

Réexamen de la construction par Shanghai d'un centre mondial d'innovation scientifique et technologique dans le cadre des grands changements : basés sur la double perspective de « coopération des connaissances » et de « combinaison des connaissances »

A propos de l'auteur

Cao Zhan, École d'architecture et d'urbanisme, Université de Tongji, depuis Professeur adjoint, maître tuteur, Laboratoire clé de technologie de planification intelligente terrestre et spatiale, ministère des Ressources naturelles, 1989caozhan@tongji.edu.cn

Li Zhuoxin, Master d'architecture et d'urbanisme, Université de Tongji Étudiant diplômé, auteur correspondant, 2230116@tongji.edu.cn

Porter Liang, professeur agrégé à l'École d'administration publique de l'Université de finance et d'économie de Nanjing, Maître Instructeur

Peng Zhenwei est professeur et directeur de doctorat à l'École d'architecture et d'urbanisme de l'Université de Tongji et au Laboratoire clé de technologie des établissements humains à haute densité et de conservation de l'énergie du ministère de l'Éducation.

Résumé Le « Plan directeur urbain de Shanghai (2017-2035) » propose l'objectif et la vision de construire un « centre mondial d'innovation scientifique et technologique ». Cependant, depuis l'approbation du plan directeur, Shanghai a été confrontée à des défis majeurs pour promouvoir la construction d'un centre mondial d'innovation scientifique et technologique, dans un contexte de changements majeurs sans précédent depuis un siècle. Le « Réseau mondial de coopération en matière de connaissances » et le « Réseau mondial de combinaison de connaissances » sont construits à partir de données scientifiques et technologiques mondiales, et les caractéristiques évolutives de Shanghai dans le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique au cours de la période de grands changements sont analysées. Les résultats montrent que : face aux changements de l'environnement extérieur, le statut de Shanghai dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances s'est encore considérablement amélioré, mais il existe encore un écart par rapport aux principaux centres mondiaux d'innovation scientifique et technologique ; les « deux secteurs » de Shanghai les fonctions ont subi des ajustements structurels : extraversion considérablement réduite, introversion considérablement augmentée ; Shanghai occupe une position centrale dans le réseau mondial de combinaison de connaissances, possède des avantages comparatifs significatifs dans les domaines d'application de l'ingénierie traditionnelle, mais est relativement en retard dans les domaines fondamentaux émergents ; les fonctions scientifiques et Le chemin de développement de l'innovation technologique montre une « dépendance au chemin ». C'est une fonctionnalité qui coexiste avec la « mise à jour du chemin », mais il existe également un risque de « verrouillage du chemin ».

Mots clés Shanghai ; centre mondial d'innovation scientifique et technologique ; grands changements ; réseau de coopération en matière de connaissances ; réseau de combinaison de connaissances

L'innovation scientifique et technologique est le premier moteur du développement économique et du progrès social et est devenue le principal champ de bataille de la concurrence mondiale et des jeux stratégiques au 21^e siècle^[1]. L'arrivée d'un nouveau cycle de révolution scientifique et technologique a bouleversé le paradigme précédent de la recherche scientifique et de la recherche et développement technologique : d'une part, l'innovation scientifique et technologique s'appuie de plus en plus sur une coopération ouverte à grande échelle pour réaliser la mise à jour continue de l'existant, base de connaissances et partager les risques et les coûts du processus d'innovation^[2-3]; d'autre part, l'innovation scientifique et technologique s'appuie de plus en plus sur des croisements exploratoires transversaux. L'intégration croisée de différentes disciplines de pointe continue de générer de nouvelles idées scientifiques et théories scientifiques, ainsi que la reconstruction et la réorganisation de différentes technologies avancées. Créer en permanence de nouveaux scénarios futurs et de nouveaux espaces de marché^[4,5]. En d'autres termes, le processus d'innovation scientifique et technologique contemporaine est enraciné dans deux types différents de réseaux : l'un est un « réseau de coopération de connaissances » formé par l'interaction collaborative de différents sujets d'innovation, et l'autre est formé de connaissances hétérogènes dans différents domaines, de manière spécifique : le « réseau de combinaison de connaissances » formé par combinaison^[6]. Dans la féroce concurrence mondiale en matière de science et de technologie, occuper la position centrale du réseau de coopération en matière de connaissances signifie avoir un contrôle fort sur les ressources d'innovation, les canaux d'information et les actifs relationnels. Potentiel de champ croisé. Forte capacité de contrôle. Les villes sont des incubateurs d'innovation, fournissant les économies d'agglomération nécessaires, les effets d'échelle, la protection de l'environnement et le soutien politique à l'innovation^[7,8]. La construction d'un « centre mondial d'innovation scientifique et technologique » est devenue un point de départ important pour que tous les pays puissent participer activement à la nouvelle vague de révolution scientifique et technologique, promouvoir la compétitivité nationale et transformer les forces motrices anciennes et nouvelles^[9]. En 2015, afin de s'adapter aux nouvelles tendances de la concurrence scientifique et technologique mondiale et du développement économique, et de faire face à la stratégie nationale de développement axée sur l'innovation, le Comité municipal du Parti de Shanghai et le gouvernement municipal ont publié les « Avis sur l'accélération de la construction d'un Centre d'innovation scientifique et technologique d'influence mondiale », qui a donné le coup d'envoi de la promotion de la mondialisation par Shanghai. Le rideau sur la construction du Centre d'innovation scientifique et technologique. En 2017, le « Plan directeur urbain de Shanghai (2017-2035) » (ci-après désigné « Plan directeur Shanghai 2035 ») a été approuvé par le Conseil d'État. Le plan directeur Shanghai 2035 propose l'objectif global de Shanghai devenir une « excellente ville mondiale », et élargit les quatre fonctions centrales de l'économie internationale, de la finance, du commerce et du transport maritime et ajoute la fonction de « centre mondial d'innovation scientifique et technologique »^[10-11]. Faire de Shanghai un centre mondial d'innovation scientifique et technologique est non seulement une tâche majeure et une mission stratégique confiée à Shanghai par le Comité central du Parti, mais aussi le seul moyen pour Shanghai d'avancer dans un développement de haute qualité et d'améliorer le niveau d'énergie et d'énergie de la ville. Une compétitivité de base plus proche des plus grandes villes mondiales. C'est également le seul moyen pour la Chine de progresser vers la science et la technologie mondiales. Un soutien important pour le progrès des pays puissants^[12]. Cependant, depuis que Shanghai s'est officiellement imposé comme un centre mondial d'innovation scientifique et technologique, des changements drastiques ont eu lieu dans l'environnement de développement externe et interne : des changements majeurs inédits depuis un siècle se sont combinés à la pandémie mondiale du siècle, à la concurrence entre Les grandes puissances se sont considérablement intensifiées et la situation politique et économique internationale s'est améliorée. Le

paysage est complexe et en constante évolution ; l'unilatéralisme, le protectionnisme et l'hégémonisme sont en hausse, ce qui constitue une menace pour la paix et le développement du monde. La mondialisation s'est heurtée à des contre-courants et des tensions économiques la dynamique de reprise a été faible ^[13]. En 2018, les États-Unis ont provoqué unilatéralement une « guerre commerciale » contre la Chine dans le but de freiner l'ascension rapide de la Chine sur la scène internationale, et les frictions économiques et commerciales sino-américaines se sont fortement intensifiées. Par la suite, l'endiguement de la Chine par les États-Unis s'est rapidement étendu du domaine économique et commercial au domaine de l'innovation scientifique et technologique. Par le biais de contrôles administratifs, de procédures judiciaires, de pressions diplomatiques et d'alliances, ils ont supprimé le développement scientifique et technologique de la Chine sous tous ses aspects. À coup unilatéral, ils ont réduit la coopération scientifique et technologique transnationale, et la Chine et la tendance au « découplage technologique » entre les États-Unis et leurs alliés s'est intensifiée et certains domaines technologiques clés sont « bloqués ». En mai 2022, le magazine « Nature » a publié un rapport pertinent sur la coopération scientifique et technologique sino-américaine, soulignant que sous l'influence du « découplage technologique » entre la Chine et les États-Unis, le montant total de la coopération scientifique et technologique sino-américaine a montré un déclin « en forme de falaise » de 2019 à 2021. En tant que pivot stratégique important permettant au pays de construire une puissance scientifique et technologique, Shanghai est d'abord confronté à des défis majeurs provoqués par de profonds changements dans l'environnement interne et externe. Tout en adhérant sans réserve à l'objectif de Shanghai de promouvoir la construction d'un centre mondial d'innovation scientifique et technologique, il est nécessaire de mener une analyse approfondie de l'évolution et des tendances de développement de Shanghai dans le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique au cours de cette période de grands changements. Ceci est essentiel pour évaluer avec précision la stratégie de Shanghai visant à construire un centre mondial d'innovation scientifique et technologique, et il est crucial de mettre en œuvre ses effets et d'ajuster le déploiement stratégique en fonction de la situation. Dans cette optique, cette étude part de la dimension de la recherche scientifique, utilise les données papier traitées de Clarivate Analytics (Essential Science Indicators, ESI) et cible 700 grandes villes du monde pour construire un « réseau mondial de coopération en matière de connaissances » et un « réseau mondial de coopération en matière de connaissances ». « Réseau de combinaison de connaissances », analysant les caractéristiques évolutives de la position de Shanghai sur la carte mondiale de l'innovation scientifique et technologique au cours de la période de grand changement (2017-2022), à partir des deux dimensions de la coopération et de la combinaison des connaissances, analysant les défis actuels et les tendances futures par rapport aux meilleurs centres d'innovation scientifique et technologique et aider Shanghai à faire progresser la construction d'un centre mondial d'innovation scientifique et technologique.

1 Revue théorique

1.1 Centre mondial d'innovation scientifique et technologique : connotation et extension

Le concept de « centre mondial d'innovation scientifique et technologique » est né de l'étude de l'histoire des sciences et est utilisé pour désigner les pays qui ont allumé la mèche d'explosions technologiques et déclenché une vague de changements scientifiques et technologiques dans l'histoire de la civilisation humaine ^[14]. Depuis les années 1980, certains géographes économiques ont remarqué que la science de pointe et les technologies clés sont souvent concentrées dans un très petit nombre de villes des pays développés. Ces villes constituent le principal moteur du développement économique national et aggravent la différenciation de la structure mondiale. ^[15]. Depuis lors, le débat et la recherche sur les centres mondiaux d'innovation scientifique et technologique sont passés du niveau national au niveau

municipal, et de nombreux résultats ont émergé en termes de définition de connotation, de système de évaluation et de comparaison internationale, qui ont eu un large impact sur la formulation de politiques d'innovation nationales et urbaines [16].

En termes de définition de la connotation : Du Debin et ses collègues ^[16] estiment qu'un centre mondial d'innovation scientifique et technologique est une ville avec des ressources d'innovation scientifique et technologique concentrées et un large éventail de réalisations scientifiques et technologiques, menant la transformation de la science mondiale. et paradigme technologique-industriel, et occupant une position dominante sur la carte mondiale de l'innovation scientifique et technologique ; Science et technologie mondiales Le centre d'innovation a deux fonctions fondamentales de recherche scientifique et de recherche et développement technologique, et deux fonctions clés de conduite industrielle et de leadership culturel. Cela montre une domination fonctionnelle, une hiérarchie structurelle, une agglomération spatiale, un secteur industriel haut de gamme et une inclusion culturelle dans le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique. ^[9,17]. En termes de systèmes de évaluation et de comparaisons internationales , les résultats pertinents proviennent principalement de groupes de réflexion ou d'organismes de conseil aux entreprises, comme le "Global Innovation Index (GlobalInnovationIndex)" de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) et le "Urban Innovation Index" publié par le groupe de réflexion australien « 2thinknow » (InnovationCityIndex) », l'« International Science and Technology Innovation Centre Index » publié par l'Université Tsinghua et le « Global Science and Technology Innovation Center Development Index » publié par l'East China Normal University. Ces études ont une valeur de référence importante pour clarifier la connotation des centres mondiaux d' innovation scientifique et technologique, suivre le processus géographique de l' évolution du paysage mondial de l' innovation scientifique et technologique et permettre aux pays et aux villes de formuler des politiques d' innovation scientifique et technologique.

Les études ci-dessus se concentrent principalement sur la dotation en éléments de ressources de la ville, le soutien institutionnel environnemental et la production de connaissances scientifiques et technologiques, et peuvent généralement être considérées comme un paradigme de recherche et d'évaluation basé sur la logique linéaire « entrées-sorties ». Ce paradigme a des implications importantes pour les politiques pertinentes. Il est plus facile de trouver le point de départ de l'action en termes de formulation et de lancement, mais ce ne sont que des conditions nécessaires à l'innovation mais pas des conditions suffisantes. Dans une certaine mesure, ils ignorent la complexité et la non-conformité caractéristiques linéaires de l'innovation scientifique et technologique contemporaine. Dans l'ère d'explosion technologique en constante évolution d'aujourd'hui, toute technologie de pointe ou de pointe deviendra inévitablement obsolète et éliminée à un moment donné dans le futur ^[18-19]. Par conséquent, pour une analyse approfondie de la connotation des centres mondiaux d' innovation scientifique et technologique, nous pouvons briser la logique fondamentale des « entrées-sorties » et mener des discussions approfondies basées sur les changements et les tendances des paradigmes contemporains de l' innovation scientifique et technologique. Comme mentionné au début de cet article, les deux caractéristiques les plus marquantes de l' innovation scientifique et technologique contemporaine sont la collaboration ouverte à grande échelle et le croisement des connaissances entre domaines. Par conséquent, pour les villes centres d' innovation scientifique et technologique mondiale, outre la dotation en ressources et le soutien institutionnel, l'intégration dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances et l'occupation de la position centrale du réseau sont également des moyens efficaces d'acquiescer continuellement de nouvelles connaissances et d'éviter le blocage du chemin. ^[20]. Dans le même temps, en plus de prêter attention à la production de connaissances, nous devons accorder

d'avantage d'attention aux modes de production de connaissances. Par rapport à l'innovation incrémentale formée par la combinaison de connaissances homogènes dans le même domaine, l'innovation de rupture formée par la combinaison de connaissances hétérogènes dans différents domaines est plus critique ^[21].

1.2 Double perspective de réseau : « réseau de coopération de connaissances » et « réseau de combinaison de connaissances »

« Réseau de coopération de connaissances » souligne le rôle important de l'interaction ouverte et des ressources externes dans le développement de l'innovation urbaine. L'innovation scientifique et technologique contemporaine présente une complexité de système sans précédent, une nature interdisciplinaire plus profonde et plus large, ainsi que des risques et des incertitudes plus importants. Elle repose donc de plus en plus sur l'établissement de réseaux de coopération multi-échelles et multidimensionnels ^[2]. Les ressources de la base technologique locale urbaine sont limitées. Participer activement à la coopération transfrontalière en matière d'innovation et former un réseau de collaboration sont des choix indispensables pour maintenir et améliorer la compétitivité de l'innovation et éviter la dépendance au sentier et le verrouillage technologique ^[22]. En établissant et en accordant à des réseaux de coopération externe, les villes peuvent obtenir de nouvelles connaissances et informations externes, et parvenir à leur auto-renouvellement, à leur optimisation et à leur ajustement ^[20]. Par conséquent, la stratégie d'innovation ouverte a été grandement saluée ^[23]. En termes de recherche empirique : Mat-Thiessen et al. ^[24] ont utilisé les données WoS pour étudier les caractéristiques structurelles, les hiérarchies et les processus d'évolution des réseaux mondiaux de coopération en matière de connaissances des villes. Cependant, les échantillons sur lesquels ils se sont concentrés étaient principalement des villes européennes et américaines, ce qui en fait il est difficile de décrire pleinement le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique et la croissance rapide des villes dans les nouvelles économies ; Gui Qinchang et al. ^[25] ont utilisé les données WoS pour construire et analyser des réseaux de coopération en matière de recherche scientifique dans plus de 900 villes à travers le monde, et ont exploré plus en détail l'impact de la proximité multidimensionnelle sur la structure du réseau, mais n'ont pas développé d'analyse sexuelle historique ; Cao Zhan et al. ^[3] ont utilisé les données WoS pour analyser les caractéristiques évolutives des réseaux de coopération en recherche scientifique dans plus de 500 villes à travers le monde de 2006 à 2018, et s'est concentré sur l'analyse de l'essor des villes chinoises.

« réseaux de combinaison de connaissances » soulignent le rôle décisif de la dynamique endogène de l'évolution des connaissances dans le développement de l'innovation urbaine. La naissance de nouvelles connaissances vient de la combinaison et de la reconstruction des connaissances existantes ^[26]. Par exemple, en 2021, le système d'intelligence artificielle AlphaFold développé par DeepMind a pu prédire 214 millions de structures protéiques provenant de plus d'un million d'espèces, couvrant presque toutes les protéines connues sur terre, réalisant ainsi des progrès normes et sans précédent dans le domaine de la prédiction de la structure des protéines. . . Cette percée innovante résulte de la fusion croisée de connaissances pertinentes dans le domaine de l'intelligence artificielle et de connaissances dans le domaine de la biologie structurale. Ce processus peut également être considéré comme le processus de reconstruction de différentes combinaisons de connaissances en un réseau de combinaisons de connaissances. La formation de réseaux de connaissances n'est pas aléatoire. La capacité de différentes connaissances à former des combinaisons précieuses et significatives et à former des innovations efficaces dépend non seulement de leur compréhension, de leur absorption et de leur application par le sujet de l'innovation, mais aussi de l'auto-organisation interne objective entre ces dernières connaissances, logique

^[27]. En raison de la rationalité limitée des sujets innovants, des caractéristiques de recherche locales et de l'incertitude de la combinaison des connaissances, la combinaison et la reconstruction des connaissances sont souvent limitées aux domaines scientifiques et technologiques matures des villes ^[28]. En d'autres termes, le succès de la combinaison des connaissances dépend de la corrélation (relation) entre les différences de connaissances. Une corrélation plus élevée indique que les sujets innovants de la ville ont une base cognitive similaire pour ces différences de connaissances, et que les industries associées ont une base cognitive similaire. Pour ces différences de connaissances, l'utilisation et le traitement ont des infrastructures et des méthodes de gestion similaires ^[29]. Cette loi est appelée « loi d'association » par les géographes économiques ^[30]. La loi de corrélation explique le mécanisme dynamique de la formation et de l'évolution des réseaux de combinaison de connaissances à un niveau micro. Le résultat direct est que l'innovation urbaine présente des caractéristiques significatives de dépendance au chemin, c'est-à-dire que la génération de nouvelles connaissances urbaines est limitée par sa base de connaissances existante. ^[29].

Cependant, il existe une hétérogénéité entre les différents savoirs : pour certains savoirs très complexes, même s'ils ont une forte corrélation avec les savoirs existants de la ville, il est difficile pour toutes les villes de les maîtriser habilement et de les combiner librement. Par exemple, en 2022, l'une des dix principales avancées scientifiques sélectionnées par le magazine Science était la recherche approfondie et l'innovation révolutionnaire des scientifiques chinois sur le riz hybride vivace. Bien que de nombreux pays et régions du monde possèdent des connaissances liées à la culture et à la production du riz, il est extrêmement difficile de développer et de cultiver un riz hybride spécifique de haute qualité, à haut rendement, ce qui nécessite une énorme quantité de connaissances, d'équipements scientifiques, et les talents scientifiques. Les exigences élevées ne sont souvent maîtrisées que par quelques pays et lieux. En d'autres termes, ce qui détermine la compétitivité de l'innovation technologique urbaine, ce sont des connaissances de pointe très complexes, mais souvent difficiles à copier et à imiter, et maîtrisées seulement par quelques villes ^[31]. Bien qu'il soit extrêmement difficile d'étudier et de développer ce type de connaissances complexes, cela présente également de grands avantages ^[32].

Par conséquent, en superposant la dimension de complexité des connaissances sur la base de la dimension de pertinence des connaissances, un cadre analytique peut être construit pour expliquer et juger les opportunités de combinaison de connaissances urbaines et les voies de développement innovantes ^[33]. Comme le montre la figure 1, la ville est très pertinente pour la base de connaissances locale, avec un faible risque de recombinaison et d'exploitation (pertinence élevée) ; le quadrant inférieur droit indique que la ville possède des connaissances avec des rendements plus faibles (faible complexité) et un risque plus faible de recombinaison et d'exploitation (pertinence élevée), mais il existe la possibilité de tomber dans une dépendance au chemin ; le quadrant supérieur gauche indique que même si les connaissances détenues par la ville peuvent apporter des rendements plus élevés (complexité élevée), elles sont moins pertinentes pour la base de connaissances locale, nécessitent beaucoup d'investissement et présentent un risque d'échec (faible pertinence) ; le quadrant inférieur gauche indique que les connaissances possédées par la ville ont non seulement de faibles rendements (faible complexité), mais présentent également des risques élevés de réorganisation et d'utilisation (faible pertinence), et est sujet au verrouillage de chemin.

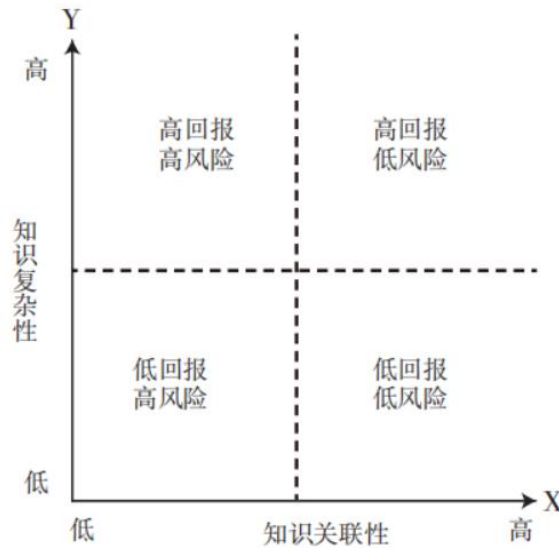


Figure 1 Cadre d'analyse des opportunités de combinaison de connaissances et des voies de développement innovantes

2 Données et méthodes

Les articles scientifiques constituent une forme importante d'innovation scientifique et technologique. Cette étude utilise les données papier traitées de Clarivate Analytics ESI, sélectionne 700 grandes villes du monde en référence à la série d'études GaWC et utilise les informations de cooccurrence d'adresses des instituts de recherche dans le document et les informations de cooccurrence du sujet, domaine auquel appartient l'article pour construire un « réseau mondial de collaboration en matière de connaissances » et un « réseau mondial de portefeuille de connaissances ». Fin 2017, le secrétaire général Xi Jinping a émis le jugement important d'un « changement majeur jamais vu depuis un siècle ». Début 2018, les États-Unis ont lancé une « guerre commerciale » et une « guerre technologique » globale contre la Chine. Cette étude utilise 2018 comme tournant entre la période avant et après les grands changements, et compte tenu du « décalage temporel » entre le processus de recherche et la publication de l'article, deux fenêtres temporelles de 2015–2017 et 2020–2022 sont sélectionnées pour agréger les données originales. , analysent de manière comparative les caractéristiques changeantes de Shanghai dans le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique avant et après les grands changements.

2.1 Construction et analyse d'un réseau mondial de coopération en matière de connaissances

Premièrement, les données sur les articles les plus cités sont obtenues par lots à partir de la base de données WoS, les informations sur les adresses des instituts de recherche de chaque article sont résumées à l'échelle de la ville et les articles contenant deux villes différentes ou plus sont éliminés. Ensuite, construisez une matrice de connexion pour la coopération scientifique et technologique urbaine : si les institutions de recherche d'un article collaboratif en science et technologie sont situées dans n villes différentes, alors il y a $n \times (n-1)/2$ coopérations inter-villes dans l'article, et les liens de coopération entre deux villes quelconques. La force est de 1. En résumant et en superposant tous les articles collaboratifs, un réseau de coopération de connaissances entre les villes peut être construit. Le degré de connectivité d'une ville dans le réseau est la somme de toutes les connexions coopératives entre les villes au cours de la

periode d'etude. Plus le degre de connectivite est eleve, plus les capacites de controle des ressources et de delimitation dont elle dispose dans le reseau sont fortes.

Cette etude effectue une analyse à partir de deux dimensions : les nœuds (individus de la ville) et les limites (paires de villes). Pour la dimension nœud, afin de faciliter la comparaison horizontale entre les villes, la connectivite reseau est traitee en pourcentage (rapport à la connectivite reseau maximale). Afin d'examiner les changements diachroniques, l'indicateur « changement de connectivite standardise » (ci-apres appelle « changement standardise ») a ete utilise comme reference à partir des methodes de Derudder et al. [34] et de Cao Zhan et al. [3]. la methode de calcul statistique ne sera pas decrite à nouveau. En utilisant cette methode, nous nous concentrons sur l'observation des changements dans la connectivite de la cooperation entre Shanghai et d'autres villes du pays et de l'etranger au cours de la periode d'etude, et jugeons les changements dans le centre de connexion de Shanghai dans le reseau mondial de cooperation en matiere de connaissances.

2.2 Construction et analyse d'un reseau mondial de portefeuille de connaissances

La construction du reseau de combinaison de connaissances utilise les informations de classification des sujets contenues dans les donnees papier WoS. WoS a developpe un ensemble de normes de classification des sujets pour toutes les revues et monographies universitaires incluses, couvrant les categories de sujets 254. Lorsqu'un article est inclus, il sera classe dans un ou plusieurs domaines sur la base de cette norme. Dans cette etude, si un article est divise simultanement en differents domaines, on considere que les resultats de la recherche impliquent des combinaisons de connaissances heterogenes dans differents domaines et forment un reseau de combinaisons de connaissances. Comme indique ci-dessus, la correlation est le principal moteur de la formation et de l'evolution des reseaux de combinaison de connaissances. En calculant la correlation entre differents connaissances, le poids des bords du reseau peut etre determine et le reseau de connaissances peut etre davantage construit. Cette etude s'est principalement concentree sur les sciences naturelles, sans tenir compte des sciences humaines, des arts et des sciences sociales, et a finalement inclus 194 domaines dans l'analyse informatique. L'operation statistique fait reference à la methode de probabilite minimale de cooccurrence proposee par Hidalgo et al. [35] pour identifier le sujet sachant que chaque ville a un avantage comparatif relatif et construire une matrice 0-1 à deux modes les de connaissance ville [35].

$$RCA_{c,i} = \frac{\text{paper}_{c,i} / \sum_i \text{paper}_{c,i}}{\sum_c \text{paper}_{c,i} / \sum_e \sum_i \text{paper}_{c,i}} \quad (1)$$

$$M_{c,i} = \begin{cases} 1, & RCA_{c,i} \geq 1 \\ 0, & RCA_{c,i} < 1 \end{cases} \quad (2)$$

La formule est lourde, l'article c_i est le nombre d'articles publies par la ville c dans le domaine i . Binarisez tous les resultats du calcul RCA et construisez la matrice technologique de l'avantage comparatif relatif de la ville $M_{c,i}$. Ensuite, sur la base de la probabilite conditionnelle minimale que deux domaines differents aient des avantages comparatifs dans la meme ville au meme moment, calculez la correlation $\Phi_{i,j}$ entre differents domaines. Avec $\Phi_{i,j}$ comme bord pondere et le domaine scientifique comme le nœud, il peut etre construit le reseau de combinaison de connaissances:

$$\phi_{i,j} = \min\{P(RCAC,i,RCAC,j), P(RCAC,j,RCAC,i)\} \quad (3)$$

Comparer diff é rentes villes dans des r é seaux de portefeuille de connaissances L'h é t é rog é n é it é structurelle de la ville est plac é e dans le cadre analytique de la figure 1 pour examiner la combinaison de connaissances poss é d é es par la ville. mod è le de r é union et de d é veloppement, des connaissances suppl é mentaires en calcul sont n é cessaires Densit é et complexit é des associations. La densit é de corr é lation des connaissances est principalement Il est utilis é pour mesurer le degr é de corr é lation entre un certain savoir dans la ville et la structure globale du savoir de la ville. Cette é tude adopte la m é thode de calcul de densit é de corr é lation propos é e par Bal-land et al. [33], se concentrant principalement sur les connaissances pr é sentant des avantages comparatifs relatifs dans les villes :

$$RDC,i = \frac{\sum_{j \in c, j \neq i} \phi_{i,j} \times MC,j}{\sum_{j \neq i} \phi_{i,j}} \times 100 \quad (4)$$

Hidalgo et ses coll è gues [32] é t é les pionniers d'un algorithme de complexit é bas é sur l'it é ration d'une matrice de vecteurs propres. Son hypoth è se principale est que les produits ou technologies de grande complexit é n'appartiennent qu' à quelques r é gions, tandis que les produits ou technologies de faible complexit é peuvent appartenir à la plupart des r é gions. avoir. Tacchella et al. [36] ont am é lior é cette m é thode et propos é un algorithme de complexit é bas é sur une it é ration non lin é aire. Ce projet utilise la m é thode de Tacchella et al. pour calculer la complexit é technique de la ville. L'expression est la suivante :

$$\begin{cases} \tilde{KCI}_c^{(n)} = \sum_i MC,j KCI_c^{(n-1)} \\ \tilde{KCI}_c^{(n)} = \frac{1}{\sum_i MC,j \frac{1}{KCI_c^{(n-1)}}} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} KCI_c^{(n)} = \frac{KCI_c^{(n)}}{\langle KCI_c^{(n)} \rangle_c} \\ KCI_i^{(n)} = \frac{KCI_i^{(n)}}{\langle KCI_i^{(n)} \rangle_i} \end{cases} \quad (5)$$

Dans la formule, la valeur initiale de la complexit é technique urbaine est fix é e à $\tilde{KCI}_c^{(n)} = 1$ et la valeur initiale de la complexit é dans un certain domaine technique est fix é e $\tilde{KCI}_i^{(n)} = 1$. $M_{c,j}$ indique si la technologie i de la ville c pr é sente un avantage comparatif relatif. Une fois chaque it é ration termin é e, la $\tilde{KCI}_c^{(n)}$ somme $\tilde{KCI}_i^{(n)}$ est normalis é e pour obtenir $KCI_c^{(n)}$ la somme $KCI_i^{(n)}$. $KCI_c^{(n)}$ et $KCI_i^{(n)}$ sont $\tilde{KCI}_c^{(n)}$ respectivement la complexit é urbaine et technologique apr è s n it é rations.

3R é sultats de la recherche

3.1 Shanghai dans le « r é seaux mondial de coop é ration en mati è re de connaissances » sous les grands changements

3.1.1 Caract é ristiques changeantes de la connectivit é de Shanghai

Le tableau 1 présente les 30 premières villes du réseau mondial de coopération en matière de connaissances. Parmi elles, les villes européennes et américaines ont toujours eu un statut de « monopole » évident, et leur nombre est nettement supérieur à celui des villes des autres régions. Pour Shanghai, son classement s'est amélioré de la 28^{ème} à la 11^{ème} place au cours de la période étudiée, avec un taux de croissance de la connectivité de 55,7%. Même si Shanghai est encore loin derrière les principaux centres d'innovation mondiaux tels que Londres, New York et Boston, cet écart se réduit progressivement. Au cours de la période étudiée, l'intensité des investissements sociaux de Shanghai dans la recherche et le développement expérimental a considérablement augmenté, passant de 104,9 milliards de yuans en 2016 à 187,5 milliards de yuans en 2022, et sa proportion dans le PIB a également augmenté de 3,95% à 4,20%, bien plus que la moyenne nationale. Shanghai a également progressé rapidement dans la transformation des réalisations scientifiques et technologiques : le nombre de transactions de contrats scientifiques et technologiques est passé de 11 837 en 2017 à 27 241 en 2022, et le volume total des transactions est également passé de 5 milliards de yuans à 15,1 milliards de yuans. En termes de talents de haut niveau, selon les statistiques du « Nature Index » des scientifiques de haut niveau, Shanghai compte 11 215 scientifiques de haut niveau en 2021, se classant au deuxième rang des 20 plus

表1 全球城市知识合作网络中连接度排名前30的城市
Tab.1 The 30 most connected cities in the global network of international knowledge collaboration

排名	城市	相对连接度(2015—2017年)	城市	相对连接度(2020—2022年)
1	波士顿	100.00	伦敦	100.00
2	纽约	87.57	波士顿	98.11
3	伦敦	83.79	北京	97.83
4	北京	73.03	纽约	96.98
5	巴黎	70.59	巴黎	68.60
6	巴塞罗那	62.13	巴塞罗那	66.35
7	多伦多	60.95	多伦多	60.58
8	西雅图	60.55	米兰	59.95
9	马德里	58.97	西雅图	57.00
10	巴尔的摩	54.60	马德里	56.44
11	首尔	51.82	上海	54.27
12	罗马	50.62	阿姆斯特丹	52.21
13	芝加哥	50.02	巴尔的摩	51.86
14	米兰	49.49	墨尔本	51.72
15	海德堡	49.41	芝加哥	50.81
16	休斯敦	48.24	休斯敦	49.66
17	墨尔本	46.90	悉尼	49.55
18	柏林	46.86	费城	49.21
19	哥本哈根	46.43	罗马	49.13
20	斯德哥尔摩	45.97	首尔	48.56
21	费城	45.82	香港	46.71
22	东京	45.62	东京	44.89
23	悉尼	45.24	柏林	42.94
24	莫斯科	44.90	旧金山	41.89
25	阿姆斯特丹	44.27	阿姆斯特丹	41.86
26	阿姆斯特丹	42.54	亚特兰大	40.94
27	亚特兰大	42.43	斯德哥尔摩	39.82
28	上海	41.18	莫斯科	39.76
29	旧金山	41.12	武汉	38.53
30	华盛顿	40.92	蒙特利尔	38.34

grandes villes du monde (deuxième seulement derrière Pékin et devant Londres et En termes

d'installations scientifiques majeures à New York, Shanghai construit une installation scientifique majeure "1+7+X" dirigée par le dispositif laser à électrons libres à rayons X durs, basée sur 7 grandes installations scientifiques de photons telles que la source de lumière de Shanghai, et soutenue par des installations dans d'autres domaines, formant le plus grand groupe d'installations scientifiques au monde avec les types les plus complets et les fonctions de service complètes les plus solides. Ce qui prouve et montre que depuis que l'objectif et la vision d'une « ville mondiale exceptionnelle » ont été clarifiés en 2017, malgré un contexte de grands changements et de complexité. Dans un paysage politique et économique international en constante évolution, Shanghai s'est toujours efficacement intégré dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances, avec une connectivité considérablement améliorée, une augmentation des investissements et de la production en R&D, une optimisation continue des talents scientifiques et technologiques et des équipements scientifiques et des capacités d'innovation considérablement améliorées. Cependant, à l'échelle nationale, il existe encore un grand écart entre Shanghai et Pékin.

30 premières villes du réseau mondial de coopération en matière de connaissances urbaines en termes de connectivité

3.1.2 Caractéristiques changeantes de la dimension de la connexion de Shanghai

La figure 2 est un histogramme comparant l'introversion et l'extraversion en fonction de la proportion de coopération nationale et internationale en matière de connaissances par rapport à la coopération totale dans des villes mondiales telles que Shanghai. En comparant les deux fenêtres temporelles, le degré d'agglomération vers l'extérieur de Shanghai a considérablement diminué et son degré de rayonnement vers l'intérieur a considérablement augmenté. Son rôle de « deux secteurs » a subi des changements significatifs au cours de la période de grands changements. Pékin connaît une tendance au changement similaire à celle de Shanghai. En comparaison, les orientations vers l'intérieur et vers l'extérieur de Londres et de New York n'ont pas changé de manière significative, ce qui indique que le « découplage technologique » a un impact insignifiant sur la dimension spatiale de leurs relations coopératives et que la Chine, en tant que collaboratrice, est dans une certaine mesure remplaçable. . de.

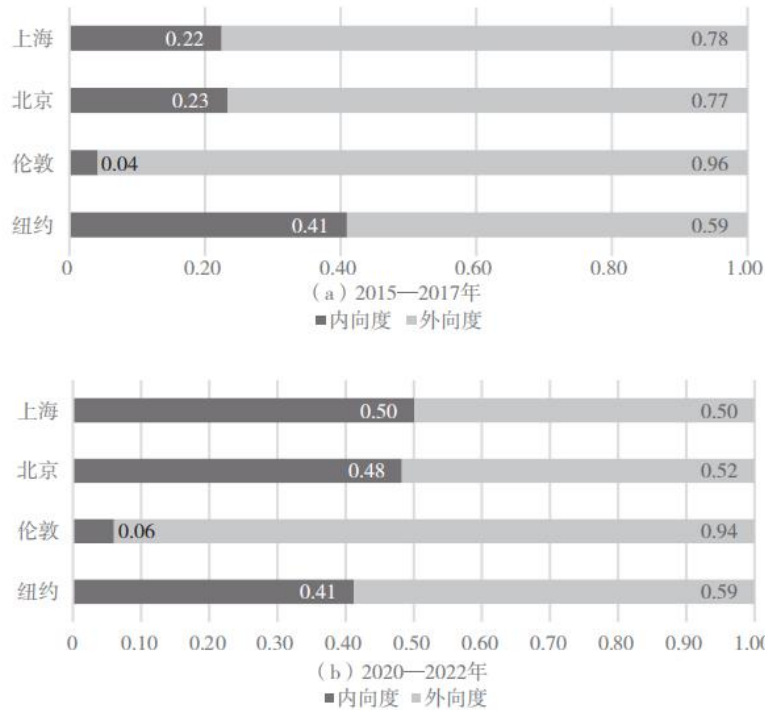


Figure 2 Introversion et extraversion à Shanghai, Pékin, Londres et New York

Le tableau 2 montre les valeurs de changement standardisées de l'intensité de la coopération des 20 principales villes nationales et étrangères ayant une intensité de coopération interurbaine avec Shanghai au cours des deux périodes. La logique de calcul est la suivante : tout d'abord, sélectionner les 20 principales villes nationales et étrangères ayant une force de connexion interurbaine avec Shanghai de 2015 à 2017 et de 2020 à 2022, et effectuer le traitement syndical, obtenant ainsi 24 villes chinoises et 30 villes étrangères. Ensuite, la méthode de Cao Zhan et al.[3] a été utilisée pour calculer la valeur de changement standardisée de l'intensité de la coopération interurbaine entre ces villes et Shanghai au cours des deux périodes. Si la valeur du changement standardisé est positive, cela signifie que la croissance de l'intensité de la coopération entre les villes dépasse les attentes globales ; si la valeur du changement standardisé est proche de 0, cela signifie que le changement de l'intensité de la coopération entre les villes a tendance à être cohérent avec l'attente globale ; si la valeur de changement standardisé est négative, cela signifie que l'intensité de la coopération entre les villes augmente à un rythme plus lent que les attentes globales. Les résultats montrent que : d'une part, sous l'effet du « double couplage technologique » entre la Chine et les États-Unis, le centre d'intérêt de la coopération transnationale en matière de connaissances à Shanghai s'est déplacé de l'Amérique du Nord vers l'Europe. D'autre part, l'arrière-pensée de coopération en matière de connaissances à Shanghai continue de s'étendre, s'étendant progressivement aux régions de l'ouest, du nord et du sud-ouest. De manière générale, bien que la dimension de connexion de Shanghai dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances ait été profondément affectée par le « double couplage technologique » entre la Chine et les États-Unis, d'un autre point de vue, elle montre également un niveau élevé de résilience et de puissance endogène, ainsi que de coopération et de connexion. Le degré de coopération augmente généralement de manière constante et le centre de la coopération s'est déplacé de l'Amérique du Nord vers l'Europe et des pays étrangers vers les pays nationaux.

表2 两个时段内与上海跨城合作强度排名前20城市的合作强度标准化变化值

Tab.2 Changes in standardized network connectivity between the 20 most connected Chinese/foreign cities and Shanghai during the two periods

中国城市	与上海合作强度的标准化变化值	外国城市	与上海的合作强度的标准化变化值
天津	2.43	柏林	1.98
西安	2.06	赫尔辛基	1.63
南京	0.86	诺丁汉	1.56
徐州	0.85	圣路易斯	1.41
广州	0.75	新西伯利亚	1.32
桂林	0.70	图森	1.17
哈尔滨	0.65	伦敦	0.96
南通	0.64	鹿特丹	0.84
青岛	0.50	华盛顿	0.60
南京	0.46	纽约	0.56
长春	0.07	都灵	0.39
武汉	-0.34	海德堡	-0.07
济南	-0.50	芝加哥	-0.10
合肥	-0.56	那不勒斯	-0.15
福州	-0.57	费城	-0.16
香港	-0.58	莫斯科	-0.30
成都	-0.62	休斯敦	-0.39
苏州	-0.64	巴尔的摩	-0.43
深圳	-0.68	蒙特利尔	-0.48
北京	-0.70	米兰	-0.57
重庆	-0.97	斯德哥尔摩	-0.67
郑州	-1.12	慕尼黑	-0.72
杭州	-1.20	罗马	-0.72
长沙	-1.51	马德里	-0.74
—	—	巴黎	-0.77
—	—	阿姆斯特丹	-0.78
—	—	巴塞罗那	-0.81
—	—	西雅图	-1.09
—	—	多伦多	-1.32
—	—	波士顿	-2.15

Tableau 2 : Evolution standardisée de l'intensité de la coopération avec les 20 premières villes en coopération interurbaine avec Shanghai au cours des deux périodes

3.2 Shanghai dans le « réseau mondial de combinaison de connaissances » sous les grands changements

3.2.1 Caractéristiques changeantes de la pertinence et de la complexité de Shanghai

La figure 3 montre le réseau mondial de combinaison de connaissances établi sur la base des résultats de calcul de corrélation des connaissances. Les bords de la figure sont les corrélations entre différents domaines, calculées selon la formule (3). Afin de faciliter l'expression visuelle, seules les combinaisons de connaissances avec des corrélations supérieures à 0,4 sont conservées. Les nœuds de la figure représentent différents domaines scientifiques WoS, la couleur du nœud représente la classification des sujets ESI® à laquelle appartient le domaine scientifique, et la taille du nœud représente le nombre total d'articles référencés publiés dans le domaine. Dans l'ensemble, le réseau mondial de combinaison de connaissances présente une structure évidente « noyau – périphérie », comprenant deux noyaux de connaissances étroitement liés (représentés dans l'encadré en pointillés rouge sur la figure) : l'un est basé sur la médecine clinique, la biologie moléculaire et la génétique, l'immunologie, etc. ; le second est le noyau traditionnel des sciences appliquées de l'ingénierie composé de la science de l'ingénierie, de la science des matériaux, de la chimie, etc. Il existe une combinaison dense, interdisciplinaire et hétérogène de connaissances au sein de ces deux noyaux. En comparant les deux périodes, on constate que la densité et la force de corrélation du réseau mondial de combinaison de connaissances ont considérablement augmenté. La densité du réseau est passée de 0,057 en 2015–2017 à 0,105 en 2020–2022. La force de corrélation moyenne entre les connaissances dans différents domaines a augmenté entre 2015 et 2017. Il est passé de 0,46 en 2017 à 0,47 en 2020–2022, ce qui montre que l'étendue et la profondeur des combinaisons de connaissances mondiales et des intersections disciplinaires augmentent constamment.

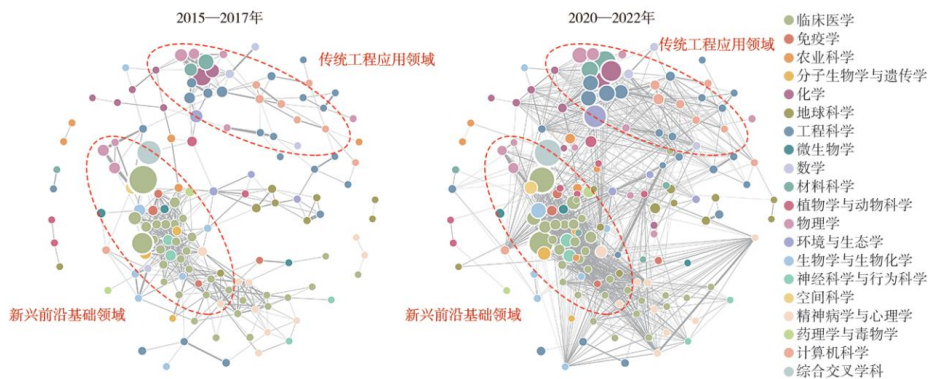


图3 全球知识组合网络的总体结构

Fig.3 The overall structure of the global network of knowledge combination

Figure 3 La structure globale du réseau mondial de portefeuille de connaissances

Selon la formule (1) et la formule (2), les changements dans les disciplines avec des avantages comparatifs explicites à Shanghai au cours des deux périodes sont calculés. Les résultats montrent qu'il y a 57 disciplines avec des avantages comparatifs à Shanghai de 2015 à 2017, et le nombre passera à 65 de 2020 à 2022. En prenant la figure 3 comme base et en superposant les disciplines présentant des avantages comparatifs à Shanghai, nous pouvons obtenir le réseau de combinaison de connaissances de Shanghai comme le montre la figure 4. Il est principalement utilisé pour examiner les caractéristiques de position des disciplines dominantes dans différentes villes dans le marché mondial des connaissances. Le réseau de combinaison pour refléter différentes hétérogénéités des voies de développement de l'innovation scientifique et technologique urbaine. Il est facile de voir sur la figure 4 que les domaines

dominants à Shanghai de 2015 à 2017 sont principalement concentrés dans le noyau des sciences appliquées traditionnelles de l'ingénierie, y compris la science des matériaux (nanoscience et nanotechnologie, science interdisciplinaire des matériaux), la science de l'ingénierie (ingénierie de l'environnement, génie chimique, génie électrique et électronique, génie de l'énergie et des combustibles), physique (physique appliquée, physique optique, physique de la matière condensée) et informatique (systèmes d'information, intelligence artificielle, génie logiciel, etc.). De 2020 à 2022, un total de 38 disciplines avantageuses resteront stables, 19 disciplines avantageuses se retireront et 27 disciplines avantageuses entreront. Parmi elles, les disciplines dominantes qui restent stables sont principalement concentrées dans certains domaines de la chimie, des machines d'ingénierie, de la science des matériaux et de la physique, les disciplines dominantes qui se sont retirées sont principalement concentrées dans certains domaines de l'informatique, de la physique et des mathématiques, et les disciplines dominantes entrées sont principalement concentrées dans les sciences de la vie, ainsi que dans certains domaines de la science, de la chimie, de l'ingénierie des machines et de la science des matériaux. Dans l'ensemble, le modèle de développement de la structure des connaissances de Shanghai présente des caractéristiques de coexistence significatives de « dépendance au chemin » et de « mise à jour du chemin ». Alors que le domaine des applications traditionnelles de l'ingénierie continue de s'approfondir, il continue également de subir une succession ; En plus, Shanghai II y a aussi une local tendance à « percées sur la voie » et certains avantages comparatifs émergent progressivement dans des domaines pionniers émergents tels que la biologie moléculaire et la génétique, la biologie et la biochimie.

La figure 4 montre les caractéristiques de répartition des disciplines d'avantage comparatif d'autres grands centres mondiaux d'innovation scientifique et technologique (Pékin, Londres et New York) dans le réseau mondial du portefeuille de connaissances. La répartition des disciplines dominantes et les modèles de combinaison de connaissances à Pékin et à Shanghai sont relativement similaires, les deux étant concentrés dans les domaines d'application traditionnels de l'ingénierie. Les disciplines dominantes à Londres et à New York présentent des caractéristiques de répartition complètement différentes dans le réseau mondial du portefeuille de connaissances : elles sont plus spécialisées dans les sciences de la vie, notamment la médecine clinique, les neurosciences et les sciences du comportement, la psychiatrie et la psychologie, la biologie moléculaire et la génétique. sciences telles que la biologie et la biochimie. Ce résultat est cohérent avec les résultats des recherches de Miao et al. [37] La répartition inégale de l'innovation technologique à l'échelle mondiale est étroitement liée aux étapes de développement socio-économique, aux facteurs de dotation en ressources et à l'évolution géohistorique des différences régionales. Depuis la fondation de la République populaire de Chine, la Chine a progressivement formé un système scientifique et technologique national dans lequel « la science et la technologie servent la défense nationale et la construction économique », avec un accent particulier sur l'utilisation du développement scientifique et technologique pour guider la ligne stratégique du pays. transformation d'un pays agricole en une puissance industrielle. La promotion politique à long terme a permis à la Chine de Des avantages comparatifs se sont progressivement établis dans des domaines scientifiques tels que l'ingénierie, les matériaux et le génie chimique. Les pays développés comme le Royaume-Uni et les États-Unis sont entrés dans l'ère post-industrielle depuis le milieu du XXe siècle. La proportion de la production industrielle et de la fabrication traditionnelle dans la structure économique de ces pays a continué de décliner, créant et menant le quatrième tiers de la science et de la technologie marqué par la biologie des systèmes. Une révolution technologique.

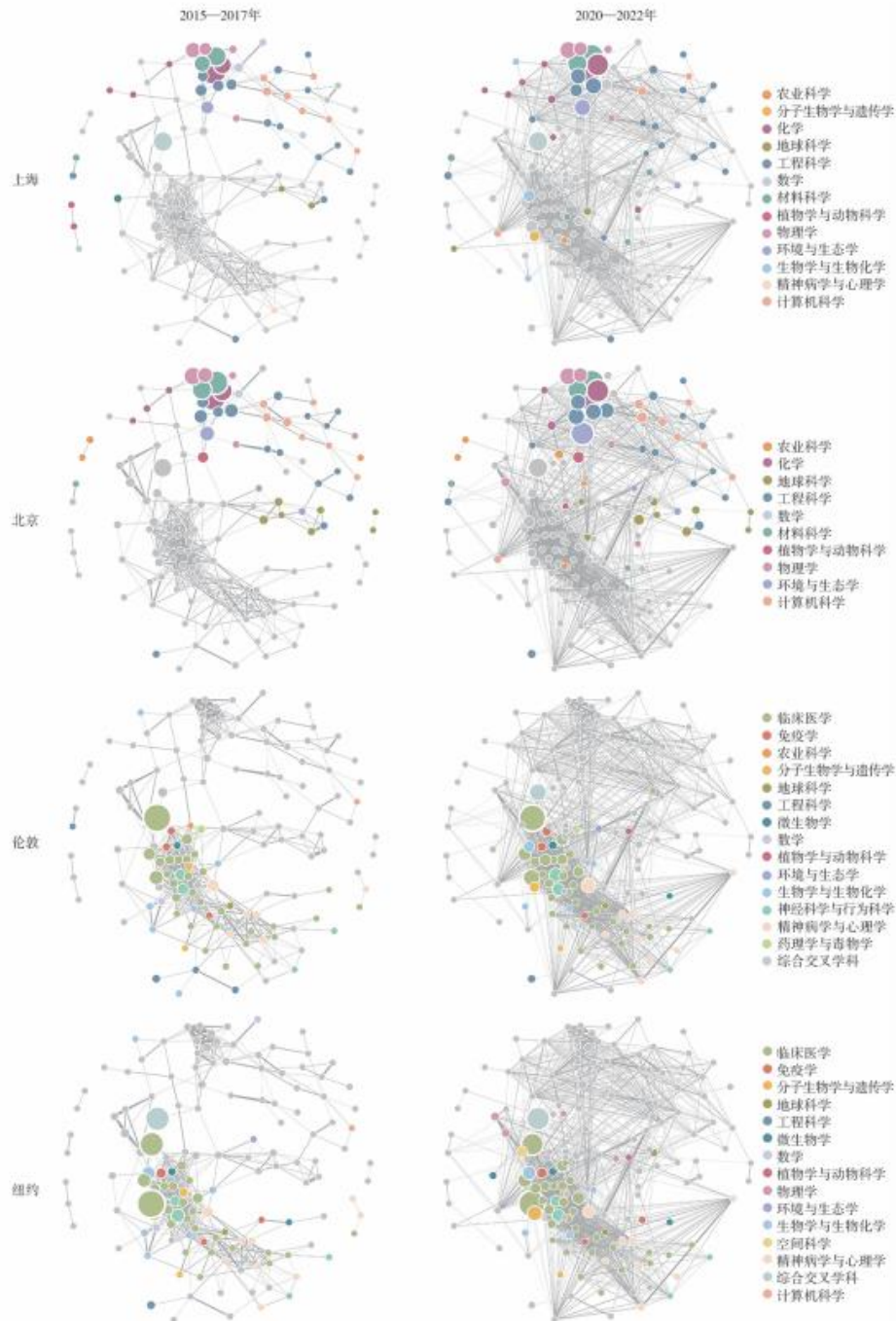


Figure 4 Caractéristiques de répartition des disciplines d'avantage comparatif à Shanghai, Pékin, Londres et New York dans le réseau mondial de combinaison de connaissances

Le tableau 3 montre les 10 premières et les 10 dernières villes en termes de complexité, calculées selon la formule (5). En comparant les deux fenêtres temporelles, on peut clairement voir que la complexité de nombreuses villes chinoises a augmenté rapidement, en grande partie parce qu'elles ont gagné récemment des avantages comparatifs dans des domaines d'application de l'ingénierie tels que l'informatique, la chimie, la physique, etc., et que ces domaines sont relativement impopulaires dans les villes couvertes par l'échantillon. L'échantillon est plus concentré dans les villes chinoises et montre également

une spécificité spatiale plus élevée, il montre donc également un classement plus élevé dans les résultats du calcul de complexité. De 2015 à 2017, la complexité de Shanghai était de 1,53, se classant au 4e rang ; de 2020 à 2022, la complexité de Shanghai a augmenté à 1,88, mais est tombée au 12e rang. Ce résultat doit être interprété de manière dialectique : la baisse du classement de Shanghai ne signifie pas entièrement que le niveau d'innovation scientifique et technologique de Shanghai a diminué, mais plutôt que la diversité des disciplines dans lesquelles Shanghai possède des avantages comparatifs s'est accrue. Complexité relativement faible, il y a de nouvelles percées telles que sa complexité globale a été réduite. À l'inverse, pour les villes chinoises telles que Chengdu, Wuhan et Hangzhou, où la complexité augmente rapidement, les avantages comparatifs croissants dans les domaines d'application traditionnels tels que l'informatique, la chimie, la physique et l'ingénierie ne sont pas nécessairement une bonne chose. Le modèle de développement pourrait continuer à renforcer la « dépendance au chemin » de l'innovation technologique urbaine et créer le risque de tomber dans un « blocage du chemin ».

3.2.2 Caractéristiques changeantes des opportunités et des voies de développement du portefeuille de connaissances de Shanghai

La figure 5 montre les opportunités de combinaison de connaissances et les voies de développement de l'innovation à Shanghai, Pékin, New York et Londres. Parmi eux : — — — La valeur moyenne est calculée selon la formule (5). La taille du point médian de la figure (5) représente le nombre total d'articles publiés par la ville dans différents domaines. Sur la base du cadre d'analyse présenté dans la figure 1, il n'est pas difficile de constater par observation que Shanghai et Pékin ont des connaissances plus avantageuses dans le quadrant supérieur droit, et qu'elles concernent principalement des disciplines dans des domaines d'application traditionnels tels que l'informatique, la chimie, la physique et l'ingénierie, indiquant que Shanghai et Pékin Le modèle de combinaison de connaissances et le chemin de développement appartiennent au type « à haut rendement et à faible risque », mais ce modèle de développement à faible risque peut facilement renforcer la « dépendance au chemin » et il existe également la possibilité de "verrouillage du chemin". Dans le même temps, Shanghai et Pékin n'ont pas beaucoup de disciplines avantageuses (« haut rendement, haut risque ») dans le quadrant supérieur gauche, ce qui montre que par rapport à Londres et New York, Shanghai a encore la capacité de saisir l'opportunité de "percée de chemin" et exploiter le potentiel de nouvelles disciplines avantageuses. Beaucoup d'espace. En comparant les deux fenêtres temporelles, il est facile de voir que de 2015 à 2017, Shanghai comptait un petit nombre de disciplines avantageuses dans le quadrant supérieur gauche, principalement concentrées dans les sciences de la vie et la médecine clinique ; mais d'ici 2020-2022, les disciplines avantageuses de le quadrant supérieur gauche n'existe plus. . Grâce à une analyse plus approfondie des données, on peut constater que dans les domaines des sciences de la vie et de la médecine clinique, bien que le nombre total de coopérations à Shanghai ait augmenté, passant de 4 295 coopérations en 2015-2017 à 5 256 coopérations en 2020-2022, l'augmentation vient principalement de Shanghai et des villes chinoises. En termes de coopération interne entre Shanghai et les villes européennes et américaines, le volume de coopération entre Shanghai et les villes européennes et américaines a montré une tendance à la baisse, passant de 1 837 coopérations en 2015 à 2017 à 1 677 coopérations en 2020 à 2022. Avant le « couplage technologique », le montant total de la coopération entre la Chine, l'Europe et les États-Unis dans ce domaine augmentait d'année en année. Ces dernières années, cette dynamique de croissance a montré une tendance à la baisse, ce qui a donné lieu à un espace de croissance potentiel pour Shanghai. la production d'articles scientifiques dans ce domaine est dans une

certaines mesures comprimes. Cela illustre une fois de plus que le « double couplage technologique » entre la

表3 全球复杂性排名前10位与后10位的城市
Tab.4 The top 10 and bottom 10 cities in terms of complexity

		复杂性 (2015—2017年)	城市	复杂性 (2020—2022年)
城市 (前10位)	悉尼	1.74	成都	2.56
	香港	1.66	北京	2.42
	北京	1.58	武汉	2.42
	上海	1.53	杭州	2.38
	布里斯班	1.52	南京	2.36
	南京	1.52	西安	2.34
	蒙特利尔	1.48	首尔	2.27
	武汉	1.46	长沙	2.23
	广州	1.43	广州	2.04
	新加坡	1.43	香港	2.02
城市 (后10位)	阿雷格里港	0.50	日内瓦	0.52
	利物浦	0.49	巴塞尔	0.52
	基辅	0.43	鹿特丹	0.5
	利马	0.42	马赛	0.47
	马尼拉	0.41	罗切斯特	0.47
	斋浦尔	0.39	伯明翰	0.41
	德班	0.38	纳什维尔	0.39
	亚的斯亚贝巴	0.33	开普敦	0.37
	库埃纳瓦卡	0.29	达拉斯	0.35
	第比利斯	0.25	休斯敦	0.33

Chine et les États-Unis a eu un impact plus important sur l'exploration innovante de Shanghai dans les domaines pionniers fondamentaux.

Tableau 3 Les 10 premières et les 10 dernières villes du pays en termes de complexité

4. Conclusion et discussion

4.1 Principales conclusions

Accélérer la construction d'un centre d'innovation scientifique et technologique d'influence mondiale est une tâche majeure et une mission stratégique confiée à Shanghai par le Comité central du Parti, avec le camarade Xi Jinping en son noyau. Développement social et améliorer le niveau d'énergie et la compétitivité de base de la ville. La force est un soutien important pour notre pays pour construire une puissance mondiale dans le domaine de la science et de la technologie. Depuis que le plan directeur Shanghai 2035 de 2017 a clarifié la construction d'un centre d'innovation technologique d'influence mondiale, Shanghai a été confronté à l'impact de l'évolution des paradigmes de développement de l'innovation et à une forte augmentation des risques internes et externes. Dans ce contexte, cet article utilise les données d'articles de recherche scientifiques traités de 2015 à 2017 et de 2020 à 2022 pour examiner le rôle de Shanghai dans la science et la technologie mondiales pendant la période de grand changement depuis les deux dimensions du « réseau mondial de coopération en matière de connaissances » et « Réseau mondial de combinaison de connaissances ». Dynamique évolutive et tendances de développement dans le paysage de l'innovation. L'étude révèle que : ① Face aux changements de l'environnement extérieur, le statut de Shanghai dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances s'est considérablement amélioré, mais par rapport au premier centre mondial d'innovation

scientifique et technologique. (Londres, New York, Boston, etc.) Il existe encore un grand écart ; par ailleurs, à l'échelle nationale, l'écart entre Shanghai et Pékin est encore important. ② Alors que le « dé couplage technologique » entre la Chine et les États-Unis s'intensifie, la connectivité spatiale de Shanghai dans le réseau mondial de coopération en matière de connaissances a été grandement affectée, mais elle a également fait preuve d'une résilience considérable. La fonction des « deux secteurs » de Shanghai, qui consiste à diffuser les connaissances à l'extérieur et à susciter le rayonnement des connaissances à l'intérieur, a subi des ajustements structurels : le degré d'agglomération vers l'extérieur a été considérablement réduit, tandis que le degré de rayonnement vers l'intérieur a été considérablement augmenté. Dans le même temps, le centre de gravité de la connexion de Shanghai au réseau mondial de coopération en matière de connaissances s'est déplacé de l'Amérique du Nord vers l'Europe, et son centre de gravité de connexion au réseau national de coopération en matière de connaissances s'est étendu de l'est au nord et à l'ouest. ③ Shanghai occupe une position centrale dans le réseau mondial de combinaison de connaissances et possède des avantages comparatifs significatifs dans les domaines d'application traditionnels tels que l'informatique, la chimie, la physique et l'ingénierie, et a réalisé quelques percées dans les domaines des sciences de la vie et de la génétique moléculaire. ④ La voie de développement innovante de Shanghai se caractérise par un modèle « à haut rendement et à faible risque », qui présente la coexistence de caractéristiques de développement de « dépendance au chemin » et de « mise à jour du chemin » dans les domaines d'application traditionnels, mais il existe également un risque de « verrouillage du chemin » ; en même temps, affecté par le « dé couplage technologique » entre la Chine et les États-Unis, les « percées de la voie » de Shanghai dans les domaines fondamentaux émergents sont relativement en retard et il y a encore beaucoup de place à l'exploration.

4.2 Discussion approfondie

Dans l'article « The Rising Global Innovation Center : The Evolutionary Characteristics of Chinese Cities in the Global Urban Scientific Research Cooperation Network », l'auteur a analysé l'évolution du réseau mondial de coopération en matière de recherche scientifique urbaine de 2002 à 2006 et de 2014 à 2018, en se concentrant sur l'analyse des villes chinoises. La tendance au développement de l'essor général d'Internet a également soulevé des inquiétudes quant à la capacité des villes chinoises à maintenir et à améliorer leur statut sur la carte mondiale de l'innovation scientifique et technologique dans un environnement international incertain. Grâce à l'étude de suivi présentée dans cet article sur le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique et sur la voie de développement de Shanghai au cours de la période de grands changements, il est clair que les changements drastiques de l'environnement extérieur n'ont pas eu d'impact destructeur sur la poursuite de l'ascension de Shanghai dans le domaine scientifique et mondial. Le paysage de l'innovation technologique, mais ils ont La structure fonctionnelle des « deux secteurs », les opportunités de combinaison de connaissances et les voies de développement innovantes ont des degrés d'impact variables.

De nombreux chercheurs estiment que même si le résultat du « dé couplage technologique » ne peut être qu'une situation perdant-perdant, à en juger par la tendance actuelle, jusqu'à ce que le gouvernement américain réalise réellement que le dé couplage entraînera de graves effets négatifs pour les États-Unis, le rythme du dé couplage ne s'arrêtera pas [38]. D'après les résultats de la recherche sur le réseau de coopération en matière de connaissances, nous pouvons voir que le statut de Shanghai et d'autres villes chinoises dans le réseau s'améliore encore rapidement sous l'influence de l'environnement extérieur, ce qui montre qu'après des années d'accumulation, les connaissances scientifiques et technologiques de la Chine La force d'innovation a atteint un développement considérable et a une résilience considérable aux perturbations extérieures, le blocus et l'endiguement par les États-Unis et

leurs alliés ont un impact limité sur le développement du système d'innovation indépendant de la Chine et sur les principales percées scientifiques et technologiques. Néanmoins, il faut se rendre compte qu'il existe encore un écart évident entre Shanghai et les autres grands centres mondiaux d'innovation scientifique et technologique. Il faut également comprendre que dans le paysage national de l'innovation scientifique et technologique, la domination de Pékin sera difficile à ébranler. À court terme, Shanghai devrait s'appuyer sur la région, prendre la construction de la « Communauté d'innovation scientifique et technologique du delta du fleuve Yangtze » et du « Corridor d'innovation scientifique et technologique du G60 » comme points de départ pratiques, et tirer davantage parti des avantages de l'ouverture internationale sur le monde extérieur. , approfondir la coopération multidimensionnelle dans l'innovation scientifique et technologique et faire jouer pleinement le rôle de premier plan de Shanghai en tant que ville centrale de la région du delta du fleuve Yangtze, renforcer l'ensemble des activités scientifiques et technologiques nationales et internationales, à plusieurs niveaux et à grande échelle. Les échanges et la coopération en matière d'innovation, feront jouer pleinement le rôle de Shanghai en tant que nœud central du macrocycle national et lien stratégique entre les doubles cycles nationaux et internationaux, et aideront Shanghai à devenir une plaque tournante importante du réseau mondial d'innovation.

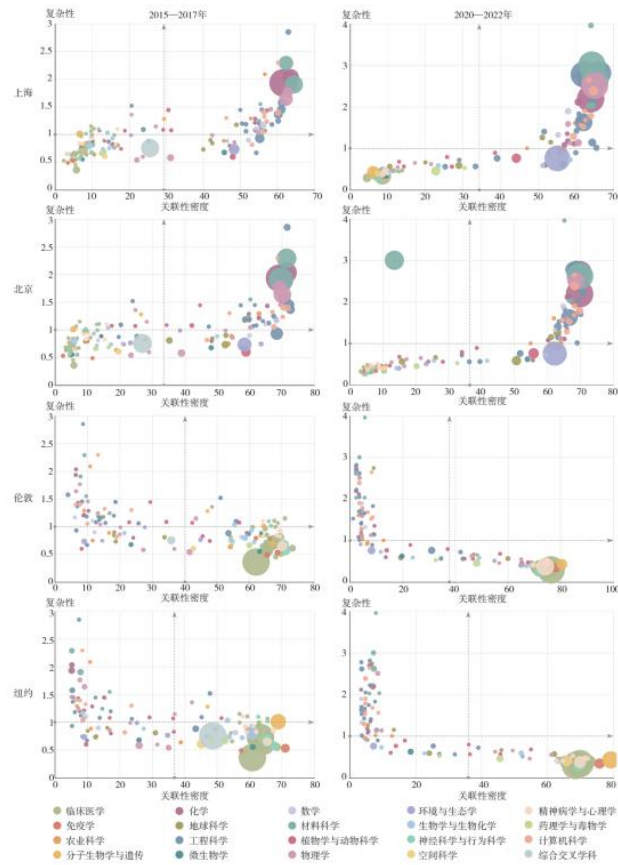


图5 上海、北京、伦敦和纽约的知识组合机会与创新路径
 Fig.5 The knowledge combination opportunities and innovative development paths of Shanghai, Beijing, London, and New York

Figure 5 Opportunités de portefeuille de connaissances et voies de développement de l'innovation à Shanghai, Pékin, Londres et New York

Dans le même temps, les résultats de la recherche sur le réseau de combinaison des connaissances montrent que le modèle de développement de l'innovation scientifique et technologique de Shanghai

pré sente toujours le problème de la « dépendance au chemin » et le risque de « verrouillage du chemin ». Les voies de développement scientifique et technologique de Shanghai, Londres et New York sont complémentaires : Shanghai possède des avantages comparatifs significatifs dans les domaines d'application traditionnels de l'ingénierie, tandis que Londres et New York occupent des positions de leader dans les domaines pionniers émergents. Cette comparaison de voies de développement évidemment complémentaires a au moins deux implications possibles : d'une part, il est nécessaire que Shanghai déplace progressivement l'orientation du développement de l'innovation scientifique et technologique des domaines d'application traditionnels vers les domaines émergents, et renforce davantage l'orientation et l'investissement dans les sciences de la vie et la biotechnologie, en insistant sur une importance égale accordée à l'exploration gratuite et à la demande stratégique, en faisant jouer pleinement l'offre de sources et le rôle de premier plan de la recherche fondamentale émergente dans l'innovation scientifique et technologique, en ciblant les questions scientifiques majeures dans les domaines fondamentaux mondiaux et les domaines clés technologies de base, renforçant le déploiement dans des domaines clés et formant des retardataires dans les domaines émergents. D'autre part, dans le cadre de la tendance au « découplage technologique », les différences dans les domaines avantageux et les voies de développement entre Shanghai et même la Chine et les puissances technologiques européennes et américaines peuvent être considérées dans une certaine mesure comme un « jeu peer-to-peer ». modèle de contraintes mutuelles et d'interdépendance [38]. En d'autres termes, pour Shanghai et même pour d'autres villes de Chine, il n'existe actuellement ni la capacité ni la nécessité de poursuivre librement des percées globales et un contrôle indépendant des technologies de base dans tous les domaines scientifiques et technologiques. chaîne sur fond de « découplage ». La recherche d'un équilibre entre « contrôlabilité indépendante » et « ouverture sur le monde extérieur », tout en s'efforçant de résoudre les lacunes « bloquées », renforcera encore les avantages d'être « le leader » dans zones de longboard et améliorer la compréhension mutuelle entre la Chine, l'Europe et les États-Unis dans le domaine de la haute technologie. Relations dépendantes, élargissant l'intersection des intérêts économiques et des relations symbiotiques.

Cette étude présente également des lacunes et des limites : premièrement, l'innovation scientifique et technologique comprend non seulement la recherche scientifique, mais également la recherche et le développement technologique. Les brevets sont la principale forme de réalisation de la recherche et du développement technologique. À l'avenir, les données coopératives sur les brevets pourront être utilisées pour mener des recherches pertinentes sur les réseaux mondiaux de coopération en matière de connaissances urbaines et explorer les caractéristiques évolutives de Shanghai dans le réseau mondial de coopération technologique. Cependant, il convient de noter que le processus de demande et d'autorisation de brevet est très différent de la publication d'articles de recherche scientifique. Il existe de nombreuses différences dans les systèmes de demande et d'examen des brevets des différents pays. Les demandes de brevet transfrontalières ne sont qu'un jeu pour quelques entités innovantes de premier plan. Deuxièmement, dans l'étude du réseau mondial de combinaison de connaissances, é tant donné que la plupart des échantillons de villes sélectionnés sont des capitales nationales et des villes plus développées économiquement, leurs capacités d'innovation occupent une position de leader dans le système d'innovation national où elles se trouvent, représentant l'innovation nationale. Il existe donc un phénomène d'homogénéité relative dans le domaine de l'innovation, qui peut être très différent des résultats de la recherche utilisant le pays comme unité de base. À l'avenir, des recherches comparatives plus approfondies seront nécessaires. Troisièmement, cette étude analyse les caractéristiques évolutives de la position de Shanghai dans le paysage mondial de l'innovation scientifique et technologique au cours de la période de grands changements depuis les deux dimensions de «

coop é ration en mati è re de connaissances » et de « combinaison de connaissances », en se concentrant sur l'analyse et la description de la structure du r é seau. À l'avenir, nous pourrions accorder plus d'attention à l'effet interactif du r é seau de coop é ration des connaissances et du r é seau de combinaison des connaissances, et analyser leur impact conjoint sur les performances de l'innovation urbaine ; nous pouvons é galement pr ê ter attention à la relation de couplage entre le r é seau de coop é ration des connaissances et le r é seau de combinaison des connaissances, et analyser le processus de co- é volution des deux m é canismes d'association.

les r é f é rences

- [1] 胡鞍钢. 中国式科技现代化: 从落伍国到科技强国[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2023, 23(2): 1-19.
- [2] SIMONTON D K. SCIENTIFIC GENIUS IS EX-TINCT[J]. NATURE, 2013, 493:602.
- [3] 曹湛, 彭震伟. 崛起的全球创新中心: 中国城市在全球城市科研合作网络中的演化特征[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 23-31.[4] PORTER A L, RAFOLS I. IS SCIENCE BE-COMING MORE INTERDISCIPLINARY? MEASURING AND MAPPING SIX RESEARCH FIELDS OVER TIME[J]. SCIENTOMETRICS, 2009, 81(3): 719-745.[5] STRAMBACH S, KLEMENT B. CUMU - LATIVE AND COMBINATORIAL MICRO-DYNAMICS OF KNOWLEDGE: THE ROLE OF SPACE AND PLACE IN KNOWLEDGE INTEGRATION[J]. EUROPEAN PLANNING STUDIES, 2012, 20(11): 1843-1866.
- [6] WANG C L, RODAN S, FRUIN M, ETAL. KNOWLEDGE NETWORKS, COLLABORATION NET - WORKS, AND EXPLORATORY INNOVATION[J]. ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL, 2014, 57(2): 484-514.
- [7] FLORIDA R, ADLER P, MELLANDER C. THE CITY AS INNOVATION MACHINE[J]. REGIONAL STUDIES, 2017, 51(1): 86-96.
- [8] 李迎成. 基于创新活动分布视角的城市创新空间结构测度与演变特征[J]. 城市规划学刊, 2022(1): 74-80.
- [9] 杜德斌, 祝影. 全球科技创新中心: 内涵特征与评价体系[J]. 科学, 2022, 74(4): 1-5.
- [10] 屠启宇. 21 世纪全球城市理论与实践的迭代[J]. 城市规划学刊, 2018(1): 41-49.
- [11] 庄少勤. 迈向卓越的全球城市: 上海新一轮城市总体规划的创新探索[J]. 上海城市规划, 2016(4): 1-8.
- [12] 郑德高, 马璇, 葛春晖, 等. 追求卓越的全球城市: 上海城市发展目标和战略路径研究[J]. 城市规划学刊, 2017(S1): 67-74.
- [13] 胡鞍钢. 中国与世界百年未有之大变局: 基本走向与未来趋势[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 42(5): 38-53.
- [14] 贝尔纳. 历史上的科学[M]. 科学出版社, 1959.
- [15] SCOTT A J. FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS AND REGIONAL DEVELOPMENT: THE RISE OF NEW INDUSTRIAL SPACES IN NORTH AMERICA AND WESTERN EUROPE[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF URBAN AND REGIONAL RESEARCH, 1988, 12(2): 171-186.
- [16] 杜德斌, 何舜辉. 全球科技创新中心的内涵、 功能与组织结构[J]. 中国科技论坛, 2016(2): 10-15.
- [17] 杜德斌, 段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、 发展类型及演化趋势[J]. 上海城市规划, 2015(1): 76-81.
- [18] GEELS F W. MICRO-FOUNDATIONS OF THE MULTI-LEVEL PERSPECTIVE ON SOCIO-TECHNI - CAL TRANSITIONS: DEVELOPING A MULTI-DIMEN - SIONAL MODEL OF AGENCY THROUGH CROSSOVERS BETWEEN SOCIAL CONSTRUCTIVISM, EVOLUTION-ARY ECONOMICS AND NEO-INSTITUTIONAL THEO - RY[J]. TECHNOLOGICAL FORECASTING & SOCIAL CHANGE, 2020, 152: 119894.
- [19] MARTIN R. RETHINKING REGIONAL PATH DEPENDENCE: BEYOND LOCK-IN TO EVOLUTION[J]. 2010, 86(1): 1-27.
- [20] BATHELT H, MALMBERG A, MASKELL P. CLUSTERS AND KNOWLEDGE: LO - CAL BUZZ, GLOBAL PIPELINES AND THE PROCESS OF KNOWLEDGE CREATION[J]. PROGRESS IN HUMAN GEOGRAPHY, 2004, 28(1): 31-56.
- [21] HESSE K, FORNAHL D. ESSENTIAL INGRE - DIENTS FOR RADICAL INNOVATIONS? THE ROLE OF (UN -) RELATED VARIETY AND EXTERNAL LINKAGES IN GERMANY[J]. PAPERS IN REGIONAL SCI - ENCE, 2020, 99(5): 1165.
- [22] 刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 等. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理[J]. 地理学报, 2017(4): 737-752.
- [23] 高良谋, 马文甲. 开放式创新: 内涵、 框架与中国情境[J]. 管理世界, 2014(6): 157-169.
- [24] MATTHIESSEN C W, SCHWARZ AW, FIND S. WORLD CITIES OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: SYSTEMS, NETWORKS AND POTEN - TIAL DYNAMICS. AN ANALYSIS BASED ON BIBLIO - METRIC INDICATORS[J]. URBAN STUDIES, 2010, 47(9): 1879-1897.

- [25] 桂钦昌, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球城市知识流动网络的结构特征与影响因素[J]. 地理研究, 2021, 40(5): 1320-1337.
- [26] FLEMING L. RECOMBINANT UNCERTAINTY INTECHNOLOGICAL SEARCH[J]. MANAGEMENT SCI-ENCE, 2001, 47(1): 117-132.
- [27] FRENKEN K, BOSCHMA R A. A THEO-RETICAL FRAMEWORK FOR EVOLUTIONARY ECO-NOMIC GEOGRAPHY: INDUSTRIAL DYNAMICS ANDURBAN GROWTH AS A BRANCHING PROCESS[J].JOURNAL OF ECONOMIC GEOGRAPHY, 2007, 7(5): 635-649.
- [28] RIGBY D L. TECHNOLOGICAL RELATEDNESSAND KNOWLEDGE SPACE: ENTRY AND EXIT OF USCITIES FROM PATENT CLASSES[J]. REGIONAL STUD-IES, 2015, 49(11): 1922-1937.
- [29] 郭琪, 贺灿飞. 演化经济地理视角下的技术关联研究进展[J]. 地理科学进展, 2018,37(2): 229-238.
- [30] 贺灿飞, 朱晟君. 中国产业发展与布局的关联法则 [J]. 地理学报, 2020, 75(12):2684-2698.
- [31] BALLAND P, RIGBY D. THE GEOGRAPHYOF COMPLEX KNOWLEDGE[J]. ECONOMIC GE-OGRAPHY, 2017, 93(1): 1-23.
- [32] HIDALGO C A, HAUSMANN R. THEBUILDING BLOCKS OF ECONOMIC COMPLEXITY[J]. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMYOF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERI-CA, 2009, 106(26): 10570-10575.
- [33] BALLAND P A, BOSCHMA R, CRE-SPO J, ET AL. SMART SPECIALIZATION POLICY INTHE EUROPEAN UNION: RELATEDNESS, KNOWL - EDGE COMPLEXITY AND REGIONAL DIVERSIFICA - TION[J]. REGIONAL STUDIES, 2019, 53(9):1252-1268.
- [34] DERUDDER B, TAYLOR P, NI P F, ETAL. PATHWAYS OF CHANGE: SHIFTING CONNECTIVI-TIES IN THE WORLD CITY NETWORK, 2000-08[J].URBAN STUDIES, 2010, 47(9): 1861-1877.
- [35] HIDALGO C A, KLINGER B, BARA-BASI A L, ET AL. THE PRODUCT SPACE CONDI-TIONS THE DEVELOPMENT OF NATIONS[J]. SCI-ENCE, 2007, 317(5837): 482-487.
- [36] TACCHELLA A, CRISTELLI M,CALDARELLI G, ET AL. A NEW METRICS FORCOUNTRIES' FITNESS AND PRODUCTS' COMPLEXITY[J]. SCIENTIFIC REPORTS, 2012, 2: 1-7.
- [37] MIAO L L, MURRAY D, JUNG W S, ETAL. THE LATENT STRUCTURE OF GLOBAL SCIENTIFICDEVELOPMENT[J]. NATURE HUMAN BEHAV-IOUR, 2022, 6(9): 1206-1217.
- [38] 张杰. 中美科技创新战略竞争的博弈策略与共生逻辑[J]. 社会科学文摘, 2019(11):50-52.