

Construire un système de planification pour faire face aux risques de catastrophe naturelle

LIU Dong, SHAO Long, WANG Xin, LI Denghui, ZHANG Yixuan, LIU Chang, PENG Jianbing

Résumé: Les changements climatiques mondiaux et l'urbanisation rapide ont intensifié les caractéristiques complexes et en cascade des catastrophes naturelles, rendant nécessaire de passer de la prévention statique à la gouvernance spatiale à cycle complet. Fondé sur la théorie des systèmes complexes et la théorie de la production de l'espace, cet article déconstruit les attributs spatiaux des risques de catastrophe naturelle à travers un cadre de dotation matérielle, d'organisation du réseau et de réponse dynamique, et révèle le mécanisme de rétroaction du système humain-terre-catastrophe. Sur cette base, six systèmes de planification sont proposés. La prévention des catastrophes par la sélection de sites permet de réaliser l'isolement des risques grâce à des contrôles rigides et flexibles; la planification structurelle avant les catastrophes renforce la résilience du système grâce à l'optimisation du réseau; la réduction des capacités de lutte contre les catastrophes réduit l'exposition grâce à des seuils d'intensité de développement; la réservation stratégique d'espace ouvert crée des tampons élastiques grâce à des réserves planifiées; l'atténuation des catastrophes fondée sur la connectivité assure la continuité fonctionnelle grâce à la redondance de la ligne de vie; et la maîtrise intelligente des catastrophes utilise des jumelles numériques pour améliorer la prévention et le contrôle précis. L'étude constitue une voie technique profondément intégrée à l'aménagement du territoire et fournit un soutien théorique à la construction de villes résilientes et à la modernisation de la gouvernance spatiale.

Mots-clés: catastrophes géologiques; attributs spatiaux; réponse à la planification; composition du système; gouvernance spatiale

Le lien étroit entre le changement climatique mondial et l'urbanisation rapide a rendu les risques de catastrophe naturelle plus complexes que jamais pour les villes. La construction urbaine est essentiellement une intervention systématique dans l'environnement géologique. En Chine en particulier, les activités d'ingénierie à haute intensité ont profondément modifié les champs de géostress régionaux et les conditions hydrogéologiques, ce qui a fait apparaître des systèmes géologiques autrefois stables comme le couplage de l'instabilité des pentes et de la subsidence des terres, les chaînes de catastrophes en cascade et l'extension spatiotemporelle sensible [1-4].

Face à ce nouveau schéma de risque, les limites de la prévention et de la réduction traditionnelles des catastrophes sont devenues de plus en plus évidentes. Premièrement, la prévention statique dirigée par l'ingénierie est mal adaptée aux risques en évolution dynamique, parce que les normes d'installations déduites des données historiques accusent souvent un retard par rapport aux changements climatiques extrêmes [5-7]. Deuxièmement, la gouvernance sectoriellement fragmentée lutte pour faire face aux catastrophes en cascade. Les incendies secondaires causés par les tremblements de terre et les fuites de pipelines dépassent souvent la limite d'un seul département, entraînant des risques superposés [1]. Plus critique encore, la pensée spatiale est restée sous-utilisée dans la prévention et la réduction des catastrophes, ce qui déconnecte l'évaluation des risques de l'urbanisme et de la construction [6]. Il est donc nécessaire de clarifier la planification en tant qu'instrument de base pour affronter les forces désordonnées et sécuriser l'espace sûr, et de dépasser la dépendance de la défense à un seul risque, de l'ingénierie locale et de l'intervention d'urgence.

La réflexion mondiale sur la prévention des catastrophes subit une transformation systémique. Le cadre d'exposition-vulnérabilité des facteurs causant des catastrophes est devenu un consensus international. Bien que la recherche connexe en Chine ait commencé relativement tard, elle s'est développée rapidement au cours

des dernières années : théoriquement, la pensée résiliente des villes a été intégrée à des systèmes complexes et à une syntaxe spatiale [8-9]; en politique, le 14e Plan national quinquennal global de prévention et de réduction des catastrophes exige une plus grande résilience spatiale territoriale; et techniquement, les mégadonnées et l'intelligence artificielle sont reliées aux systèmes de prévention des catastrophes [10-13]. Les études existantes laissent encore des lacunes. Beaucoup se concentrent sur la catastrophe elle-même ou sur une seule technologie, négligeant le rôle interactif de l'espace urbain en tant que vecteur de catastrophes, amplificateur de risques et moyen de prévention. L'objectif de sécurité et de résilience n'a pas non plus été profondément ancré dans le système d'aménagement du territoire.

La Conférence centrale sur le travail urbain de 2025 a mis l'accent sur l'accélération de la construction de villes résilientes et l'amélioration du système de prévention de la sécurité urbaine. Cela crée un besoin urgent d'un cadre théorique systématique qui combine les risques multiples et couvre le processus complet de prévention et de contrôle. Par conséquent, le présent document déconstruit l'interaction complexe entre les risques de catastrophe naturelle et les systèmes spatiaux urbains, révèle la relation entre le substrat naturel, l'organisation spatiale et la planification des interventions, et propose ensuite un système de planification urbaine à six dimensions pour répondre aux risques de catastrophe naturelle : prévention des catastrophes au choix du site, planification structurelle avant les catastrophes, maîtrise des capacités de prévention des catastrophes, réservation d'espace ouvert stratégique, atténuation des catastrophes fondée sur la connectivité et maîtrise intelligente des catastrophes.

1 Attributs spatiaux urbains des risques de catastrophes naturelles

Les catastrophes sont essentiellement des interactions non linéaires entre les facteurs de risque et les corps exposés dans des espaces spécifiques. Au cours de l'urbanisation mondiale, l'expansion des terrains de construction est associée positivement à de fréquentes catastrophes. Le développement de zones géologiques faibles, l'occupation de plaines inondables et l'utilisation intensive de ceintures côtières intensifient les réactions de la chaîne sismique, le déséquilibre hydrologique et les dommages causés par les tempêtes. La déconstruction des caractéristiques spatiales urbaines du risque de catastrophe est donc essentielle pour comprendre les mécanismes de formation des catastrophes. Du point de vue de la situation géographique, du lien hiérarchique et de l'interaction des processus, cet article divise ces attributs en dotation spatiale matérielle, organisation spatiale du réseau et dynamique spatiale réactive (fig. 1).

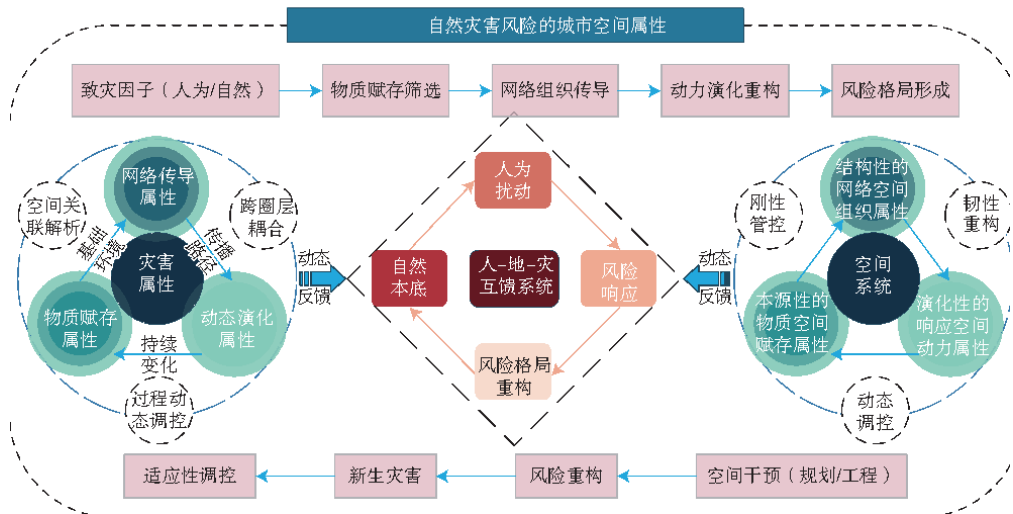


Figure 1 Caractéristiques spatiales urbaines des risques de catastrophe naturelle.

1.1 Attributs initiaux de dotation matériel-spatial

Les attributs de dotation spatiale des matériaux proviennent des cycles énergie-matériaux du système terrestre et de leur différenciation spatiotemporelle. Ils déterminent le spectre de la macrodistribution et de l'intensité des risques de catastrophe, comme la répartition des zones de faille, les trajectoires des catastrophes météorologiques et les profils des systèmes fluviaux. Sous la double perturbation du changement climatique et des activités humaines intensives, la reconstruction du champ de géostress et l'interférence du cycle hydrologique forment un mécanisme de rétroaction non linéaire du substrat naturel, des perturbations anthropiques et de la réponse au risque [4,14]. Le risque de catastrophe doit donc être compris comme l'expression spatiale de l'interaction dynamique entre les systèmes terrestres et la civilisation technologique, qui nécessite une logique de prévention et de contrôle fondée sur la circulation des matières énergétiques.

1.2 Attributs structurels réseau-organisation spatiale

Les attributs d'organisation spatiale du réseau sont enracinés dans la topologie et la dépendance systémique de l'environnement bâti. En tant que vecteur de risque, les effets d'interface densité-couplage de l'espace urbain poussent les chaînes de catastrophes modernes au-delà d'une seule échelle, provoquant une amplification non linéaire le long des voies entre les villes et les bâtiments. L'organisation spatiale sociale approfondit cet attribut. La différenciation spatiale de la population, de l'agglomération économique et de la capacité de gouvernance crée une mosaïque vulnérable [15], produisant des voies sélectives de transmission des risques. Un système de coordination tridimensionnel de la résilience des infrastructures, des réseaux de réponse à la gouvernance sociale et des barrières écologiques tampons est donc nécessaire pour interrompre la transmission des risques entre les médias.

1.3 Évolution des caractéristiques spatiales et dynamiques

Les caractéristiques spatiales et dynamiques réactives font référence au processus de rétroaction dynamique entre la production spatiale urbaine et les systèmes naturels. L'urbanisation rapide a accru l'exposition régionale et transféré les risques anciens, tandis que la conversion d'énergie ou le retard spatiotemporel peuvent produire une transmission intergénérationnelle des risques. La contradiction plus profonde réside dans les externalités des activités humaines et le déséquilibre de la répartition des risques. Conformément à la logique de la technologie spatiale à risque, la planification devrait utiliser le contrôle des listes négatives et la simulation numérique pour optimiser le modèle, et sur la base du partage des risques mondial construire un mécanisme dynamique d'adaptation et d'équilibre de l'adaptation au développement.

En résumé, les caractéristiques spatiales du risque de catastrophe sont le produit composé des lois géographiques naturelles et de la pratique spatiale humaine. La dotation matérielle constitue le support physique des catastrophes, l'organisation du réseau définit la voie structurelle de la transmission des catastrophes et l'évolution dynamique stimule la transformation continue des modèles de risque. Ensemble, ils constituent le fondement spatial de l'urbanisation complexe des risques de catastrophes naturelles et guident la planification de la pensée des conteneurs vers la pensée des processus, conduisant le système de catastrophes humaines-terres vers la sécurité et l'équilibre.

2 Composition d'un système de planification pour faire face aux risques de catastrophe naturelle

Basé sur la théorie des systèmes complexes et la théorie de la production de l'espace, cet article construit un cadre de gouvernance tridimensionnelle du contrôle des processus spatiaux, de l'attribution des éléments spatiaux et de l'optimisation de la sécurité spatiale. Grâce à la production et à la transformation de formes spatiales, elle répond à la chaîne complète d'induction de risques, d'aggravation du corps exposé et d'évolution de la vulnérabilité. Le cœur de ce modèle est de réduire la charge ordonnée et la résilience du système

d'orientation en modifiant les relations entre l'homme et la terre et les catastrophes par la reconstruction spatiale. Six systèmes de planification sont proposés.

2.1 Prévention des catastrophes par sélection de sites en fonction des contraintes liées à la substrate des catastrophes

La prévention des catastrophes par sélection de sites constitue la base de contrôle des sources pour les interventions de planification urbaine face aux risques de catastrophe. Il identifie et évite les contraintes en cas de catastrophe par le dépistage des sites, en formant un cadre rigide et souple de contrainte pour l'identification des risques, la contrainte du substrat et la sélection sécuritaire des sites. Il intègre les zones sensibles aux catastrophes dans les seuils d'accès à l'espace urbain et les inventaires des règlements de planification (fig. 2a). Ce système est ancré dans l'unité dialectique de la géographie physique et de la civilisation écologique : il identifie les modes de transmission de l'énergie des catastrophes par l'analyse de l'écologie des champs d'eau et des montagnes, clarifie la façon dont la tectonique et l'hydrologie régionales façonnent le modèle spatial sol-surface et fournit des contraintes naturelles déterministes pour l'espace urbain.

Techniquement, le présent document établit un cadre de mise en oeuvre de l'analyse des substrats, du dépistage des sites et du contrôle classifié. Au niveau de l'analyse du substrat, on utilise l'observation intégrée ciel-espace-sol-deep pour interpréter le couplage géorisque-géomorphique-habitat et la sensibilité à la chaîne de catastrophes. Dans le cadre du dépistage sur place, les données et les techniques d'évaluation multisources sont combinées pour construire une base de données régionale et établir des données multiniveaux sur les substrats de catastrophes à l'échelle régionale, urbaine et du site. En matière de contrôle par grade, des contraintes rigides et des directives souples sont combinées pour intégrer les contraintes liées aux catastrophes dans l'approbation et le suivi des projets, formant une boucle fermée de contrôle des listes négatives, d'évaluation des risques et de correction dynamique.

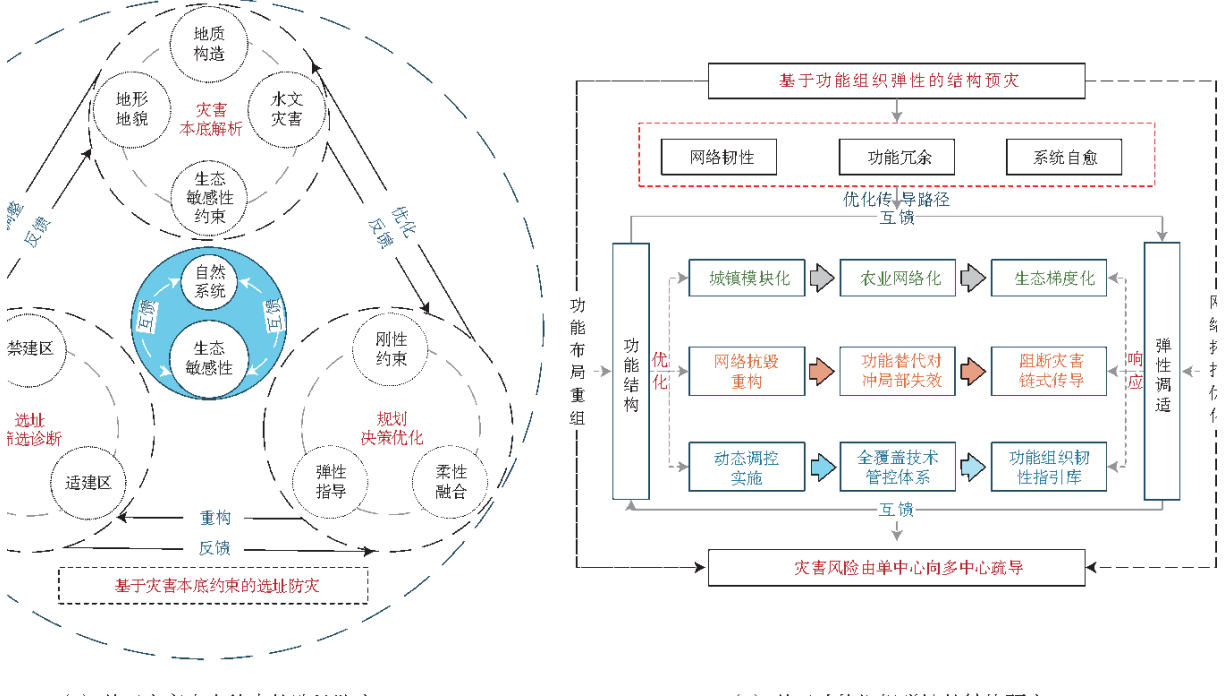


Figure 2 Composition du système de planification des interventions en cas de catastrophe naturelle.

2.2 Planification structurelle préalable aux catastrophes fondée sur la résilience fonctionnelle des organisations

La planification structurelle préalable aux catastrophes est la voie d'optimisation de la structure spatiale pour répondre aux risques de catastrophes naturelles. Il améliore la topologie du réseau et la disposition fonctionnelle pour former un cadre de protection résistant à plusieurs niveaux de résilience du réseau, de redondance fonctionnelle et d'auto-guérison du système (fig. 2b). S'inspirant de la théorie complexe des systèmes adaptatifs et de la théorie de la structure dissipative, elle souligne que les catastrophes se déplacent sur l'échelle et les interfaces fonctionnelles. Premièrement, la relation unité-réseau fonctionnel structure-substrat de catastrophe est utilisée pour identifier les mécanismes de réorganisation fonctionnelle et de couplage des risques [11,13]. Deuxièmement, les aménagements multicentriques et collectifs distribuent les risques de catastrophe et préviennent les défaillances fonctionnelles dans des centres uniques. Enfin, une redondance d'optimisation modulaire est formée au sein de l'organisation spatiale, de sorte que les installations, l'espace agricole, les barrières écologiques et les nœuds d'urgence maintiennent l'efficacité du service. L'itinéraire technique pour la planification structurelle avant la catastrophe consiste en l'optimisation fonctionnelle, la reconstruction du réseau et l'ajustement dynamique. L'optimisation des unités fonctionnelles identifie les points vulnérables et reconstitue la fonction par la syntaxe spatiale et la simulation multi-intelligent-corps. La reconstruction du réseau renforce la capacité spatiale d'endurer les interruptions en augmentant la densité de résilience structurelle et en optimisant la redondance des nœuds clés. L'ajustement dynamique utilise ensuite une plate-forme de simulation pour réaliser des projections de scénarios, fixer des seuils d'endurance pour les fonctions clés et soutenir la réponse adaptative à la transmission soudaine des catastrophes.

2.3 Maîtrise des capacités de prévention des catastrophes sur la base de l'équilibre entre le développement et l'intensité

La maîtrise des capacités en matière de prévention des catastrophes est la gestion des gradients pour la planification urbaine face aux risques de catastrophes naturelles. Il fixe des seuils d'intensité de développement différenciés selon l'espace en coordonnant les relations entre les parcelles urbaines et les parcelles d'habitation, en transformant la capacité porteuse de sûreté en paramètre contraignant de l'intensité de développement spatial (fig. 3a). Cette approche exige l'intégration de la théorie des systèmes de gestion des catastrophes et de la gouvernance des capacités. Il identifie d'abord les caractéristiques de perturbation à plusieurs échelles des catastrophes et précise comment la densité urbaine excessive et la défaillance fonctionnelle au niveau de l'unité déclenchent l'amplification en cascade du risque. Il utilise ensuite la double évaluation pour établir une voie de conversion des zones à risque aux grilles de contrôle de l'intensité. Enfin, il ancre le volume de développement total et établit un système d'intensité par étapes de contraintes du domaine total, d'adaptation des districts et de précision des parcelles.

Pour la réduction de la capacité, cet article développe un cadre à chaîne complète d'optimisation de l'appariement des zones de seuil et des paramètres morphologiques. Dans la couche de seuil de sécurité urbaine, les données sur le terrain, l'écologie et l'histoire des catastrophes servent à déterminer la capacité de développement régionale maximale et à empêcher le surdéveloppement de franchir le seuil de transport et de causer une défaillance systémique en cascade. Dans la couche de rapport unité-terre, les automates cellulaires et les modèles morphologiques sont utilisés pour construire une matrice de sensibilité aux catastrophes, révéler les mécanismes de transmission des risques et optimiser les proportions d'utilisation des terres à l'échelle de la grille ou de la communauté. Dans la couche de paramètre de la forme du site, des modèles morphologiques d'efficacité en matière de sécurité et de simulation de planification sont utilisés pour optimiser les rapports de mise en page et la continuité du bâtiment, établissant des contrôles raffinés pour la densité, le contour, l'espacement, la hauteur et la capacité.

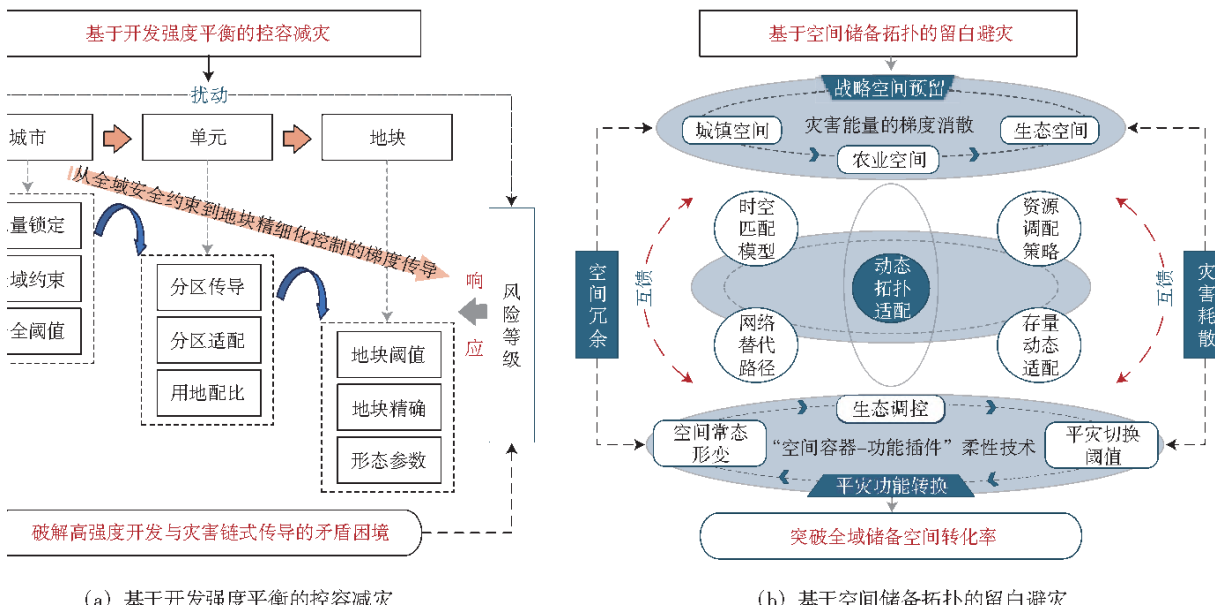


Fig. 3 Composition du système de planification des interventions en cas de catastrophe naturelle.

2.4 Réserve stratégique en espace ouvert basée sur la topologie des réserves spatiales

La réservation stratégique d'espace ouvert est la gestion stratégique des réserves spatiales pour la planification urbaine face aux risques de catastrophe. Il transforme le stockage résilient et la libération en vitesse d'allocation des ressources spatiales en optimisant les nœuds de résilience urbaine et la topologie, formant un mécanisme de conversion en cas de catastrophe, de tamponnement énergétique et d'absorption graduelle (fig. 3b). Le système provient de l'intégration de la théorie de la ville résiliente et de la topologie. Tout d'abord, il convertit la redondance spatiale et la résilience fonctionnelle pour renforcer la réponse à un événement incertain. Deuxièmement, il introduit la logique de l'appariement de la topologie et de la défense en cas de catastrophe, répondant au besoin réglementaire obligatoire d'un important espace de réserve stratégique. Troisièmement, grâce à une conception de conversion spatiale-réserve-intergénérationnelle, les couches de refuge au niveau des cantons deviennent des unités résilientes distribuées, l'espace agricole est relié par les forêts, les plaines inondables et l'affectation des ressources foncières, et l'espace écologique utilise les réserves naturelles pour créer des interfaces d'absorption d'énergie à grande échelle.

Techniquement, le système met l'accent sur la rétention spatiale, la génération de topologie et la conversion des entités. Au niveau stratégique de l'espace ouvert, il introduit des solutions basées sur des éléments naturels tels que la forêt, le champ, l'eau et les prairies, et convertit le réseau multimodal en ceintures tampons. Dans l'espace des cantons, elle construit une structure à trois niveaux pour absorber et stocker l'énergie à différents gradients. Dans les espaces agricoles et écologiques, les réseaux de terrassement et les reliefs protégés sont transformés en réseaux d'absorption d'énergie à grande échelle. Au stade de l'adaptation dynamique-topologie, un modèle spatiotemporel d'appariement identifie les meilleurs nœuds de refuge et de soutien d'urgence, optimise les voies de substitution du réseau et l'allocation des ressources de récupération, et détermine le seuil d'activation et la séquence de conversion de l'espace de réserve par simulation de scénarios de catastrophe.

2.5 Atténuation des catastrophes fondée sur la connectivité grâce à l'adaptation à la résilience des installations

L'atténuation des catastrophes fondée sur la connectivité est la gestion infrastructure-garantie pour la planification urbaine face aux risques de catastrophes naturelles. Il reconstitue la protection technique en une base d'adaptation résiliente pour la gouvernance spatiale en coordonnant le système physique d'ingénierie de

ligne de sauvetage, la coordination du réseau et la récupération dynamique (fig. 4a). Ce système repose sur le couplage de la théorie de l'infrastructure résiliente et des principes de gouvernance spatiale [12,19]. Il classe l'infrastructure par redondance, adaptabilité et récupération, en utilisant la topologie en forme d'anneau et la conception modulaire pour obtenir une correspondance élevée entre les fonctions de l'installation et la demande. Deuxièmement, la théorie complexe des systèmes adaptatifs est utilisée pour identifier les mécanismes de liaison et d'échec, et un chemin d'adaptation dynamique du réseau basé sur une protection unique, la réparation en réseau et l'évolution du système est construit. Enfin, les exigences en matière de protection technique se traduisent par des indicateurs de contrôle de la planification, et une classification de l'utilisation des sols des infrastructures résilientes est établie pour améliorer l'efficacité et déplacer la défense passive vers une participation active à la résilience spatiale.

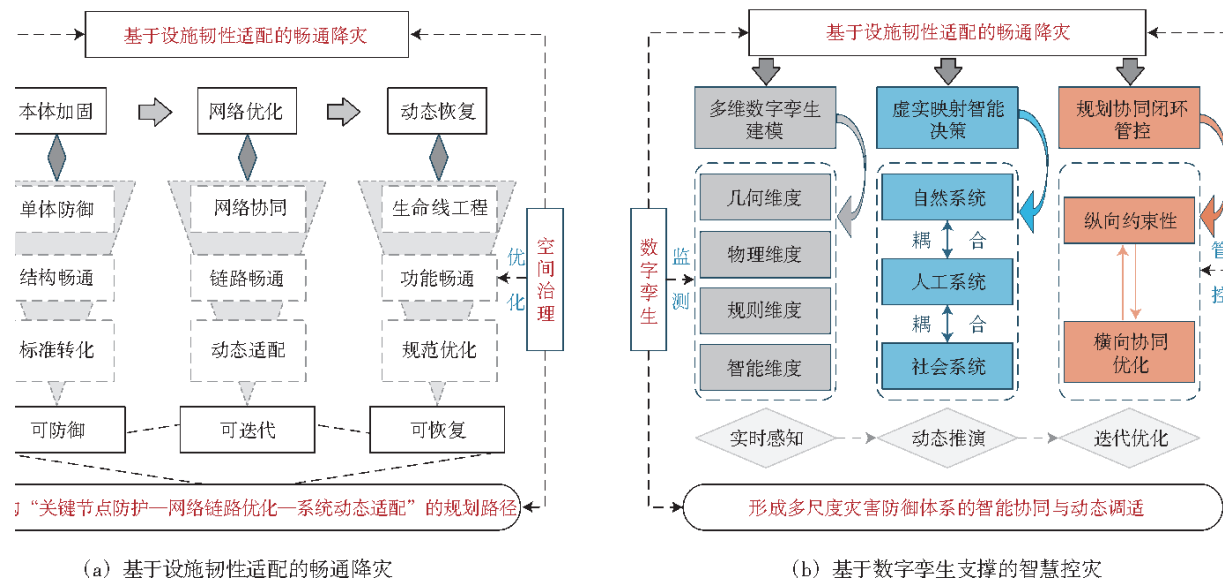


Figure 4 Composition du système de planification des interventions en cas de catastrophe naturelle.

2.6 Contrôle intelligent des catastrophes soutenu par des jumelles numériques

La maîtrise intelligente des catastrophes est le centre de gouvernance numérique pour la planification urbaine face aux risques de catastrophes naturelles. Il établit un mécanisme circulaire d'interaction virtuelle-réelle, d'itération intelligente et de prise de décision intégrée par la perception en temps réel, la simulation dynamique et l'optimisation itérative (Fig. 4b). Le système découle de l'innovation méthodologique des jumeaux numériques et de la science des systèmes complexes. Il construit d'abord des cartes multidimensionnelles de la simulation géométrique à la simulation dynamique. Il intègre ensuite le BIM, le SIG et l'IoT pour créer un environnement de simulation couplé de systèmes naturels, artificiels et sociaux, améliorant la prise de décision empirique en gouvernance intelligente axée sur l'algorithme. Enfin, il relie la plate-forme numérique à l'aménagement du territoire, de sorte que le contrôle de la planification, le suivi de la mise en œuvre et la rétroaction d'évaluation forment une boucle fermée intelligente complète.

Dans le cadre de la mise en oeuvre, la maîtrise intelligente des catastrophes passe par la modélisation multidimensionnelle, la cartographie virtuelle et la prise de décisions en boucle fermée. Le modèle numérique-twin fournit un support de fond grâce à la modélisation à haute précision en quatre dimensions de la géométrie, de la physique, des règles et de l'intelligence. La cartographie virtuelle-réelle maintient l'interprétation dynamique, l'intégration des contraintes et la projection évolutive. Le lien de décision intelligente repose sur la perception en temps réel et la simulation multi-intelligent-corps pour générer des contrôles coordonnés à travers les dimensions verticale et horizontale, transformant l'intervention d'urgence en intervention précise. Au

niveau de la planification-coordination, une plate-forme à une carte soutient l'optimisation multi-objectif à travers la simulation, le suivi en cas de catastrophe et l'évaluation post-catastrophe, formant un système de gouvernance intelligent de perception, d'inférence, de contrôle et d'itération.

3 Conclusions et perspectives

En tant que produit de la transformation humaine de la nature, la ville se développe par une interaction constante avec les lois naturelles. Les catastrophes ne sont pas des perturbations externes à l'urbanisme, mais des contradictions intrinsèques ancrées dans l'évolution de l'espace urbain. La capacité de réagir scientifiquement et efficacement aux risques de catastrophe est donc une mesure essentielle des résultats de la planification. Dans le contexte du couplage profond entre le changement climatique mondial et l'urbanisation, le présent document met l'accent sur les risques de catastrophes naturelles sous l'influence importante des activités humaines, déconstruit leurs caractéristiques spatiales et construit six grands systèmes d'urbanisme. Les principales conclusions sont les suivantes.

3.1 Clarifier la logique urbaine-spatiale des risques de catastrophes naturelles

L'article précise que les caractéristiques spatiales des risques urbains de catastrophes naturelles ne sont pas une caractéristique de localisation géographique unique, mais un ensemble intégré composé d'origine, de structure et d'évolution. La dotation spatiale des matériaux découle de la différenciation non linéaire des cycles énergie-matériaux dans le système terrestre. Le mouvement des plaques et la circulation atmosphérique façonnent le substrat de risque, tandis que les activités de génie urbain créent une rétroaction entre le substrat naturel, les perturbations anthropiques et la réponse au risque. L'organisation spatiale du réseau repose sur la topologie de l'environnement bâti et du système social, amplifie la transmission des risques par la densité, le couplage et les effets d'interface, et produit une transmission non linéaire à travers le bâtiment, la ville et la région. La dynamique spatiale réactive reflète l'interaction dynamique entre la production spatiale urbaine et les systèmes naturels, dans laquelle le développement spatial génère des effets intergénérationnels par substitution et transfert des risques, et les externalités des activités humaines intensifient la différenciation des risques à l'échelle et entre les médias.

3.2 Construction d'un système d'urbanisme de contrôle des sources, de protection du corps exposé et d'amélioration des capacités

Fondé sur la théorie des systèmes complexes et la théorie de la production de l'espace, cet article traduit le cadre de la capacité de réduction des catastrophes corporelles exposée à la source de la sécurité urbaine en six systèmes de planification [6,19-20]. La prévention des catastrophes par sélection de sites permet de déterminer les sources de risque et de réaliser l'isolement des sources grâce à l'emplacement des sites d'évitement des catastrophes. La planification structurale préalable aux catastrophes vise l'organisation fonctionnelle des corps exposés et construit des mécanismes de substitution et d'auto-récupération grâce à l'optimisation de la topologie du réseau et à la redondance fonctionnelle. La maîtrise des capacités de prévention des catastrophes empêche la concentration excessive d'organismes exposés de grossir les risques grâce à des seuils d'intensité de développement. La réservation stratégique d'espace ouvert réserve un espace stratégique et construit des tampons physiques et des lieux de refuge. L'atténuation des catastrophes fondée sur la connectivité assure la redondance de la ligne de sauvetage et l'accessibilité du réseau pour maintenir les fonctions. La gestion intelligente des catastrophes relie la surveillance et la prévention par des jumeaux numériques et améliore la précision et la rapidité de l'intervention. Ensemble, ces systèmes intègrent le contrôle des sources de risque, la protection des personnes exposées et le renforcement des capacités de réduction des catastrophes dans la planification urbaine.

3.3 Explorer la voie d ' intégration entre l ' aménagement du territoire et la prévention et la réduction des catastrophes

Pour remédier à l'intégration insuffisante des objectifs de sécurité et de résilience, le document propose des stratégies d'intégration différenciées. Au niveau de la planification et de la transmission, les lignes de contrôle des risques de catastrophe devraient être intégrées au système de contrôle rigide de trois zones et de trois lignes. Au niveau des méthodes techniques, il faudrait intégrer la surveillance collaborative de l'espace-ciel-sol-deep, l'analyse des recouvrements spatiaux SIG et la simulation multi-intelligent-corps pour relier l'évaluation des risques à la conception de la planification. Au niveau de la gouvernance-performance, un contrôle gradué qui combine contrainte rigide, orientation souple et intégration adaptative devrait équilibrer la protection écologique, la prévention de la sécurité et les besoins de développement spatial.

La planification urbaine face aux risques de catastrophes naturelles est un projet multidisciplinaire et multiniveaux. La recherche future devrait intégrer davantage les ressources techniques transdisciplinaires et les plates-formes d'innovation collaboratives, promouvoir la transition de la prévention des catastrophes urbaines et la réduction de la prévention après une catastrophe à la prévention proactive, de la défense à un seul risque à la gouvernance de la chaîne des catastrophes, et de la prise de décisions fondées sur l'expérience à la réglementation intelligente, fournissant ainsi un appui technique à la modernisation de la gouvernance spatiale urbaine dans le cadre de la stratégie de la Chine pacifique.

Références

- [1] Buldyrev S V, Parshani R, Paul G, et al. Catastrophic cascade of failures in interdependent networks [J]. *Nature*, 2010, 464(7291): 1025-1028.
- [2] Peng Jianbing, Cui Peng, Wang Huijun, et al. Conception for building a natural-disaster prevention and control system [R]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2025, 39(6): 1-8.
- [3] Peng Jianbing, Lan Hengxing, Qian Hui, et al. Scientific conception of a livable Yellow River [J]. *Journal of Engineering Geology*, 2020, 28(2): 189-201.
- [4] Peng Jianbing, Zhang Yongshuang, Huang Da, et al. Feedback disaster effects among tectonic deformation, rock-mass loosening, surface freeze-thaw and engineering disturbance zones on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Earth Science*, 2023, 48(8): 3099-3114.
- [5] Yin Yueping, Li Bin, Gao Yang, et al. Research on long-runout high-level geological disasters: review and prospect [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2023, 34(5): 1-12.
- [6] Zhai Guofang, Xia Chenxi. From engineering disaster prevention to spatial governance: paradigm shift of resilient-city theory [J]. *City Planning Review*, 2023, 47(1): 9-19.
- [7] Liu D, Zhang J Q, Wang X, et al. Synergizing multi-temporal remote sensing and systemic resilience for rainstorm-flood risk zoning in the northern Qinling foothills: a geospatial modeling approach [J]. *Remote Sensing*, 2025, 17(12): 2150.
- [8] Yang Minxing, Huang Bo, Cui Can, et al. Review and prospect of disaster prevention research based on resilient-city theory [J]. *Urban Planning Forum*, 2016(1): 48-55.
- [9] Ren Baoguang. Design methods and principles for resilient cities based on complex adaptive systems theory [J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(10): 1-3.
- [10] Zhen Feng, Zhang Shuting, Qin Xiao, et al. From information-enabled to integrated-enabled: exploration of smart territorial spatial planning [J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2060-2072.
- [11] Dai Shenzhi, Liu Wanwan, Gao Xiaoyi, et al. Compilation system and implementation mechanism of territorial spatial disaster prevention and reduction planning [J]. *Urban Planning Forum*, 2023(1): 48-53.

- [12] Peng Can, Zuo Weixin, Li Yuewen, et al. Multi-risk coupling in urban space and resilient planning response [J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 88-97.
- [13] Wang Kai, Xu Hui, Jia Pengfei, et al. Exploration of a safety-resilience planning method for precise adaptation between regions and cities [J]. Strategic Study of CAE, 2025, 27(4): 43-54.
- [14] Kaufmann R K, Seto K C, Schneider A, et al. Climate response to rapid urban growth: evidence of a human-induced precipitation deficit [J]. Journal of Climate, 2007, 20(10): 2299-2306.
- [15] Beer T. Review of the book At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters, 2nd ed., by B. Wisner, P. Blaikie, T. Cannon and I. Davis [J]. Natural Hazards, 2006, 40(2): 495-497.
- [16] Li Yunyan, Zhao Wanmin. Construction of an urban disaster prevention and mitigation method system based on spatial pathways [J]. City Planning Review, 2017, 41(4): 62-68.
- [17] Pan Haixiao, Dai Shenzhi, Zhao Yanqing, et al. Academic discussion on urban resilience and spatial planning in response to climate change [J]. Urban Planning Forum, 2021(5): 1-10.
- [18] Shi Peijun. Strengthening national natural-disaster risk assessment and zoning to support high-quality socioeconomic development [J]. China Emergency Management, 2023(1): 10-13.
- [19] Wu Zhiqiang, Wang Guangtao, Yang Baogun, et al. Academic discussion on cities supporting Chinese modernization: paths and missions [J]. Urban Planning Forum, 2025(3): 1-8.
- [20] Yue Qingrui, Lu Xinde, Xu Zhen, et al. Theoretical framework of risk source, exposed body and disaster-reduction capacity for urban safety [J]. Engineering Mechanics, 2025, 42(7): 19-27.

Traduction assistée par IA