

民居建筑表层系统环境热性能空间研究

周斌¹ 张滢¹ 杜东风² 徐涵³

1. 南京奥体建设开发有限责任公司

2. 江苏美城建筑规划设计院有限公司南京分公司

3. 东南大学建筑学院

摘要: 基于当代民居建筑气候调控策略研究, 从形体、结构、空间、界面和构造五个维度进行环境热性能研究, 建立环境空间模型, 揭示其表层系统的热性能潜质和组成要点, 进一步对当下乡村振兴物质环境建设和人居环境可持续发展提供设计策略和技术参考。

关键词: 民居建筑; 表层系统; 环境热性能; 空间模型

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.035

一、建筑环境热性能的概念

近年来“建筑环境热性能”在建筑实践项目中的应用越来越受到建筑师及建筑学者的重视,“建筑环境热性能”是基于营造与场地环境能量法则、综合反映了建筑与区域环境热性能之间的关系,体现了人们在长期的建设营造中所形成的建筑的地域性,不同地域气候环境的建筑具有其地域的特定性,具体表现为类型的特定性、形态的特定性和量化运算的特定性。它反映了建筑对气候环境的适用性和人类建设对大自然的尊重性,体现了中国“天人合一”哲学思想。

二、民居建筑研究的环境热性能视角

从气候构形角度对中国南北方典型合院民居空间组织的集中梳理,为探究乡土民居的建筑环境热性能机制提供了可能的视窗与基础。基于此,可进一步提取合院民居的建构要素,综合形成建筑环境热性能研究框架,这些研究框架包含五个层面的内容,第一为建筑环境气流选配,第二为形态空间模式,第三为单元气流梯段,第四位的是气流调节界面,最后是环境性能构造。

a. 环境气流选配 选择环境与适应气候是建房造屋的先决条件^[1]。建筑天然的具备对环境气候尤其是局部微气候和地形的选择性,合理的总体布局和建筑朝向是建筑获取能量、取得适宜居住环境的前提。由此,“环境气流选配”揭示了建筑选址、布局、形态、材料等与气候区带及其影响下的微气候环境的关系,是探索和研究建筑环境热性能必须要面对的首要问题。

在建筑设计原理上,风向方位角^[2]和热能方位角^[3]两个因子主要体现了建筑朝向布局与地域环境气候之间的关系。风向方位角的应用体现在冬季或夏季主导风向与建筑朝向之间的关系;热能方位角主要体现在建筑所处方位、门窗的开启形式和建筑的能量传递。建筑所呈现的外在形式是对所处地理环境气候最直接的体现,同

时,风向方位角、热能方位角也直接或间接影响着建筑内部的功能划分和空间组织。

b. 形态空间模式 如果说环境气流选配是建立环境热性能模型的首要步骤,那么“形体与空间模式”则是建筑形态和地域气候特征相适应的核心主题。形体,是建筑空间形式的综合表征,由建筑与环境相接触的表皮包裹而成。形态空间模式,主要研究各地建筑在气候适应过程中形成的关于形体选择、能量体效率与虚实空间占比等类型特征,综合的反映了建筑形态气候构形原则及空间构成规律。

为在建筑环境热性能方面对建筑的造型及其空间构成进行讨论与分析,我们引入两个概念,第一个是“体形系数”的概念,另一个是“负体形”的概念。“体形系数”是体现建筑体量与室外环境接触面大小的能量参数(建筑外表面积与建筑体积的商,其数值越大表征与室外环境的接触面越大,越不利于建筑节能);“负体形”则体现在建筑之外的非建筑范围(通常为“院”)与环境热性能之间的关系。“负体形”院的高宽比(建筑高度与院的宽度之比)和口底比(院子开口对外面积和底部面积之比)是建筑外部形体空间最核心的院落比例,设计中应选取合理的比例关系。

c. 单元气流梯段 环境热性能模型研究中,如要进一步对建筑各空间要素进行环境量化分析,则需借助“单元气流梯段”这一概念。因此,单元气流梯段是根据不同使用空间对能量和舒适度的差异化需求,将空间分为热调控体和热受体,研究通过合理的空间组织实现对热受体空间的热缓冲和热阻尼,并实施能量的梯度化配置。通过对建筑内外单元气流梯段的研究与分析,建筑的形体空间布局与地域气候调控之间的关联度能够被很好的揭示与表达。

通常情况下,建筑中的单元气流梯段可分为直接调控空间、选择调控空间及热受体三个层级梯度,前两者共同组成热调控体。不仅如此,单元气流梯段分布又与功能空间布局紧密相关,例如,各地民居大都将功能使用率较高的空间置于气候调控最有效的区域,而在气候调控不明显的区域布置辅助功能,以此实现建筑对空间与气候梯度的统筹配置。

d. 气流调节界面 层级化的单元气流梯段,需要与之相应的界面围护且塑造。因此,“气流调节界面”是根据围护结构气候界面的热工性状,分为敞开型、选择

型与隔绝型三种类型，研究其在建筑围护结构中的分布构成和组成比例。对气流调节界面的研究，可定位能量在空间中的流动方位，并可定量分析建筑界面能量转换模式与空间得热配比。

在定义的三种界面类型中，敞开型界面通常为空气界面，例如民居中敞厅、檐廊等部分室内外隐性分界面；选择型界面为可变的、可供选择调整的室内空间界面，通常为含有较大门窗开启面积的轻质隔断界面；而隔绝型界面则为建筑中不开启或极少开启的封闭型围护界面，主要起到气候隔绝作用，如民居中外围护砖石实墙等。

e. 环境引导构造 建筑的形态空间模式、环境气流选配、气流调节界面、单元气流梯段等环境热性能指标，若要使建筑适应当地地域气候特征，因地制宜，实现环境热性能指标的调控目标，需要借助建筑材料与合理的构造方式来实现。通常，建筑中的构造承担着结构承重、空间表达、性能调控乃至装饰表意等多重作用并承载相应意涵。

环境引导构造是对建筑中侧重起环境调控作用的连接构件、细部节点、建造做法等的统称，主要研究针对传导、对流、辐射与蒸发等传热方式，以建筑构造实现强化和抑制的性能成效与建造特征。它们是完成建筑内外能量交换、应用环境热性能机理的具体执行者与操作终端。

基于各气候区内典型合院民居三级参量变化，随着地域环境由北方的严寒到南方的湿热的气候变化，民居的布局形态也体现了由集中聚集到紧致再到松散的环境变化规律；院落空间（负体形）呈逐步增大的态势；与此相连的调控体（厅堂、廊、檐下空间）则逐步加大；热受体（房间）相对保持稳定，但比例缩小。而局部民居的突变，则恰好说明环境气候原则受到地形因素的影响。

三、寒冷气候区北京四合院民居环境热性能模型

寒冷气候区主要包括华北、西北大部分地区，北部接壤严寒气候区。该区较严寒地区相对温暖，冬季日平均温度小于 5°C 的天数较长，可达90到145天。寒冷气候区最低温可达负十五度~负十度左右，全年平均气温在零度左右。寒冷地区气候年温差大，季节鲜明，冬季干冷，夏季日照强烈。其中，华北地区大部处于寒冷气候区的中心位置，而北京四合院这种民间传统住屋形式在河北、山东等地多有留存，广泛分布于该区各地城镇、乡村之中，是对寒冷气候区适应的典型民居代表。

较于东北民居合院的松散，北京四合院民居则相对紧凑。它们通常以“院”为基本组团，采取院落组合的形式构建自身空间，常分为一进院、二进院、多进院等，也有数个多进院并列组合而成的大型住宅，从而形成了“间——栋——院”的合院民居体系^[4]。四合院由

各功能用房按东、南、西、北方向环绕布置于院落四周，彼此相接。两进式四合院，分设前院和内院，三进式则增设后院，以此层层套进。狭长的前院是对外的附属性院落，宽阔的内院则是家庭内部生活的真正重心所在^[5]。大门通常布置在东南角方位，此处风水利于设置出入口，正门进入后，第一进院子南侧布置倒座、南书房等房间；穿过垂花门进入第二进院落，此院落为四合院主院，四周有抄手游廊环绕，厢房位于东西两侧，正房位于北侧主轴线上，东西耳房位于正房两侧；正房北侧为后院（第三进院落），后院设置后罩房。

从形体空间上来说，北京四合院实则可被视作将东北合院内部散落的体块进行集中整合与切分，隔出多级院落。其正负体形布局较之东北合院也产生明显的内聚趋势，体积比呈现近似1:1的均衡态势，即功能用房向合院中心聚集，形成位于前进落和偏侧进落的小庭院，以调控局部环境。四合院最具鲜明特征的抄手游廊，在环境热性能意义上全然改变了内院的气候调控机理，作为负体形空间的重要组成，它承担着多级房间的气候缓冲作用。因此，北京四合院负形体空间包含了院落露天空间、抄手游廊及檐下区域三个层级，约占整个形体的50%-60%。

在四合院中，单元气流梯段由于“回”形抄手游廊的置入，使得其与东北合院有着明显的区别。直接调控空间包含了抄手游廊和房屋檐下空间两部分，面积与体积较东北民居有显著提高，形成对四围功能用房的热缓冲空间；位于主院落东西侧、北侧的正侧厅堂位置也因为有了抄手游廊的适度隔绝与缓冲，成为四合院主要选择调控空间；连带于选择调控空间的边侧耳房，受到游廊与砖石厚墙的双层围绕，是四合院的热受体部分。

四合院的气流调节界面更加清晰紧凑，抄手游廊与檐下空间的气候界面构成了连续的敞开型界面；而四周房屋内部隔断及环绕院落的开启面则构成了第二级连续的选择调控界面；至于隔绝型界面，北京四合院将东北大院中院墙与建筑外墙融为一体，与正房左右两侧山墙连通，形成相互围合、井然有序的隔绝型界面，体现了建筑空间建构与环境能量保蓄的有机结合。

四、夏热冬暖气候区闽南合院民居环境热性能模型

夏热冬暖气候区是我国最南部的气候区，在地域范围上涵盖相对较小，包括闽南、两广大部、台湾、海南等地。该区夏季温度高、湿度大，冬季则比较湿润温暖；全年气温变化不大，降水量充沛，因离海洋较近，偶尔会有台风暴雨等极端天气。区内典型乡土民居如福建土楼、闽南合院、广东骑楼等，通常需重点解决夏季防热通风，降温防风雨等问题；冬季可不考虑防寒。

闽南地区位于夏热冬暖气候区中线处，戴云山脉又位于闽南地区的西北向，有效的阻隔了冬季南下的寒流；该地区东南侧沿海地带，受海洋气候影响，夏季又

多台风和暴雨。区内丘陵起伏，屋宇密排，典型民居为合院。合院，闽南方言，意指平面狭长如手巾的独户式院落住宅。它们以沿街巷密接并排的群体组合方式出现，沿街面具有较强的开放性，使用功能也较为灵活，常形成前店后屋的商住布局^[6]。这种民居形式广泛分布于闽台地区高密度城镇、乡村，其狭长的体态与极小的空间开口，与闽南、华南等地竹筒屋、柴板厝一道，成为南方地区狭长紧凑型通风避热的民居样板。

闽南合院民居，常以单开间形式纵向延伸发展，与安徽徽州民居有高度的相似性，用天井（闽南地区称为“深井”）分隔各进院落，但其房屋宽度较窄，约3-4米面阔，仅依靠单侧前后贯通的廊道相连各房。合院天井的四周，两面为房屋，另两面则是围墙，可称为“二合院”^[7]。通常，第一进较小，设一间门口厅，侧边为走廊；第二进较大，房间以板壁相隔，朝向天井设置祖厅，后为厅后房；第三进落之后均以连廊串联卧室的形式相接，布局尽端常为露天小院，设有水井、厨房等辅助空间。合院以两天井三进式为基本单元，常每隔两室设一天井，以此纵向重复拓展，总长度约20-40米不等。联排的合院组团，在各户之间常常留出狭长巷道（宽度约一尺左右），仿如苏州民居的备弄，又若徽州民居的火巷，以促进通风加速。

通过空间初步分析可知，夏热冬暖的气候为闽南合院民居应对环境提出了挑战，同时也为其环境热性能机制的形成创造机遇。合院形体空间较徽州天井院更细狭，功能空间由单侧廊道串接，主入口屋檐外挑产生檐廊，起到空间过渡、遮阳及减少热辐射等作用。其负体形占比数值约为25%，此处的负体形区域涵盖了天井空间、建筑入口的檐廊空间和天井周围的廊道空间。闽南合院民居的负体形高宽比、口底比均与徽州合院数值大体相当，由于徽州合院相对高大，所以徽州合院数值略高于闽南合院民居。厅堂多对室外设置可活动隔板墙，这些隔板墙大多数时间为敞开状态，可随着环境气候条件的变化对负体形调控体量进行空间补充。沿纵向展开的合院，往往内含多个扁长型负体形，呈现出一个炎热地区民居隔热通风的典型形态空间模式。

不同于北方民居，合院狭长的形体是民间生活与气候适应的高度融合，展现集约串联式单元气流梯段。其直接调控空间由单侧纵长的廊道与檐下空间组成，占总体积约30%，形成强劲的送风风道，风速在廊内大大提高，而前低后高的檐口更可有效提高室内风速，天井则作为拔风的热压出口；民居中段设置祖厅，祖厅周围设置多扇开启窗扇，随着气温的不同选择开启或关闭窗扇的数量，以对室内空间的气候状况进行调节；而后房厅、大房、后房等功能暗室，则是相对稳定的热受体，接纳直接型与选择型调控空间的双重调节。合院民居内各级调控空间约4:5:4的比例关系，则验证了其内气

候调控与受热功能的空间均衡度。

闽南合院在气流调节界面组织方面与徽州合院有异曲同工之处，而闽南合院的敞开型调控界面则更为明晰，因其有着压低的檐口和巨大的挑檐形态。不同之处在于，合院的选择型界面大多设置于敞厅入口处，以便随时调控纵向走廊内的通风气流环境；其封闭型界面则体现为两侧山墙，对外开敞的横向面域通常不加以封闭。此外，合院内部开口界面，常在其上部设置镂空窗（窗梳子），镂空窗利于开口界面的气流选择性通过，不但能减小空气的阻力，也使内部气候环境更加均衡而舒适。

五、结语：基于环境热性能机制的合院民居空间形态演变

综上，对严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区四个典型气候区所对应的代表性合院民居的空间分析与环境热性能初探，得出民居空间形态衍变的环境热性能规律，尤其在形态空间模式、单元气流梯段及气流调节界面三个核心维度揭示出不同气候区合院民居空间形态衍变规律及其相应环境热性能机制。

总体来说，从北至南，各地民居形体、空间、界面等指数波动与冷暖干湿等气候变化紧密对应。其中，体形系数渐小与负体形占比递减，反映出合院民居形体由北方趋于松散向南方趋于紧致的转变规律；热受体及其隔绝界面比例递减则显现出合院民居由侧重保温向侧重散热的转变。此外，合院民居在直接/选择调控空间及其界面上的比例递增，则合理诠释了南方合院较之北方更倾向通过合理的灰空间组织调控内部环境，合理分配能量梯度的特征。

参考文献

- [1] 刘巧. 夏热冬冷、夏热冬暖气候环境中的建筑环境热性能模型研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2019.
 - [2] 余英. 中国东南系建筑区系类型研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
 - [3] 闵天怡, 张彤. 苏州地区乡土民居“开启”要素的气候适应性浅析[J]. 西部人居环境学刊, 2015(2): 25-35.
 - [4] 业祖润. 北京民居[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
 - [5] 贾珺. 北京四合院[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
 - [6] 曹春平. 闽南传统建筑[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2016.
 - [7] 朱恽, 关瑞明. 闽南“合院”民居空间设计解读[J]. 华中建筑, 2007(11): 117-119.
- 基金项目: 本文获南京奥体建设科技合作研发项目: 基于碳效协同优化的城市社区高性能复合表层设计研究(H202320474)资助。