

基于气象日序数的同时发生设计日挑选方法

陈友明^{1,2†}, 曹明皓^{1,2}, 方政诚^{1,2}

(1. 湖南大学土木工程学院, 湖南长沙 410082;

2. 建筑安全与节能教育部重点实验室(湖南大学), 湖南长沙 410082)

摘要:传统空调设计气象参数设计日对气象参数间的同时发生性考虑不足, 导致空调系统的设计冷负荷与实际峰值冷负荷相差甚远. 为挑选出计算空调系统设计负荷的更合理的同时发生设计日, 提出了一种基于气象日序数的空调设计同时发生设计日挑选方法. 该方法首先定义气象日序数的概念, 用历史实测气象数据和动态负荷计算模型计算房间动态负荷, 基于室内热环境风险水平挑选通用气象日序数集, 提出多维多参数聚类分析方法, 从通用气象日序数集中选取代表性的同时发生设计日. 运用该方法从香港和长沙的长年实测气象数据中挑选出两个地区的同时发生设计日. 实例研究表明, 该方法挑选出的同时发生设计日数量少, 适合于工程设计应用. 与传统设计日对比表明, 气象日序数方法给出的同时发生设计日计算设计冷负荷准确性更高, 能满足工程设计准确性要求.

关键词:空调系统设计; 同时发生设计日; 气象日序数; 传统设计日; 设计冷负荷

中图分类号: TU831.2 **文献标志码:** A

Coincident Design Day Selection Method Based on Meteorological Daily Ordinal Number

CHEN Youming^{1,2†}, CAO Minghao^{1,2}, FANG Zhengcheng^{1,2}

(1. College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Key Laboratory of Building Safety and Energy Efficiency of Ministry of Education (Hunan University), Changsha 410082, China)

Abstract: The coincidence among meteorological parameters in the traditional design day of air-conditioning system design is not considered sufficiently, resulting in the design cooling load of air-conditioning system being far from the actual peak cooling load. In order to select the reasonable coincident design day for air-conditioning system design load, a method based on the meteorological daily ordinal number is proposed to select a coincident design day for air-conditioning system. In this method, the concept of meteorological daily ordinal number is first defined. Then, the dynamic cooling load of room is calculated using historically measured meteorological data and dynamic cooling load calculation mode, and a general daily ordinal number set is selected according to indoor thermal environment risk level. At last, a multi-dimensional and multi-parameter clustering analysis method is proposed to select a representative coincident design day from the general daily ordinal number set. This method is applied to select the coincident design day of Hong Kong and Changsha from their long-term measured meteorological data. A case

* 收稿日期:2022-01-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52130802), National Natural Science Foundation of China(52130802)

作者简介:陈友明(1966—),男,湖南祁东人,湖南大学教授,博士生导师

† 通信联系人, E-mail: ymchen@hnu.edu.cn

study shows that the number of coincident design days determined by this method is few, which suits engineering design application. Comparison with the traditional design day shows that the coincident design day determined by this method has better accuracy in calculating design cooling load and can well meet the requirements of engineering design accuracy.

Key words: air-conditioning system design; coincident design day; meteorological daily ordinal number; traditional design day; design cooling load

空调设计室外计算参数是建筑空调系统负荷计算的基础. 空调系统设计负荷准确性直接影响空调系统的投资经济性和运行能效. 选取过于保守的室外计算参数, 会导致不必要的额外初投资和较低的运行效率, 造成成本和能源浪费; 选取低估设计负荷的室外计算参数, 炎热季节不能满足室内热环境的舒适性要求. 目前冷负荷计算均是基于24 h逐时气象数据的动态求解过程, 因此构建合理的空调设计室外计算参数设计日是空调系统设计的关键.

ASHRAE基础手册^[1]和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736—2012)^[2]推荐了“构造方法”, 用于构造空调设计室外计算参数设计日, 即: 根据室外干球温度不保证小时数或不保证率挑选出设计干球温度, 用逐时化系数构造设计日逐时干球温度; 统计设计干球温度对应的所有时刻湿球温度的平均值, 通过进一步处理得到设计日各时刻湿球温度; 基于太阳辐射基础数据及相关理论知识计算得到设计日太阳辐射逐时值. 显然, 这些构造方法存在忽略各气象参数之间同时发生性的问题, 导致用这种传统设计日计算出的空调系统设计冷负荷过高或过低. 文献[3]指出依据ASHRAE现行的室外计算参数确定方法确定得到的室外空气状态点的累积发生频率低于其预期的室内热环境风险水平. 文献[4]对香港皇家天文台观测的33年逐时干球温度和湿球温度进行分析, 证实了同时使用近极端设计干、湿球温度将导致设计冷负荷明显高于实际冷负荷. 因此需要从室外气象参数的同时发生性出发, 从历史实测气象数据中挑选出能真实反映室内热环境风险水平的同时发生设计日.

针对同时发生室外计算参数的确定方法, 已有学者进行了一些探索性研究. 室内热环境风险水平(不保证率)可由房间负荷的不保证率表示. 文献[5]基于辐射时间序列法计算热时间常数大于1 h房间的逐时负荷并构建等效温度理论模型, 根据房间不保证负荷对应的等效温度值来反推同时发生室外计

算参数. 文献[6]使用Z-传递函数法和香港25年实测逐时气象数据计算房间逐时负荷, 依据房间的不保证负荷挑选出同时发生室外计算参数. 文献[7]评估了Z-传递函数法和周期反应系数法在挑选同时发生设计日中的适用性, 结果表明周期反应系数法更加适用于挑选同时发生设计日. 由于房间负荷同时受房间特征参数和室外气象参数的影响, 因此使用以上方法挑选同时发生设计日时, 需要对房间特征参数进行分区. 文献[8]提出了一种生成同时发生设计日的参数降维分区方法, 在房间特征参数近极端组合的基础上对各房间特征参数进行降维分区. 直接对房间特征参数进行分区会导致最终挑选出的同时发生设计日的数量特别多, 不便于工程设计应用. 因此需要一种可提供准确的、设计日数量少的同时发生设计日挑选方法, 挑选出便于工程设计应用的同时发生设计日.

为此, 本文提出基于气象日序数的同时发生设计日挑选方法(以下简称“气象日序数方法”). 长年实测历史气象数据中每个气象日按自然日的时间顺序进行排序的编号称为气象日序数, 用气象日序数来表征同时发生的24 h逐时干球温度、湿球温度和太阳辐射. 用实测逐时气象数据和动态负荷计算模型计算不同特征参数组合房间逐时负荷. 统计出各组合房间日峰值负荷满足设计精度要求的气象日序数, 由适用于某一百分率下特征参数组合房间的气象日序数组成通用气象日序数集, 通过加权方法改进聚类方法, 对通用气象日序数集中各气象日的3个气象参数进行聚类分析, 挑选出最具有代表性的通用气象日即为同时发生设计日. 最后给出用气象日序数方法挑选同时发生设计日的实例, 并与使用国内规范提供的构造方法得到的传统设计日进行对比.

1 同时发生设计日挑选方法

气象日序数方法旨在挑选出具有通用性(即能

满足绝大多数特征参数组合房间负荷计算的准确性要求)、数量少的同时发生设计日,以满足工程设计应用的需求.该方法包括动态负荷计算模型、通用气象日序数集挑选方法和多维多参数聚类分析方法.基于气象日序数方法挑选同时发生设计日的流程见图1.

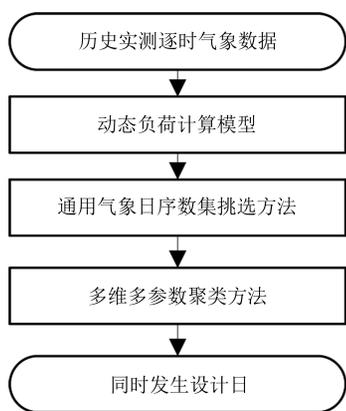


图1 同时发生设计日挑选流程

Fig.1 The process of selecting coincident design day

1.1 动态负荷计算模型

本文主要研究室外气象参数对室内负荷的影响,故负荷计算过程中,不考虑室内人员、设备、灯光等内扰因素的影响.室内温度设置为26℃,室内相对湿度设置为60%.基于周期反应系数法和辐射时间序列法构建单面外墙房间得热与动态负荷计算模型^[8].计算通风和渗透引起的得热 Q_v 、透明围护结构的得热 Q_w 和非透明围护结构的得热 Q_{wc} . Q_w 包括窗户导热得热 Q_{ic} 和窗户接收的太阳辐射得热 Q_r .用周期反应系数法计算得到 Q_{wc} . Q_v 只有对流部分,直接转换为对流负荷; Q_{wc} 、 Q_{ic} 和 Q_r 可用文献[1]推荐的比例分成辐射部分和对流部分,其中对流部分直接转换为对流负荷,辐射部分通过辐射时间序列方法计算延迟负荷.将每小时的对流负荷与辐射部分延迟负荷相加得到房间的动态负荷.

由负荷计算模型可知,影响单面外墙房间得热和负荷计算的房间特征参数主要有两类:数值型和非数值型房间特征参数.非数值型特征参数包括房间朝向、用于确定辐射时间序列系数的房间类型和外墙墙体类型.数值型特征参数包括不同入射角的太阳得热系数与直射太阳得热系数之比^[9](简称太阳得热系数比)、窗户传热系数、直射太阳得热系数、围护结构外表面吸收率、窗户内遮阳系数、窗户接收的太阳辐射得热中辐射部分所占的比例(简称辐射占比)、窗墙比、换气次数、房间进深.由于换气次数和房间进深对新风负荷产生影响,为减少房间特征

参数维度,将换气次数和房间进深相乘得到新的数值型特征参数“新风系数”.单面外墙房间的特征参数种类及取值范围见表1.

表1 单面外墙房间特征参数种类及取值范围表

Tab.1 Types and value ranges of characteristic parameters of rooms with single-sided exterior walls

特征参数种类		特征参数取值范围
非数值型参数	房间朝向	北、东北、东、东南、南、西南、西、西北
	外墙墙体类型	13种代表性墙体 ^[2]
	房间类型	轻型、中型、重型 ^[1]
数值型参数	太阳得热系数比	9类典型太阳得热系数比 ^[1]
	窗户传热系数/ ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)	1.8~5.2 ^[1]
	直射太阳得热系数	0.196~0.738 ^[1]
	围护结构外表面吸收率	0.1~0.9 ^[1]
	内遮阳系数	0.1~0.9 ^[1]
	辐射占比	0.4~0.9 ^[1]
	窗墙比	0.1~0.7 ^[10]
新风系数/ $(m \cdot h^{-1})$	3~8 ^[2,11]	

1.2 挑选通用气象日序数集

为了使同时发生室外计算参数适合于工程设计应用,需挑选出具有通用性的同时发生设计日.满足某一朝向大多数特征参数组合房间设计负荷计算准确性要求的气象日称为通用气象日.所有通用气象日序数构成通用气象日序数集.通用气象日序数集中每个气象日序数所对应的气象日气象参数都具有较好的通用性,以使用下文提出的多维多参数层次聚类分析方法选取代性同时发生设计日.通用气象日序数集的具体挑选流程如图2所示,具体步骤如下:

- 1) 按自然日的时间顺序,将某地区长年历史实测气象数据中每个气象日进行编号,得到气象日序数.
- 2) 依据表1提供的特征参数种类及其取值范围,用抽样方法抽取某朝向 N 个单面外墙特征参数组合房间作为样本.
- 3) 用动态负荷计算模型和该地区长年历史实测气象数据,计算该地区该朝向 N 个单面外墙特征参数组合房间全部气象日的逐时负荷.对于第 i 个特征参数组合房间($i=1, 2, \dots, N$),由室内热环境历年平均不保证时长(比如50h)或风险水平(比如0.4%)和逐时负荷,得到该房间的设计负荷 Q_d ;统计第 j 个气象日的日峰值负荷 $Q_p(j)$.挑选出日峰值负荷 $Q_p(j)$ 与设计负荷 Q_d 之间的相对偏差在 e (e 取值1%、2%或3%)之内的所有气象日序数 n .由挑选出的气象日序数 n 组成第 i 个特征参数组合房间的待选气象日序

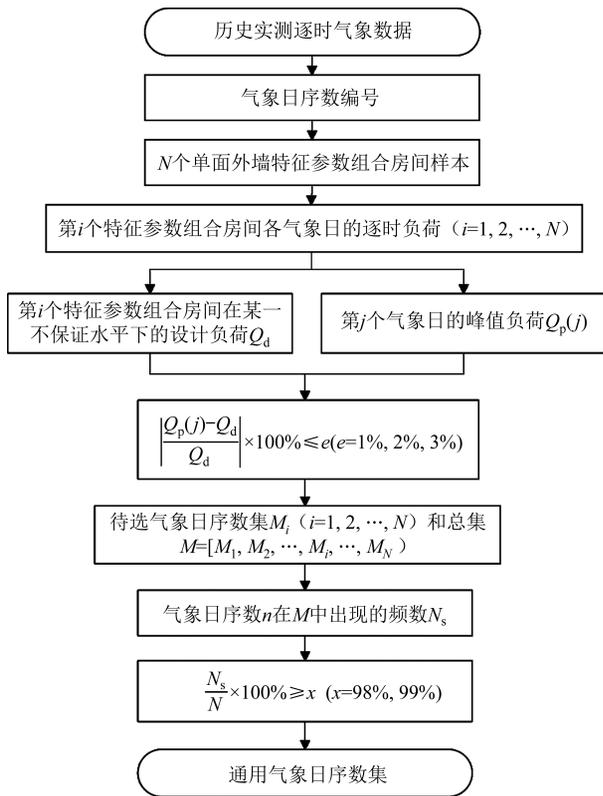


图2 通用气象日序数集挑选流程

Fig.2 The process of selecting general meteorological daily ordinal number set

数集 M_i .

4) 重复3)的过程,挑选出 N 个特征参数组合房间的待选气象日序数集,整合待选气象日序数集 $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_N$,得到室内热环境历年平均不保证时长或风险水平下该地区该朝向的待选气象日序数总集 M .统计总集 M 中每个气象日序数 n 出现的频数 N_s .

5) 选出总集 M 中出现频数 N_s 大于房间样本数 N 的 x (x 取值 98% 或 99%) 的气象日序数 n_x .由所选出的日序数 n_x 构成的集合称为室内热环境风险水平下该地区该朝向的通用气象日序数集.

1.3 多维多参数聚类方法

由通用气象日序数集的挑选流程可知,通用气象日序数集中每个通用气象日都适用于绝大多数(即超过总样本数 N 的 x , x 取 98% 或 99%)的特征参数组合房间的设计负荷计算,满足工程应用的通用性需求.为减少同时发生设计日数量,需要对所有通用气象日进行聚类分析,找到通用气象日序数集中最具有代表性的通用气象日作为同时发生设计日.

现有的聚类分析仅适用于多维或多参数的数据对象.通用气象日序数集中每个气象日包含 3 个参数:干球温度、湿球温度和太阳辐射.每个参数有 24

个逐时值(即 24 维).本文用加权系数方法改进层次聚类算法,得到多维多参数聚类方法.用加权系数将每个气象日的 3 个参数组合为 1 个合成参数,通过聚类迭代确定加权系数,再对通用气象日序数集进行层次聚类分析^[12-13],得到有代表性的空调设计同时发生设计日.多参数多维聚类分析的具体步骤如下:

1) 用式(1)归一化处理通用气象日序数集中各气象日 24 h 逐时气象参数:干球温度($^{\circ}\text{C}$)、湿球温度($^{\circ}\text{C}$)、壁面太阳辐射(W/m^2).

$$\tilde{y}_{i,k} = \frac{y_{i,k}}{\max(y_{i,k})} \quad (1)$$

式中: $y_{i,k}, \tilde{y}_{i,k}$ 分别为通用气象日序数集中第 i 个通用气象日的第 k 类 ($k=1, 2, 3$ 分别表示干球温度、湿球温度和壁面太阳辐射)气象参数的 24 h 逐时数据和归一化逐时数据.

2) 用式(2)计算通用气象日 i 和通用气象日 j 之间各类气象参数的欧式距离 $D_k(i, j)$.设置各类气象参数的初始权重系数 w_k ($w_1=w_2=w_3=1/3$),用式(3)对 3 类气象参数的欧式距离 $D_k(i, j)$ 进行加权求和,得到各通用气象日间的气象参数合成距离 Q_{ij} .

$$D_k(i, j) = \sqrt{\sum_{m=1}^{24} (\tilde{y}_{i,k,m} - \tilde{y}_{j,k,m})^2} \quad (2)$$

$$Q_{ij} = \sum_{k=1}^3 w_k \cdot D_k(i, j) \quad (3)$$

式中: $\tilde{y}_{i,k,m}, \tilde{y}_{j,k,m}$ 分别为第 i 个和第 j 个通用气象日的第 k 类气象参数在 m ($m=1, 2, \dots, 24$) 时刻的归一化值.

3) 由通用气象日间的合成距离 Q_{ij} 对通用气象日进行层次聚类分析,找到通用气象日的聚类主簇.用式(4)迭代计算各类气象参数的权重系数 w_k ,重复以上步骤,直到各权重系数变化小于 0.01,迭代结束.

$$w_k = \frac{\sigma_k}{\sum_{i=1}^3 \sigma_i} \quad (4)$$

式中: σ_k, σ_i 分别为主簇中通用气象日第 k 类和第 i 类气象参数距离的标准差, σ_k 由式(5)计算得到.

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1, j \neq i}^{m_0} [D_k(i, j) - \bar{D}_k]^2}{N_0}} \quad (5)$$

式中: m_0 为主簇中通用气象日个数; \bar{D}_k 为主簇中通用气象日第 k 类气象参数之间距离的平均值; N_0 为主簇中通用气象日气象参数 k 之间的距离总个数,由式(6)计算得到.

$$N_0 = \frac{m_0 \times (m_0 - 1)}{2} \quad (6)$$

4) 计算聚类主簇中各气象参数的平均值,并作

为主簇气象参数的聚类中心,计算所有通用气象日的干球温度、湿球温度、壁面太阳辐射与各自簇聚类中心的距离.由迭代收敛得到的气象参数权重 w_k 计算这些气象日与主簇聚类中心之间的合成距离.距主簇聚类中心的合成距离最小的通用气象日则为最终选定的同时发生设计日.

2 应用实例

2.1 房间特征参数组合抽样

由1.1节的表1可知,单面外墙的房间有11种房间特征参数,每个特征参数取值范围较大.如果直接对这11个特征参数进行全排列,可以得到上亿种房间特征参数组合类型.计算如此多类型的特征参数组合房间的逐时负荷,一般的计算机是难以完成的.因此本文用抽样方法选取房间样本来代表所有单面外墙特征参数组合房间.为了能准确挑选出每个典型朝向单面外墙房间的同时发生设计日,本文对除朝向外的10种房间特征参数进行抽样.在抽样过程中,如果被抽样对象的总体数非常大(超过1000万),可使用0.025%抽样或者大约2500个样本就能得出正确结果^[14].根据文献[10]中甲类公共建筑围护结构热工性能要求,抽样过程以均匀分布概率密度描述各输入特征参数的不确定性,然后抽取8个典型朝向各20000个单面外墙特征参数组合房间作为样本,用于计算和挑选各朝向的同时发生设计日.

2.2 挑选结果

本文气象数据来自香港天文台(北纬22°18',东

经114°10')1979年至2003年25年观测的历史逐时气象数据,以及长沙1988年至2017年30年4次定时逐时化气象数据.用香港、长沙长年实测气象数据和抽取的各朝向20000个特征参数组合房间样本,挑选室内热环境历年平均不保证时长为10h、50h下的香港和长沙地区各朝向的同时发生设计日.在挑选通用气象日序数集的过程中,相对偏差限 e 的取值越小,每个房间的待选气象日序数集 M_i 中的气象日序数就越少,那么待选气象日序数集 M_i 中的某个气象日序数在总集 M 中气象日序数出现的频次 N_x 越小.根据通用气象日序数的定义,总集 M 中出现频次 N_x 大于房间样本数 N 的 x 的气象日序数称为通用气象日序数,其中 x 为适用范围比.在相对偏差限 e 确定的情况下, x 取值越小则通用气象日序数越多.为便于后续聚类,通用气象日序数集中的气象日序数要足够多.因此,研究中要依据案例当地不同特征参数组合房间长年负荷计算结果,兼顾准确性和适用性确定相对偏差限 e 和适用范围比 x .本文分析的案例为香港和长沙.在相对偏差限 e 取1%或2%时,总集 M 中大多数气象日序数出现频次 N_x 较低,适用范围比 x 取99%时,通用气象日序数集中的气象日序数样本数较少.兼顾分析案例的准确性和适用性,相对偏差限取值3%,适用范围取值98%.

用本文提出的气象日序数方法挑选出的香港和长沙地区8个朝向的同时发生设计日序数及其对应的日期见表2.每个城市朝向都挑选出1个同时发生设计日,与之前研究结果^[9]每个城市朝向960个同时发生设计日相比,气象日序数方法显著减少了同时发生设计日数量,便于工程应用.

表2 气象日序数方法挑选结果
Tab.2 The selected results based on meteorological daily ordinal number

城市	不保证水平	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
香港	10 h	3 873(08-08)	1 292(07-15)	1 292(07-15)	1 680(08-07)	958(08-15)	5 333(08-07)	7 878(07-26)	3 873(08-08)
	50 h	955(08-12)	5 657(06-27)	193(07-12)	1 635(06-23)	1 297(07-20)	2 349(06-06)	572(07-25)	8 639(08-26)
长沙	10 h	3 135(07-31)	3 505(08-05)	8 995(08-16)	3 135(07-31)	4 591(07-26)	6 025(06-29)	3 499(06-30)	3 870(08-05)
	50 h	4 950(07-20)	7 479(06-22)	1 661(07-18)	5 674(07-14)	4 950(07-20)	3 471(07-02)	3 498(07-29)	3 498(07-29)

3 结果与讨论

3.1 同时发生设计日与传统设计日气象参数对比

室内热环境历年平均不保证50h的香港南朝向房间同时发生设计日为实测气象数据中的1982年7月20日的气象日.室内热环境历年平均不保证50h的长沙东朝向房间同时发生设计日为实测气象数据中的1992年7月18日的气象日.将这些同时发生设

计日气象参数与《民用建筑供暖与空调设计规范》^[2]提供的传统方法构造的设计日气象参数进行对比.设计日气象参数包括干球温度、湿球温度以及逐时水平太阳辐射.在使用逐时水平太阳辐射进行计算时,由于气象日序数(DON)方法使用的是所挑选出来的气象日当天太阳赤纬,而传统(TR)方法使用的是7月21日的太阳赤纬.为了更直观地比较两种方法得到的逐时水平太阳辐射计算不同朝向单面外墙房间壁面接受的太阳辐射的差异,将两种方法得到

的逐时水平总辐射进行分解、计算得到投射到各朝向壁面的总辐射值(即设计日壁面太阳辐射)进行对比. 两种方法得到的设计日气象参数对比结果见图3. 图中, t_{db-DON} 、 t_{wb-DON} 和 I_{DON} 分别为气象日序数方法给出的设计日干球温度、湿球温度和壁面太阳辐射照度; t_{db-TR} 、 t_{wb-TR} 和 I_{TR} 分别为传统方法给出的设计日干球温度、湿球温度和壁面太阳辐射照度. 可以看出, 两种方法给出的香港南朝向的设计日干球温度在 08:00—12:00 差别较大, 最大可达 1.5 °C, 设计日干球温度峰值相差 0.5 °C. 气象日序数方法给出的设计日湿球温度是逐时变化的, 传统方法给出的设计日湿球温度是定值, 二者的设计日峰值湿球温度差别不大. 两种方法给出的设计日壁面太阳辐射照度峰值有较大差别, 气象日序数方法给出的设计日壁面太阳辐射照度峰值高出 66 W/m². 两种方法给出的长沙东朝向的设计日干球温度在 08:00—12:00 有较大的差别, 最大可达 4 °C, 设计日干球温度峰值相差 0.8 °C. 气象日序数方法给出的设计日湿球温度峰值比传统的设计日湿球温度峰值低 0.2 °C. 两种方法

给出的设计日壁面太阳辐射照度峰值相差较大, 传统的设计日壁面太阳辐射照度峰值高出 183 W/m².

两种方法给出的设计日壁面太阳辐射存在较大差异的主要原因是: 传统方法与气象日序数方法相比, 设计日太阳直射辐射值较大而太阳散射辐射值较小; 设计日壁面太阳辐射由壁面太阳直射辐射、太阳散射辐射、太阳反射辐射组成. 其中, 壁面太阳直射辐射受壁面朝向影响最大, 南朝向房间壁面的设计日太阳入射角较大, 导致设计日壁面直射辐射较小; 东朝向房间壁面的设计日太阳入射角较小, 导致设计日壁面直射辐射较大. 因此, 在香港南朝向的对比中传统方法给出的设计日壁面太阳辐射照度峰值偏小; 在长沙东朝向的对比中传统方法给出的设计日壁面太阳辐射照度峰值偏大, 且壁面太阳辐射照度峰值出现的时刻也不同. 显然, 相比于传统的“构造”方法, 气象日序数方法给出的设计日各气象参数是从实测数据中选取出来的, 是真实发生和存在的, 气象参数的日分布更趋于合理和符合实际.

3.2 准确性分析

为对比同时发生设计日与传统设计日计算房间设计负荷的准确性, 用 2.2 节的抽样方法对 8 个朝向各随机抽取 20 000 个特征参数组合房间作为分析样本. 用室内热环境历年平均不保证 50 h 下气象日序数方法挑选出的香港、长沙地区的同时发生设计日气象参数计算所有样本房间的设计日负荷. 同时计算所有样本房间的历年逐时负荷, 确定室内热环境不保证 50 h 下的设计负荷. 统计各朝向用同时发生设计日计算出的设计日峰值负荷与室内热环境不保证 50 h 下的设计负荷之间的相对偏差, 如图 4 所示. 在室内热环境平均不保证 50 h 下, 香港地区各个朝向同时发生设计日峰值负荷与设计负荷之间相对偏差的均值、中位数都在 ±2% 之内, 除东南朝向外, 其余朝向的 1% 分位数和 99% 分位数对应的相对偏差值都在 ±3% 之内. 在室内热环境平均不保证 50 h 下, 长沙地区各朝向同时发生设计日峰值负荷与设计负荷之间的相对偏差的均值、中位数也都在 ±2% 之内. 跟香港地区一样, 绝大多数朝向的 1% 分位数和 99% 分位数对应的值都在 ±3% 之内. 这说明, 用气象日序数方法挑选出来的同时发生设计日计算设计负荷有很高的准确性, 能满足工程设计准确性的要求.

用香港、长沙地区的传统设计日室外气象参数计算所有样本房间的设计日负荷. 统计传统设计日峰值负荷与室内热环境不保证 50 h 下设计负荷的相对偏差, 如图 5 所示.

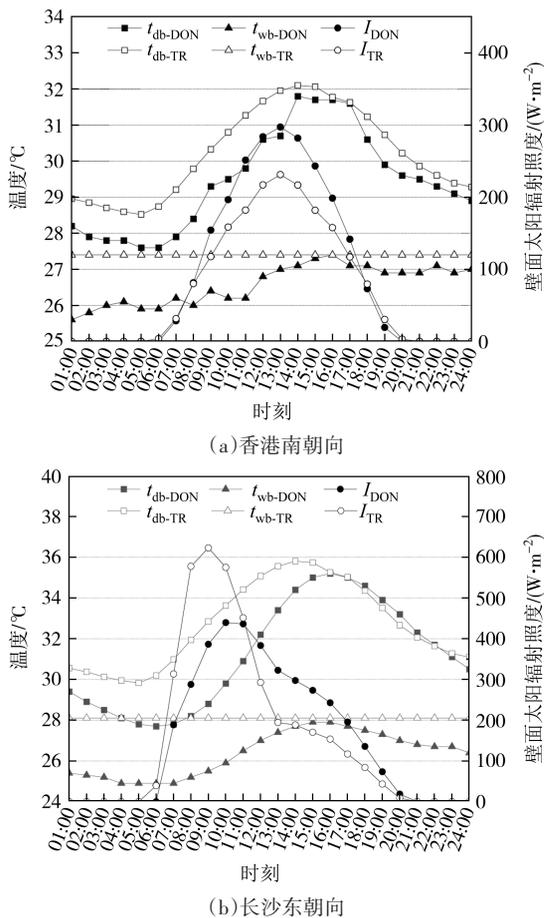


图3 同时发生设计日与传统设计日的对比

Fig.3 Comparison between coincident design day and traditional design day

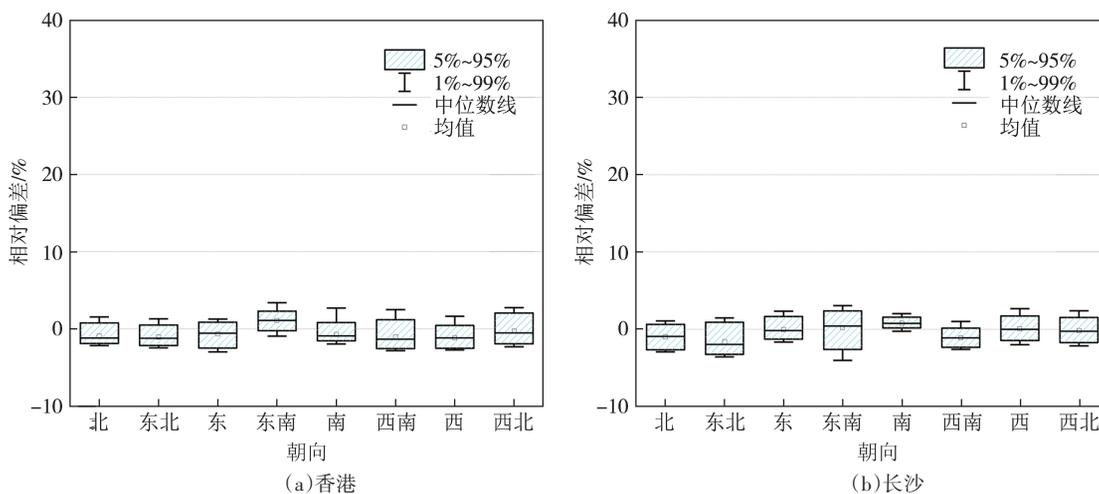


图4 同时发生设计日峰值负荷与设计负荷的偏差分布

Fig.4 The deviation distribution between peak load calculated by the coincident design day and design load

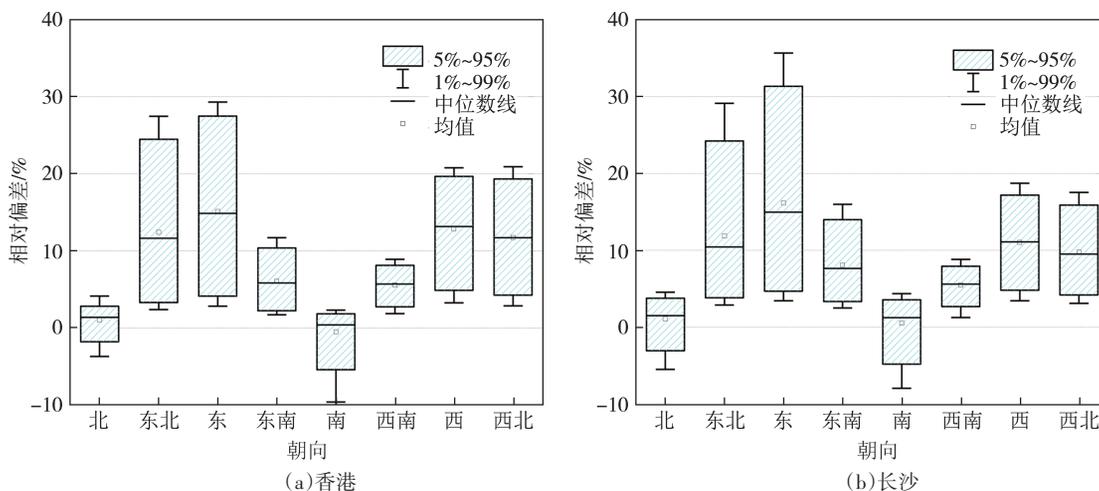


图5 传统设计日峰值负荷与设计负荷的偏差分布

Fig.5 The deviation distribution between peak load calculated by the traditional design day and design load

香港地区各朝向传统设计日峰值负荷与室内热环境不保证50h下设计负荷的相对偏差都不相同,其中东北、东、西、西北朝向的偏差均值超过10%,并且东北、东朝向99%分位数对应的相对偏差值接近30%,南朝向的1%分位数对应的相对偏差值则接近-10%。长沙地区各朝向传统设计日峰值负荷与室内热环境不保证50h下设计负荷的相对偏差分布较香港地区更加分散,其中东朝向的均值、中位数都接近15%,99%分位数对应的相对偏差值超过35%。这一结果表明,传统“构造”方法给出的设计日在各个朝向的适用性不同,会过低估计南朝向部分房间的设计负荷,过高估计其他朝向房间的设计负荷。造成这一现象的主要原因是:传统“构造”方法给出的南朝向设计日壁面太阳辐射照度较小,导致设计日峰值负荷偏小;其他朝向设计日壁面太阳辐射较大,导致设计日峰值负荷偏大。

4 结论

1)为使同时发生设计日适合于工程设计应用,本文提出了基于气象日序数的同时发生设计日挑选方法,应用该方法挑选了香港、长沙地区在各种室内热环境不保证水平下的同时发生设计日。

2)对比了气象日序数方法得到同时发生设计日气象参数与传统方法构造的设计日气象参数,结果表明:传统设计日的干球温度高于同时发生设计日的干球温度;传统设计日的湿球温度是定值,而同时发生设计日的湿球温度是逐时化的,两种设计日的峰值湿球温度差别不大;同时发生设计日和传统设计日的壁面太阳辐射在不同朝向有较大差异。

3)分析了气象日序数方法挑选的同时发生设计日与传统设计日计算房间设计负荷的准确性,结果

表明:气象日序数方法挑选出来的同时发生设计日计算设计负荷有很高的准确性,可满足工程设计准确性要求;传统设计日在各个朝向的适用性不同,会过低估计南朝向部分房间的设计负荷,过高估计其他朝向房间的设计负荷。

4)在后续研究中,还需进一步针对气象日序数方法在其他气候区、其他类型建筑的适用性展开深入研究.拓宽气象日序数挑选方法的适用范围,为工程设计应用提供更准确、通用的同时发生设计日。

参考文献

- [1] ASHRAE. ASHRAE handbook[M]. Atlanta, USA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2021.
- [2] 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB 50736—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:9-11.
Design code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings:GB 50736—2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012: 9-11. (in Chinese)
- [3] CHEN T Y, YIK F, BURNETT J. A rational method for selection of coincident design dry- and wet-bulb temperatures for required system reliability [J]. Energy and Buildings, 2005, 37 (6) : 555-562.
- [4] LAM J C, HUI S C M. Outdoor design conditions for HVAC system design and energy estimation for buildings in Hong Kong[J]. Energy and Buildings, 1995, 22(1):25-43.
- [5] 葛连锋. 空调设计气象参数的合理选择方法的研究[D]. 长沙:湖南大学, 2009.
GE L F. Study on the selection method of weather parameter for air-conditioning system design [D]. Changsha: Hunan University, 2009. (in Chinese)
- [6] CHEN T Y, YU Z. A statistical method for selection of sequences of coincident weather parameters for design cooling load calculations [J]. Energy Conversion and Management, 2009, 50 (3) : 813-821.
- [7] FANG Z C, CHEN Y M. Applicability of the transfer function method and periodic response factors method in coincident design weather data generation [J]. Energy and Buildings, 2021, 250: 111254.
- [8] 陈友明,魏捷,方政诚,等. 生成同时发生设计日的参数降维分区方法研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2021,49(10):7-12.
CHEN Y M, WEI J, FANG Z C, et al. Research on parameter dimension reduction and partition method of generating coincident design days [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2021, 49(10): 7-12. (in Chinese)
- [9] CHEN T Y, CHEN Y M, YIK F W H. Rational selection of near-extreme coincident weather data with solar irradiation for risk-based air-conditioning design [J]. Energy and Buildings, 2007, 39(12):1193-1201.
- [10] 公共建筑节能设计标准:GB 50189—2015[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015:6-12.
Design standard for energy efficiency of public buildings: GB 50189—2015 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015: 6-12. (in Chinese)
- [11] 办公建筑节能设计标准:JGJ/T 67—2019[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2020:7-20.
Standard for design of office building: JGJ/T 67—2019[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020: 7-20. (in Chinese)
- [12] 段明秀. 层次聚类算法的研究及应用[D]. 长沙:中南大学, 2009.
DUAN M X. Research and application of hierarchical clustering algorithm [D]. Changsha: Central South University, 2009. (in Chinese)
- [13] 杨宇,程健,彭晓燕,等. 一种基于改进辛几何模态分解的复合故障诊断方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2020,47(2):53-59.
YANG Y, CHENG J, PENG X Y, et al. A composite fault diagnosis method based on improved symplectic geometry modal decomposition [J]. Journal of Hunan University (Natural Sciences), 2020, 47(2): 53-59. (in Chinese)
- [14] 邵志强. 抽样调查中样本容量的确定方法[J]. 统计与决策, 2012(22): 12-14.
SHAO Z Q. Methods of determining sample size in sampling surveys [J]. Statistics and Decision, 2012(22): 12-14. (in Chinese)