

aEvolución y perspectivas de la investigación sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China

TANG Yuqing, YE Zi

Resumen: El desarrollo de los espacios subterráneos urbanos constituye un medio fundamental para optimizar la estructura espacial, perfeccionar las infraestructuras y fortalecer la resiliencia urbana. Representa una herramienta clave para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y bajas emisiones de carbono en las ciudades, y su planificación científica suscita un interés creciente. En este contexto, el presente estudio emplea el software CiteSpace y la base de datos académica china CNKI para analizar sistemáticamente los avances, las temáticas dominantes y las tendencias de la investigación sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China entre 1995 y 2024. Los resultados revelan un desarrollo concertado entre la planificación espacial, la evaluación integral previa y la gestión de implementación posterior. Se identifican tres grandes etapas evolutivas: la «fase de exploración y desarrollo» (antes de 2007), caracterizada por investigaciones fundamentales y la acumulación de experiencia práctica; la «fase de crecimiento rápido» (2008–2018), marcada por avances metodológicos en la construcción de sistemas, coordinación espacial y estandarización técnica, con énfasis en el transporte ferroviario urbano, la eficiencia energética ecológica y la garantía de seguridad; y la «fase de desarrollo de alta calidad» (desde 2019), centrada en la integración de la planificación subterránea en el sistema nacional de planificación del espacio territorial al servicio de la renovación urbana, así como en la exploración de una planificación subterránea humanista, verde, inteligente y resiliente. Finalmente, se discuten las perspectivas futuras de la planificación de los espacios subterráneos urbanos desde las perspectivas de la funcionalización compuesta, el encaje y el uso compartido.

Palabras clave: espacio subterráneo urbano; planificación espacial; revisión de literatura; etapa de desarrollo

El espacio subterráneo urbano designa, en términos generales, el conjunto de espacios situados bajo la superficie del suelo. Desde la perspectiva de la construcción urbana, se trata más precisamente de las obras subterráneas que utilizan el espacio como soporte —es decir, el espacio subterráneo en sentido estricto [1].

Como componente esencial de los recursos espaciales territoriales, los espacios subterráneos urbanos en China han desempeñado un papel crucial en cada etapa de su desarrollo. Entre las décadas de 1950 y 1980, estaban dedicados principalmente a la defensa civil. Desde la reforma y apertura, la explotación de los espacios subterráneos ha evolucionado gradualmente de una fase de uso dual (paz-guerra) centrada en la defensa civil hacia una fase ordenada al servicio de la construcción urbana. En el siglo XXI, los espacios subterráneos han asumido un papel fundamental en la mejora del entorno ecológico, la optimización de la estructura espacial y el fortalecimiento de la resiliencia urbana [2-4], pasando de una etapa exploratoria a una fase de crecimiento rápido, con una diversificación progresiva de las investigaciones.

A partir de 2019, en el nuevo sistema de planificación del espacio territorial, la planificación de los espacios subterráneos, como planificación especializada, debe conciliar la protección de recursos y la explotación, reforzando la orientación macroscópica y el uso intensivo de los recursos subterráneos [2]. Los espacios subterráneos también desempeñan un papel

insustituible en la consecución de los objetivos de «doble carbono» y constituyen una herramienta clave para el desarrollo sostenible de las ciudades [3,5]. Su contribución al desarrollo urbano de alta calidad es cada vez más reconocida por la sociedad.

Resulta, por tanto, esencial analizar la evolución de la investigación sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China para orientar su desarrollo, aprovechar los resultados de investigación en el marco del sistema de planificación del espacio territorial, adaptarse a las evoluciones socioeconómicas, institucionales y tecnológicas, y servir mejor a la construcción de ciudades habitables, resilientes e inteligentes.

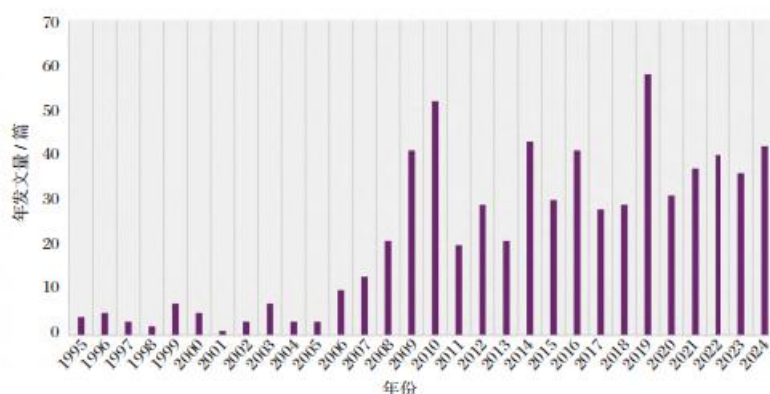


Fig.1 Número de artículos relacionados publicados en cada año de 1995 a 2024

1 Metodología y datos de investigación

1.1Fuente de los datos

Este estudio recurre al software CiteSpace para un análisis bibliométrico. Los documentos provienen de la base de datos académica china CNKI, mediante búsquedas que combinan términos como «explotación y utilización de los espacios subterráneos urbanos» y «planificación de los espacios subterráneos urbanos». El período de investigación abarca desde enero de 1995 —año a partir del cual se observa un volumen estable de publicaciones— hasta diciembre de 2024. Considerando el nivel global y la influencia de las muestras, solo se retuvieron datos de las revistas nucleares chinas (Peking Core) y del Índice de Citas en Ciencias Sociales Chinas (CSSCI), totalizando 896 artículos.

1.2Delimitación temática y selección de datos

El proceso de explotación de los espacios subterráneos urbanos comprende principalmente las siguientes etapas: prospección, evaluación, planificación, construcción, explotación y mantenimiento. Requiere disciplinas variadas e interconectadas, como la geología y la ingeniería geológica, la geomática, el urbanismo, la arquitectura y la ingeniería civil. Cada investigación privilegia un enfoque específico. El presente estudio se centra en la perspectiva de la «planificación espacial» y selecciona los documentos relacionados con la planificación del espacio territorial y el urbanismo.

Tras una verificación sistemática y la eliminación de duplicados y documentos no pertinentes, se retuvieron 674 artículos. Utilizando una franja temporal de un año para el análisis bibliométrico, la distribución anual de publicaciones y su evolución se presentan en la figura 1.

2 Análisis estadístico global de la investigación

2.1Distribución temporal de las publicaciones

La explotación de los espacios subterráneos urbanos en China se asoció gradualmente a la

construcción urbana a partir de 1987. En 1997 se promulgó el Reglamento sobre la gestión de la explotación de los espacios subterráneos urbanos, que establecía que «los gobiernos populares a todos los niveles deben, al elaborar el plan director urbano, establecer un plan de explotación de los espacios subterráneos en función de las necesidades del desarrollo urbano» [5]. A partir de esa misma época se iniciaron plenamente las investigaciones sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos.

Desde 1995, China publica cada año un número estable de trabajos de investigación, aunque el volumen total sigue siendo limitado. A partir de 2008 aproximadamente, el número de publicaciones aumentó de forma sostenida, manteniéndose en un nivel relativamente alto, con fluctuaciones en los años marcados por acontecimientos importantes o la promulgación de políticas relevantes.

2.2 Distribución de las instituciones de investigación

La distribución de las instituciones de investigación refleja el grado de interés de las distintas organizaciones académicas por los estudios sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos. Un análisis global mediante el índice g (g-index) revela que los 674 artículos provienen de 239 instituciones académicas en diversos ámbitos, con una red de cooperación de 111 vínculos y una densidad de 0,0039. Considerando únicamente las instituciones situadas en el 5 % más frecuente por franja temporal, se contabilizan 88 instituciones y 67 vínculos interinstitucionales, con una densidad de red de 0,0175. Ello indica un número considerable de instituciones implicadas, pero la densidad de cooperación entre las instituciones «de primera línea» es notablemente superior a la del conjunto, lo que revela una tendencia a la concentración de las colaboraciones entre las instituciones más activas, mientras que las colaboraciones entre instituciones ordinarias siguen siendo relativamente escasas.

Como se indica en el cuadro 1, solo 7 instituciones han publicado 10 o más artículos, principalmente universidades e institutos de investigación. Estas instituciones representan el 2,9 % del total, pero sus publicaciones acumuladas constituyen el 17,4 % del volumen total, lo que evidencia una distribución de «cola larga» en cuanto a la participación institucional.

Cuadro 1 Estadísticas de las instituciones de investigación en planificación de espacios subterráneos urbanos (publicaciones ≥ 10)

N.º	Institución	Frecuencia	Año de primera publicación
1	Centro de Investigación de Espacios Subterráneos, Universidad Tongji	32	1995
2	Departamento de Arquitectura e Ingeniería Subterránea, Universidad Tongji	29	2007
3	Centro de Investigación Geológica de Nanjing, China Geological Survey	13	2003

4	Instituto General de Diseño e Investigación en Ingeniería Municipal de Shanghai (Grupo) Co., Ltd	12	1999
5	Centro de Investigación de Espacios Subterráneos, Universidad Politécnica del Ejército Popular de Liberación	11	2004
6	Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Politécnica de Beijing	10	2010
7	Instituto de Diseño e Investigación Arquitectónica de la Universidad Tongji (Grupo) Co., Ltd	10	2016

2.3 Distribución de los investigadores

En cuanto al volumen de publicaciones individuales, los investigadores con más de 10 artículos son PENG Fangle, SHU Yu y QIAO Yongkang de la Universidad Tongji, y CHEN Zhilong de la Universidad de Ingeniería del Ejército Terrestre del EPL. El análisis de la red de coaparición de los investigadores de alta productividad (≥ 5 artículos) revela que los investigadores de una misma red de colaboración pertenecen generalmente a una misma institución, con cooperaciones que se extienden a lo largo de varios años. Fuera de los investigadores más productivos, las colaboraciones son poco frecuentes y no se observa ninguna otra red de coaparición estrecha.

La distribución temporal de los investigadores pone de manifiesto características de fase claramente marcadas: entre los investigadores representativos de la primera etapa figuran QIAN Qihu, CHEN Zhilong, GUO Dongjun y SHU Yu, quienes realizaron investigaciones sobre el desarrollo, la prevención de desastres, el desarrollo compuesto y la planificación de los espacios subterráneos, sentando las bases de este campo y contribuyendo de manera continua. Hacia 2010–2020 emergieron nuevos investigadores representativos, entre ellos YUAN Hong, cuyos trabajos se centran en el sistema de gestión y las estrategias de planificación subterránea, y QIAO Yongkang, cuyas investigaciones combinan evolución tecnológica y tendencias de demanda, abarcando la renovación urbana, las mutaciones y los modelos algorítmicos.

3 Análisis de tendencias y temáticas dominantes

3.1 Panorama general de las temáticas dominantes

La coaparición y distribución temporal de las palabras clave permite trazar el desarrollo académico del ámbito de la planificación de los espacios subterráneos urbanos e identificar

		Eje Expo (4); Desarrollo y utilización (3); Tránsito ferroviario (3); Iluminación natural (2); Ecología (2)
	2016	espacio subterráneo (10); Prevención de desastres (4); Estación de metro (2)
	2020	espacio subterráneo (16); túnel de servicios públicos (3); Ciudad inteligente (2)
Fase III	2021	espacio subterráneo (9); túnel de servicios públicos (3); Sistema de gestión (3); Renovación urbana (2)
	2022	espacio subterráneo (12); Desarrollo y utilización (4); Evaluación de los recursos (3); Túnel de servicios públicos (2)
	2023	espacio subterráneo (15); Estrategia de planificación (5); Renovación urbana (3); Sistema de planificación (3); Adecuación (2)
	2024	espacio subterráneo (15); Prevención y reducción de desastres (3); Mejora de la resistencia (3); Cadastre 3D (2); Aguas urbanas (2)

3.2.1 Antes de 2007: fase de exploración y desarrollo

Esta etapa abarca desde el surgimiento de las primeras investigaciones sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China hasta 2007 aproximadamente.

Con la construcción y apertura de líneas de metro en varias ciudades, a partir de 2001 el transporte ferroviario urbano fue designado como prioridad de la construcción de transportes urbanos, y el período del X Plan Quinquenal se definió como fase de lanzamiento de la «planificación y construcción de metros y trenes ligeros» [6]. Las políticas posteriores reafirmaron la exigencia de un desarrollo ordenado del transporte ferroviario urbano y lo integraron oficialmente en la estrategia de «prioridad al transporte público» [7]. El metro impulsó directamente un crecimiento rápido de la escala de los espacios subterráneos urbanos en China, haciendo urgente una planificación científica para orientar su desarrollo. Dado que este ámbito de planificación estaba prácticamente inexplorado, esta etapa se caracterizó por el recurso a experiencias internacionales, como la planificación y construcción del espacio subterráneo de Montreal [8], el desarrollo de los espacios subterráneos de Tokio [9], así como la extensión a los principios rectores, normas y mecanismos de incentivación [10].

Las investigaciones iniciales se centraron en la elaboración de planes. Debido a la falta de visibilidad directa y a la gran complejidad de los espacios subterráneos, se precisaban métodos específicos de evaluación de recursos. Se llevaron a cabo trabajos fundamentales

sobre la evaluación de la capacidad de explotación [11], se construyó un sistema de indicadores de evaluación [12], se introdujo el concepto de «evaluación de la calidad de los recursos» y se desarrollaron métodos de evaluación difusa combinada y visualización 3D [13]. La implementación gestional, finalidad de la planificación, requiere apoyo jurídico. Además de inspirarse en los marcos jurídicos japoneses en materia de explotación de espacios subterráneos [14], ciudades chinas como Shenzhen iniciaron reflexiones sobre la legislación relativa a la utilización de los espacios subterráneos, en particular sobre el establecimiento de normativas locales [15].

En el plano de la planificación espacial propiamente dicha, con la definición de las estrategias y objetivos de desarrollo [16], China inició investigaciones sobre los conceptos y las vías técnicas de planificación de la explotación de los espacios subterráneos [4], y estableció sistemas de indicadores para evaluar la planificación, en particular los aspectos vinculados al desarrollo sostenible [17]. Paralelamente, se iniciaron prácticas de planificación de espacios subterráneos para ciudades enteras o zonas prioritarias, como el plan conceptual de los espacios subterráneos de Shanghai [18], el plan conceptual del núcleo de Qianjiang New City en Hangzhou [19], el control de planificación de los espacios subterráneos del distrito central de negocios de Huangdao en Qingdao [20] y el plan del sistema subterráneo en forma de retícula en el núcleo del CBD de Shanghai [21].

3.2.22008–2018: fase de crecimiento rápido

En 2008 se promulgó la Ley de Planificación Urbana y Rural, que llenó el vacío de la antigua Ley de Planificación Urbana en materia de espacios subterráneos, estableciendo que «la explotación y utilización de los espacios subterráneos urbanos deben... seguir los principios de organización integral, desarrollo combinado y utilización razonable, teniendo plenamente en cuenta las necesidades de prevención de desastres, defensa civil y comunicaciones». Con los Juegos Olímpicos de 2008 en Beijing y la Exposición Universal de 2010 en Shanghai, el desarrollo urbano chino se aceleró, seguido de cerca por la explotación de los espacios subterráneos. La Ley de Derechos Reales de 2007 dispuso que «los derechos de uso de los terrenos pueden establecerse separadamente en la superficie, por encima o por debajo del suelo», lo que reforzó aún más el impulso al desarrollo subterráneo. Los espacios subterráneos, como nueva componente del desarrollo urbano, fueron cada vez más aceptados [22]. Hacia 2014, China se había convertido en una gran potencia mundial en la explotación de espacios subterráneos urbanos [23].

Continuando las tendencias de la etapa anterior, ante el gran desarrollo de los espacios subterráneos de este período, las investigaciones previas integraron la evaluación del desarrollo junto con la de los recursos, incluyendo las características y factores restrictivos de la explotación [24], la evaluación del potencial de desarrollo [25] y la evaluación de la idoneidad de la explotación [26].

En el plano de la gestión y la implementación: con base en la Ley de Derechos Reales y otras normativas, las investigaciones se centraron en los atributos y derechos de propiedad de los espacios subterráneos [27], la combinación de los derechos subterráneos y la utilización tridimensional del suelo [28], el análisis del avance de la legalización de los espacios subterráneos y la proyección de las tendencias futuras [29], así como el llamamiento a la aceleración legislativa y al fortalecimiento de la sostenibilidad urbana [30]. A partir de estudios jurídicos, se propuso un sistema de gestión integral [31] y se exploraron las orientaciones de reforma del sistema de gestión [32].

En el plano de la planificación espacial, ante la ola constructiva, numerosas investigaciones florecieron para responder a la urgente necesidad de orientación planificada.

Construcción del sistema de planificación. Sobre la base de los trabajos relativos a la elaboración del sistema de planificación y las estrategias de ejecución [33-34], se conformó gradualmente un sistema de tres niveles: primero, la propuesta de cambios conceptuales, articulación sistémica, prioridades y contenidos principales para la planificación subterránea en el plan director [35]; segundo, la atención prestada al desarrollo integrado de los espacios subterráneos y otras planificaciones especializadas, en particular la defensa civil [36], realizando la «integración de dos planes» y ampliándola hacia la «integración de múltiples planes»; tercero, ante la fiebre del desarrollo, se estudió el control de la explotación de los espacios subterráneos [37], con aplicaciones concretas en zonas clave como la primera fase del núcleo del distrito de negocios de Hongqiao en Shanghai [38], el centro de Bao'an en Shenzhen [39] y la isla central de Maluan en Xiamen [40].

Coordinación espacial de la planificación. La planificación de los espacios subterráneos no puede limitarse a un enfoque aislado del subsuelo. Las teorías de acoplamiento múltiple entre espacios subterráneos y superficie [41] y los métodos de diseño integrado superficie-subsuelo [42] se convirtieron en estrategias de desarrollo eficaces, permitiendo compensar y coordinar la protección de los barrios históricos y la renovación urbana [43-44]. Paralelamente al desarrollo coordinado superficie-subsuelo, resulta necesario buscar la unificación de los espacios subterráneos con las diversas planificaciones especializadas, perfeccionar los mecanismos de gestión y el marco jurídico, construir plataformas informáticas y proponer estrategias nacionales de desarrollo [5].

Mejora de las técnicas de planificación. Las técnicas de planificación de vanguardia se extendieron gradualmente de la superficie a los espacios subterráneos, con intentos de aplicación del BIM en el desarrollo subterráneo [45], la normalización de los datos [46] y el desarrollo de sistemas auxiliares de planificación tridimensional [47].

Con la maduración progresiva de los sistemas de planificación, la coordinación espacial y las técnicas, esta etapa vio también emerger varias orientaciones de investigación dominantes.

Orientación del transporte ferroviario. Las zonas de estaciones de transporte ferroviario constituyen la vanguardia del desarrollo subterráneo y el centro de las investigaciones. Sobre la base de la evaluación del nivel de desarrollo integral de los espacios subterráneos en torno a las estaciones [48], las investigaciones abordaron los modelos de planificación inducidos por el desarrollo ferroviario, incluyendo los modelos basados en el concepto TOD [49], la unificación de la planificación de estaciones subterráneas y espacios adyacentes [50], el uso compartido de los sistemas de galerías técnicas y metro [51] y el control del desarrollo en torno a las estaciones [52].

Innovación en eficiencia energética ecológica. La Exposición Universal de 2010 en Shanghai favoreció la innovación de los conceptos de planificación subterránea. Durante la construcción del Eje de la Expo y el complejo subterráneo, se maximizó el aprovechamiento de los recursos del sitio y el ahorro energético [53], con características de ecología verde y bajas emisiones de carbono [54]. Se emplearon medios avanzados a gran escala: los «valles de luz» y las laderas vegetalizadas introdujeron luz natural y vegetación en los niveles subterráneos [55], mientras que las múltiples funciones del sitio se integraron de manera orgánica, sistemática y ordenada en el subsuelo [54], mejorando la eficiencia del uso del suelo y la calidad del entorno espacial.

Seguridad espacial. Con el rápido desarrollo y la concentración de flujos de población en los espacios subterráneos, la cuestión de la seguridad cobró una importancia primordial [56]: por un lado, convenía perfeccionar las medidas de protección contra inundaciones [57] y garantizar la fiabilidad científica de los diseños de prevención contra incendios, especialmente en los grandes espacios subterráneos [58]; por otro lado, los espacios subterráneos podían servir para la prevención integral de desastres urbanos [59], reforzando la seguridad intrínseca de las ciudades y perfeccionando el sistema espacial de prevención [60].

3.2.3 Desde 2019: fase de desarrollo de alta calidad

En 2019, las Opiniones del Comité Central del PCCh y del Consejo de Asuntos de Estado sobre el establecimiento del sistema de planificación del espacio territorial y su implementación supervisada previeron la integración de la planificación subterránea en el sistema de planificación del espacio territorial. Ese mismo año se promulgaron las Normas de Planificación de los Espacios Subterráneos Urbanos, que regulan la elaboración de los planes. Posteriormente, las Orientaciones del Ministerio de Recursos Naturales sobre la exploración y promoción de la explotación de los espacios subterráneos urbanos y otras políticas desempeñaron un importante papel orientador. Con el paso de una expansión extensiva a una valorización intensiva, y luego de un crecimiento cuantitativo a una mejora cualitativa, los espacios subterráneos, guiados por el desarrollo urbano de alta calidad y animados por la aspiración de la población a una vida mejor, se han convertido en un importante polo de crecimiento urbano [61].

Como precursor del desarrollo de alta calidad, la evaluación previa se orientó hacia un enfoque integral y tridimensional. Se propuso un sistema de investigación y evaluación integral de los recursos subterráneos [62], integrando modelos geológicos 3D y métodos de análisis espacial tridimensional [63], lo que permitió la fusión automática de modelos geológicos 3D y modelos de obras subterráneas, dando lugar a una modelación 3D para la evaluación de los recursos [64], aplicada en contextos concretos. Shanghai, Shenzhen, Hangzhou, Nanjing y otras ciudades establecieron un «catastro 3D», y se llevaron a cabo estudios sobre los problemas específicos de la explotación de los espacios subterráneos en ciudades con geología particular [65].

En el plano de la gestión, el énfasis se desplazó hacia los rendimientos de inversión y la gestión operativa, combinando científicidad y operatividad. El desarrollo subterráneo requiere una gestión integral, planificación coordinada, innovación de los modelos de financiación y rendimiento [66], fortalecimiento de la gestión operativa [67], perfeccionamiento del sistema técnico de gestión, establecimiento de instituciones administrativas completas, refuerzo del marco jurídico [68] y aceleración de la construcción de un sistema de gobernanza de los espacios subterráneos [69].

En el plano de la planificación espacial, las investigaciones se centran en la integración de la planificación subterránea en el sistema de planificación del espacio territorial [70]. Sobre la base de un diagnóstico de la elaboración y ejecución de los planes, se perfeccionan las teorías y métodos [71], y se promueven los conceptos de «cuarto territorio» y «línea roja subterránea» [72]. Paralelamente, la renovación urbana [70] suscita una atención creciente: las Directrices sobre las Políticas de Planificación y Suelo para Apoyar la Renovación Urbana (edición 2023) fomentan la explotación integral de los espacios subterráneos conforme a las normas, el refuerzo de la construcción coordinada y el uso compuesto superficie-subsuelo, y

la mejora del uso económico e intensivo del suelo. La innovación subterránea se centra en la renovación urbana y la gestión pormenorizada [73]. Ante la secuencia temporal «primero la superficie, luego el subsuelo» en las zonas de renovación, se precisan nuevas estrategias de planificación [74], para promover el desarrollo de alta calidad y la utilización sostenible [75], con cuatro orientaciones prioritarias:

Espacio subterráneo humanista. Ante la subutilización de ciertos espacios subterráneos, la escasa experiencia de los usuarios, la brevedad de las estancias y la monotonía de las actividades [76], se proponen tendencias hacia un entorno interior ecológico y humanizado [77], con la ambición de elevar ulteriormente los estándares estéticos y de confort en la explotación subterránea [78].

Espacio subterráneo verde. La explotación de los espacios subterráneos constituye una medida importante para mitigar las «enfermedades urbanas» y promover el desarrollo sostenible [79]. Conviene delimitar líneas rojas ecológicas tridimensionales subterráneas y proceder a la evaluación del potencial de los recursos [80], con énfasis en el ahorro de suelo, el aprovechamiento de la energía geotérmica, el ahorro de agua y las infraestructuras urbanas verdes, para apoyar el desarrollo de edificios y ciudades verdes [81].

Espacio subterráneo inteligente. En relación con la construcción del «catastro 3D», se llevan a cabo trabajos de censo y gestión informatizada [82]. Centrados en los datos por bloques y la computación periférica (edge computing), abarcando todos los elementos y espacios urbanos, se despliegan infraestructuras de recogida, transmisión y procesamiento que cubren los escenarios inteligentes en superficie y en el subsuelo [83]. Se promueven el intercambio de información y la innovación científica [67], y se acelera la construcción de un sistema de gestión inteligente y la planificación estratégica prospectiva del desarrollo tecnológico [75].

Espacio subterráneo resiliente. De la seguridad espacial a la elevación de la resiliencia, ante los problemas de seguridad en la construcción, explotación y gestión, se precisa una prevención multidimensional —gestión, técnica, regulación y derecho— [68]. Se elaboran estrategias de prevención con el objetivo de «construir ciudades resilientes» [84], se construye un marco integral de prevención resiliente [85], y en particular en las zonas urbanas de alta densidad donde la vulnerabilidad es significativa, conviene aprovechar plenamente las características de prevención de los espacios tridimensionales, en particular los subterráneos, para fortalecer la resiliencia urbana [86].

4 Conclusiones y perspectivas

4.1 Conclusiones del estudio

El análisis estadístico global y el de las tendencias dominantes muestran que la investigación sobre la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China ha alcanzado la madurez, con un desarrollo interactivo entre la evaluación integral previa y la gestión de implementación posterior. La fase de exploración y desarrollo (antes de 2007) constituyó la etapa inicial, centrada en las investigaciones fundamentales y la acumulación de experiencias. La fase de crecimiento rápido (2008–2018), bajo el impulso de la urbanización generalizada y los grandes acontecimientos, vio la investigación entrar en una etapa floreciente, con avances metodológicos en la construcción de sistemas, coordinación espacial y mejora técnica, concentrándose en el transporte ferroviario, la eficiencia energética ecológica y la seguridad, realizando así el salto de una exploración fundamental a una investigación integral. La fase de desarrollo de alta calidad (desde 2019), en el contexto de la edificación del

sistema de planificación del espacio territorial, marcó la entrada en una nueva etapa de mejora cualitativa: primero, la investigación sobre la integración de la planificación subterránea en el sistema de planificación del espacio territorial y su servicio a la renovación urbana; segundo, la exploración de una planificación humanista, verde, inteligente y resiliente, haciendo la planificación más completa, más científica y más pragmática.

4.2 Perspectivas futuras

Con el establecimiento del sistema de planificación del espacio territorial y la delimitación de los perímetros de desarrollo urbano, las ciudades entran en una nueva etapa dominada por la renovación del patrimonio existente. Combinadas con las tendencias identificadas, la planificación de los espacios subterráneos, así como la evaluación integral previa y la implementación posterior, experimentarán las siguientes evoluciones.

La evaluación integral de los espacios subterráneos se convertirá en un componente del «chequeo de salud urbana». Más allá de los estudios sobre los elementos naturales y ambientales, se prestará mayor atención a los elementos de construcción y culturales de las zonas de renovación, así como a los espacios edificados en superficie. Se tratará de analizar cómo la explotación subterránea puede evitar impactos en los espacios subterráneos adyacentes y los espacios superiores, lo que requiere información espacial más precisa y evaluaciones de idoneidad al desarrollo. Paralelamente, el chequeo de salud de los espacios subterráneos existentes y su renovación permitirán valorizar el stock, satisfaciendo las necesidades urbanas, en particular en las zonas de renovación.

En materia de gestión, se prestará mayor atención a la aportación funcional y los beneficios integrales de los espacios subterráneos. La renovación urbana constituirá un desafío mayor: las Directrices para la Elaboración de Planes de Renovación Urbana prevén la definición de exigencias de gestión a diferentes escalas, la integración orgánica en el proceso completo de planificación especializada, planificación de sector e implementación de proyectos, así como la inclusión de los cálculos financieros y los modelos operativos en los proyectos. Siendo elevados los costes de construcción subterránea, especialmente en las zonas de renovación donde debe garantizarse la seguridad de los espacios adyacentes y superiores, se precisa con mayor razón un estudio approfondido de las inversiones, los rendimientos y la explotación futura.

En este contexto, ante exigencias de gestión subterránea más pragmáticas, basadas en métodos de evaluación integral más avanzados y técnicas de construcción plenamente mejoradas, se prevén varias tendencias de desarrollo de la planificación de los espacios subterráneos urbanos.

Funcionalización compuesta. Los espacios subterráneos han sido integrados en el sistema de planificación del espacio territorial a todos los niveles. Conviene extender íntegramente al subsuelo las exigencias de control hasta ahora centradas en la superficie. Apoyándose en el «catastro 3D» y la evaluación integral, en una óptica de coordinación superficie-subsuelo y de articulación de los grandes sistemas especializados, ante la extensión de los espacios subterráneos en profundidad, se prestará atención a la coordinación entre espacios profundos y superficiales. La integración del factor temporal permitirá abordar la cronología de la renovación y el desarrollo subterráneos, construyendo un sistema de indicadores espaciales y un modelo de planificación específicos, conformando una «carta única» que integre la superficie, el subsuelo, los distintos niveles subterráneos, los grandes sistemas y su cronología de desarrollo.

Encaje. Sobre la base de la evaluación integral del chequeo de salud urbano, se estudiarán las necesidades de espacios subterráneos de las ciudades, en particular de las zonas de renovación. Combinando la definición de los derechos de explotación subterránea por la Ley de Derechos Reales y los métodos maduros de evaluación de la idoneidad a la construcción, un enfoque adaptado a las condiciones locales y progresivo permitirá encajar en el tejido urbano —principalmente en las zonas de renovación— las funciones difícilmente satisfacibles en superficie: transportes, logística, infraestructuras municipales, defensa civil, a fin de aliviar la escasez de espacio en superficie y liberar más superficie para las actividades públicas y la vegetalización. Se prestará asimismo atención al impacto de los espacios subterráneos encajados sobre el entorno subterráneo y el conjunto del sistema espacial, para realizar la sinergia entre desarrollo y protección, al servicio de la construcción de ciudades humanistas y verdes.

Uso compartido. La planificación de los espacios subterráneos deberá explorar el uso compartido espacial de funciones múltiples para reducir costes, dinamizar los espacios y aumentar los beneficios. Sobre esta base, se llevarán a cabo estudios para fomentar la construcción y el uso compartido conjunto de equipamientos subterráneos entre parcelas vecinas o actores múltiples, conformando una red de espacios subterráneos interconectados que fortalecerá la resiliencia urbana y extenderá la vitalidad y los beneficios al conjunto de la ciudad. El perfeccionamiento de los sistemas de gestión interdepartamentales y de las plataformas de intercambio de información, el refuerzo del marco jurídico, la utilización eficaz de los macrodatos subterráneos y la eliminación de los silos de información [5] permitirán resolver las asimetrías informativas y elevar globalmente el nivel de precisión e inteligencia de la planificación, la construcción y la gestión de los espacios subterráneos.

En suma, ante las limitaciones y posibilidades de la oferta espacial futura, las necesidades de desarrollo y los beneficios integrales, los modelos de planificación compuesta, encajada y compartida contribuirán a promover una planificación de los espacios subterráneos diversificada e integrada, intensiva y eficiente, pragmática y operativa, verde y sostenible, al servicio de la planificación global del territorio tridimensional.

Referencias bibliográficas

- [1] PENG Jianbing, ZHU Hehua, LI Xiaozhao. Las soluciones chinas para los espacios subterráneos urbanos en la nueva era [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 1-2.
- [2] PENG Fangle, QIAO Yongkang, DONG Yunhao, et al. Investigación sobre la estrategia de desarrollo de la explotación de los espacios subterráneos urbanos en la nueva fase de desarrollo [J]. *Strategic Study of CAE*, 2024, 26(3): 176-185.
- [3] WEI Lingxiang, GUO Dongjun, WU Yanhua, et al. Tendencias y temáticas dominantes de la respuesta de los espacios subterráneos chinos a los objetivos de «doble carbono» [J/OL]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*. [2025-07-21]. <https://link.cnki.net/urlid/50.1169.TU.20250221.1018.004>.
- [4] SHU Yu, PENG Fangle, WANG Xuan, et al. Investigación y práctica de la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2006(Supl. 1): 1125-1129.
- [5] ZHU Hehua, LUO Xiao, PENG Fangle, et al. Investigación sobre la estrategia de desarrollo de la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2017, 19(6): 12-17.

- [6] Comisión Nacional del Plan de Desarrollo. Notificación sobre la publicación del plan especial de desarrollo del sistema de transporte integrado del X Plan Quinquenal [EB/OL]. [2025-02-21]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61816.htm.
- [7] Ministerio de la Construcción, Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma, Ministerio de Ciencia y Tecnología, et al. Opinión sobre la prioridad al desarrollo del transporte público urbano [EB/OL]. (2005-10-19) [2025-02-21]. https://www.gov.cn/zwgk/2005-10/19/content_79810.htm.
- [8] XU Yongjian, YAN Xiaopei. Ejemplo exitoso de utilización de los espacios subterráneos urbanos: planificación y construcción de la ciudad subterránea de Montreal [J]. *Urban Problems*, 2000(6): 56-58.
- [9] WANG Jianhong, LIU Xinrong. Panorama del desarrollo y la utilización de los espacios subterráneos urbanos en Japón [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2006(3): 349-353.
- [10] BESNER J. ¿Planificación integral o método de control? El caso del desarrollo de los espacios subterráneos urbanos en Montreal [J]. *International Urban Planning Review*, 2007(6): 16-20.
- [11] WU Lixin, JIANG Yun, LIANG Yue, et al. Investigación fundamental sobre la evaluación de la capacidad de explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2004(4): 44-47.
- [12] JIANG Yun, WU Lixin, DU Liqun. Investigación sobre el sistema de indicadores de evaluación de la capacidad de explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Urban Development Studies*, 2005(5): 47-51.
- [13] WU Lixin, JIANG Yun, CHE Defu, et al. Evaluación difusa global y visualización 3D de la calidad de los recursos subterráneos urbanos [J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2007(1): 97-102.
- [14] LIU Chunyan, SHEN Yanhong. Investigación sobre el marco jurídico japonés para la explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2007(4): 587-591.
- [15] ZHAO Penglin, GU Xin. Exploración legislativa sobre la utilización de los espacios subterráneos urbanos: el caso de Shenzhen [J]. *Urban Planning*, 2002(9): 21-24.
- [16] TONG Linxu. Nueva fase del desarrollo de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Urban Development Studies*, 2002(1): 18-21.
- [17] KONG Lingxi, SHEN Rongfang. Evaluación de la sostenibilidad del desarrollo de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2007(1): 119-122.
- [18] HOU Xueyuan, LIU Kun. Teoría y aplicación de la planificación moderna de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2005(1): 7-10.
- [19] CHEN Zhilong, YANG Yanjun, YANG Hongyu. Planificación conceptual de los espacios subterráneos del núcleo de Qianjiang New City en Hangzhou [J]. *Urban Planning*, 2003(10): 89-91.
- [20] TANG Yuqing, ZHOU Bingyu. Control de la planificación de los espacios subterráneos en los centros de las grandes ciudades chinas: el caso del distrito central de negocios de Huangdao en Qingdao [J]. *Urban Planning Forum*, 2006(5): 89-94.
- [21] YU Mingjian, GUO Dongjun. Explotación de los espacios subterráneos y transporte urbano: la red en forma de retícula en el núcleo del CBD de Shanghai [J]. *Chinese Journal of*

Underground Space and Engineering, 2006(Supl. 1): 1227-1230.

[22] YUAN Hong, ZHAO Shichen, DAI Zhizhong. Atributos espaciales urbanos y significado esencial de los espacios subterráneos [J]. Urban Planning Forum, 2013(1): 85-89.

[23] Rama de Espacios Subterráneos de la Sociedad China de Mecánica de Rocas e Ingeniería, Centro de Investigación de Espacios Subterráneos de la Universidad Politécnica del EPL, Nanjing Huilong Urban Planning and Design Co., Ltd. Libro Blanco sobre el Desarrollo de los Espacios Subterráneos Urbanos en China: 2014 [M]. Shanghai: Prensa de la Universidad Tongji, 2015.

[24] LIU Guilu, YANG Lang. Exploración de las características y factores restrictivos de la explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. Urban Planning Forum, 2010(Supl. 1): 106-110.

[25] WANG Xia, HUANG Xianjin, ZHEN Feng, et al. Evaluación gris multinivel del potencial de desarrollo de los recursos subterráneos urbanos [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2009, 37(8): 1122-1127.

[26] LIU Kun, PENG Jian, PENG Fangle. Modelo de evaluación de la idoneidad de la explotación de los recursos subterráneos [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2011, 7(2): 219-231.

[27] ZHAO Kuitao, HU Ke, JIA Xiaoqing. Discusión sobre los atributos y derechos de propiedad de los espacios subterráneos urbanos [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2008(2): 222-225.

[28] MA Xusheng. Los derechos sobre los espacios subterráneos urbanos y su construcción jurídica [J]. Studies in Law and Business, 2010, 27(3): 85-92.

[29] SHU Yu, LU Shan, ZHU Liming, et al. Avances y perspectivas de la legalización de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. Modern Urban Research, 2009, 24(8): 7-18.

[30] LIN Jian, HUANG Fei, ZHAO Shuoshuo. Acelerar la legislación sobre la utilización de los espacios subterráneos para fortalecer la sostenibilidad urbana [J]. Urban Planning, 2015, 39(3): 24-28.

[31] CHEN Xiaoqiang, QIAN Qihu. Exploración de la gestión integral de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2010, 6(4): 666-671.

[32] ZHENG Huaide. Exploración de la reforma del sistema de gestión de la explotación de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. Planners, 2012, 28(3): 69-73.

[33] HE Lei, DAI Shen zhi, SHU Yu. Discusión sobre ciertos aspectos de la elaboración de la planificación de los espacios subterráneos urbanos [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2011, 7(5): 825-829.

[34] ZHU Zhaoli. Investigación sobre la planificación y el desarrollo de los espacios subterráneos de las grandes ciudades en la nueva era: el caso de Changzhou [J]. Urban Planning Forum, 2016(5): 112-118.

[35] YU Wenque, GU Xin. Exploración de los conceptos y vías de realización de la planificación urbana tridimensional: estudio sobre la planificación de los espacios subterráneos en la reforma e innovación del plan director urbano [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2015, 11(1): 1-9.

[36] WEI Lihua, TANG Jun. Exploración del desarrollo integrado de los espacios subterráneos urbanos y las obras de defensa civil [J]. Planners, 2016, 32(5): 54-58.

[37] ZHANG An, YAN Gang, XIE Ruixin, et al. Exploración del control del desarrollo de los

espacios subterráneos en el sistema de planificación reglamentaria [J]. Urban Planning, 2009(2): 20-24.

[38] PENG Fangle, ZHAO Jingwei, LIU Kun, et al. Discusión sobre el control del desarrollo de los espacios subterráneos del CBD a nivel de planificación reglamentaria: el caso de la primera fase del núcleo del distrito de negocios de Hongqiao en Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2013(1): 78-84.

[39] YAO Wenqi. Exploración de los métodos de planificación de los espacios subterráneos en los centros urbanos: el caso del centro de Bao'an en Shenzhen [J]. Urban Planning Forum, 2010(Supl. 1): 36-43.

[40] WEI Xi. Reflexiones sobre la elaboración del plan detallado de control de los espacios subterráneos de la isla central de Maluan en Xiamen [J]. Urban Planning Forum, 2018(Supl. 1): 115-119.

[41] SHAO Jizhong, HU Zhenyu. Investigación sobre la teoría del acoplamiento múltiple entre espacios subterráneos y espacios de superficie [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2017, 13(6): 1431-1443.

[42] LU Jiwei, CHEN Yong. Diseño integrado superficie-subsuelo: estrategia para el desarrollo eficaz de los espacios subterráneos [J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University, 2012, 46(1): 1-6.

[43] ZHANG Lin, SHU Yu, LU Shan. Investigación sobre las teorías y técnicas clave de planificación para la explotación de los espacios subterráneos en los barrios históricos urbanos [J]. Urban Development Studies, 2014, 21(7): 79-83.

[44] XU Xinqiao. Planificación y práctica de la explotación de los recursos subterráneos en las zonas de renovación urbana: el caso del barrio de Huaqiangbei en Shenzhen [J]. Urban Planning Forum, 2010(Supl. 1): 30-35.

[45] SU Xiaochao, CAI Hao, GUO Dongjun, et al. Aplicación de la tecnología BIM al desarrollo de los espacios subterráneos urbanos [J]. Journal of PLA University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2014, 15(3): 219-224.

[46] LI Xiaojun, LIU Yupeng, WANG Yu. Estado y tendencias de la normalización de los datos espaciales subterráneos urbanos [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2017, 13(2): 287-294.

[47] LOU Shurong, LI Wei, QIN Wenjing. Investigación sobre la integración de la 3D-GIS para la planificación de los espacios subterráneos urbanos [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2018, 14(1): 6-11.

[48] WANG Jiangbo, GAO Mingchao, GOU Aiping. Método de evaluación del nivel de desarrollo integral de los espacios subterráneos en torno a estaciones de metro de tipo centro público: el caso de Dalian [J]. Modern Urban Research, 2017(6): 92-100.

[49] ZHU Liangcheng, LU Shan, SHU Yu. Exploración de los modelos de planificación de los espacios subterráneos basados en el concepto TOD [J]. Urban and Rural Planning, 2011(2): 75-82.

[50] HAO Jun. Discusión sobre el modelo de planificación unificada de las estaciones subterráneas y los espacios subterráneos en el transporte ferroviario urbano [J]. Urban Mass Transit, 2010, 13(2): 9-13.

[51] LIU Yingming, CHEN Yonghai, PENG Jian. Discusión sobre ciertos problemas técnicos clave en la planificación de los sistemas de galerías técnicas: el caso de Shenzhen [J]. Urban Planning Forum, 2010(Supl. 1): 101-105.

- [52] WANG Yang, ZHAO Jingwei, PENG Fangle. Exploración de los elementos de control del desarrollo de los espacios subterráneos a lo largo de las líneas de metro [J]. *Planners*, 2014, 30(9): 70-75.
- [53] OUYANG Tianzhi, HUANG Qiuping. El Eje de la Expo y el complejo subterráneo de la Exposición Universal de 2010 en Shanghai [J]. *Architectural Journal*, 2009(6): 7-9.
- [54] SHU Yu, ZHU Liming, LU Shan. Características y enseñanzas de la explotación de los espacios subterráneos del parque de la Expo de Shanghai [J]. *Shanghai Urban Planning*, 2010(2): 9-13.
- [55] HAN Yingzi. Planificación y práctica de los espacios subterráneos del parque de la Expo de Shanghai [J]. *Shanghai Urban Planning*, 2010(2): 3-8.
- [56] PENG Jian, LIU Kun, YAN Zhiguo, et al. Discusión sobre los problemas de seguridad y las estrategias de gestión de los espacios subterráneos [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2010, 6(1): 1-7.
- [57] PU Weiqing. Investigación sobre la protección contra inundaciones y las estrategias para los espacios subterráneos urbanos [J]. *Waterway Engineering*, 2008(10): 223-228.
- [58] SUN Lijun, HONG Wei, GUO Yihui. Discusión sobre el diseño de prevención contra incendios de los grandes espacios subterráneos: el caso del núcleo de Zhujiang New Town en Guangzhou [J]. *Architectural Journal*, 2009(3): 74-76.
- [59] CHEN Zhilong, CHEN Jiayun, GUO Dongjun, et al. Nuevos avances y reflexiones sobre la utilización de los espacios subterráneos y la prevención de desastres urbanos [J]. *Strategic Study of CAE*, 2013, 15(5): 65-70.
- [60] CHEN Zhuo, SHE Lian. Investigación sobre la vulnerabilidad del desarrollo seguro urbano: perspectiva de la utilización integral de los espacios subterráneos [J]. *Journal of HUST (Social Science Edition)*, 2009, 23(1): 109-112.
- [61] Centro de Consulta Estratégica de la Academia China de Ingeniería, et al. Libro Azul sobre el Desarrollo de los Espacios Subterráneos Urbanos en China [EB/OL]. (2024) [2024-12-04]. https://www.planning.org.cn/law/view_news?id=16315.
- [62] GE Weiya, WANG Rui, ZHANG Qing, et al. Concepción de la evaluación integral de la explotación de los recursos subterráneos urbanos [J]. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(10): 1601-1608.
- [63] XING Huaixue, DOU Fanfan, GE Weiya, et al. Investigación sobre el sistema de indicadores tridimensional de idoneidad geológica a la explotación de los espacios subterráneos urbanos: el caso de Hangzhou [J]. *Geological Review*, 2022, 68(2): 607-614.
- [64] XUE Tao, SHI Yujin, ZHU Xiaodi, et al. Investigación y práctica de la modelación 3D para la evaluación de los recursos subterráneos urbanos: el caso de Shanghai [J]. *Earth Science Frontiers*, 2021, 28(4): 373-382.
- [65] HUANG Qiangbing, PENG Jianbing, WANG Feiyong, et al. Problemas y desafíos de la explotación de los espacios subterráneos en las ciudades con geología particular [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 85-94.
- [66] YOU Xinhua, HE Guangyao, WANG Qiangxun, et al. Estado actual y tendencias de la utilización de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Tunnel Construction*, 2019, 39(2): 173-188.
- [67] YANG Xiaogang, WANG Rui, HUANG Weiliang. Estado actual y análisis de problemas de la explotación de los espacios subterráneos sobre la base de la comparación de ciudades típicas chinas [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 69-75.

- [68] YI Rong, JIA Kaiguo. Discusión sobre los problemas de seguridad de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Geology and Exploration*, 2020, 56(5): 1072-1079.
- [69] ZENG Guohua, TANG Zhili. Concepto, vías y recomendaciones para el desarrollo integrado de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2022, 18(3): 701-713.
- [70] WU Zhiqiang, YAN Juan, XU Haowen, et al. Diez temas clave anuales del desarrollo de la disciplina de planificación urbana y rural (2024-2025) [J]. *Urban Planning Forum*, 2024(6): 8-11.
- [71] PENG Fangle, QIAO Yongkang, CHENG Guanghua, et al. Estado actual, problemas y contramedidas de la planificación de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 57-68.
- [72] LEI Shengxiang, SHEN Yanjun, XIAO Qinghua, et al. Estado actual y conceptos futuros de la explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2019, 15(4): 965-979.
- [73] LIU Yi, ZHU Liangcheng. Estado actual y perspectivas del desarrollo de los espacios subterráneos urbanos en Shanghai [J]. *Tunnel Construction*, 2020, 40(7): 941-952.
- [74] TANG Yuqing, WANG Mengwen, WU Xinzhen, et al. Estrategias de planificación y modelos de implantación de los espacios subterráneos para la renovación orgánica de los barrios antiguos urbanos [J]. *Planners*, 2022, 38(2): 134-139.
- [75] WANG Chengshan, ZHOU Chenghu, PENG Jianbing, et al. Sobre el desarrollo de alta calidad y la utilización sostenible de los espacios subterráneos urbanos en China en la nueva era [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 1-8.
- [76] YU Yuanhang, YAN Bo. Estado actual y tendencias de la explotación de los espacios subterráneos en las megaciudades chinas [J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2021, 17(Supl. 1): 1-7.
- [77] CHENG Guanghua, WANG Rui, ZHAO Muhua, et al. Estado actual y tendencias de la explotación de los espacios subterráneos urbanos en China [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 39-47.
- [78] SUN Jun. Desarrollo y problemas de la explotación de los recursos subterráneos urbanos en China y en el extranjero [J]. *Tunnel Construction*, 2019, 39(5): 699-709.
- [79] ZHANG Bin, XU Nengxiong, DAI Chunsen. Estado actual, tendencias y enseñanzas internacionales de la explotación de los espacios subterráneos urbanos [J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(3): 48-56.
- [80] SHI Xiaodong, ZHAO Yiting, WU Kejie. Exploración de los métodos de planificación científica de los espacios subterráneos de las megaciudades en la era de la civilización ecológica: el caso de la planificación de los espacios subterráneos de Beijing [J]. *Tunnel Construction*, 2020, 40(5): 611-620.
- [81] QIAN Qihu. Utilizar los espacios subterráneos para apoyar el desarrollo de edificios y ciudades verdes [J]. *Tunnel Construction*, 2019, 39(11): 1737-1747.
- [82] YANG Huayong, JIANG Yuan, LI Zhe, et al. Investigación sobre la estrategia de desarrollo de la gestión integral de la explotación de los espacios subterráneos [J]. *Strategic Study of CAE*, 2021, 23(4): 126-136.
- [83] LIU Xiaoqing, HE Rui. Planificación de las nuevas infraestructuras de información urbana: práctica y exploración de Xiongan [J]. *Urban Planning Forum*, 2022(5): 112-118.
- [84] DAI Shenzhi, FENG Hao, HE Lei, et al. Exploración del modelo de elaboración del plan de

prevención de desastres en la revisión del plan director de las grandes ciudades chinas: el caso de Wuhan [J]. Urban Planning Forum, 2019(1): 91-98.

[85] QIU Tong, CHEN Xiangsheng, SU Dong. Marco integral de prevención resiliente y lucha contra las pandemias en los espacios subterráneos urbanos [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2021, 61(2): 117-127.

[86] ZHAO Ziwei, YUAN Yuan, GUO Dongjun, et al. Evaluación de la accesibilidad compuesta de las redes de espacios subterráneos urbanos basada en la prevención de desastres [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2021, 17(1): 1-8.