

# Research on the Development and Upgrading Strategy of Underground Space Form Based on Toughness Improvement

Shao Feng, Shi Pingyang\*, Li Shaoxuan, Xin Wutang

School of Architecture and Urban-Rural Planning, Qingdao University of Technology, Qingdao, China

## Email address:

shaofeng@qut.edu.cn (Shao Feng), sspy1997@163.com (Shi Pingyang), 384196305@qq.com (Li Shaoxuan),

346221859@qq.com (Xin Wutang)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Shao Feng, Shi Pingyang, Li Shaoxuan, Xin Wutang. Research on the Development and Upgrading Strategy of Underground Space Form Based on Toughness Improvement. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 506-512. doi: 10.11648/j.sd.20221006.30

Received: November 18, 2022; Accepted: December 20, 2022; Published: December 23, 2022

**Abstract:** In recent years, natural disasters have occurred frequently, and people's lives and property safety have been threatened. There is an urgent need to improve urban resilience to promote sustainable urban development. The government has also continuously promoted the development of resilient cities from a strategic level. As an important part of cities, underground space, It is also necessary to improve the overall resilience of underground space to promote the high-quality development of underground space. Taking Qingdao as an example, it is clear that the resilience of Qingdao's underground space is the main body of research. Combined with the actual situation of Qingdao's urban development, the new opportunities, internal needs and practical problems faced by the development of Qingdao's urban underground space are studied; combined with the theory of dissipative structure and resilient cities theory, summarizing the target framework for the development of urban underground space form resilience in Qingdao, and proposing an active design strategy for underground resilient space form design methods for the form design method of underground resilient space, and proposing to expand the openness of the system, make full use of "negative entropy", and promote the system The long-term mechanism of urban underground resilient spatial form development in the non-equilibrium phase transition direction of fluctuation and guidance system.

**Keywords:** Urban Underground Space, Urban Resilience, Dissipative Structures, Development and Strategy, Long Term Effective Mechanism

## 基于韧性提升的地下空间形态发展与提升策略研究

邵峰, 史平阳\*, 李少轩, 辛武唐

青岛理工大学建筑与城乡规划学院, 青岛, 中国

## 邮箱

shaofeng@qut.edu.cn (邵峰), sspy1997@163.com (史平阳), 384196305@qq.com (李少轩), 346221859@qq.com (辛武唐)

**摘要:** 近年来自然灾害频发, 人民的生命和财产安全都受到威胁, 急需提升城市韧性以促进城市的可持续发展, 政府也从战略层面不断推动韧性城市发展, 而地下空间作为城市的重要组成部分, 也需要提升地下空间的整体韧性, 以推动地下空间的高质量发展。以青岛为例, 明确青岛地下空间韧性为研究主体, 结合青岛城市发展的实际情况, 研究青岛城市地下空间发展所面临的新机遇、内部需求及其现实问题; 再结合耗散结构理论与韧性城市理论, 总结青岛城市地下空间形态韧性发展的目标框架, 针对地下韧性空间形态设计方法提出了主动设计的地下韧性空间形态设计策略, 并

提出拓展系统开放性、充分利用“负熵”、推动系统的涨落、引导系统的非平衡相变方向的城市地下韧性空间形态发展的长效机制。

**关键词：**城市地下空间，城市韧性，耗散结构，发展与策略，长效机制

## 1. 引言

城市地下空间的利用，不仅可以高效地开发利用城市土地资源，还可以提高城市的防御以及安全性，这是建设生态城市、可持续发展城市的重要途径[1]。因此，城市地下空间可以很好的缓解城市问题、改善城市环境。同时，城市发展还要面临着自然灾害频发等外部环境问题，急需提升城市韧性城市，以推动城市可持续发展。地下空间发展作为城市的重要组成部分，结合韧性城市理论，推动地下空间的高质量，对推动城市综合发展具有重要意义。目前，怎样将两者融合，共同推动城市高质量发展的研究依然不足。针对基于韧性提升的地下空间发展研究有所欠缺。需要人们加强相关领域的研究，以增强地下空间与韧性城市的理论基础，为促进相关领域的发展提供助力。

## 2. 青岛地下空间发展的机遇、需求与问题

### 2.1. 新机遇

#### 2.1.1. 产业升级

青岛是中国最早开放口岸的城市之一，工业发展起步较早。新中国成立后，青岛依然是全国重要的工业中心，涌现了海尔、海信、青岛啤酒等大企业。进入新世纪后，互联网、高铁、新能源等新兴产业也在青岛蓬勃发展。产业升级不但对青岛经济发展起到重要作用，也为地下空间发展提供了新的发展机遇。尤其是互联网技术的应用，为地下空间开发、建设以及管理等提供了新的手段与方法

#### 2.1.2. “十四五规划”与国土空间规划

在“十四五规划”第八篇第二十九章“全面提升城市品质”中强调了要转变城市发展方式，统筹城市建设与发展，推动集约发展模式，统筹地上地下空间利用，管控新建建筑，加快城市更新[2]。而在《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中也提到，“2035年，基本形成生产空间集约高效、生活空间宜居适度、……可持续发展的国土空间格局。”[3]地下空间对城市空间治理、空间高效集约都有重要推动作用，而城市功能移入地下空间后，可以很好的改善城市生态环境，推动可持续发展的城市空间格局。简言之，“十四五规划”与国土空间规划为地下空间开发提供了政策引导，拓展了新的发展机遇。

### 2.2. 内部需求

#### 2.2.1. 城市环境提升

青岛是著名的滨海旅游城市。“红瓦绿树、碧海蓝天”是旅客们对青岛的第一映像，当地居民们更以此为荣，

外地游客也对此表示欣赏。城市环境的提升对吸引外地游客以及改善当地居民居住环境等都有重要意义。城市地下空间的开发利用可以有效节约地面空间，将城市地面空间还之于民并可以建设更多城市绿地，提升城市环境，尤其可以改善城市中心区的空间、环境与空间微气候。

#### 2.2.2. 景点缺少多样空间

旅游业是青岛支柱产业之一。目前，青岛主要旅游景点集中分布在沿海一线，像栈桥、海军博物馆、观象山、海底世界、石老人以及众多海水浴场。沿海一线的空间较为单调，空间缺乏多样的变化，无法给人们带来新鲜感，且功能较为单一。地下空间天然具有拓展性、隐蔽性等特征。在沿海一线可发利用城市地下空间，可以有效提高城市土地利用效率，在保证城市沿海优美风景的同时也可以保证为游客与市民提供充足的休息与娱乐空间。

#### 2.2.3. 地下交通亟待发展

地下交通是地下空间利用的主要形式之一，也是人们受惠于地下空间的最重要形式。地铁更是城市地下交通的主要形式，在城市交通体系中发挥着骨干作用。相对于地铁，城市高架的发展虽然改善了交通，但也破坏了城市环境，并且地面交通正在变得更加拥挤、污染更加严重，更多地铁线路亟待开发。

#### 2.2.4. 亟需地下空间提升城市韧性

2021年，郑州7·20特大暴雨给了全国人民上了沉重的一课。《河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告》中提到此次事件造成重大伤亡与经济损失的很大一部分原因是因为灾害应急响应机制出现问题，而非地下空间与海绵城市（韧性城市）发展理念的错误。因此，应该防微杜渐，加大地下空间与海绵城市的建设投入的同时应该强化、完善灾害应急响应机制，利用地下空间来推动青岛海绵城市建设并推动韧性城市发展。

### 2.3. 现实问题

#### 2.3.1. 新经济发展与产业转型的阵痛

新经济发展与产业转型势必会对传统产业产生冲击，造成人员失业、经济发展迟滞等情况。“城市空间结构是城市社会经济发展长期积累的结果，是城市生产要素的重要的配置形式，城市空间结构的状况直接影响城市的社会、经济和生态效益的发挥。”[4]通过地下空间发展以达到调整和完善前海区域城市空间结构的目的，进而推动城市新经济发展、实现产业转移。但处在阵痛期的城市普遍缺乏资金与发展信心，这使得城市发展的阵痛传导至地下空间发展，影响地下空间也处在阵痛期。

### 2.3.2. 城市发展地下空间的矛盾

随着城市的发展，地下空间建设面积与开发强度不断增加，人们对地下空间的接受程度也在不断增加。城市生活中地下空间的开发利用可以很好的拓展城市空间，并通过建设地下商业等形式来推动城市经济的发展。但由于地下空间建设成本高，回报周期长，并且人们对地下商业等地下空间利用形式的认可程度有限，因此，即便城市地下空间会为城市经济提供发展动力，依然会有人认为建设城

市地下空间是一种“浪费”。因此，青岛城市发展需要地下空间，但是又担心地下空间在建成后得不到充分、合理的利用，造成了资源的严重浪费。面对这种情况，首先应重视地下空间发展的内部需求，保持地下空间的发展；还应重视对地下空间的合理规划，保证地下空间活力；同时，还要重视对地下空间的宣传与教育，不断扩大人们对城市地下空间的接受程度。

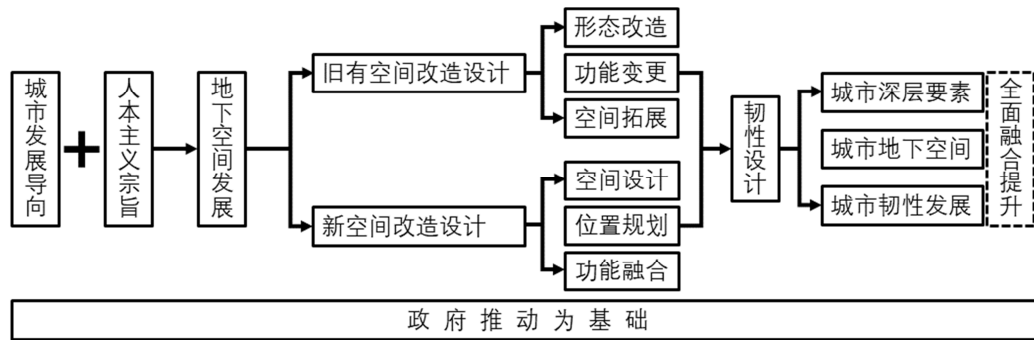


图1 地下空间形态的韧性发展目标框架（图片来源：作者自绘）。

表1 三种不同城市韧性观点的总结比较。

韧性观点	平衡状态	本质目标	理论支撑	系统特征	韧性定义
工程韧性	单一稳态	回复初始稳态	工程思维	有序的，线性的	韧性是系统受到扰动偏离既定稳态后,恢复到初始状态的速度
生态韧性	两个或多个稳态	塑造新的稳态，强调缓冲能力	生态学思维	负责的，非线性的	韧性是系统改变自身结构之前所能够吸收的扰动的量级
演进韧性	抛弃了对平衡状态的追求	持续不断地适应强，调学习力和创新性	系统论思维，适应性循环和跨尺度的动态交流效应	混沌的	韧性是和持续不断的调整能力紧密相关的一种动态的系统属性

资料来源：参考文献[11]

## 3. 韧性

“韧性”一词最早应用于物理学，是材料受到使其发生形变的力时对抗折断的能力，是一种保持现状的恢复力。《现代汉语词典》中注释到：“物体受外力作用时，产生变形而不易折断的性质”[5]。1973年霍林(Holling)[6]首次将韧性的概念应用到生态领域，并定义了生态韧性：生态系统在受到影响后适应、维持、恢复的能力。随后“韧性”开始逐渐扩展到包括心理学、社会学、经济学、管理学等多个领域。上世纪末，米莱蒂[7]（Mileti）尝试对“韧性城市”进行定义：能够经受自然打击但不会遭到毁灭性的损失、伤害以及生产力或生活质量的下降的地方。学者戈德沙尔克[8]（Godschalk）对韧性城市进行了更加深入形象的解释，他认为韧性城市是物质与社区共同组成的可持续系统，物质好比城市的身体而社区就像城市的大脑，大脑指挥着身体的行动，灾害中物质和社区必须在压力下相互协调，共同抵御灾害的侵扰。随着人们的持续深入研究，韧性城市也逐渐向更深层次、更广领域拓展。2001年，Nystrom和Folke基于珊瑚礁的研究首次提出空间韧性的概念：空间韧性是促使受干扰后的系统发生重组并维持系统基本结构和功能的重要能力[9]。此后，空间韧性成为了衡量韧性城市重要的尺度，国内学者冯兴华[10]（Feng

Xinghua）等人则提出了“尺度-密度-形态”韧性框架，研究三者的协同发展机制，发现“尺度-密度-形态”的平衡可以促进韧性城市的和谐有序发展，为城市发展韧性提供了宝贵建议，并成功将空间形态与城市韧性建立了成功的联系。而邵亦文[11]等人基于国际文献综述对韧性城市进行了概念解析和总结，其将城市的“韧性”发展过程总结为“工程韧性-生态韧性-演进韧性”三个观点（表1），还认为国内韧性城市研究需要深入研究，不要满足于工程学思维，要将社会治理和民众参与的力量挖掘出来积极利用到韧性城市建设中。

## 4. 地下空间形态韧性发展的目标框架

总的来说，要构建城市地下空间形态的韧性发展目标，不能局限于空间形态的研究，而是在深入分析空间形态与韧性提升内部逻辑的前提下，再结合各影响要素、客观现实、市民需求等内容，综合制定地下空间形态的韧性发展目标框架（图2）。因此，建立的地下空间形态的韧性发展目标框架如下：以前海区域城市发展为导向，以“人本主义”为宗旨，以政府政策推动为基础与保障，并在城市地下空间发展的前提下，通过对旧有地下空间的形态改造、功能变更、空间拓展等，以及对新的地下空间的空间设计、位置规划、功能融合等进行指导，以求推动地下空间形态

的变化促进城市经济、生态等韧性的提升，并对人们生产生活等产生积极影响，同时促进深层要素、城市系统、地下空间形态、城市韧性的综合、全面融合与提升，最终将地下空间建设成为形态丰富、功能多样以及具有强大韧性的地下韧性空间（图1）。

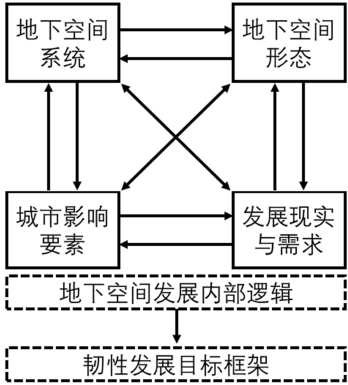


图2 目标框架的构建逻辑（图片来源：作者自绘）。

5. 地下空间形态的韧性设计策略与实践途径

5.1. 主动设计——地下空间形态的韧性设计

5.1.1. 空间明暗结合

为了提升城市韧性，城市地下空间形态的主动设计可以采取空间明暗结合的方法，其中“明空间”指的是地下街、地铁等由人使用的地下空间，而“暗空间”指的是管廊、物流、防空等非人使用空间或储备空间。明暗空间结合可以简单理解为人使用空间与非人使用空间的结合设计。而对其地下空间形态设计而言，明暗空间的结合方式包括：环绕式、内含式、转换式以及并列式。

环绕式指的是“暗空间”围绕“明空间”布置（图3），间接提升“明空间”的空间容量，必要时可以通过连接实现“明空间”的拓展或利用“暗空间”承接灾害，以实现提升空间韧性。内含式指的是“明空间”内嵌入“暗空间”，这种空间形态布局方式通过将“暗空间”内置于“明空间”内部（图4），灾害发生时可以利用“暗空间”的防灾、减灾功能实现对“明空间”的保护。转换式指的是明暗空间必要时相互转换，在日常使用中地下空间用作“明空间”（如地下行车道），而在灾害发生时可以快速将“明空间”转换成“暗空间”（如应急排水）（图5）。并列式指的是明暗空间相互平行布置的空间形态（图6）。

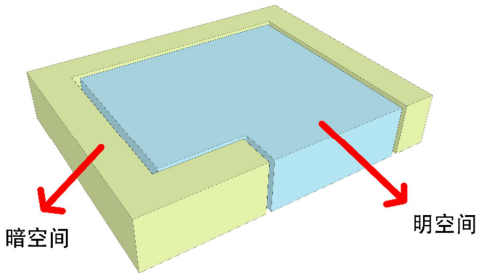


图3 环绕式明暗空间结合。

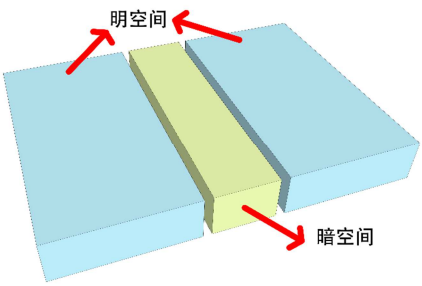


图4 内含式明暗空间结合。

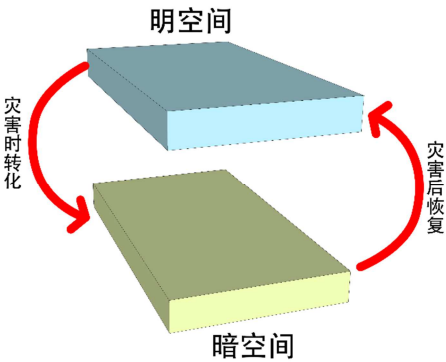


图5 转换式明暗空间结合。

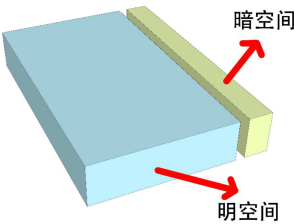


图6 并列式明暗空间结合。

（图片来源：作者自绘）

综合以上不难看出，明暗空间结合的设计方法可以帮助城市地下空间在规划与设计过程中选择特定的韧性空间形态范式。随后可以根据项目的实际设计需求以及“平战结合”进行功能布置，并对明、暗空间进行深化设计。利用明暗空间结合的方法既提高了韧性设计效率，也为城市经济、交通、社会等参量提供了充足的空间，对地下空间的韧性设计具有重要作用。

5.1.2. 地、城、海空间一体化

为了应对发展情况不同的客观现实，应该采用不同的地下空间形态设计方法，主要包括：地下空间下置式、地下空间后置式。

空间下置式，指的是传统的地下空间位于城市地表以下的空间形态（图7）。这类常用在城市中心以及开发强度较大的沿海区域，并借助对沿海区域已有城市地下空间进行功能、空间改造或者对地下空间进行扩建，可以在保证投资较少、影响较小的情况下拓展区域发展的主要功能。前海区域典型案例就是青岛站改造，对青岛站进行地下空间扩展并将附近建筑的地下空间进行改建，满足了交通与

旅游两大主要功能的需求，提升了区域的交通韧性与“旅游韧性”。

地下空间后置式，指的是按照地下空间、风景区、海洋的位置关系形成的位于同一水平面的空间形态(图8)。

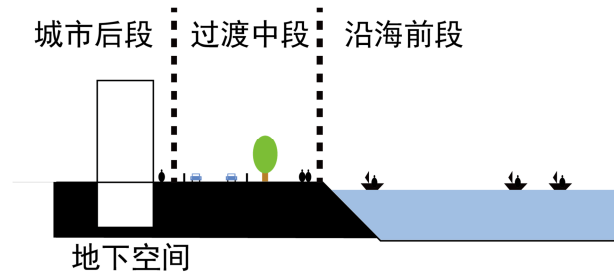


图7 下置式地、城、海空间一体化结构(图片来源:作者自绘)。

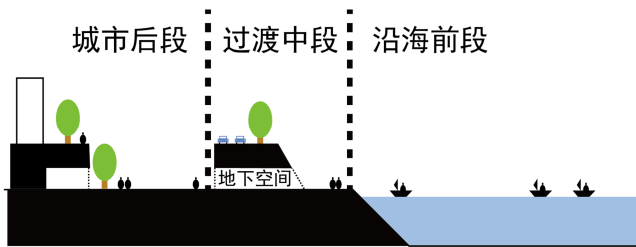


图8 后置式地、城、海空间一体化结构(图片来源:作者自绘)。

这类空间形态可以将地、城、海空间统一成整体，空间形态规整、动线流畅，使用效率高。同时，建成的地下空间覆土后依然可以用作公园，实现了沿海环境的保护，也可作道路等其他功能，土地使用率高。而在前海区域典型案例就是汇泉广场前的半地下空间，既为海水浴场提供了公共服务与休息空间，也为保护了沿海环境。

## 5.2. 韧性设计的实践途径

地下空间形态的韧性设计的实践途径主要是遵循耗散结构理论下的地下空间发展规律。在政府主动引导下，综合各类城市发展要素，紧抓各要素的竞争与协同演化，充分发挥要素竞争与协同所带来的发展动力，推动地下空间形态的韧性设计。

政府主导下的地下空间韧性设计应该是主动设计的过程。政府综合考虑实际情况之后制定相关区域的地下空间规划并要求地下空间韧性设计需求，再通过政策引导、财政支持或者成立国有企业等方式主动引导区域内城市地下空间的韧性设计。通过政府主导影响地下空间开发，主动创造地下空间系统的涨落，利用涨落推动地下空间向着具有韧性特征的新的稳定有序结构方向发展。

地下空间的韧性设计最终目的是为了保证城市可持续发展以及提高居民生活水平。因此，在考虑政府决策与开发商之外，还应该充分考虑居民利益。政府最初的决策、地下空间规划以及地下空间建设开工以前应该充分进行调研，从民众中来，到民众中去，推动市民们主动、积极参与到城市地下空间规划与设计的过程中。依据市民实际需求改进政府政策、规划设计方案、地下空间形态以及功能。只有这样才能全面地推动地下空间的主动设计，实现地下空间的韧性设计，并高效建设韧性城市。

## 6. 地下韧性空间形态发展的长效机制

### 6.1. 拓展系统开放性

城市地下空间是一个复杂的开放系统，其无时无刻不在与其它系统和环境进行物质、能量、信息的交换，进而保证了地下空间系统的不断发展。因此，为了推动城市地下空间的不断发展，需要不断拓展城市地下空间系统的开放性。空间形态作为地下空间的子系统，通过系统开放性的拓展，可以帮助实现地下空间形态韧性发展的长效机制(图9)。随着经济实力的不断发展，城市也得到了飞速发展建设。人口、产业、经济等不断向着城市集中，推动城市发展的同时也促进了城市的开放发展，同样也在推动着地下空间系统的开放与发展。为了进一步推动地下空间系统的开放与发展，国家先后发布了《城市地下空间开发利用管理规定》、《城市地下空间开发利用“十三五”规划》，从国家层面不断推动着地下空间系统的发展。由此不难看出，国家正在不断创新地下空间的发展方向，拓展城市地下空间系统开放性的同时推动着城市韧性提升。为了适应地下空间系统以及城市韧性的发展，地下韧性空间的空间形态必然向着适应系统开放、韧性提升的方向不断发展。

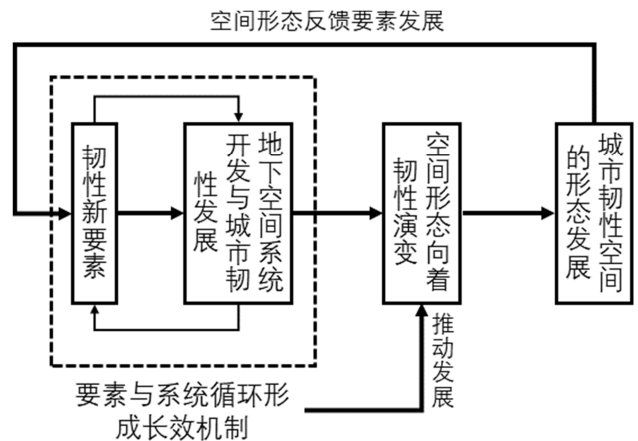


图9 地下空间系统的开放与空间形态的发展(图片来源:作者自绘)。

### 6.2. 充分利用“负熵”

系统发展是一个熵增的、不断失衡的过程，地下空间系统将自然、经济、人口、交通、社会等要素作为“负熵”不断吸纳入自身的系统中，并由此形成了非平衡的有序发展的城市地下空间形态系统。地下空间形态设计需要以功能需求为依据，因此需要不断吸收环境、城市提出的功能需求，也就是“负熵”，才能保证空间形态系统自身的不断发展。《新型智慧城市发展报告2018-2019》指明了地下空间开放发展的新方向，即智慧地下空间。同时，“十四五规划”中明确要持续推动地下空间发展、地上地下空间一体化发展等内容。这些政策性的引导本身就是国家层面为地下空间系统发展注入的“负熵”，而通过政策衍生所得到的方法与途径则拓展了系统发展所需的“负熵”流量。地下韧性空间形态也在“负熵”的影响下不断发展，由有序向着更有序发展(图10)。

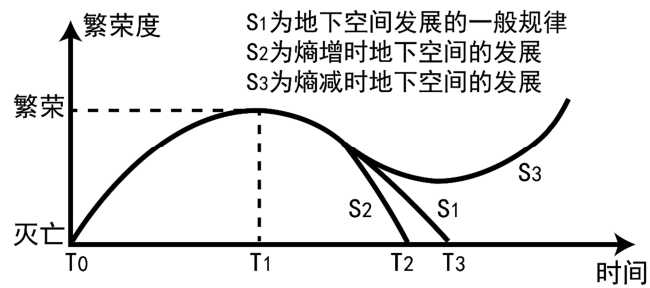


图10 负熵增加时地下空间发展规律(图片来源:根据参考文献[12]改绘)。

6.3. 引导系统的非平衡相变方向

非平衡相变是系统中当某一参量增长到达一定阈值时，系统在自组织的状态下，由原定态向新的定态变化的过程。开放的城市地下空间系统不断与环境进行要素的交流，并从环境与其他系统中吸收“负熵”，吸收的“负熵”又进一步推动系统发生涨落，并进一步产生非平衡相变。地下空间系统的变化与发展必然推动非平衡相变，其与涨落一样，会对系统产生不同的影响。因此需要进一步引导系统的非平衡相变的方向，使其能够促进地下空间与韧性城市发展。通过引导系统的非平衡相变方向可以实现对地下空间系统发展方向的把握，对实现地下韧性空间发展的长效机制具有重要意义。

对青岛城市地下空间发展来说，上位规划与居民要求有着相同的诉求。居民的实际行动与上位规划一起形成了上下一体的综合引导体系，共同引导着地下空间系统的非平衡相变的方向(图11)。综合引导体系对青岛前海区域提出了改造滨海城市空间、拓展城市绿地、改善城市交通等要求，并引导着地下空间逐渐向这几个方向发展。同时，综合引导体系还要求提高城市韧性，推动着城市地下空间系统向着提升城市韧性方向发展，并影响到地下空间形态的发展。

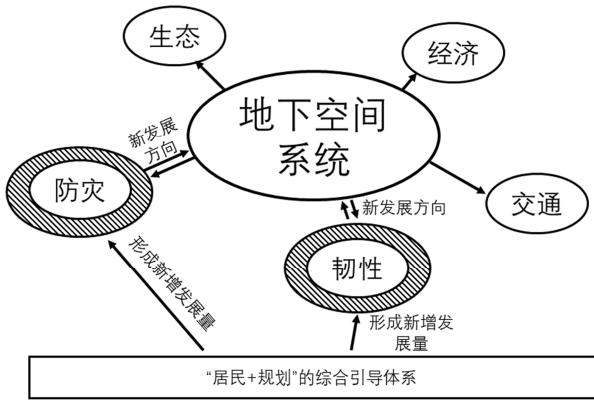


图11 引导地下空间系统的非平衡相变方向(图片来源:作者自绘)。

7. 结论

城市地下空间是推动城市发展的重要推动力，基于韧性提升提出地下空间形态发展策略对推动地下空间与韧性城市发展都具有重要意义。

1. 青岛地下空间发展具有产业升级、“十四五规划”与国土空间规划等新机遇；具有城市环境提升、景点

缺少多样空间、地下交通亟待发展、亟需地下空间提升城市韧性等内部需求；面临着新经济发展与产业转型的阵痛、城市发展地下空间的矛盾等现实问题。

2. 综合各种要素，建立以城市发展为导向，以“人本主义”为宗旨，以政府政策推动为基础与保障，并在城市地下空间发展的前提下，通过对新旧地下空间综合发展，推动地下空间形态的韧性设计，促进城市综合发展。
3. 地下空间形态的韧性设计——主动设计，主要包括：空间明暗结合与地、城、海空间一体化。
4. 根据耗散结构理论，地下韧性空间形态发展的长效机制主要包括拓展系统开放性、充分利用“负熵”、引导系统的非平衡相变方向。

城市地下空间系统是复杂的系统，本研究对系统间的复杂影响只是简单探索，依然有众多不足，未来将继续深入研究，不断拓展研究深度，同时结合不同影响因素研究地下空间形态的韧性设计方法，不断拓展研究广度。

致谢

本文为2022教育部年度人文社会科学基金《自组织理论视域下当代我国城市地下分层空间功能演化机制研究》(22YJA760068)与2022青岛市社会科学规划研究项目《近代青岛前海区域城市地下空间形态演化模式研究》(QDSKL2201176)的阶段性成果之一。

参考文献

[1] 朱合华, 骆晓, 彭芳乐, 李晓军, 刘春彦. 我国城市地下空间规划发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2017, 19 (06): 12-17.

[2] 新华社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[R/OL]. (2021-03-13). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm)

[3] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见 [R/OL]. (2019-06-10). [http://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content\\_5397679.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5397679.htm)

[4] 沈瑾. 资源型工业城市转型发展的规划策略研究基于唐山理论与实践 [D]. 天津大学, 2011.

[5] 中国社会科学院语言研究所辞典编辑室. 现代汉语词典 (第七版) [M]. 北京: 商务印书馆, 2016.

[6] Holling CS. Resilience and stability of ecological systems [J]. Annu Rev Ecol Syst, 1973, 4: 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

[7] Mileti D, ed. Disasters by design: A Reassessment of Natural Hazards in the United State [M]. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1999.

- [8] Godschalk, DR. Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities [J]. *Natural Hazards Review*, 2003, 4 (3): 136-143. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2003\)4:3\(136\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136))
- [9] 刘志敏, 修春亮, 宋伟.城市空间韧性研究进展 [J]. *城市建筑*, 2018 (35): 16-18. 10.19892/j.cnki.csjz.2018.35.004.
- [10] Feng XH, Xiu CL, Bai LM, Zhong YX, Wei Y. Comprehensive evaluation of urban resilience based on the perspective of landscape pattern: A case study of Shenyang city [J]. *Cities*, 2020, 104: 102722. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102722>
- [11] 邵亦文, 徐江. 城市韧性:基于国际文献综述的概念解析 [J]. *国际城市规划*, 2015, 30 (02): 48-54.
- [12] 何峰. 湘南汉族传统村落空间形态演变机制与适应性研究 [D]. 湖南大学, 2012.