

# 商洛市城市通风廊道构建及规划控制策略

赵涛,曹象明,蔡娟娟,王海峰

(西安交通大学人居环境与建筑工程学院,陕西西安710049)

**摘要:**运用CFD技术和粗糙度理论对商洛市风环境概况进行了模拟与评估,分析得出商洛市中心城区的通风潜力。从影响城市通风的角度分析了商洛市城市建设所存在的主要问题,指出了商洛市通风廊道体系构成的要素。结合商洛市的城市建设现状及规划意向,探索并构建出商洛市城市通风廊道等级体系,提出了相应的规划设计策略和管控措施。

**关键词:**城市通风廊道;风环境模拟;粗糙度理论;商洛市

**中图分类号:**TU984

**文献标志码:**A

随着我国城镇化进程的加快,人们的生活水平有了很大提高,但由于城市建设量的增大,生态环境容量受到很大挑战,同时也带来了相当多的环境问题。当前关于大城市风环境的研究较多,如武汉、西安、成都、北京等都已经完成了城市通风廊道的规划编制工作<sup>[1-3]</sup>。但是,关于中小城市的风环境研究还比较少。笔者运用CFD技术和粗糙度理论对商洛市的风环境进行模拟和评估,探索并构建商洛市的通风廊道等级体系,确定通风廊道的宽度、走向及规划管控措施。

## 一、商洛市风环境概况

### 1. 地形地貌

商洛市位于陕南地区秦岭腹地,是典型的河谷型城市。地形地貌条件复杂,素有“八山一水一分田”之称,商洛中心城区周边有金凤山、二龙山、东龙山、龟山、静泉山等山体。境内沟壑纵横,河网密布,共有大小河流及其支流72500多条。中心城区主要分布

河流有丹江、南秦河,北边有二龙山水库,西边有南秦水库,这些水体作为补偿空间,为商洛市提供了源源不断的冷空气。中心城区沿丹江两岸进行延伸,横贯山谷当中,呈东西“带状”形态分布。在建成区范围内有龟山横贯其中,形成自然的城市绿地,被誉为商洛市的“城市阳台”。特殊的地形地貌对商洛市中心城区的气候条件产生了极大的影响。

### 2. 风环境特征

根据商洛市气象局2013—2015年的气象数据绘制出商洛市夏季和冬季风向频率及静风频率玫瑰图(见图1、图2)。从图1、图2可以看出,商洛市夏季主导风为东南偏东风,约占全年的17.1%;冬季主导风为西北与西北偏西风,分别约占全年的18.8%。全年主导风向以东南风和西北风为主。笔者以夏季和冬季为例,对商洛市风环境进行模拟。

### 3. 存在问题

河谷型城市大多是带状的城市形态,由于受地形限制,气流往往沿河谷流动,且纵向

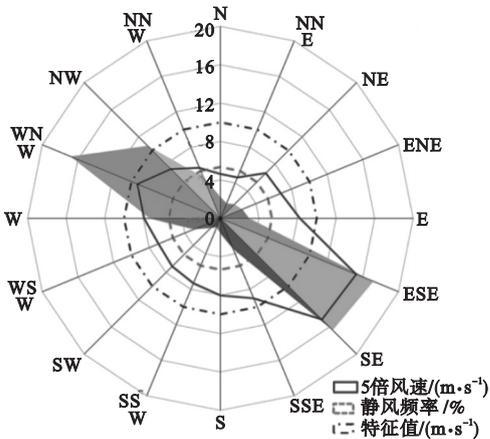


图1 商洛市(2013—2015年)夏季风向频率及静风频率玫瑰图

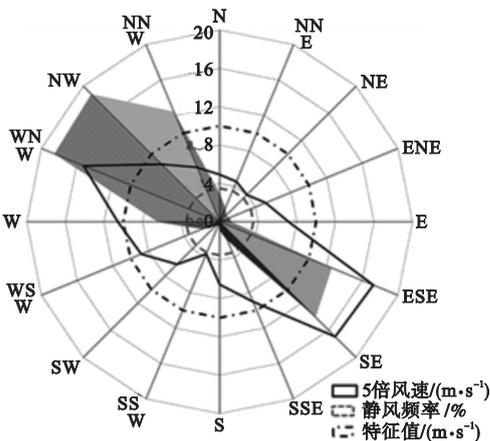


图2 商洛市(2013—2015年)冬季风向频率及静风频率玫瑰图

城市城市对风的削弱力较强,导致出风口通风情况良好,城市内部则出现严重的弱风区。通过实地调研和走访,发现商洛市中心城区存在明显的该类问题,其中,以莲湖公园片区为主的老城区风环境问题尤为严重。另外,商洛市在毗邻山体、河流的区域未留有有效的开敞空间,滨河、临山界面较为封闭,不利于下山风的穿行。自然补偿空间之间未能有效打通或者连接,导致未能起到促进通风的作用。

## 二、商洛市风环境模拟与评估

### 1. 基于 CFD 技术的风环境模拟

#### (1) 模拟方法及过程

首先,对商洛市中心城区的建筑轮廓进行简化,并按照实际高度拉升形成三维空间

数据模型。建模区域北至北环路、南至南秦河以北、东至东大门、西至环西路,建模区域面积约为  $1\,569.8\text{ hm}^2$ 。同时,运用 ArcGIS 软件建立商洛市中心城区周边的地形地貌模型图。其次,将 CAD 中的三维模型导入 ICEM 软件,根据商洛市中心城区的街区及建筑特点,以及计算机模拟运行能力的限制,通过正式模拟前的网格无关性分析,最终采用六面体网格生成方法划分成约 800 万个  $10\text{ m} \times 10\text{ m} \times 10\text{ m}$  的网格。再次,运用 CFD 技术中的 FLUENT 软件进行风环境模拟分析。选用 RNGk -  $\varepsilon$  模型作为湍流计算模型,设置好相应的边界条件<sup>[4]</sup>。夏季的入流边界条件为东南偏东风,风速为  $3\text{ m/s}$ ;冬季的入流边界条件为西北偏西风,风速为  $3.1\text{ m/s}$ 。最后,通过模拟分析将计算结果可视化,生成研究区域参考平面的风速分布云图、风速矢量图,以及建筑物迎风面和背风面的外表面风速云图。

#### (2) 风环境分布特征

通过对冬夏两季商洛市中心城区不同高度风环境模拟结果(见图3、图4)进行分析,可判断出其风环境总体呈现以下特点:首先,风速相对较大的区域主要分布在丹江、南秦河、莲湖公园以及部分城市主干道等城市开敞空间,风速大致处于  $1.29 \sim 3.65\text{ m/s}$ 。丹江、南秦河是城区内较大的水系流域,其作为通风廊道的优势较为明显。其次,由于地形的限制,城市形态呈东西带状分布,因而,狭长的城市建设区对风环境的削弱作用较为明显,无论是在冬季主导风向还是夏季主导风向上,位于城市上风向的区域风环境较好,下风向的风速值则明显较低。最后,老城区通风相对较差,形成了大面积的弱风区,且多出现于建筑高度较低、密度较大以及高度与密度均较大的区域,如西关路片区、北新街中段片区以及文工路、工农路、新乐路两侧,风速多处于  $1.29\text{ m/s}$  以下,有些则是由于地块内缺少内部交通路网联系,或是建筑体量过大或过于封闭,导致该片区静风频率较高,形成大面积弱风区。

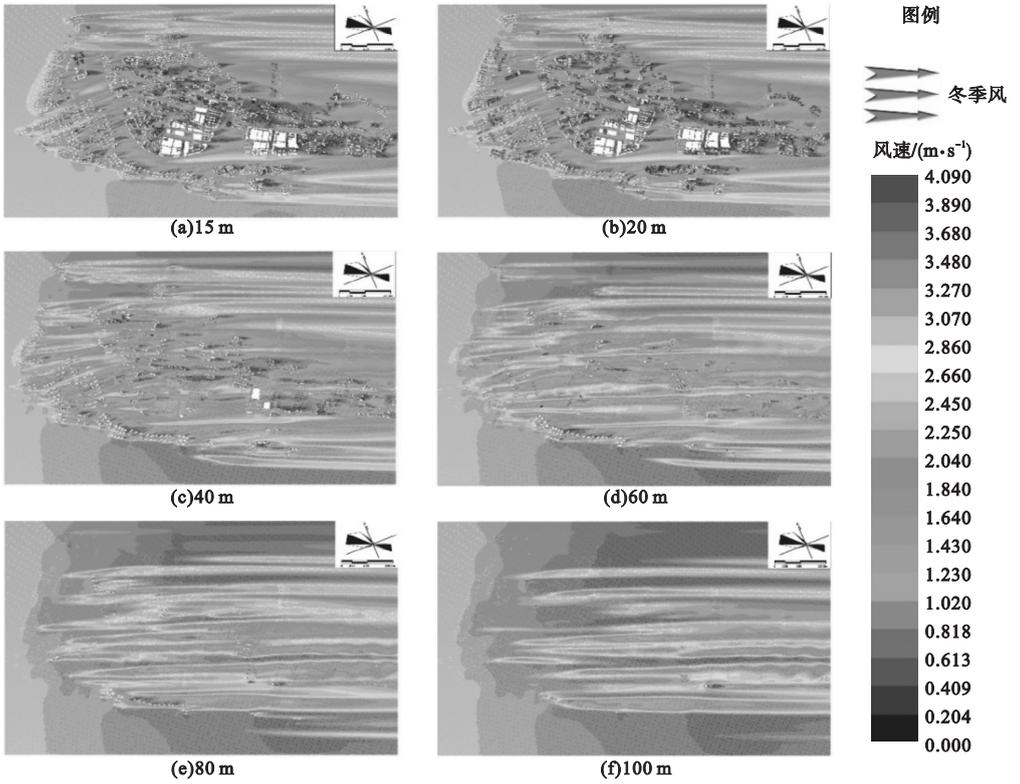


图 3 冬季各高度风环境模拟图

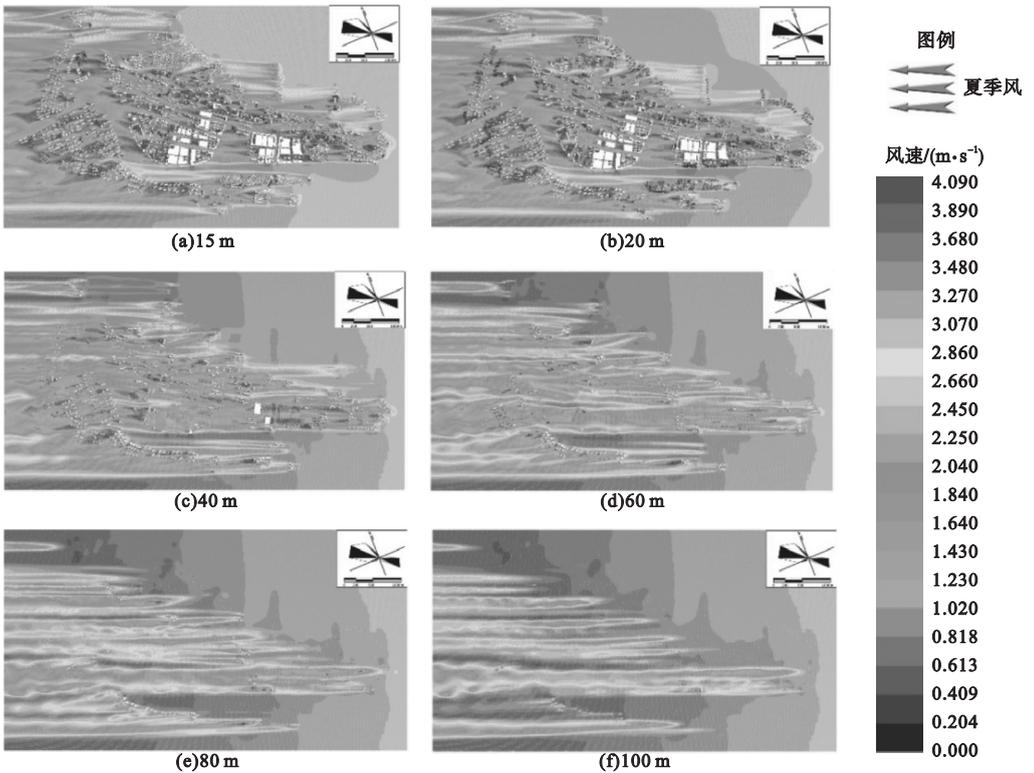


图 4 夏季各高度风环境模拟图

## 2. 基于粗糙度理论的通风潜力评估

### (1) 粗糙度理论

城市粗糙度理论引自空气动力学对城市环境的研究,反映了城市下垫面作为整体对风环境阻碍作用大小的基本参数,其概念类似于对气流产生摩擦阻力的城市的粗糙度。城市粗糙度越大,对风的阻力越大,通风潜力越小;反之,城市粗糙度越小,对风的阻力越小,通风潜力越大<sup>[5-7]</sup>。粗糙度理论可应用于城市风环境的定量分析,是由建筑密度、容积率等多种影响因子共同决定的。

### (2) 评估方法

首先,选取建筑密度、绿地率、迎风面积指数、容积率、建筑平均高度、空地率共 6 个评价指标作为评价因子,根据商洛市中心城区的街区尺度和特点,将中心城区划分成 150 m × 150 m 的单元网格,分别计算各单元网格中的指标值,运用 ArcGIS 软件进行可视化处理,得出各影响因子的评估分析图(见图 5),再利用变异系数法确定指标权重,然后进行空间叠加,得出中心城区的通风潜力评价图<sup>[8]</sup>。

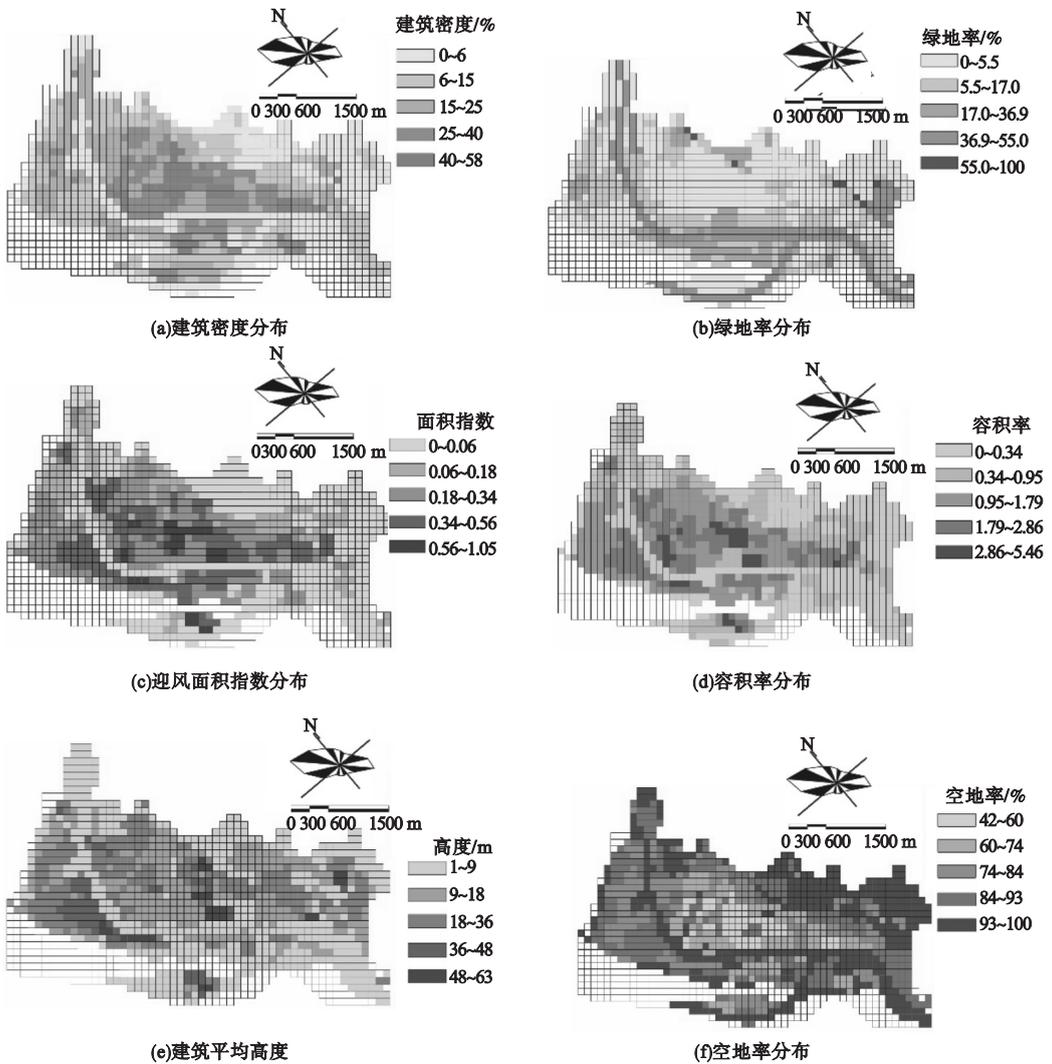


图 5 风环境各影响因子评估分析图

### (3) 通风潜力分析

建筑密度的高低影响着城市通风潜力的大小。如图 5(a) 所示,商洛市中心城区建筑

密度较高的区域主要集中在老城区莲湖公园北部片区,城东局部地区建筑密度较高。城西地区则多为新开发用地,行政中心、体育场

等办公建筑位于此,建筑密度适中,通风潜力中等。其余城市边缘区和绿地河流等建筑密度非常小,因而,该片区通风潜力较大,可作为一级通风廊道和补偿空间。

绿地率对城市通风潜力具有积极影响。如图5(b)所示,绿地率较高的区域主要集中在丹江和南秦河两岸及城市公园广场,城市绿地作为补偿空间提供冷气来源,同时,对气流阻挡作用较小,因而,该区域通风潜力较大。城西和城东北区域绿地率稍低,因而,通风潜力也偏低一点。通风潜力最低的区域主要集中在老城区,以北新街、东街、西街片区最为突出,由于其街区内部建筑较为密集,绿地等开敞空间不足,导致通风潜力很小。

如图5(c)所示,中心城区多数地块迎风面积指数为0.18~0.34,迎风面积指数较大的地块集中在城区中心和丹江以北的区域。迎风指数主要反映的是建筑立面与风向的关系,所以,迎风面积大的区域对风的阻碍较大,地块的通风潜力较小。而地块迎风指数偏低的区域主要分布在郊区,以南秦河沿岸地块为主,该地区开发力度小,迎风面积相应地就较小。

如图5(d)所示,中心城区的容积率集中在0.95~1.79,容积率最高的区域位于丹江附近,该区域是城市的中心区,开发强度大,所以容积率较高,最高达到了5.46。容积率最低的区域主要是中心城区的大面积水域、绿地以及空地,这些区域由于开发力度较小,因此容积率较小,对风的阻碍作用偏小,通风潜力较大。

如图5(e)所示,中心城区的平均高度大多在9~18 m。其中,中心城区的建筑平均高度最高为63 m,位于丹江西侧区域,且有连片发展的趋势,因此,该区域的通风潜力较小。地块建筑平均高度最低的区域主要是城区边缘未开发的区域,该区域地块由于建筑少、体量小,对风的阻碍作用较小,因此通风潜力较大。

如图5(f)所示,大部分地块空地率集中在42%~74%。中心城区的空地有集中连

片的趋势,而开敞空间的集中连片不仅有利于通风廊道的形成,还可以作为城市通风的补偿空间,有利于城市的通风。由图5(f)可见,除去绿地和水域外,其他的开敞空间密集的区域在城区边缘地区。

### 3. 商洛市通风性能综合分析

通过对城市粗糙度的6个指标(建筑密度、绿地率、迎风面积指数<sup>[9]</sup>、容积率、建筑平均高度、空地率)进行叠加分析,得出商洛市中心城区的通风性能分析图(见图6)。由图6可见,通风潜力呈现圈层分布状态,由内向外逐渐增强。其中,通风潜力最小的区域位于莲湖公园北侧及民生路片区,通风潜力值小于0.14。该区域内的地块大多拥有较高的建筑密度、较大的容积率、数量很少的开敞空间,因此通风潜力较小。北新街和城西片区通风潜力略大,大都小于0.18。其余城市外围地区通风潜力稍强,城市边缘区及城市绿地水域的通风潜力最强。由于这些区域主要位于金凤山、南秦河和龟山附近,水体、山脉能有效促进空气的流动,从而有利于局部通风。

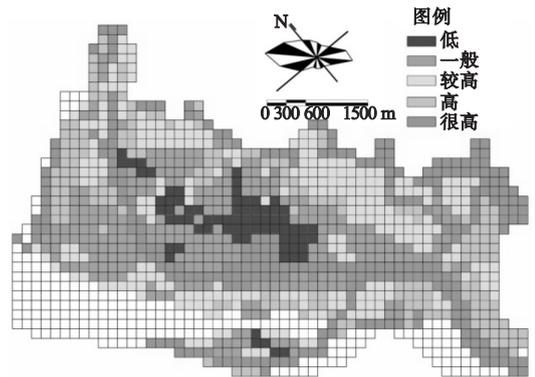


图6 通风性能综合分析图

综上所述,商洛市中心城区的通风性能具有以下特点:首先,由于商洛市城区处于盆地之中,城市内部的通风性能受到周围山体等自然生态要素的巨大影响,周围的风环境较好。其次,丹江和南秦河横贯城中,形成自然的冷气流通道,因而,沿河两岸风环境较好,通风性能较强。最后,老城区内部建筑密度较大,开敞空间较少,阻碍了空气的流动,

导致通风潜力较差。

### 三、商洛市城市通风廊道的构建

#### 1. 通风廊道等级体系

根据 CFD 技术模拟和粗糙度理论,识别出商洛市通风性能较好区域,通过加强其之

间的联系,疏通空气流动通道,形成不同类型的通风廊道。在不同尺度层面,共提出 3 个等级的通风廊道(见图 7),分别以河流、绿地、道路等为载体建立城市通风廊道体系<sup>[10]</sup>(见表 1)。

表 1 商洛市通风廊道等级体系

廊道等级	数量/条	空间结构	空间载体	宽度/m	廊道走向
一级	2	“人”字形	丹江	200	西北-东南
			南秦河	150	西-东
二级	5	“一横四纵”	北新街	40~60	西北-东南
			通江路	55	东北-西南
			工农路	50	东北-西南
			新乐路-东环路	45	东北-西南
			西商二线-商丹大道	60	东北-西南
			四浩路-西关路-西街-东街	35	西北-东南
			州城路-南街	35~55	西北-东南
三级	7	“三横四纵”	名人街	35	西-东
			通信路	35	东北-西南
			文卫路	35	东北-西南
			中心街	30	东北-西南
			东新街	30	东北-西南



图 7 商洛市城市通风廊道等级体系规划图

一级通风廊道作为城市的主要通风廊道,承担着整个商洛市中心城区的空气产生、流通、运输等作用,主要衔接城市及周边区域,对城市风环境改善具有明显作用。规划选取丹江、南秦河作为一级通风廊道载体,设置西南-东北走向的主要通风廊道,形成“人”字型结构的生态风光带,贯穿整个中心城区。该廊道串联莲湖公园、龟山公园等大型城市绿地,引入自然风。同时,丹江、南秦河大致为东西走向,两岸多以绿化和城市道

路为主,开发建设量较小,有利于山谷风的传播运送,且与商洛市常年盛行风风向相同,具有良好的通风作用。

二级通风廊道主要解决城市建成区内部通风不畅等问题。由于商洛市中心城区存在诸多建筑较低且建设较为密集的区域,具有明显的热岛效应,因而,在设置二级通风廊道时需要考虑将城区分成多个作用空间片区。选取城区等级较高污染较小的主干道、冲沟水渠以及其他开敞空间,引入城市主导风或局地风。规划以通江路、工农路、新乐路为主要载体,将城区分为从西向东的三大片区,建立南北走向的通风廊道,形成纵向布局,将南北两侧的下山风引入城市形成对流。同时,由于北新街由城区西北贯穿东南,且为城市主干路,有利于改善丹江北部区域的通风环境,因此,二级通风廊道形成“一横四纵”的格局,并与横向的一级通风廊道交叉形成网状通风廊道骨架。

三级通风廊道主要解决商洛市局部通风问题,如莲湖公园北部、四浩路片区等风环境问题严重的地区。该类型区域可引入周边的

冷空气或山谷风作为主要风源,如莲湖公园、丹江等。规划设置通信路通风廊道、文卫路通风廊道、中心街通风廊道和东新街通风廊道等4条纵向通风廊道以及四浩路-西关路-西街-东街通风廊道、州城路-南街通风廊道和名人街通风廊道等3条横向通风廊道,形成“三横四纵”的通风廊道结构。运用这些通风廊道串联起公园、水系等生态绿地及一级通风廊道,将风源引入城区内部,形成良好的通风循环以达到改善微气候的效果。

## 2. 规划管控策略

通风廊道能够发挥出作用,需要经过长期的管控和引导。基于商洛市中心城区的现状建设情况,可实行分类管控措施。在城市棚户区,需要结合城市更新,增加该地区的开敞空间,逐步形成局部通风廊道。针对部分建筑质量较好、通风性能较差的地段,需要充分尊重城市建设现状,重点采取被动式的改善措施,如使用屋顶绿化、街头绿地等增加生态空间,引入风源。在城市外围和新区,在规划设计时应充分考虑通风廊道等气候问题,采用主动式的改善措施,留出相应的通风廊道或生态补偿空间,并在建设时充分考虑有利于营建良好气候环境的城市建设形态和开发模式。具体管控措施如下:

(1) 保护城市生态空间环境,确保城市风源畅通。大力保护好城市东北部的生态用地,整合山、水、林、田、湖等自然生态要素,规划一定的开敞空间,对该片区生态补偿空间进行保护,确保风源的产生,以便引入夏季风。同时,在该区域禁止一切有污染的开发活动,营造优质的补偿空间,确保源源不断的新鲜空气进入城区。在冬季主导风向设置公园绿地时注意实施的防风措施,宜种植高大乔木,设置林带,起到一定的隔离阻挡强风的作用。建筑错落布置,在西北部可采用围合的建筑布局方式,以便阻挡冬季强风的侵袭。

(2) 控制风道内的开发建设,提高城市通风效能。在一级通风廊道中,划定丹江和南秦河的生态廊道保护控制线,根据现状情况,确保一级风道宽度控制在150~200 m,

滨河地块内的建筑应垂直于河流走向进行布置,建筑侧面与侧面之间需要有20 m的距离,以便将风引入其地块内部。在二级通风廊道中,由于其是以主干道路作为运输载体,因此,需要充分考虑降低交通工具对道路型通风廊道的污染,尽可能多地设置绿化隔离带,增加行道树,在部分条件允许的道路可设置绿化景观带。同时,严格控制道路两侧的建筑高度,以道路中心线为中心,距离道路中心线越远建筑高度越高,形成“U”字型的街区断面。在三级通风廊道中,由于其等级规模较小,且多位于城市棚户区、城市街区封闭区,因而需要结合旧城改造,逐步增加和替换出生态补偿空间。由于部分道路相对较窄,可通过沿街屋顶绿化、街头绿地等增加生态补偿空间,确保城市冷空气的生成。同时,三级风道多是解决局部的通风问题,需要考虑将其与一级、二级风道进行连接,从而将丹江、南秦河、龟山等大型补偿空间的气流引入其内部。此外,还要适度增加道路下垫面的透水性,降低地面温度,促进冷空气的生成。

(3) 加强城市建设开发管控,优化建筑布局方式。在城市通风廊道两边相邻的地块,严格控制街区内的各项建设指标,绿地率不小于30%,建筑密度控制在20%以内,沿街建筑高度以不超过通风廊道宽度的一半为宜,呈现梯度增加,建筑高度力求高低错落,不宜均等化,这有利于气流的循环,增加通风潜力。建筑的长边要与风道的方向平行,建筑群体布局方式应采用点式布局,尽可能多地引入风源。

## 四、结 论

运用CFD技术模拟出商洛市中心城区夏季和冬季不同高度的风环境概况,通过粗糙度理论分析得出商洛市中心城区的通风潜力评价图,进而识别出商洛市的通风廊道。根据综合分析,结合商洛城市建设现状和未来发展规画,从宏观、中观、微观的层面,构建出2条一级通风廊道、5条二级通风廊道和7条三级通风廊道,分别服务于区域、城市及局

部街区。对通风廊道的规模等级、结构及走向提出了相应的规划控制,对通风廊道及沿线周边地区的建设开发提出了一定的约束和控制。从引入城市风源、提高通风廊道的通风性能以及建筑布局等方面提出管控措施,确保城市通风廊道能够更好地发挥作用。后续的规划和实施过程应在此基础上,探索制定出详细的规划控制导则,对弱风地块的各项指标提出适宜的控制范围,确保实施和管理的可操作性。

### 参考文献:

- [1] 任超,袁超,何正军,等.城市通风廊道研究及其规划应用[J].城市规划学刊,2014(3):52-60.
- [2] 王梓茜,程宸,杨袁慧,等.基于多元数据分析的城市通风廊道规划策略研究:以北京副中心为例[J].城市发展研究,2018(1):87-96.
- [3] 汪琴.城市尺度通风廊道综合分析及构建方法研究[D].杭州:浙江大学,2016.
- [4] BLOCKEN B, CARMELIET J, STATHOPOULOS T. CFD evaluation of the wind speed conditions in passages between buildings – effect of wall – function roughness modifications on the atmospheric boundary layer flow [J]. Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 2007, 95: 941 – 962.
- [5] 詹庆明,欧阳婉璐,金志诚,等.基于RS和GIS的城市通风潜力研究与规划指引[J].规划师,2015(11):95-99.
- [6] 李安娜.基于粗糙度理论的哈尔滨中心城区风环境研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [7] 刘俊勇.基于GIS的城市通风性能研究:以广州市越秀区为例[D].广州:华南师范大学,2013.
- [8] CHAO Yuan, CHAO Ren, NG E. GIS-based surface roughness evaluation in the urban planning system to improve the wind environment: A study in Wuhan, China [J]. Urban climate, 2014, 10: 585 – 593.
- [9] 林欣.基于数值模拟的城市多尺度通风廊道识别研究:以深圳市为例[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
- [10] 张云路,李雄.基于城市绿地系统空间布局优化的城市通风廊道规划探索:以晋中市为例[J].城市发展研究,2017(5):35-41.

## The Urban Ventilation Channel Construction and Planning Control Strategy in Shangluo City

ZHAO Tao, CAO Xiangming, CAI Juanjuan, WANG Haifeng

(School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** By using CFD technology and roughness theory to simulate and evaluate the wind environment in Shangluo City, the ventilation potential of Shangluo construction area is analyzed. From the perspective of affecting urban ventilation, the main problems in the urban construction of Shangluo City will be analyzed, and the elements of the ventilation channel system in Shangluo City are also pointed out. Combined with the current situation of urban construction in Shangluo City and its planning intention, it explores, constructs a system of urban ventilation channels in Shangluo City, and proposes corresponding planning, design strategies, management and control measures.

**Key words:** urban ventilation channel; wind environment simulation; roughness theory; Shangluo City