

温度缓冲梯度的过渡空间被动式设计方法

张九红^{1,2},王瑞琪²,马鸣霄³,徐诚皓⁴

(1. 东北大学江河建筑学院,辽宁 沈阳 110819;2. 沈阳建筑大学建筑与规划学院,
辽宁 沈阳 110168;3. 北京航空航天大学高等理工学院,北京 100083;
4. 诺丁汉大学建筑与建筑环境学院,英国 诺丁汉 NG7 2RD)

摘要 对已有建筑的室内外过渡空间设计改造,形成建筑空间布局上的温度梯度变化,缩小冷热温度差,降低人体对温度突变带来的不适。**方法** 以公共建筑中商业建筑的过渡空间为研究对象,分析严寒地区商业建筑在出入口处温度突变的过程,通过使用 airpak 软件对过渡空间温度以及风速进行模拟,对其空间不同温度进行划分,形成建筑空间布局上的温度梯度。对室内外过渡空间进行被动式设计包括:增设过渡空间,设置过渡空间阻隔形式门斗、设计过渡空间形式。**结果** 增设外延式过渡空间时,平面长宽比为1:2,门斗高度低,正对主入口的侧面开门热环境效果较好;增设内切式过渡空间时,增设双层隔墙热环境和经济效果较好;S型双层阻隔式门斗对中庭热环境的提升作用较明显。**结论** 过渡空间被动式设计方法,可以节约能源,有效地提高公共建筑使用人群的舒适度。

关键词 被动式设计;温度缓冲梯度;过渡空间;严寒地区

中图分类号 TU111

文献标志码 A

Passive Design Method of Transition Space Based on Temperature Buffer Gradient

ZHANG Jiuhong^{1,2}, WANG Ruiqi², MA Mingxiao³, XU Chenghao⁴

(1. Jiangho Architecture, Northeastern University, Shenyang, China, 110819; 2. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 3. Shenguan Honors College, Beihang University, Beijing, China, 100083; 4. Department of Architecture and Built Environment, University of Nottingham, Nottingham, UK, NG7 2RD)

Abstract: In order to reduce the difference between the hot and cold temperature and the discomfort caused by sudden changes of temperature, the design and transform of the indoor and outdoor transition space of existing buildings was studied to form temperature gradient changes in the spatial layout of buildings. The transition space of commercial building in public buildings as the research

收稿日期:2019-06-17

基金项目:国家自然科学基金项目(51678370);辽宁省高校创新团队支持计划项目(LT2017002)

作者简介:张九红(1968—),女,教授,博士研究生导师,主要从事绿色建筑和建筑物声、光、热方面研究。

object, the process of sudden change of temperature at the entrance and exit of commercial buildings in severe cold area is analyzed. Temperature and wind speed of the transition space is simulated by Airpak software, and the different temperatures of the space are divided to form temperature gradient of the building space. Passive design of the transition space includes addition of transition space, set the barrier form of transition space and forms of transition space. When an extension type transition space is added, the ratio of length to width in plane is 1:2, the height of the door buckets is low, the thermal environment effect is better as the doors opening at the side of the main entrance; when an inward type transition space is added, the addition of double-layer partition wall has better thermal environment and economic effect; S-type double-layer barrier door bucket has a significant effect on the thermal environment of atrium. The passive design method of transition space can effectively improve the comfort of public building users and save energy.

Key words: passive design; temperature buffer gradient; transition space; severe cold area

我国严寒地区冬季室内外温差较大,从室内到室外或室外到室内冷热温度突变。在商业建筑中,有时为了快速提高人体温度,常在入口处设置热风幕,这种做法加剧室内外温差和热量传递,也影响了人体的热舒适性^[1-5]。为解决高能耗、低舒适出入口处设置,增设建筑室内外过渡空间,如走廊、中庭、入口等可缓冲建筑室内外热环境,合理地控制过渡空间的温度,使空间环境满足人体的适应过程,降低温度突变对人体的影响,同时达到节能的目的^[6-9]。马倩^[10]通过对不同类型过渡空间的测试,分析过渡空间热舒适的影响因素,得出影响过渡空间的主要因素有风速和空气温度。李宗昆^[11]提出室内外过渡空间不仅可以改善人们从寒冷的室外环境机内到温暖的室内环境时人体的热舒适度,缓解人们由于空间热环境的突变而带来的热舒适突然的状况,以增强过渡空间在建筑本体结构的过渡性作用,提高建筑功能性。由于目前对于严寒地区的过渡空间研究较少,鉴于此,笔者以严寒地区公共建筑中商业建筑的过渡空间为研究对象,通过分析严寒地区商业建筑在出入口处温度突变的过程,对室内外过渡空间进行改造设计,通过使用 airpak 软件对过渡空间温度以及风速进行模拟,对其空间不同温度进行划分,形成建筑空间布局上的温度梯度,通过对过渡空间被动式设计,缩小冷热温度差,减少温度突变给人体带来的刺激,

满足人体热适应规律,达到节能效果。

1 过渡空间与温度缓冲梯度

从建筑的热工性角度来界定,严寒地区建筑室内外过渡空间作为一个温度缓冲空间,联系建筑内部的主要使用空间和外界环境。温度缓冲梯度是依据人体动态下的热适应范围,而设定温度变化过程^[12-13]。

1.1 严寒地区温度指标

根据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50736—2012),供暖室内设计温度应符合严寒和寒冷地区主要房间 18 ~ 24 °C。根据《民用建筑设计热工规范》(GB50173—2016),严寒地区最冷月平均温度 $t_{\min-m} \leq -10$ °C。说明严寒地区冬季室内外温差较大,需要过渡空间的调整。

1.2 温度缓冲梯度

目前对于温度突变的动态环境人体热舒适研究,廖建科^[14]根据冬季的温度突变特点,其在人工气候室里创建了几个不同温度的气候房间,选定 3 个中性偏低的温度,分别为 12 °C、15 °C 和 17 °C,和一个中性温度房间 22 °C,作为冬季温度突变实验研究。

实验分为升温突变和降温突变两个过程,升温突变是人由中性偏低的 3 个气候房间过渡到中性温度房间,降温突变过程是人由中性温度房间过渡到中性偏低的 3 个气候房间。对于升温突变,由偏冷温度到中性温度

过渡这个过程中几乎都可以接受,在这个过程中,12℃、15℃、17℃突变到22℃的可接受率接近100%,而在降温突变过程中,22℃突变到12℃、15℃、17℃的可接受率分别为45%、60%、80%。对于从偏冷环境过渡到中性环境这个升温突变过程中,人们的接受范围比较大,接受率比较高。由中性环境过渡到偏冷环境这个降温突变过程中,人们对降温突变的可接受率随温度差增大而明显下降。人体对冷

刺激的感受较明显,对于冷刺激的接受程度远低于热刺激。室内外温差为5℃时,人们接受率最高为80%,温差为7℃是接受率60%,室内外温差超过10℃时,人们的接受率低于50%。由此可得出大多数人可接受5~7℃。将5~7℃作为温度缓冲梯度的依据,划分出人体由室外到室内舒适温度之间的适应温度梯度范围,并将此范围加注在过渡空间上,使其成为具有温度缓冲性质的过渡空间(见图1)。

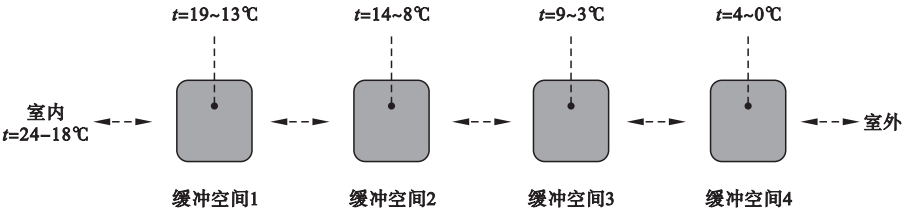


图1 过渡空间与温度缓冲梯度示意图

Fig. 1 Transition space and temperature buffer gradient diagram

2 过渡空间被动式设计方法

被动式建筑设计就是通过建筑设计的本身,而非利用机械设备等,达到减少建筑能耗的设计方法。笔者提出建筑室内外过渡空间被动式设计这一概念,建筑室内外过渡空间介于外部环境 with 内部主要使用空间环境之间,将两个对立的事物通过中间环境产生联系。通过建筑室内外过渡空间的作用,将建筑内部人的舒适环境温度与室外寒冷天气之间形成温度梯度,使人形成对温度变化适应的过程,建筑室内外过渡空间是一种重要的被动式方法。对于建筑室内外过渡空间的被动式设计需要对其温度梯度缓冲空间进行设计,使人由室外到室内或由室内到室外都有个很好的适应过程,同时对不同温度环境进行功能布置,使人在舒适的温度条件下有适宜的行为活动,并通过被动式设计方法,运用建筑本身的空间形式等因素,使温度梯度空间达到人体可以适应的温度范围^[15-16]。

笔者选择沈阳市兴隆大奥莱商业建筑进

行模拟,根据调研大型商场的主要出入口为客流量大的位置方向。沈阳市兴隆大奥莱B座人流量集中入口为西侧出入口,所以模拟的出入口方向为这个人流量密集的出入口,建筑模型长宽高为81 m×460 m×4 m;中庭长宽高为81 m×460 m×4 m;门斗长宽尺寸为8 m×2 m×3.5 m;门高宽为6 m×2.5 m。笔者模拟设定的建筑热环境为温度和风速。温度为-11.2~-4.2℃,风速为沈阳地区冬季室外平均风速3 m/s。

2.1 增设过渡空间

在建筑空间中或室外增加有温度缓冲作用的空间。增加方式分为外延式和内切式两种:在建筑外门的外部增加过渡空间的方法为外延式;在原有建筑空间中划分出过渡空间的方法为内切式。

2.1.1 外延式过渡空间

(1)外延式过渡空间的平面设计

通过改变过渡空间长宽比例改变过渡空间的热环境。笔者设外延式过渡空间的长为a,模拟过渡空间长宽比分别为1:4、1:2和1:1时达到的热环境效果(见图2)。

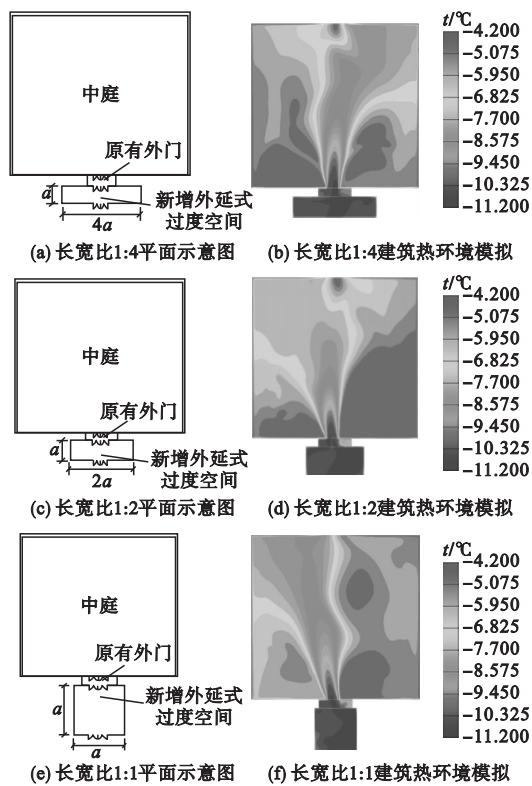


图 2 外延式过渡空间平面图及热环境模拟

Fig. 2 Extensional transition space plan and thermal environment simulation

从图 2 可以看出,过渡空间长宽比为 1:1 时(见图 2(f))中庭温度明显低于比例为 1:2(见图 2(d))和 1:4(见图 2(b))的中庭温度. 过渡空间长宽比为 1:2(见图 2(d))时,温度提升效果更明显,具有更好的热环境.

(2)外延式过渡空间的高度设计

通过调整过渡空间高度,对比分析外延式过渡空间设计的高度高于门斗,与门斗等高和低于门斗时达到的热环境效果(见图 3). 由图 3 可以看出,当增设过渡空间高度高于原门斗高度时(见图 3(b)),中庭热环境不佳,温度明显低于等高(见图 3(d))和低于原门斗(见图 3(f))的情况. 过渡空间低于原门斗高度的形式(见图 3(f))温度低的范围更少,因此热环境更好. 所以,增设过渡空间的高度在满足人的行走高度的同时,其高度越低,热环境效果越好.

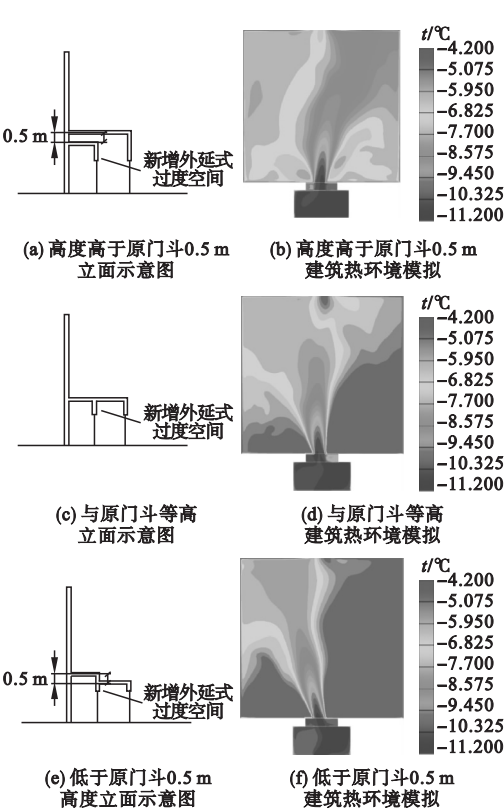


图 3 外延式过渡空间高度立面图及热环境模拟
Fig. 3 Height plan of extensional transition space and thermal environment simulation

(3)外延式过渡空间门的开启位置

通过模拟设计外延式过渡空间门的开启位置,对比研究过渡空间的热环境效果. 门的布置方式分为:集中布置和分散布置.

外延式过渡空间门集中布置时门的开启位置热环境模拟效果如见图 4 所示. 外延式过渡空间门集中布置时门的开启位置为:正对主入口开门(见图 4(a));主入口侧面开门(见图 4(c));主入口旁边开门(见图 4(e)). 从图 4 可以看出,增设外延式过渡空间门集中布置时,明显看出在主入口侧面(见图 4(d))和在主入口方向旁边设置出入口(见图 4(f))的热环境要好于正对主入口设置出入口(见图 4(b))的热环境. 其中在主入口侧面开门(见图 4(d))的高温分布区域较多,热环境优于在主入口方向旁边设置出入口开门(见图 4(f)).

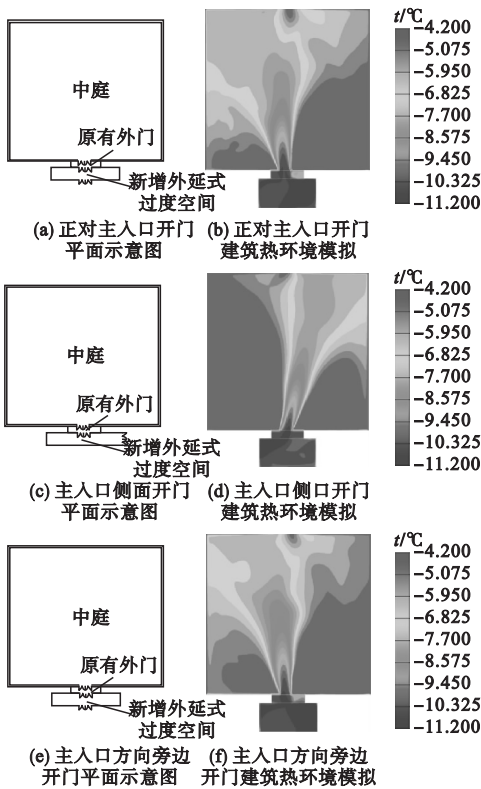


图4 外延式过渡空间门集中布置开启位置平面图及热环境模拟

Fig. 4 Centralized arranged door opening positions of the extensional transition space and thermal environment simulation

外延式过渡空间门分散布置时热环境效果如图5所示。外延式过渡空间门分散布置时门的开启位置为:主入口两侧开门(见图5(a));主入口正面和侧面开门(见图5(c))。当过渡空间门分散布置即两个出入口可以看出,在侧面和正对主入口设置开门位置时(见图5(d))热环境温度缓冲梯度趋势明显优于在主入口两侧分别布置门的形式(见图5(b))。

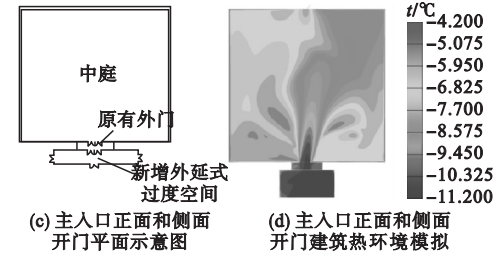
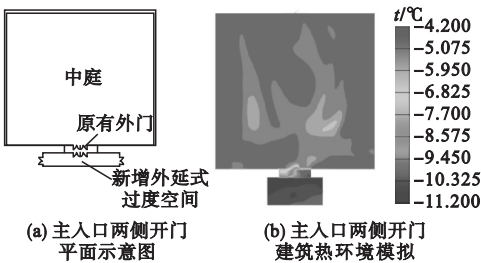


图5 外延式过渡空间门分散布置开启位置平面图及热环境模拟

Fig. 5 Scattered arranged door opening positions of the extensional transition space and thermal environment simulation

2.1.2 内切式过渡空间

内切式过渡空间是在原有建筑的空间内划分出具有温度缓冲作用过渡空间。内切式过渡空间主要有一字隔墙型、U隔墙型和双层隔墙3种形式,模拟热环境效果如图6所示。

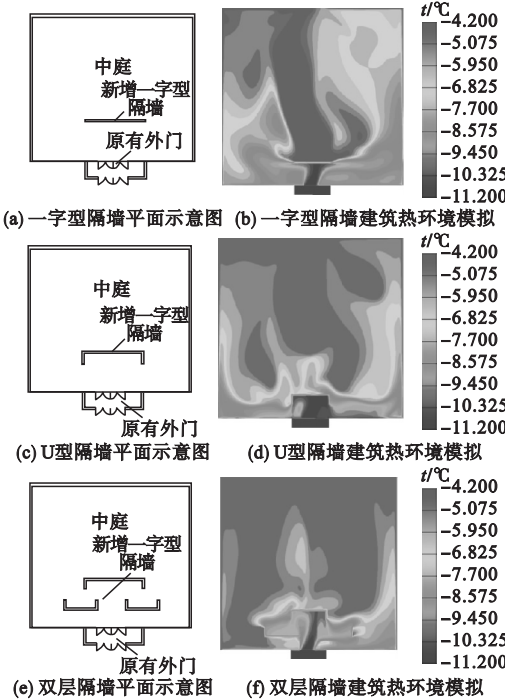


图6 内切式过渡空间设计平面图及热环境模拟图

Fig. 6 Inscribed transition space design plan and thermal environment simulation

从图6可以看出,增加隔墙后对中庭空间热环境有提升作用。其中双层隔墙(见图6(f))形成的热环境效果优于一字型隔墙(见图6(b))和U型隔墙(见图6(d)),能够形成更好的温度梯度。

2.2 过渡空间门斗的阻隔形式设置

门斗空间是建筑室内外过渡空间序列的开端,对于控制气流的方向和速度起到了至关重要的作用,从而对于建筑内以及过渡空间的热环境起到改善的作用.严寒地区的冬季,即使在入口处设置门斗,但仍然存在门斗和其他过渡空间有较高温差的现象,因此可以在建筑入口外部增加门斗空间,只在冬季最冷时候使用.附加门斗的长度越长,对室内热环境的调节作用越有利,附加门斗的高度一般和门斗的高度相同.笔者模拟原有外门、新增一层、新增两层阻隔式门斗时达到的热环境效果如图 7 所示.

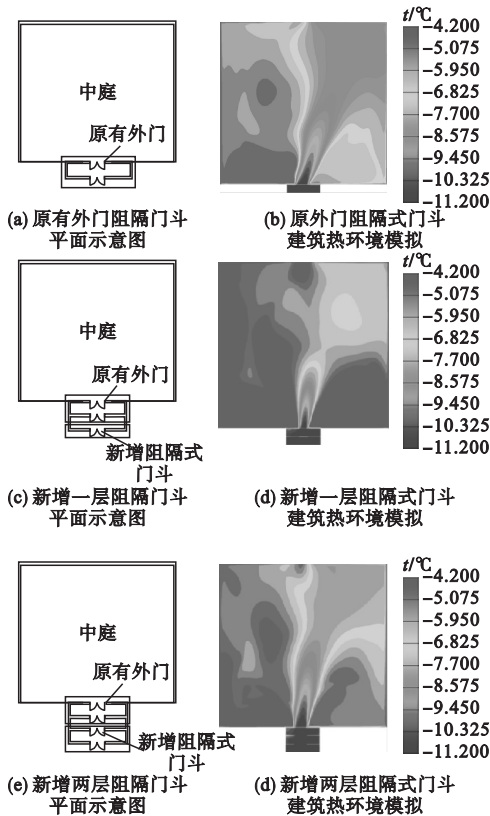


图 7 阻隔形式门斗设计平面图及热环境模拟图

Fig. 7 Block form door bucket design plan and thermal environment simulation

从图 7 热环境模拟图中可以看出,原外门阻隔式门斗(见图 7(b))时,其热环境明显低于新增一层(见图 7(d))及新增两层阻隔式门斗(见图 7(f))热环境.新增一层

和新增两层阻隔形式门斗相比较,考虑到经济等因素,新增一层阻隔门斗热环境效果更好.

在新增一层阻隔门斗热环境效果更好的基础上,将原有外门和新增一层的过渡空间阻隔式门斗总体设计为直线型、C 型和 S 型双层阻隔式门斗,通过改变阻隔式门斗形式改变过渡空间的热环境(见图 8).从图 8 不同形式的双层阻隔门斗的热环境模拟可以看出,其阻隔门斗的作用都对中庭的热环境起到了改善的作用,S 型双层阻隔式门斗(见图 8(f))对中庭热环境的作用较明显,温度缓冲梯度趋势优于直线型双层阻隔式门斗(见图 8(b))、C 型双层阻隔式门斗(见图 8(f)),建筑热环境温度较高.

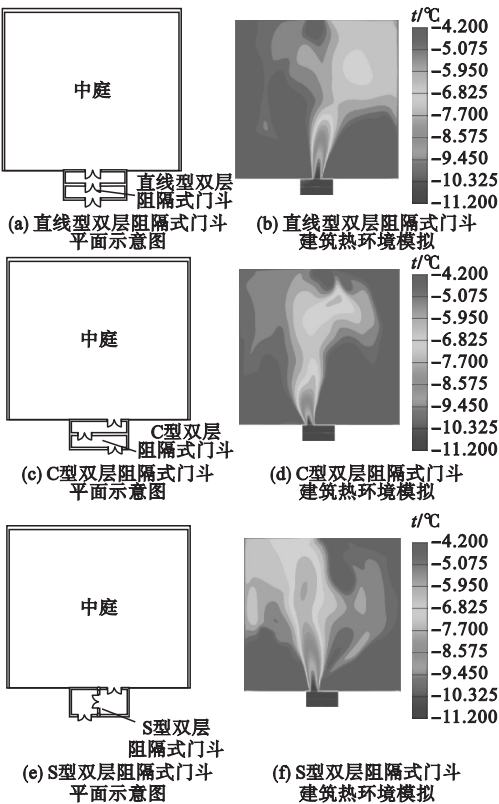


图 8 过渡空间双层阻隔形式门斗形式设计平面图及热环境模拟

Fig. 8 Double-barrier form door bucket form design plan and thermal environment simulation

2.3 过渡空间的空间形式设计

缓冲温度的过渡空间位于门斗与中庭之

间. 在既有的公共建筑中一般为门厅、廊等形式的空间, 作为温度缓冲梯度的重要形成部分, 其空间形式对温度缓冲梯度热环境效果会造成一定影响, 合理地控制其空间形式可以起到改善过渡空间温度缓冲梯度的

趋势.

笔者从空间的转折和空间局部扩大的角度, 对温度缓冲过渡空间进行被动式设计研究, 建筑改进设计的平面图及模拟如图 9 ~ 图 11 所示.

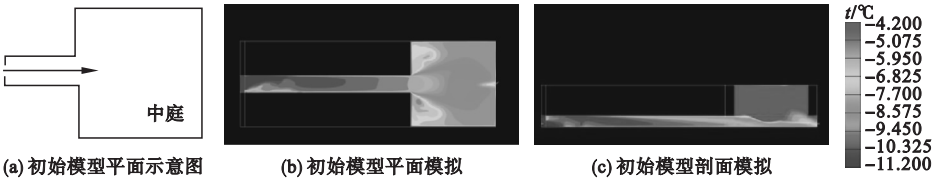


图 9 初始模型平面图及热环境模拟

Fig. 9 Initial model and thermal environment simulation

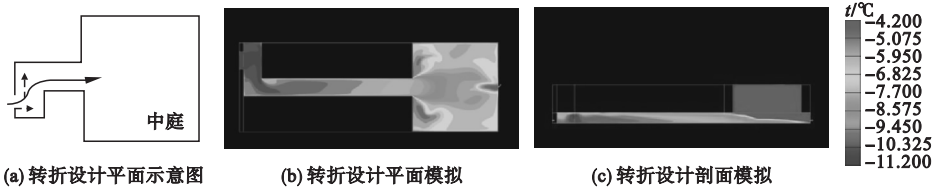


图 10 转折设计平面图及热环境模拟

Fig. 10 Transition design and thermal environment simulation

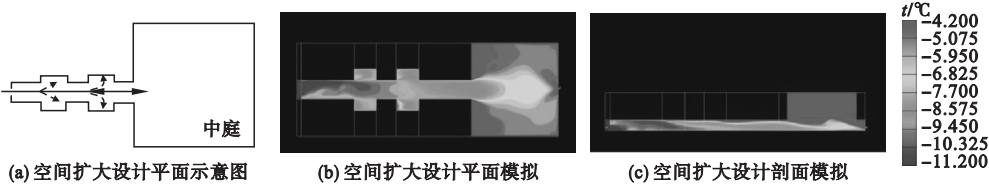


图 11 空间扩大策略平面图及热环境模拟

Fig. 11 Spatial expansion strategy plan and thermal environment simulation

转折空间设计通过将温度缓冲空间形成转折, 阻挡冷风直接进入空间, 有利于温度梯度的形成. 与初始模型相比(见图 9(b)), 应用转折设计后(见图 10(b)), 廊空间温度有所提升. 转折过后, 温度为 $-11.2 \sim -10.325\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的空间明显减小, 温度增加为 $-10.325 \sim -9.45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温度升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右. 整个温度梯度上升较之前原始模型更加平缓均匀, 在转折处及之后较明显. 中庭空间温度也有显著提升, 由原来的 $-8.575 \sim -7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 变成大面积 $-6.825 \sim -5.075\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温度大约提高 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右.

局部扩大空间设计(见图 11(a)). 通过将廊温度缓冲空间的局部进行扩大处理, 在原有廊空间的基础上增加两处扩大空间, 从

模拟(见图 11(b)) 中可以看出与初始模型(见图 9(b)) 相比, 从空间扩大开始, 之后的空间温度明显提高. 在第一个局部扩大处温度提高并不明显, 但是两侧扩大空间温度较高, 比廊中的温度高出 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右. 在第二个局部扩大处, 温度分布较原始模型已经有 $3 \sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的提高, 空间扩大处依然较廊中的温度高出 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右. 经过这两次扩大, 之后的空间温度大幅度提升 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右. 中庭空间温度有大面积的变化, 由原来大面积温度为 $-8.575 \sim -7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 变为大面积温度为 $-5.075 \sim -4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温度大约提高 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. 由此可见, 转折与局部扩大的设计, 都有助于对温度缓冲梯度的形成.

3 结 论

(1) 提出实现温度缓冲梯度的过渡空间被动式设计方法:增设过渡空间,设置过渡空间阻隔形式门斗、设计过渡空间形式。

(2) 增设外延式过渡空间平面长宽比为1:2、门斗高度低、正对主入口的侧面开门热环境效果较好;增设内切式过渡空间时,增设双层隔墙热环境和经济效果较好;双层阻隔式S型门斗对中庭热环境的提升作用较明显。

(3) 通过模拟建筑热环境,过渡空间被动式设计方法可以有效地实现温度梯度的缓冲效果,减轻温度突变带来的公共建筑使用人群的不适感,并且节约能源。

参考文献

- [1] 滕佳颖,刘一笛.严寒地区公共建筑被动改造的节能贡献度研究[J].新型建筑材料,2017,44(3):90-93.
(TENG Jiaying, LIU Yidi. Study on energy-saving contribution of passive retrofit measures of public building in a severely cold area[J]. New building materials, 2017, 44(3): 90-93.)
- [2] MOHAMMED T, GREENOUGH R, TAYLOR S, et al. Operational vs. embodied emissions in buildings a review of current trends [J]. Energy and buildings, 2013, 66: 232-245.
- [3] 葛国栋.公共建筑非功能空间的人性化设计研究[D].北京:北京建筑大学,2015.
(GE Guodong. Humanized design of non-functional spaces in public buildings [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2015.)
- [4] LONGO S, FRANCESCO M, ELEONORA R. A review on optimization and cost-optimal methodologies in low-energy buildings design and environmental considerations[J]. Sustainable cities and society, 2018, 45: 87-104.
- [5] PITTS A, SALEH J. Potential for energy saving in building transition spaces [J]. Energy & buildings, 2007, 39(7): 815-822.
- [6] 池小兰,相文强.严寒地区公共建筑被动式节能设计[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2018,27(5):43-46.
(CHI Xiaolan, XIANG Wenqiang. Passive energy-saving design of public buildings in severe cold regions [J]. Journal of Hunan urban university (natural science edition), 2018, 27(5): 43-46.)
- [7] MEGIAS E, NARDINI G. Cosmological phase

transitions in warped space: gravitational waves and collider signatures [J]. Journal of high energy physics, 2018, 2018(9): 1-49.

- [8] MCCAULEY D, HEFFRON R. Just transition: integrating climate, energy and environmental justice [J]. Energy policy, 2018, 119: 1-7.
- [9] 冯国会,徐小龙,吴珊,等.近零能耗建筑技术体系在严寒地区的实践研究[J].建筑科学,2017,33(6):15-20.
(FENG Guohui, XU Xiaolong, WU Shan, et al. Application of near-zero energy building technology system in severe cold region [J]. Building science, 2017, 33(6): 15-20.)
- [10] 马倩.夏热冬暖地区校园建筑的热舒适研究[D].南宁:广西大学,2011.
(MA Qian. The thermal comfort research of campus architecture in hot summer and warm winter zone [D]. Nanning: Guangxi University, 2011.)
- [11] 李宗昆,邹惠芬.严寒地区室内外过渡空间人体舒适性研究[J].西部皮革,2018,40(8):77.
(LI Zongkun, ZOU Huifen. Research on human comfort in indoor and outdoor transition space in severe cold area [J]. Western leather, 2018, 40(8): 77.)
- [12] 杨永峰.严寒地区公共建筑被动式节能设计研究[D].北京:北京建筑大学,2017.
(YANG Yongfeng. Research on passive energy-saving design of public buildings in severe cold region [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2017.)
- [13] KRONENBERG J, PIETRZYK-KASZYNSKA A, ZBIEG A. Corrigendum to wasting collaboration potential: a study in urban green space governance in a post-transition country [J]. Environmental science and policy, 2018, 85: 193.
- [14] 廖建科.温度突变的动态环境下人体热舒适研究[D].重庆:重庆大学,2013.
(LIAO Jianke. Thermal comfort in dynamic environment under temperature step conditions [D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.)
- [15] 兰昆,张泽滴.严寒地区学校建筑的被动式节能设计策略[J].建筑与文化,2016(7):120-121.
(LAN Kun, ZHANG Zehao. Passive energy saving design strategy of school buildings in cold regions [J]. Architecture and culture, 2016(7): 120-121.)
- [16] 徐秀飞,胡振宇.关于建筑内外过渡空间设计的思考:以现代城市集合住宅为例[J].住宅科技,2013,33(5):1-4.
(XU Xiufei, HU Zhenyu. Thinking of design of internal and external transition space of building-with modern urban congregate housing as example [J]. Residential science and technology, 2013, 33(5): 1-4.)

(责任编辑:徐玉梅 英文审校:唐玉兰)