تأملات في اتجاهات تطور القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة، والطاقة المتجددة، والتخطيط المكاني الإقليمي: مناقشة تتمحور حول طاقة الرياح والطاقة الشمسية*

وانغ ييجه، وانغ شينغبينغ، تشو تشنوي

الملخص. تمثل «القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة» رافعة استراتيجية تمكّن الصين من تحقيق قفزة نوعية في قدرتها الإنتاجية. وينبغي للتخطيط المكاني أن يوجّه بصورة استباقية توطين منظومات الطاقة المتجددة، ولا سيما طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وأن يستخدم الطاقة وسيطًا لتهيئة شروط نشوء قوى إنتاجية ذات نوعية جديدة. تبحث الدراسة في العلاقات بين القوى الإنتاجية والطاقة والفضاء، وتؤكد أن الطاقة المتجددة تشكل أساسًا ضروريًا لتطور القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة؛ إذ يبين التاريخ أن التحولات النوعية في الإنتاجية اقترنت مرارًا بتغير أشكال الطاقة السائدة. كما يعيد الانتقال الطاقي تشكيل أنماط استخدام سطح الأرض. فطاقة الرياح والطاقة الشمسية تقلبان المنطق المكاني للأنظمة الطاقية التقليدية وتنتجان نمطًا جديدًا من استخدام الأرض هو «الإنتاج المكاني للطاقة»، الذي يعيد تعريف قيمة الفضاء ويضع أنظمة الاستخدام القائمة أمام تحديات جديدة. وعلى هذا الأساس تقترح الدراسة إطارًا تحليليًا بعنوان «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء». ويتحمل التخطيط المكاني الإقليمي مسؤولية مهمة في إدارة الموارد الطاقية الموزعة على كامل الأراضي الصينية؛ غير أن المفاهيم والأدوات التي تشكلت في عصر الوقود الأحفوري لم تعد ملائمة على نحو متزايد لتنمية الطاقة المتجددة. ومن ثم ينبغي العودة إلى العلاقة الأساسية بين إنتاج الطاقة والفضاء، وتجديد المفاهيم المكانية وطرائق التحليل وأدوات التخطيط وآليات التنفيذ.

الكلمات المفتاحية: القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة؛ الطاقة المتجددة؛ التخطيط المكاني الإقليمي؛ سطح الأرض؛ الموارد المكانية؛ الطاقة الشمسية؛ طاقة الرياح؛ إنتاج الطاقة.

تصنيف المكتبات الصينية: -03 (2025) 3363-1000 :رقم المقال .A. DOI: 10.16361/j.upf.202503006 :رمز الوثيقة .TU984 .0043-09.

* أُنجز البحث بدعم من المشروع الرئيس للصندوق الوطني للعلوم الاجتماعية في الصين بعنوان «تعزيز التنمية عالية الجودة للمناطق الصناعية الصينية في الخارج على امتداد الحزام والطريق» (رقم المشروع وبرنامج الابتكار البحثي والتطبيقي لطلبة الدراسات العليا في جيانغسو بعنوان «مسارات وآليات ونماذج تخطيط التنمية منخفضة الكربون في المناطق الصناعية» (رقم المشروع ،(22AZD052 .(KYCX23_0313

يشهد العالم تحولات غير مسبوقة منذ قرن، ويعاد تشكيل النظام العالمي بعمق. وقد اعتمدت الصين «القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة» أداة استراتيجية لاكتساب ميزة في المنافسة الدولية، وتحديث قدرتها الإنتاجية، ودفع التنمية عالية الجودة. وفي السنوات الأخيرة دخلت أشكال تمثلها تقنيات الذكاء الاصطناعي والمركبات الكهربائية الذكية والروبوتات بسرعة في الإنتاج والحياة اليومية، فأحدثت تقدمًا واسعًا في العلوم والتكنولوجيا والاقتصاد. وفي ظل هذا التسارع التقني، أصبح تحديد دور التخطيط المكاني وإسهامه المطلوب قضية مركزية للتخصص وللممارسة المهنية [1]. ومع أن التخطيط المكاني يرتبط بمجالات عديدة، فإن موضوعه المباشر ليس التكنولوجيا ذاتها، بل البيئة الخارجية التي تنمو وتعمل فيها. ومع تركيز علوم المعلومات، بقيادة الذكاء الاصطناعي، على التوسع في الفضاء الافتراضي، قد يبدو التخطيط المكاني بعيدًا عن الجبهة التكنولوجية.

غير أن الواقع يشير إلى العكس. فالفضاءان المادي والافتراضي يكتسبان علاقة جديدة عبر الطاقة. وتدمج الأنظمة الطاقية الناشئة القائمة على الرياح والشمس القوى الإنتاجية والطاقة والفضاء في كل عضوي، وتفتح مسارًا جديدًا يمكن للتخطيط المكاني من خلاله دعم نمو الإنتاجية. فمنذ عام 2005 أشار Shen Qingji [2] إلى الدور المهم للتخطيط الحضري في تنمية الطاقة المتجددة. ثم أكدت دراسات جغرافية الطاقة والتحولات المستدامة الأهمية النظرية لـ«الفضاء» في «الانتقال الطاقي». وقد رأى Matthew Huber [3] و Gavin Bridge وآخرون [4] أن الفضاء والأرض ينبغي أن يحتلا مركز أي نظرية للانتقال الطاقي. كما تناول الجغرافيون قضايا الطاقة والفضاء والسلطة والأمن والعدالة من زوايا نظرية متعددة [5-6]. وبحث المتخصصون في العمارة والتخطيط الحضري العلاقات بين الشكل الحضري — المبنى المفرد والمجموعة العمرانية والمدينة بكاملها — وإنتاج الطاقة المتجددة [7-8]، في حين ركز آخرون على استجابة التخطيط المكاني لتغير المناخ [9]. ومع ذلك لا تزال الدراسات التي تنظر في استجابة التخطيط من منظور يجمع الطاقة والفضاء محدودة نسبيًا.

وبوصف الصين أكبر قوة دافعة عالميًا للانتقال إلى الطاقة المتجددة، فقد أنشأت حديثًا منظومة التخطيط المكاني الإقليمي باعتبارها أداة جديدة وقوية للحوكمة المكانية [10-11]. فما علاقة هذه الأداة بالانتقال الطاقي الجاري وبنمو القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة؟ وما الدور الذي يمكن أن تؤديه؟ إن التفكير في هذه الأسئلة مهم لبناء نظرية حديثة للتخطيط ذات خصائص صينية [12]. وقد بحث كثير من العلماء بالفعل العلاقات الواسعة والمتنوعة بين القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة والتخطيط المكاني [13]. وباتخاذ الطاقة متغيرًا وسيطًا، تركز هذه الدراسة على مجموعتين من العلاقات: القوى الإنتاجية والطاقة، والطاقة واستخدام سطح الأرض؛ وتبني إطارًا تحليليًا «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء»، وتوضح دور التخطيط المكاني الإقليمي وحدوده الراهنة واتجاهات تطوره في سياق الانتقال إلى الطاقة المتجددة.

1 «القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة» و«الطاقة المتجددة»

1.1 توضيح المفاهيم: العلاقة بين «القوى الإنتاجية» و«الطاقة»

تُعرَّف «القوى الإنتاجية» عادة بأنها قدرة الإنسان على تحويل الطبيعة واستخدامها، بينما تُفهم «الطاقة» بوصفها «القدرة على إنجاز عمل»، سواء في المجتمعات البشرية أو في تفاعلها مع البيئة الطبيعية [14]. ويصف المفهومان قدرة مجردة على الممارسة الإنسانية، ولذلك يتقاربان في الدلالة. وفي ستينيات القرن العشرين اعتبر عالم الفلك السوفيتي نيكولاي كارداشيف [15] الطاقة أساس التطور الإنتاجي لكل حضارة، واقترح مؤشرًا يقيس مستوى التقدم الحضاري وفق القدرة على استخدام الطاقة، هو مقياس كارداشيف①. وإذا أُخذت العلاقة التاريخية بين الثورات التكنولوجية والطاقة في الحسبان [16]، أمكن فهم الطاقة بوصفها تعبيرًا ملموسًا وقابلًا للقياس الكمي عن القدرة الإنتاجية.

يمثل نمو الحجم الإجمالي لاستخدام الطاقة مؤشرًا مهمًا على مستوى الإنتاجية الاجتماعية، ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بازدهار الحياة المادية. فقد تستهلك أسرة من الطبقة الوسطى في ضاحية أمريكية في القرن الحادي والعشرين طاقة بقدرة متوسطة تبلغ 30 كيلوواط في حياتها اليومية، وهو ما يعادل العمل المشترك لنحو 6,000 عبد قوي كان يمتلكهم أحد أرستقراطيي الإمبراطورية الرومانية [17]. ويبين هذا القياس أن الإمداد الطاقي الواسع في المجتمع الحديث يتيح للناس العاديين مستويات معيشة تتجاوز بكثير ما كان متاحًا لنخب العصور القديمة②. وبالمثل بلغ استهلاك الفرد من الطاقة في الصين عام 2023 ما يعادل 4,053 كغ من الفحم القياسي، أي 43.6 ضعف مستوى عام 1953 البالغ 93 كغ. ويعد ذلك من أكثر المظاهر مباشرة للتحديث السريع لقدرة الصين الإنتاجية. ومن هذا المنظور، استندت كل قفزة كبرى في الإنتاجية إلى ثورة طاقية. ورغم أن تعبير «ارتفاع استهلاك الطاقة» يستخدم اليوم غالبًا بمعنى سلبي، فإن التجربة التاريخية توضح أن أدوات الإنتاج المتقدمة تتطلب عادة طاقة أكبر؛ فالإنتاجية المتقدمة تقوم على استهلاك مرتفع للطاقة.

1.2 الخبرة التاريخية: تقوم «القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة» على «طاقة جديدة»

يُستخدم مصطلح «القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة» اليوم للدلالة على شكل متقدم من الإنتاجية تقوده الابتكارات، ويتجاوز أنماط النمو الاقتصادي التقليدية ومسارات التنمية الراسخة، ويتسم بالتكنولوجيا العالية والكفاءة العالية والجودة العالية بما ينسجم مع فلسفة التنمية الجديدة [18]. غير أن «الجديد» تاريخيًا لا يوجد إلا قياسًا إلى «القديم»، ولذلك يرتبط هذا المفهوم بقوة بظروف كل عصر. إن تاريخ الإنتاجية البشرية عملية تكرارية تستبدل فيها القوى «الجديدة» في كل حقبة القوى «القديمة». وكان انتشار المحرك البخاري في القرن التاسع عشر، ثم محركات الاحتراق الداخلي والأنظمة الكهربائية في القرن العشرين، عمليتين من هذا النوع. وفي الوقت نفسه أصبح الفحم ثم النفط③ «الطاقة الجديدة» في كل من هذين العصرين، واعتمدا على نطاق واسع [19].

منذ العصور القديمة أدى النمو السكاني المستمر والسعي إلى مستوى معيشة أعلى إلى توسيع الطلب على الطاقة وإلى ظهور أشكال جديدة منها مرارًا. ومنذ الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر رفعت الموجات المتعاقبة من الفحم والنفط والغاز الطبيعي وغيرها من مصادر الطاقة «الجديدة» الحجم الإجمالي للطاقة المتاحة للبشرية من 5,653 تيراواط-ساعة④ إلى 168,779 تيراواط-ساعة [20]، أي بمقدار رتبتين عشريتين. ولم يكن أي من الإنجازات الجماعية الكبرى في التاريخ — في الزراعة والهندسة والصناعة والحرب — ممكنًا من دون التقاط الطاقة واستخدامها وإدارتها والابتكار فيها بكفاءة. ومن منظور المادية التاريخية، يولد تطور القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة ضغطًا موضوعيًا لتوسيع إنتاج الطاقة، بينما توفر أشكال الطاقة الجديدة أساسًا متينًا لنموها. وبمعنى معين، تمثل الطاقة الجديدة بذاتها شكلًا من أشكال القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة.

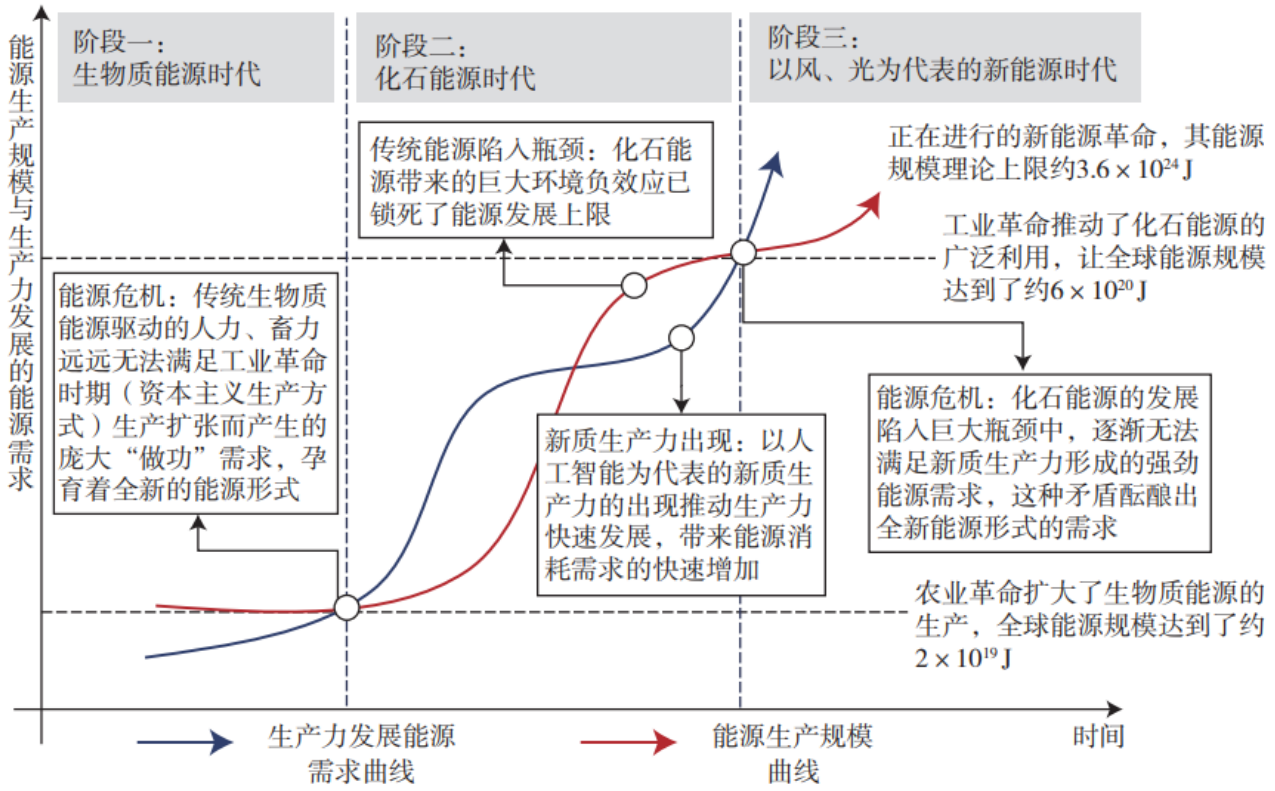
1.3 التناقض المعاصر: نمو القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة يفضي إلى «أزمة طاقة»

ترتبط أنظمة الإنتاج المعاصرة ارتباطًا عميقًا بالوقود الأحفوري. فقد أصبح استخدامه المكثف جزءًا من كل منظومات الحياة الحديثة تقريبًا، بما فيها المنتجات والثقافة والمشاهد المكانية والمؤسسات القانونية [21]. وخلال الثورة الصناعية ظهر الوقود الأحفوري بوصفه «طاقة جديدة». وبفضل كثافته الطاقية العالية جدًا، فكك سريعًا النظام الاجتماعي الزراعي الذي هيمنت عليه الكتلة الحيوية التقليدية آلاف السنين [22]. وفي البيان الشيوعي لاحظ Karl Marx و[23] Friedrich Engels أن البرجوازية أوجدت في فترة تاريخية قصيرة قوى إنتاجية تفوق ما حققته الأجيال السابقة مجتمعة، وهي طفرة استندت إلى القوة المادية الهائلة للوقود الأحفوري. بل يعد بعض الباحثين استخدام هذا الوقود شرطًا تأسيسيًا لنمط الإنتاج الرأسمالي، ويستخدمون مفهوم «الرأسمالية الأحفورية» [24]. غير أن الآثار البيئية الخارجية للاستخدام الواسع وغير المنضبط — انبعاثات الكربون والتلوث المكاني — تقترب من الحدود القصوى لقدرة النظم البيئية الأرضية. وباتت التنمية منخفضة الكربون اتجاهًا عالميًا، فيما استقر عمليًا سقف توسع الطاقة الأحفورية ولم يعد قادرًا على دعم نمو أسي في الاستهلاك المستقبلي.

في المقابل، تسرّع التقنيات الجديدة التي يمثلها الذكاء الاصطناعي نمو القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة. فتطور النماذج الضخمة للذكاء الاصطناعي يعتمد على نمو أسي في قدرة الحوسبة ومعالجة البيانات، وهو ما يؤدي بدوره إلى زيادات أسية في استهلاك الطاقة [25]. وتشير تقديرات إلى أن قدرة الحوسبة العالمية قد ترتفع بحلول عام 2030 بمقدار رتبتين عشريتين إضافيتين، لتبلغ 5.6×10^{22} عملية فاصلة عائمة في الثانية، مع استهلاك يتراوح بين 44.8 و67.2 تريليون كيلوواط-ساعة من الكهرباء [26]. وقد أثار هذا الاتجاه قلقًا متزايدًا. وكما ذكر Elon Musk، مؤسس Tesla، فإن التطور السريع للذكاء الاصطناعي يخلق أزمة طاقة [27]. وفي يناير 2025 انتشر نموذج

DeepSeek الصيني بسرعة في قطاعات عالمية عديدة، فمكّن أشكالًا جديدة من الإنتاجية ورفع في الوقت نفسه توقعات الطلب الطاقي المرتبط بالحوسبة. ومن ثم يزداد وضوح التناقض البنيوي بين طلب ينمو أسيًا وسقف صلب للإمداد الأحفوري.

تظهر طاقة الرياح والطاقة الشمسية، نظريًا وعمليًا، بوصفهما من أهم الحلول للتناقض بين القوى الإنتاجية الجديدة والنظام الطاقي القائم. فمعظم سطح الأرض يتلقى يوميًا إشعاعًا شمسيًا كثيفًا، كما أن إجمالي الطاقة المتجددة المتاحة يفوق بكثير الطلب الحالي وأي طلب مستقبلي معقول. وتبلغ الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض سنويًا نحو 10,000 ضعف الاستهلاك البشري الحالي للوقود الأحفوري. وتعد الرياح والشمس أكثر الوسائل الواعدة والقابلة للتطبيق لالتقاط هذه الطاقة السطحية الهائلة في المستقبل المنظور [28]. كما سيؤدي تطورهما إلى تحول عميق في طريقة استخدام البشر لسطح الأرض.



الشكل 1. تمثيل تخطيطي للعلاقة الجدلية بين تطور «القوى الإنتاجية» و«الطاقة»

2 «الطاقة المتجددة» و«الأشكال الجديدة» لاستخدام سطح الأرض

2.1 الطاقة واستخدام سطح الأرض: الانتقال الطاقي هو أيضًا انتقال في أنماط الاستخدام المكاني

ظهرت عبر التاريخ الطويل للحضارة الإنسانية أشكال متنوعة من الطاقة، منها الكتلة الحيوية — الغذاء والحطب — والوقود الأحفوري — الفحم والنفط والغاز الطبيعي — والطاقة المتجددة المعاصرة — الخلايا الكهروضوئية والطاقة الشمسية الحرارية وطاقة الرياح. وقد أنتج كل منها منطقًا مختلفًا جوهريًا في استخدام سطح الأرض (الجدول 1). ففي المجتمعات الزراعية التي هيمنت عليها الكتلة الحيوية، كانت كثافتها المنخفضة للقدرة المكانية⑤ تعني أن إنتاج الطاقة يعتمد على الحصول على مساحات أكبر وأعلى جودة من الأراضي الزراعية، كي تلتقط النباتات قدرًا أكبر من الطاقة الشمسية عبر التمثيل الضوئي. وكانت هذه الطاقة تدعم بدورها مزيدًا من العمل البشري والحيواني لتلبية احتياجات الإنتاج والمعيشة لدى الدولة والأفراد [29]. ولذلك مثلت موارد سطح الأرض جوهر إنتاج الطاقة وأهم مقياس للقوة السياسية والثروة [30].

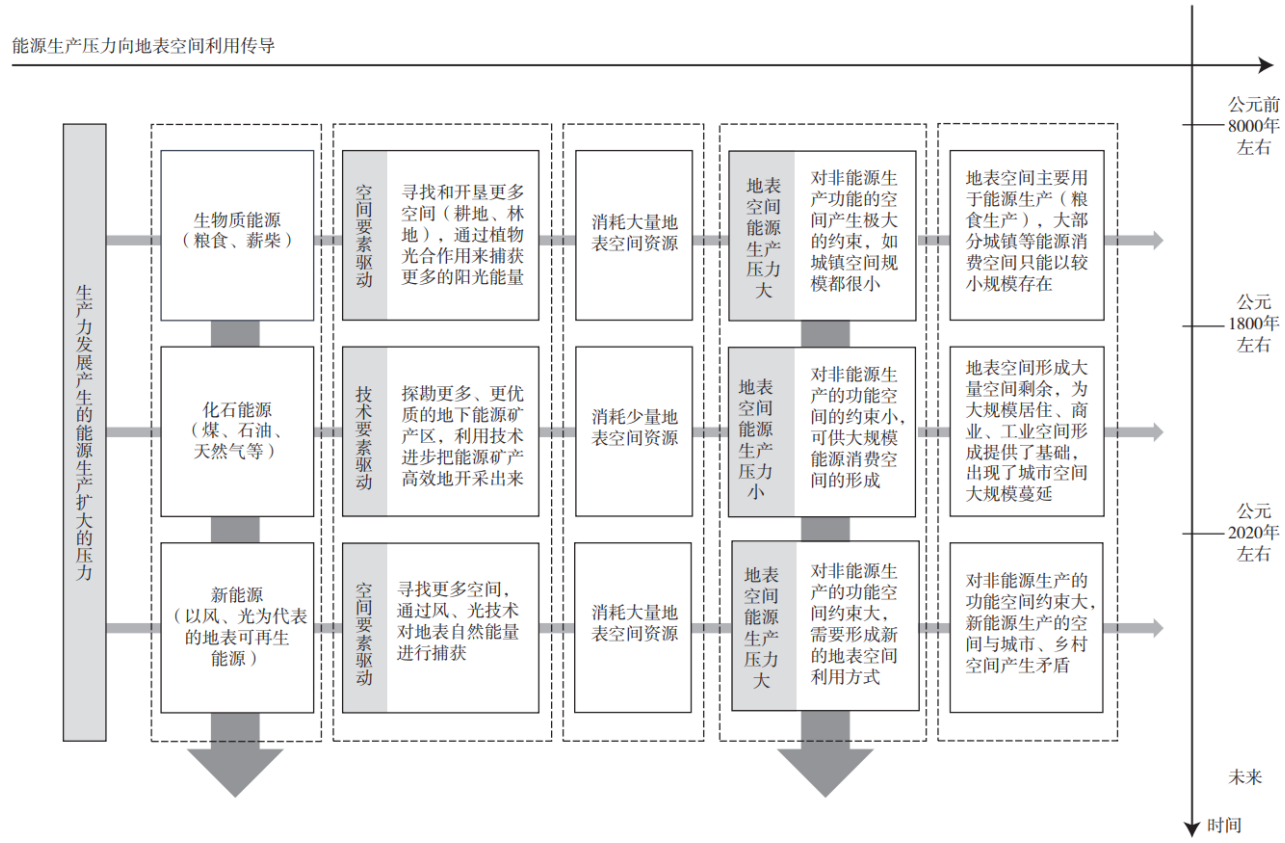
الجدول 1. الخصائص المكانية المرتبطة بثلاثة أنظمة طاقية رئيسة وطرائق إنتاجها [31]

الخاصية	طاقة الكتلة الحيوية	الطاقة الأحفورية	الطاقة المتجددة
الفترة التاريخية الرئيسة	قبل نحو عام 1800	من نحو عام 1800 إلى الوقت الحاضر	من الوقت الحاضر فصاعدًا
فئة النظام	نظام طاقي سطحي	نظام طاقي جوفي	نظام طاقي سطحي
أشكال الطاقة الرئيسة	الغذاء والحطب	الفحم والنفط والغاز الطبيعي وغيرها	طاقة الرياح والطاقة الشمسية
آلية تكوّن الطاقة	تلتقط نباتات السطح الطاقة الشمسية عبر التمثيل الضوئي	تتحول الكتلة الحيوية القديمة بعمليات جيولوجية وجيوكيميائية تمتد عشرات الملايين من السنين	تلتقط منشآت الرياح والطاقة الشمسية مباشرة أو بصورة غير مباشرة الطاقة ذات الأصل الشمسي عند سطح الأرض
القوة المحركة الرئيسة	القوة العضلية للإنسان والحيوان	المحركات البخارية ومحركات الاحتراق الداخلي وغيرها	المحركات الكهربائية ومعالجة المعلومات
كثافة القدرة المكانية لحوامل الطاقة الرئيسة (واط/م²)	0.03–0.18	135–500	1–8
استهلاك الموارد المكانية في إنتاج الطاقة	مرتفع جدًا	منخفض	مرتفع نسبيًا
المساحة النسبية التوضيحية اللازمة لإنتاج مقدار متساوٍ من الطاقة	شبكة 40 × 40	شبكة 1 × 1	شبكة 8 × 8
منطق توسيع إنتاج الطاقة	توسيع مساحة سطح الأرض المستخدمة لإنتاج أكبر قدر ممكن من الطاقة	الاستثمار في التقنية لاستخراج الطاقة من باطن الأرض بكفاءة أعلى	توسيع مساحة سطح الأرض المستخدمة لالتقاط أكبر قدر ممكن من الطاقة وإنتاجه
ضغط إنتاج الطاقة على استخدام سطح الأرض	مرتفع	منخفض	مرتفع نسبيًا
الآثار المكانية	ترتبط مساحات واسعة بإنتاج الطاقة، مما يحد بشدة من الأرض المتاحة للوظائف الأخرى	يستخدم الإنتاج والنقل مساحات سطحية محدودة، فتظل مساحات واسعة متاحة لأنشطة بشرية أخرى	تُخصص مساحات واسعة لإنتاج الطاقة، مما يفرض ضغطًا كبيرًا على الفضاء اللازم للأنشطة الأخرى

ملاحظة: حُسبت الاحتياجات المكانية التوضيحية باستخدام كثافات قدرة نموذجية مقدارها 0.08 واط/م² للكتلة الحيوية، و135 واط/م² للطاقة الأحفورية، و6 واط/م² للطاقة المتجددة.

مع دخول المجتمع الصناعي، تحول إنتاج الطاقة نحو استكشاف مكامن جوفية أكبر وأعلى جودة، وإقامة مسارات تجارية موثوقة تنقل الطاقة بكفاءة إلى مراكز الاستهلاك في العالم، ولا سيما المدن [32]. وبفضل الكثافة المرتفعة للقدرة المكانية للوقود الأحفوري، انتقل إنتاج الطاقة من السطح إلى باطن الأرض. ولم تعد مساحات شاسعة من الأرض مرتبطة ارتباطًا صارمًا بإنتاج الطاقة، مما وفر الأساس المكاني لظهور المدن الكبرى والأقاليم الحضرية المتصلة [33]. ولولا التغير الجوهري في استخدام سطح الأرض الذي أحدثه الانتقال إلى الطاقة الأحفورية، لما أمكن أن تظهر المشاهد التي يعدها المجتمع الحديث اليوم بديهية.

يمكن، لذلك، فهم المدن والأرياف الحديثة بوصفها نتاجًا للانتقال إلى الطاقة الأحفورية الذي بدأ قبل أكثر من قرنين [34]. أما صعود طاقة الرياح والطاقة الشمسية فيعيد تحويل سطح الأرض إلى حامل رئيس لإنتاج الطاقة، ويبدأ في استهلاك الموارد المكانية على نطاق واسع (الشكل 2). فالانتقال الطاقي لا يتعلق بالأشكال التقنية فحسب، بل أيضًا بـ«البنى الاجتماعية التي تُكتسب الطاقة وتُدار من خلالها»، والفضاء عنصر أساسي فيها [35]. ومن ثم لا يكون الانتقال الطاقي تحولًا تقنيًا مجردًا، بل تحولًا واسعًا وعميقًا في المجتمع البشري، وفي طرائق استخدام الفضاء على وجه الخصوص [36].



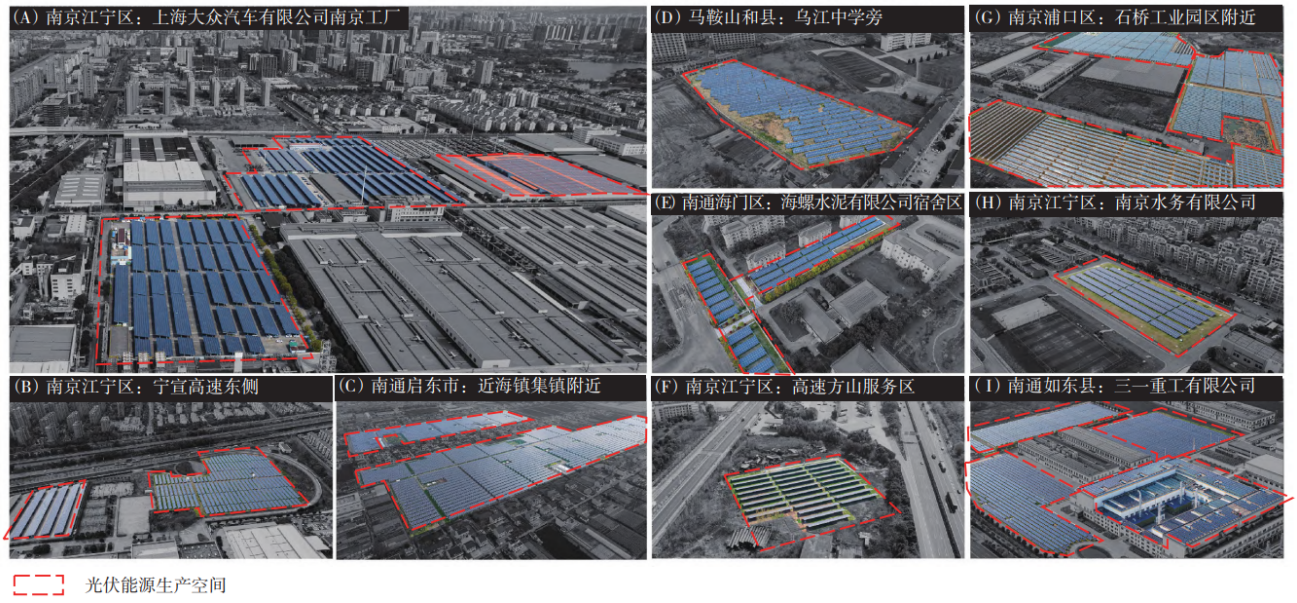
الشكل 2. العلاقة بين الانتقال الطاقي وتحول استخدام سطح الأرض

2.2 المتطلبات المكانية الجديدة للطاقة المتجددة: نظام إنتاج يحتاج إلى موارد سطحية واسعة

يمثل الانتشار الواسع لطاقة الرياح والطاقة الشمسية ابتعادًا تدريجيًا عن الوقود الأحفوري المستخرج من باطن الأرض، وتحولًا نحو الاستخدام المباشر للطاقة الطبيعية الناتجة من الإشعاع الشمسي عند سطح الأرض. وعلى خلاف التوزيع العالمي الشديد التفاوت للوقود الأحفوري، تتسم موارد الرياح والشمس باتساع الانتشار وسهولة الوصول وشبه العمومية. ولذلك ستضعف «القوة الطاقية» التي نشأت تاريخيًا من عدم تكافؤ توزيع الوقود الأحفوري مع توسع الطاقة المتجددة، وقد يفتح ذلك المجال أمام جغرافيا طاقية عالمية أكثر عدالة [37]. ومن الناحية النظرية يمكن لتنمية الطاقة المتجددة أن تنتج نظام إمداد عالميًا لامركزيًا وموزعًا، لا يستطيع فيه المنتجون احتكار السيطرة على العرض [38].

غير أن كثافة القدرة المكانية لطاقة الرياح والطاقة الشمسية منخفضة نسبيًا، إذ تتراوح عادة بين 1 و6 واط/م²، أي أقل بمرتبتين أو ثلاث مراتب عشرية من الوقود الأحفوري التقليدي. ومن ثم يتطلب إنتاج المقدار نفسه من الطاقة مساحة أكبر بكثير. وقد بيّن Vaclav Smil [39] أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة سيستهلك مساحات هائلة من أراضي الدولة. ولن تشبه المشاهد الناتجة الصورة الرومانسية لعدد قليل من التوربينات أو الألواح الشمسية بجانب جدول؛ بل ستشكل مشروعًا صناعيًا مكانيًا واسع الانتشار في أهم مجالات النشاط البشري عالميًا. وسيتطلب الانتقال واسع النطاق مساحات ضخمة ومواد بناء وعملًا ورأس مال، إضافة إلى إعادة تشكيل العلاقات الاجتماعية المكانية [40]. وستظهر مشاهد طاقية واسعة في البحار والمناطق الساحلية والحقول والمدن ومناطق غوبي والصحارى والتلال (الشكل 3). وقد أصبحت هذه الظاهرة شائعة بالفعل في الصين وأوروبا والولايات المتحدة ومناطق عديدة أخرى.

وبالمقارنة مع الوقود الأحفوري، تعتمد الطاقة المتجددة بوضوح على الأرض بكثافة أكبر. ومن الناحية النظرية يمنح هذا التحول جزءًا كبيرًا من سطح الأرض — الذي فُهم سابقًا أساسًا بوصفه فضاء لاستهلاك الطاقة — إمكانية أن يصبح فضاء لإنتاجها [41].



الشكل 3. حالات نموذجية لإنتاج الطاقة الكهروضوئية «المستهلك لمساحات مكانية كبيرة»

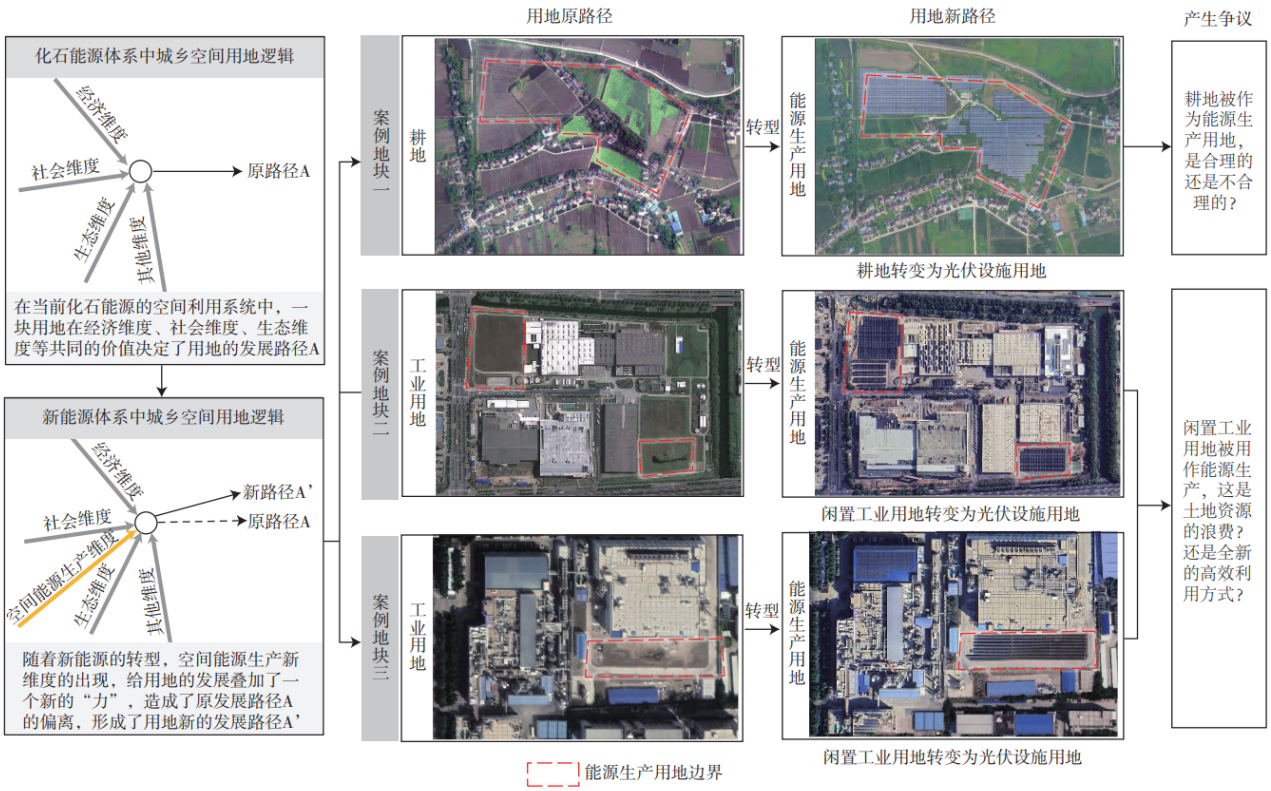
2.3 بُعد جديد لتنمية سطح الأرض: «الإنتاج المكاني للطاقة» يتحدى أنماط استخدام الموارد القائمة

يشكل استخدام سطح الأرض في الوقت الراهن نظامًا عمليًا معقدًا ينظم الزراعة والسكن والصناعة والتجارة والنقل والبيئة، ويحمل قيمًا اقتصادية واجتماعية وجمالية متعددة. ويعتمد هذا النظام على موارد طاقية تكونت تحت الأرض عبر عمليات جيولوجية وجيوكيميائية استمرت عشرات الملايين من السنين. وكما يوضح Gavin Bridge [42]، تُستخرج المواد الطاقية من «ثقوب» جوفية وتُجلب إلى السطح في صورة تدفقات؛ فالمناجم ومضخات النفط وصمامات الغاز هي بوابات بين عالمين تحكمهما عمليات مكانية وزمنية مختلفة جذريًا. تحت الأرض عالم من «الإنتاج الطبيعي» خارج السيطرة البشرية المباشرة، وعلى السطح عالم تنتجه المجتمعات. وبعد استخراج الطاقة الأحفورية يؤدي سطح الأرض أساسًا وظيفة نقل «تدفقات الطاقة». وغالبًا ما تكون هذه البنى التحتية خطية ومحدودة الإشغال ومرنة المسار، وتظل أداة خادمة للقيم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للسطح [43]. وفي النظام الأحفوري يكفي عادة ضمان أمن هذه الممرات الخطية وموثوقيتها للحفاظ على إمداد مستقر للمدن والأرياف.

يضيف الانتشار السريع لإنتاج الطاقة المتجددة بُعدًا جديدًا تمامًا لتنمية سطح الأرض هو الإنتاج المكاني للطاقة. فالفضاء لم يعد خلفية للنشاط الطاقي، بل صار عنصرًا جوهريًا يشارك مباشرة في الإنتاج، وأصبحت مساحات واسعة من سطح الأرض قابلة لإنتاج الطاقة. ومنذ الثورة الصناعية سعت تخصصات التخطيط المكاني — التخطيط الحضري والريفي وتخطيط استخدام الأرض — إلى تنسيق القيم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية وغيرها في تنمية السطح، ولا سيما في المدن والأرياف، تحقيقًا للمصلحة العامة. أما إنتاج الطاقة المتجددة فيتيح لمساحات كان يصعب اعتبارها موارد اقتصادية أن تتحول إلى مواقع طاقية، فيتحدى بذلك أنماط استخدام الموارد القائمة. وإدخال «إنتاج الطاقة» متغيرًا جديدًا في نظام استخدام الأرض سيولد صراعات مكانية جديدة ومتطلبات جديدة للتنسيق.

يوفر الإنتاج الكهروضوئي مثالًا واضحًا. فهو يشبه الزراعة من الناحية العملية، إذ يعتمد كلاهما على التعرض للشمس. ويتمثل مطلبه المباشر في التقاط الإشعاع الشمسي واحتلاله ضمن مساحة محددة. غير أن ضوء الشمس عنصر طبيعي أساسي في بيئات الحياة والإنتاج، ويدعم الإضاءة والاستفادة من الضوء الطبيعي والتعقيم والصحة والتمثيل الضوئي وغيرها من الوظائف المكانية. ووفق قانون حفظ الطاقة، عندما يتحول الإشعاع الذي يستقبله سطح ما إلى طاقة تجارية، تضعف وظائفه الأخرى في الفضاء نفسه أو تختفي بالضرورة، وقد يضر ذلك بالاستخدام الأصلي للموقع.

على الرغم من أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة لا يزال في بدايته، فإن الصراعات بين إنتاج الطاقة على سطح الأرض وأنظمة الاستخدام القائمة أصبحت واسعة الانتشار. وتشمل احتلال منشآت الطاقة المتجددة للأراضي الزراعية [44]، والظلم المكاني الناجم عن «الاستحواذ الأخضر» [45]، والتعارض بين البنية التحتية الطاقية والمشاهد الثقافية [46]، والتوتر بين منشآت الطاقة المتجددة والاستخدام المكثف للأراضي الصناعية (الشكل 4). وتدل هذه المظاهر المبكرة على أن ظهور الإنتاج المكاني للطاقة بدأ بالفعل في إرباك المفاهيم والمؤسسات التقليدية لاستخدام سطح الأرض.



الشكل 4. تمثيل تخطيطي وحالات توضيحية لتحول مسارات استخدام الأرض في ظل «الإنتاج المكاني للطاقة»

ملاحظة: (1) أراضي إنتاج الطاقة في المواقع الصناعية الموضحة تشير إلى منشآت كهروضوئية أرضية، لا إلى الأنظمة المثبتة على الأسطح والأقل إثارة للجدل؛ (2) تقع الحالة 1 في Yangzhong، والحالة 2 في Suzhou Industrial Park، والحالة 3 في Nantong Economic and Technological Development Area.

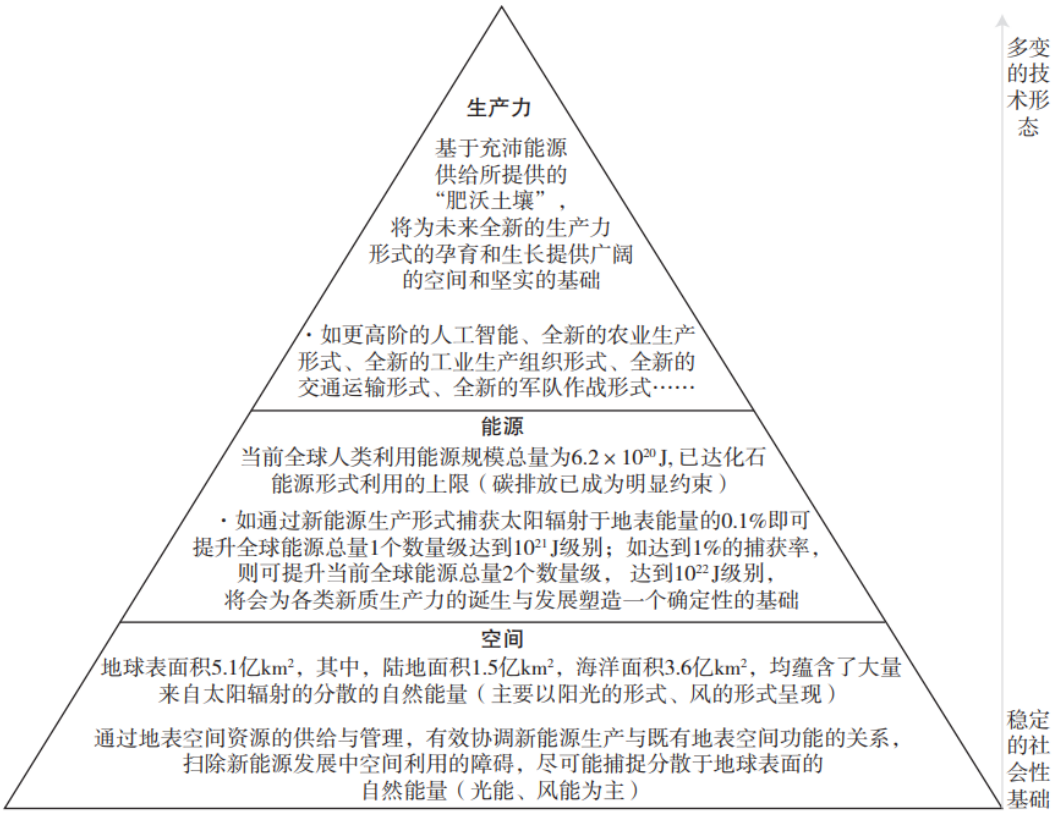
3 دور التخطيط المكاني الإقليمي وحدوده وتطوره ضمن إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء»

3.1 تكوين إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء»

مع التطور السريع للطاقة المتجددة، تتزايد صلة «القوى الإنتاجية» بـ«الفضاء» عبر الطاقة. ويكشف التحليل السابق منطقًا موجزًا. أولًا، يحتاج نمو القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة إلى دعم طاقي أكبر، مما يحفز مصادر أكثر تنوعًا وكفاءات تحويل أعلى، ويسرّع إنتاج الطاقة المتجددة. ثانيًا، تعتمد الطاقة المتجددة على التقاط الطاقة الموزعة عبر سطح الأرض؛ لذلك يتطلب توسعها عرضًا أكبر من الموارد المكانية واستخدامًا أكثر كفاءة للفضاء، ويضع مباشرة أنماط استخدام الأرض القائمة أمام تحديات. وفي هذا المنطق يصبح توفير الموارد المكانية واستخدامها أساسًا مهمًا لتطوير القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة. ويمكن تلخيص العلاقة في مبدأ «الفضاء طاقة، والطاقة قدرة إنتاجية»، وهو أساس إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء» (الشكل 5).

في هذا الإطار يكون الفضاء أساس الطاقة، والطاقة أساس القدرة الإنتاجية. غير أن العلاقة بين العناصر الثلاثة ليست خطية ببساطة. ولا تتبنى الدراسة «الحتمية الطاقية» ولا امتدادها المحتمل إلى «الحتمية المكانية». فمن منظور المادية التاريخية لم يحدد الاستخدام الواسع للوقود الأحفوري مباشرة الشكل التقني الدقيق للمحرك البخاري أو محرك الاحتراق الداخلي. وبالمثل، لن يحدد الإنتاج الواسع للطاقة المتجددة وحده الأشكال الدقيقة للذكاء الاصطناعي أو الروبوتات أو واجهات الدماغ والحاسوب. ومع ذلك يشبه الإمداد الطاقي الوفير التربة الخصبة للغابة الاستوائية؛ فهو يهيئ الأساس الذي يمكن أن تنمو منه «أشجار شاهقة» عديدة.

تبيّن الخبرة التاريخية أن تطور أي قوة إنتاجية ذات نوعية جديدة عرضي وغير يقيني. غير أن التخطيط الفعال لموارد سطح الأرض وإدارتها قادران على بناء قاعدة موثوقة ومتنامية لإمداد الطاقة، ومن ثم توفير أساس اجتماعي مستقر لنمو القوى الجديدة. وإذا استطاعت الصين زيادة قدرتها على إنتاج الطاقة بمرتبة عشرية واحدة، فإنها ستوفر بيئة خصبة لظهور أشكال متنوعة من القوى الإنتاجية الجديدة، وتحقق ميزة استراتيجية مهمة في المنافسة الدولية. ويعتمد بناء هذا الأساس على كيفية فهم المجتمع لسطح الأرض واستخدامه، وهو ما يمنح التخطيط المكاني الإقليمي دورًا محوريًا في هذا الإطار.



الشكل 5. تمثيل تخطيطي لإطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء» القائم على الطاقة المتجددة

3.2 التخطيط المكاني الإقليمي ضمن إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء»

3.2.1 وظيفة التخطيط: إدارة أصول «الطاقة المكانية» الهائلة عبر الحوكمة الإقليمية

أنشأت الصين، في خطوطها العامة، منظومة للتخطيط المكاني الإقليمي تمتد رأسيًا عبر جميع المستويات الإدارية وأفقيًا عبر الفئات الرئيسة للفضاء. ويوفر ذلك، من حيث المبدأ، إطارًا عمليًا لتخطيط كامل الإقليم الوطني وتنسيقه وإدارته [47-48]. ووفق مبدأ «الفضاء طاقة، والطاقة قدرة إنتاجية»، يتحمل التخطيط المكاني الإقليمي مسؤولية إدارة الموارد الطاقية الطبيعية الكامنة في 9.6 ملايين كم² من سطح الصين، ويؤثر لذلك تأثيرًا مهمًا في القاعدة الطاقية للقوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة.

يشير تقدير أولي إلى أن مورد الإشعاع الشمسي الذي تستقبله الأراضي الصينية يبلغ نحو 5.2 × 10²² جول سنويًا⑥، أي أكثر من 300 ضعف إجمالي استهلاك الصين من الطاقة عام 2022، الذي قُدّر بنحو 1.6 × 10²⁰ جول. وهكذا تضيف الطاقة المتجددة بُعد إنتاج الطاقة إلى الجبال والأنهار والغابات والأراضي الزراعية والبحيرات والمراعي والبحار والمدن التي يديرها التخطيط المكاني الإقليمي.

وفي معظم الفضاءات الوظيفية الأخرى التي يديرها التخطيط — مثل المناطق السكنية والصناعية والتجارية — يعمل الفضاء حاملًا للنشاط لا جوهرًا له، ومن ثم يكون تدخل التخطيط غير مباشر في الغالب. أما في إنتاج الطاقة المتجددة، فتأتي الطاقة من سطح الأرض ذاته، ويصبح الفضاء مكونًا داخليًا في العملية الإنتاجية. ولذلك يكون تدخل التخطيط أكثر مباشرة، وقد يؤثر بوضوح في سرعة الانتقال الطاقي في الصين وشكله، ثم في الأساس الذي تنمو عليه القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة.

3.2.2 القيد الراهن: أدوات الفضاء التي تشكلت في عصر الطاقة الأحفورية لا تلائم متطلبات الطاقة المتجددة

يتيح إنشاء منظومة التخطيط المكاني الإقليمي إدارة الموارد المتجددة على المستوى الوطني. وفي التطبيق بدأت بعض المناطق تستخدمها لتنسيق الصراعات بين إنتاج الطاقة والوظائف المكانية التقليدية. فعلى سبيل المثال أصدرت السلطات الصينية المعنية بالموارد الطبيعية عدة جولات من التوجيهات الخاصة باستخدام الأرض استجابة لاحتلال منشآت الطاقة المتجددة للأراضي الزراعية [49]. غير أن هذه الصراعات تنشأ، في مستوى أعمق، لأن المفاهيم والأدوات «القديمة» في التخطيط الراهن عاجزة عن فهم الظواهر الجديدة وإدارتها بفعالية.

ولتجنب التعارض مع وظائف السطح القائمة، تركزت تنمية الطاقة المتجددة حتى الآن في الأنظمة الكهروضوئية على الأسطح، والمنشآت الشمسية في الصحارى ومناطق غوبي، وطاقة الرياح الساحلية والبحرية، أي في فضاءات اعتُبرت تقليديًا محدودة القيمة الإنتاجية. وقد حققت هذه الأشكال فوائد مهمة، لكن نطاق الموارد المستثمرة لا يزال ضيقًا وبعيدًا عن التنمية الشاملة للطاقة الموزعة على كامل سطح الأرض.

أما على مستوى المفاهيم المكانية الأساسية، فلا يزال الإطار المعرفي للتخطيط المكاني الإقليمي متجذرًا في النموذج الساكن للفيزياء الكلاسيكية، الذي يبسط الفضاء بوصفه حاوية خطية ثلاثية الأبعاد تحددها الأطوال والعروض والارتفاعات. وتعمل أدوات مثل تنظيم الاستخدام وقوائم المشروعات أساسًا بوصفها آليات «سماح–منع» تتحكم في احتلال الفضاء ثلاثي الأبعاد⑦. غير أن إنتاج الطاقة المتجددة يتعامل مع الفضاء باعتباره جزءًا جوهريًا من العملية الإنتاجية. فالتقاط الطاقة الشمسية يعتمد على أسطح مستوية ثنائية الأبعاد تحدد بالطول والعرض [50]، بينما يعتمد التقاط طاقة الرياح على الفضاء المائع الناتج من حركة الهواء.

وبسبب هذه الاختلافات لا تستطيع الأدوات الموروثة من نموذج الطاقة الأحفورية بناء تقييم ملائم لكفاءة استخدام الأرض في مشروعات الطاقة المتجددة، ولا توجيه تخصيص العوامل المكانية على نحو فعال. وإذا بقيت المفاهيم التقليدية للفضاء دون تغيير، فسيصعب استخدام الأصول الطاقية الهائلة وتحويلها إلى قدرة إنتاجية مادية.

3.2.3 اتجاه التطور: تحديث الأدوات المكانية وابتكارها لتنمية الطاقة المتجددة

ينبغي للتخطيط أن يعود إلى العلاقة الأساسية بين إنتاج الطاقة والفضاء، وأن يعترف معرفيًا باختلاف التصورات المكانية المرتبطة بالطاقة المتجددة عن تلك التي تشكلت في النظام الأحفوري. ومن خلال التركيز على التقاط ضوء الشمس وحركة الهواء، يجب تطوير طرائق جديدة للفهم والتحليل والتطبيق قادرة على تنسيق إنتاج الطاقة المتجددة مع الوظائف الأخرى لسطح الأرض.

أولًا، ينبغي بناء تصور شامل للطاقة. فالتشغيل الطبيعي للمدن المعاصرة لا يعتمد على إمدادات الوقود الأحفوري وحدها، بل كذلك على الإسهام المباشر للطاقة الطبيعية في الإضاءة والتدفئة والتعقيم والصحة والتهوية والتمثيل الضوئي. ووفق قانون حفظ الطاقة، فإن تحويل الطاقة الطبيعية إلى طاقة تجارية يضعف بالضرورة وظائفها الأصلية أو يلغيها. ويكتسب ذلك أهمية خاصة في حالة ضوء الشمس؛ إذ يجب على التخطيط أن يميز الوظائف «الأساسية» للتشغيل الحضري من الوظائف «غير الأساسية» ومن صور «الهدر»، حتى يحدد التدفقات الطبيعية التي يمكن تحويلها بصورة مناسبة إلى إنتاج للطاقة.

ثانيًا، ينبغي للتخطيط المكاني تطوير طرائق تحليل تربط الفضاء بالطاقة. ففي الطاقة الشمسية، يتطلب الأمر رسم إسقاط الضوء على سطح الأرض وبناء نماذج لتقييم حجم استخدام الطاقة الشمسية وكفاءته. أما في طاقة الرياح فينبغي أن يركز التحليل على الآثار المكانية الخارجية، بما فيها الضوضاء، واضطراب التجمعات الحيوانية، والمقاومة الناتجة من التأثير في المشاهد الثقافية.

ثالثًا، ينبغي تعزيز حوكمة الفضاء ثلاثي الأبعاد وتحديث صندوق أدوات التخطيط. ويجب تحسين المؤشرات التقليدية، مثل معامل كثافة البناء، ونسبة المساحات الخضراء، وحدود الارتفاع، وكثافة الكتلة المبنية. وفي الوقت نفسه ينبغي ابتكار مفاهيم وأدوات خاصة بأنظمة الطاقة المتجددة لزيادة كفاءة الإنتاج المكاني للطاقة وتقليل الصراعات مع الوظائف الأخرى لسطح الأرض.

رابعًا، يلزم إنشاء نظام مبتكر لحقوق الفضاء الطاقي. فالإنتاج الكهروضوئي يلتقط الطاقة من خلال سلسلة من الأسطح ثنائية الأبعاد. ولذلك ينبغي توسيع ترتيبات الملكية الحالية للأرض والمباني لتشمل حقوقًا مكانية مصممة خصيصًا لإنتاج الطاقة.

4 الخاتمة والمناقشة

تمثل القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة أداة استراتيجية تتيح للصين المبادرة في المنافسة العالمية، وتحقيق قفزة في الإنتاجية الوطنية، ودفع التنمية عالية الجودة. وينبغي للتخطيط المكاني أن يستجيب لاتجاه العصر، فيدعم طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنشاط، ويشارك في الثورة الطاقية الجديدة، ويعزز القاعدة الطاقية اللازمة لهذه القوى الإنتاجية.

تدمج الدراسة القوى الإنتاجية والطاقة والفضاء في إطار تحليلي موحد. أولًا، تحدد الطاقة المتجددة شرطًا أساسيًا لتطور القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة. فقد سبقت التحولات النوعية في الإنتاجية تاريخيًا ابتكارات في أشكال الطاقة أو اقترنت بها، فيما أصبح سقف الإمداد الأحفوري اليوم قيدًا منظوميًا على استمرار النمو. ثانيًا، إن الثورة الطاقية هي في جوهرها ثورة في استخدام سطح الأرض. فتطور طاقة الرياح والطاقة الشمسية يقلب المنطق المكاني للأنظمة التقليدية، ويمنح جزءًا كبيرًا من السطح — الذي كان يُفهم أساسًا بوصفه فضاء للاستهلاك — إمكانية التحول إلى فضاء للإنتاج. ومن هنا يظهر نمط جديد من الاستخدام هو «الإنتاج المكاني للطاقة»، يولد قيمًا جديدة ويضع الأنظمة القائمة أمام تحديات. ولذلك لا يمثل الانتقال الطاقي تغيرًا تقنيًا فحسب، بل تحولًا واسعًا وعميقًا في المجتمع وفي الطرائق الأساسية لاستخدام الفضاء.

وأخيرًا، تقترح الدراسة إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء»، وترى أن التخطيط الفعال لموارد السطح وإدارتها ينبغي أن يبنيا قاعدة طاقية موثوقة ومتنامية للقوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة. ويتعين على التخطيط المكاني الإقليمي أن يتحمل مسؤولية مهمة في إدارة موارد الطاقة المكانية الهائلة الموزعة على كامل الإقليم الوطني. غير أن المفاهيم والأدوات التي تشكلت داخل النظام الأحفوري لا تستطيع تقييم الأشكال المتجددة أو توجيهها على نحو كافٍ. ومن ثم يجب العودة إلى العلاقة الأساسية بين الطاقة والفضاء وتحديث الأسس المفاهيمية والأدوات العملية عبر: (1) بناء تصور شامل للطاقة؛ (2) تطوير طرائق تحليل تربط الفضاء بالطاقة؛ (3) تعزيز الحوكمة ثلاثية الأبعاد وتحديث أدوات التخطيط؛ و(4) ابتكار أنظمة حقوق مكانية مخصصة لإنتاج الطاقة.

كان استخدام الطاقة المتجددة على نطاق كوكبي ينتمي حتى وقت قريب إلى عالم الخيال العلمي. أما اليوم فإن التطور التقني السريع والمشاركة الاجتماعية الواسعة يحولانه إلى واقع عملي، وقد بدأ بالفعل التحول المستقبلي في استخدام سطح الأرض. غير أن التاريخ يبين أن التحولات الطاقية والمكانية لا تكتمل بين ليلة وضحاها، بل هي عمليات تاريخية كبرى قد تمتد عقودًا أو قرنًا كاملًا [51]. ولذلك ينبغي للصين

أن تستخدم في أقرب وقت إطار «القوى الإنتاجية–الطاقة–الفضاء» بهدف زيادة قدرتها على إنتاج الطاقة بمرتبة عشرية، وابتكار مفاهيم وأدوات مكانية جديدة، وتوجيه تحول التخطيط المكاني الإقليمي، وتطوير ممارسات تستجيب لتنمية الطاقة المتجددة.

ملاحظات

① يُحسب مؤشر كارداشيف وفق المعادلة $K = (\log_{10}P - 6) / 10$، حيث P مؤشر الحضارة و K استغلال كامل الطاقة المتجددة المتاحة على كوكبها، بما في ذلك I تستطيع حضارة النوع .IIIو IIو I الأساس تقسم الحضارات إلى الأنواع فيستغل الطاقة على مقياس III استغلال الطاقة على مقياس نجم؛ أما النوع II الطاقة الشمسية والرياح والمياه؛ وتستطيع حضارة النوع 0.73. مجرة. ويُقدّر مستوى البشرية الحالي بنحو

② تقارن هذه الصيغة الحجم الإجمالي للعمل فقط، ولا تأخذ جودة الطاقة في الحسبان. ولو أُدرجت جودة الطاقة، لكان الفرق بين حياة الفرد العادي اليوم وحياة أرستقراطي قديم أكبر بكثير.

③ كان الفحم في القرن التاسع عشر طاقة جديدة قياسًا إلى الكتلة الحيوية التقليدية مثل الغذاء والحطب، وأصبح النفط في القرن العشرين طاقة جديدة قياسًا إلى الفحم.

④ 10^9 kWh. تعني تيراواط-ساعة، وتساوي TWh

⑤ تشير كثافة القدرة المكانية إلى مقدار الطاقة المنتجة لكل وحدة من مساحة سطح الأرض في نشاط إنتاج الطاقة، وتقاس بالواط/م². وتعني الكثافة الأعلى عادة أن إنتاج كمية معينة من الطاقة يحتاج إلى مساحة أقل، بينما تتطلب الكثافة المنخفضة موارد مكانية أكبر.

⑥ قُدّرت طاقة الإشعاع الشمسي التي تستقبلها الأراضي الصينية وفق المعادلة $E = S \times H$، حيث E إجمالي الطاقة الشمسية السنوية، و S مساحة الصين البالغة 9.6 million km²، وH متوسط الإشعاع الأفقي العالمي السنوي في الصين، البالغ 1,493.4 kWh/m². ولا يمثل هذا التقدير المبسط قيمة دقيقة، لكنه يوضح رتبة حجم الطاقة المكانية الكامنة في الإقليم.

⑦ رغم أن تنظيم الاستخدام يبدو موجهًا إلى سطح ثنائي الأبعاد، فإنه يتضمن عمليًا مؤشرات ارتفاع، مثل معامل كثافة البناء وحدود الارتفاع؛ ولذلك يعد شكلًا من أشكال حوكمة الفضاء ثلاثي الأبعاد.

المراجع

[1] WU Zhiqiang, YAN Juan, XU Haowen, et al. –2024) عشرة قضايا سنوية رئيسة لتطور تخصص التخطيط الحضري والريفي (2025 [J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8–11. [بالصينية]

[2] SHEN Qingji. التنمية المستدامة للطاقة الحضرية في الصين: منظور التخطيط الحضري [J]. Urban Planning Forum, 2005(6): 41–47. [بالصينية]

[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. منطق إعادة التشكيل الجيوسياسي المدفوع بالانتقال الطاقي وآفاق البحث فيه [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(9): 2299–2315. [بالصينية]

[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. الحلول القائمة على الطبيعة: مناهج المعرفة والتخطيط لحماية البيئات الحضرية التاريخية في ظل تغير المناخ [J]. Urban Planning Forum, 2024(1): 18–28. [بالصينية]

[10] SUN Shiwen. بحث أساسي في نظام تنفيذ التخطيط المكاني الإقليمي والإشراف عليه [J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 12–17. [بالصينية]

[11] ZHANG Shangwu. النظام التقني للتخطيط المكاني الإقليمي: البنية العليا والاختراقات الرئيسة [J]. Urban Planning Forum, 2022(5): 45–50. [بالصينية]

[12] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. مناقشة أكاديمية حول البناء المنهجي لنظام التخطيط المكاني الوطني [J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1–11. [بالصينية]

[13] WANG Kai, ZHAO Yanjing, ZHANG Jingxiang, et al. مناقشة أكاديمية حول القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة والتخطيط الحضري والريفي [J]. Urban Planning Forum, 2024(4): 1–10. [بالصينية]

[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. التحولات الطاقية: البيانات والتاريخ والآفاق [M]. ترجمة GAO Feng, JIANG Aixin, LI Hongda. Beijing: Science Press, 2018. [طبعة صينية]
[17] SMIL V. World history and energy [J]. Encyclopedia of Energy, 2004, 6: 558.
[18] XINHUA NEWS AGENCY. يؤكد ضرورة تسريع تطوير القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة ودفع التنمية عالية Xi Jinping الجودة بثبات خلال جلسة الدراسة الجماعية الحادية عشرة للمكتب السياسي للجنة المركزية للحزب الشيوعي الصيني [EB/OL]. (2024-02-10) [2024-09-28]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6929446.htm. [بالصينية]
[19] CUI Shoujun, CAI Yu, JIANG Moqian. التحولات التكنولوجية الكبرى وتغير الجغرافيا السياسية للطاقة [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2585–2595. [بالصينية]
[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. البيان الشيوعي [EB/OL]. (2019-11-21) [2024-09-28]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_5037841. [طبعة صينية إلكترونية]
[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. دور الطاقة المتجددة في تطوير القوى الإنتاجية ذات النوعية الجديدة [EB/OL]. (2024-06-05) [2024-09-28]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI0NDAzMjA5Nw==&mid=2654909767&idx=1&sn=2177cb9ee8738ed358207bb36146eb28&chksm=f2a9e249c5de6b5f7a416492e3cc7c7785e055d580f1e675a3546fd6d92a73031c8eeb06835b&scene=27. [بالصينية]
[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. بحث جيوسياسي في الانتقال الطاقي [J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(8): 2050–2066. [بالصينية]
[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. الجغرافيا السياسية للطاقة والقوة الطاقية [J]. Progress in Geography, 2021, 40(3): 524–540. [بالصينية]
[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. بناء نظام للتخطيط المكاني الإقليمي في سياق الحضارة البيئية [J]. Urban Planning Forum, 2019(4): 16–23. [بالصينية]
[48] ZHAO Min. منطق بناء نظام التخطيط المكاني الإقليمي واستراتيجيات تشغيله [J]. Urban Planning Forum, 2019(4): 8–15. [بالصينية]
[49] GENERAL OFFICE OF THE MINISTRY OF NATURAL RESOURCES, GENERAL OFFICE OF THE NATIONAL FORESTRY AND GRASSLAND ADMINISTRATION, GENERAL DEPARTMENT OF THE NATIONAL ENERGY ADMINISTRATION. إشعار بشأن دعم تطوير صناعة الطاقة الكهروضوئية وتنظيم إدارة استخدام الأرض [R/OL]. (2023-03-20) [2024-09-28]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-04/03/content_5749824.htm. [بالصينية]
[50] WANG Yizhe. الإنتاج المكاني للطاقة: مسار جديد للتحول منخفض الكربون في الفضاء الحضري في عصر الطاقة المتجددة، من منظور التكامل التفاعلي بين الإنتاج الكهروضوئي والفضاء الحضري [J]. City Planning Review, 2024, 48(4): 59–70. [بالصينية]
[51] GRUBLER A. Energy transitions research: insights and cautionary tales [J]. Energy Policy, 2012, 50: 8–16.
تاريخ استلام النسخة المعدلة: فبراير 2025.

ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي