente las ciudades [32]. Debido a la alta densidad de potencia espacial de los combustibles fósiles, la producción energética se trasladó de la superficie al subsuelo. Grandes extensiones de tierra dejaron de estar rígidamente vinculadas a la producción de energía, creando la base espacial para el surgimiento de grandes ciudades y regiones urbanas continuas [33]. Sin el cambio fundamental en el uso de la superficie terrestre provocado por la transición fósil, los paisajes que hoy se consideran normales en la sociedad moderna no habrían podido aparecer.

Las ciudades y áreas rurales modernas pueden entenderse, por tanto, como productos de la transición energética iniciada hace más de dos siglos [34]. El auge de la energía eólica y solar vuelve a transformar la superficie terrestre en soporte principal de la producción energética y comienza a consumir recursos espaciales a gran escala (figura 2). La transición energética no se refiere únicamente a las formas tecnológicas, sino también a «las estructuras sociales mediante las cuales se obtiene y administra la energía», de las que el espacio constituye un componente crucial [35]. Nunca es, por tanto, una simple transición técnica, sino una transformación amplia y profunda de la sociedad humana y, especialmente, de los modos de utilización del espacio [36].

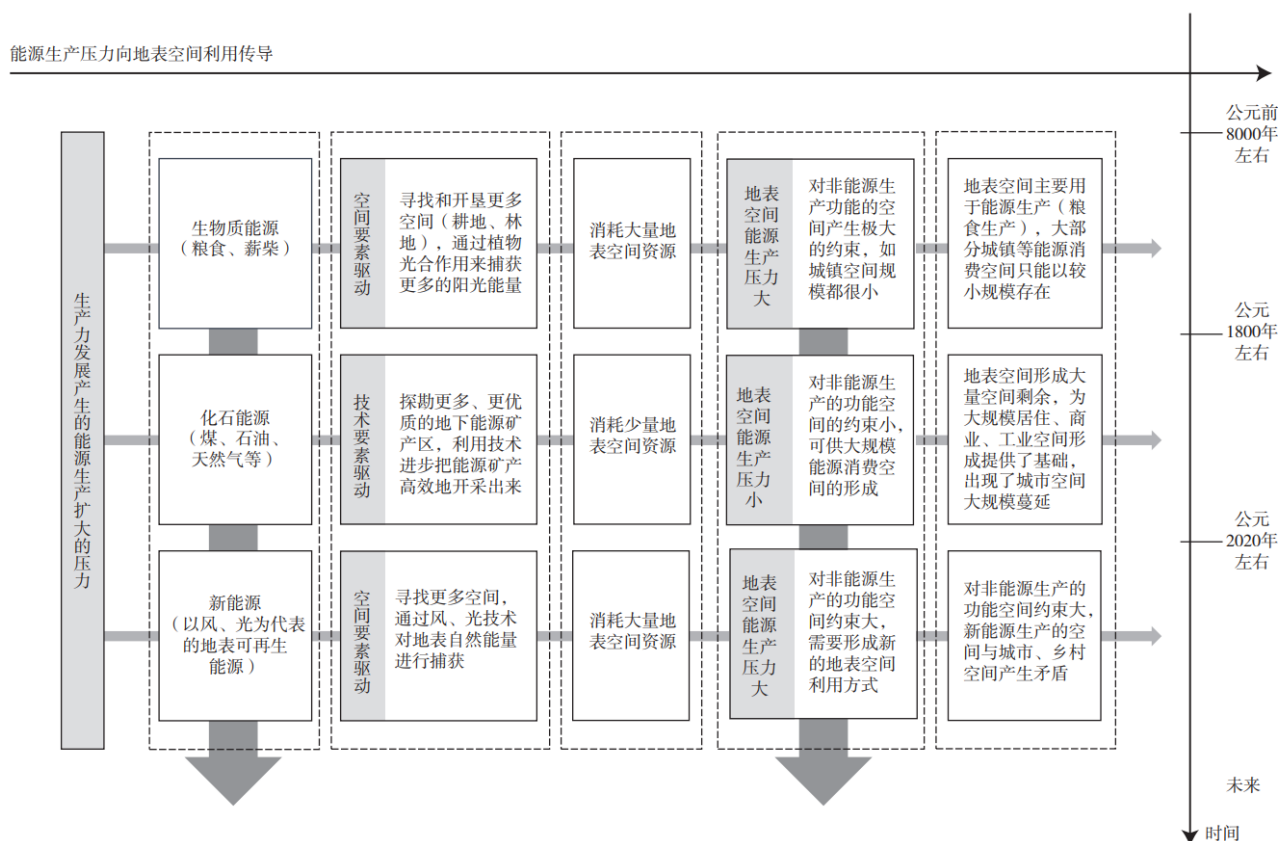


Figura 2. Relación entre la transición energética y la transformación del uso de la superficie terrestre

2.2 Nuevas exigencias espaciales de las energías renovables: un sistema de producción que requiere grandes recursos superficiales

La implantación generalizada de la energía eólica y solar marca un abandono gradual de los combustibles fósiles extraídos del subsuelo y un giro hacia el uso directo de la energía natural generada por la radiación solar en la superficie terrestre. A diferencia de la distribución mundial extremadamente desigual de los recursos fósiles, el viento y el sol están ampliamente distribuidos, son accesibles y casi universales. El «poder energético» históricamente creado por la desigual distribución de los combustibles fósiles se debilitará a medida que se expandan las energías renovables, lo que podría favorecer una geografía energética mundial

más equitativa [37]. En teoría, su desarrollo puede producir un sistema de suministro global descentralizado y distribuido en el que los productores ya no puedan monopolizar el control de la energía [38].

Al mismo tiempo, la energía eólica y solar presenta una densidad de potencia espacial relativamente baja, generalmente entre 1 y 6 W/m², dos o tres órdenes de magnitud inferior a la de los combustibles fósiles. Producir la misma cantidad de energía requiere, por tanto, mucha más superficie. Vaclav Smil [39] ha demostrado que una transición hacia las energías renovables consumiría enormes porciones del territorio de un país. Los paisajes resultantes no se asemejarán a la imagen pintoresca de unos pocos molinos o paneles solares junto a un arroyo. Más bien constituirán una ingeniería espacial-industrial omnipresente, desplegada en los principales espacios de actividad humana del mundo. Una transición a gran escala exigirá enormes superficies, materiales de construcción, trabajo y capital, así como una reconfiguración de las relaciones socioespaciales [40]. Aparecerán extensos paisajes energéticos en zonas costeras y marinas, campos, ciudades, regiones del Gobi, desiertos y áreas montañosas (figura 3). Este fenómeno ya es ampliamente visible en China, Europa, Estados Unidos y numerosos territorios.

En comparación con los combustibles fósiles, las energías renovables son claramente intensivas en suelo. En términos teóricos, este cambio otorga a gran parte de la superficie terrestre —antes concebida principalmente como espacio de consumo energético— el potencial de convertirse en espacio de producción de energía [41].

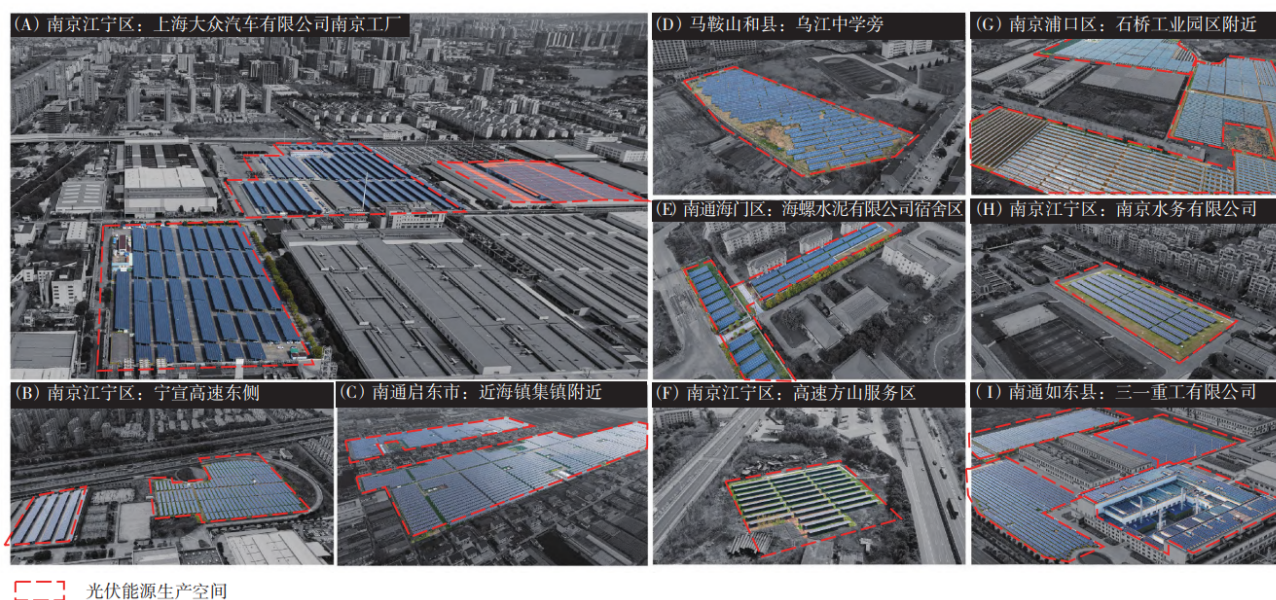


Figura 3. Casos típicos de producción fotovoltaica que «consumen importantes recursos espaciales»

2.3 Una nueva dimensión del desarrollo de la superficie terrestre: la «producción energética espacial» cuestiona los patrones establecidos de uso de los recursos

El uso actual de la superficie terrestre constituye un sistema práctico complejo, organizado en torno a la agricultura, la residencia, la industria, el comercio, el transporte y la ecología, y portador de múltiples valores económicos, sociales y estéticos. Este sistema está alimentado por recursos energéticos formados bajo tierra mediante procesos geológicos y geoquímicos durante decenas de millones de años. Como señala Gavin Bridge [42], los materiales energéticos se extraen de «agujeros» subterráneos y se llevan a la superficie en forma de flujos; minas, bombas petroleras y válvulas de gas actúan como puertas entre dos mundos regidos por procesos espaciales y temporales radicalmente distintos. Bajo tierra se encuentra un mundo de «producción natural» fuera del control humano directo, mientras la superficie es un mundo producido socialmente. Una vez extraída la energía fósil, la superficie terrestre desempeña principalmente una función de transporte de los «flujos energéticos». Estas infraestructuras suelen ser lineales, de ocupación limitada y flexibles en su trazado, y permanecen subordinadas a los valores económicos, sociales y ecológicos de la

superficie [43]. En un sistema fósil, el suministro estable de ciudades y zonas rurales suele garantizarse mientras estos corredores lineales sean seguros y fiables.

La rápida difusión de la producción renovable introduce una dimensión completamente nueva del desarrollo terrestre: la producción energética espacial. El espacio deja de ser un mero trasfondo de las actividades energéticas y se convierte en un factor central que participa directamente en la producción; extensas áreas de la superficie adquieren potencial energético. Desde la Revolución Industrial, las disciplinas de planificación espacial —incluidos el urbanismo, la planificación rural y la planificación del uso del suelo— han tratado de coordinar valores económicos, sociales, ecológicos y de otra índole en el desarrollo de la superficie, especialmente en ciudades y áreas rurales, para el bienestar general. La producción renovable permite que espacios antes considerados difíciles de aprovechar se conviertan en lugares de producción energética, cuestionando así los modos existentes de utilización de los recursos. La incorporación de la «producción de energía» como nueva variable en los sistemas de uso del suelo generará nuevos conflictos espaciales y nuevas necesidades de coordinación.

La producción fotovoltaica ofrece un ejemplo claro. En términos prácticos, se asemeja a la agricultura: ambas dependen de la exposición solar. Su exigencia más directa consiste en captar y ocupar la radiación recibida por una superficie determinada. Sin embargo, la luz solar es un elemento natural fundamental de los entornos de vida y producción humanos, pues sostiene la iluminación, el aprovechamiento de luz natural, la desinfección y la salud, la fotosíntesis y otras prácticas espaciales. Según la ley de conservación de la energía, cuando la radiación que recibe una superficie se convierte en energía comercial, sus demás funciones dentro del mismo espacio se debilitan o desaparecen necesariamente, lo que puede perjudicar el uso original del lugar.

Aunque la transición renovable se encuentra todavía en una fase inicial, los conflictos entre producción energética superficial y sistemas existentes de uso del suelo ya son generalizados. Entre ellos figuran la ocupación de tierras agrícolas por instalaciones renovables [44], la injusticia espacial causada por el «acaparamiento verde» [45], los conflictos entre infraestructuras energéticas y paisajes culturales [46] y las tensiones entre instalaciones renovables y uso intensivo del suelo industrial (figura 4). Estas primeras manifestaciones indican que la producción energética espacial ya está alterando las concepciones y los sistemas tradicionales de utilización territorial.

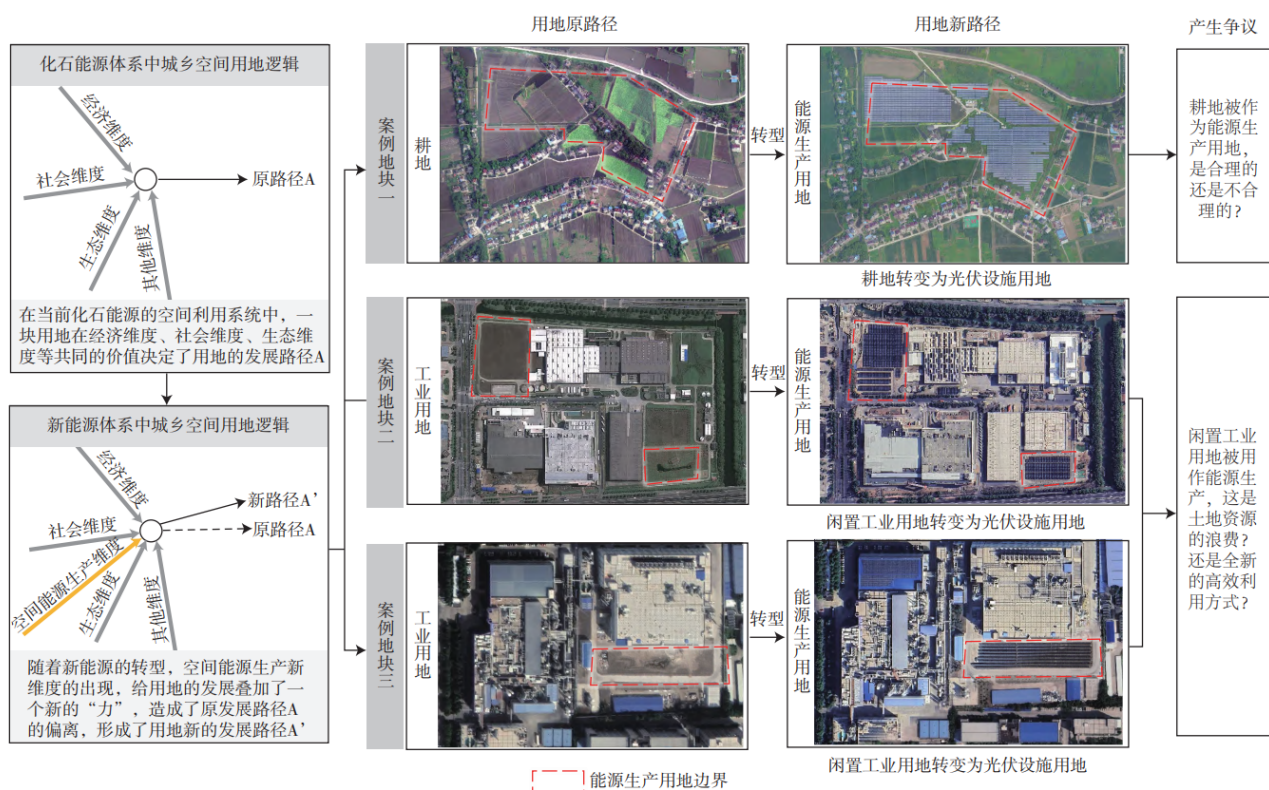


Figura 4. Representación esquemática y casos ilustrativos de transformación de las trayectorias de uso del suelo bajo la «producción energética espacial»

Nota: (1) el suelo de producción energética mostrado en los emplazamientos industriales corresponde a instalaciones fotovoltaicas sobre el terreno, no a sistemas en cubierta, relativamente menos controvertidos; (2) el caso 1 se localiza en Yangzhong, el caso 2 en el Parque Industrial de Suzhou y el caso 3 en la Zona de Desarrollo Económico y Tecnológico de Nantong.

3 Función, limitaciones y evolución de la planificación espacial territorial en el marco «fuerzas productivas–energía–espacio»

3.1 Formación del marco «fuerzas productivas–energía–espacio»

Con el rápido desarrollo de las energías renovables, las «fuerzas productivas» y el «espacio» se vinculan cada vez más estrechamente a través de la energía. El análisis anterior revela una lógica concisa. Primero, el desarrollo de fuerzas productivas de nueva calidad requiere mayor apoyo energético, estimula la aparición de fuentes más diversas y eficiencias de conversión superiores y acelera así la producción renovable. Segundo, las energías renovables dependen de captar recursos distribuidos por la superficie terrestre; su expansión exige tanto una mayor oferta de recursos espaciales como un uso más eficiente del espacio, lo que cuestiona directamente los patrones existentes de utilización del suelo. Bajo esta lógica, la oferta y el uso de recursos espaciales se convierten en una base esencial del desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad. Esta relación puede resumirse en el principio «el espacio es energía y la energía es capacidad productiva», que fundamenta el marco analítico «fuerzas productivas–energía–espacio» (figura 5).

En este marco, el espacio es la base de la energía y la energía la base de la capacidad productiva. Sin embargo, la relación entre los tres elementos no es simplemente lineal. El artículo no defiende ni un «determinismo energético» ni su posible extensión en forma de «determinismo espacial». Desde el materialismo histórico, la utilización masiva de combustibles fósiles no determinó directamente la forma técnica precisa de la máquina de vapor o del motor de combustión interna. De manera análoga, la producción renovable a gran escala no determinará por sí sola las formas concretas de la inteligencia artificial, la robótica o las interfaces cerebro-computadora. No obstante, una oferta energética abundante se asemeja al suelo fértil de una selva tropical: proporciona la base desde la cual pueden surgir y crecer numerosos «árboles gigantes».

La experiencia histórica muestra que el desarrollo de toda fuerza productiva de nueva calidad es contingente e incierto. Sin embargo, una planificación y gestión eficaces de los recursos superficiales pueden construir una base de suministro energético fiable y continuamente creciente y crear así un fundamento social estable para su desarrollo. Si China aumentara su capacidad de producción energética en un orden de magnitud, ofrecería un terreno fértil para la aparición de diversas fuerzas productivas nuevas y obtendría una ventaja estratégica importante en la competencia internacional. La construcción de esta base depende de cómo la sociedad comprenda y utilice la superficie terrestre, lo que concede a la planificación espacial territorial un papel crucial.

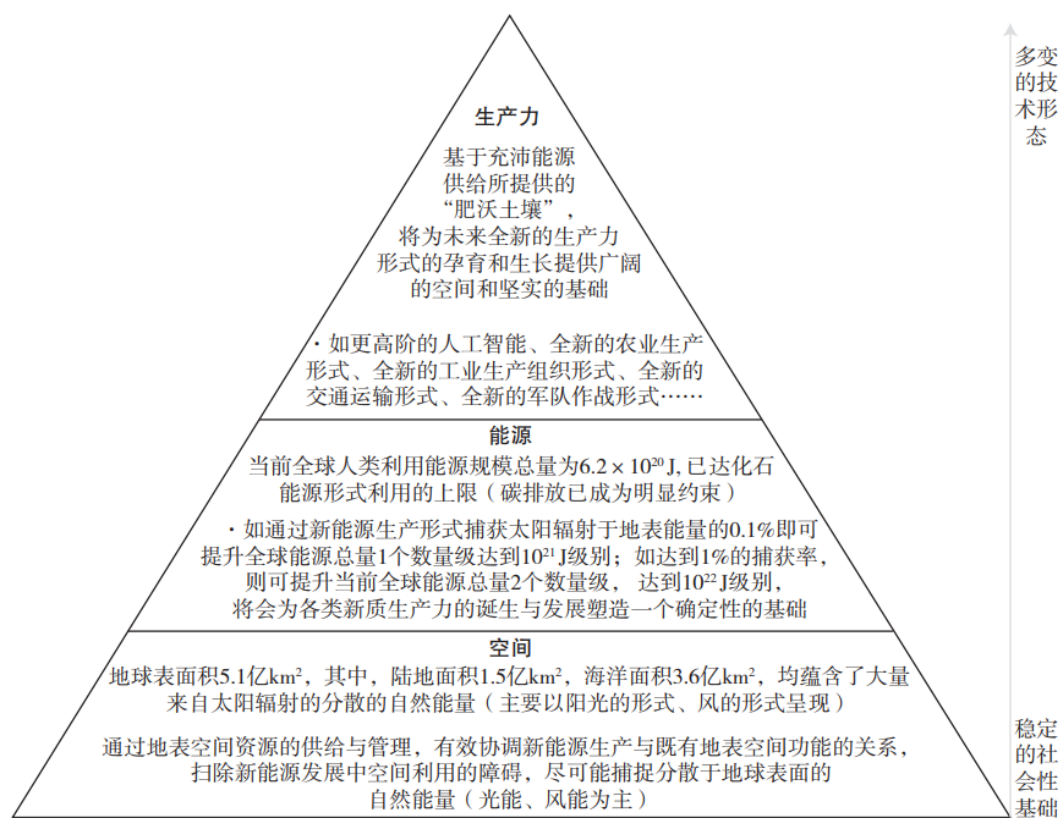


Figura 5. Representación esquemática del marco «fuerzas productivas–energía–espacio» basado en las energías renovables

3.2 La planificación espacial territorial en el marco «fuerzas productivas–energía–espacio»

3.2.1 Función de la planificación: gestionar vastos activos de «energía espacial» mediante la gobernanza territorial

China ha establecido inicialmente un sistema de planificación espacial territorial que se extiende verticalmente a todos los niveles administrativos y horizontalmente a las principales categorías de espacio. En principio, ello proporciona un marco práctico para planificar, coordinar y gobernar la totalidad del territorio nacional [47-48]. Conforme al principio «el espacio es energía y la energía es capacidad productiva», la planificación espacial territorial asume la responsabilidad de gestionar los recursos energéticos naturales contenidos en los 9,6 millones de km^2 de la superficie china y, por tanto, ejerce una influencia importante sobre la base energética de las fuerzas productivas de nueva calidad.

Una estimación preliminar indica que el recurso de radiación solar contenido en el territorio chino asciende aproximadamente a $5,2 \times 10^{22}$ J anuales^⑥, más de 300 veces el consumo energético total de China en 2022, estimado en $1,6 \times 10^{20}$ J. La aparición de las energías renovables añade así una dimensión de producción energética a las montañas, aguas, bosques, tierras agrícolas, lagos, pastizales, mares y ciudades gobernados mediante la planificación espacial territorial.

En la mayoría de los demás espacios funcionales administrados por la planificación —residenciales, industriales o comerciales, por ejemplo— el espacio actúa como soporte y no como sustancia de la actividad, por lo que la intervención es en gran medida indirecta. En la producción renovable, en cambio, la energía procede de la propia superficie extensa; el espacio es un componente intrínseco del proceso productivo. La intervención de la planificación es, por consiguiente, más directa y puede influir significativamente en el ritmo y la forma de la transición energética china y, a través de ella, en la base del desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad.

3.2.2 Limitación actual: los instrumentos espaciales formados en la era fósil no se ajustan a las exigencias de las energías renovables

El establecimiento de la planificación espacial territorial hace posible gestionar los recursos renovables a escala nacional. En la práctica, algunas regiones ya utilizan este sistema para coordinar conflictos entre producción energética y funciones convencionales del espacio. Las autoridades chinas responsables de los recursos naturales, por ejemplo, han publicado varias rondas de directrices sobre el uso del suelo para responder a la ocupación de tierras agrícolas por instalaciones renovables [49]. Sin embargo, en un nivel más profundo, estas tensiones surgen porque los «antiguos» conceptos e instrumentos de la planificación actual no permiten comprender ni gobernar eficazmente los nuevos fenómenos.

Para evitar conflictos con las funciones existentes de la superficie, el desarrollo renovable se ha concentrado hasta ahora en la energía fotovoltaica en cubiertas, las instalaciones solares en desiertos y regiones del Gobi y la energía eólica costera y marina, utilizando espacios tradicionalmente considerados de escaso valor productivo. Estas formas han generado beneficios importantes, pero el rango de recursos aprovechados sigue siendo limitado y permanece lejos de una explotación integral de la energía distribuida por toda la superficie terrestre.

En el plano de las concepciones espaciales fundamentales, el marco cognitivo actual de la planificación espacial territorial continúa arraigado en el paradigma estático de la física clásica, que simplifica el espacio como un contenedor lineal tridimensional definido por longitud, anchura y altura. Instrumentos como la regulación de usos y las listas de proyectos funcionan esencialmente como mecanismos de «permitir–prohibir» que controlan la ocupación del espacio tridimensional⁽⁷⁾. La producción renovable, sin embargo, considera el espacio como parte intrínseca del proceso productivo. La captación de energía solar depende de superficies planas bidimensionales definidas por longitud y anchura [50], mientras la captación de energía eólica depende del espacio fluido creado por el aire en movimiento.

Dadas estas diferencias, los instrumentos heredados del paradigma fósil no pueden establecer evaluaciones adecuadas del rendimiento territorial de las energías renovables ni orientar eficazmente la asignación de factores espaciales. Si las concepciones tradicionales permanecen inalteradas, incluso inmensos activos energéticos serán difíciles de utilizar y transformar en capacidad productiva material.

3.2.3 Dirección evolutiva: actualizar y crear instrumentos espaciales para el desarrollo de las energías renovables

La planificación debe volver a la relación fundamental entre producción energética y espacio y reconocer, en el plano epistemológico, las diferencias entre las concepciones espaciales asociadas a las energías renovables y fósiles. Centrándose en la captación de la luz solar y del aire en movimiento, es necesario desarrollar nuevos métodos cognitivos, analíticos y prácticos capaces de coordinar la producción renovable con las demás funciones de la superficie terrestre.

En primer lugar, debe establecerse una concepción integral de la energía. El funcionamiento normal de las ciudades contemporáneas depende no solo del suministro de combustibles fósiles, sino también de la contribución directa de abundante energía natural a la iluminación, la calefacción, la desinfección y la salud, la ventilación y la fotosíntesis. Según la ley de conservación de la energía, convertir energía natural en energía comercial debilita o elimina necesariamente sus funciones originales. Esto es especialmente importante en el caso de la luz solar: la planificación debe determinar qué funciones son «esenciales» para el funcionamiento urbano, cuáles son «no esenciales» y cuáles constituyen un «desperdicio», a fin de identificar qué flujos naturales pueden transformarse de manera apropiada en producción energética.

En segundo lugar, la planificación espacial debe establecer métodos analíticos que vinculen espacio y energía. Para la energía solar, ello exige cartografiar la proyección de la luz sobre la superficie terrestre y construir modelos de evaluación de la escala y la eficiencia de su aprovechamiento. Para la energía eólica, el análisis debe centrarse en las externalidades espaciales, incluidos el ruido, la alteración de comunidades animales y la resistencia derivada de los impactos sobre los paisajes culturales.

En tercer lugar, debe fortalecerse la gobernanza del espacio tridimensional y actualizarse el repertorio de instrumentos de planificación. Los indicadores convencionales —coeficiente de edificabilidad, proporción de áreas verdes, límites de altura y densidad edificatoria— deben mejorarse. Al mismo tiempo, han de crearse conceptos e instrumentos específicos para los sistemas renovables, con el fin de aumentar la eficiencia de la producción energética espacial y reducir los conflictos con otras funciones de la superficie.

En cuarto lugar, se requiere un sistema innovador de derechos sobre el espacio energético. La producción fotovoltaica capta energía mediante una sucesión de superficies bidimensionales. Por ello, los regímenes existentes de propiedad del suelo y de los edificios deben ampliarse para establecer derechos espaciales específicamente diseñados para la producción de energía.

4 Conclusiones y discusión

Las fuerzas productivas de nueva calidad son un instrumento estratégico para que China tome la iniciativa en la competencia mundial, logre un salto en la productividad nacional y promueva un desarrollo de alta calidad. La planificación espacial debe responder a las exigencias de la época, apoyar activamente la energía eólica y solar, participar en la nueva revolución energética y reforzar la base energética requerida por estas fuerzas productivas.

El artículo integra fuerzas productivas, energía y espacio en un marco analítico unificado. En primer lugar, identifica las energías renovables como condición fundamental para el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad. Históricamente, los cambios cualitativos de la productividad han sido precedidos o acompañados por innovaciones en las formas energéticas; hoy, el techo de la oferta fósil se ha convertido en una restricción sistémica para el crecimiento posterior. En segundo lugar, la revolución energética es, en esencia, una revolución del uso de la superficie terrestre. El desarrollo eólico y solar altera la lógica espacial de los sistemas convencionales y concede a gran parte de la superficie —antes entendida principalmente como espacio de consumo— el potencial de convertirse en espacio de producción. Surge así una nueva modalidad de uso, la «producción energética espacial», que crea nuevos valores y al mismo tiempo cuestiona los sistemas existentes. La transición energética no es, por tanto, un mero cambio tecnológico, sino una transformación amplia y profunda de la sociedad y de las formas fundamentales de utilizar el espacio.

Por último, el artículo construye el marco «fuerzas productivas–energía–espacio» y sostiene que una planificación y gestión eficaces de los recursos superficiales deben crear una base energética fiable y creciente para las fuerzas productivas de nueva calidad. La planificación espacial territorial debe asumir una responsabilidad importante en la gestión de los inmensos recursos de energía espacial distribuidos por toda la nación. Sin embargo, los conceptos e instrumentos formados dentro del sistema fósil no permiten evaluar ni orientar adecuadamente las formas renovables. La planificación debe volver a la relación fundamental entre energía y espacio y actualizar tanto sus fundamentos conceptuales como sus instrumentos prácticos: (1) establecer una concepción integral de la energía; (2) desarrollar métodos analíticos que vinculen espacio y energía; (3) fortalecer la gobernanza tridimensional y modernizar los instrumentos de planificación; y (4) innovar los sistemas de derechos espaciales para la producción energética.

El aprovechamiento de energías renovables a escala planetaria pertenecía hasta hace poco principalmente a la ciencia ficción. El rápido desarrollo tecnológico y la amplia participación social lo están convirtiendo en una realidad práctica, mientras la transformación futurista del uso de la superficie terrestre ya está en marcha. La experiencia histórica muestra, sin embargo, que las transiciones energéticas y espaciales nunca se completan de un día para otro: son grandes procesos históricos que pueden prolongarse durante décadas o incluso un siglo [51]. China debería, por tanto, aplicar cuanto antes el marco «fuerzas productivas–energía–espacio», aspirar a aumentar en un orden de magnitud su capacidad de producción energética, crear nuevas concepciones espaciales e instrumentos de planificación, orientar la transformación de la planificación espacial territorial y promover prácticas adaptadas al desarrollo de las energías renovables.

Notas

- ① El índice de Kardashev se calcula mediante la fórmula $K = (\log_{10}P - 6) / 10$, donde K es el índice de una civilización y P la potencia que utiliza. Sobre esta base se distinguen civilizaciones de tipo I, II y III. Una civilización de tipo I puede aprovechar toda la energía renovable disponible en su planeta —solar, eólica, hidroeléctrica, etc.—; una de tipo II puede aprovechar energía a escala de una estrella; y una de tipo III, energía a escala de una galaxia. Se estima que la humanidad actual corresponde a una civilización de tipo 0,73.
- ② La comparación considera únicamente la cantidad total de trabajo realizado y no la calidad de la energía. Si se incluyera este factor, la diferencia entre la vida de una persona ordinaria contemporánea y la de un aristócrata antiguo sería aún mayor.
- ③ En el siglo XIX, el carbón era una nueva energía en relación con la biomasa tradicional, como alimentos y leña; en el siglo XX, el petróleo fue una nueva energía en relación con el carbón.
- ④ TWh significa teravatio-hora y equivale a 10^9 kWh.
- ⑤ La densidad de potencia espacial se refiere a la cantidad de energía producida por unidad de superficie terrestre en las actividades energéticas, expresada en W/m^2 . Una densidad mayor implica, por lo general, que se necesita menos espacio para producir una cantidad determinada de energía; una densidad menor exige más recursos espaciales.
- ⑥ La energía de radiación solar contenida en el territorio chino se estima mediante $E = S \times H$, donde E es la energía solar anual total, S la superficie nacional —9,6 millones de km^2 — y H la irradiación horizontal global media anual de China —1 493,4 kWh/m^2 —. Esta estimación simplificada no es precisa, pero indica el orden de magnitud de la energía espacial contenida en el territorio.
- ⑦ Aunque la regulación de usos parece gobernar una superficie bidimensional, en la práctica incorpora indicadores de altura, como el coeficiente de edificabilidad y los límites de altura, y constituye por tanto una modalidad de gobernanza del espacio tridimensional.

Referencias

- [1] WU Zhiqiang, YAN Juan, XU Haowen, et al. Diez cuestiones clave anuales para el desarrollo de la disciplina de la planificación urbana y rural (2024–2025) [J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8–11. [en chino]
- [2] SHEN Qingji. Desarrollo energético urbano sostenible en China: una perspectiva desde la planificación urbana [J]. Urban Planning Forum, 2005(6): 41–47. [en chino]
- [3] HUBER M. T. Theorizing energy geographies [J]. Geography Compass, 2015, 9(6): 327–338.
- [4] BRIDGE G., BOUZAROVSKI S., BRADSHAW M., et al. Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy [J]. Energy Policy, 2013, 53: 331–340.
- [5] YANG Yu, XIA Siyou, JIN Zhijun. Lógica y perspectivas de investigación de la reconfiguración geopolítica impulsada por la transición energética [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(9): 2299–2315. [en chino]
- [6] MORONI S., ANTONIUCCI V., BISELLO A. Energy sprawl, land taking and distributed generation: towards a multi-layered density [J]. Energy Policy, 2016, 98: 266–273.
- [7] ZHU D., SONG D., SHI J., et al. The effect of morphology on solar potential of high-density residential area: a case study of Shanghai [J]. Energies, 2020, 13(9): 2215.
- [8] HU M., SONG X., BAO Z., et al. Evaluation of the economic potential of photovoltaic power generation in road spaces [J]. Energies, 2022, 15(17): 6408.
- [9] ZHANG Bing, ZHU Yingying, LAN Chun, et al. Soluciones basadas en la naturaleza: enfoques cognitivos y métodos de planificación para la conservación de entornos urbanos históricos ante el cambio climático [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 18–28. [en chino]
- [10] SUN Shiwen. Investigación básica sobre el sistema de implementación y supervisión de la planificación espacial territorial [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 12–17. [en chino]

- [11] ZHANG Shangwu. Sistema técnico de la planificación espacial territorial: arquitectura de alto nivel y avances clave [J]. Urban Planning Forum, 2022(5): 45–50. [en chino]
- [12] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. Debate académico sobre la construcción sistemática del sistema nacional de planificación espacial [J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1–11. [en chino]
- [13] WANG Kai, ZHAO Yanjing, ZHANG Jingxiang, et al. Debate académico sobre las fuerzas productivas de nueva calidad y la planificación urbana y rural [J]. Urban Planning Forum, 2024(4): 1–10. [en chino]
- [14] BRIDGE G. Material worlds: natural resources, resource geography and the material economy [J]. Geography Compass, 2009, 3(3): 1217–1244.
- [15] KARDASHEV N. S. Transmission of information by extraterrestrial civilizations [J]. Soviet Astronomy, 1964, 8: 217.
- [16] SMIL V. Transiciones energéticas: datos, historia y perspectivas [M]. Trad. GAO Feng, JIANG Aixin, LI Hongda. Beijing: Science Press, 2018. [edición china]
- [17] SMIL V. World history and energy [J]. Encyclopedia of Energy, 2004, 6: 558.
- [18] AGENCIA XINHUA. Xi Jinping subraya la necesidad de acelerar el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad y promover firmemente un desarrollo de alta calidad durante la undécima sesión de estudio colectivo del Buró Político del Comité Central del PCCh [EB/OL]. (2024-02-10) [2024-09-28]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6929446.htm. [en chino]
- [19] CUI Shoujun, CAI Yu, JIANG Moqian. Grandes cambios tecnológicos y transformación de la geopolítica energética [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2585–2595. [en chino]
- [20] RITCHIE H., ROSADO P., ROSER M. Energy Production and Consumption [EB/OL]. (2024-01) [2024-09-28]. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>.
- [21] BRIDGE G., LE BILLON P. Oil [M]. Cambridge: Polity Press, 2012.
- [22] MCNEILL J. R. Something New under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century [M]. New York: W. W. Norton, 2000.
- [23] MARX K., ENGELS F. Manifiesto del Partido Comunista [EB/OL]. (2019-11-21) [2024-09-28]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_5037841. [edición china en línea]
- [24] HUBER M. T. Energizing historical materialism: fossil fuels, space and the capitalist mode of production [J]. Geoforum, 2009, 40(1): 105–115.
- [25] CALVERT B. AI already uses as much energy as a small country. It's only the beginning [EB/OL]. (2024-03-28) [2024-09-28]. <https://www.vox.com/climate/2024/3/28/24111721/climate-ai-tech-energy-demand-rising>.
- [26] SHI Dan, SHI Kehan. El papel de las energías renovables en el desarrollo de las fuerzas productivas de nueva calidad [EB/OL]. (2024-06-05) [2024-09-28]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI0NDZMjA5NW==&mid=2654909767&idx=1&sn=2177cb9ee8738ed358207bb36146eb28&chksm=f2a9e249c5de6b5f7a416492e3cc7c7785e055d580f1e675a3546fd6d92a73031c8eeb06835b&scene=27. [en chino]
- [27] BLAIN L. Elon Musk: AI will run out of electricity and transformers in 2025 [EB/OL]. (2024-03-01) [2024-09-28]. <https://newatlas.com/technology/elon-musk-ai/>.
- [28] DE VRIES B. J. M., VAN VUUREN D. P., HOOGWijk M. M. Renewable energy sources: their global potential for the first half of the 21st century at a global level—an integrated approach [J]. Energy Policy, 2007, 35(4): 2590–2610.
- [29] WRIGLEY E. A. Continuity, Chance and Change: The Character of the Industrial Revolution in England [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [30] SIEFERLE R. P. The Subterranean Forest: Energy Systems and the Industrial Revolution [M]. Cambridge, UK: White Horse Press, 2001.

- [31] VAN ZALK J., BEHRENS P. The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: a review and meta-analysis of power densities and their application in the US [J]. *Energy Policy*, 2018, 123: 83–91.
- [32] YANG Yu, XIA Siyou, QIAN Xiaoying. Investigación geopolítica sobre la transición energética [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(8): 2050–2066. [en chino]
- [33] NIKIFORUK A. *The Energy of Slaves: Oil and the New Servitude* [M]. Vancouver: Greystone Books, 2014.
- [34] RUTHERFORD J., COUTARD O. Urban energy transitions: places, processes and politics of socio-technical change [J]. *Urban Studies*, 2014, 51(7): 1353–1377.
- [35] PASQUALETTI M. J., BROWN M. A. Ancient discipline, modern concern: geographers in the field of energy and society [J]. *Energy Research & Social Science*, 2014, 1: 122–133.
- [36] COENEN L., TRUFFER B. Places and spaces of sustainability transitions: geographical contributions to an emerging research and policy field [J]. *European Planning Studies*, 2012, 20(3): 367–374.
- [37] YANG Yu, HE Ze. Geopolítica energética y poder energético [J]. *Progress in Geography*, 2021, 40(3): 524–540. [en chino]
- [38] WEINRUB A. Expressions of Energy Democracy: Perspectives on an Emerging Movement [R/OL]. (2014-08) [2025-03-04].
<https://www.localcleanenergy.org/files/Expressions%20of%20Energy%20Democracy.pdf>.
- [39] SMIL V. *Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses* [M]. Boston: MIT Press, 2015.
- [40] HUBER M. T., MCCARTHY J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2017, 42(4): 655–668.
- [41] CALVERT K. From ‘energy geography’ to ‘energy geographies’: perspectives on a fertile academic borderland [J]. *Progress in Human Geography*, 2016, 40(1): 105–125.
- [42] BRIDGE G. The Hole World: Scales and Spaces of Extraction [EB/OL]. (2015-09-01) [2024-09-28].
<https://scenariojournal.com/article/the-hole-world/>.
- [43] CALVERT K., SIMANDAN D. Energy, space, and society: a reassessment of the changing landscape of energy production, distribution, and use [J]. *Journal of Economics and Business Research*, 2010, 16(1): 13–37.
- [44] XIA Z., LI Y., GUO S., et al. Balancing photovoltaic development and cropland protection: assessing agrivoltaic potential in China [J]. *Sustainable Production and Consumption*, 2024, 50: 205–215.
- [45] HOLMES G. What is a land grab? Exploring green grabs, conservation, and private protected areas in southern Chile [J]. *Journal of Peasant Studies*, 2014, 41(4): 547–567.
- [46] COWELL R. Wind power, landscape and strategic spatial planning: the construction of ‘acceptable locations’ in Wales [J]. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 222–232.
- [47] YANG Baojun, CHEN Peng, DONG Ke, et al. Construcción de un sistema de planificación espacial territorial en el contexto de la civilización ecológica [J]. *Urban Planning Forum*, 2019(4): 16–23. [en chino]
- [48] ZHAO Min. Lógica y estrategias operativas para construir el sistema de planificación espacial territorial [J]. *Urban Planning Forum*, 2019(4): 8–15. [en chino]
- [49] OFICINA GENERAL DEL MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES, OFICINA GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE BOSQUES Y PASTIZALES, DEPARTAMENTO GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. Aviso sobre el apoyo al desarrollo de la industria fotovoltaica y la normalización de la gestión del uso del suelo [R/OL]. (2023-03-20) [2024-09-28].
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-04/03/content_5749824.htm. [en chino]
- [50] WANG Yizhe. Producción energética espacial: una nueva vía para la transformación baja en carbono del espacio urbano en la era de las energías renovables, desde la integración interactiva de la producción fotovoltaica y el espacio urbano [J]. *City Planning Review*, 2024, 48(4): 59–70. [en chino]
- [51] GRUBLER A. Energy transitions research: insights and cautionary tales [J]. *Energy Policy*, 2012, 50: 8–16.

Versión revisada recibida: febrero de 2025.

Traducción asistida por IA