

典型气象年和典型代表年的选择 及其对建筑能耗的影响

香港理工大学 杨洪兴[☆] 吕琳

天津大学 娄承芝

日本筑波技术短期大学 张晴原

摘要 介绍了典型气象年和典型代表年的选择原理和几种常见的选择方法。不同的方法考虑了不同气象参数的加权因子和气象数据的连续性。介绍了将太阳辐射总量分为太阳直射辐射量与太阳散射辐射量的应用模型,并依据香港的气象数据,分别计算选出了香港的典型气象年与典型代表年。为了验证不同方法计算出的典型气象年与典型代表年对研究对象、系统的影响,作了一个实例建筑物能耗动态模拟。结果表明,不同典型气象年对模拟结果的影响偏差较小,而典型代表年的影响较大;选择合适方法计算的典型气象年对保证模拟评估结果的正确性具有重要意义。

关键词 典型气象年 典型代表年 连续性 建筑物能耗动态模拟 评估偏差

Selections of typical meteorological year and example weather year and their effects on building energy consumption

By Ya ng Ho ngxi ng , Lü Li n, Lou Che ngz hi a nd Zha ng Qi ngyua n

Abstract Presents the selection principle and several methods. Different method emphasizes different weighted factors of meteorological parameters and the continuity of meteorological data. For the sake of selection of typical meteorological year (TMY), provides an application model which divides solar radiation into direct solar radiation and sky radiation. Based on the local meteorological data, selects TMY and example weather year (EWY) of Hong Kong. In order to validate the influences of TMY and EWY obtained by different approaches on the research object and system, dynamically simulates the energy consumption of a building. The result shows that the deviation for TMY is much smaller, while the deviation for EWY is significant. Selecting TMY with a suitable method is significant in assuring the correctness of the assessment results.

Keywords typical meteorological year, example weather year, continuity, dynamical simulation of building energy consumption, evaluation error

The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

0 引言

对受环境影响的能源系统如供暖空调系统、太阳能热能利用系统、太阳能发电系统和风力发电系统等进行全年动态性能评价,需要考虑逐时太阳辐射、干湿球温度、风速等气象参数的影响。其中,对于供暖空调系统,太阳辐射与干湿球温度,则通过影响新风负荷和围护结构负荷而影响建筑物室内热环境和逐时建筑能耗。然而,气象参数却是

逐时变动的,有其任意性与不确定性。若要模拟系统的动

[☆] 杨洪兴,男,1960年5月生,博士后,副教授
香港九龙香港理工大学屋宇设备工程学系
(00852) 27665863

E-mail: behxyang@polyu.edu.hk

收稿日期:2003-01-23

修回日期:2004-12-06

态性能及预测能耗,有代表性的全年逐时气象数据必不可少。

典型气象年是由一系列逐时的太阳辐射等气象数据组成的数据年,具有以下特征^[1]: a) 其太阳辐射、空气温度与风速等气象数据发生频率分布与过去多年的长期分布相似; b) 其气象参数与过去多年的参数具有相似的日参数标准连续性; c) 其气象参数与过去多年的参数具有不同参数间的关联相似性。在国外有很多关于计算典型气象年的文献。最为常见的方法是由 Hall 等人最先提出的经验法^[1],利用 Filkenstein-Schafer (FS) 统计法^[2]从过去多年的气象数据中计算选择出 12 个典型月气象数据组成典型气象年。最终的选择结果考虑了干球温度与日太阳辐射总量的统计与连续性结构。Argiriou 等人比较了目前的一些计算典型气象年的方法,并作了一个实例研究^[3]。对于不同的能源系统,典型气象年的选择计算可以采用不同的加权因子,文献[4~7]介绍了使用不同加权因子对不同城市与地区的典型气象年的选择计算。上述文献计算结果主要应用于建筑能耗分析,而文献[8]则介绍了评估太阳能和风能利用的典型气象年的选择计算方法,并采用分布概率函数 PDF(probability distribution funtion)方法计算分析气象数据的连续性。

典型代表年的选取则简单得多,依据过去多年的气象数据选出具有代表性的一整年数据即可作为典型代表年。这样的选择方法使得有的月份很具有代表性,但有的月份则偏差较大。在香港,近几年发展起来的计算机建筑物能耗动态模拟计算和对新能源发展潜力的估算,都迫切需要典型气象年数据。然而,香港在这方面的研究很有限,虽然文献[9]和文献[10]介绍了有关典型气象年的选取,但大部分的计算机模拟一直以文献[10]选出的香港典型代表年为

$$FS_j(y, m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |PDF_{y,m}(X_j(i)) - PDF_m(X_j(i))| \quad (1)$$

式中 $FS_j(y, m)$ ——第 j 个气象参数值域在 $X(i)$ 范围的 $FS(y, m)$ 统计值, y 为研究对象年, m 为研究对象年中的月份;

$PDF_{y,m}(X_j(i))$ ——第 j 个气象参数值域在 $X(i)$ 范围的 PDF 值;

$PDF_m(X_j(i))$ ——对于月份 m , 第 j 个气象参数长期统计值域在 $X(i)$ 范围的 PDF 值;

N ——参数值选取个数,取决于参数的始点值、终点值和步距。

$$WS(y, m) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (WF_j FS_j) \quad (2)$$

式中 M ——逐时气象参数选取的个数;

$WS(y, m)$ —— y 年 m 月的平均加权值;

WF_j ——第 j 个气象参数的加权因子,见表 1,

$$\sum_{j=1}^M WF_j = 1.$$

依据,即在 1979—1991 年 13 年的逐时气象数据中确定 1989 年为典型代表年。对于中国别的地区的典型气象年数据则还没有看到更多的文章涉及,只是在文献[11~12]中介绍了典型气象月选取的原则和如何利用中国非小时数据建立小时数据的方法。为了探讨不同的方法所计算出的典型气象年和典型代表年的区别,及它们对计算典型年对建筑物逐时动态模拟结果的影响,本文使用了包括 Hall^[1], Marion^[13], ASHRAE (1998), Wong 和 Ngan^[10], 以及 Lu 和 Yang^[9] 的方法,利用香港 1979—2000 年 22 年的气象数据,计算出香港的典型气象年和典型代表年,并使用不同的数据,对一栋多功能商业大厦的围护结构传热、室内热环境和空调负荷进行了动态逐时全年模拟。

1 典型气象年的选择方法

笔者采用最为常见的 PDF 来研究气象参数的分布特性,选择具有最小加权和 WS(weighting sum)的月份为典型气象月。而对于一些要考虑气候连续性的系统、对象,则要考虑气象参数的连续性。通常的做法是从所有年中选出 5 个具有最小加权和的月份,对不同气象参数用日连续分布概率函数选出最小的加权和作为最终的典型气象月。这样选出的典型月份具有与长期统计最相似的分布特征与连续特征。

1.1 典型气象月的选择

选取典型气象月时使用量纲一参数 FS 进行统计,通过对 PDF 的比较来确定。对于不同的能源系统,计算选择典型代表月时,考虑的逐时气象参数不同;而对于同一参数其加权因子也会因系统特性的不同而不同。考虑到气象数据的分布,具有最小加权和的月份即为典型气象月,具体计算方法如下:

表 1 不同文献中所使用的不同气象数据变量的加权因子

	典型气象年 ^[1]	典型气象年 ^[13]	典型气象年 ^[14]	典型代表年 ^[10]	典型气象年 ^[9]
最大干球温度	1/24	1/20	5/100	1/4	1/24
最小干球温度	1/24	1/20	5/100		
干球温度平均值	2/24	2/20	30/100		
最大湿球温度	1/24	1/20	2.5/100	1/4	1/24
最小湿球温度	1/24	1/20	2.5/100		
湿球温度平均值	2/24	2/20	5/100		
最大风速	2/24	1/20	5/100	1/4	11/24
平均风速	2/24	1/20	5/100		
太阳辐射总量	12/24	5/20	40/100	1/4	11/24
太阳直射辐射量		5/20			

注:表中的比值是选择各参数的数据量占总数据量的比值,全部之和为 100%。

不同的文献使用了不同的加权因子值。除文献[8]使用的方法可用于风力和光伏等新能源系统外,其他方法主要适用于建筑物能耗动态模拟和太阳能应用系统,给予太

阳辐射参数较大的加权因子。在实际应用中,对于不同性能及特性的系统,选择合适的气象参数及其加权因子对于选择典型气象月与典型气象年是非常重要的。

1.2 气象数据连续性的影响

气象数据的连续性结构很大程度上影响一些系统的可靠性与系统的能量储存容量与运作性能。譬如对于太阳能系统与风力发电系统,连续几天的阴雨气象条件与连续几天的无风气象条件都会影响系统的正常运行。所以典型月气象参数的连续性特征与长期气象连续性特征一致性也是一个非常重要的评估标准。连续性的参数一般只考虑最为重要的数据变量,对于太阳能利用系统与建筑物动态模拟系统,一般考虑干球温度与太阳辐射总量两个因子^[1],而对于太阳能和风能综合系统,则要考虑太阳辐射总量与风速两个因子,具体计算 PDF 的方法可参考文献[8]。

1.3 计算太阳辐射量的模型

由于气象台站所提供的气象数据中的太阳辐射数据一般只有辐射总量,而建筑节能模拟计算时,必须将太阳辐射总量分为太阳直射辐射量与太阳散射辐射量。本文采用了文献[15]提出的模型:

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_d}{h_r} &= 1 - 0.435k_T & 0 \leq k_T < 0.325 \\ \frac{h_d}{h_r} &= 1.41 - 1.695k_T & 0.325 \leq k_T \leq 0.679 \\ \frac{h_d}{h_r} &= 0.259 & 0.679 < k_T \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中 h_d , h_r 分别为水平面上的太阳散射辐射量和总辐射量; k_T 为地表面水平面太阳总辐射量和大气层外太阳总辐射量的比值。

对于香港地区该模型的均方根误差为 0.238, 均方差则为 0.0247。

2 典型气象年的选择计算

依据不同标准,可以得到不同的典型气象年。从 22 年气象数据中选取具有最小加权总和的月份作为典型月,由 12 个不同的典型月组成典型气象年。表 2 仅给出了根据文献[8]选出的代表月(阴影部分为第一选择)。

表 2 根据文献[8]选出的典型代表月

月份											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1997	1995	1999	2000	1997	1994	2000	1986	1998	1989	1985	1996
1999	1996	1984	1993	1981	1995	1989	1996	1996	1998	1989	1993
1995	1985	1998	1979	1995	1984	1988	1995	1995	1993	1996	1992
2000	1998	1995	1999	1984	1979	1995	1985	1980	1987	1984	1987
1980	1997	1997	1980	1991	1992	1992	1997	1986	1982	1997	1989

注:从上到下的排列顺序代表优选气象年顺序。

以 LY^[8]方法选出的典型月作为标准,以评价太阳能光伏发电和风能发电系统能耗为目标,图 1 给出了 5 种方法得出的相同月份结果的比较。从中可以看出用 Hall 和 MU

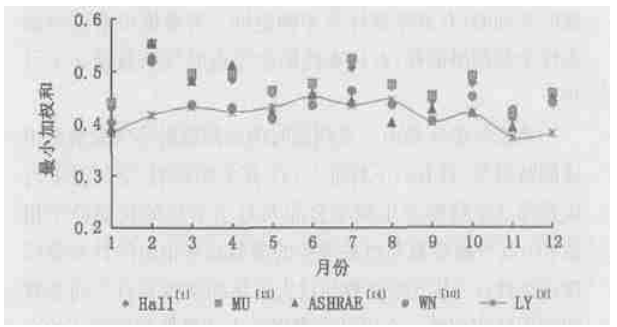


图 1 5 种方法所得结果的比较

方法得出的结果偏离度最大,因为其考虑风速的加权因子最小,而由 ASHRAE 和 WN 所选择出的典型年较为适合新能源的利用。

3 典型代表年的选择计算

本文采用香港天文台提供的 1979—2000 年 22 年的气象数据,包括干湿球温度、太阳辐射量与风速(香港的地理位置为:北纬 22° 18', 东经 114° 10')。依据典型代表年的定义,利用上面提到的不同方法应用到全年的数据上(而非每月数据),选择出不同的典型代表年,如图 2 所示。可见用

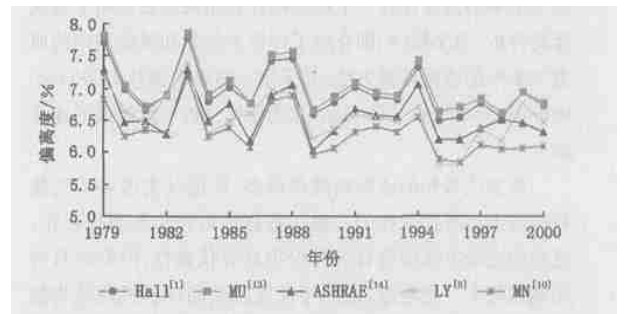


图 2 不同计算方法得出的典型代表年的偏离度

Hall 和 MU 方法计算的结果变化趋势最为相近,而其他结果则由于不同参数使用了不同加权因子的缘故而有比较大的变化差异。由此可见,不同气象参数的加权因子的大小在很大程度上影响典型代表年的选择结果。

表 3 列出了依据不同方法计算出的按优先次序排列的典型代表年。依据 ASHRAE 方法计算出的典型代表年为 1989 年,但 1989 年在 Hall 和 LY 结果中则列为第 4(表 3 中阴影部分),足以表明用不同的标准和计算方法所得出的结果相差很大。

表 3 不同标准选出的典型代表年

利用 FS 统计得出的典型代表年				
Hall ^[3]	MU ^[13]	ASHRAE ^[14]	WN ^[8]	LY ^[10]
1995	1998	1989	1996	1995
1998	1995	1986	1995	1996
1996	1989	1996	1989	1998
1989	1996	1995	1998	1989
1981	1981	1982	1999	1984

4 应用不同典型气象年和典型代表年的建筑能耗模

拟实例研究

为验证由不同标准选出的典型气象年和典型代表年对建筑能耗模拟结果的影响与影响程度, 本文对一多功能商业大楼进行了逐时动态模拟。而对于风能利用系统、太阳能利用系统以及太阳能和风能复合系统, 模拟计算结果参见文献 [8], 不同典型气象年和典型代表年对太阳能系统影响较小, 而对于风能系统则较大。

该多功能商业大楼共 9 层, 为钢筋混凝土结构, 建筑面积为 102 472 m², 包括超市、电影院、咖啡馆、餐馆、购物中心及俱乐部等。考虑到香港的气候特点, 对建筑物逐时动态能耗分析, 只考虑空调系统的冷负荷。应用的模拟软件为 HTB2 软件, 计算结果以 1989 年作为标准。对于典型代表年, 最大偏差值可达 12%。而对于典型气象年, 其偏差则较小, 在 5% 的误差允许范围之内。

在使用香港的气象参数情况下, 不同的典型代表年对于模拟结果偏差很大, 这表明对于建筑物动态能耗分析, 采用典型气象年结果更为接近, 具有更好的可靠性。对于不同典型气象年, 偏差较小的原因之一是因为干湿球温度(影响空调新风负荷的重要因素, 而空调新风负荷在整个空调系统负荷中所占比例很大, 受外围因素影响)是非常重要的两个参数, 但在香港湿热的气候下变化很小。另外一个原因是这两个参数在不同计算标准中给出的加权因子大小差不多。因为香港的气候特别, 没有像北方城市很明显的春夏秋冬季节, 全年温度变化小。但对于其他气候特征不同的城市和地区, 模拟结果会大为不同。对于不同地区与城市, 研究不同典型气象年对于模拟结果的影响和选择正确的典型气象年是正确评估系统的前提。

5 结论

本文介绍了目前常用的选择典型气象年与典型代表年的方法, 利用香港 22 年的气象数据, 得出了香港的典型气象年与典型代表年, 并比较了应用五种不同选择方法所得结果的异同。为了验证不同的选择方法对实际能源系统模拟的影响, 本文对一典型商业大楼进行了逐时建筑动态模拟。模拟结果表明, 对于建筑物能耗, 典型气象年的偏差百分比在 ±5% 以内, 而典型代表年的偏差则较大。因此笔者推荐用典型气象年而不是用典型代表年来评估建筑能耗系统。另外, 本文采用的是香港地区的气象参数, 所得结果对于其他地区会有很大不同。对于不同的研究对象, 选用合适的标准计算出的典型气象年是非常重要的, 不然, 计算结果误差可能会比较大。

参考文献

- Hall J J, Prairie R R, Anderson H E, et al. Generation of typical meteorological years for 26 Solmet stations. In: ASHRAE Trans. 1979 85(2). 507 - 517

- Filkerstein J M, Schafer R E. Improved goodness to fit tests. Biometrika. 1971. 58: 641 - 645
- Angiriou A, Lykoudis S, Kontoyiannidis S, et al. Comparison of methodologies for TMY generation using 20 years data for Athens, Greece. Solar Energy, 1999, 66(1): 33 - 45
- Pissimanis D, Karnas G, Notaridou V, et al. The generation of a "typical meteorological year" for the city of Athens. Solar Energy, 1988, 40(5): 405 - 411
- Lam Joseph G, Hui Sam C M, Chan Apple L S. A statistical approach to the development of a typical meteorological year for Hong Kong. Architectural Science Review, 1996, 39: 201 - 209
- Petrakis M, Kambezidis H D, Lykoudis S, et al. Generation of a "typical meteorological year" for Nicosia, Cyprus. Renewable Energy, 1998, 13(3): 381 - 388
- İner Mertek, İkeri Arif. Typical weather data of main Turkish cities for energy application. International J of Energy Research, 2000, 24: 727 - 748
- Yang Hongxing, Liu Lin. The development and comparisons of typical meteorological years for building energy simulation and renewable energy applications. In: ASHRAE Trans. 2004, 110(2). 424 - 431
- Chow W K, Fong S K. Simulation of energy use in a building with three weather files of Hong Kong. Energy Engineering, 1993 2: 30 - 54
- Wong W L, Ngan K H. Selection of an "example weather year" for Hong Kong. Energy and Buildings, 1993 19: 313 - 316
- 郎四维. 建筑能耗分析逐时气象资料的开发研究. 暖通空调, 2002, 32(4): 1 - 5
- Zhang Q, Joe Huang, Yang H. Development of the typical and design weather data for Asian locations. J of Asian Architecture and Building Engineering, 2002, 1(2): 49 - 55
- Marion W, Urban K. User's manual for TMY2's: typical meteorological years. National Renewable Energy Laboratories, SAND887 - 2379 Albuquerque, NM, USA, 1995
- ASHRAE. ASHRAE Handbook. 1989 Fundamentals
- Yik Francis W H, Chung T M, Chan K T. A method to estimate direct and diffuse radiation in Hong Kong and its accuracy. In: The Hong Kong Institution of Engineers Trans. 1995 2(1). 23 - 29

· 书讯 ·

中国建筑科学研究院空调所许钟麟研究员所著《空气净化技术原理》(第 3 版)已由科学出版社出版。新书书补充了最新理论成果和可供实际应用的阻漏层理论、主流区与扩大主流区理论、计算成品质率与洁净度关系的新公式、我国大气尘的最新数据和动态、特殊过滤器等内容, 增补约 10 余万字。全书共约 90 万字, 16 开精装本, 每本定价 90 元。

该书由《暖通空调》发行室办理邮购(邮购加收 10% 邮购费)。邮编: 100044 地址: 北京市西外车公庄大街 19 号 联系电话: (010) 68362755

(本刊)