

# 寒区城市的生态韧性及规划策略\*

## Ecological Resilience and Planning Strategies of Winter Cities

金 瑛 修春亮 JIN Ying, XIU Chunliang

**摘 要** 寒区城市面临冬季寒冷和城市病的双重挑战,特别是寒区大城市,在生态本底相对脆弱的情况下,还要面对巨大的人口压力。提高城市生态承载力、增强城市韧性,是寒区城市可持续健康发展的合适方向。通过分析寒区城市面临的特殊挑战,梳理已有研究和规划实践经验,结合城市生态韧性“规模—密度—形态”的研究和调控框架,提出一系列规划策略。其中,基于规模韧性的策略包括控制城市增长边界、高标准建设生态基础设施、重视常绿植被配置,基于密度韧性的策略包括控制城市密度、调节组团密度、增加冬季环境状况作为密度控制补充依据,基于形态韧性的策略包括优化城市外围形态、促进城市多中心组团发展、设置更多可接近的蓝绿空间、针对冬季需求采用更细致的规划布局手段等。

**Abstract** Winter cities are faced with the dual challenges of cold climate and urban diseases. With a relatively fragile ecological background, they are also faced with huge population pressure. Improving urban ecological carrying capacity and enhancing urban resilience is the appropriate direction for the sustainable and healthy development of winter cities. By analyzing the special challenges faced by winter cities, combing the existing research and planning experience, and combining the research and regulation framework of "scale-density-morphology" of urban ecological resilience, a series of planning strategies are proposed. Among them, strategies based on scale resilience include controlling urban growth boundaries, building ecological infrastructure with high standards, and attaching importance to the allocation of evergreen vegetation. Strategies based on density resilience include controlling urban density, adjusting internal group density, and increasing winter environmental conditions as the supplementary basis for density control. Strategies based on morphology resilience include optimizing the urban periphery form, promoting the development of urban polycentric clusters, setting up more accessible blue-green spaces, and adopting more detailed planning and layout methods for winter needs.

**关键词** 寒区城市;城市韧性;生态韧性;城市规划

**Key words** winter cities; urban resilience; ecological resilience; urban planning

文章编号 1673-8985 (2022) 06-0024-08 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220604

### 作者简介

金 瑛

东北大学文法学院

博士研究生

修春亮 (通信作者)

东北大学江河建筑学院

教授, 博士生导师

xiuchunliang@mail.neu.edu.cn

### 0 引言

世界上半以上的人口居住在城市,因而城市的安全发展至关重要。城市发展过程中不可避免会遇到很多具有不确定性的冲击和扰乱,如自然灾害、突发事故、经济危机、社会冲突、流行病疫情等,这些危机与漫长的城市发展和人类进步相生相伴。“韧性”的理念强调采用多种手段积极应对灾害并与其长期共存,适

合用来应对城市发展过程中不确定的困难和挑战。建设具有生存、适应、发展能力的韧性城市,已经成为当前城市发展的迫切要求和必然趋势。

生态学领域认为城市生态系统是生态学研究最后的前沿阵地,城市也需要更多可操作的生态知识,直接用于支持城市规划、设计和决策<sup>[1]</sup>。在韧性的多重含义中,“生态韧性”汲取了生态学中的平衡和演进思想,同时注重

\*基金项目:国家自然科学基金“基于流量的城市空间结构和主要功能关系研究——以沈阳为例”(编号41871162)资助。

通过生态空间建设来提高城市韧性,生态韧性的建设理念是兼具先进性和可操作性的。寒区城市同时面临严峻的自然条件和城市病的双重考验:冬季寒冷漫长,生态设施对于冲击的消解能力弱,生态系统更加脆弱;人口多、密度大、城市规模大,对自然系统的消耗更大,生态系统面临更大压力。寒区城市的生态韧性研究和规划需求更大。

我国是寒区范围较大的国家,研究寒区城市这一特定类型的生态韧性建设问题具有重要意义。本文首先梳理不同领域对寒区地理范围的界定和理解,提出寒区城市所面临的特殊问题,总结已有研究和实践领域在应对寒区城市相关问题时的做法,通过城市生态韧性概念的辨析,提出城市生态韧性的“规模—密度—形态”研究框架,最后基于这一框架和寒区城市的特殊性,尝试提出寒区城市规划策略。

## 1 寒区及寒区城市

### 1.1 寒区

“寒区”在不同领域,有着不同的划分标准。建筑领域在全国范围内划分了5个建筑热工设计气候区,其中,将最冷月平均温度

$t_0 \leq -10^\circ\text{C}$ 、日平均温度低于 $5^\circ\text{C}$ 的天数 $\geq 145$ 天的地区定义为严寒地区,整个北方地区和青藏高原地区几乎都在寒冷地区和严寒地区的气候区范围内<sup>[2]</sup>。在铁路、公路等建设领域,由于要考虑冻土情况,依照最冷月平均气温划分严寒地区( $t_0 \leq -8^\circ\text{C}$ )、寒冷地区( $-8^\circ\text{C} < t_0 < -3^\circ\text{C}$ )和微冻地区( $-3^\circ\text{C} \leq t_0 \leq 2.5^\circ\text{C}$ )来指导工程建设<sup>[3]</sup>。在地理学中,除了关注冻土区、冰川区和稳定性季节积雪区的覆盖,还要考虑气候系统和植被分布的一致性,陈仁升等<sup>[4]</sup>据此提出以最冷月平均气温 $t_0 < -3^\circ\text{C}$ 、超过 $10^\circ\text{C}$ 的月份 $\leq 5$ 个月、年平均气温 $\leq 5^\circ\text{C}$ 的条件约束下的区域最符合中国寒区的实际情况,主要包括黑龙江省、吉林的东部和北部以及辽宁东部的零星高山、蒙古高原及附近山脉,青海、甘肃、新疆、西藏的部分地区等。笔者依据参考文献综合绘制了全国建筑热工设计一级区划与地理寒区图(见图1)。由图1可见,建筑热工划定的严寒地区和寒冷地区范围几乎完全覆盖了地理寒区的范围,地理寒区的范围相对较小。

### 1.2 寒区城市

寒区城市在西方国家被称为冬季城市

(winter cities),在日本被称为北方城市,我国学者多称之为寒区城市、寒地城市。尽管不同国家对于寒区城市有着不同的划分标准,世界各地的寒区城市也有着不同的气候特征,但大都依据季节温度、日照时间等标准,认为寒区城市指冬季漫长、气候寒冷而给城市生活带来不利影响的城市<sup>[5]</sup>。世界冬季城市市长会议(World Winter Cities Association for Mayors, WWCAM)将“冬季城市”定义为在积雪或寒冷的气候条件下进行建设的城市,通常全年积雪量的最大值为20 cm以上,全年最冷月份的平均气温为 $0^\circ\text{C}$ 以下。但该协会的手册中也指出,此标准只是大概值,只要是在城市建设中担负冬季课题的“冬季城市”都可以加入协会(<https://wwcam.org>)。同样,在寒区城市的研究中,重点更在于针对寒冷的特点,解决寒冷地区城市在冬季遇到的问题、建设宜居城市,并不严格限于气温和降雪的数值划分标准。

### 1.3 寒区环境对城市安全性和宜居性的挑战

寒区的冰雪环境为城市生活增加了特殊情趣,也为冰雪运动和旅游发展提供了有利条件。但是寒区城市由于冬季漫长、气温低、降雪多、日照短等气候特征,在生态安全和宜居性问题上面临更多挑战。

在生态和环境安全上面临挑战,包括:(1) 由于植物生长速度慢、冬季落叶,植被对污染物的吸附能力弱,生态承载力和容量小;(2) 采暖额外产生污染,且冬季夜长、逆温层厚、消散慢,不利于污染物扩散;(3) 积雪冰冻会封存一些污染物等原因,更易发疫病,生态脆弱性高。

在城市运行和居民生活上面临挑战,包括:(1) 冬季降雪,为城市道路交通带来阻碍,严重时影响城市生命线系统运行;(2) 天气严寒,冬季室外公共空间使用不便,流感发病较多,且出行不便,增加额外防疫难度;(3) 由于光线照射不足以及严寒环境导致居民的社会和身体活动水平下降,可能会出现诸如季节性抑郁等健康问题。

寒区城市生态环境更加脆弱,寒地生态城市建设需求更加迫切<sup>[6][82]</sup>。寒区城市在严酷的

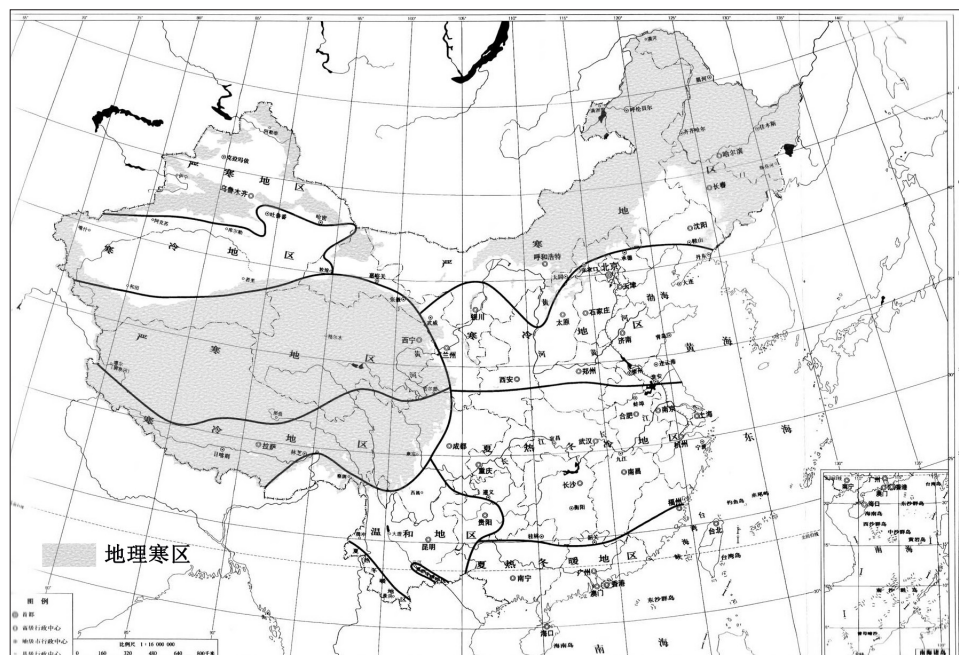


图1 中国建筑热工设计一级区划与地理寒区图

Fig.1 China's building thermal design first-level zoning and geographical cold area map

资料来源:笔者在参考文献[2]、[4]基础上改绘(审图号:GS(2017)690号)。

自然条件下仍然聚集了大量人口,形成巨大的城市规模,其面临的生态压力更大,同时在诸如交通拥堵、环境污染、职住分离等城市病问题上也会面临更多挑战(见图2)。寒区城市更需要有效的规划手段,以缓解城市的生态压力和城市病问题,促进城市宜居、韧性发展。

## 2 针对寒区城市环境的规划研究和实践探索

近年来,寒区城市的安全和宜居问题受到越来越多的关注,学者们和城市规划与管理者们尝试从寒区城市面临的特殊问题和挑战入手,从学术研究到规划实践,从宏观的城市规划和管理到微观的城市设计,多尺度、多角度地提出相关策略。此外,来自世界各地的寒区

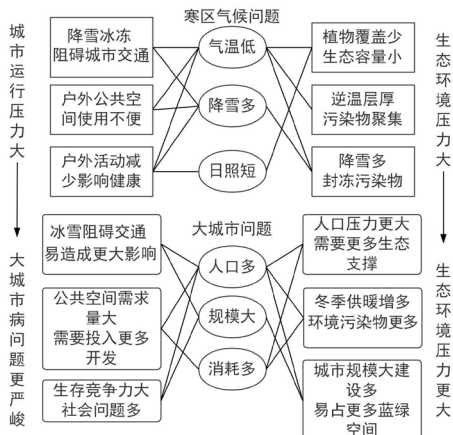


图2 寒区城市面临的特殊挑战  
Fig.2 Special challenges for large winter cities  
资料来源:笔者自绘。

城市管理者们还自发组织了一系列寒区城市国际发展协会,共同讨论寒区城市发展问题。图3梳理总结了寒区城市规划与实践相关内容。

### 2.1 寒区城市规划

常见的寒区城市规划研究更重视城市多中心组团式布局,以及合理配置城市绿地和设施、扶持冰雪产业发展,从而改善城市安全环境和宜居性。

#### (1) 多中心组团式布局

由于寒区城市的生态环境更加脆弱、生态承载力较低,如果连片建设的城市规模和人口规模较小,则有利于减少生态赤字和维持良好的城市生态环境。对于城区人口集聚的寒区城市来说,应通过“有机疏散”的方法对城市规模进行管理,并控制人口向郊区蔓延<sup>[7]16</sup>。以摊大饼式的单中心形式发展的寒区城市,会在城市的职住融合、城市交通等方面,面临非常大的压力。寒区城市应该以不同功能导向的紧凑集中发展片区,引导城市多中心发展。多中心紧凑型的城市格局不仅能够从节约供热损耗率的方面降低供暖能耗,利用热岛效应提高冬季室外的舒适度,还能从提高城市冗余度的方向提高韧性<sup>[8]43</sup>。“组团式布局”的模式是寒区城市特别是大城市较为推崇的发展格局,如蔡天舒<sup>[9]4</sup>针对哈尔滨市提出,以居民在冬季能忍受的出行时间为尺度,划定组团规模大小,并结合城市发展动力轴线,调配组团

增量用地空间。

#### (2) 合理配置绿地空间

在寒区城市,植被生长期短,冬季大量落叶,因此冬季植被覆盖率低。但无论是从生态安全还是居民健康的角度,绿色植被对于寒区城市来说都格外重要。有研究发现,在冬季植被覆盖能够对居民的情绪起到积极的作用,植被和雪等冬季景观都是令人喜悦的元素<sup>[10]8</sup>。同时,合理的城市绿地配置也能够从优化城市布局形态的角度有效提高城市韧性。如利用绿色廊道、绿楔公园等生态基础设施,为寒区城市构建调蓄旱涝的生态安全格局提供保障<sup>[8]42</sup>。莫斯科市即典型的将郊区森林以绿楔形式嵌入城市总体规划布局中的寒区城市,在外围构建了良好的城市生态屏障<sup>[11]</sup>。此外,也可以利用季风方向优化寒区城市的绿地空间布局,设置城市绿色基础设施平行于夏季风主导方向,在夏天有效缓解城市热岛效应,在垂直于冬季风的主导风向种植防风林,有效抵挡冬季寒风<sup>[7]17</sup>。

#### (3) 设施安全可达

严寒和降雪影响寒区城市居民冬季外出,对基础设施和公共服务设施的可达性和安全性都有着更高的要求,“公交优先”和“设施可达”是寒区城市宜居生活所倡导的。对寒区城市来说,不仅要发展公交、轨道交通等来促进远距离联系,还应完善组团内部的公交网络体系,保障居民冬季出行的便捷性<sup>[9]9</sup>。此外,冬季暴雪可能会导致城市道路交通系统的瘫痪,影响城市生命线的运行。为此,伦敦市为33个行政区设计了冬季韧性网络系统(London resilience network),包括伦敦交通局和各行政区在恶劣天气条件下保持可用的关键路线,并日常储备足够两周用的融雪剂用于线路中<sup>[12]</sup>。加拿大埃德蒙顿市的冬季城市设计指南中提到,优先为行人、跑步者、骑自行车的人清理路上积雪,并为使用雪橇、雪鞋的室外滑雪者设计完善道路网络,满足市民不同的雪地运动,争取将滑雪道进行有效连接从而形成网络体系<sup>[13]73</sup>。

#### (4) 冰雪产业增加城市活力

“冬天是资源、是财产”是世界冬季城市

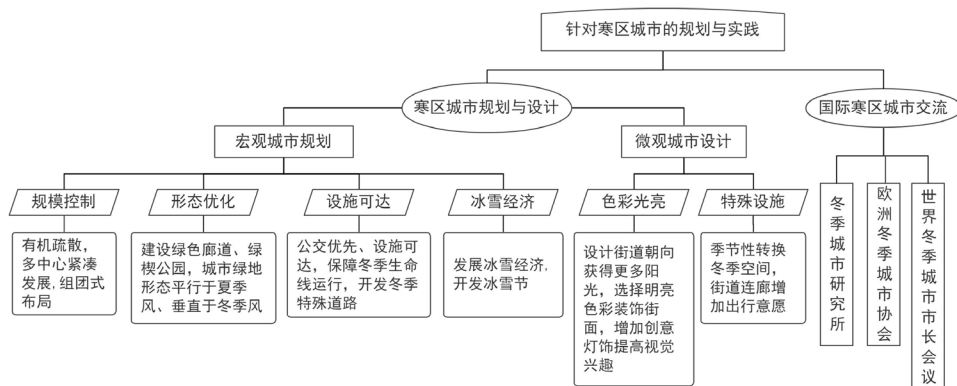


图3 针对寒区城市环境的规划研究和实践探索  
Fig.3 Planning research and practical exploration of winter cities  
资料来源:笔者自绘。

市长会议的口号。冰雪是寒区城市发展特色产业经济的重要资源。2022年北京冬奥会的成功举办促进了我国冰雪运动的普及和冰雪产业的发展,使得“冷冰雪”成为“热运动”和“热经济”,为我国寒区城市的特色产业经济发展提供了更多动力<sup>[14]</sup>。一些城市将冬季冰雪产业经济作为城市宣传的重要部分,如埃德蒙顿市通过结合文化、体育、艺术活动,每年设计举办不同主题的冬季节日,如2022年举办冬季自行车赛、2023年预告了拜占庭式冬季派对等,并在城市官方网站 (<https://www.wintercityedmonton.ca/>) 报道和预告节日内容,以增加居民和游客的冬季体验,促进冬季新经济的发展。

## 2.2 寒区城市设计

除了宏观的城市规划,微观的寒区城市设计也为寒区城市宜居发展提供了更多参考。良好的城市设计不应只关注好的气候条件,而是应该考虑全年、全天候下居民的公共空间需求。虽然冬季户外空间寒冷,但可以通过城市设计增加户外活动<sup>[10]</sup>。研究发现,即使是晚上或者气温-12℃以下,人们对户外出行也有需求,且城市中的临时设计会增加人们出行的可能性和多样性<sup>[15]</sup>。

### (1) 光线和色彩

在冬季,光线照射不足以及恶劣环境导致的社会和身体活动水平下降,可能会出现诸如季节性抑郁等健康问题<sup>[16]</sup>。埃德蒙顿市在冬季城市设计中通过朝向和设计安排,使设施最大限度地暴露在阳光下,并且使用色彩来活跃冬季景观,用光线强度、扩散、对比和颜色创造视觉趣味。如通过调整街道走向、改善屋顶设计、沿着街区长度设计建筑高度来争取更多的阳光;在行人多的建筑立面或建筑入口,选择对比度和饱和度高的色彩提高街道的视觉兴趣;在建筑立面或室外公共活动空间嵌入季节性或创意照明提高冬季氛围等<sup>[13][22]</sup>。

### (2) 特色活动空间

在冬季,应为市民提供更多便捷的交流空间。吴松涛等<sup>[17]</sup>提出季节转换性的冬季

室外空间,如将夏季的景观休闲场地在冬季布置成冰雪观赏场地,将夏季阳光草坪空间在冬季转换为滑雪场,将室外水池转换为冰上活动空间,通过这些方式来增加居民的户外活动空间。美国明尼阿波利斯市在城市中建立连续的、网络化的城市连廊,居民可以通过连廊到达商店和超市,提高了居民的出行意愿<sup>[18]</sup>。

## 2.3 国际寒区城市交流

为了促进寒区城市之间的沟通交流,优化寒区城市发展的研究和管理,北美、欧洲、日本等地相继推动了寒区城市运动<sup>[9][81]</sup>。全球性的寒区城市运动是各地寒区城市之间自发组织的交流活动,是寒区城市文明的体现,在实践层面上促进了寒区城市之间的互相交流和共同进步。

1982年加拿大成立宜居冬季城市协会(Winter Cities Association, WCA),后演变成冬季城市研究所(Winter Cities Institute),促进寒区城市社区更加宜居和可持续发展(<https://wintercities.com/>)。1992年挪威的纳维亚成立寒地城市协会,于1997年更名为欧洲

冬季城市协会(WCE)。

1981年在日本札幌举办国际北方城市市长协会,自2004年起更名为世界冬季城市市长会议(WWCAM),以“冬天是资源、是财产”的口号为基础,将气候和水土相似的世界各地的寒区城市汇集在一起,每两年召开一次会议,内容包括冬季商品展览会和冬季城市论坛,探讨冬季生活方式和城市建设等问题。至2022年共举办过19届,参会城市从一开始的来自9个国家的22个城市,到2018年的21个国家46个城市,影响力日渐广泛。历届会议主题和举办城市列举见表1。会议论题经历了3个阶段的发展:(1)解决冬季生活课题(第1届—第9届市长会议(1982—2000年));(2)冬季城市面临的地球环境问题(第10届—第16届市长会议(2002—2014年));(3)来自冬季城市的特色城市规划(第17届市长会议以后(2016—2022年))。2018年在沈阳举办的会议,聚焦的4个主题为“冬季城市的精准规划、精致建设和精细管理”“冬季城市的新型智慧城市建设”“冬季城市的绿色发展”“共同缔

表1 历届冬季城市(北方城市)市长会议举办城市和主题  
Tab.1 Cities and themes of World Winter Cities (northern cities) Association for Mayors

年份	举办城市	会议主题
第1届(1982年)	日本 札幌	北方城市建设的方向
第2届(1985年)	中国 沈阳	北方城市的设计与建设
第3届(1988年)	加拿大 埃德蒙顿	冬季商务
第4届(1990年)	挪威 特罗姆瑟	温暖的冬季城市——生活的提高和经济发展
第5届(1992年)	加拿大 蒙特利尔	与冬天相协调的生活
第6届(1994年)	美国 阿克雷奇	寻求未来、面向北方
第7届(1996年)	加拿大 温尼伯	全球性·生存——冬季城市的生活与劳动、休闲
第8届(1998年)	中国 哈尔滨	大家一起来建造多姿多彩的北方城市
第9届(2000年)	瑞典 吕勒阿/基律纳	冬季城市的可持续开发
第10届(2002年)	日本 青森县	孕育丰富的北方——生活环境、文化、生活
第11届(2004年)	美国 阿克雷奇	向未知的冬天挑战
第12届(2006年)	中国 长春	冬季的发展
第13届(2008年)	格陵兰岛 努克	北极圈的气候变化
第14届(2010年)	爱沙尼亚 马尔杜	北方城市环境保护的特征
第15届(2012年)	蒙古 乌兰巴托	冬季城市的能源供应与热能的有效利用
第16届(2014年)	韩国 华川	冬季城市原有自然与资源的保护与其利于将来的有效灵活利用方法
第17届(2016年)	日本 札幌	冬季城市的城市建设——独特性及其魅力
第18届(2018年)	中国 沈阳	冬季城市,让生活更美好
第19届(2021年)	芬兰 罗瓦涅米	冬季城市及寒冷气候条件下的老龄人口问题

资料来源:笔者根据网站<https://wwcam.org>整理。

造幸福美好的冬季城市”。

总体看来,各国就寒区城市的生产生活和规划建设问题已有广泛讨论,但专门针对寒区城市的韧性研究还比较鲜见,而基于寒区特定气候特征的生态韧性研究应更有价值。

### 3 城市生态韧性

#### 3.1 城市和人居环境中的3种韧性

resilience词源来自拉丁词汇resilio,原意是回弹,在材料力学中指回弹、恢复原状的能力<sup>[19]</sup>。近年来,韧性的概念以“适应变化并恢复原状”的含义,被广泛应用到生物学、生态学、心理学、经济、社会等诸多领域<sup>[20]</sup>。韧性这一概念的内涵演变,历经了“工程韧性”“生态韧性”和“适应性韧性”的发展过程,逐渐由均衡论向演化论发展<sup>[21]</sup>。这3种韧性概念虽然源于不同的学科和领域,但现在已不限于本来学科的研究范畴和含义,而是表达了韧性这个综合概念不同方面的特征。韧性概念的综合性越来越强。同样,城市韧性概念也是综合的,在工程韧性、生态韧性和适应性韧性3方面均有体现。

##### 3.1.1 城市工程韧性

工程韧性(engineering resilience)源于工程力学,指物体在受到压力变形后恢复其尺寸和形状的能力,其引申含义为系统遭到冲击、扰乱后完全恢复到原来状态的能力。城市的工程韧性体现在城市需要借助工程的力量,以工程手段抵御洪水、地震、火灾等灾害。工程韧性强调对灾害的抵抗能力,加强城市工程韧性更多体现在城市对可能发生的灾害或风险进行提前设防,并且提升标准、增加冗余,从而让城市在面对灾害时具有更多的抵抗能力和缓冲空间。

##### 3.1.2 城市生态韧性

加拿大生态学家Holling<sup>[22]</sup>将韧性概念引入生态学中,提出生态韧性(ecological resilience)的概念,用于评估生态系统受到变化和扰动后的恢复能力,其表达的韧性特征是系统遭受冲击、扰乱后恢复到原来模式的能力。生态韧性强调系统具有多个均衡状态,在系统受到最大冲击后,系统虽然不能够恢复到

与原来一模一样的状态,但是可以通过调整、恢复,进入另一个相似的均衡状态<sup>[23]</sup>。

城市生态韧性体现为两方面含义。一是生态系统本身提供的韧性,指城市通过增加生态空间、加强城市生态系统建设来提高隔离、规避和消解破坏性影响的能力。城市本身是一个生态赤字大的生态系统,建设良好的城市生态系统能够为城市增加安全性、减少损失,为城市抵抗冲击、持续发展提供空间。二是依赖城市系统底层的多样性、相互依赖性和自组织能力形成的韧性,以自下而上的方式构成社会生态系统的稳定性和恢复重建能力,并具有一定的适应性演化能力。

##### 3.1.3 城市适应性韧性

适应性韧性(adaptive resilience)思想发源于“适应性循环理论”(adaptive cycle),适用于各个规模的经济系统、生态系统和社会系统<sup>[24]</sup>。在这个过程中,系统在遭受冲击、扰乱后,适应变化,能够进行持续不断的演进和提升。与前两种韧性强调稳态和均衡状态不同,适应性韧性认为系统没有稳定的均衡态<sup>[25]</sup>,强调系统是不断基于外界环境而进行复杂动态演变的<sup>[26]</sup>。

城市的适应性韧性是在较长时间的尺度上体现的,不断存在于城市的发展过程中。城市在灾害发生时,能够适应危机,并催生出新的结构应对新的挑战。从小城镇到大城市就是城市演进的过程,伴随着城市系统的不断变化和功能提升,其间城市的发展、进步,抑或是衰败、消亡,都是适应性韧性发挥作用和失调的过程。城市结构和网络的演进和优化,城市应对灾害的手段的不断改进和多样化,在工程、经济、社会等多方面进行提升和协调,也是适应性韧性的体现。

在这3种韧性中,生态韧性强调发挥系统的作用,重视但不完全依赖工程韧性,同时又具有一定的演进和适应性韧性特征,因而生态韧性建设的理念是兼有系统性、先进性和可操作性的。

#### 3.2 基于规模—密度—形态的城市生态韧性研究框架

城市韧性面临的重要威胁来自城市蔓延。如果城市景观日趋致密、无序蔓延,湿地和其他自然景观被侵占,景观连通性下降,生态系统服务则会逐渐被城市蔓延所削弱,在慢性压力和急性冲击下可能导致急速崩溃的局面。基于景观格局的“规模—密度—形态”的城市生态韧性研究框架(见图4),能够从城市生态本底的角度探讨提高城市韧性的途径,在一定程度上契合城市规划和管理的实操性,为城市发展提供安全、健康、具备韧性特征的城市物质空间<sup>[27]</sup>。

##### 3.2.1 规模韧性

规模更大的城市虽然可能具有承担更大风险的能力,但过大的城市规模和人口密度却也有增加暴露性的可能性<sup>[28]</sup>。城市规模的无限、随意扩大,将会引发诸多城市病问题,危害着城市安全。基于景观生态学观点,生态基础设施和生态安全格局具有约束城市规模扩张的意义。生态基础设施是构建城市生态结构、功能的重要措施,指自然风景和绿地对城市的支撑能力。生态安全格局指在有限的土地内,以高效的景观格局来维护不同生态过程的安全与健康<sup>[29]</sup>,认为景观中存在某些潜在的关键性的局部、位置、空间联系等空间格局,对于控制某种生态过程、进行生物保护和景观改变具有重要的意义<sup>[30]</sup>。生态安全格局作为由生态源、生态廊道、生态节点组成的互联网络系统,对提高生态系统韧性具有重要作用<sup>[31-32]</sup>。

城市规模扩大到侵犯生态基础设施的服务范围、破坏生态安全格局的互联网络时,城市韧性较差。基于生态基础设施的规模和布局的角度约束城市规模,并建构规模韧性指标,有助于改变单纯地以规模判定优劣的简单看法,深化对城市规模与韧性关系的认识。

##### 3.2.2 密度韧性

过高的城市密度对于交通拥堵、热岛效应、疫病流行来说都是危险的根源,建立人口密度与生态支撑之间的适当关系,有利于提高城市韧性。城市密度韧性引用生态承载力的概念。同样,考察人口数量和生态承载力之间的适当关系,比单纯衡量人口密度更具意义。

当将人类考虑为承载对象时,不是单纯考虑种群增长的上限,而是考虑承载体不受崩溃的限度<sup>[33]</sup>。生态承载力指的是生态系统结构和功能在不受破坏的前提下,对于外界干扰特别是人类活动的承受能力<sup>[34]</sup>。生态足迹是用来量化生态承载力的,从消费角度描述人类占用的资源量,是人类对于生态系统的需求,而生态承载力则是供给,两者的差值反映当地生态资源环境的利用状况,若差值为正,则为生态赤字,若差值为负,则为生态盈余<sup>[35]</sup>。城市中存在生态赤字是常态,但将这一赤字控制在适当水平则具有重要的安全和韧性意义。从生态承载力的角度考虑密度韧性,能够体现更多的人地协调关系。

### 3.2.3 形态韧性

城市内部的形态,包括但不限于城市的物质空间构成、城市各类用地的空间配置和城市生态网络的排布。城市学者逐渐注意到形态对城市韧性的重要性,如Shariff<sup>[36]</sup>从社区组团、紧凑城市、土地混合利用、地块大小和布局、街区大小和布局、开放空间等6个方面研究中尺度(街区尺度)下的城市形态韧性,提出可以通过设置能够提供更多生态系统服务的小地块来提高城市形态韧性。

具有韧性的城市形态能够更好地抵御突发灾害,保护城市人居安全,有效疏散城市风险。同时,城市的形态也影响着城市的生态安

全格局,建成环境和生态空间的良好交融对于消解城市的不利影响具有意义。多中心的分散建成区布局有助于改善城市的局部自组织性和独立性,且有利于增强城市的学习能力和城市韧性。而良好的城市外围形态空间,对于城市与外部自然环境进行良好的相互作用同样具有意义。源汇理论能够很好地刻画城市内部形态中人工环境和自然环境之间的相互作用能力。城市的源景观指的是灰色景观,汇景观指的是蓝绿空间,源景观是城市发展需要和城市功能的主要承载体,汇景观有利于消减城市热岛、内涝等问题。从供给与需求角度,“源”和“汇”景观空间配置的均衡性可利用“源—汇”景观的可接近性和融合性来度量。

## 4 基于生态韧性的寒区城市规划策略

寒区城市面临气候严寒和城市病的双重考验,在冰雪和严寒以及人口多、密度大、城市规模大等多重问题的加持下,寒区城市的生态环境、公共服务设施、交通设施等需要面对更多压力。基于生态韧性“规模—密度—形态”的框架为寒区城市提出规划策略,不仅是为寒区城市提供绿色生态发展相关的策略,也是借鉴景观生态学相关理论,为寒区城市的韧性发展提供建议。

### 4.1 基于规模韧性的规划策略

#### (1) 控制城市增长边界的无限扩张

寒区城市虽然冬季气候严酷,但依然吸引了周边地区的大量人口,形成较大体量的城市规模,它往往是较大区域范围内的发展极点,并极大可能继续不断吸引更多的人口集聚,容易带来城市无序扩张等问题。然而寒区城市的生态本底条件脆弱,无序扩张会给城市带来巨大的生态压力。寒区城市应该利用城市周边的生态基础设施,结合自身的生态基础设施服务范围,引导约束城市增长边界的无序扩张,以更严格的遵循生态保护红线、控制边界增长的原则进行“三区三线”的划定,促进城市内部用地的高效利用。

#### (2) 更高标准的城市生态基础设施建设

在面临更大的生态压力的情况下,寒区城市需要配置更多的生态基础设施。注重组团内生态基础设施建设,在人口多、生态压力大的组团内配置更多的生态基础设施。

#### (3) 重视常绿植被的配置

在城市绿植配比时,也应考虑城市冬季的植被覆盖率,明确寒区城市冬季也需要绿植的需求,合理配置常绿树木的数量,提高常绿林木覆盖率。这不仅能够缓解寒区城市在冬季的生态压力,提供如防风、吸附污染物的生态功能,也能满足冬季居民的观赏需求。

### 4.2 基于密度韧性的规划策略

#### (1) 依据生态承载力控制城市密度

寒区城市冬季需要集中供暖,对自然资源消耗更大,生态足迹更大,即有更多的生态占用,更应该控制城市的人口密度和建设密度。依据城市生态承载力控制城市密度,倡导城市总体规划采用较低的人口密度标准,尽量减少城市生态赤字,维持城市人口密度与生态支撑之间的平衡关系。

#### (2) 依据生态承载力调节组团密度

在寒区城市多中心组团发展的基础上,依据组团不同的生态承载力(生态设施)情况,调节不同组团的城市建设密度和人口密度。疏散生态承载力低的组团的人口,降低组团开放强度,引导人口向生态承载力更高的组团迁移。适当增加人口压力大的城市组团的生态设施建设,提高组团的生态承载力,促进城市均衡发展。

(3) 将冬季环境状况作为密度控制的补充依据

除了按年计算生态足迹和生态承载力之间的差值、监测空气环境质量之外,增加冬季期间生态赤字的计算结果、冬季PM<sub>2.5</sub>监测值等作为城市密度控制的参考指标。

### 4.3 基于形态韧性的规划策略

#### (1) 结合周围绿地优化城市外围形态

寒区城市夏季气温高、冬季气温低,可以利用寒区城市外围绿地的走向,引入夏季风以

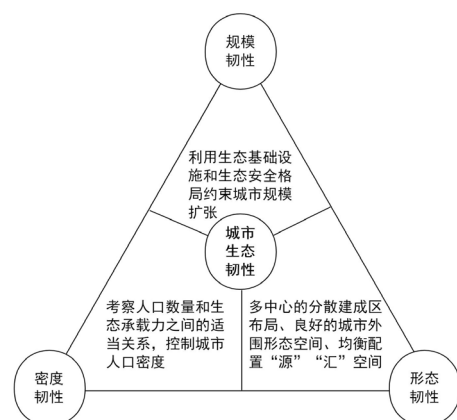


图4 城市生态韧性研究框架

Fig.4 Research framework for urban ecological resilience

资料来源:笔者自绘。

缓解夏季热岛效应,阻挡冬季风以减少冬季风害,提高城市抵抗外部系统灾害的能力。将寒区城市周边的自然空间合理引入城市内部,形成楔形绿地,优化城市外围形态。

### (2) 促进城市多中心组团发展

大多数寒区城市是“摊大饼”的单中心格局,城市交通拥堵、职住分离等问题严重。百度地图发布的2021年中国城市交通报告中,汽车保有量200万—300万数量级城市的拥堵排行榜上,长春市(第1)、哈尔滨市(第2)、沈阳市(第4)均位居前列。多中心的组团式发展模式更适合寒区城市。寒区城市的城市组团也应根据组团内部的生态基础设施情况,形成适宜的发展方向 and 规模。促进城市组团间的生态廊道建设,使得城市组团间形成较为完善的城市生态网络体系。同时,考虑到寒区城市居民冬季出行不便,还应强化组团内部的公共交通体系以及组团之间的公共交通联系,倡导“公交优先”以缓解交通压力。

### (3) 设置更多可接近的蓝绿空间

“源”“汇”理论重视人为活动与自然环境之间的融合性和平衡性。寒区城市生态本底脆弱,但城市建设强度大,应该设置更多可接近的蓝绿空间。除了保护城市附近的生态红线,维护城市大型公园、水系的建设外,寒区城市更应注重中小型公园建设,使更多的形态适中的生态斑块融入城市生态系统中,既能够提高城市的形态韧性,也能够增加市民对于蓝绿空间的亲近机会,增加市民户外活动空间。

### (4) 更细致地针对冬季需求布局

在总体上的低密度、宽廊道、组团式布局之外,采用局部紧凑和小街巷布局、冬季有阳光的绿地布局、居住和公共建筑用地选择南坡向布局等方式,增强绿地使用功能,增加社区活力和生态韧性。

## 5 结语

城市在承载了人类日常越来越丰富的生产、生活需求的同时,也在不断地占据、改造自然景观格局和生态空间。实现人与自然的生态系统协调发展,在最大限度地保障自然生态空

间安全运转的前提下进行人类的生产生活,是人类永续发展之道。城市生态韧性的理念借鉴生态学思想,关注城市问题,尝试从生态建设的角度促进城市安全可持续发展。在生态文明理念下的国土空间规划转型中,应不断优化资源环境承载力评价的内容和方法,将生态韧性的评价纳入其中,将“规模—密度—形态”三位一体的生态韧性控制框架纳入有关标准和规程。

寒区城市虽然具有较为严酷的气候条件,但依然具有相当的城市活力和一定的不断吸引人才、人口的潜力。寒区城市的生态本底相对脆弱,但也有丰富的生态资源,合理利用城市生态空间,保护、开发城市生态资源,提高城市生态韧性,能够在一定程度上激发寒区城市的发展活力,促进城市的安全发展。

## 参考文献 References

- [1] ZHOU W, FISHER B, PICKETT T. Cities are hungry for actionable ecological knowledge[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2019, 17(3): 135-135.
- [2] 国家技术监督局,中华人民共和国建设部.民用建筑热工设计规范(GB50176-2016)[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.  
The State Bureau of Quality and Technical Supervision, Ministry of Construction of the PRC. Code for thermal design of civil building (GB50176-2016)[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [3] 马志富,杨昌贤.高海拔寒区铁路隧道保温排水技术研究[J].*高速铁路技术*, 2020, 11(2): 87-93.  
MA Zhifu, YANG Changxian. Study on thermal insulation and drainage technology of railway tunnels in high-altitude cold regions[J]. *High Speed Railway Technology*, 2020, 11(2): 87-93.
- [4] 陈仁升,康尔酒,吴立宗,等.中国寒区分布探讨[J].*冰川冻土*, 2005(4): 469-475.  
CHEN Rensheng, KANG Ersi, WU Lizong, et al. Cold regions in China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2005(4): 469-475.
- [5] 冷红,曲扬,袁青.寒地城市规划研究回顾与展望[J].*科技导报*, 2019, 37(8): 20-25.

- [6] LENG Hong, QU Yang, YUAN Qing. Review of urban planning of winter cities[J]. *Science & Technology Review*, 2019, 37(8): 20-25.
- [6] 冷红,袁青.国际寒地城市运动回顾及展望[J].*城市规划汇刊*, 2003(6): 81-85, 96.  
LENG Hong, YUAN Qing. Past and future of international winter city movement[J]. *Urban Planning Forum*, 2003(6): 81-85, 96.
- [7] 单丹.寒地城市宜居空间营造方法研究[J].*城市发展研究*, 2015, 22(9): 16-19.  
SHAN Dan. A study on the construction of livable space in the cold city[J]. *Urban Development Studies*, 2015, 22(9): 16-19.
- [8] 孙澄,解文龙.气候韧性导向的严寒地区城市设计框架——以长春市总体城市设计为例[J].*风景园林*, 2021, 28(8): 39-44.  
SUN Cheng, XIE Wenlong. Climate resilience oriented urban design framework for cities in severe cold regions: a case study of general urban design of Changchun[J]. *Landscape Architecture*, 2021, 28(8): 39-44.
- [9] 蔡天抒,伍炜,岳隽.寒地地区特大城市宜居性建设探索——基于哈尔滨市空间发展战略规划的实践[C]//面向高质量发展的空间治理——2020中国城市规划年会论文集.2021:204-215.  
CAI Tianshu, WU Wei, YUE Jun. Research on livability construction of megacity in cold region: based on the practice of spatial development strategy planning in Harbin[C]//Spatial governance for high-quality development: proceedings of the 2020 China Annual National Planning Conference. 2021: 204-215.
- [10] HIDALGO A. Mental health in winter cities: the effect of vegetation on streets[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 63: 127226.
- [11] 韩林飞,韩媛媛.俄罗斯专家眼中的莫斯科市2010—2025年城市总体规划[J].*国际城市规划*, 2013, 28(5): 78-85.  
HAN Linfei, HAN Yuanyuan. The Moscow overall urban planning (2010-2025) from the points of view of Russian professionals[J]. *Urban Planning International*, 2013, 28(5): 78-85.
- [12] London Technical Advisers Group. Winter resilience network of London[EB/OL]. [2010-07]. <https://www.lotag.co.uk/winter-resilience-network-maps>.
- [13] Winter City Edmonton. Winter design guidelines: transforming Edmonton into a great winter city[R/OL]. [2016-04]. [https://www.edmonton.ca/public-files/assets/document?path=PDF/WinterCityDesignGuidelines\\_draft.pdf](https://www.edmonton.ca/public-files/assets/document?path=PDF/WinterCityDesignGuidelines_draft.pdf).
- [14] 刘晓.冷冰雪成为“热运动”“热经济”[N].*人民日报海外版*, 2022-04-27(009).  
LIU Yao. Cold ice and snow have become "hot sports" and "hot economy"[N]. *People's Daily Overseas Edition*, 2022-04-27(009).
- [15] PAUKAEVA A, SETOGUCHI T, LUCHKOVA V, et al. Impacts of the temporary urban design on the people's behavior - the case study on the winter city

- Khabarovsk, Russia[J]. *Cities*, 2021, 117: 103303.
- [16] 冷红, 李姝媛. 冬季公众健康视角下寒地城市空间规划策略研究[J]. *上海城市规划*, 2017 (3): 1-5. LENG Hong, LI Shuyuan. Study on city spatial planning strategy in the winter cities from the perspective of winter public health[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2017(3): 1-5.
- [17] 吴松涛, 冯颖莹, 吴倩. 寒地城市第三空间活力提升策略研究[J]. *低温建筑技术*, 2022, 44 (2): 18-23. WU Songtao, FENG Yingkun, WU Qian. Research on planning strategies of the third place vitality promotion in winter cities[J]. *Low Temperature Architecture Technology*, 2022, 44(2): 18-23.
- [18] 蒋存妍, 冷红. 寒地城市空中连廊使用状况调研及规划启示——以美国明尼阿波利斯市为例[J]. *建筑学报*, 2016 (12): 83-87. JIANG Cunyan, LENG Hong. A survey of the use of skyways and its inspirations for city planning in cold regions—a case study of Minneapolis, USA[J]. *Architectural Journal*, 2016(12): 83-87.
- [19] BARBATA A, CORONA P, SALVATI L, et al. Natural forest expansion into suburban countryside: gained ground for a green infrastructure?[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2013, 12(1): 36-43.
- [20] 许婵, 赵智聪, 文天祚. 韧性——多学科视角下的概念解析与重构[J]. *西部人居环境学刊*, 2017, 32 (5): 59-70. XU Chan, ZHAO Zhicong, WEN Tianzuo. Resilience—conceptual analysis and reconstruction from multidisciplinary perspectives[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2017, 32(5): 59-70.
- [21] 陈梦远. 国际区域经济韧性研究进展——基于演化论的理论分析框架介绍[J]. *地理科学进展*, 2017, 36 (11): 1435-1444. CHEN Mengyuan. An international literature review of regional economic resilience: theories and practices based on the evolutionary perspective[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(11): 1435-1444.
- [22] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1973, 4(4): 1-23.
- [23] BERKES F, FOLKE C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability[M]//BERKES F, FOLKE C. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [24] HOLLING C S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems[J]. *Ecosystems*, 2001, 4(5): 390-405.
- [25] PENDALL R, FOSTER K A, COWELL M. Resilience and regions: building understanding of the metaphor[J]. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 2009, 3(1): 71-84.
- [26] MARTIN R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012(1): 1-32.
- [27] 修春亮, 魏冶, 王绮. 基于“规模—密度—形态”的大连市城市韧性评估[J]. *地理学报*, 2018, 73 (12): 2315-2328. XIU Chunliang, WEI Ye, WANG Qi. Evaluation of urban resilience of Dalian City based on the perspective of "size-density-morphology"[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2315-2328.
- [28] 修春亮, 祝翔凌. 针对突发灾害: 大城市的人居安全及其政策[J]. *人文地理*, 2003 (5): 26-30. XIU Chunliang, ZHU Xiangling. Countering the sudden calamity: human resident security and the policy of metropolis[J]. *Human Geography*, 2003(5): 26-30.
- [29] 刘世梁, 侯笑云, 尹艺洁, 等. 景观生态网络研究进展[J]. *生态学报*, 2017, 37 (12): 3947-3956. LIU Shiliang, HOU Xiaoyun, YIN Yijie, et al. Research progress on landscape ecological networks[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(12): 3947-3956.
- [30] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. *生态学报*, 1999 (1): 10-17. YU Kongjian. Landscape ecological security patterns in biological conservation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999(1): 10-17.
- [31] FU Yangjun, SHI Xueyi, HE Juan, et al. Identification and optimization strategy of county ecological security pattern: a case study in the Loess Plateau, China[J]. *Ecological Indicators*, 2020, 112: 106030.
- [32] PENG Jian, PAN Yajing, LIU Yanxu, et al. Linking ecological degradation risk to identify ecological security patterns in a rapidly urbanizing landscape[J]. *Habitat International*, 2018, 71: 110-124.
- [33] 刘耕源, 王雪琪, 王宣桦, 等. 城市生态承载力理论与提升逻辑: 历史性、关联性与非线性[J]. *北京师范大学学报 (自然科学版)*, 2021, 57 (5): 733-744. LIU Gengyuan, WANG Xueqi, WANG Xuanhua, et al. Theory and improvement pathway of urban ecological carrying capacity: historicity, nexus and nonlinearity[J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2021, 57(5): 733-744.
- [34] 沈渭寿, 张慧, 邹长新, 等. 区域生态承载力与生态安全研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010. SHEN Weishou, ZHANG Hui, ZOU Changxin, et al. Research on regional ecological carrying capacity and ecological security[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2010.
- [35] 侯焱晨, 谢世友. 中小城市水资源生态足迹与生态承载力时空分析——以宿迁市为例[J]. *西南大学学报 (自然科学版)*, 2020, 42 (12): 134-141. HOU Xinchun, XIE Shiyu. A spatial and temporal analysis of water resources ecological footprint and ecological carrying capacity in small and medium-sized cities—a case study of Suqian City[J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2020, 42(12): 134-141.
- [36] SHARIFI A. Urban form resilience: a meso-scale analysis[J]. *Cities*, 2019, 93: 238-252.