

典型气象年生成方法及原始气象数据质量分析

杨柳¹ 李昌华² 刘加平¹

(1 西安建筑科技大学建筑学院, 2 西安建筑科技大学信息与控制工程学院, 西安 710055)

摘要 准确分析建筑热环境性能及其能耗需要代表当地平均气候状况的逐时典型气象年数据。根据我国现有的 4 次定时气象数据, 选取建筑气候标准(GB50178-93)的 7 个气候区的代表城市, 运用美国 Sandia 典型气象年方法, 产生了代表城市的建筑能耗模拟分析用标准气象年数据。着重论述了针对原始气象数据的缺测情况, 在生成典型气象年时的数据处理过程和质量控制原则, 为建立和完善我国建筑节能用标准气象数据库提供了前期的理论分析基础。

关键词 典型气象年 气象数据 质量控制 建筑节能

引言

能够代表建筑物所在地区气候特点的气象数据是建筑热环境模拟过程的先决条件。建筑能耗模拟用气象数据可分为两种类型: 利用实测数据加工而成的多年平均数据; 根据有限的实测数据推理加工而成的数据。第 1 种数据可信度高, 但所需数据量庞大, 质量要求高, 通常需要 30 年以上连续而系统的观测数据, 不易获得; 第 2 种可以利用较少的、不连续的观测数据, 对数据的依赖程度较低, 但其准确性不如前者。

逐时气象数据研究始于 20 世纪 70 年代, 跟随计算机的发展而发展。目前, 欧美及日本各国相继建立了由实测数据加工而成的气象数据库, 从而使建筑热环境模拟技术进入成熟阶段。我国学者也做了一定的研究工作。1993, 朗四维^[1]首先开发了北京、上海两地的逐时气象数据; 2004 年张晴原等^[2]利用国际地面交换气象观测数据建立了我国 57 个城市的标准气象数据库; 2005 年清华大学与中国气象局合作利用近 10 年的逐时数据建立了 270 台站的热环境分析数据库^[3], 这是迄今为止覆盖我国台站最多的标准气象年数据库。然而, 我国气象台站的数据记录有其自身特点: ①数据的电子化记录程

度低, 自建站以来各台站的观测数据基本上为人工纸质记录, 使原始记录数据的整理错误、遗漏很多, 误差较大; ②能够为研究分析提供的数据仅为 6 h 间隔的 4 次定时记录; ③逐时观测记录的时间较晚, 大多数为 80 年代末期, 尤其是太阳辐射量逐时观测, 基本上开始于 1993 年。因此, 有必要针对我国现有气象数据特点, 研究建立我国建筑能耗分析用典型气象年数据库。

1 典型气象年

产生典型气象年(TMY)的基本方法由美国 Sandia 国家实验室于 1978 年提出^[4]。它是由 12 个均具有气候代表性的典型月(TMM)组成一个“假想”气象年。典型月的选择需要考虑各气象要素在热环境分析中所占的权重, 选取最接近 30 年平均值的月份。被分析气象要素是干球温度、露点温度、风速和水平面总辐射。具体分析方法为 Finkelstein-Schafer 统计方法, 即通过对比所选月份的逐年累积分布函数与长期(30 年)的累积分布函数的接近程度来确定。其定义为:

$$S_n(x) = \begin{cases} 0 & x < x(1) \\ (k - 0.5)/n & x(k) \leq x \leq x(k+1) \\ 1 & x > x(n) \end{cases} \quad (1)$$

国家自然科学基金项目(50125821、50408014)资助

作者简介: 杨柳, 女, 1970 年生, 博士, 副教授, 主要从事建筑节能与气候研究, Email: yangliu@xauat.edu.cn

收稿日期: 2005 年 5 月 30 日; 定稿日期: 2005 年 12 月 19 日

其中: $S_n(x)$ 为 x 处的累积分布值, n 为总个数, k 为序号。各要素的逐年 Finkelstein-Schafer 统计量 (C_{FS}) 值用下式表示:

$$C_{FS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (2)$$

其中: δ_i 为各要素长期累积分布值与逐年各分析月的累积分布值的差值, n 为各分析月的天数, 如 1 月为 31 天。然后根据各气象要素的影响力大小, 按照加权方法将干球温度等 9 个参数的 C_{FS} 值汇总成一个参数 W_S 。其定义为:

$$W_S = \sum W_{Fi} C_{FSi} \quad (3)$$

其中 W_{Fi} 为各参数的权重因子。由式(3)可见, W_S 越小 C_{FSi} 越小, 其结果就越接近长期平均值。因此, 选取值最小的年份为该典型月的年份。美国 Sandia 国家实验室提出的 TMY 及后来由国家能源实验室改进的 TMY2 所采用的 W_{Fi} 见表 1。

表 1 生成典型气象月各构成要素的权重系数 W_F

气象要素	TMY	TMY2	
干球温度日最高值	1/24	1/20	
空气温度 干球温度日最低值	1/24	1/20	
干球温度平均值	2/24	2/20	
露点温度日最高值	1/24	1/20	
露点温度 露点温度日最低值	1/24	1/20	
露点温度平均值	2/24	2/20	
风	风速日最大值	2/24	1/20
	风速日平均值	2/24	1/20
太阳辐射	水平面总辐射平均值	12/24	5/20
	直射辐射日平均值		5/20

2 原始数据的分析及整理

原始数据来源于中国气象局国家气象中心, 气象要素包括气压、空气温度、相对湿度、风速、风向、云量、日照时数和总辐射。数据记录为 1970~2000 年的 4 次定时记录, 并包括空气温度最大值、最小值和平均值及风速的最大值。在处理过程中发现, 我国的原始气象数据缺测很多, 而且缺测的类型也不一, 有连续日缺测的, 也有月中间断缺测的, 甚至还有整年缺测的(表 2)。

在进行典型月选取之前, 需要对原始数据进行逐项的质量整理和补差。补差的处理原则是根据插值后

表 2 数据缺测情况摘录

序号	台站号	城市名	缺测情况
1	50953	哈尔滨	最大风速缺:1995 年 5~6 月;总辐射缺:1981 年 1 月
2	52866	西宁	无
3	53068	二连浩特	最大风速缺:1971 年 1 月至 1972 年 4 月;总辐射缺:1985 年 1 月
4	53614	银川	总辐射缺:1971 年全年;1972 年全年
5	54342	沈阳	总辐射缺:1995 年 7~8 月
⋮	⋮	⋮	⋮

对其累计分布值的影响大小决定的。例如, 在连续缺测 3 日情况下, 对缺测数据插值后, 其累计分布值 S_n 与真实值的累计分布如图 1 所示。图中正方形标注的曲线表示没有缺测的实测数据的累积分布值 S_{n1} , 三角形标注曲线为去掉该月 8、9、10 三天的纪录数据, 并经过补差后的 S_n 值, 计算补差前和补差后的 S_n 相对误差为 0.5%。同样道理, 对于间断缺测 15 日补差后, 其累计分布值见图 2, 计算补差前和补差后 S_n 的相对误

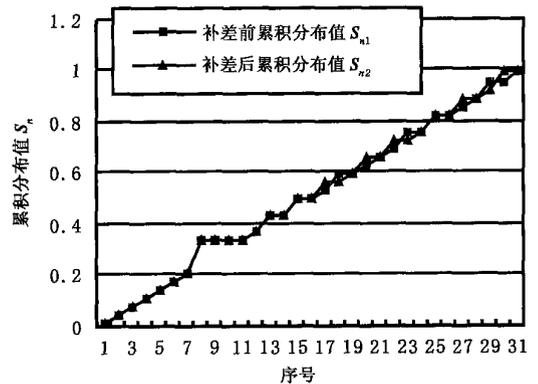


图 1 连续缺测 3 日补差前后的累积分布值

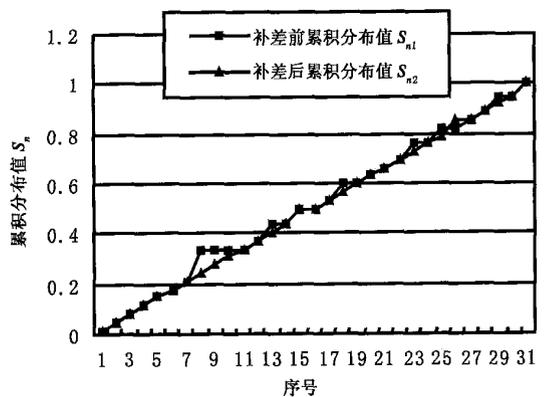


图 2 间断缺测 15 日补差前后的累积分布值

差为2%。根据以上分析,按照原始数据的缺测程度和类型,确定了数据质量的整理原则:对少量缺测的月份,即补差前后的累积分布值的相对误差不超过2%时,采用直线补差;而对于缺测较多的月份,则在 C_{FS} 计算时不考虑该月数据。具体处理原则分为以下3种:①一个月内连续缺测超过3天时,剔除该月数据;②一个月内,间断缺测的日数在半月以上(如1月超过15天,2月超过14天)时,剔除该月数据。③连续两个月的月初和月末连续缺测超过3天,此两个月的数据均不参与统计。

3 选取典型月的参数确定

表1列出了选取典型月时9个参数的权重系

表3 9个参数产生的典型月

序号	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	1995	2000	1998	1980	1995	1986	1986	1993	1982	1984	1989	1993
2	1999	1997	1996	1979	1997	1990	1990	1996	1996	1998	1984	1989
3	2000	1990	1993	1993	1986	1991	1996	1986	1990	1996	1996	1996
4	1980	1995	1980	1986	1989	1987	2000	1985	1993	1986	1985	1985
5	1997	1988	1995	1987	1999	1992	1989	1989	1989	1989	1999	1998

表4 7个参数产生的典型月

序号	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	1995	2000	1998	1980	1995	1986	1990	1993	1982	1984	1989	1993
2	1999	1997	1996	1979	1989	1990	1986	1996	1996	1998	1984	1996
3	2000	1990	1993	1986	1986	1987	1996	1985	1989	1996	1996	1989
4	1980	1995	1980	1993	1997	1981	2000	1996	1990	1986	1999	1985
5	1997	1988	1995	1987	1999	1992	1989	1982	1993	1989	1985	1998

表5 6个参数产生的典型月

序号	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	1995	2000	1998	1980	1993	1986	1990	1986	1982	1984	1989	1993
2	1999	1997	1993	1993	1995	1987	2000	1993	1998	1996	1984	1996
3	2000	1990	1996	1986	1997	1990	1986	1985	1987	1998	1985	1998
4	1997	1995	1980	1979	1986	1991	1989	1982	1996	1981	1996	1985
5	1994	1988	1999	2000	1989	1992	1996	1996	1993	1986	1999	1989

由表3~5可以看出,利用7个参数选取的典型月只有7月与9个参数选取的结果不同,但其却与9个参数的第2个候选年相同;利用6个参数选取的典型月有3个月不同,其中2个月是能够由9个参数的第2个或第3个候选月替补的,第3个月(5月)出现非典型月。由此可见,针对我国气象数据特点,可以将生成典型气象月的参数减少为7个,各参数的权重因子见表6。在风速日最大值缺测较多情况下,也可以考虑选择6个参数。

数。由于我国记录直射辐射的气象台站较少,在确定加权系数 W_F 时,采用的是TMY的 W_F 。而且原始数据缺少露点温度最高值和最低值,气象参数由9个参数变为7个参数。经过初步的质量统计分析发现,在被分析参数中,风速最大值缺测最为严重,考虑到其对建筑能耗的影响率较小(小于0.5%^[5]),并为了保证占权重比例较大的太阳辐射的年份,风速日最大值指标也不作考虑,而是将其权重并入平均风速的权重,这样气象要素又由9个减少到6个。就此问题,选取了气象数据完整的一个城市,分别对9个参数、7个参数和6个参数所选取的典型月进行了对比分析,见表3~5。

表6 我国典型年各参数的权重因子

气象要素	我国 TMY		
	7个参数	6个参数	
空气温度	日最高值	1/24	1/24
	日最低值	1/24	1/24
	平均值	2/24	2/24
露点温度	最大值		
	最小值		
	平均值	4/24	4/24
风速	日最大值	2/24	
	日平均值	2/24	4/24
太阳辐射	水平面总辐射平均值	12/24	12/24

4 典型气象年质量控制原则与构成

我国典型气象年的两个基本原则:

(1) 在保证累积分布误差不超过 2% 的前提下, 连续缺测不超过 3 日, 间断缺测不超过 15 日的月份采用直线补差法。缺测过多时不做典型月分析。

(2) 确定典型月的气象参数为干球温度日平均值、最高值、最低值、露点温度平均值、风速日最大

值、日平均值及水平面总辐射值 7 个参数, 各参数权重因子见表 6。风速日最大值缺测时, 可以考虑将参数减少为 6 个, 但是与 9 个参数选取的典型月的对照分析, 其 12 个典型月中已开始出现非典型月。

照此原则以及 Finkelstein-Schafer 统计方法, 分别选取我国建筑气候区划中(GB50178-93)^[6] 的 7 个代表城市, 生成了典型气象年(表 7)。

表 7 不同气候区代表城市典型气象年构成

序号	台站	建筑气候标准	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	哈尔滨	气候 1 区	1982	1982	1982	1984	1986	1986	1990	1980	1981	1987	1982	1983
2	北京	气候 2 区	1988	1981	1983	1985	1984	1984	1991	1983	1984	1984	1984	1994
3	上海	气候 3 区	1982	1981	1979	1990	1976	1973	1986	1986	1982	1980	1989	1972
4	广州	气候 4 区	1978	1978	1996	1978	1983	1992	1986	1987	1999	1986	1985	1976
5	昆明	气候 5 区	1989	1989	1971	1986	1993	1984	1989	1977	1990	1992	1982	1993
6	拉萨	气候 6 区	1985	1980	1980	1980	1984	1979	1980	1995	1977	1985	1985	1986
7	乌鲁木齐	气候 7 区	1987	1990	1972	1982	1983	1982	1972	1980	1982	1995	1982	1995

致谢: 特别感谢中国气象局国家气象中心给予的数据支持。文中的数据分析主要由硕士研究生刘大龙、王金奎、谢琳娜、董宏和郭兵帮助完成, 在此表示感谢。

参考文献

- [1] 郎四维. 建筑能耗分析逐时气象资料的开发研究[J]. 暖通空调, 2002, 32(4): 1 - 5.
- [2] 张晴原, Joe Huang. 中国建筑用标准气象数据库[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 中国气象局气象信息中心气象资料室, 清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

- [4] Hall I J. Generation of typical meteorological years for 26 SOL-MET stations [C] // Proceedings of the 1978 Annual Meeting of the American Section of the International Solar Energy Society, Denver, 1978: 669 - 671.
- [5] Lam J, Lun I, Li D. Long-term Wind speed statistics and implications for outside surface thermal resistance [J]. Architectural Science Review, 43: 95 - 100.
- [6] GB50178 - 493 中国气候区划标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1993.
- [7] Lam J, Hui S, Chan A. A statistical approach to the development of a typical meteorological year for Hong Kong [J]. Architectural Science Review, 39: 201 - 209.

Generating Method of Typical Meteorological Years and Quality Analysis of Raw Meteorological Data

Yang Liu¹ Li Changhua² Liu Jiaping¹

(1 School of Architecture, 2 School of Information and Control Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055)

Abstract: In order to analyze accurately building thermal performance and energy consumption, typical meteorological year (TMY) data are needed. The methods for generating TMY files for the seven representative cities for various climate zones around China are presented according to the standard GB50178-93, based on the available conventional weather data from the China Meteorological Center from 1970 to 2000. The quality control and processing process of raw meteorological data are discussed.

Key words: typical meteorological year, data quality control, building energy-saving