

基于二元超阈值模型的空调室外计算干湿球温度 确定方法研究

刘艳峰, 吴美玲, 王莹莹, 周 勇

(西安建筑科技大学 建筑设备科学与工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 空调室外干湿球温度参数同时作用于建筑物, 是影响建筑热环境的重要参数, 在空调系统设计中作为室内负荷计算和空调设备容量计算的初始计算气象条件。现阶段, 空调室外计算干、湿球温度的确定方法主要是对单个气象参数的一维概率统计, 而未考虑两者之间的同时发生性。因此, 本文提出了一种二元超阈值模型的室外干湿球温度确定方法, 对满足完全不保证率下的干、湿球温度进行求解计算, 从而获得同时发生的室外干湿球温度参数。该方法为空调系统的设计参数提供了一种更为科学合理的确定方法。以乌鲁木齐为例, 计算结果表明空调室外计算干、湿球温度值较我国方法均有所降低, 较 ASHRAE 方法中的伴随参数有所增加。

关键词: 二元超阈值模型; 完全不保证率; 同时发生; 干球温度; 湿球温度

中图分类号: TU831

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2019)06-0890-09

Study on the determination method of the outdoor design dry-bulb and wet-bulb temperature for air conditioning based on binary super-threshold model

LIU Yanfeng, WU Meiling, WANG Yingying, ZHOU Yong

(School of Building Services Science and Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: As an important parameter affecting the building thermal environment, the air conditioning outdoor dry-bulb and wet-bulb temperature parameters also act on buildings simultaneously. In the design of the air conditioning system, they serve as the initial calculation meteorological conditions for indoor load calculation and air conditioning equipment capacity calculation. At present, the method of determining the design dry-bulb and wet-bulb temperatures of air conditioning mainly concentrates on one-dimensional probability statistics of a single meteorological parameter, but does not consider the simultaneous occurrence of the two. Therefore, this paper proposes a method to determine the design outdoor dry-bulb and wet-bulb temperatures based on the binary super-threshold model. The coincident design dry-bulb and wet-bulb temperatures which satisfy the completely non-guarantee rate can be calculated. This method provides a more scientific and reasonable determination method for the design parameter calculation of air conditioning system. Taking Urumqi as an example, the results show that, compared with Chinese method, the calculated values of design dry-and wet-bulb temperature are lower, and compared with ASHRAE method, the adjoint parameters are increased.

Key words: binary hyper-threshold model; completely no guarantee rate; concurrence; dry-bulb temperature; wet-bulb temperature

空调设计计算干、湿球温度是建筑空调系统设计的数据基础。目前, 空调室外计算干、湿球温度主要由气象单参数的一维概率统计得到, 两者并不是同时对应的^[1-2]。而空调室外干、湿球温度等参数是同时作用于建筑物, 并影响建筑冷负荷, 因此现有的设计计算参数不合理, 将给空调系统的设计和后期运行带来不利影响^[3]。

现阶段, 我国的《民用建筑供暖通风与空气调

节设计规范》GB50736-2012^[9]中的夏季空调室外计算干、湿球温度, 为历年平均不保证 50 h 的干湿球温度。该方法主要集中在单个气象参数的特征及统计规律, 没有考虑两者之间的同时发生性。ASHRAE 手册^[10]根据不同空气参数对空气处理设备的影响, 分别给出了不保证率为 0.4%, 1.0% 和 2.0% 三种水平下的室外设计干、湿球温度和露点温度, 并给出了不同类型温度设计值的伴随参

收稿日期: 2019-02-25

修改稿日期: 2019-11-18

基金项目: “十三五”国家重点研发计划基金项目(2016YFC0700400); 国家自然科学基金重大项目课题(51590911); 国家自然科学基金面上项目(51878532、518785534)

第一作者: 刘艳峰(1971—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事太阳能热利用及建筑节能研究。E-mail: lyfxjd@163.com

数.该方法本质上还是只以干球或湿球温度为主要因素,进行了一维的概率统计,并没有真正的反映干、湿球温度之间极值事件的同时发生情况.T. Y. Chen 等人^[13]定义了一种随建筑的热物性和室外气象参数的变化而变化的风险因子,该方法考虑了干、湿球温度之间的同时发生性,但这种方法需要结合建筑热物性不具有普遍适用性.

室外气象计算参数表征气候学意义上相对极端的气象条件,因此,研究气象参数中的近极端参数分布对室外计算参数的影响要远大于整体分布对其的影响^[7].用概率论知识解释为室外干、湿球温度是同一时间维度下的两个随机变量,因此需要对两变量的二元极值分布进行研究^[8-9].本文建立了干湿球温度的二元超阈值分布研究干湿球高温数据的二元联合分布,确定一种既考虑了干、湿球温度的同时发生性,也具有普遍适用性的新的计算参数的确定方法,弥补了当前确定方法上气象参数间的同时发生性考虑不足,该方法在数学意义上更合理,计算得到的室外计算干湿球温度适用于一般空调系统的设计.

1 数据来源与预处理

选择我国西北旱区代表城市乌鲁木齐进行计算.原始气象数据(乌鲁木齐市 1978-01-01—2016-12-31 共 30 a 室外干球温度及露点温度数据)由 NCDC(美国国家气候数据中心)网站下载.气象台站每日仅定时记录 8 次数据,将定时记录数据通过 MATLAB 三次样条插值^[10]形成逐时数据.通过干球温度和露点温度在 MATLAB 上通过迭代计算获得对应的湿球温度数据.

2 现有夏季空调室外计算参数确定方法

2.1 我国夏季空调室外计算参数确定方法

我国现行的夏季空调室外计算干、湿球温度的确定方法表述为历年平均不保证 50 h 的干湿球温度^[4].以乌鲁木齐市为例,选取历年平均不保证时长 50 h (0.57%),计算对应的室外计算干、湿球温度值,以计算得到的干、湿球温度确定其对应的实际的空气状态点,如图 1 所示.

按照我国方法得到的设计干、湿球温度分别为 33.2 °C, 20.5 °C,其所确定的空气状态点实际的 30 年的不保证小时总数为 418 h,历年平均不保证约 14 h,远远小于设计的不保证小时数.

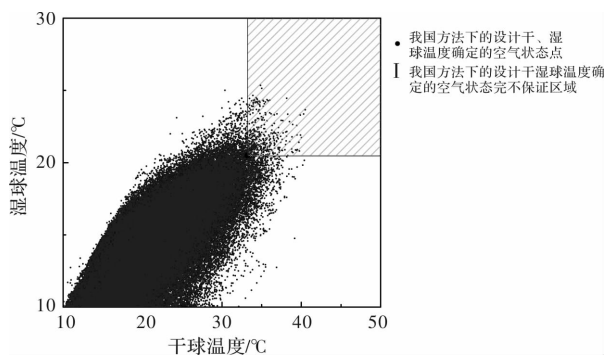


图 1 我国方法下得到的室外设计参数及空气状态不保证区域

Fig. 1 The outdoor design parameters and the region of no guarantee of air state obtained by chinese method

2.2 ASHRAE 手册夏季空调室外计算参数确定方法

美国《ASHRAE Handbook-Fundamentals》(2013 版)中详细介绍了 ASHRAE 采用的室外空气计算参数统计方法,其中,年夏季设计参数给出了 0.4%、1.0%、2.0% 多种不保证率下的干球温度及对应的平均湿球温度、湿球温度及对应的平均干球温度、露点温度及对应的平均干球温度和比焓及对应的平均干球温度,并对每种类型参数的用途给出了建议^[5,11].

ASHRAE 中关于夏季空调室外计算参数的确定方法有以下两种:

室外设计干球温度与室外设计干球温度同时发生的湿球温度(DB, MCWB);

室外设计湿球温度与室外设计湿球温度同时发生的干球温度(MCDB, WB).

同样以乌鲁木齐市为例,选取不保证时率 0.57%(50 h),ASHRAE 方法确定了两组空调室外设计计算干、湿球温度.计算可得,ASHRAE 以干球温度为主参数,湿球温度为伴随参数,计算得到的设计干、湿球温度为 33.2 °C, 18.8 °C.而以湿球温度为主参数,干球温度为伴随参数,计算得到的设计干、湿球温度分别为 30.2 °C, 20.5 °C.

图 2 为 ASHRAE 方法下两组设计参数的不保证区域.(MCDB, WB)确定的完全不保证区域为 I + II, (DB, MCWB)确定的完全不保证区域为 I + III.可以看出,ASHRAE 方法下的不保证区域较我国方法下有所增加.而 ASHRAE 的主参数 DB、WB 的确定方法与我国方法相同,确定的主参数值与我国的值相同,不保证区域增加的原

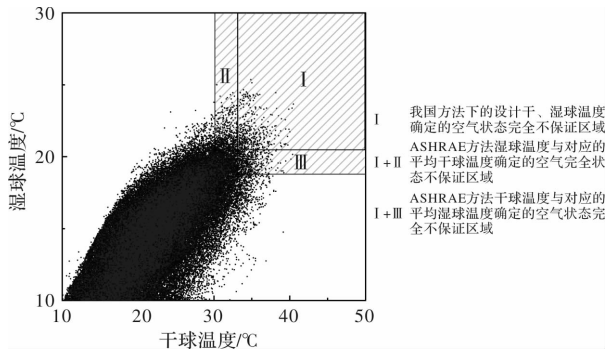


图 2 ASHRAE 方法下得到的室外计算参数及空气状态不保证区域

Fig. 2 The outdoor design parameters and the region of no guarantee of air state obtained by ASHRAE method

因是由于相应的伴随参数值 MCDB、MCWB 较我国方法有所降低。

表 1 为按照我国方法以及 ASHRAE 方法下乌鲁木齐市 1978—2016 年各参数的历年不保证时长。

从上表可以看出,按照我国方法所确定的空气状态点实际的 30 a 的不保证小时总数为 418 h, 历年平均不保证约 14 h, 远远小于要求的不保证 50 h, 说明按我国干湿球温度分别不保证 50 h 的确定方法所得到的干、湿球计算温度取的过于严格, 这会造成不必要的浪费。ASHRAE 中以干球温度为主参数, 湿球温度为伴随参数所确定的空气状态点实际的 30 a 的不保证小时总数为 938 h, 历年平均不保证约 31 h, 而湿球温度的历年平均不保证小时数为 218 h, 远远高于 50 h, 说明设计湿球温度取得过低。而以湿球温度为主参数, 干球温度为伴随参数所确定的空气状态点实际的 30 a 的不保证小时总数为 1 025 h, 历年平均不保证约 34 h, 而湿球温度的历年平均不保证小时数为 215 h, 远远高于 50 h, 说明设计干球温度也取得过低。

表 1 乌鲁木齐市 1978—2016 年我国方法和 ASHRAE 方法下各参数不保证时长

Tab. 1 No guarantee duration of parameters under China's method and ASHRAE method in Urumqi from 1978 to 2016

年份	我国方法确定的空气状态的不保证小时数/h	ASHRAE 方法下的各参数的不保证小时数			
		(DB, MCWB) 不保证时间/h	MCWB 不保证小时数/h	(MCDB, WB) 不保证时间/h	MCDB 不保证小时数/h
1987	16	41	182	24	272
1988	11	23	250	27	180
1989	3	7	102	7	152
1990	15	19	150	22	153
1991	8	28	106	29	261
1992	23	29	151	42	171
1993	2	3	142	2	62
1994	6	24	237	17	171
1995	8	21	233	27	212
1996	17	43	320	31	183
1997	16	54	273	28	351
1998	2	39	195	42	239
1999	18	25	332	93	200
2000	38	57	291	74	221
2001	11	26	263	51	266
2002	17	58	350	42	234
2003	1	0	114	7	90
2004	12	37	188	46	300
2005	17	39	228	33	253
2006	17	40	195	38	264
2007	11	31	288	29	192

续表 1

年份	我国方法确定 的空气状态的 不保证小时数/h	ASHRAE 方法下的各参数的不保证小时数			
		(DB, MCWB) 不保证时间/h	MCWB 不保证小时数/h	(MCDB, WB) 不保证时间/h	MCDB 不保证小时数/h
2008	18	35	169	25	314
2009	1	10	45	2	154
2010	14	31	220	35	213
2011	8	25	125	12	246
2012	5	6	225	11	190
2013	0	2	89	6	114
2014	4	22	167	18	261
2015	80	133	424	134	345
2016	19	30	495	71	198
平均值	14	31	218	34	215

3 基于二元超阈值模型完全不保证率下的空调室外计算参数确定方法

3.1 空调室外计算干、湿球温度的完全不保证率

从统计学角度来看, 室外干、湿球温度是同一时间维度下的随机变量^[12]. 2 个气象参数间的同时发生性问题, 即可转化为两变量之间的相关问题. 由此, 干、湿球温度的同时发生的问题也就可以转化为两序列的联合概率分布问题.

图 3 为同时发生的干球温度和湿球温度的确定的空气状态的区域分布图, 横轴为室外干球温度, 纵轴为室外湿球温度. 图中的 t_{dry*} 和 t_{wet*} 表示任何一对给定的同时发生的室外干球温度和湿球温度(即一个数据对), 并且通过该给定的数据将平面划分为四个区域^[10]. I 区的温度分布为 $t_{dry} \leq t_{dry*}$, $t_{wet} \leq t_{wet*}$; II 区的温度分布为 $t_{dry} \leq t_{dry*}$, $t_{wet} > t_{wet*}$; III

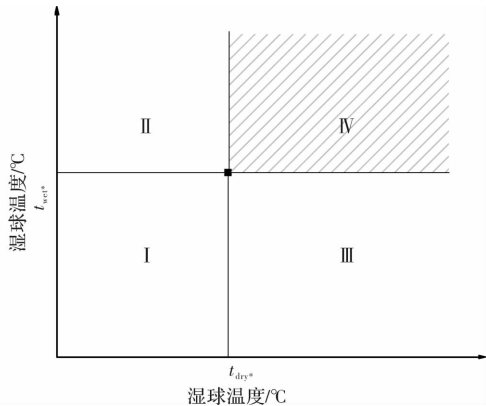


图 3 同时发生的干、湿球温度划分的空气状态区域分布图
Fig. 3 Regional distribution diagram of air state divided by coincident dry-and wet-bulb temperature

区的温度分布条件为 $t_{dry} > t_{dry*}$, $t_{wet} \leq t_{wet*}$; IV 区的温度分布条件为 $t_{dry} > t_{dry*}$, $t_{wet} > t_{wet*}$.

容易得出, 与按照 t_{dry*} 和 t_{wet*} 所计算的冷负荷相比, 当 t_{dry} 和 t_{wet} 落在 I 区时, 空调系统的实际负荷小于设计负荷, I 区为完全保证区域. I 区的干、湿球温度的联合频率分布为

$$P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} \quad (1)$$

同理, II、III 区为部分保证区域. II 区的干、湿球温度的联合频率分布可以通过以下方法得到:

$$P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} > t_{wet*}\} = P\{T_{dry} \leq t_{dry*}\} - P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} \quad (2)$$

右边第一项是湿球温度的边缘累积频率分布. 同样, III 区的干、湿球温度的联合频率分布可以通过以下方法给出:

$$P\{T_{dry} > t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} = P\{T_{wet} \leq t_{wet*}\} - P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} \quad (3)$$

右边第一项是干球温度的边缘累积频率分布.

当 t_{dry} 和 t_{wet} 落在区域 IV 时, 其实际负荷大于设计负荷, 这意味着一个以 t_{dry*} , t_{wet*} 设计的空调系统选用的设备容量不能满足这部分区域的冷负荷. 区域 IV 为完全不保证区域. 区域 IV 的干、湿球温度分布的联合频率分布^[12-15]可通过以下方法得到:

$$P\{T_{dry} > t_{dry*}, T_{wet} > t_{wet*}\} = 1 - P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} - P\{T_{dry} \leq t_{dry*}, T_{wet} > t_{wet*}\} - P\{T_{dry} > t_{dry*}, T_{wet} \leq t_{wet*}\} \quad (4)$$

IV 区的联合频率分布定义为干、湿球温度的同时不保证率, 联立方程式, 有

$$P\{T_{dry} > t_{dry*}, T_{wet} > t_{wet*}\} =$$

$$1 + P\{T_{\text{dry}} \leq t_{\text{dry}*}, T_{\text{wet}} \leq t_{\text{wet}*}\} - P\{T_{\text{dry}} \leq t_{\text{dry}*}\} - P\{T_{\text{wet}} \leq t_{\text{wet}*}\} \quad (5)$$

室外气象设计参数主要表征气候学上的近极端情况,在工程设计中就以一定不保证率下,统计得到的室外温度作为设计计算温度,因此上式定义为同时发生的干、湿球温度的完全不保证率,为了解当前确定方法干、湿球温度间同时性考虑不足的问题,确定一种基于完全不保证率的确定空调室外计算温度的新方法。

3.2 二元超阈值模型的建立

基于计算同时发生的干、湿球温度的完全不保证率过程中,涉及到干湿球温度极值间的联合分布问题,因此需要建立室外干、湿球温度间的二元极值分布,对室外气象参数建立二元超阈值模型^[13]。具体流程图如图4所示。建立二元超阈值模型首先研究边缘分布,再研究边缘分布间的相关性,二元超阈值模型选定阈值后,将边缘分布分成两部分,阈值以下的用经验分布拟合,再求得超过阈值的尾部边缘分布函数,通过选取合适的相关结构函数^[13-14],得到二元超阈值分布,再利用极大似然估计^[15-16]对参数进行估计。

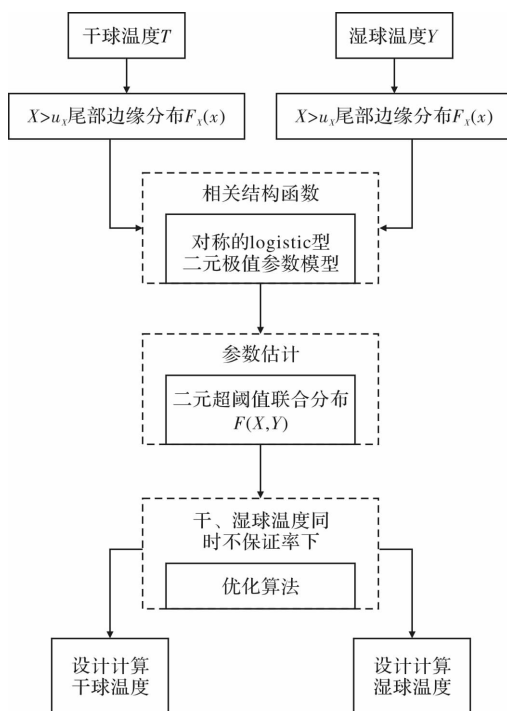


图4 二元超阈值模型建立过程

Fig. 4 The process of establishing binar hyper-threshold model

3.2.1 尾部边缘分布

通过干、湿球温度的逐时高温数据的累计经验分布曲线从统计模型类中选择合适观测数的模型,拟合超过阈值的干、湿球温度的单参数尾部边缘分布。

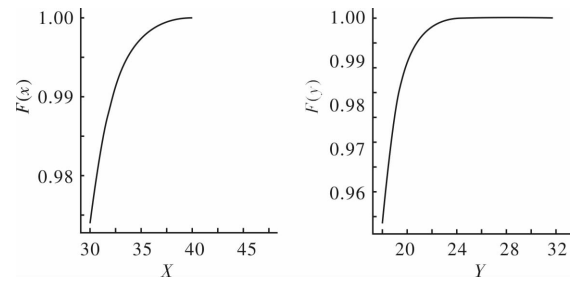


图5 乌鲁木齐市干、湿球温度的高温
累计经验分布曲线

Fig. 5 The accumulated experience distribution curve of dry and wet bulb temperature in Urumqi

图5是干、湿球温度的高温累计经验分布曲线。由图5可以看出,干、湿球温度的高温数据的累计经验分布曲线与GPD分布^[12]曲线非常相似,因此可以考虑采用GPD分布拟合超过阈值的干、湿球温度的单参数边缘分布。

对于一元分布函数 $F \in \text{MDA}(H)$, H 为广义极值分布(GEV分布), F 的尾部近似为广义pareto分布,对于充分大的阈值 u , 当 $x > u$ 时, 有 $F(x) \approx G(x)$:

$$G(x) = 1 - \zeta \left(1 + \xi \frac{x-u}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}}, x > u \quad (6)$$

式中, $\zeta = \Pr(X > u) = \bar{F}(u)$, σ 和 ξ 为拟合超阈值的广义 Pareto 分布中的未知参数。

3.2.2 阈值的确定

使用阈值模型,首先要对于干湿球温度两个变量分别选取合适的阈值。选取的阈值 u 必须足够大以保证模型的适用性,同时又必须足够小以保证有足够多的独立极值样本来拟合模型中的参数。

《实用极值统计方法》^[13]一书中介绍了两种确定阈值的方法。在这里我们根据平均剩余寿命图来选取。平均剩余寿命图对阈值的选取是基于GPD分布的平均超出量函数。

$$e(u) = E(X - u | X > u) = \frac{\sigma + \xi u}{1 - \xi} \quad (7)$$

式中, u 为阈值, $E(X - u | X > u)$ 为阈值超出量的期望平均,称为平均超出量函数。当形状参数 ξ 稳定时,分布图近似为直线,因此可以根据平均剩余寿命图中直线段所对应的横坐标作为阈值的可选范围^[13,15]。

3.2.3 二元联合分布

讨论二元极值参数模型,关心的是两个极值变量间的相关关系,而这个关系由相关结构函数决定。由于相关结构函数是非参数形式,因此二元极值分布没有一般的参数形式,二元极值参数模型,主要分为 logistic 型与其他类型。其中 lo-

gistic 模型是诸多参数模型中最著名,也是实际中应用最广泛的一个模型^[13,17].

作极坐标变换 $w = x/(x+y)$, 通过观察 w 的直方图^[17]来选择合适的结构函数,如图7所示.

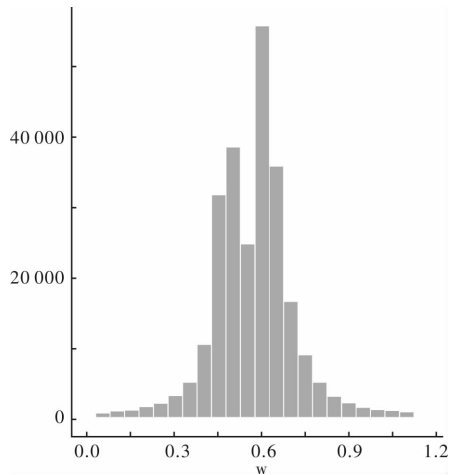


图6 干、湿球温度的 w 值直方图

Fig. 6 The accumulated experience distribution curve of dry and wet bulb temperature in Urumqi

图6显示数据近似对称, Logistic 模型在实际中应用最广泛,其变量对称可交换,因此选择对称的 logistic 模型来描述室外空气干球温度与湿球温度,表达式为

$$F(x, y; \alpha) = \exp\{-(x - 1/\alpha + y - 1/\alpha)\alpha\}, \quad x > 0, y > 0 \quad (8)$$

式中, α 为拟合 Logistic 模型中的未知参数, $\alpha \in (0, 1)$.

3.2.4 模型检验

通常用概率图(P-P图)、分位数图(Q-Q图)^[17]反映观测点与二元极值模型的吻合情况. 概率图(P-P图)表示了观测数据与模型吻合的情况, P-P图图

$$\left(F(X_{k,n}), \frac{n-k+1}{n+1}; k=1, \dots, n\right) \quad (9)$$

式中, $X_{n,n} < \dots < X_{1,n}$ 为随机变量 X_1, \dots, X_n 的次序统计量.

对于极值模型,最关心的就是数据取大值时模型是否合适,即关心较大次序统计量的情况,此时 $F(X_k, n)$ 与 $(n-k+1)/n+1$ 都接近 1, P-P图无法提供更详细的信息,因此更常用的是分位数(Q-Q)图:

$$\left(X_{k,n}, F^{-1}\left(\frac{n-k+1}{n+1}\right); k=1, \dots, n\right) \quad (10)$$

式中, $F^{-1}(x)$ 表示 $F(x)$ 的反函数,也就是分位数函数.

理论上,当 X 的分布函数为 $F(x)$ 时, P-P图

和 Q-Q图应近似为直线.

4 结果与分析

4.1 二元超阈值模型的建立及模型检验

利用 R 软件中的 `mrl.plot` 函数^[13]可以得到室外空气干球温度与湿球温度的平均剩余寿命图,见图7,从图中可以看出,在 u_x 为 30, u_y 为 18 附近时,图形的斜率近似为直线,由于选取的阈值 u 必须足够大以保证模型的适用性,同时又必须足够小以保证有足够多的独立极值样本来拟合模型中的参数. 因此取阈值 $u_x=30, u_y=18$ 较合理.

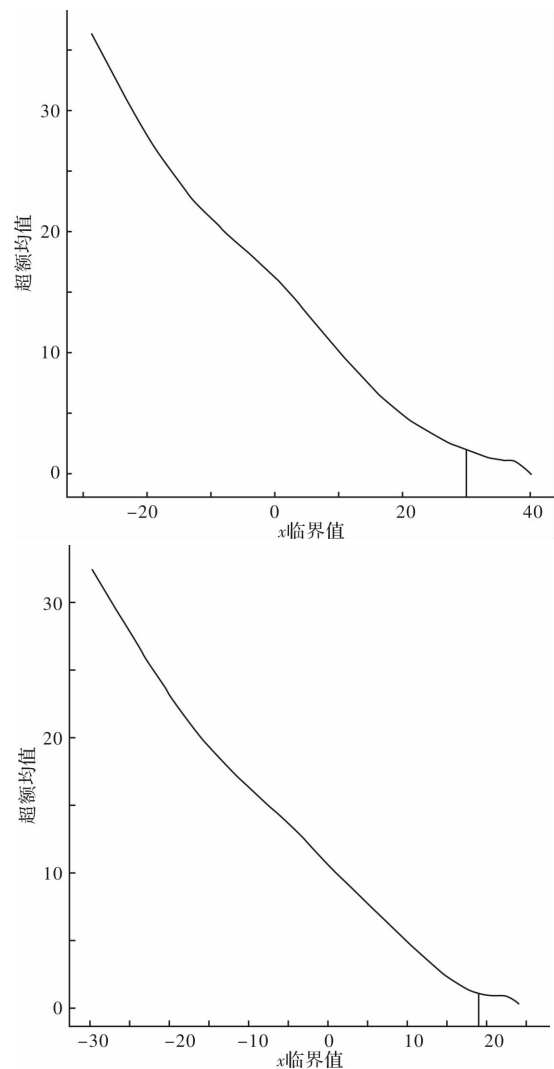


图7 室外干球温度与湿球温度的平均剩余寿命图

Fig. 7 Average residual life of outdoor dry bulb temperature

可以看出 GPD 模型中含有两个参数, logistic 模型含有一个参数,利用 R 软件中的 `fbvpot` 函数可得到二元超阈值模型中未知参数的最优估计^[18]. 计算得到的二元超阈值模型结果为

$$F(x, y; 0.63) = \exp\left\{-\left(x - \frac{1}{0.63} + y - \frac{1}{0.63}\right)0.63\right\}, \quad x > 30, y > 18 \quad (11)$$

其中边缘分布为

$$F_x(x)=1-0.0262\left(1+\frac{-0.133(x-30)}{2.48}\right)\frac{1}{0.133},$$
$$x>30 \tag{12}$$

$$F_y(y)=1-0.047\left(1+\frac{-0.104(y-18)}{1.44}\right)\frac{1}{0.104},$$
$$y>18 \tag{13}$$

图 8 是干、湿球温度的 P-P 图和 Q-Q 图，由图可见，观测点与广义极值分布模型拟合良好，故可作为二元极值模型的边缘分布样本。

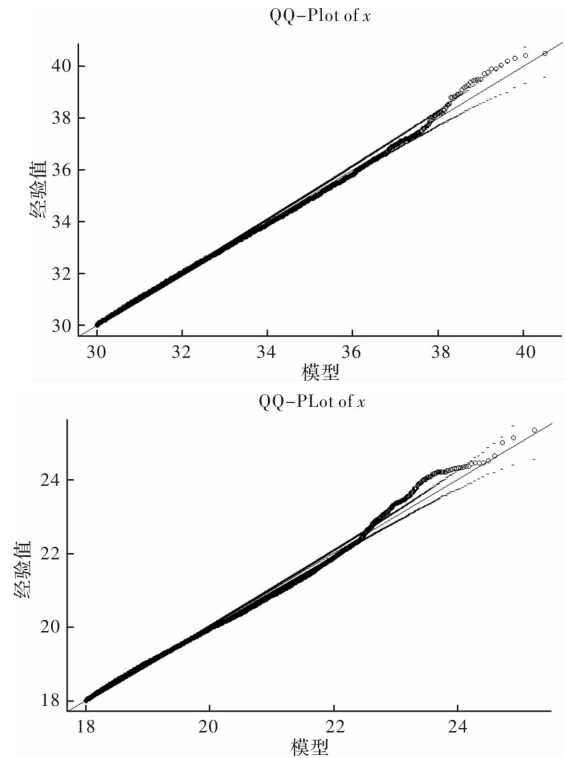
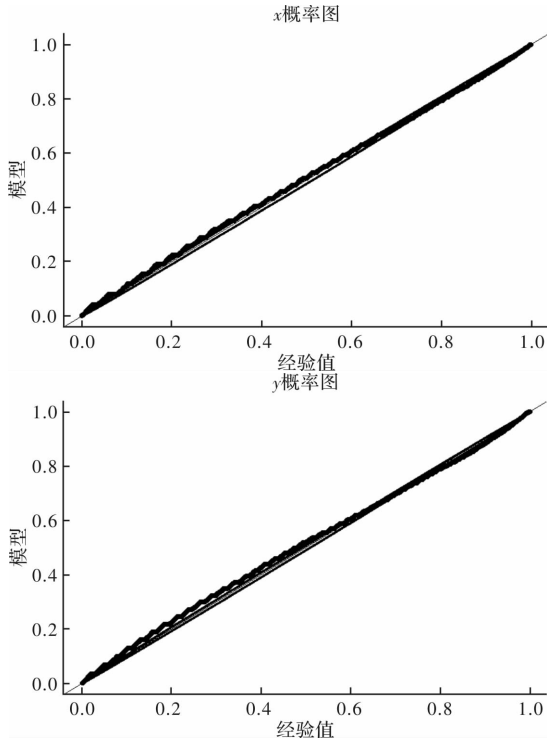


图 8 P-P 图和 Q-Q 图

Fig. 8 P-P and Q-Q

4.2 同时发生的空调室外计算干、湿球温度

利用二元超阈值分布计算空气状态不保证率分别为 0.57%(不保证小时数 50 h)时对应的计算干、湿球温度值，并与我国方法及 ASHRAE 方法对应值比较基础数据为乌鲁木齐市 1978-01-01—2016-12-31 共 30 年室外逐时干湿球温度，结果如下表所示。

表 2 三种方法确定的干、湿球温度值比较 ℃

Tab. 2 Comparison of dry and wet bulb temperature values determined by three methods

不保证率	我国方法		ASHRAE 方法			二元超阈值方法		
	干球温度	湿球温度	干球温度	干球温度对应的 平均湿球温度	湿球温度	湿球温度对应的 平均干球温度	干球温度	湿球温度
0.57%	33.2	20.5	33.2	18.8	20.5	30.2	31.6	19.9

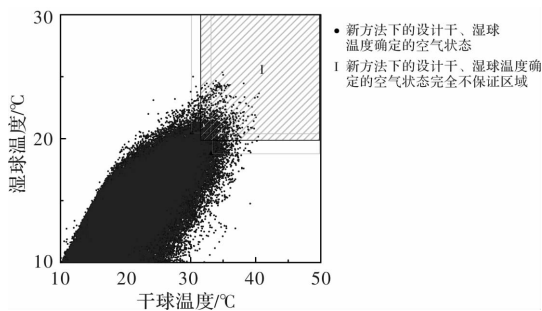


图 9 新方法下得到的室外计算参数及空气状态不保证区域

图 9 给出了我国方法、ASHRAE 方法以及二元超阈值方法这三种夏季空调计算参数确定方法计算得出的空调室外计算干、湿球温度以及实际空气状态点完全不保证区域。按新方法计算得到的设计干球温度为 31.6 ℃，设计湿球温度为 19.9 ℃，设计干球温度的实际历年平均不保证时长为 113 h，设计湿球温度的实际不保证时长为 90 h，设计干、湿球温度对应的实际空气状态点的历年平均不保证时长为 32 h。由于同时考虑了干、湿球温度的不保证水平，因此按照新方法计算得到的设计干、

湿球温度值较我国方法有所下降,其中空调室外计算干球温度降低约 1.6°C ,空调室外计算湿球温度降低约 0.6°C 。与ASHRAE方法中湿球温度为副参数时比较时,空调室外计算湿球温度升高约 1.1°C ,与ASHRAE方法中干球温度为副参数时,空调室外计算干球温度升高约 2°C 。从统计学角度出发,对干、湿球温度建立的二元超阈值模型,同时考虑了干、湿球温度的极值同时发生的情况,相较我国方法与ASHRAE方法更加合理。

5 结论

针对当前夏季空调系统的设计计算干湿球温度空调室外设计计算干、湿球温度的确定方法主要集中在单个气象参数的一维概率统计,而两者之间的同时发生性考虑不足的问题,提出当实际空气状态点的干、湿球温度都大于设计计算温度时,这部分的空气状态点位于完全不保证区域的概念,为建立二元超阈值模型并计算在一定不保证率下同时发生的设计计算干、湿球温度提供基础。主要结论如下:

1. 对于超过一定阈值的干、湿球温度数据总体服从广义帕累托分布(GPD),且干湿球温度间存在较强的相关性,对这两变量的二元极值分布进行研究,可以找到合适的二元相关结构函数建立二元超阈值模型研究这两个参数的高温数据之间的二元极值分布。

2. 我国方法以乌鲁木齐为例进行案例分析,在同时不保证率 0.57% (50 h)的新方法下求得的空调室外设计干湿球温度相对于我国方法,干湿球温度分别下降了 1.6°C , 0.6°C 。

3. 新方法下求得的空调室外设计干湿球温度相对于ASHRAE方法中MCWB,湿球温度升高约 1.1°C ,相对于MCDB,干球温度升高约 2°C 。相比ASHRAE方法只以干球或湿球温度为主要因素,进行一维的概率统计的方法,在数学意义上更为合理。

新方法考虑气象参数极值间的同时发生性,对现在仅以单参数不保证率的确定方法进行了改进,为空调系统的设计计算参数提供了一种更为科学合理的确定方法。

参考文献 References

[1] 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 Lianfeng. Study on the selection method of weather

parameter for air-conditioning system design [D]. Changsha: Hunan University,2009.

- [2] 崔莹,燕达. 室外空气计算参数统计方法的研究及更新[J]. 暖通空调,2016,46(7):47-53.
CUI Ying, YAN Da, Research and update on statistical method outdoor air design parameters [J]. HV&AC, 2016,46(7): 47-53.
- [3] 赵康,刘晓华,张涛,等. 关于夏季空气调节室外空气计算参数的讨论[J]. 暖通空调,2011,41(1):9-13.
ZHAO Kang, LIU Xiaohua, ZHANG Tao, et al. Discussion on outdoor air design conditions for summer air conditioning[J]. HV&AC,2011,41(1):9-13.
- [4] 韩文轩,李佳庆,牛岩溪. 基于空气状态不保证率的空调室外计算参数确定方法[J]. 暖通空调,2017, 47(3): 8-12.
HAN Wenxuan, LI Jiaqing, NIU Yanxi. Determination method of air conditioning outdoor design parameters based on non-guarantee rate of air state [J]. HV&AC,2017,47(3):8-12
- [5] 刘鸣,曾婷婷. 夏季空调室外计算湿球温度的选用问题[J]. 暖通空调,2015,45(5):7-11.
LIU Ming, ZENG Tingting. Selection of outdoor design wet-bulb temperature for summer air conditioning [J]. HV&AC, 2015,45(5):7-11.
- [6] 王敏. 室外空气计算参数的确定方法与数据更新[D]. 北京:中国建筑科学研究院,2009.
WANG Min. Research on climatic design information [D]. Beijing: China Academy of Building Research,2009.
- [7] 向操. 暖通空调室外计算参数确定方法的研究[D]. 天津:天津大学,2012.
XIANG Cao. Research about the determination method of HVAC outdoor design conditions [D]. Tianjin: Tianjin University,2012.
- [8] 刘魁星,刘书贤. 室外空气计算参数确定方法比较[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2015,34(4): 529-534.
LIU Kuixing, LIU Shuxian. Comparison for the methods of determining calculation parameters of outdoor air based on literature analysis [J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science),2015, 34(4):529-534.
- [9] 中国建筑科学研究院. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB50736-2012[S]. 北京:中国计划出版社,2012.
China Academy of Building Research. Design code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings: GB50736-2012 [S]. Beijing: China Planning Press,2012.
- [10] ASHRAE. ASHRAE Handbook-fundamentals [M].

- Atlanta:ASHRAE,2013;14. 1-14. 7
- [11] 李娜. 关于 ASHRAE 设计气象参数的解读[J]. 建筑热能通风空调,2017,36(9):42-46.
- LI Na. Interpretation of climatic information of AHR-AE [J]. Building Energy & Environment, 2017, 36 (9): 42-46.
- [12] COLLIVER D G, GATES R S, ZHANG H, et. al. Sequences of extreme temperature and humidity for design calculation[J]. ASHRAE Transactions,1998, 104(1):133-144
- [13] CHEN T,Y, CHEN Y M, YIK F. Rational selection of near-extreme coincident weather data with solar irradiation for risk-based air-conditioning design[J]. Energy and Building,2007,39(12):1193-1201
- [14] 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: 555-562.
- [15] COLLIVER D G, ZHANG H, GATES R S, et. al. Determination of the 1%,2.5%, and 5% occurrences of extreme dew-point temperatures and mean coincident dry-bulb temperatures[J]. ASHRAE Transactions,1995, 101(2):265-286
- [16] 郑爽,梁冯珍,李佳庆,等. 基于阈值模型的室外气象参数研究[J]. 天津理工大学学报,2017, 33(2): 56-59, 64.
- ZHENG Shuang, LIANG Fengzhen, LI Jiaqing, et al. Research for outdoor climatic parameter based on threshold model [J]. Journal of Tianjin University of Technology,2017,33(2):56-59,64.
- [17] 姜海梅,刘新建,邱林. 极值分布函数在核电厂设计基准气象参数中的应用[J]. 辐射防护,2014,34(4):224-233,254
- JIANG Haimei, LIU Xinjian, QIU Lin. The application of extremum distribution function in the design reference meteorological parameters of nuclear power plant [J]. Radiation protection, 2014, 34 (4): 224-233,254
- [18] 吴息,丁裕国,周会平. 极端温度频率与强度的统计模拟实验[J]. 气象科学,1995(15): 281-287.
- WU Xi, DING Yuguo, ZHOU Huiping. Statistical simulation experiment of extreme temperature frequency and intensity [J]. Meteorological Science, 1995 (15):281-287.
- [19] 史道济. 二元极值分布的一个性质[J]. 应用概率统计,2003(1):49-54.
- SHI Daoji. A property of bivariate extreme value distribution [J]. Applied Probability Statistics,2003(1): 49-54.
- [20] 刘魁星. 气候变化对空调室外计算参数的影响及确定方法研究[D]. 天津:天津大学,2012.
- LIU Kuixing. Research on the determining method and the impact of climate change on air-conditioning outdoor design parameters[D]. Tianjin: Tianjin University,2012.
- [21] 任国荣. 二元超阈值模型在大气环境中的应用[D]. 天津:天津大学,2012.
- REN Guorong. The application of bivariate threshold excess model in the atmospheric environment [D]. Tianjin: Tianjin University,2012.
- [22] 史道济. 实用极值统计方法[M]. 天津:天津科学技术出版社,2006.
- SHI Daoji. Practical extremum statistical method [M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press,2006.
- [23] 李秀敏. 极值统计模型族的参数估计及其应用研究[D]. 天津:天津大学,2007.
- LI Xiumin. Study on parameter estimation and application of extremum statistical model family [D]. Tianjin: Tianjin University,2007.
- [24] 许小勇,钟太勇. 三次样条插值函数的构造与 Matlab 实现[J]. 兵工自动化,2006(11):76-78.
- XU Xiaoyong, ZHONG Taiyong. Construction and realization of cubic spline interpolation function [J]. Ordnance Industry Automation,2006(11):76-78.

(编辑 吴海西 桂智刚)