



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113343334 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(21) 申请号 202110588741.6

(22) 申请日 2021.05.28

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 许鹏 沙华晶

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司

31225

代理人 赵继明

(51) Int.Cl.

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

F24F 11/47 (2018.01)

F24F 140/60 (2018.01)

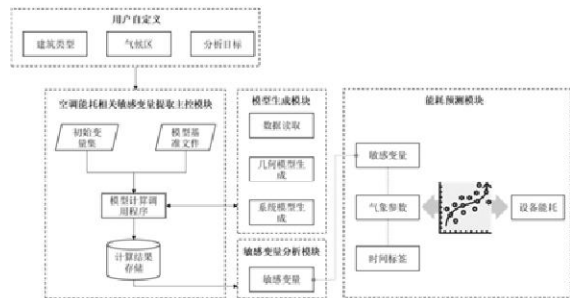
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法及装置,其中方法包括:步骤S1:接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据;步骤S2:定义初始变量和建筑基准模型;步骤S3:并生成相应的几何模型和系统模型;步骤S4:运行模型并获得空调能耗;步骤S5:重复步骤S2至S4,获得不同初始变量抽样值对应的空调能耗,并获得各变量作用于空调能耗的敏感性,并将敏感性大于预设阈值的变量作为空调能耗敏感变量;步骤S6:建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型;步骤S7:利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。与现有技术相比,本发明具有可移植等优点。



CN 113343334 A

1. 一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,其特征在于,包括:

步骤S1:接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据,其中,所述分析目标包括于空调系统相关设备能耗及冷、热负荷;

步骤S2:定义初始变量集并执行抽样,定义建筑基准模型;

步骤S3:根据初始变量抽样值,并生成相应的几何模型和系统模型;

步骤S4:运行模型并获得空调能耗;

步骤S5:重复步骤S2至S4,获得不同初始变量抽样值对应的空调能耗,并获得各变量作用于空调能耗的敏感性,并将敏感性大于预设阈值的变量作为空调能耗敏感变量;

步骤S6:建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型;

步骤S7:利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。

2. 根据权利要求1所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,其特征在于,所述初始变量集中的变量包括负荷相关变量和系统相关变量。

3. 根据权利要求2所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,其特征在于,所述负荷相关变量的抽样方式为拉丁超立方抽样,所述系统相关变量的抽样方式为Morris抽样。

4. 根据权利要求1所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,其特征在于,所述建筑基准模型包括设备运行时间表、人员活动时间表、基本功能空间分布及目标地区对应的气象信息。

5. 根据权利要求1所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,其特征在于,所述能耗预测模型采用Catboost算法建立。

6. 一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,包括:

用户输入模块,接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据,其中,所述分析目标包括于空调系统相关设备能耗及冷、热负荷,用户可选取其中一种或若干种

主控程序模块,用于定义初始变量集并执行抽样,定义建筑基准模型,调用模型生成模块并执行批量计算,存储计算结果,调用敏感性分析模块,最后提供各变量敏感性排序供用户选择;

模型生成模块,用于读取主控程序模块中的初始变量抽样值,并生成相应的几何模型和系统模型;

敏感性分析模块,用于读取主控程序模块中的初始变量抽样值及对应的模型计算结果,得到各变量的敏感性排序;

能耗预测模块,用于建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型,并利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。

7. 根据权利要求6所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,其特征在于,所述初始变量集中的变量包括负荷相关变量和系统相关变量。

8. 根据权利要求7所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,其特征在于,所述负荷相关变量的抽样方式为拉丁超立方抽样,所述系统相关变量的抽样方式为Morris抽样。

9. 根据权利要求6所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,其特征在于,所述建筑基准模型包括设备运行时间表、人员活动时间表、基本功能空间分布及目标地区对应的气象信息。

10. 根据权利要求6所述的一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,其特征在于,所述能耗预测模型采用Catboost算法建立。

基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及空调能耗优化领域,尤其是涉及一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法及装置。

背景技术

[0002] 建筑能耗预测是提高建筑能源利用效率、减缓全球变暖趋势的重要手段。在建筑的规划设计阶段,精确的能耗预测有助于实现能源设备的合理配置,在运行及改造阶段,能耗预测可以作为设计和选择合适的节能方法的工具,短期多步能耗预测可集成到基于模型预测的建筑系统运行控制中,预先优化系统运行方案,以实现调峰或降低运行能耗。目前主要有两类建筑能耗预测方法:(1)基于物理模型,(2)基于数据驱动模型。

[0003] 基于物理模型的建筑能耗预测借助能耗模拟软件,需经历信息收集、几何建模、系统建模、模型调试等几个过程,但由于参数及模型本身的不确定性,计算结果往往与实测值存在偏差。近几年,基于数据驱动模型的能耗预测方法得到了广泛关注,它从历史数据中挖掘信息,不需要繁复的建模过程,但能够取得令人满意的预测精度。目前绝大部分基于数据驱动模型的能耗预测模型训练因实际案例而异,以目标建筑历史能耗作为训练数据,模型只能反映该建筑的能耗使用特征,不能迁移到其他建筑。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了提供一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法及装置。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,包括:

[0007] 步骤S1:接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据,其中,所述分析目标包括于空调系统相关设备能耗及冷、热负荷;

[0008] 步骤S2:定义初始变量集并执行抽样,定义建筑基准模型;

[0009] 步骤S3:根据初始变量抽样值,并生成相应的几何模型和系统模型;

[0010] 步骤S4:运行模型并获得空调能耗;

[0011] 步骤S5:重复步骤S2至S4,获得不同初始变量抽样值对应的空调能耗,并获得各变量作用于空调能耗的敏感性,并将敏感性大于预设阈值的变量作为空调能耗敏感变量;

[0012] 步骤S6:建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型;

[0013] 步骤S7:利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。

[0014] 所述初始变量集中的变量包括负荷相关变量和系统相关变量。

[0015] 所述负荷相关变量的抽样方式为拉丁超立方抽样,所述系统相关变量的抽样方式为Morris抽样。

[0016] 所述建筑基准模型包括设备运行时间表、人员活动时间表、基本功能空间分布及

目标地区对应的气象信息。

[0017] 所述能耗预测模型采用Catboost算法建立。

[0018] 一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测装置,包括:

[0019] 用户输入模块,接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据,其中,所述分析目标包括于空调系统相关设备能耗及冷、热负荷,用户可选取其中一种或若干种

[0020] 主控程序模块,用于定义初始变量集并执行抽样,定义建筑基准模型,调用模型生成模块并执行批量计算,存储计算结果,调用敏感性分析模块,最后提供各变量敏感性排序供用户选择;

[0021] 模型生成模块,用于读取主控程序模块中的初始变量抽样值,并生成相应的几何模型和系统模型;

[0022] 敏感性分析模块,用于读取主控程序模块中的初始变量抽样值及对应的模型计算结果,得到各变量的敏感性排序;

[0023] 能耗预测模块,用于建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型,并利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。

[0024] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0025] 1) 本发明适用于不同地区的各种建筑类型,适用性广。

[0026] 2) 可用于新建建筑的能耗预测。

附图说明

[0027] 图1为本发明的组成结构总体示意图。

[0028] 图2为本发明模型生成模块中几何和系统模型建立流程图

[0029] 图3为本发明外形匹配算法生成不同紧凑度平面的示意图。

[0030] 图4为本发明包含的5种紧凑度不同的建筑外形示意图。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0032] 一种基于空调能耗敏感变量的跨建筑空调能耗预测方法,包括:

[0033] 步骤S1:接收含有建筑类型、所在气候区或城市,以及分析目标信息的输入数据,其中,所述分析目标包括于空调系统相关设备能耗及冷、热负荷;

[0034] 步骤S2:定义初始变量集并执行抽样,定义建筑基准模型;

[0035] 步骤S3:根据初始变量抽样值,并生成相应的几何模型和系统模型;

[0036] 步骤S4:运行模型并获得空调能耗;

[0037] 步骤S5:重复步骤S2至S4,获得不同初始变量抽样值对应的空调能耗,并获得各变量作用于空调能耗的敏感性,并将敏感性大于预设阈值的变量作为空调能耗敏感变量;

[0038] 步骤S6:建立空调能耗敏感变量、天气参数、时间标签与空调设备能耗之间的映射关系,得到能耗预测模型;

[0039] 步骤S7:利用得到的能耗预测模型预测空调能耗。

[0040] 具体的,上述方法以计算机程序的形式由计算机系统实现,如图1所示,一种空调能耗相关敏感变量自动提取工具包括五个功能模块:用户输入模块、空调能耗相关敏感变量提取主控模块、模型生成模块和敏感性分析模块、能耗预测模块。

[0041] 用户输入模块,可允许用户自定义建筑类型、建筑所在气候区或城市、分析目标。可以是冷、热负荷,或空调系统相关设备能耗,包括冷机、锅炉、水泵、空调箱、冷却塔等。本例假设建筑类型选择酒店建筑,所在地区为上海,分析目标为冷机能耗。

[0042] 空调能耗相关敏感变量提取主控模块生成初始变量集,如表1-2,包含23个负荷相关变量和11个系统相关变量。基准模型中有七个功能空间。各个功能空间的面积比例可以反应一个典型的酒店建筑用途,功能及对应面积比例分别为:大堂0.1,服务间0.1,餐厅0.075,厨房0.03,会议室0.025,健身房0.02,客房0.65。气象文件选用上海市典型气象年数据。

[0043] 表1负荷相关初始变量

[0044]

种类	参数名称	范围取值	单位
建筑外形	窗墙比(北)	0.1~0.9	
	窗墙比(南)	0.1~0.9	
	窗墙比(东)	0.1~0.9	
	窗墙比(西)	0.1~0.9	
	建筑面积	20000~80000	m^2
	层数	5~40	
	体形系数	0.1~0.9	
围护结构热工性能	外墙传热系数	0.09~11.1	$W/(m^2 K)$
	外墙热容	800~2000	$J/(kg K)$
	屋顶传热系数	0.09~4.8	$W/(m^2 K)$
	窗玻璃传热系数	0.2~9	$W/(m^2 K)$
	窗玻璃太阳辐射得热系数	0.1~0.9	
	外墙太阳辐射吸收系数	0.1~0.9	
	屋顶太阳辐射吸收系数	0.1~0.9	
使用运行	空调制冷设定温度	22~28	$^{\circ}C$
	空调供热设定温度	18~24	$^{\circ}C$
	照明功率密度	3~15	W/m^2
	人员密度	0.1~1	P/m^2
	冷风渗透率	0.5~5	ACH
	内遮阳开启程度	0.1~0.9	
施工质量	楼板线性透过率	0.007~1.842	$W/(m K)$
	玻璃线性透过率	0.03~1.058	$W/(m K)$
	墙角线性透过率	0.036~0.684	$W/(m K)$

[0045] 表2系统相关初始变量

	变量名称	取值范围	单位	
[0046]	风系统类型	定风量系统、变风量系统、风机盘管系统		
[0047]	水系统类型	一次泵定流量系统、一次泵变流量系统、一次泵定流量二次泵变流量系统		
	送风温度	8~18	°C	
	冷冻水供水温度	5~10	°C	
	风机效率	0.3~0.8		
	水泵效率	0.3~0.8		
	冷机 COP	3~7		
	附加变量	冷冻水供回水温差	1~6	°C
		换热盘管污垢系数	0~200	m ² K/W
		冷却塔填料堵塞率	0.5~1	
		风系统过滤器堵塞率	1~2	

[0048] 空调能耗相关敏感变量提取主控模块分别对负荷相关变量和系统相关变量执行抽样。对于负荷相关变量,采用Morris法和拉丁超立方抽样,Morris抽样240次,拉丁超立方抽样6000次。系统相关变量中的数值型变量采用拉丁超立方采样方法共生成600个样本,结合两个非数值变量(风系统类型和水系统类型)的9个组合,共得到5400个样本

[0049] 模型生成模块的主要功能是建立与输入参数对应的能耗模型。对于一个能耗模型,几何部分和系统部分分开建模。模型建立的具体工作流程如图2所示。主要包括三个部分:(1)基准模型文件读取;(2)几何/系统模型生成子模块;(3)参数修改子模块。具体执行时首先通读取空调能耗相关敏感变量提取主控模块中的参数抽样值,建立相应的建筑几何模型,并与基准文件(idf格式)相结合,得到idf模型文件,其次根据参数抽样值修改idf中相应的参数,生成可计算的idf文件。

[0050] 为了建立与建筑面积、层数和体形系数相对应的建筑几何模型,几何模型生成子模块包含5个建筑外形,其紧凑度依次从大到小排列,sigma因子来表示每个平面形状的紧密型,如图3所示,sigma计算公式为:

$$[0051] \quad \sigma = C / \left(\frac{A}{16} \right)$$

[0052] 于是,建筑体型系数CR,可以用一个函数与sigma联系起来:

$$[0053] \quad CR = f(\sigma, A_{\text{total}}, NL)$$

[0054] 其中C为建筑占地面积的周长,A为建筑占地面积,A_{total}为建筑面积,NL为建筑层数。

[0055] 从而可以实现根据建筑面积、层数和体形系数参数值选择适配的建筑外形。

[0056] 空调能耗相关敏感变量提取主控模块调用模型生成模块得到idf文件,对所有参数抽样值对应的模型执行计算,得到冷负荷结果和冷机能耗结果,分别存储于数据库中。

[0057] 敏感性分析模块读取参数抽样值和负荷及能耗计算结果,分别对负荷相关变量和

系统相关变量执行敏感性分析。负荷相关变量敏感性分析采用Morris方法和回归法。Morris方法采用 μ^* 作为敏感性指标,回归法采用SRRC和PRCC作为敏感性指标,输出两者所得敏感变量的并集。对于系统相关变量,只采用回归方法分析,敏感性指标为SRRC和PRCC。

[0058] 能耗预测模块中的气象参数特征包括干球温度和相对湿度及经过平滑处理的干球温度、相对湿度光滑方法是Savitzky-Golay平滑滤波器。时间标签特征包括一天的第几小时(表示1-24)、一星期的第几天(表示1-7)、一个月份的第几天(表示1-31)。此外,不同日类型(工作日、周末、假日等)的人员活动特征是不同的,能耗变化信息也可以用0-1的分类特征来表示。另外还包括历史能耗数据中提取的两个因子,分别为:

[0059] (1) 周期因子

$$[0060] \quad r_{i,j} = \frac{\bar{e}_{i,j}}{\bar{e}}, (i = 1, \dots, 7, j = 1, \dots, 12)$$

[0061] 式中, $r_{i,j}$ 表示第j个月第i个工作日对应的周期因子, $\bar{e}_{i,j}$ 表示在预测日期之前第j个月第i个工作日的平均能耗, \bar{e} 为日均能耗。

[0062] (2) 统计因子

[0063] 统计因子从历史能耗数据集中提取了均值、中位数、最大值、最小值、偏度和标准差等统计信息。计算公式为:

$$[0064] \quad t_{i,j} = T(Y_{i,j})$$

[0065] 式中, $t_{i,j}$ 表示第j个月第i个工作日对应的统计因子,T代表了均值、中位数、最大值、最小值、偏度和标准差等统计量的计算公式, $Y_{i,j}$ 表示在预测日期之前对应月份对应工作日的历史数据集。

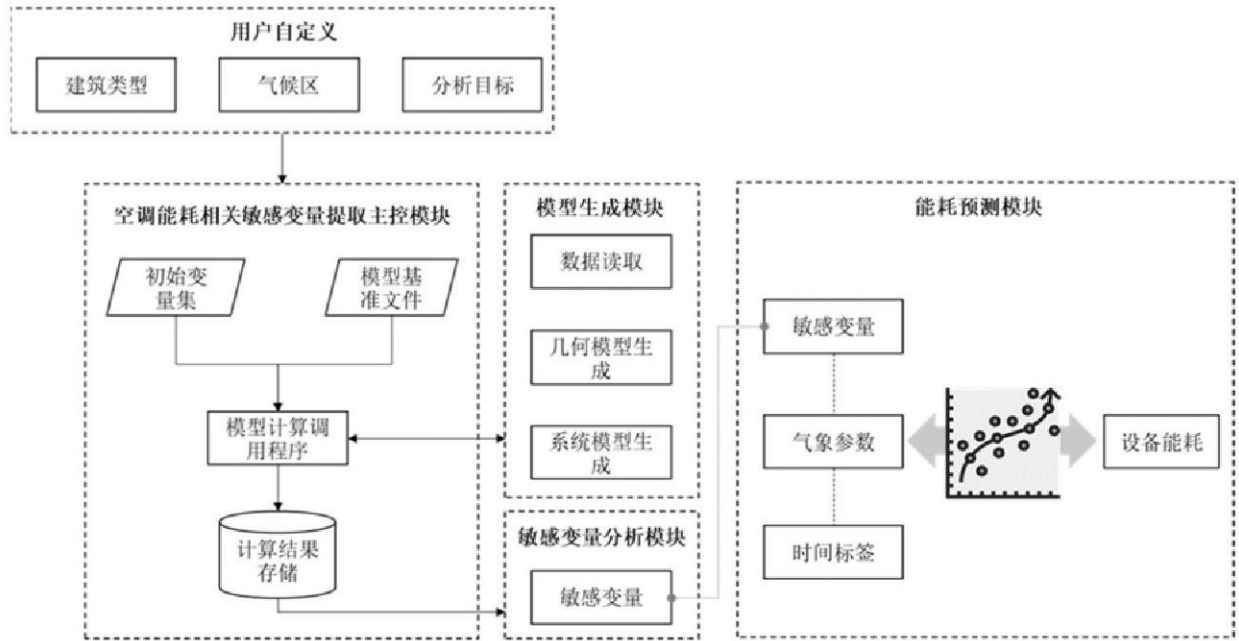


图1

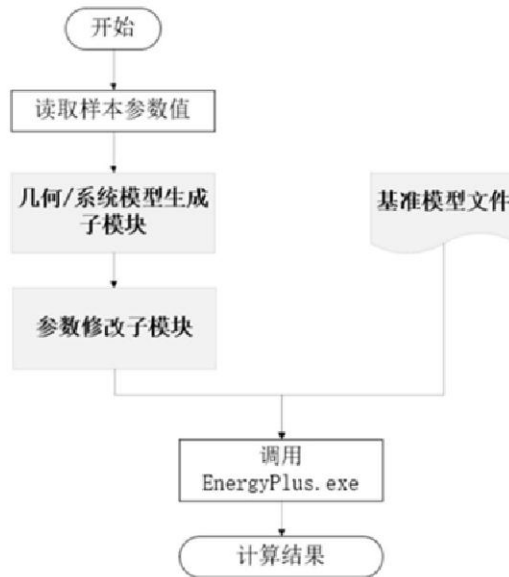


图2

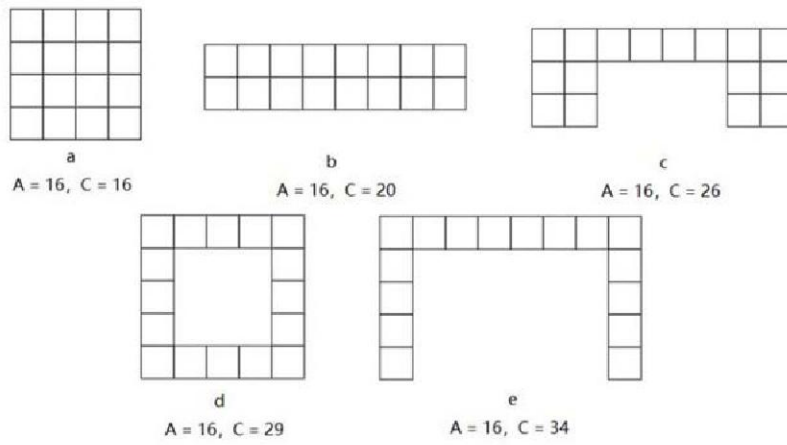


图3

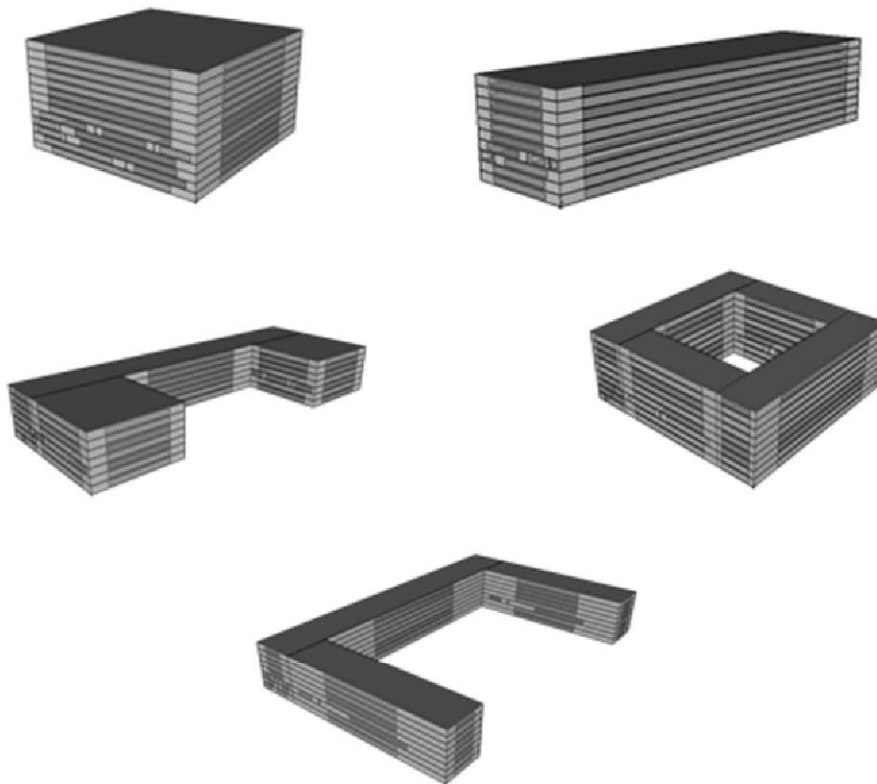


图4