

寒地产业园区韧性空间规划策略与实践

王影, 季强, 吴远翔, 杨光, 单杰

【摘要】从韧性设计的系统性、弹性、冗余性、气候适应性、灾害抵抗性5个特征出发,结合寒地的常态气候与极端灾害情况,立足于工程实践提出寒地产业园区韧性空间规划策略。从系统性层面提出寒地产业园区韧性空间规划设计框架;从弹性层面构建适宜寒地产业园区的韧性规划结构;从冗余性层面构建功能可拓展、韧性流线的韧性园区;从气候适应性层面构建低碳、尺度宜人的韧性空间形态;从灾害抵抗性层面提高寒地产业园区的景观要素韧性。同时,将该策略应用到深圳(哈尔滨)产业园区科创总部项目规划中。

【关键词】寒地;韧性特征;产业园区;空间规划策略;深圳(哈尔滨)产业园区科创总部项目

【文章编号】1006-0022(2024)06-0097-06 **【中图分类号】**TU984.13 **【文献标识码】**B

【引文格式】王影,季强,吴远翔,等.寒地产业园区韧性空间规划策略与实践[J].规划师,2024(6):97-102.

Strategy and Practice of Resilience Spatial Planning in Industrial Park in Cold Region/WANG Ying, JI Qiang, WU Yuanxiang, YANG Guang, SHAN Jie

【Abstract】 Based on the systematization, elasticity, redundancy, climate resilience, disaster resistance of resilient design and climate in cold regions, resilience oriented spatial planning strategies for Industrial park in cold region are proposed in the paper. A spatial planning and design framework is proposed at the level of systematization; a resilient planning structure is established at the level of elasticity; the resilient function and streamline are built at the level of redundancy; a low-carbon and scale friendly spatial form is proposed at the level of climate resilience; the resilience of landscape elements is improved at the level of disaster resistance. The strategies are applied in the planning of Shenzhen (Harbin) Science and Technology Innovation Headquarters Project.

【Keywords】 cold region; resilience characteristics; industrial park; spatial planning strategy; Shenzhen (Harbin) Science and Technology Innovation Headquarters Project

1 研究背景及韧性设计研究进展

1.1 研究背景

气候危机影响全球人居环境,威胁城市生命体系,成为“全人类的红色警报”^[1]。寒地气候会降低人居环境的舒适性、可步行性、安全性、美观性。寒地四季分明,季相差异巨大,冬季时间长,寒冷、大风等是寒地的常态气候,暴风、雪灾、冻雨是寒地的极端气候。寒地的常态气候会降低人居环境适宜性,寒地极端气候会

直接破坏人居环境。如何应对寒地气候是规划领域需要研究的课题。我国寒地城市多是经济社会发展较为滞后的区域^[2],寒地地区经济发展落后的状况决定了产业发展的不确定性。产业发展的不确定性是寒地产业园区规划须正视的根本问题。韧性设计可有效应对寒地气候灾害及产业园区的不确定性等问题。目前,国内外对微观层面寒地产业园区的韧性研究较少,更鲜有寒地的产业园区韧性实践案例。在产业园区规划设计中如何应对寒地气候,实现韧性设计是亟须探讨的课题。

【基金项目】 国家自然科学基金项目(52078160)

【作者简介】 王影,硕士,高级工程师,注册城乡规划师,一级注册建筑师,注册咨询工程师,哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司建筑设计七院总规划师。

季强,硕士,正高级工程师,哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司建筑设计七院院长。

吴远翔,通信作者,博士,注册城乡规划师,哈尔滨工业大学建筑学院副教授。

杨光,硕士,高级工程师,一级注册建筑师,国网黑龙江省电力有限公司哈尔滨供电公司设计评审中心副主任,哈尔滨爱德瑞电力设计有限责任公司副院长。

单杰,博士,一级注册建筑师,东北林业大学园林学院讲师。

1.2 韧性设计研究进展

韧性思想最早源于工程学，强调材料受力后恢复原态的能力。之后逐渐衍生出生态韧性^[3]、演进韧性^[4]、韧性城市理论等。韧性城市最初被阿尔伯特定义为在城市发展过程中，受内外力扰动作用变化再组织之后，城市系统可以维持原态的能力^[5]，之后逐渐被植入社会、经济、文化等方面的内容^[6]。已有的韧性设计研究多集中于宏观视角的概念定义、理论进展、评价体系等^[7-9]，近年来部分研究开始将中微观视角下的韧性城市设计运用到城市建设的测度体系、设计框架、策略中^[10-15]。2021年，“十四五”规划提出建设韧性城市，加强特大城市的风险防控。2022年，党的二十大报告指出加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市。这一系列的政策都为韧性设计提供了保障。

韧性是应对扰动不断演进的动态平衡过程。韧性设计是为适应这一动态平衡过程提供可能条件的设计过程及方法，是应对不确定性挑战的重要途径^[16]。韧性具有系统性、弹性、冗余性、灾害抵抗性、气候适应性等特征，这些特征是寒地产业园区韧性规划设计的切入点。本文立足于工程实践，从空间设计出发，在耦合韧性特征与寒地气候的基础上提出空间规划策略，以改善寒地人居环境并提高工程应对寒地气候灾害的韧性能力，为寒地城市韧性发展规划提供借鉴。

2 寒地产业园区韧性空间规划设计策略

2.1 从系统性层面构建寒地产业园区韧性空间规划设计框架

实现韧性目标需要各个要素良性协同形成系统，共同发挥作用。韧性特征导向的寒地产业园区规划设计框架是以产业园区为空间载体，以韧性设计为主

要目标，以寒地气候为主要影响因子的整体设计框架(图1)。设计框架从韧性特征及寒地气候对空间规划的影响入手，从规划结构、功能交通、空间形态、景观要素等方面提出规划设计策略。

2.2 从弹性层面构建适宜寒地产业园区的韧性规划结构

规划结构是空间形态的骨架，是连接经济、社会、政策的纽带。规划结构应具有面对扰动实现演进平衡的适应能力。本文耦合韧性的弹性特征，构建模块规划结构和共享规划结构，以实现韧性设计。

2.2.1 构建适宜空间重构的模块规划结构

“模数”概念在设计领域被用于简化组件尺寸，以实现标准化设计。模块是在合理简化的基础上进行的空间重构，通过空间重构使模块规划结构能够应对不同的场地条件，实现土地的灵活运用。产业园区的政策性、时代性特征显著，传统的产业园区以方格网式结构刚性生硬地划分土地，导致园区面对扰动时应变能力不足。产业空间是产业发展的基础，模块规划结构能够应对产业园区类型、规模等的不确定性。

根据已有研究，以15~90 hm²的弹性模数作为产业园区的基本模数单元。其中：90 hm²适应跨国性产业园区的建设；60 hm²适应大型企业园区的建设；30~45 hm²适应中型企业园

区的建设；15 hm²适应中小型企业建设^[17]。本文认为可在上述分类的基础上，再细分模块单元以适应不同的场地条件与开发条件(设定模块单元的最小单位为1 hm²)。小尺度的模块规划结构更适宜结构转化，且更符合人性尺度，能够营造多元化的互动场景，促进企业文化交流，营造地域文脉，同步增强产业园区的社会韧性。寒地气候特征要求结构形式具有集中式、聚拢式、围合式等特点，而模块规划结构能够灵活搭建各种形式(图2)。

2.2.2 构建满足韧性设计社会需求的共享规划结构

就形式而言，模块规划结构更具有适应性。就社会需求而言，规划结构应是开放共享且便于交流的。从社会韧性角度来看，新时期产业园区需要更多的交流、共享、活力空间，韧性设计的社会需求也对产业园区的规划提出了相应的要求：①适应变化、适应环境的需求。这要求产业园区应设置开放空间、避难场所。②连通性、可达性的需求。这要求产业园区应构建多重疏散通道和绿色交通。③面对市场危机进行产业更新转型的需求。这些要求推动了共享规划结构的建立。

共享规划结构能够复合多种韧性需求，使园区在面对干扰时能发挥抵御力、恢复力、再组织力及更新力。共享规划结构由共享大厅、共享环、共享平台、共享庭院4个部分组成(图3)。

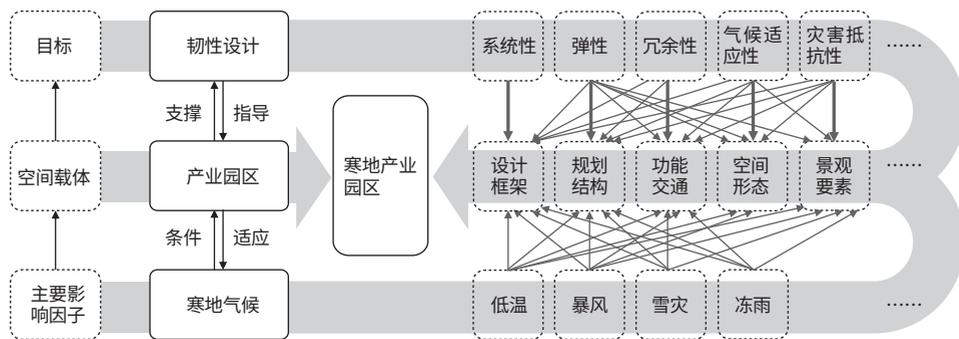


图1 寒地产业园区韧性空间规划设计框架

2.3 从冗余性层面构建功能可拓展、韧性流线的韧性园区

2.3.1 提升使用功能、生态功能、文化功能的可拓展性

(1) 功能冗余：园区使用功能的多维可拓展性

功能的多维可拓展性与企业的种类、数量呈正相关。当面对外界干扰时，企业有机会挖掘新的增长路径，进而增强区域经济韧性。拥有多样化使用功能的产业园区能够避免因单一产业受到冲击而破坏整个园区乃至区域的经济系统。人才、资源可以更新、重组、转型到其他行业，空间规划韧性措施可以确保经济韧性的发挥。韧性城市特性需要多样化的使用功能来激发产业园区的经济活力，如鲜活的生活组团、人性化的商业等配套功能均有利于增强园区功能的丰富性。

(2) 生态冗余：采用低冲击开发构建生态廊道，打造可拓展性生态韧性园区

充分尊重并利用场地现状条件，采用低冲击的开发模式进行规划、建筑、景观设计。规划应以生态优先为原则，结合基地的气候、水文、地貌等特征开展设计；充分利用基地特征，采用低冲击的开发模式，将后期人为建设对原生环境的干扰降到最低；重视基地的生态要素，构建生态斑块、廊道，完善区域生态网络体系；重视项目对微气候环境的调节作用，顺应气候、地形条件搭建微气候“调节器”。

(3) 文化冗余：园区文化载体多场景的可拓展性

向内凝聚产业园区企业文化，彰显企业特性，关注人和企业真正的需求，营造良好的产业氛围，打造多元工作场景，构建立体复合、人性化、空间协调、低碳智能的产业空间体系，提升企业活力。向外延展文化魅力，通过产城融合塑造地域特色，打造开放产业园，以城促产营造优美的城市环境，将产业园区

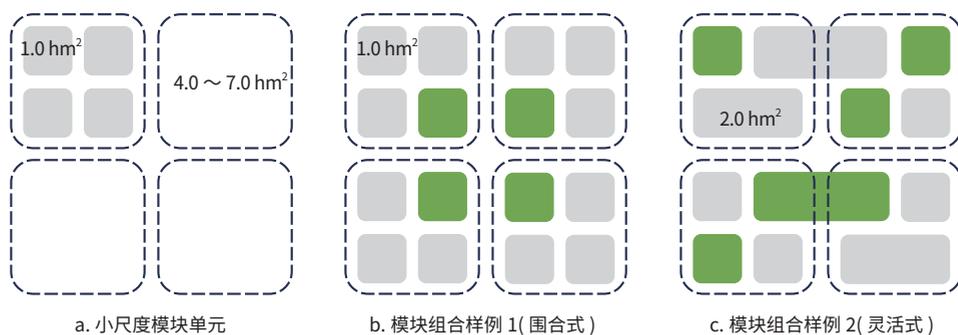


图2 模块结构示意图

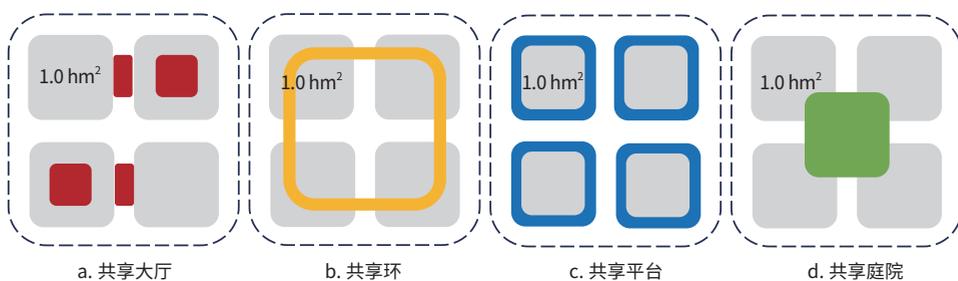


图3 共享规划结构

打造为产城融合示范区。见图4。

2.3.2 构建直达性与冗余性并重的韧性流线系统

园区流线包含车行流线、人行流线、平时流线、临时流线、直达性流线、冗余性流线等。设计园区流线时要考虑全面，本文主要从直达性流线与冗余性流线两个方面展开设计。

(1) 构建高效便捷的直达性流线

直达性流线通过道路网络实现。对于高频使用的道路，应确保其便捷、经济、适用，满足各类使用人群的需求。产业园区内的车行道路应至少直达建筑的一个出入口，且道路材料应具有良好的耐久性并满足荷载、抗弯、抗冻等技术指标。应至少有一条人行流线直接联系各个功能区，以提高产业园区的交通效率。在寒冷地区，人行流线的材料要抗冻耐久，户外面层防滑指数达标；在条件允许的情况下，可构筑暖廊，保障冬季使用的便捷性与友好性。

(2) 构建多层次的冗余性流线

从使用角度看，应在水平层面构筑

多条路径，在垂直层面构筑地面、空中、下沉多层次的流线路径，提供多种连通可能，营造舒适、多样的流线空间，为打造韧性园区提供辅助。从应灾角度看，应做好园区多场景使用模式预案及灾害预案，预测灾难发生的时空点，并设计充分的冗余性流线。冗余性流线应确保空间的连通性及可达性，满足多重疏散的需求。

2.4 从气候适应性层面构建低碳、尺度宜人的空间形态

2.4.1 从节能角度营造低碳韧性园区

空间形态是社会、经济、环境、行为等综合影响下的产物，会影响人的感受及微气候环境。从地理范畴看，城市碳排放量占全球碳排放总量的70%。从行业看，2019年我国的建筑用能占社会总用能的23%，“双碳”目标的提出更是将我国低碳事业提高到前所未有的高度，因此节能环保也是韧性园区需要关注的重要内容。相关研究表明，100m的街区尺度对建筑能耗的影响较为显著，



图4 科创总部项目模块规划结构形式

通过优化街区形态可降低 10%~30% 的建筑能耗。严寒地区容积率越高越不利于热量损失，建筑密度越大对阳光的遮挡越大，将增加采暖能耗；建筑高度越高，增加建筑间辐射热反射次数更有利于热量留存；绿地率越高，空气温度越低，可能导致建筑的高能耗^[18]。但这是一个此消彼长的动态平衡过程，不能盲目地追求高容、低密、低绿化，要综合场地条件合理布局。

2.4.2 从使用角度构筑尺度宜人的韧性园区

产业园区亦可称作产业街区，可以通过规模尺度、高宽比、方位等进行衡量。2014年，《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》提出控制城镇开发边界、优化城市空间结构，紧凑发展，由外延式增量规划向内涵式存量规划转变。2016年，《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出，优化路网结构，提倡“窄路、密网”的布局理念。因此，将街区尺度控制在150m以内，街区高宽比控制在2.0以内更有利于营造寒地尺度宜人的韧性园区。此外，建筑布局应重点考虑寒地主导风向的影响，营造“留得住人”的韧性园区。

2.5 从灾害抵抗性层面提高寒地景观要素韧性

景观要素是构成空间环境的端部单元，是韧性设计的直接构成要素。地形、构筑物、灯光、色彩、材料、绿化等景观要素都是构建韧性园区的先导元素。寒地通常采用温暖的要素、热情的色彩、耐久的材料应对寒冷的气候，但植物在寒地韧性产业园区建设中的作用常被忽略。本文着重从增强植物生态韧性角度提出设计策略。植物的生态韧性与植被木质特性、植被受力形式、植被外形比例及支护方式有关。植物的韧性使其在力的作用下能够承受一定的形变，当外力作用大于自身韧性的极限时，则会发生植被生态功能下降甚至死亡的现象。增强植被生态韧性可以从4个方面入手。

一是选取韧性好、强度大的植被作为园区骨干树种及基调树种，如水曲柳、蒙古栎、山杏等植被。利用植被自身生态韧性增强植被抵抗外界冻害等方面的能力。

二是在综合分析日照、风、地形等外部环境的基础上，得出植物分区生长适宜性结论，进而种植适合分区的植物。植物在生长过程中受到外界的拉、压、弯、剪等力的作用。这些力来源于外环

境，其作用是不均衡的，如风速、日照、埋植深度等。若植物种植在风口位置，受到的风荷载大，自身承受的拉力、剪力就越大，在被冰凌固定的状态下脆性极为敏感，很容易发生弯折。若植物种植在风小且光照充足的地方，冰凌升华或融化得快，对植被的影响就会减小。因此，在寒地地区的植物分区上不仅要考虑美学及生态学特性，还要特别考虑植物韧性。通过风环境分析、日照分析等确定园区环境的植物种植适宜性，在适宜性差且必须要种植植被的区域，选择植被特性优异且形体比例适中的植物，同时做好支护等人工措施。总体而言，在寒地韧性产业园区规划的植物设计方面，应遵循一区一议、分区协同的原则，最大化地发挥植被自身生态韧性优势。

三是在选择植被时，还要考虑形体的力学抗性，植被的枝条长细比不能过大，避免因植物自身的形体缺陷而降低生物韧性。

四是在分析植被受灾时受力状态的基础上，优化寒地园区的植被支护方式。应重点关注分枝条的支护形式，以及风速较大区域或地库顶板覆土较浅区域的土球锚固方式，通过人工辅助形式增强植被的生态韧性。

3 深圳(哈尔滨)产业园区科创总部项目韧性空间规划实践

3.1 项目概况

深圳(哈尔滨)产业园区科创总部项目(以下简称“科创总部项目”)位于哈尔滨高新技术产业开发区,用地面积为26 km²,其中科创总部项目面积为22 hm²。科创总部项目南临滨水大道,目标客户为初创企业,产品定位为研发办公、复合办公、总部办公,规划力图将科创总部项目打造为科创研发基地。

3.2 构建适宜寒地园区韧性设计的弹性规划结构

科创总部项目的用地由3块宗地组成,每块宗地面积约为7.0 hm²,主要服务于中小企业,具有零散、灵活、复合等特点。科创总部项目采用以1.0 hm²、1.5 hm²、3.0 hm²为基本单元的空间结构形式,将1.0 hm²及1.5 hm²的单元作为产业模块、总部模块及为未来发展预留的冗余模块,将3.0 hm²的单元作为服务科创总部项目的人才社区生活模块。企业可以根据自身规模选择适宜的办公空间,还可根据自身发展需要拓展空间。园区产业模块采用体量相近的单体形式,通过空间的聚集、连通、开放、围合,形成共享大厅、交流环、景观露台、围合庭院,进而形成共享规划结构,满足新时期产业园区的发展需求。

3.3 构建功能复合、流线多重的韧性园区

3.3.1 形成使用、生态、文化并重的复合功能

在使用功能层面,科创总部项目包含办公、展览、公寓、配套等功能。研发办公及复合办公的空间体量相近,可根据市场实际需求及时转换功能。多样的使用功能所塑造的空间既可作为储备空间,又可作为弹性开放空间。产业功

能可互换、展览功能重宣传、生活公寓增活力,复合配套有弹性,使用功能的多元复合使园区在面对外界干扰时发挥出经济韧性与社会韧性。

在生态功能层面,科创总部项目紧邻松花江景观带,需重点关注其生态安全格局。规划采用GIS对场地地形地貌、水文、植被等进行分析,得出适宜性评价结果;垂直于松花江,设计一条复合生态景观轴,将松花江绿意引入园内;平行于松花江,在园区内部设计一条复合生态景观轴,构建生态廊道,增强区域生态网络的连通性,确保生态格局安全。同时,采用组团布局的建筑空间组合模式,以减少建筑对环境的压迫感,并对方案进行多轮的风环境模拟和日照模拟分析,以营造健康、舒适、生态的产业园区环境。

在文化功能层面,科创总部项目是东北首个对接大湾区、聚焦科创的产业全链条服务平台,是具有全国影响力的青年创业创新基地,是振兴东北科创产业的“新门户”。在深圳、哈尔滨合作的大背景下,打造具有深圳、哈尔滨合作特色的科创总部离不开文化功能的构建。哈尔滨具有开放、多元、热情的地域基因,深圳具有开创、包容、科技的精神。因此,规划延续哈尔滨经典的街区肌理,营造小尺度宜人街区;在建筑单体形象上,强调南北融合,做足文化特色。

3.3.2 打造直达性与冗余性并重的韧性流线系统

科创总部项目直达性流线采用人车分离的流线模式,将地块车行出入口至地下车库出入口之间的道路设置为沥青道路,消防车道、应急车道及其他园区道路的设计均采用景观化手法。

科创总部项目冗余性流线在地面层级应分别实现人车流线、动静交通的搭配得当,满足日常使用需求。规划设置了多处下沉广场,并在下沉广场内布局

餐饮、商业等功能,使用人群可以从下沉广场直接到达建筑室内。在科研办公、商业、公寓等主要建筑二层设置暖廊系统,使各处建筑紧密结合成一个整体。

3.4 构建低碳、气候适应性的寒地韧性空间形态

寒地地区冬季漫长,外部空间使用率低、舒适性差。为提升园区外部空间的气候适应性(即气候韧性),在空间形态塑造方面,主要考虑以下两方面的内容:一是暖廊联通,降低能耗;二是利用小尺度街区创造宜人的冬季外部空间。

在漫长的历史发展过程中,寒地地区的人们探索出了适宜冬季户外活动的街区尺度。例如,哈尔滨传统街区多以小尺度为主,南岗区的街区尺度在130 m左右,道里区的街区尺度在60 m左右,道外区的街区尺度在50 m左右。科创总部项目所在地块的街区尺度在300 m左右。规划参考哈尔滨的街区尺度将规划区的街道尺度控制在150 m之内,人流无停留的穿越时间约为1.7分钟,将街道高宽比控制在0.375~1.375,提高街道通行能力,营造宜人的街道尺度,增加交流共享空间,提升街区活力与街区品质。见图5。

3.5 提高景观要素适寒性,实现韧性设计

景观元素是园区的重要组成部分,在视觉景观和生态系统更新演替方面发挥着重要的作用。受极寒气候影响,园区景观主要存在两方面的不足,即冬季视觉景观的单调性和应对极端气候灾害的脆弱性。

在视觉景观方面,冬季树木落叶后,园区色彩单调,并且科创总部项目建筑整体采用现代风格,色调以灰色系为主,饰面材质多为石材、铝板,虽然凸显了产业园区特性,但是在寒地略显冰冷。因此,规划在近人尺度区域增加

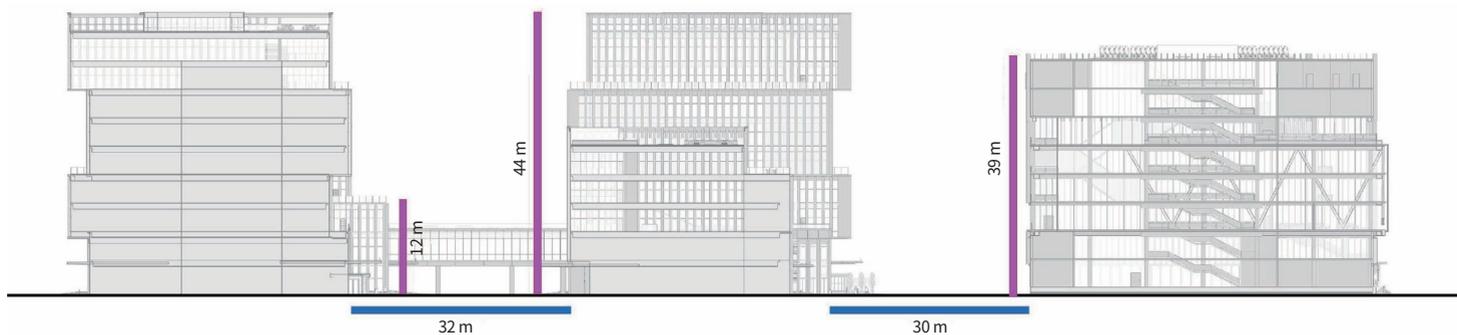


图5 科创总部项目街区尺度

红色系颜色、温暖的木材及灯光，营造有活力的冬季环境氛围。

在应对气候灾害方面，提高植被的极端气候生存韧性。2021年11月，哈尔滨的冻雨灾害使科创总部项目植物受灾严重。从园区中几种植被在冻雨过后的成活弯折数量可以看出，原木特性最差的山杨受灾程度最严重，原木特性稍差一些的白桦受灾程度较严重，原木特性较好的水曲柳和蒙古栎受灾程度一般。因此，在寒地植物的设计中应多选用原木特性好的植物以应对寒地气候灾害。从原木特性好的水曲柳和蒙古栎的受灾指标对比情况来看，水曲柳的表现更好。主要原因是水曲柳为单干，蒙古栎为丛生，水曲柳拥有更合理的形体比例，且多数生长于受风雪等外部环境干扰小的区域，因此在寒地植物设计中还应考虑植物形体比例及栽种区域等因素以实现韧性设计。

4 结束语

本文从工程实践出发，耦合韧性设计的系统性、弹性、冗余性、气候适应性和灾害抵抗性特征，针对寒地的常态气候与极端灾害情况，提出韧性特征导向的寒地产业园区空间规划设计策略，并将该策略应用到深圳（哈尔滨）科创总部项目规划实践中。目前，国内外对实践层面的韧性设计的研究较少，更鲜有寒地的韧性实践。希望寒地产业园区韧

性空间规划设计策略的提出能够为同类项目提供韧性设计参考。

[参考文献]

[1] 曾穗平, 王琦琦, 田健. 应对气候变化的韧性国土空间规划理论框架与规划响应研究[J]. 规划师, 2023(2): 21-29.

[2] 单杰, 梅洪元, 潘文特. 寒地城市儿童冬季户外活动空间满意度影响因素探究[J]. 建筑学报, 2022(增刊2): 86-90.

[3] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973(4): 1-23.

[4] CARPENTER S R, WESTLEY F, TURNER G. Surrogates for resilience of social-ecological systems[J]. Ecosystems, 2005(8): 941-944.

[5] ALBERTI M. Urban form and ecosystem dynamics: empirical evidence and practical implications[J]. Achieving Sustainable Urban Form, 2000(2): 84-96.

[6] 王峤, 臧鑫宇. 韧性理念下的山地城市公共空间生态设计策略[J]. 山地学报, 2017(4): 50-56.

[7] 石龙宇, 郑巧雅, 杨萌, 等. 城市韧性概念、影响因素及其评估研究进展[J]. 生态学报, 2022(14): 6016-6029.

[8] 蔡云楠, 温钊鹏. 提升城市韧性的气候适应性规划技术探索[J]. 规划师, 2017(8): 18-24.

[9] 戴伟, 孙一民, 韩·梅尔, 等. 走向韧性规划: 基于国际视野的三角洲规划研究[J]. 国际城市规划, 2018(3): 83-91.

[10] 王忙忙, 王云才. 生态智慧引导下的城市公园绿地韧性测度体系构建[J]. 中国园林, 2020(6): 23-27.

[11] 李亚, 翟国方. 我国城市灾害韧性评

估及其提升策略研究[J]. 规划师, 2017(8): 5-11.

[12] 陈碧琳, 孙一民, 李颖龙. 中微观韧性城市形态适应性转型研究: 以深圳蛇口工业区为例[J]. 城市发展研究, 2021(6): 2, 45, 101-111.

[13] 李荷, 杨培峰, 张竹昕, 等. “设计生态”视角下山地城市水系空间韧性提升规划策略[J]. 规划师, 2019(15): 53-59.

[14] 刘茜. 韧性健康城市构建的社区适老性景观设计优化: 评《Planning for greying cities: age-friendly city planning and design research and practice》[J]. 世界林业研究, 2023(2): 138-139.

[15] 朱怡, 周悦, 李佳宸, 等. 后疫情视角下的韧性社区公共空间设计研究: 以武汉市光谷青年城为例[J]. 城市发展研究, 2022(5): 59-67.

[16] LUAN B, DING R, WANG X, et al. Exploration of resilient design paradigm of urban green infrastructure[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2020(6): 94-105.

[17] 蔡海燕. 模矩空间理念在高科技园区规划中的实践: 以上海张江光电子产业园区结构规划为例[J]. 规划师, 2008(增刊1): 42-44.

[18] 陈曦, 冷红, 马彦红. 哈尔滨城市街区形态影响建筑能耗的尺度识别和机制探析[J]. 工业建筑, 2023(1): 91-99.

[收稿日期] 2024-02-26