

建筑节能分析用典型年数据的获取方法

付昱曦¹, 李红莲¹, 王赏玉², 杨 柳²

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

摘要: 进行精细化的建筑节能设计与能耗模拟的前提是具备真实、可靠的室外气象数据, 典型气象年(Typical Meteorological Year, TMY)是代表当地气候特征的多种逐时气象要素组合, 在建筑节能设计中应用广泛。《民用建筑设计术语标准》、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》等行业标准明确规定在建筑节能设计分析时, 采用典型气象年。《建筑节能气象参数标准》颁布了我国 450 个台站的 TMY, 为建筑节能分析用室外气象数据的统一作出了重要贡献。目前我国常用的能耗模拟 TMY 数据仅提供了我国部分城市的 TMY, 无法满足我国建筑行业的使用, 由于原始数据来源不同, 也无法判别哪种 TMY 生成方法更具有适用性, 针对这种情况, 从直接下载、计算获得、软件生成等几个方面梳理 TMY 的获取方法, 并针对数据状况和来源, 进行了详细的分析和对比, 为建筑节能分析用 TMY 的获取和使用提供了借鉴依据。

关键词: 典型气象年; 获取方法; 能耗模拟

中图分类号: TU119⁺.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2021)01-0147-08

Method of obtaining TMY for building energyefficiency analysis

FU Yuxi¹, LI Honglian¹, WANG Shangyu², YANG Liu²

(1. School of Information and Control Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. College of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The elaborate building energy-saving design and energy consumption simulation are based on the premise of having real and reliable outdoor meteorological data. The Typical Meteorological Year (TMY) is a combination of various hourly meteorological elements representing local climate characteristics, which is widely used in building energy-saving design. *Standard for terminology of civil architectural design*, *Design Standard for Energy Efficiency of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone* define that TMY data are used in the analysis of energy efficiency design in buildings. *Standard for weather data of building energy efficiency* has promulgated TMY of 450 stations in China, which has made an important contribution to unifying the outdoor meteorological data for building energy efficiency analysis. Currently, its common use of TMY only provides TMY for some cities in China, but cannot meet the use of China's construction industry. Due to the different sources of raw data, it is impossible to determine which TMY is more appropriate. In view of this situation, the method of obtaining TMY from direct download, calculation acquisition, and software generation are combed. Detailed analysis and comparison are based on data and sources. It provides reference for the acquisition and use of TMY for building energy efficiency analysis.

Key words: typical meteorological year; acquisition methods; energy consumption simulation

典型气象年(Typical Meteorological Year, TMY)是建筑模拟中评估能耗的重要资料, 它作为能耗模拟软件的基础数据, 其输入气象数据的准确性紧密影响着能耗模拟的结果。TMY 的挑选需要长期、连续的气象要素记录, 但是在中小城镇中不具备这种条件, 导致无法使用计算方法生成当地的 TMY, 从而影响能耗模拟评估。针对这种情况, 采用不同途径来获取 TMY 显得尤为重要。

近几年, 我国在这方面取得很大研究成果。2012 年, 张晴原等人从 1995—2005 年选取了 360 个地区的标准气象年数据^[1]。2015 年, 李红莲等人梳理了国内外 TMY 生成方法和逐时气象数据处理方法^[2], 并指出气象参数选取影响 TMY 结果的准确性^[3], 通过对比不同 TMY 生成方法对建筑能耗影响, 指出了适合西安地区的 TMY 生成方法^[4]。同年, 香港学者利用遗传算法生成适用不同气候条件下的 TMY^[5]。2016

收稿日期: 2020-06-29

修改稿日期: 2021-01-08

基金项目: “十三五”国家重点研发计划基金资助项目(No. 2018YFC0704500); 陕西省教育厅科研计划项目基金资助项目(No. 19JS043)

第一作者: 付昱曦(1996—), 女, 硕士生, 主要从事建筑气候与建筑节能研究。E-mail: fuyuxi0919@163.com

通讯作者: 李红莲(1980—), 女, 高级工程师, 研究生导师, 主要从事建筑气候与建筑节能研究。E-mail: lihonglian_lhl@163.com

年,李红莲等人提出了 TMY 室外气象参数的选取方法^[6]。2017 年,杨柳等人提出适应我国建筑设计的气象参数的逐时化分析方法^[7],刘大龙等人通过分析建筑节能各气象参数的敏感性系数,得出温度对采暖和空调能耗的影响最大^[8]。同年,侯立强等人通过比较成都地区各气象参数月均值变化和能耗模拟结果^[9],发现当地办公建筑能耗与各气象参数间没有明显规律性。同年,清华大学学者通过比较中国不同气候区主要城市 TMY 数据与 55 a 实际天气数据^[10],得出寒冷地区的长期能源使用量与采用 TMY 得出的结果相差很大。同年,熊明明等人发现了气候变化影响 TMY 数据^[11],采暖期较制冷期变化明显。2018 年,王华用机器学习算法补充了南海地区 8 个站点 16 a 的总辐射数据^[12],为南海地区 TMY 生成提供了可靠的方法。

从以上研究内容看出,在建筑节能设计分析中,室外基础气象数据的重要性和必要性。针对 TMY 数据来源问题,本文对 TMY 的获取方法进行了梳理,并基于北京 20a 的实测气象数据,使用不同获取方法得到 TMY,对比主要气象参数与长期平均值,并对典型建筑进行能耗模拟,对比其对

能耗模拟结果的影响。

1 典型年数据的获取途径

1.1 直接获取法

目前,我国能耗模拟 TMY 数据源常见的有以下几种格式,包括 CSWD、CTYW、IWECE 和 SWEAR 等,其中 CSWD 数据是根据中国气象局收集的中国 270 个地面气象站 1971—2003 年实测气象数据,CTYW 是张晴原开发的标准气象数据库,是根据由美国军事卫星记录的 1982—1997 年中国机场气象站的天气报告,其中没有太阳辐射数据,IWECE 数据和 SWERA 数据分别来源于美国国家气象数据中心和可再生能源实验室,其中只有 CSWD 数据包含太阳辐射数据,而 CTYW、IWECE、SWEAR 三种数据中太阳辐射数据是推算出来的,西安建筑科技大学和香港城市大学的合作项目中,采用美国 Sandia 国家实验室提出的经验分布函数方法为我国 194 个城市挑选出 TMY 数据,表 1 为几种典型气象年数据详细介绍。能耗模拟软件 Energyplus 官网提供了我国部分大城市的 TMY 数据,可以直接用以能耗模拟。

表 1 国内外典型年气象数据来源详细介绍

Tab. 1 Detailed description of the source of TMY at home and abroad

	全称	数据来源	观测年限	台站数	开发单位
DeST	DeST affiliated	中国气象局	最大 50 a	270	清华大学、中国国家气象中心
CSWD	Chinese Standard Weather Data	中国气象局	1971—2003	270	清华大学、中国国家气象中心
CTYW	Chinese Typical Year Weather	国际地面气象观测数据库	1982—1997	194	张晴原、Joe Huang
IWECE	International Weather for Energy Calculation	国际地面气象观测数据库	最大 18 a	11	美国气象数据中心
SWEAR	Solar Wind Energy Resource Assessment	美国试验卫星数据 DATSAVS	1973—2002	45	国家可再生能源实验室
CNTMY	中国典型气象年	我国地面气象资料数据集和气象辐射资料数据集	1971—2000	194	西安建筑科技大学、香港城市大学
TMY	Typical Meteorological Year	中国气象局	1987—2004	450	《建筑节能气象参数标准》

1.2 计算方法获取

对于挑选 TMY 的计算方法,1977 年,Andersen 等人提出了生成 TMY 的 Danish 方法,1980 年,Lund 等人对此方法加以改进,之后 Festa 和 Ratto 于 1993 年提出了 Festa-Ratto 法,2005 年,由 Miquel 和 Bilbao 开发的 Miquel-Bilbao 方法^[13],适用于除太阳辐射以外的其他气象参数挑选 TMY,2015 年,香港学者将遗传算法用到了确定气象参数的权重值的大小上^[5],从而生成不同气候条件下的

TMY,2017 年,Yusuke Arima 等人提出一种新的天气数据—典型与设计气象年^[14]。国内 TMY 产生方法有 CTYW^[1],是由张晴原、Joe Huang 提出的典型年挑选方法,它通过计算各气象要素的月均值标准偏差,选出 WS 值最小的月份,此外还有清华大学 TMY 的生成方法 CSWD^[15],通过对各气象参数的平均值进行标准化处理,选出加权求和最小的月份。2014 年,我国发布的《建筑节能气象参数标准》中颁布了 450 个台站的 TMY 数据,所采用的数

据来源于中国气象局 686 个基本、基准地面气象观测站 1987—2004 年间的观测数据，利用的是 Filkenstein-Schafer 统计法来生成的 TMY，又称为 Sandia 国家实验室法。

目前，Sandia 国家实验室法是应用最广泛，并且被国际认可的一种生成 TMY 方法，通过对比所选月份的逐年累积分布函数 CDF (Cumulative Distribution Frequency) 与长期累积分布函数的接近程度来确定，按表 2 中选取气象要素和加权因子^[16]，使用 TMY3 选取气象参数权重，增加了一个直接辐射参数，提高了 TMY 辐射数据与长期数据的一致性，然后计算 FS 数据的加权总值最小。FS 数据的加权总值计算方式如式(1)(2)(3)所示，国内外许多学者通过研究这些方法，为没有 TMY 数据的地区选择合适的方法生成当地的 TMY 数据^[17]，并且对影响 TMY 的因子进行优化研究^[18]。

$$FS_x(y,m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |CDF_m(x_i) - CDF_{y,m}(x_i)| \tag{1}$$

$$WS(y,m) = \frac{1}{M} \sum_{x=1}^M WF_x \cdot FS_x(y,m) \tag{2}$$

$$\sum_{x=1}^M WF_x = 1 \tag{3}$$

式中： $FS_x(y,m)$ 为气象参数 x 在 x_i 范围的 $FS(y,m)$ 统计值； y 为年； m 为月； $CDF_{y,m}(x_i)$ 为气象参数 x 在 x_i 范围的 CDF 值； $CDF_m(x_i)$ 为气象参数 x 在月份 m 的 x_i 范围的长期统计 CDF 值； N 为参数值选取个数； M 为气象参数选取的个数； $WS(y,m)$ 为 y 年 m 月的平均加权值； WF_x 为气象参数 x 的加权因子。

表 3 Meteororm 生成 TMY 的计算方法

Tab. 3 The calculation method of meteororm generation TMY

气象参数	模型	方法	假设
太阳辐射	Perez 模型、Aguiar and Collares-Pereira 模型	根据月均值计算得到日均值，通过程序模拟小时变化，得到小时值	辐射数据依据过去资料的平均值，日辐射值则依据每个月的晴空指数，月晴空指数根据月全球辐射和月晴空辐射计算
		1. 根据月温度和日辐射值及实测温度分布，随机生成日温度值。2. 根据日温度值和每日及每月的辐射值，计算每日的最低及最高温度。3. 根据每日的最低和最高温度值以及每小时的辐射值，生成每小时的数值	白天温度变化的幅度与每日全球太阳辐射幅度成正比，夜间温度通过云量变化推断出来
大气温度	Scartezzini 模型		
相对湿度、露点温度	—	相对湿度和露点温度可以通过计算公式由大气温度得出	露点温度的计算受大气温度和相对湿度的影响；相对湿度受夜间云量、降水量的影响
风速	基于日平均辐射模型的日风速模型和独立随机模型	根据当地气候条件下用的日晴空指数和日辐射值通过模型和数据库产生	影响风速的因素分为地形因素和气象因素

表 2 TMY3 选取气象参数的权重

Tab. 2 TMY3 selecting the weight of meteorological parameters

	气象要素	权重因子(TMY3)
干球温度	干球温度日最高值	1/20
	干球温度日最低值	1/20
	干球温度平均值	2/20
相对湿度	相对湿度日最高值	1/20
	相对湿度日最低值	1/20
	相对湿度日平均值	2/20
风	风速日最大值	1/20
	风速日最小值	1/20
太阳辐射	全球太阳辐射	5/20
	直接太阳辐射	5/20

1.3 软件获取

除了直接获取和传统的计算方法获得某个地区的 TMY 数据以外，还可以通过软件来获取代表当地长期气候特征的 TMY 数据资料^[19-21]。在评估建筑节能设计上，需要准确的气象数据，但是并非每个站点都记录了详细的气象数据，所以为了避免计算方法过程的复杂性和不确定性因素，采用软件获取 TMY 数据是可行的。目前，可以生成 TMY 数据的软件有 Meteororm、Weathergenerator、TMY Generation 等，值得关注的是瑞士联邦能源部(Swiss Federal Office of Energy)所开发的气象软件 Meteororm。

Meteororm 通过预设的气候模型和数据库^[22-23]，根据提供当地的地理条件和气象资料，生成月、日、时的气象数据，对于缺失的站点气象数据可以根据最近站点的数据通过插值计算得到，快速地生成不同地区 TMY，表 3 是 Meteororm 生成 TMY 的原理。

2 数据实验

2.1 数据来源

本研究以北京为例,利用相同时间长度 20 a (1991—2010)的气象数据,采用美国 Sandia 国家实验室提出的经验分布函数方法、Meteonorm 进行 TMY 获取. Sandia 方法原始气象数据来源于中国气象局,基准气象站的每日 4 次定时观测分别为 02:00、08:00、14:00、20:00,气象要素包括:温度、相对湿度、大气压、风速风向、总辐射、散射辐射等. Meteonorm 软件气象资料来源于全球能源平衡档案(GEBA)、世界气象组织(WMO)等. 直接数据来源采用的能耗模拟软件 Energyplus 官方提供的气象数据文件^[24],其数据来源于 CSWD、IWEK 和 SWEAR,本文中使用 CSWD 数据. 表 4 所示是三种气象数据的原始数据来源,数据长度.

表 4 获取 TMY 数据的方法概要

Tab. 4 Summary of methods for getting TMY

类型	名称	数据来源	数据长度
直接获取方法	Energyplus 气象数据文件	中国气象局	—
	Sandia	中国气象局	1990—2010
计算方法		全球能源平衡档案、	
软件方法	Meteonorm	世界气象组织、1990—2010	
		瑞士气象局	

2.2 技术路线

采用 Sandia 法挑选出北京台站的气象数据,然后使用 Meteonorm 软件生成的适用能耗模拟的 TMY 数据文件和 Energyplus 官方提供数据进行模拟,对结果进行分析,研究的技术路线如图 1 所示.

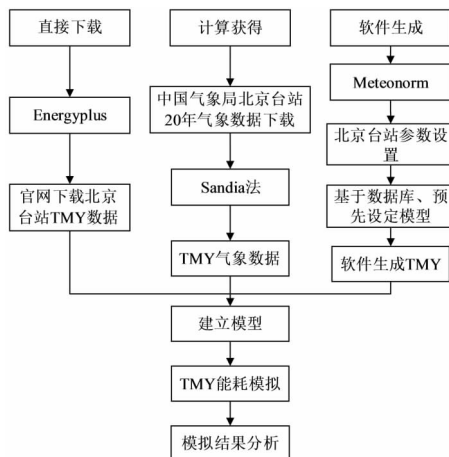
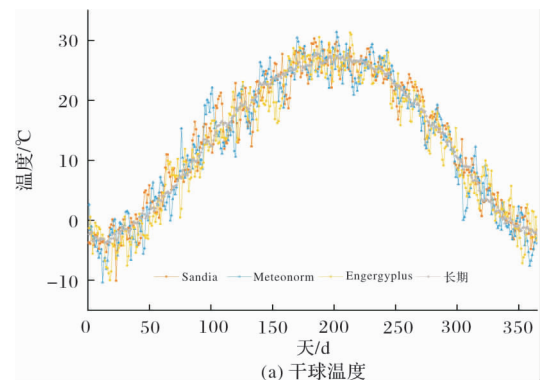


图 1 技术路线

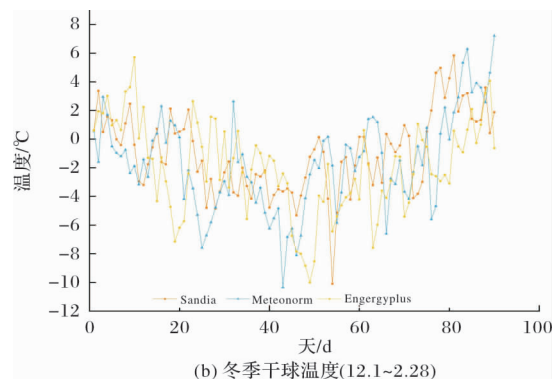
Fig. 1 Technical route

2.3 生成典型气象年数据分析

将 Sandia 法和 Meteonorm 获取 TMY 的结果和 Energyplus 官方提供的北京 TMY 数据进行对比,其中对能耗影响重要的气象参数干球温度、太阳辐射、相对湿度和风速的 TMY 数据的比较情况如图 2 所示. 图 2(a)为三种方法的干球温度的 TMY 数据与长期日均值对比,可以看出,三种方法得到干球温度日值数据与长期日均值相比具有良好的一致性. 图 2(b)、2(c)是冬季(12、1、2 月份)和夏季(6、7、8 月份)干球温度的对比. 将三种方法的太阳辐射数据日值与长期日均值进行对比,如图 2(d)所示,整体变化趋势相似. 图 2(e)、2(f)所示是冬季和夏季太阳辐射的对比,图 2(g)是相对湿度值和长期日均值比较,有个别月份波动较大,但是总体趋势相似. 图 2(h)、2(i)是冬季和夏季的相对湿度的对比,看出太阳辐射和相对湿度无论在夏季还是冬季, Meteonorm 的数据波动变化最小, Meteonorm 的 TMY 结果是长期的历史数据资料计算得到各参数的平均值,因此气象参数结果符合长期变化的规律. 如图 2(j)所示是风速的对比,整体趋势相同,图 2(k)、2(l)所示是冬季和夏季风速的对比,可以看出 Meteonorm 的风速数据波动较大,这是由于 Meteonorm 中,风速不是计算的主要因素,所以没有提供精确的风速数据.



(a) 干球温度



(b) 冬季干球温度(12.1~2.28)

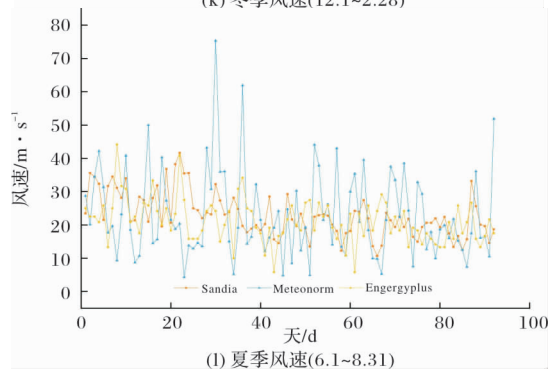
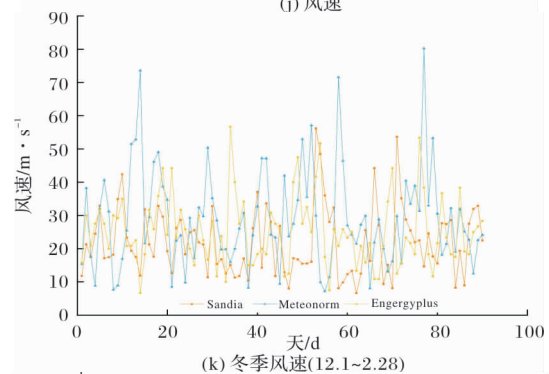
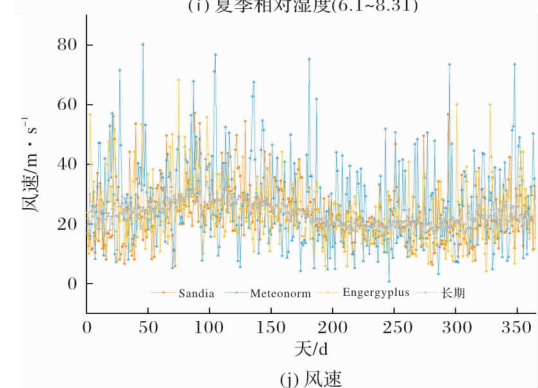
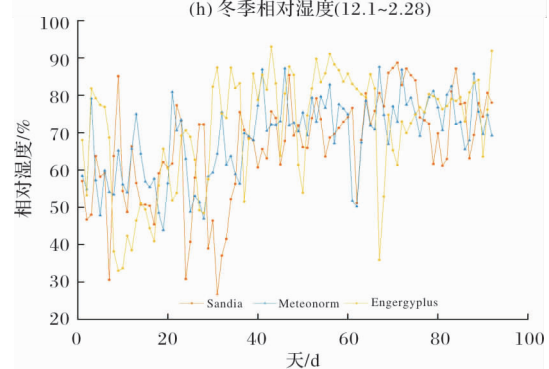
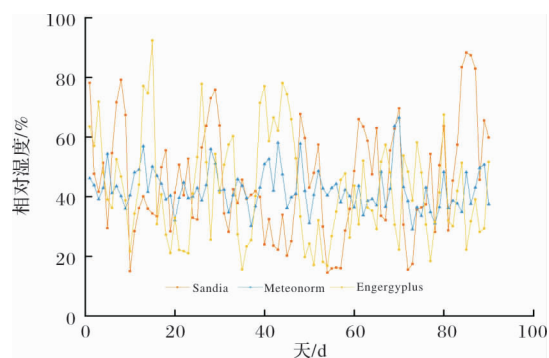
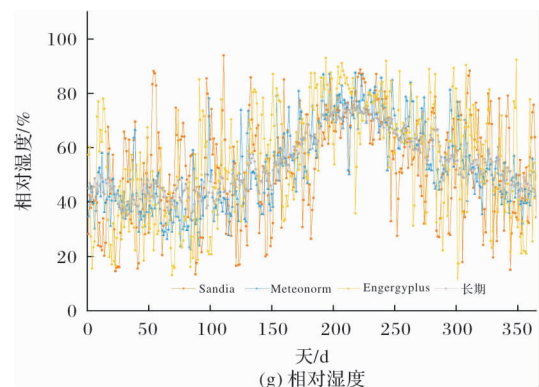
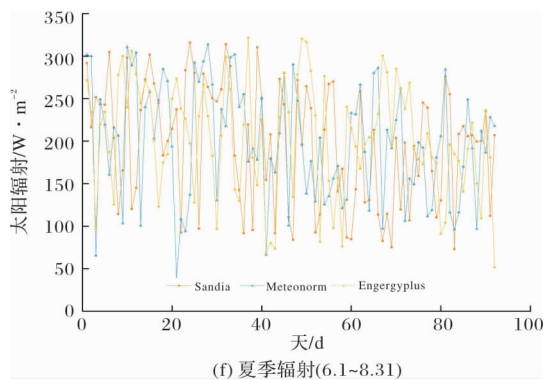
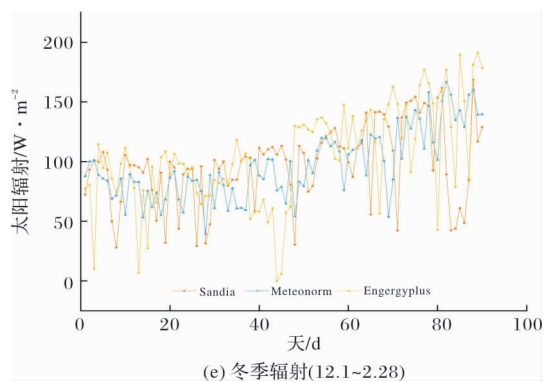
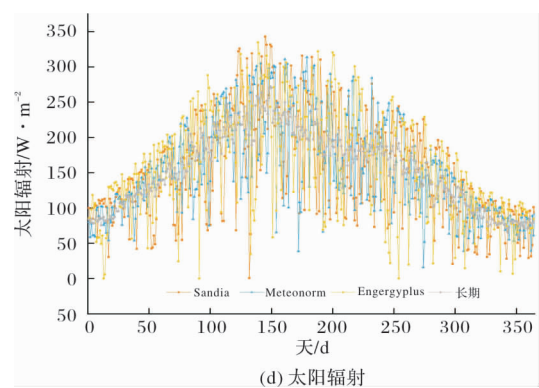
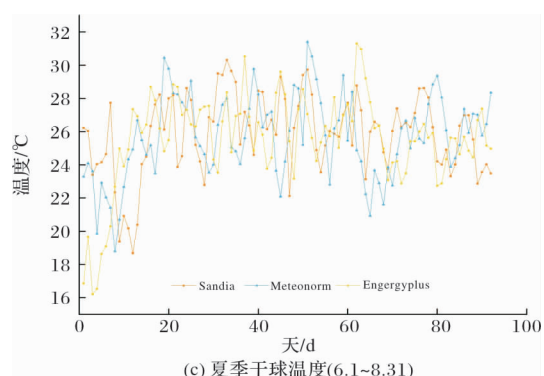


图 2 三种方法获取的 TMY 数据中各气象要素对比
Fig. 2 Comparison of meteorological elements in TMY obtained by three methods

表 5 对比三种方法获取的 TMY 数据与长期值的标准偏差
Tab. 5 Standard deviation from long-term values compared to TMY obtained by three methods

	Sandia	Meteonorm	Energyplus
干球温度	0.81	0.84	0.83
太阳辐射	0.48	0.44	0.48
相对湿度	0.34	0.28	0.38
风速	0.41	0.62	0.04

三种方法获取的 TMY 中干球温度、太阳辐射、相对湿度、风速与其长期日平均值用标准偏差进行比较,如表 5 所示。作为影响建筑能耗的主要气象参数, Sandia 国家实验室法计算的 TMY 数据中干球温度偏差最小, Meteonorm 生成的数据中太阳辐射、相对湿度偏差最小, Energyplus 直接下载的气象数据中风速偏差最小。尽管气象资料即原始气象数据的来源不同,但是生成 TMY 结果的差值非常小,相同参数相差不超过 0.6%。

3 模拟验证

3.1 建筑模型

为了探讨不同方法获取 TMY 结果对建筑能耗模拟的影响程度,对一栋办公楼进行了逐时动态模拟。北京属于建筑热工设计分区里的寒冷地区,建模对象为一栋 12 层办公楼,全空调,建筑面积为 19 200 m²,建筑楼层的平面尺寸为 40 m×40 m,模拟运行时间设定为 7:00—18:00,室内温度设置是 18~26℃,体型系数 0.124,建筑物概况及设备参数详见下表 6。

表 6 模型概况及设备参数

Tab. 6 Model overview and equipment parameters

建筑物类型	办公建筑
工作时间	7:00—18:00
温度设置	18~26℃
窗墙比	0.4
体型系数	0.124
围护结构传热系数/ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	屋面: 0.43、外墙: 0.49 楼板: 0.797、外窗: 2.4
室内人员密度/ $P \cdot m^2$	8
照明强度/ $W \cdot m^2$	9
设备负荷密度/ $W \cdot m^2$	15

3.2 建筑能耗模拟结果及分析

将使用 Sandia 法生成的 TMY 数据以及 Meteonorm 和 Energyplus 软件提供的 TMY 数据转化为模拟所需的 epw 文件后,对同一栋建筑模型进行能耗逐时动态模拟,并对模拟结果进行分析。

三种方法生成的 TMY 数据的能耗模拟结果如图 3,可以看出,对于所选的寒冷地区典型城市北京,在用不同方法获取的 TMY 模拟结果中,制冷

与供暖负荷与长期均值的结果显示,在一年中提供制冷的 4~10 月里, Sandia 法模拟结果的制冷负荷有 5 个月与长期模拟结果的均值一致, Meteonorm 结果有 4 个月是一致的, Energyplus 也有 5 个月一致,实际上,只有个别月份的结果会出现较小的偏差,其余月份基本一致。

TMY 实际上是由不同年份里的真实月组成, TMY 数据具有当地气象特征,挑选方法的不同自然会导致生成的 TMY 结果不同,因此,模拟结果也会存在一定偏差,表 7 是不同方法生成的 TMY 与长期模拟结果均值的相对标准偏差,相同负荷的偏差在 0.01%~0.08% 范围内。可以看出,采用 Energyplus 下载的数据和 Meteonorm 生成的 TMY 数据,在供暖季或制冷季出现负荷偏大的现象,气象要素是影响建筑热环境的重要因素,通过比较供暖季(11~3 月)、制冷季(4~10 月)的负荷和气象数据,得出相关关系。季节里的干球温度与负荷比较如图 4,供暖季、制冷季的干球温度与负荷的相关系数分别为 0.88 与 0.98,说明干球温度与负荷有很大的相关关系。从表 5 可以看出, Energyplus 直接下载的数据和 Meteonorm 生成的数据中干球温度数据误差较大,因此,干球温度是影响负荷大小的重要因素。对于北京地区,本文中提到的几种 TMY 数据的获取方法具有一定参考价值。

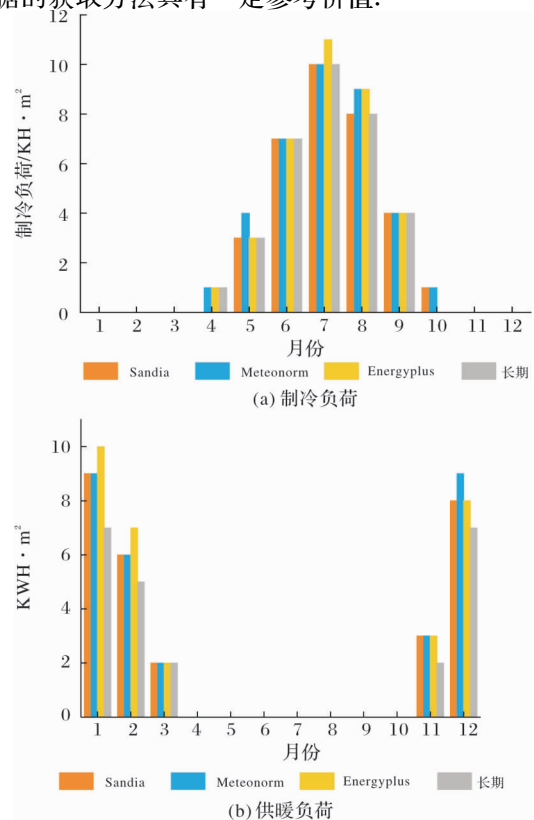


图 3 能耗对比结果

Fig. 3 Energy consumption comparison results

表 7 对比三种方法生成 TMY 能耗模拟的标准偏差

Tab. 7 Compare the standard deviation of the three methods to generate TMY energy consumption simulation

地区	北京		
	Sandia	Meteonorm	Energyplus
供暖负荷/%	1.88	1.87	1.95
制冷负荷/%	1.29	1.35	1.35

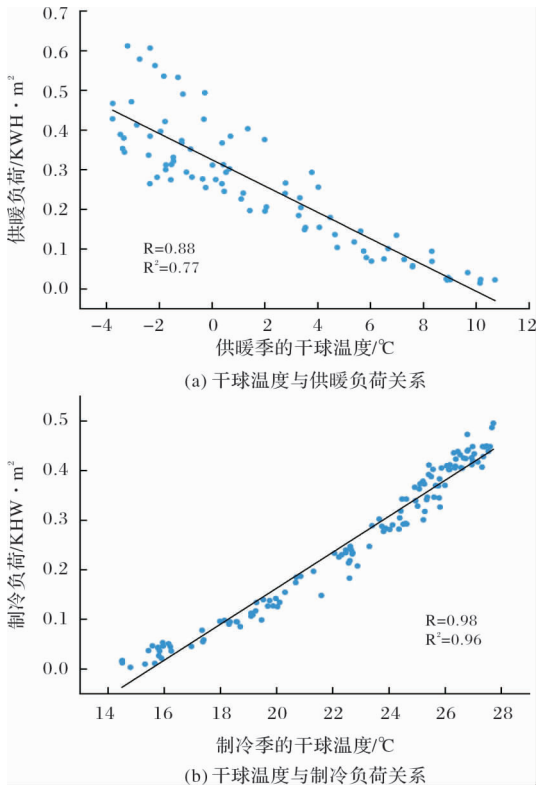


图 4 干球温度与负荷的相关关系

Fig. 4 Correlation between dry bulb temperature and load

4 结论

本文对建筑节能分析用 TMY 数据的获取方法进行了探讨，梳理了直接下载、计算获得和软件生成 TMY 数据的步骤，并对比了北京典型建筑能耗用不同方法生成的 TMY 的模拟结果，分析了当数据来源不同时，对能耗模拟产生的影响，结果表明：

(1)不同方法获得的 TMY 数据，整体变化趋势相似，与长期均值有较好的一致性，存在的偏差很小。

(2)软件生成的 TMY 数据是基于预先设定的算法和模型，计算气象参数结果符合长期变化规律，直接获取的 TMY 数据也接近长期平均值。

(3)直接下载、计算得到和软件生成的 TMY 数据的能耗模拟结果十分相近，与长期模拟结果平均值的误差都在可以接受范围内。因此，提到的方

法在未来都可以作为 TMY 数据的获取途径。TMY 数据可以准确预测建筑能源情况，同时，对评估建筑节能设计起着重要作用，随着气候的变化，数据也会不断更新，除了可以通过计算方法或直接获取 TMY 数据，利用软件获取 TMY 也是值得借鉴的方法，其生成数据的准确性与传统方法获得的结果基本一致，甚至还提高了工作效率，能够快速地获取任意位置的气象数据，给我国建筑能耗模拟用 TMY 的研究工作带来积极的作用。

参考文献 References

[1] 张晴原,Joe Huang. 中国建筑用标准气象数据手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
ZHANG Q Y, HUANG J. China building standard meteorological data manual[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2012.

[2] 李红莲,杨柳,于军琪,等. 建筑能耗模拟用典型气象年产生方法的研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015,47(2):267-271.
LI Honglian, YANG Liu, YU Junqi, et al. Research on the method of generate TMY for building energy consumption simulation[J]. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2015,47(2):267-271.

[3] 李红莲,杨柳,于军琪,等. 建筑能耗模拟典型年中气象参数权重的确定[J]. 土木建筑与环境工程,2015,37(1):23-28.
LI Honglian, YANG Liu, YU Junqi, et al. Determination of the weighing values of meteorological parameters in TMY of building energy consumption simulation[J]. Architectural & Environmental Engineering, 2015,37(1):23-28.

[4] 李红莲,杨柳. 不同典型气象年生成方法对建筑能耗的影响[J]. 暖通空调, 2015,45(9):59-63.
LI Honglian, YANG Liu. Effect of several methods for generating typical meteorological year on building energy consumption[J]. HV&AC, 2015,45(9):59-63.

[5] CHAN A L S. Generation of typical meteorological years using genetic algorithm for different energy systems[J]. Renewable Energy, 2015,90:1-13.

[6] 李红莲,杨柳,侯立强,等. 建筑能耗模拟用典型年气象参数的选取方法[J]. 太阳能学报, 2016, 37(9): 2408-2414.
LI Honglian, YANG Liu, HOU Liqiang, et al. Selection method of meteorological parameters of TMY for building energy consumption simulation[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2016,37(9):2408-2414.

[7] 杨柳,李红莲. 建筑能耗用气象数据研究[J]. 暖通空调, 2017,47(3):23-33.

- YANG Liu, LI Honglian. Study on meteorological data for building energy consumption simulation [J]. HV&AC, 2017, 47(3):23-33.
- [8] LIU Dalong, WANG Wenqin, LIU Jiaping. Sensitivity analysis of meteorological parameters wenqin on building energy consumption[J]. ScienceDirect, 2017, 132: 634-639.
- [9] 侯立强,杨柳,李红莲,等. 气象参数对成都地区办公建筑能耗的影响及预测[J]. 土木建筑与环境工程, 2017, 39(4):56-62.
- HOU Liqiang, YANG Liu, LI Honglian, et al. Influence of meteorological parameters on building energy consumption[J]. Architectural & Environmental Engineering, 2017, 39(4):56-62.
- [10] CUI Ying, YAN Da, HONG Tianzhen, et al. Comparison of typical year and multiyear building simulations using a 55-year actual weather data set from China. [J]. Applied Energy, 2017, 195(2017):890-904.
- [11] 熊明明,李明财,李骥,等. 气候变化对典型气象年数据的影响及能耗评估—以中国北方大城市天津为例[J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(5):494-501.
- XIONG Mingming, LI Mingcai, LI Ji, et al. Climate change impacts on typical meteorological year and energy consumption for buildings in Tianjin: A large city in Northern China[J]. Advances in Climate Change Research, 2017, 13(5):494-501.
- [12] 王华. 南海地区典型气象年生成方法对比研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2018.
- WANG Hua. Study on typical meteorological year generation method in South China Sea[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech., 2018.
- [13] MIGUEL A D, BILBAO J. Test reference year generation from meteorological and simulated solar radiation data[J]. Solar Energy, 2005, 78(6):695-703.
- [14] Yusuke Arima, Ryoza Ooka, Hideki Kikumoto. Proposal of typical and design weather year for building energy simulation[J]. Energy and Buildings, 2017, 139 (2017):517-524.
- [15] 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.
- Meteorological Data Room of Meteorological Information Center, China Meteorological Administration, Department of Building Technology and Science, Tsinghua University. China building thermal environment analysis special meteorological data set [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2005.
- [16] WILCOX S, MARION W. Users manual for TMY3 data sets [M]. National Renewable Energy Laboratory, 2008.
- [17] Serpil Yilmaz, Ismail Ekmekci. The generation of typical meteorological year and climatic database of Turkey for the energy analysis of buildings[C]. Journal of Environmental Science and Engineering: A, 2017, 6:370-376.
- [18] Giacomo Chiesa, Mario Grosso. The influence of different hourly typical meteorological years on dynamic simulation of buildings [J]. ScienceDirect, 2015, 78: 2560-2565.
- [19] TSOKA S, TOLIKA K, THEODOSIOU T, et al. A method to account for the urban microclimate on the creation of 'typical weather year' datasets for building energy simulation, using stochastically generated data [J]. Energy and Buildings, 2018, 165:270-283.
- [20] Abdulsalam Ebrahimpour, Mehdi Maerefat. A method for typical meteorological year[J]. Energy Conversion and Management, 2019, 51:410-417.
- [21] Stella Tsoka, Kostantia Tolika, Theodoros Theodosiou, et al.. Evaluation of stochastically generated weather datasets for building energy simulation[J]. ScienceDirect, 2017, 122:853-858.
- [22] Meteotest, Meteororm, Global Meteorological Database Version 7.1, Handbook Part I, 2015[M]. [https://www.meteororm.com/].
- [23] 肖凤,余庄. 数值模拟气象资料在建筑能耗计算中的应用[J]. 华中建筑, 2003(21):69-70.
- XIAO Feng, YU Zhuang. The applications of weather simulation in calculation of building energy consumption[J]. Huazhong Architecture, 2003(21):69-70.
- [24] United States Department of Energy, EnergyPlus Energy Simulation Software. EnergyPlus [M]. [http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus, 2016].

(编辑 沈波)