

滨海城市空间结构气候复杂适应研究

——基于 CAS 的厦门城市空间结构优化探讨

常 玮^{1,2} 郑开雄^{1,3,*} 运迎霞¹ (1. 天津大学 建筑学院,天津,300072; 2. 厦门大学 建筑与土木工程学院 福建 厦门,361004; 3. 中国城市规划设计研究院 厦门分院 福建 厦门,361004)

【摘要】气候变化与城镇化深刻影响着我国滨海城市安全与可持续发展,“气候适应”已成为城市应对气候变化的战略共识。研究基于复杂适应系统理论(CAS)构建城市空间结构气候适应优化理论框架;分析“空间结构”与“气候变化”复杂适应性特征,探讨城市空间与气候系统适应性主体的交互性、复杂性以及适应性过程机制,构建城市空间结构气候适应模型,并以厦门市为具体案例城市进行实证研究,以期为我国滨海城市应对气候变化问题、适应气候变化规划提供科学依据和技术支撑。

【关键词】滨海城市;空间结构;气候变化;复杂适应;优化;厦门

【中图分类号】TU984 【文献标识码】A

0 引言

中共“十九”大报告明确提出生态文明建设“要创造更多物质财富和精神财富以满足人民日益增长的美好生活需要,也要提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要”,要“坚持人与自然和谐共生”^①。随着气候变化与城镇化的深刻影响,气候变暖、空气和水资源污染、土地退化、森林资源缺失、物种多样性锐减等生态问题日益凸显,如何应对气候变化已成为全球面临的重大挑战。滨海城市作为一个典型的动态复杂系统,也具有开放性、动态性、自组织性、非平衡性等耗散结构特征,其变化受到自然、社会、经济等多种因素的影响^[1],是人类应对气候变化的关键性区域。本文研究基于复杂适应系统理论(CAS),将城市空间结构与气候变化相结合,对比气候变化与城市空间系统的复杂适应性特征,探讨城市空间与气候系统适应性主体的交互性、复杂性以及适应性过程机制,构建滨海城市空间结构气候适应优化理论框架,并以厦门市为具体案例城市提出优化建议,以期为我

国滨海城市应对气候变化问题、适应气候变化规划提供科学依据和技术支撑。

1 研究基本思路

1.1 理论基础

复杂适应系统(Complex Adaptive Systems, CAS)理论由美国圣菲研究所科学家遗传算法之父约翰·霍兰(John H Holland, 1993)提出,并引起了学术界的广泛关注,作为复杂性科学的重要分支,是复杂系统理论的升华和结晶,在经济系统、生态系统和社会系统等领域获得广泛运用^[1]。CAS基本思想概括为系统中的成员被称为具有适应性的主体,主体在与环境以及其他主体的交互作用中“学习”或“积累经验”,并反过来改变自身的结构和行为方式,以适应环境的变化以及与其他主体协调一致,促进整个系统的发展、演化或进化^[2]。复杂适应系统是由大量的按一定规则或模式进行非线性相互作用的行为主体所组成的动态系统,行为主体通过“学习”产生适应性生存和发展策略,进行创造性演化。复杂适应系统有别于一般系统和复杂系统,关键在于“适应”,因此复杂适应系统理论的核心思想可以用一句话概括“适应性造就复杂性”。由适应性产生的复杂性,即复杂适应系统是十分重要而常见的复杂系统,它从一个侧面概括了生态、经济、社会等重要系统的共同特点。

1.2 研究框架

城市空间结构与气候变化复杂适应是为了降

基金项目:国家社会科学基金重大项目“基于智慧技术的滨海大城市安全策略与综合防灾措施研究”(13&ZD162);国家自然科学基金面上项目“低碳理念下基于人工智能的城市空间结构的热岛效应模拟预测研究”(51278330)资助。

* 通讯作者:郑开雄(1979-),男,天津大学建筑学院博士研究生,中国城市规划设计研究院厦门分院院长,高级城市规划师。主要研究方向:滨海城市防灾减灾;气候变化与城市规划。E-mail: open_xm@163.com

低城市复合生态系统对实际的或预计的气候变化影响所作出的调节适应,是城市采取有效适应气候变化措施所需的能力、资源和机构等方面因素的总和。本文研究基于复杂适应系统理论(CAS),将城市空间系统与气候系统相结合,研究分析“空间结构”与“气候变化”复杂适应性特征,

探讨城市空间与气候系统适应性主体的交互性、复杂性以及适应性和过程机制,构建滨海城市空间结构与气候变化复杂适应模型,并对厦门城市空间结构适应优化进行探讨,建立城市空间结构与气候变化复杂适应理论框架,为城市适应气候变化提供有效途径(表1)。

表1 城市空间结构与气候变化复杂适应研究框架

研究目的	基于复杂适应系统理论,充分把握影响滨海城市空间与气候变化的关键信息,在此基础上,提出城市空间结构与气候变化适应优化机制,为滨海城市制定适应气候变化的优化措施和行动方案提供科学依据和技术方法,实现气候变化背景下的城市可持续发展。
研究内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 城市空间结构气候适应性分析:基于复杂适应系统理论,对比气候变化与城市空间系统的复杂性和适应性特征,提出城市空间与气候变化复杂适应机制。 2. 城市空间结构气候适应模型建构:基于复杂适应系统理论,构建滨海城市空间结构气候适应性模型,分析其构成、需求、空间类型,提出城市空间结构适应气候变化的空间组织策略。 3. 厦门城市空间结构适应优化:以厦门为具体案例城市进行实证验证,提出厦门城市空间结构适应优化建议图。
研究的关键问题	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将城市空间结构与气候变化的复杂适应性整合 2. 协调适应气候变化模型与城市空间结构规划的相容性
研究方法和技术体系	<ol style="list-style-type: none"> 1. 复杂适应系统理论 2. 专家咨询 3. 地理信息系统和遥感技术的综合应用

资料来源:作者自绘

2 城市空间气候系统复杂适应性分析

2.1 气候变化与城市空间复杂适应性特征

霍兰(Holland)将复杂适应系统(CAS)看成是由规则描述的、相互作用的主体组成的系统,并提出了7个基本点,其中包括对所有CAS都通用的4个特性(聚集、非线性、流、多样性)和3个机制(标识、内部模型、积木)^[2](表2)。这7个基本特征是复杂适应系统的重要条件,具备这7个基本特征的系统必然是复杂适应系统。对城市复杂性的经典理解之一是适应性,城市复杂系统具有随着环境的变化而自我调节的能力^[3]。城市空间与气候变化复杂适应系统由一系列适应性主体相互作用、相互适应,具有普遍性、相对性、交互性和复杂性的特点。一方面,适应主体都存在于一定环境中,“优胜劣汰,适者生存”,适应主体为了延续自身而适应环境(包括自然环境和人文环境),这是适应的普遍性;另一方面,适应的过程是适应主体对环境条件的变化所作的反应,随着适应主体和环境条件的不同,适应的程度和过程也千变万化,这是适应的相对多样性^[4]。

2.2 气候变化与城市空间复杂适应机制

适应的过程是适应主体与环境的交互作用过程^[5],也是需求与供给的平衡过程。气候变化对适应主体产生影响,适应主体通过不断学习和经验积累,达到在变化的气候环境中自我生存和自我发展,即外力适应(适应主体外力适应环境变化或环境供给)。适应主体的自身发展需要特定的环境供给,适应主体通过对环境产生反馈,改造已有环境,即内力适应(适应主体主动改变环境来满足自身需求)^[6]。外力适应体现的是适应主体面对环境(其他适应主体)发展变化的反应能力,而内力适应体现的是干预能力。通过反应和干预,适应会衍生出新的内容。适应是适应主体对外部变化所做出的一系列内力和外力调节的过程,其目标是谋求自身的生存和发展。从环境变化到重新适应,适应主体经历环境认知、自我适应调节、环境变化反馈3个阶段^[4],运行机制如图1所示。

城市是一个开放性的复杂适应系统,应对气候变化的城市空间结构优化必然遵循复杂性科学范式进行适应性调整。基于CAS的城市空间结构气候“适应性”本质为城市功能空间主体主动适应气候变化,城市空间结构优化即是在寻找一种适应过程中的“规则”(机理)(图2)。

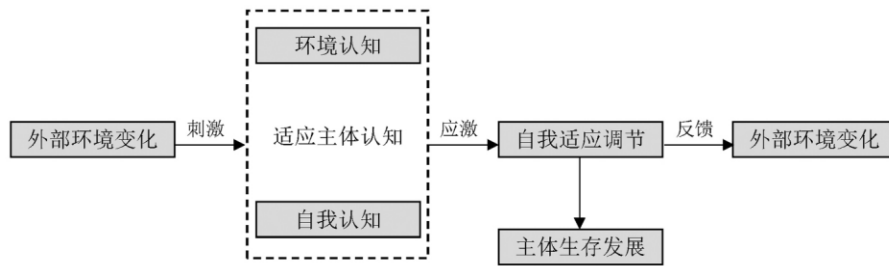


图1 适应的过程机制
资料来源: 作者自绘

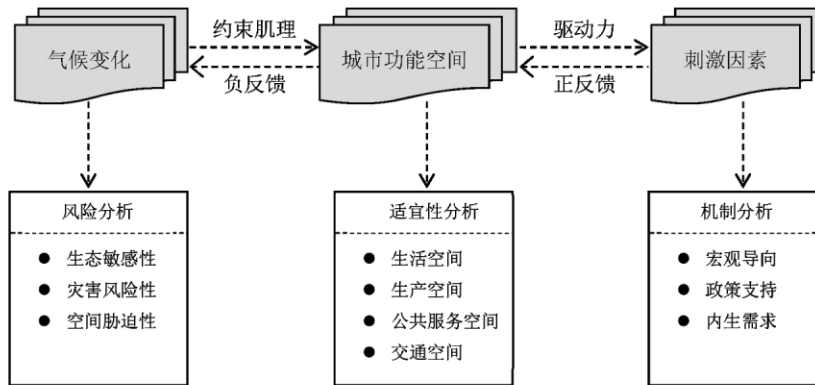


图2 城市空间结构气候变化适应机制
资料来源: 作者自绘

表2 复杂适应系统(CAS)基本特征内容归纳

基本点	内容	关键词	注释
聚集	模型构建	聚类	根据研究问题,忽略细节差异,把相似之物聚成可重复使用的类,人为简化复杂系统。
	基本特征	涌现	较为简单的主体聚集通过相互作用将涌现出复杂的大尺度行为,又进一步聚集为更高级的主体。该过程重复几次,就得到了复杂适应系统典型的层次组织。
识别	认知方式	共性	标识允许主体在不易分辨的主体或目标中发现共性,并为筛选、特化和合作提供合理基础。
	认知反思	操纵	复杂适应系统用标识操纵对称性,忽略某些细节,将注意力引向别处,使人们有意识或无意识的使用它们领悟事物,并构建其模型。
非线性	聚集行为	复杂	主体在相互作用中存在正反馈,导致随机涨落放大,使聚集行为总比人们求和或求平均方法预期的要复杂得多。
	聚集反应	生成	主体之间的适应存在互为因果的双向生成性,使聚集反应无法找到一个统一、适用的聚集反应率。
流	资源交换	变易	在复杂适应系统普遍存在着物质、能量和信息的交换,只要在某些节点上注入更多的资源,就能产生乘数效应,以反映出变易适应性。
	资源利用	循环	资源在主体间循环往复,提高了资源利用。
多样性	系统持存	填空	任何单个主体的持存都依赖于其他主体提供的环境。如果从系统中移走一个主体,作为“填空”,新的主体将提供大部分失去了的相互作用。
	系统协调	繁荣	每一次新的适应,都能够开发新的可能性,进一步增强再循环的部分,使系统协调发展以产生繁荣。
内部模型	内部模型	转化	主体在收到大量涌入的输入中挑选模式,然后将这些模式转化成内部结构的变化。通过无数次试验后得到主体的内部模型(本能等)。
	模型机制	预知	认识到以上模式(或类似的模式)再次遇到时,主体能够预知随之将发生的后果。
积木	积木构造	元素	通过自然选择和学习,寻找那些已被检验过能够再使用的元素。内部模型必须立足于有限的样本上。
	积木使用	组合	面对恒新的事物,将其分解,通过重复使用积木(指以上可再使用的元素),人们获得经验,即使它们从不以完全相同的组合出现两次。

资料来源: 作者根据参考资料[2]绘制

3 城市空间结构气候适应模型构建

3.1 城市空间结构气候适应模块构成

城市空间结构气候适应过程是整体组织过程, 是基于气候适应模块的发展模式。基于 CAS 理论,

本研究将“城市空间气候适应模块”定义为具有适应气候多情景能力的空间单元, 是通过城市空间本身的生产适应气候主体的主体, 具有主体性。根据 CAS 的 4 个特性, 简化模块构成为 4 个阶段(表 3), 为具有气候适应性城市空间的发展提供建设模块。

表 3 城市空间结构气候适应模块构成

构成阶段	复杂适应特性	对城市空间气候适应优化的启示
系统要素	流	变易循环复杂
系统成分	非线性	生成
系统组织	聚集	涌现
系统目标	适应性	填充
	繁荣	

资料来源: 作者自绘

3.2 城市空间结构气候适应空间对比

在与传统城市空间结构的比较中可以看出, 城

市空间结构气候适应注重生产、生活与生态的相互平衡关系, 城市更具韧性和适应性(表 4)。

表 4 基于 CAS 的城市空间类型对比

对比分项	社区	片区	城市
关键字	韧性	均衡	网络化
概念	以一定生产关系和社会关系为基础, 居住生活为前提, 产业生产为核心, 生产生活并重, 居住与工作混合, 韧性安全, 相对独立的社会单元	多核心、多功能空间复合, 满足城市化进程合理集聚, 在一定范围内进行科学整合的区域	划定城市增长边界, 职住平衡, 集聚生产要素, 降低能耗, 缩小碳足迹, 适应气候变化可持续发展, 智慧城区
规模	标准社区规模相当于居住区规模。	数十公顷至数百公顷甚至数十平方公里。	相当于几个中等城市规模, 划定生态底线
结构	以居住为主, 管理灾害风险, 城市安全	居住、工作 结构均衡	包括城市各类用地, 容积率不一, 打造适应性城市气候环境。
人口	以城市居民为主, 中青年为主, 其他为辅	绝大部分为职工, 绝大多数为中青年	包括各种职业、各种年龄段、退休、上学等人员
目标	通过建构生产、生活和生态之间的纽带, 形成韧性适应综合体, 从空间密度和介质维度, 管控气象灾害风险, 打造韧性社区。	通过把土地、劳动力、服务、设施等资源集聚, 产生集聚效应和辐射效应。从空间功能和空间效率维度, 调控城市气候承载力, 打造均衡承载片区	通过产业带动, 形成职住平衡, 多核心形成“既有联系又相对独立”关系, 经济、社会和环境的协调发展。从空间规模和空间容量维度, 适应气候变化, 打造网络化适应城市

资料来源: 作者自绘

3.3 城市空间结构气候适应模块构造

3.3.1 城市空间结构气候适应模块要素预设

“生产”、“生活”、“适应”作为基本而关键的空

间需求, 在很大程度上决定着城市人口、土地使用、空间布局的分布状态和城市空间结构。在气候适应模块中, 生活空间、生产空间与适应空间就近布

置,打破生产、生活和生态在空间上的对立局面,气候韧性空间渗透贯穿于生产空间、生活空间和生态空间。适应模块的气候韧性空间既可以作为气候缓冲区,又可以作为气候调节区,既可以作为生态环境保护用地空间,又可以作为城市未来发展的弹性空间,以适应城市未来发展的不可预测性。多方的有机平衡共生能降低城市空间气候承载压力,减少对气候与生态环境的不利影响,激发城市空间的适应性。

3.3.2 城市空间结构气候适应模块空间功能

气候适应模块内部空间包括生产空间、生活空间和适应空间,应注意以下几点:①居住区级以上

空间分类概括性较强,容易灵活适应包容新出现的空间类型,有利于因地制宜的依据实际情况进行合理的调整;③空间的功能用途的界定表示为一种规划的意向,即某一类空间则对应某一种主导的土地用途,并可以适应性兼容多种其他非主导用途^[7,8]。从而使地块具有混合用途开发的可能性,增强城市韧性安全、均衡承载和网络化适应,以应对气候变化(表5)。

3.4 滨海城市空间结构气候适应组织策略

对社区级适应性模块进行外部组织,可以通过灵活组合和连续拼接等方式形成城市片区的结构。在对相邻模块拼接组合的过程中,相邻模块的邻接区域的内部成分将呈现两种基本的状态,即相似和相异^[8]。根据 CAS 理论,提出两种简化的基本策略,以使气候适应模块进行有效的组合(表6)。

表5 城市空间结构气候适应模块内部组成

空间成分	用地分类	功能界定	类别代号 (相当于)
生产空间	居住用地	职住混合,以单位生活区为主	RA(职住混合)
	公共设施用地	行政办公用地、产品批发零售区、工业品市场等	A、B
	工业用地	以一类工业用地为主	M1
	仓储用地	以普通仓库用地为主	W1
	道路与交通设施用地	主干路、次干路、支路等道路用地、社会停车库用地等	S
生活空间	绿地广场用地	以防护绿地、广场用地为主	G2、G3
	公用设施用地	以居住区配套的市政公用设施用地为主	U
	居住用地	居住区、商住混合区、单位生活区等	R、RB
	公共设施用地	以居住区配套的公共设施用地为主	A、B
	工业用地	以企业的附属设施用地为主	M1
	道路与交通设施用地	主干路、次干路、支路等道路用地、社会停车库用地等	S
适应空间	公用设施用地	以居住区配套的市政公用设施用地为主	U
	绿地	以公共绿地、广场用地为主	G1、G3
适应空间	多种可能性的气候韧性空间用地	未使用前,主要以绿地、通风廊道、生态空间等形式存在	G0

资料来源:作者自绘

表6 城市空间结构气候适应组织策略

相邻成分	相似	相异
成分分析	相邻区域成分共性易于分辨,聚集特性明显	相邻区域成分相对独立,耦合关联障碍较多
组合策略	拼接	嵌入
策略分析	通过拼接组合使空间层次分明、运作高效	找出相异成分的共性嵌入过渡空间,使相邻区域逐步增强内在关联性

资料来源:作者根据参考资料[8]绘制

城市空间结构气候适应模块作为迭代演化的初始模块,将在更大的空间尺度上呈现城市空间结构,包括社区级、片区级和城市级空间结构,既可以形成以城市生活为主导的居住型、生活服务型区域,也可以形成以工业生产为主导的工业型、产业服务型区域,还可以形成生态安全为主导的韧性防

灾区域^[9],并随着城市空间紧凑性、多样性、韧性的进一步增加,以保证城市空间结构的有机演变与应对气候变化。城市级、片区级、社区级适应模块相互连接渗透,共同构成韧性、均衡、网络化城市空间结构,管控灾害风险,提升气候承载能力,降低其脆弱崩溃性危险指数,适应气候变化。

4 实证研究——厦门城市空间结构气候适应优化

4.1 厦门区域概况

厦门市地处福建省东南部,总面积 1599 km² (2016 年),海岸线总长 234 km,分为本岛与岛外地区(图 3,见封三)。厦门属于典型的亚热带海洋性季风气候,常年主导风向为东北风,夏季为东南风,7-9 月有台风。厦门三面环山,一面临海,地势由西北向东南逐渐降低,最高海拔 339.6m,城镇、市区大都建在海拔 20m 以下的临海平原地区。全市海拔 500m 以上的山地 115.25km²,占土地总面积的 7.4%;海拔 50-500m 的丘陵有 442.71km²,占 28.3%;台地分布较广,海拔均为 10-50m,面积有

622.88 km²,占 39.8%;此外还有平原(海拔 10m 以下)等面积 382.9 km²,占 24.5%(图 4,见封三)。厦门岛为丘陵和阶地组合,岛外地区背山面海,从丘陵到阶地过渡,以低丘、阶地、海湾、海滩为主,较大的海湾有同安湾、杏林湾、马銮湾及九龙江入海口(图 5,见封三)。

4.2 厦门城市空间结构气候适应优化需求分析

基于复杂适应系统理论(CAS),依据专家德尔菲法,结合 GIS 平台,判定厦门气候适应热点地区,从城市、片区、社区三个层面分级应对气候变化,进行应对气候变化的城市空间结构优化需求分析,界定需要着重考虑的五类空间要素及其优化方向,并提出较为明确的建议(表 7)。

表 7 厦门城市空间结构气候适应优化需求

空间要素	功能用地类别	现状特征	气候适应优化建议
自然空间	海岸带及其他海岛地区; 河流水域	海岸曲折多弯,岸线全长 234km,已建成海堤 60 条,总长约 80km,围垦海田 11 万亩,主要河流有同安东西溪、官浔溪、翔安九溪以及集美后溪,属山区短小河流,发源于境内,流域面积小,流程短,坡度大。海岸带和海岛受台风、干旱风险大,海岸侵蚀和潮滩湿地退化。	建设高集海堤、集杏海堤、马銮海堤、东坑海堤开口改造工程,建设滨海景观带;加大海岸带防护林、带状绿地建设;将保护河流、湿地等生境的完整性与城市景观和开敞空间统筹考虑;水系与绿道串联,“水网+绿网”的系统性结合,韧性管控风险,并通过规模管控与容量扩充,形成网络化结构,适应气候变化。
韧性空间	主要防灾避难用地	本岛二、三级以上避难场地分布较均匀;西北部丘陵山区易发生地质灾害;同安东西溪下游三角洲地带、集美芒溪下游后溪和杏林湾水库周边地区及马銮湾附近地区、厦门岛筓筓湖周边地区和中山公园周边低洼地带易受暴雨、洪涝灾害。	采取低冲击开发(LID)理念和技术,结合城市开敞空间,增加城市水面积率;优化防灾避难场地布局,加强西北部丘陵山区二级防灾疏散节点数量核密度;加快欧厝避风港建设,提高防抗台风能力,韧性管控风险。
绿化空间	绿地	至 2009 年底,全市建成区园林绿地总面积达 7539hm ² ,城市建成区绿化覆盖率 39.80%,人均公共绿地面积 10.95m ² 。汇水区大面积硬化,径流系数较大。	中心城区建议优化绿地布局,主要河流沿线、海岸与道路交口的楔形空间内等布置楔形绿地,实行纤维化渗透绿地空间,通过密度调节与介质包容,形成网络化结构,适应气候变化。
生产空间	工业用地	工业 87.67% 分布在岛外,土地效益较低,土地利用率高;乡镇企业集群度不高,规模小,布局分散,基础设施配套不完善,对城市建设和城市环境产生负面影响。	工业用地规模化、集约化使用,促使分散的工业项目、小企业点集中到规模型工业园区,实施工业入园战略,通过功能复合与集约高效,均衡承载气候。
生活空间	居住商业	本岛居住用地主要分布于老城区筓筓、莲花、江头、前埔、枋湖、厦禾路、莲前路等片区。岛外居住用地主要分布于各区片区中心。多地出现“城中村”现象,以本岛、杏林最多。商业等公共服务设施呈分散化,岛内外商业中心发展不平衡,大型购物中心等集中布置于本岛中山路、嘉禾路、莲前路、仙岳路等交通干道,影响交通。	建议优化居住-商业-游憩用地空间布置;控制岛外居住新区建设密度;完善配套设施建设;健全社区体系;新区建设与老城区有机结合;职住平衡。通过功能复合与集约高效,均衡承载气候。并通过密度调节与介质包容,韧性管控风险。

资料来源:作者自绘

4.3 厦门城市空间结构气候适应优化建议 基于空间优化需求中的建议分区,对城区内五

种对气候变化有重要影响的空间进行空间优化配置,植入气候适应性优化模块,依据气候适应优化的

目标、原则,进行城市空间结构要素的气候适应型组合。按照效益高、影响大的优先配置的原则,结合专家意见,确定空间优化的顺序依次为“滨海水域自然空间——主要防灾避难空间——绿化空间——生产空间——生活空间”,对同一类空间中,优先布局相应衡量指标因子结果较好的区域。

以城市空间结构气候适应模块为单位,进行模块空间要素预设和空间要素的内部组织,进一步通过密度调节和介质包容,结合绿地与防灾疏散用地的半径建议,形成社区级韧性适应性空间结构。应用城市空间结构气候适应模块外部组织的相似与相异策略,对相邻区域成分共性易于分辨、聚集特性明显的区域,进行拼接模块组合,使空间层次分明、运作高效。相邻区域成分相对独立、耦合关联障碍较多,找出相异成分的共性嵌入过渡空间,使相邻区域逐步增强内在关联性。工业用地邻接居住用地嵌入绿化缓冲区块,以形成城市生活区块、绿化缓冲区块、工业生产区块有机一体的城市片区网络化空间结构。工业用地邻接商业用地可能形成工业街区^②等过渡空间,从而改善城市下垫面性质,优化城市空间密度与介质,降低气象灾害风险对城市空间的影响,适应气候变化。通过以气候适应性模块进行内部组织、外部组织和系统平衡调整,分别进行空间气候要素的复杂适应性组合,形成社区级、片区级、城市级适应气候变化的“韧性、均衡、网络化”城市空间结构,得出综合适应优化建议结果,促进厦门城市空间结构应对气候变化的良好目标的实现(图6,见封三)。

通过5类对气候变化有主要影响的城市空间适应优化建议,对各类功能空间布局的选址和关系进行判定,从而构成应对气候变化的适应性生活社区、生产社区、生态空间,进行复杂适应性组合、演化,建构厦门气候适应的城市空间布局^③,应对气候变化,促进城市可持续发展(图7^[10]、图8,见封三)。

5 结论与讨论

基于复杂适应系统理论城市规划与气候变化相结合,构建城市空间结构气候适应性模块,并以此进行空间要素复杂适应性组合;以厦门为实证研究,植入气候适应性模块,确定厦门城市空间结构应对气候变化的五大适应空间需求,判定其适应优化趋势,进行空间要素复杂适应性组合,提出适应优化方案,

构建社区级、片区级、城市级应对气候变化的滨海城市“韧性、均衡、网络化”空间结构,为厦门城市空间结构气候适应优化提供建议。模拟结果表明城市空间结构适应优化模式可有效减缓气候变化,管控气象灾害风险,提升城市气候承载力,适应气候变化。这一方法的应用,将为我国一定区域城市适应气候变化规划提供科学依据与技术支持。

在多种不确定性因素频发的今天,我国城市正在经历全球气候变化和快速城镇化的双重影响,城市是人类塑造的最复杂而又最典型的社会生态系统,城市规划需要将城市看作是一个生命系统来适应气候变化,从城市的角度检视人工环境和自然环境之间的关系,并思考如何通过最合理适应的空间布局结构,引导城市增长避开灾害易发的地区(如洪泛区或泥石流敏感地区)和控制人类开发规模,使气候系统有充裕的空间来持续提供重要的诸如气温、降水、光照、风等资源环境,同时面对灾害(如自然灾害)的不确定性,构建城市与气候健康安全系统,实现与自然适应协作,确保生态文明建设可持续发展。△

【注释】

- ① 《决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利》习近平代表中共第十八届中央委员会于2017年10月18日在中国共产党第十九次全国代表大会上向大会作的报告。http://www.china.com.cn/cppcc/2017-10/18/content_41752399.htm.
- ② 由工业区通过转型而形成的商业旺区,其特征表现在:建筑主体按工业厂房建造、街区路网密集、街区道路系统尺度更宜于人行、各“方块”间按街区布局。参见:曾真,李津涛.工业街区——城市多功能区发育的胚胎[J].城市规划,2007(4):28.
- ③ 本文研究所得出的厦门城市空间结构适应优化建议是基于CAS的优化建议,因此其与厦门城市空间布局现状以及城市总体规划均有一定差异,且研究过程为寻找解决方案将城市物质空间之外的经济、社会因素予以简化,故本研究结果仅作为建议参考,在对厦门城市空间布局进行优化实践时,要全面分析与空间布局相关的影响因素,实现厦门城市可持续发展。

【参考文献】

- [1] 何春阳,陈晋,史培军,等.基于CA的城市空间动态模型研究[J].地球科学进展,2002(2):188-195.
- [2] Holland J H. 隐秩序:适应性造就复杂性[M].周晓牧,韩晖,译.上海:上海科技教育出版社,2000:10-37.
- [3] 刘继生,陈彦光.作为CAS的复杂城市地理系统的SOC性质[J].地理科学,2007,27(2):129-135.
- [4] 孙小涛,徐建刚,张翔,等.基于复杂适应系统理论的城市规划[J].生态学报,2016,36(2):463-471.
- [5] 郭鹏,薛惠锋,赵宁,等.基于复杂适应系统理论与CA模型的城

- 市增长仿真[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6): 69 - 72 80.
- [6] 方修琦, 殷培红. 弹性、脆弱性和适应——IHDP 三个核心概念综述[J]. 地理科学进展, 2007, 26(5): 11 - 22.
- [7] 张蔚文, 何良将. 应对气候变化的城市规划与设计——前沿及对中国的启示[J]. 城市规划, 2009(9): 38 - 43.
- [8] 高伟, 龙彬. 复杂适应系统理论对城市空间结构生长的启示——工业新城中工业社区适应性空间单元的研究与应用[J]. 城市规划, 2012(5): 57 - 65.
- [9] 常玮. 生态安全目标导向的滨海大城市空间结构减载研究[D]. 天津: 天津大学, 2017: 185 - 190.
- [10] 厦门城市规划设计研究院. 厦门城市总体规划 2011 - 2020 [Z] 2011.
- 作者简介: 常玮(1980 -), 女, 天津大学建筑学院博士研究生, 厦门大学建筑与土木工程学院助理教授, 主要研究方向: 滨海城市与生态安全; 气候变化与城市规划。
- 收稿日期: 2018 - 01 - 16

Study on Climate Complex Adaptation of Spatial Structure in Coastal City: Optimization of Xiamen Urban Spatial Structure Based on CAS

CHANG Wei, ZHENG Kaixiong, YUN Yingxia

【Abstract】Climate change and urbanization have a profound impact on the safety and sustainable development of coastal cities in our country. "Climate adaptation" has become a strategic consensus of cities on climate change. In this paper, based on the theory of complex adaptive systems (CAS), this paper constructs a theoretical framework for the climate adaptation and optimization of coastal urban spatial structure. It analyzes the complex adaptive features of "spatial structure" and "climate change" and discusses the interactivity of adaptable subjects of urban spatial and climate systems, Complexity and adaptive process mechanism to build a climate adaptation model of urban spatial structure, and carry out empirical research with Xiamen as a specific case city, in order to provide a scientific basis and technical support for the coastal city of China to address climate change and adapt to climate change planning.

【Keywords】Coastal City; Spatial Structure; Climate Change; Complex Adaptation; Optimization; Xiamen

(上接第 53 页)

Urban Transport Hub Optimizing Strategy Based on Time-spatial Analysis

BAI Tongzhou, LI Xuemei, WANG Wenjing, LIU Xuejie, LI Xian

【Abstract】Transport hub is the node in transport network, which plays a key role in exerting the comprehensive efficiency of urban transport system. In general, urban transport hubs are troubled with inefficiency in connecting and transferring, lack of functionality and disjoint with urban function, inefficiency in operation and management, etc. This paper tries to build up an Time-spatial analyzing frame for transport hub based on existing achievement in economic Time-spatial Analysis and then put forward main point in transport hub optimization. The fundamental objective of transport hub optimization is to enhance the time-spatial transferring efficiency of travelers by means of adjusting infrastructure and management scheme. It is necessary to understand the inhomogeneity of value-of-time at transport hub. The main method is to compress the displacement chain by optimizing intermediate segment or enrich schedule, and maximize operating benefit by balanced management. Enhancing transferring efficiency and enriching urban service function of transport hub are two aspects of optimization, concentrating on inherent optimization and fusion with urban development respectively. The trend is transport hub will interact more with urban function updates and spatial expansion.

【Keywords】Transport Hub; Time-spatial Analysis; Urban Function; Developmental Layout

滨海城市空间结构气候复杂适应研究

——基于CAS的厦门城市空间结构优化探讨

常玮 郑开雄 运迎霞

(正文第78-85页)



图3 厦门区位图

资料来源：作者自绘

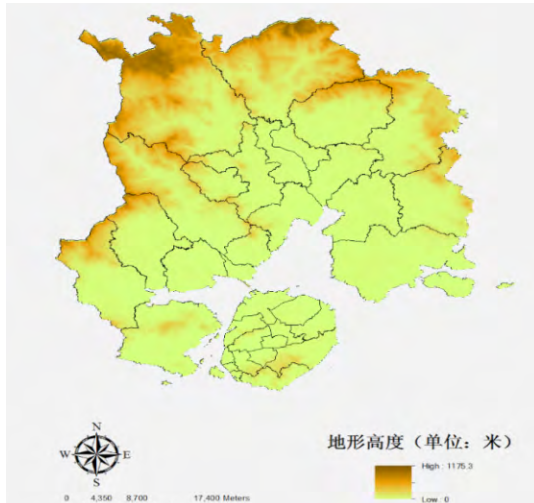


图4 厦门地形高度图

资料来源：作者自绘

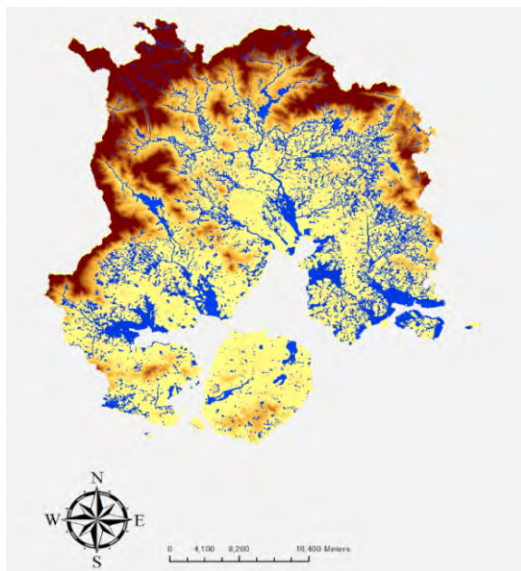


图5 厦门水系河网分布图

资料来源：作者自绘

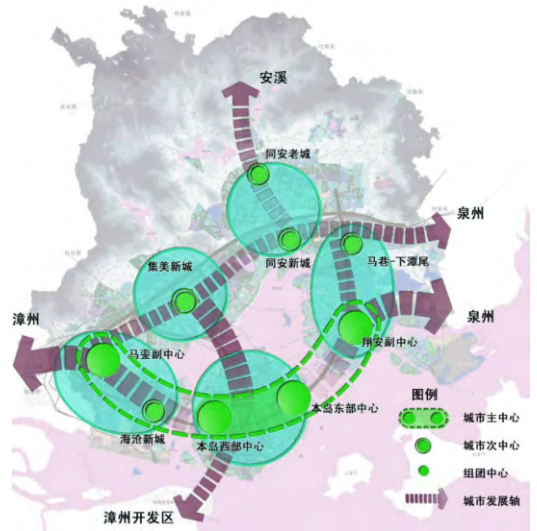


图6 厦门城市空间结构适应优化示意图

资料来源：作者自绘



图7 厦门市土地利用规划图

资料来源：参考文献 [10]



图8 厦门市土地利用适应优化建议图

资料来源：作者自绘