

TMY2 与随机气象模型的准确性*

西华大学 苏 华[☆]

重庆大学 田胜元

西华大学 王 靖 李太富 杨开明

摘要 考察了成都和重庆的 TMY2 数据的准确性,发现温度数据比较准确,但辐射数据的准确性差。利用随机气象模型对成都和重庆的气象资料进行了模拟,所得的温度和辐射数据的准确性均较好。

关键词 随机气象模型 建筑能耗分析 模拟

Accuracy of TMY2 and stochastic climatic model

By Su Hua[★], Tian Shengyuan, Wang Jing, Li Taifu and Yang Kaiming

Abstract Studies the accuracy of TMY2 of Chengdu and Chongqing. The results indicate that the temperature data are accurate to some degree while the solar radiation data are not satisfactory. Simulates the meteorologic data of Chengdu and Chongqing using a stochastic climatic model. Both the temperature data and solar radiation date are quite satisfactory.

Keywords stochastic climatic model, building energy analysis, simulation

★ Xihua University, Chengdu, China

①

0 引言

建筑动态能耗分析在我国建筑节能标准编制^[1]、某些重要工程设计(参见江亿的《建筑能耗模拟讨论报告》)中都已经得到应用。目前动态能耗分析软件有美国的 DOE 和国内清华大学开发的 DeST 等。动态能耗计算软件需要有代表性的全年逐时气象数据作为基本输入量。欧美通常采用参考年 TRY、典型年 TMY/TMY2、能量年 WYEC/WYEC2 数据^[2];日本开发了标准年数据;中国也进行了标准年数据的研究^[3]。国内外一些学者还建立了随机气象模型模拟产生动态能耗分析所需要的气象数据^[4~6]。

由于种种原因,我国自主开发的气象资料远远不能满足科研或工程应用的需要,甚至在编制我国的建筑节能标准时要由美国的研究机构提供 TMY2 数据^[1]。

笔者把成都及重庆两个城市的 TMY2 数据与原始观测记录进行了比较,发现其温度数据的准确性可以接受,但辐射数据的准确性差。因此自主开

发我国的典型气象资料是非常必要的。同时分析随机气象仿真模型 suSim^[5]的模拟结果,发现所得的温度和辐射数据的准确性都很好,特别是在辐射方面明显优于目前能得到的 TMY2 数据。

1 TMY2 数据的准确性

最初用于建筑能耗分析的全年逐时气象数据是参考年 TRY 数据。参考年逐时气象资料包括干球温度、湿球温度、露点温度、风向、风速、大气压、总云量,以及四层层云逐层云的云量、云类和云高等。TRY 是排除了极端情况的某一比较“温和”的实际年。缺点是不包括太阳辐射数据。

为了克服 TRY 缺少辐射数据的缺点,美国气象数据中心(NCDC)和 Sandia 国家实验室(SNL)开发了典型年 TMY 数据。除了 TRY 包含的数据外,TMY 还包含辐射数据。其原始资料是 1954—

①☆ 苏华,男,1969 年 2 月生,博士研究生,工学博士,副教授
610039 成都西华大学能源与环境工程系
(028) 87726100
E-mail:cq_suhua@163.com

收稿日期:2003-05-26

修回日期:2003-10-26

* 西华大学人才引进项目资助(项目编号:0324030)

1972 年的气象资料。它采用统计方法选出典型月,然后由典型月构成典型年。作为选择判据的 9 项指标是:总辐射,干球温度和露点温度的极大值、极小值和平均值,风速的极大值和极小值。北美最新的典型年数据 TMY2(1995)是根据 1961—1990 年的数据更新的^[2]。

出于不断加强其在全球 HVAC 领域领头羊地位的考虑,ASHRAE 资助了对欧美以外的国家或地区 TMY2 数据的研究工作。中国的 TMY2 是根据 1982—1997 年的原始数据构成的,原始数据来源不同,有气象站或机场地面观测数据,也有卫

星遥感数据。在构成 TMY2 数据时,只对欧美城市的数据作了严格的质量控制,而对中国等国家的数据质量控制不严,因而其提供的中国 TMY2 数据的可靠性还有待验证。

影响空调负荷的 3 个主要因素是气温、辐射和湿度。笔者考察了成都和重庆两个城市 TMY2 中气温、辐射数据的准确性。作为比较标准的原始气象数据是由中央气象局提供的 1991—2000 年的地面观测值(气温每天 4 次定时值以及最高、最低值,水汽压每天 4 次定时值,总辐射逐时观测值)。比较结果如表 1 所示。

表 1 成都、重庆气温、总辐射月均值

月份	成 都						重 庆					
	气 温			辐 射			气 温			辐 射		
	观测/℃	TMY2/℃	相对误差 /%	观测/ (10kJ/ (m ² ·d))	TMY2/ (10kJ/ (m ² ·d))	相对误差 /%	观测/℃	TMY2/℃	相对误差 /%	观测/ (10kJ/ (m ² ·d))	TMY2/ (10kJ/ (m ² ·d))	相对误差 /%
1	5.60	6.06	8.2	544	342	-37.1	7.65	8.44	10.3	350	338	-3.4
2	7.84	7.94	1.3	645	480	-25.6	9.75	10.39	6.6	473	396	-16.3
3	11.35	11.44	0.8	940	706	-24.9	13.29	14	5.3	699	683	-2.3
4	17.23	16.39	-4.9	1 227	957	-22.0	18.87	19.17	1.6	1 071	904	-15.5
5	21.23	21.33	0.5	1 376	1 227	-10.8	22.40	23.28	3.9	1 161	1 099	-5.4
6	24.14	23.89	-1.0	1 433	1 026	-28.4	25.27	25.5	0.9	1 231	1 035	-16.0
7	25.51	24.83	-2.7	1 447	850	-41.3	28.02	28.33	1.1	1 547	1 264	-18.3
8	25.34	25.00	-1.3	1 413	977	-30.9	28.59	29.06	1.6	1 542	1 265	-17.9
9	21.74	21.22	-2.4	970	673	-30.6	23.89	24.39	2.1	1 039	824	-20.7
10	16.86	16.39	-2.8	719	536	-25.4	18.43	18.94	2.8	587	451	-23.2
11	12.61	12.44	-1.3	588	446	-24.1	14.36	14.11	-1.7	478	348	-27.3
12	7.53	7.78	3.3	480	351	-26.9	9.40	9.33	-0.7	286	200	-30.0

从表 1 可以看出,TMY2 的气温数据比较准确。成都 1 月份月均气温相对误差最大,为 8.2%,其他月份小于 5%;重庆也是 1 月份月均气温相对误差最大,为 10.3%,其他月份小于 7%。

但是 TMY2 月均日总辐射数据的误差太大。成都 TMY2 辐射数据普遍偏低,除 5 月份的相对误差为-10.8%外,其余月份相对误差绝对值都在 22%以上,最大至 41.3%(7 月份);重庆的 TMY2 辐射数据同样普遍偏低,只有 3 个月的相对误差绝对值小于 10%,其余月份相对误差绝对值都在 15%以上,最大至 30%。

“典型年”要求“典型月”参数的统计特征与长期(10~30 年)统计特征接近,在辐射方面,TMY2 这么大的误差显然超出了工程应用能够接受的范围,普遍偏低说明其构成方法存在系统误差。因此在采用时必须慎重。造成误差的具体原因不清楚,但笔者认为可能包括以下因素:一是原始资料不准确;二是统计构成方法本身的问题。选取“典型月”

时,采用了一组权系数来考虑气象参数在空调负荷计算中的重要程度,而这组权系数的确定具有主观性,难免顾此失彼。对温度考虑得周全,对辐射难免粗略。不管是哪方面的原因,都表明自主开发我国的典型年气象资料的必要性。

2 随机气象模型的准确性

能耗分析用气象资料除了参考年 TRY、典型年 TMY 等统计构成外,还有一类方法就是随机模型^[4~6]。以上统计方法都是针对某些建筑类型得出的。随机气象模型仅建立在气象过程本身的规律上,与建筑类型无关,也不考虑某个气象参数对空调负荷的重要程度,因而理论上比参考年、典型年等更具代表性,适用性更广。

国内气象模拟仿真方面最早的成果是江亿教授建立的整套逐日、逐时参数模型^[4]。其中逐日参数的确定性部分用月均值表示,随机部分用多维 AR 模型描述。

笔者也尝试建立了仿真逐日参数和逐时参数

的全套模型,并编制了模拟程序 suSim^[5]。在该模型中,逐日参数确定性部分用傅里叶级数表示,随机部分用 ARX 模型描述。ARX 模型以太阳总辐射作为输入,温湿度参数作为输出,这符合物理事实,因为大气中的一切运动最终都可归于太阳辐射。ARX 模型能更好地保持参数之间的互相关,一步预报误差也较小^[5]。太阳辐射本身可以单独建立 AR 模型来描述^[5,7]。

仿真模型对成都的一次模拟结果与 TMY2 的结果比较见图 1 和图 2。可以看出,仿真模型模拟

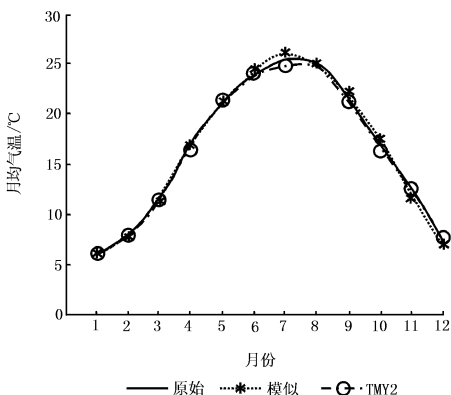


图 1 成都月均气温比较

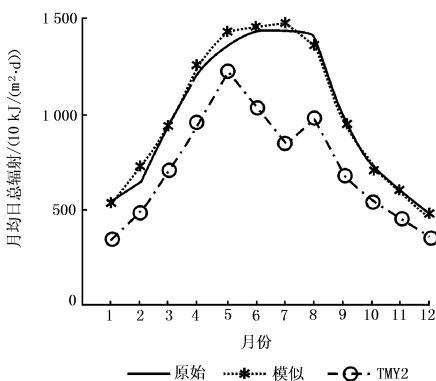


图 2 成都月均日总辐射比较

结果不管是月均气温还是日总辐射都与实际值吻合得较好。月均气温的最大相对误差为 9.7% (1 月份); 月均日总辐射的最大相对误差为 12.9% (2 月份)。

重庆有类似的结果,为节约篇幅,不给出图示。月均气温的最大相对误差仅为 -6.1% (11 月份); 月均日总辐射的最大相对误差为 8.4% (10 月份)。

总之,随机气象模型的模拟结果是满意的,特别是辐射数据的准确性比目前可得到的 TMY2 好得多。目前能得到的 TMY2 数据的缺陷如果源于原始资料的不准确,那么可通过更新原始资料来改进; 如果其缺陷源于方法本身,则只有另起炉灶。

3 讨论

笔者从气象数据本身的统计值出发,对

TMY2、随机气象模型的准确性进行了比较,发现 TMY2 的辐射数据存在较大误差,这种误差对建筑能耗分析的影响还有待继续研究。不同类型建筑的能耗对气象参数的敏感性是有差别的,因此可以预见辐射数据的误差所造成的能耗估计的误差水平将因建筑类型而异。即使目前的 TMY2 的辐射数据误差在某些对辐射不敏感的建筑上造成的能耗估计误差可能不大,但为了使气象资料适用于尽可能多的建筑类型,甚至适用于太阳能系统的设计分析,提高辐射数据的准确性也是必要而有意义的。随机气象模型可以用于所有建筑和太阳能系统,因为随机气象模型的建立过程不与任何特定的能量系统发生关系。

本文没有比较散射的误差,但可以指出的是 TMY2 的散射是基于总辐射计算的,因此其散射误差更大。而笔者建立的基于总辐射的散射分离模型能比较准确地保证散射的统计特征,成都月均日散射相对误差不大于 5%,重庆月均日散射相对误差不大于 6%^[5,8]。

4 结论

4.1 美国提供的 TMY2 温度数据的准确性可以接受,但辐射数据的准确性差。因此自主开发我国的典型年气象资料是非常必要的。

4.2 随机气象模型的模拟结果在月均气温和月均日总辐射方面与观测值吻合很好。特别是在辐射方面,随机气象模型比目前可得到的 TMY2 更有代表性。

参考文献

- 1 JGJ 134-2001 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准
- 2 Brury B. Which weather data should you use for energy simulations of commercial buildings. In: ASHRAE Trans. 1998, 104(2). 499-515
- 3 田胜元,李百战. 空调动态负荷计算用气象资料构成方法研究. 重庆建筑工程学院学报, 1986, 8(6): 54-58
- 4 江亿. 空调负荷计算用随机气象模型. 制冷学报, 1981, 3(3): 45-55
- 5 苏华. 建筑物动态能耗分析用气象仿真模型研究: [博士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2002
- 6 van Passen AHC, Luo Q X. Weather data generator to study climate change on building. Building Service, Engineering, Research, Technology, 2002, 23(4): 251-258
- 7 苏华, 苏芬仙, 田胜元. 水平面上日总辐射组合模型. 太阳能学报, 2002, 23(4): 514-519
- 8 苏华, 田胜元, 苏芬仙. 空调系统能耗分析用散射分离模型. 重庆大学学报, 2002, 25(8): 73-76