

居住小区建成环境对住宅用电量的影响研究 ——以天津生态城为例

吴巍¹, 白雪山², 倪帅¹

(1. 河北工程大学 建筑与艺术学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河北省邯郸市峰峰矿区建筑业管理处, 河北 邯郸 056200)

[摘要] 系统揭示建成环境对住宅用电量的影响机理对于构建低碳城市具有重要意义。以天津生态城为研究对象, 基于23个居住小区样本和14016个住宅样本, 运用多元线性回归模型分析了建成环境各要素对住宅用电量的影响, 揭示了建成环境对住宅用电量的影响程度和机理, 并从开发密度、户型设计、空间布局、开敞空间提出了有利于降低住宅用电量的建成环境优化策略。

[关键词] 建成环境; 住宅用电; 多元线性回归分析; 天津生态城

doi: 10.3969/j.issn.1673-9477.2021.04.004

[中图分类号] TU984

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-9477(2021)04-023-07

据《2018年中国统计年鉴》获取的数据得知, 1978年我国的城镇化率仅为17.92%, 到2018年, 我国的城镇化率已经增长到58.52%, 城镇化率在近些年呈逐年增长^[1]。快速城镇化发展在给城市带来经济活力的同时也带来了许多负面影响, 如交通拥挤、雾霾污染、资源枯竭等, 在诸多负面影响中能源消耗加剧表现最为突出。其中, 工业能耗与国家经济发展密切相关, 主要受到宏观调控的影响, 与建成环境密切相关的能源消耗主要为建筑能耗和交通能耗。在建筑能耗当中, 住宅能耗不仅占有很大的比例, 而且其与人们的日常生活密切相关^[2]。电力是住宅能耗的重要组成部分, 以天津市为例, 据《2018年天津统计年鉴》获取的数据得知, 2017年居民人均生活能源消费中电力消费占比约为90.38%, 且该比例在近些年呈逐年增涨的趋势^[3]。由此推断, 未来居民住宅用电能耗仍会继续增长。

由能源消耗导致的温室气体排放正在影响着全球气候的变化, 长此以往不仅会威胁到城市的可持续发展更会严重影响人类的生存环境。城市是人类生活的重要载体, 相对于通过宏观调控政策来降低能源消耗, 城市的建成环境一旦形成很难改变, 其对能源消耗的影响具有锁定效应。因此, 发挥建成环境在降低居民用电能耗方面的潜在作用, 应成为降低居民住宅能耗的重要组成部分, 这对于构建低碳城市具有重要的现实意义。要解答何种建成环境有利于降低居民用电能耗, 关键是要全面了解建成环境与用电能耗之间的关系, 并精准把握建成环境各

要素对用电能耗的影响途径、方向和程度。基于此, 本研究将系统揭示建成环境对住宅用电量的影响机理, 并从降低居民家庭用电的角度提出建成环境优化策略。

一、建成环境对住宅能耗影响的机理研究

通过梳理既有文献, 笔者发现建成环境对住宅能耗的影响, 主要是通过作用于其所在位置的微环境, 改变了人们在室内的用能行为, 进而对住宅能耗产生影响, 如图1所示。土地利用、空间布局、建筑物、开敞空间等要素构成的建成环境可以对住宅室内外的温度、湿度和亮度等产生影响, 人们为了满足舒适生活的需求, 会在住宅室内产生不同的用能行为, 进而对住宅的供热、制冷、采光、通风等用能产生作用。现有研究将可以影响住宅能耗的建成环境因素分为三类, 分别为住宅单体、城市景观和城市设计^[4]。其中, 住宅单体类因素主要涉及住宅形式。Rong等学者研究发现, 住宅面积对住宅能耗呈显著正相关影响, 且单户独立住宅(别墅类住宅)比多户或单户附属住宅(单元式住宅)消耗更多的能源^[5]。秦波等人对北京的研究发现, 人均住房面积增加1%, 家庭建筑碳排放增加0.485%^[6]。Estiri的研究发现, 住宅面积对家庭住宅能耗呈正相关影响, 回归分析的系数值为0.55^[7]。城市景观类因素主要涉及树木和地表覆盖物等内容。Ko等人的研究发现, 树阴对建筑以及地面的遮挡, 以及树木本身的蒸腾作用可以有效降低住宅能耗^[8]。Rosenfeld等人的研究

[投稿日期] 2021-10-21

[基金项目] 河北省社会发展研究课题(编号:20210201407)

[作者简介] 吴巍(1986-), 男, 河北邯郸人, 博士, 讲师, 研究方向: 健康人居环境。

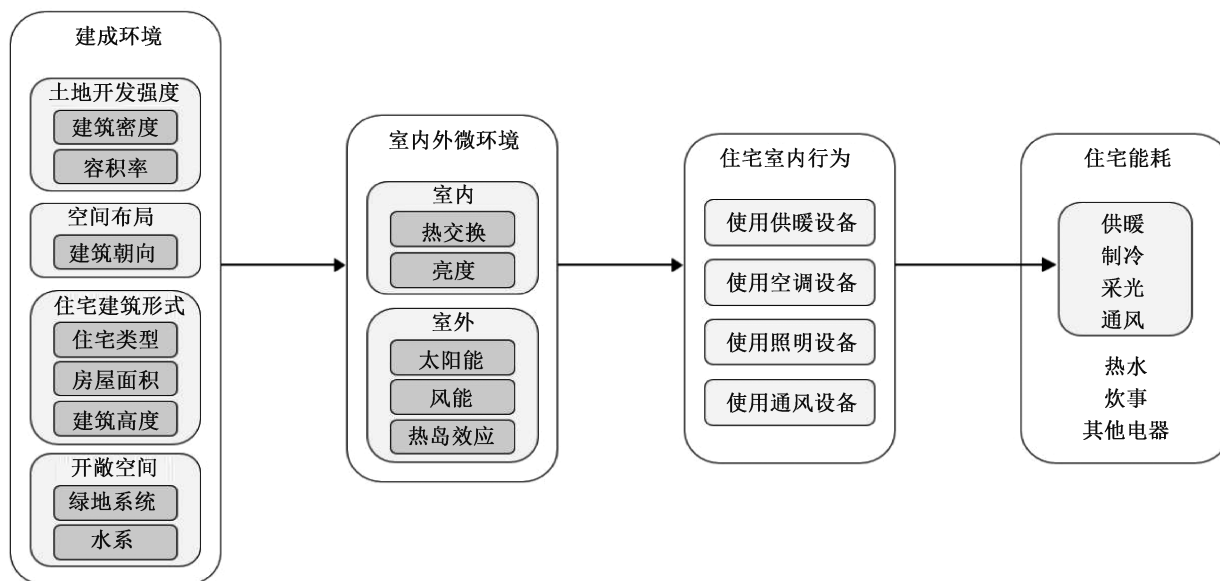


图1 建成环境对住宅能耗影响机制图 图片来源:笔者绘制

发现,树木可以通过减少地表温度来缓解城市的热岛效应,洛杉矶地区高峰时段住宅空调用能大约可以减少 $1.5\text{GW}^{[9]}$ 。大面积裸露的没有渗透性覆盖物的地表,温度升高的较快,会导致周边住宅能耗增加。Stone等人的研究发现,亚特兰大地区地表温度升高的主要原因是大面积暴露的渗透性较差的地表所致^[10],他们提倡城市布局采用小街区、多绿化、高密度发展模式^[11]。城市设计类因素主要包括密度和建筑朝向。关于开发密度对住宅能耗的影响,Pitt等人在研究布莱克斯堡地区建筑密度与家庭温室气体排放的关系时发现,建筑密度越高,家庭温室气体排放越低^[12]。同样,Holden等人在研究奥斯陆地区住宅能耗与开发强度的关系时发现,住宅密度对能耗的影响呈显著负相关^[13]。Lee在分析城市形态对住宅温室气体排放影响的研究中,以人口密度表征开发密度,结果发现,人口密度较大的区域,住宅温室气体排放较低^[14]。然而,也有部分研究者发现了不同的现象。Krishan等人则认为,城市当中高密度区域往往易形成热岛效应,这种情况下会加剧住宅制冷能耗的需求^[15]。此外,Wilson以美国伊利诺伊州的三个地区为研究对象,揭示了城市形态对住宅用电量的影响,研究发现,住宅密度对用电量呈显著正相关影响^[16]。关于建筑朝向对住宅能耗的影响,学者们普遍认为,建筑越趋向朝南布置,越有利于住宅节能^[17-18]。

可以看出,既有研究结论当中,除建筑密度外,其他建成环境要素对住宅能耗的影响方向大致相同,只是影响程度略有差异,而建筑密度对住宅能耗

的影响结论尚存在争议,且建成环境各要素对住宅用电量的影响程度鲜有论述。此外,既有研究多是以国外城市为研究对象,我国城市住区建成环境与国外差别较大,最主要的差别体现在开发强度、住宅周围绿化和水系的布置等方面,国外研究结果是否适用于我国城市有待进一步研究。因此,有必要针对我国住区建成环境对住宅能耗的影响展开实证研究。

二、研究范围与研究样本

2007年12月24日,我国政府与新加坡政府协商后决定在天津合作开发建设中新天津生态城。中新天津生态城的初衷是构建自然、城市与人融合、互惠共生的有机整体,成为可持续发展的范例。目前,天津生态城已经初步建成,及时对其建设情况展开分析,探索其建成环境与居民住宅能耗的关系并提出未来优化建成环境的策略对于实现生态城市建设初衷具有重要的现实意义。因此,本研究以天津生态城南片为研究对象,研究范围约600公顷,如图2所示。基于现状资料的可获取性,本研究在研究范围内共选取了23个居住小区样本。由于居民生活用电是住宅能源消耗的重要组成部分,且生态城冬季供暖为集中供暖,与建成环境关系不大,故本研究将利用居民用电量来代表住宅能耗。通过分析各居住小区的建成环境特征以及各小区居民的用电量来揭示现有小区建成环境与居民用电量的关系并提出未来生态城规划建设优化策略。



图 2 研究范围 图片来源:笔者绘制

三、回归模型与研究样本

(一) 分析模型

本次研究计划采用多元线性回归分析各建成环境变量对住宅用电量的影响,将分析模型两边同时取对数后的回归模型为:

$$\ln E = \beta_0 + \beta_1 \ln D + \beta_2 \ln V + \beta_3 \ln G + \beta_4 T + \beta_5 \ln A + \beta_6 \ln H + \beta_7 \ln F + \beta_8 W + \varepsilon \quad (1)$$

其中,E 为各住宅样本月均用电量;D 为各样本小区的建筑密度;V 为各样本小区的容积率;G 为各样本小区的绿地率;T 为各住宅样本的类型,包括别墅和楼房两类;A 为各住宅样本的面积;H 为各住宅样本所在建筑高度;F 为各住宅样本所在建筑朝向,正南北朝向取 90°,正东西朝向取 0°;W 为住宅是否临水。除 E 为因变量之外,其他变量均为自变量。其中,T 和 W 为虚拟变量,在导入回归模型时,分别用 0 代表别墅类住宅,用 1 代表楼房类住宅,用 0 代表住宅不临水,用 1 代表住宅临水。此外,模型中 β_0 为截距; $\beta_1 - \beta_8$ 为回归系数; ε 为随机误差。

(二) 研究样本

本研究通过对 23 个居住小区样本修建性详细规划图纸的收集,完成了建成环境各指标的计算工作,即获取了本次研究的自变量,包括建筑密度、容积率、绿地率、建筑朝向等。此外,研究通过生态城电业局获取了居住小区样本内各住宅连续 12 个月

每月的用电量,即本次研究的因变量。考虑到各小区入住率有所差别,研究需要对样本进行筛选,剔除用电量极少的无效样本。最终,按照月均用电量 60 度计算,筛选后的有效住宅样本共计 14016 个。

四、数据分析

(一) 相关性分析

在进行回归分析之前,有必要对自变量和因变量的相关性进行分析。相关性分析一般是指对两个变量进行分析,从而衡量两个变量因素的相关密切程度。各自变量与因变量相关性分析结果如表 1 所示。

表 1 各自变量与因变量相关性分析结果统计表

自变量	相关性系数	显著性
LnD	0.093	0.000
LnV	-0.025	0.004
LnG	0.023	0.007
T	-0.123	0.010
LnA	0.246	0.000
LnH	-0.092	0.000
LnF	-0.057	0.000
W	0.086	0.000

注:显著性 ≤ 0.05 表明相关性分析结果显著,因变量为对数月均用电量。

从上表可以看出,各自变量均与对数月均用电量存在显著相关性,因此可以将所有变量导入回归模型进行分析。

(二) 回归分析

将各变量导入回归分析模型得到的结果如表 2 所示。

表 2 回归模型分析结果一览表

自变量	系数 B	Sig.	容差	VIF
常量	3.177	0.000	--	--
LnD	-0.165	0.000	0.224	4.457
LnV	-0.075	0.054	0.390	2.563
LnG	-0.073	0.247	0.370	2.702
T	-0.357	0.000	0.443	2.256
LnA	0.972	0.000	0.415	2.407
LnH	0.029	0.216	0.150	6.683
LnF	-0.356	0.000	0.760	1.315
W	-0.242	0.000	0.403	2.479

注:因变量为对数月均用电量。

从表中可以看出,各变量的 VIF 值均小于 10,说明各自变量间不存在多重共线性。此外,由于对数容积率、对数绿地率、对数建筑高度变量的 Sig. 值大

于0.05,所以这三个变量对月均用电量的影响不显著,即在控制了其他变量的情况下,容积率、绿地率、建筑高度不会对居民用电量产生显著影响。而模型中其他变量均会对用电量产生显著的影响,从各变量的系数来看,对数平均住宅面积的系数为正,说明在控制了其他变量的情况下,随着住宅面积的增加,居民用电量也会增加,对数建筑密度、住宅类型、对数住宅朝向、邻水与否的系数为负,说明在控制了其他变量的情况下,随着建筑密度的增加,居民用电量会减小;楼房类住宅比别墅类住宅用电量相对较低;住宅主立面为正南北朝向的家庭用电量相对较低;靠近水系的住宅用电量相对较低。此外,从各变量系数的绝对值来看,由高到低依次是对数平均住宅面积、住宅类型、对数住宅朝向、住宅临水、对数建筑密度,所以对居民用电量影响程度由强到弱的小区建成环境变量依次是住宅面积、类型、朝向、周围水系以及建筑密度。

五、建成环境对居民用电量影响分析

(一) 建筑密度

既有文献关于建筑密度对住宅能耗的影响还没有达成一致的结论^[12-16]。从上文回归模型分析的结果来看,建筑密度对天津生态城住宅用电量的影响呈显著负相关,即随着建筑密度的增加,住宅用电量减少。通过对比不同的研究结果笔者认为,建筑密度对住宅能耗的影响存在差异是由于气候环境这一因素造成的。当住宅所在气候区全年供热需求相对较多时,建筑密度对能耗的影响多呈现负相关影响,反之建筑密度对能耗的影响多呈现正相关影响。

天津生态城各居住小区建筑密度对住宅用电量的影响体现在以下两个方面:第一,建筑密度的增加意味着道路密度也会增加,而道路密度增加后会使小区内产生通风廊道,这有利于减少居民通风和制冷用电;第二,本次研究还发现建筑密度与绿地率呈显著负相关,即建筑密度较高的小区绿地率相对较低,这样的建成环境会导致住宅周围的热容量升高,此外,居民在使用空调等家电设备时会产生大量的热,这些热量在高密度环境下不宜散失,从而使住宅周围的温度升高,在局部范围内会产生热岛效应,这对于天津生态城而言可以减少居民集中供暖之外的供热用电。虽然建筑密度会对住宅用电量产生负相关影响,但是从回归模型各变量的系数来看,其对住宅用电量的影响程度弱于其他建成环境变量。

(二) 住宅类型

在控制了其他变量影响的情况下,住宅类型对家庭用电量的影响呈负相关。研究认为,这主要是由于住宅体形系数所致。本次研究范围内住宅类型共涉及两类:一类是以多层、小高层和高层为主的单元式住宅;一类是以两层、三层为主的别墅类住宅。单元式住宅为一梯两户或多户,该类型的住宅内部共享墙体相对较多,因此住宅本身积蓄的热量能够在其室内进行转换,而别墅类住宅内部所具有的共享墙体相对较少,该类型的住宅直接与外界接触的墙体表面所占比例相对加高,因此室内温度受外界气温影响较大,而本身的蓄热性能较差。假设两种类型的住宅体量相同,由于楼房类住宅外表面积相对较少,即体形系数相对较小,所以其不易从室外得到或散失热量,因此住宅对用电的需求相对较低。

从回归模型各变量的系数来看,住宅类型对用电量的影响程度相对较高。此外,综合考虑建筑密度和住宅类型对住宅用电量的影响可以看出,虽然建筑密度与住宅用电量的双变量相关性呈显著正相关,但是回归分析显示其与住宅用电量呈显著负相关,而住宅类型与住宅用电量的双变量相关性分析和回归分析结果一致,均呈显著负相关,本研究已经证明,建筑密度与住宅类型呈显著负相关,即别墅类住宅多分布在建筑密度相对较高的的小区。因此,从这个角度也可以说明住宅类型对住宅用电量的影响程度高于建筑密度。

(三) 住宅面积

在控制了其他变量的影响情况下,住宅面积对家庭用电量呈显著正相关影响。本研究范围内各小区平均住宅面积大约在 78 m^2 至 384 m^2 之间,和畅园小区平均住宅面积最小,而宜和美墅小区平均住宅面积最大。住宅面积越大,为满足生活各种所需而产生的用电越多。假设房屋具有相同的层高,那么住宅面积越大则房屋体积越大,从而对采光通风、制冷供热等用电的需求也更多。此外,住宅面积越大往往意味着家庭人口较多、经济收入较高、电器数量较多,诸如此类因素也会进一步加剧家庭用电需求。现有研究已经证明家庭人口、经济收入、电器数量等因素会直接影响住宅用电量,且各因素对用电量的影响均呈显著正相关^[19-21]。

(四) 建筑朝向

分析结果显示,住宅朝向对家庭用电量的影响呈负相关,这主要是采光的缘故。基于对现状的调

研,研究范围内各小区住宅朝向在 60° 到 90° 之间,朝向越接近 90° ,住宅能接收到的阳光照射越多。阳光照射对于减少家庭用电量主要体现在两个方面:第一,阳光照射可以满足居民日常生活的采光照明需求,尤其是位于层数较低的家庭,对于采光照明的需求更强烈,因此住宅越朝向正南北方向越有利于节约用电量;第二,阳光照射也意味着太阳能的射入,家庭接收更多的阳光照射有利于住宅对主动式太阳能和被动式太阳能的利用,从而减少了住宅用电量。

(五) 住宅临水

研究发现,天津生态城住宅靠近水系对用电量呈显著负相关影响。这主要是由三方面因素造成:第一,靠近水系的住宅会有更多的开敞空间,因此可以争取到更多的日照,这有利于家庭在充分利用太阳能的同时减少采光用电;第二,靠近水系的住宅由于具有更多的开敞空间,所以通风条件相对较好,这有利于减少居民对制冷用电的需求;第三,从地表覆盖物对城市蓄热趋势来看,白天城市内水系、绿地等具有渗透性能的地表区域比道路、广场等区域蓄热性能差,即被水系和绿地覆盖的区域温度相对较低,在室外气温较高的时候,这种情况同样也有利于减少住宅制冷用电。虽然住宅靠近水系会对用电量产生负相关影响,但是从回归模型各变量的系数来看,其对住宅用电量的影响程度相对较低。

六、居住小区建成环境优化策略

基于以上分析,从降低居民住宅用电的角度出发,研究为天津生态城未来居住小区建成环境优化提出以下四点建议:

第一,适度提高居住小区开发密度。本研究已证明天津生态城居住小区建筑密度对居民用电量呈显著负相关影响,因此建议未来居住小区建设密度不宜过低。但是,开发密度并不能一味地提高,还要考虑到生活环境的宜居性,过高的密度则会带来其他城市问题。基于量化分析结果和现状开发强度,研究利用 EnergyPlus 模拟软件,分析了生态城适宜的开发密度。EnergyPlus 软件是由美国能源部和劳伦斯伯克利国家实验室共同开发的建筑能耗模拟系统,可用来对建筑的供暖、制冷、照明、通风等能耗模拟分析。与其他能耗模拟软件相比,EnergyPlus 采用热平衡法模拟负荷,模拟结果的可靠性相对较高^[22]。在现状建筑密度范围内,通过比较相同条件下仅改变建筑密度的不同工况模拟结果,笔者建议

生态城居住小区的建筑密度宜控制在 22% — 30% 之间。同时,笔者建议高密度开发应该配合楼房类住宅的建设,现状世茂璟苑、宜和澜岸、宜和美墅小区虽然也是高密度开发,但是其部分住宅形式选择的是别墅类住宅,这也不利于降低居民用电量。

第二,鼓励开发楼房类住宅,进一步加强室内空间设计的紧凑性。从本研究来看,由于别墅类住宅体形系数相对较大,因此居民用电量相对较高。未来天津生态城建设应严格控制别墅类房屋在房地产市场中的比例,鼓励以楼房类住宅开发为主。同时,未来天津生态城住宅设计应在满足上位规划和使用功能的前提下,尽量使住宅平面更加规整,减少不必要的凹凸造型变化,以便提高房屋的蓄热性能,加强其内部空间的紧凑性,提高房屋的空间利用效率。目前,楼房类住宅主要包括板式住宅和塔式住宅两种,相比较而言,板式住宅平面相对更加规整,蓄热性能相对较好,同时考虑到室内通风等要求,生态城有利于降低能耗的住宅类型为一梯两户的板式住宅。

第三,尽量使住宅满足朝南布局。从本次研究可以看出,住宅越接近正南朝向,越有利于减少家庭用电。但是该变量与其他定量变量有所不同,其取值范围固定在 0° 至 90° 之间,为了验证住宅建筑是否朝向正南方向时最有利于节能,研究借助 Weather Tool 软件对生态城住宅建筑最佳朝向进行了模拟。将天津市经纬度、海拔、气象数据等内容输入 Weather Tool 分析软件,在统筹考虑太阳能和风能利用的情况下,模拟得出生态城住宅建筑最佳结果如图 3 所示。

由于气温较低的月份需要更多的太阳能辐射量,而气温较高的月份太阳能辐射量需求较低,所以利用线性规划的思路可以求出建筑的最佳朝向。以图中中心点为原点向外每隔 0.1° 做射线,射线和全年最冷月份(12月至2月)各方向太阳辐射量的交点与射线和全年最热月份(6月至8月)各方向太阳辐射量的交点距离最大的射线,所指向的角度为住宅能接收太阳辐射最佳角度,也就是住宅建筑的最佳朝向,即图中圆环黑色所指向的角度。综合上述分析,生态城住宅建筑最佳朝向范围在南偏东 25° 至南偏西 10° 之间,其中南偏东 17.5° 是建筑最佳朝向,此朝向与天津市盛行风向相吻合,有利于提高室内通风效果。

第四,提高室外开敞空间比例,加强地表覆盖物的蓄热性能。本研究发现,靠近水系有助于减少居民用电需求,因此未来生态城建设应将自然或人工

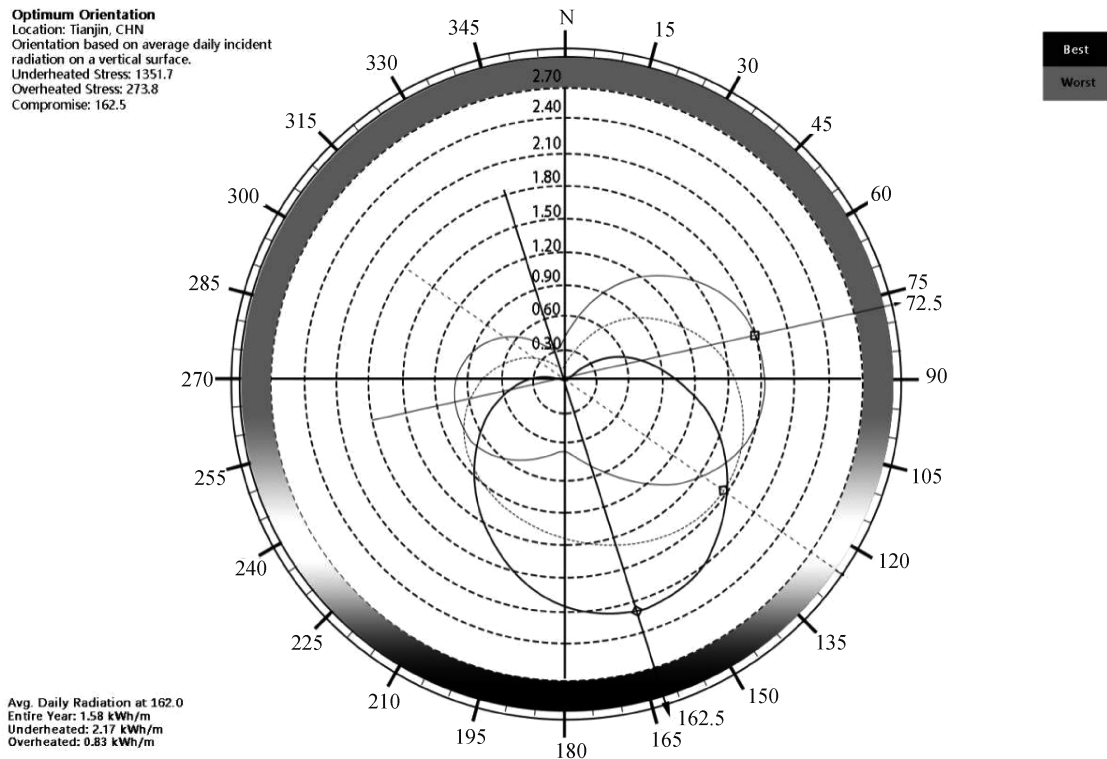


图3 最佳建筑朝向模拟分析图

资料来源:笔者绘制

水环境引入居住小区,一方面可以凭借其蓄热性能缓解住宅周围温差,另一方面也可以起到美化居住环境的效果。

七、结语

本文利用量化分析揭示了天津生态城居住小区建成环境对住宅用电量影响的机理,明确了不同气候环境下建筑密度对住宅用电量的影响存在差异,对于寒冷地区的天津而言,住宅建筑密度对用电量呈负相关影响,同时,比较了建成环境各要素对用电量的影响程度,由高到低依次是住宅建筑形式、空间布局、开敞空间、土地开发强度,可以看出,房屋室内热交换对住宅能耗的影响程度要高于室外热岛效应等微环境特征的影响。在此基础上,借助模拟分析提出了提高开发强度、优化空间布局等有利于降低住宅用电量的建成环境规划引导措施。一方面模拟分析验证了量化分析结果,另一方面量化分析与模拟分析的结合,也为提出低碳城市建设导向下建成环境各指标优化措施提供了科学依据,在实现了研究成果向规划应用转化的同时,也为其他相关研究提供了理论借鉴。

参考文献

[1]国家统计局. 中国统计年鉴[J]. 北京:中国统计出版社,

2018.

- [2]KO, Y. Urban Form and Residential Energy Use: A Review of Design Principles and Research Findings [J]. CPL Bibliography. 2013, 28(4):327-351.
- [3]国家统计局. 天津统计年鉴[J]. 北京:中国统计出版社, 2018.
- [4]吴巍,宋彦,洪再生,等. 国外城市形态对住宅能耗影响研究及对我国的启示[J]. 国际城市规划,2018,33(03): 55-61.
- [5]RONG F. Impact of Urban Sprawl on U. S. Residential Energy Use [D]. 2006.
- [6]秦波,戚斌. 城市形态对家庭建筑碳排放的影响——以北京为例[J]. 国际城市规划. 2013(02):42-46.
- [7]ESTIRI H. The Impacts of Household Behaviors and Housing Choice on Residential Energy Consumption [D]. 2014.
- [8]KO Y., LEE Jun-Hak, MCPHERSON E. et al. Long-term Monitoring of Sacramento Shade Program Trees: Tree Survival, Growth and Energy-saving Performance [J]. Landscape and Urban Planning. 2015(143):183-191.
- [9]ROSENFELD A H, AKBARI H, ROMM J J, et al. Cool Communities: Strategies for Heat Island Mitigation and Smog Reduction [J]. Energy and Buildings. 1998, 28(1):51-62.
- [10]STONEE B, NORMAN JM. Land Use Planning and Surface Heat Island Formation: A Parcel-based Radiation Flux Approach [J]. Atmospheric Environment. 2006, 40(19): 3561-3573.

- [11] CAO M, ROSADO P, LIN Z, et al. Cool Roofs in Guangzhou, China: Outdoor Air Temperature Reductions During Heat Waves and Typical Summer Conditions [J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(24):14672.
- [12] PITT D. Evaluating the Greenhouse Gas Reduction Benefits of Compact Housing Development [J]. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2013, 56(4):588-606.
- [13] HOLDEN E., NORLAND IT. A Study of Households' Consumption of Energy in the Dwellings and for Heating in Greater Oslo [D]. Oslo: University of Oslo. 2004.
- [14] LEE S, LEE B. The Influence of Urban form on GHG Emissions in the U. S. Household Sector [J]. *Energy Policy*, 2014, 68(2):534-549.
- [15] KRISHAN A., NICK B, SIMOS Y, et al. Climate Responsive Architecture: A Design Handbook for Energy Efficient Buildings [M]. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill. 2001.
- [16] WILSON B. Urban Form and Residential Electricity Consumption: Evidence from Illinois, USA [J]. *Landscape & Urban Planning*. 2013, 115(07):62-71.
- [17] LITTLEFAIR P. Passive Solar Urban Design: Ensuring the Penetration of Solar Energy into the City [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 1998, 2(03):303-326.
- [18] EWING R, RONG F. The Impact of Urban Form on US Residential Energy Use [J]. *Housing Policy Debate*. 2008, 19(1):1-30.
- [19] 陈天骁. 基于用电能耗分析的绥化市住区规划策略研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [20] HUANG W H. The Determinants of Household Electricity Consumption in Taiwan: Evidence from Quantile Regression [J]. *Energy*. 2015, 87:120-133.
- [21] WIEDENHOFER D, LENZEN M, STEINBERGER J K. Energy Requirements of Consumption: Urban Form, Climatic and Socio-economic Factors, Rebounds and Their Policy Implications [J]. *Energy Policy*, 2013, 63(4):696-707.
- [22] 刘洋. 居住建筑能耗动态模拟研究与能耗计算软件的开发 [D]. 天津: 天津大学, 2004.

[责任编辑 李新]

Study on the Influence of Built Environment of Residential Community on Residential Electricity Consumption ——A Case Study on Tianjin Eco-city

WU Wei¹, BAI Xueshan², NI Shuai¹

(1. School of Architecture and Art, Hebei University of Engineering, Handan 056038;

2. Construction Industry Management Office of Fengfeng Mining Area, Handan 056200, China)

Abstract: To systematically reveal the mechanism of the built environment's influence on residential electricity consumption is of great significance to the construction of low-carbon city. This paper took Tianjin Eco-City as the research object, based on 23 residential community samples and 14016 residential samples, using a multiple linear regression model to analyze the impact of the built environment on residential electricity consumption. The research has clarified the mechanism and degree of influence of the built environment on residential electricity consumption, and put forward built environment optimization strategies that are conducive to reducing residential electricity consumption in terms of building density, house design, spatial layout, etc.

Key Words: build environment; residential electricity consumption; multiple linear regression analysis; Tianjin Eco-city