

间歇采暖室外计算温度取值方法讨论

刘艳峰, 杨黎黎, 王登甲

(西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安, 710055)

摘要:通过分析现有连续采暖室外计算温度取值方法, 结合间歇采暖室外间断性气象数据与连续采暖的数据源差异, 提出数种从原则上适用于间歇采暖室外计算温度的统计方法. 分别对各方法进行分析, 排除不合理的, 指出不当之处; 最终得到三种合理的间歇采暖室外计算温度取值方法, 并提出各方法适用条件. 利用所得方法, 对我国主要城市不同间歇运行模式的采暖室外计算温度进行取值分析. 研究结果表明: 大部分城市间歇运行建筑的采暖室外计算温度能提高 $2\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

关键词: 间歇采暖; 采暖室外计算温度; 不保证率; 取值方法

中图分类号: TU241.4

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2017)04-0536-06

The discussion of value methods used in the outdoor calculated temperature of intermittent heating

LIU Yanfeng, YANG Lili, WANG Dengjia

(School of Environmental & Municipal Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: By analyzing the statistical method of the outdoor calculated temperature for continuous heating, according to the data source differences between continuous and intermittent heating, the paper put forward several value methods for outdoor calculated temperature of intermittent heating in principle. Each method was analyzed, the unreasonable ones were eliminated and their reasons were given; then three reasonable methods applicable to the outdoor calculated temperature for intermittent heating were got, and their equivalent types were also put forward; Based on the method, the outdoor heating temperature of different intermittent operation modes for major cities in China was analyzed. The results showed that the outdoor heating temperature can be increased by $2\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ in most cities.

Key words: intermittent heating; heating outdoor calculated temperature; not guarantee rate; value method

一般来说, 讨论室外计算温度的目的主要是针对建筑设计负荷而言. 采暖室外计算温度在建筑热负荷计算、设备选型中至关重要. 就目前来说, 针对间歇采暖的负荷计算方法是对连续采暖热负荷进行间歇附加修正, 其供暖热负荷应对围护结构耗热量进行间歇附加, 附加率应根据保证室温的时间和预热时间等因素通过计算确定. 此方法计算简单, 但所得到的间歇采暖热负荷值并不准确, 并且不能体现出各间歇运行建筑的特点, 而对于具有偶然性、随机性间歇运行建筑而言, 此方法可用于估算采暖设计热负荷. 为了得到准确的间歇采暖热负荷值, 应重新确定间歇采暖室外计算温度, 以便为工程设计所用.

我国目前采用的根据“历年平均不保证五天的日平均温度”来确定采暖期设计温度的方法, 来源于俄罗斯. 我国的工程技术人员, 根据这一原则和我国的气象条件, 得出了我国各城市的采暖设计温度, 用于采暖设计, 此方法主要针对连续采暖系统而言. 但大部分建筑, 如办公楼、住宅、超市等, 一天仅有部分时段使用, 对于这些使用时间具有规律性的间歇运行建筑, 尽管可在连续采暖系统的基础上进行间歇调控, 可从本质上并没有解决间歇采暖的参数取值问题, 在采暖设计时若仍采用规范中规定的连续采暖室外计算温度值, 势必会造成资源浪费, 且导致室内热不舒适. 因此, 对于有明确间歇规律的采暖建筑,

收稿日期: 2016-04-06

修改稿日期: 2017-07-15

基金项目: 国家自然科学基金(51408462, 51378411); 陕西省重点科技创新团队(2014KCTK-01); 教育部博士点专项基金(20136120120003)

第一作者: 刘艳峰(1971—)男, 教授, 博士生导师, 主要从事可再生资源利用与建筑节能、建筑设备及环境调控技术等方面的研究.

E-mail: liuyanfeng@xauat.edu.cn

应确定合理的室外计算温度统计方法。

近些年,关于采暖室外计算参数的准确选取开展了诸多研究,Robert E. L. 等^[3]研究表明为了更加符合气候变化的现状,应采用较短统计年限来确定室外计算参数,天津大学学者^[4]通过研究确定了室外各参数的最优统计时长;江亿等^[5]建议在热负荷计算中使用采暖室外综合温度。何大四^[6]依据插值法建立了新的采暖室外参数计算方法,方便了气象站点未被覆盖的地区;王敏、徐伟^[7]介绍了各国室外计算参数的确定方法,分析了气象数据的变化规律;其他学者^[8]根据建筑功能、热工情况对采暖室外计算参数的取值进行了修正。但上述研究仅适用于连续运行的采暖建筑,对于间歇运行建筑的采暖室外计算温度研究较少,仅有刘艳峰等^[9]对间歇采暖室外计算温度的取值问题进行了初步探讨。

据上所述,本文分析连续采暖室外计算温度的影响因素,根据连续采暖与间歇采暖的室外气象数据源差异,给出多种间歇采暖室外计算温度的统计方法。但是每种方法都合理吗?不合理的原因是什么?哪些方法更加适用于间歇采暖室外计算温度的统计?这些方法适用于什么建筑?上述问题在本文都将进行一一研究。

1 统计方法

我国连续采暖室外计算温度是根据“历年平均不保证五天的日平均温度”^[1-2]统计得到的,其中“历年”、“不保证五天”、“日平均温度”分别代表统计年限、不保证率、统计单位。间歇采暖和连续采暖的采暖时段不同,导致室外气象数据源不同,但决定其取值的主要因素还是统计年限、统计单位和不保证率。基于此,得到以下四种取值方法。

(1)根据间歇采暖不保证率不变的原则,以间歇采暖不保证小时率对应连续采暖不保证天数率,获得间歇采暖不保证小时数 x_h ,在间歇采暖室外间断性逐时温度中,依据间歇采暖不保证小时数得到最终值。

$$\frac{N}{N_1} = \frac{x_h}{H_2} \quad (1)$$

式中: N 为连续采暖不保证天数; N_1 为连续采暖总天数; H_2 间歇采暖总小时数。

(2)将间歇采暖小时数换算为天数(如每天采暖12 h,则记为 $\frac{1}{2}$ d),以间歇采暖不保证天数率对应连续采暖不保证天数率,获得间歇采暖不保证天数 x_d ,在连续采暖室外日平均温度中,依据间歇采暖不保证天数获得最终值。

$$\frac{N}{N_1} = \frac{x_d}{N_2} \quad (2)$$

式中: N_2 为间歇采暖总天数;

(3)首先按照方法2得到间歇采暖不保证天数 x_d ,而后利用间歇采暖使用时段室外温度,重新计算室外日平均温度,在此数据中,依据间歇采暖不保证天数获得最终值。

(4)首先通过软件模拟获得连续采暖室内不保证率,然后以间歇时段对应连续采暖室内不保证时段,获得间歇采暖室内不保证率,而后根据间歇采暖室内与室外不保证率比值不变的原则,得到间歇采暖室外不保证天数 x_d ,再在连续采暖室外日平均温度中,依据间歇采暖不保证天数获得最终值。

$$\frac{N}{P_1} = \frac{x_d}{P_2} \quad (3)$$

式中: P_1 为连续采暖室内不保证率; P_2 为间歇采暖室内不保证率。

以上四种方法的思路都源于连续采暖室外计算温度统计方法,看似合理,但大多都存在不恰当的地方。方法1忽略了在采暖室外计算温度的取值问题上无法用不保证小时数对应不保证天数,由于一天内的温度是波动的,不保证5 d和不保证120 h所得的统计值是不同的。方法2中间歇采暖的采暖期天数发生了变化,使得间歇采暖室外计算温度值低于连续采暖室外计算温度,不合常理。方法3中“日平均温度”和“不保证天数”均发生变化,相互交叉影响,致使采暖室外计算温度值无规律性,也不合理。方法4中由于建筑热惰性的原因,加之统计数据源为典型年气象数据,导致连续采暖室内不保证小时数很少,因此无法得到准确的间歇采暖室内不保证率。如果有足够多的室外气象数据,那么这种方法可以一试。

根据以上四种方法的思路,基于连续采暖室外计算温度统计方法,经过深入分析,获得以下三种合理的统计方法,见表1。

表 1 间歇采暖室外计算温度取值方法

Tab. 1 value methods used in the outdoor calculated temperature for intermittent heating

思路	步骤	公式
方法一 基于暖通设计规范中“历年平均不保证五天的日平均温度” ^[1-2] , 改变日平均温度, 不改变不保证天数.	(1)剔除间歇采暖的间歇时段温度值. (2)按照间歇采暖建筑的使用时段, 重新计算采暖期日平均温度. (2)在新的日平均温度数据中, 得到不保证五天的值即为最终值.	
方法二 以间歇采暖不保证小时率对应连续采暖不保证小时率.	(1)以规范值为标准, 确定连续采暖不保证小时数. (2)按照式(4)算得间歇采暖不保证小时数 x . (3)剔除间歇时段, 在采暖时段截取逐时温度值, 统计得到不保证 x 小时的值即为最终值.	$\frac{H}{H_1} = \frac{x}{H_2} \quad (4)$ <p>式中: H 为连续采暖不保证小时数; H_1 为连续采暖总小时数; H_2 为间歇采暖总小时数.</p>
方法三 典型年气象数据削弱了极端温度, 导致利用典型年数据算得的间歇采暖日平均温度有误差, 连续采暖日平均温度也有误差, 两者相减就消除了典型年数据引起的误差, 所得值仅为间歇与连续采暖的差异, 再将此值与 30 a 统计得到的规范值相加, 即可认为是 30 a 气象数据统计得到的间歇采暖室外计算温度.	(1)剔除间歇时段温度值. (2)按照间歇采暖建筑的使用时段, 重新计算典型年采暖期日平均温度. (3)计算典型年内间歇与连续采暖日平均温度的差值平均值 Δt . (3)30 a 统计得到的规范值 $t + \Delta t$ 即为最终统计值.	

2 方法应用

根据建筑设计标准^[10-11]对我国气候分区的划分, 在各气候区中选择以下主要城市进行取值分析, 其中寒冷 B 区: 西安、北京、天津、济南、徐州; 寒冷 A 区: 兰州、拉萨、大连; 严寒地区: 西宁、沈阳、长春、乌鲁木齐、哈尔滨.

统计计算所用气象数据源于中国建筑热环境分析专用气象数据集^[12], 数据源为 1971—2003 年气象数据. 我国现行规范中, 室外计算参数的统计年份多取 30 a^[1], 且以日平均温度为统计单位, 但间歇采暖室外计算温度的确定需要逐时气象数据. 因此, 本文选择典型气象年的逐时数据作为统计间歇采暖室外计算温度的统计单位, 并且对 30 a 和典型年统计所得采暖室外计算温度进行对比, 发现两者差异并不大, 见图 1, 更加可以证明选择典型年数据的可靠性.

2.1 间歇采暖建筑的使用模式分类

依据间歇运行建筑使用时段的不同, 将其分为三种模式: 模式一(昼间供暖, 夜间停暖); 模式二(昼间停暖, 夜间供暖); 模式三(昼夜间部分时段供暖). 通过大量统计调查, 结合课题研究重

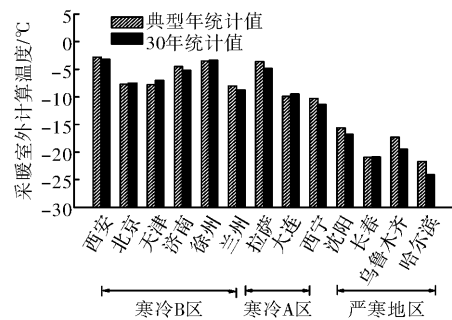


图 1 典型年与 30 年统计所得采暖室外计算温度

Fig. 1 Statistics for the outdoor calculated temperature of heating from typical years and 30 years

点, 获得不同模式下间歇采暖建筑的大致运行规律, 见表 2.

其中, 对于模式二而言, 大多认为利用规范值所设计的采暖系统已基本解决了连续采暖时出现的所有极端温度, 因此其采暖室外计算温度应选用规范值. 但之所以要分析这一模式, 是因为昼间建筑热惰性的作用才会使得连续采暖时夜间能保持室内热舒适, 昼间储存在围护结构中的热量在夜间散入室内, 如果没有昼间热惰性的响应, 将需要更多热量保证夜间室内热舒适, 因此要重新统计此模式下的采暖室外计算温度.

表 2 间歇采暖建筑的大致使用规律

Tab. 2 The general using rule of intermittent heating buildings

模式类型	模式一	模式二	模式三
代表建筑	办公楼	住宅建筑	商场
运行时段	08: 00—18: 00	18: 00—次日 08: 00	10: 00—22: 00
供暖时长 /h	10	14	12
间歇时长 /h	14	10	12

2.2 统计结果 气候区城市不同间歇模式的采暖室外计算温度值，根据上文提到的三种方法，统计计算得到各 见表 3。

表 3 不同间歇采暖模式的采暖室外计算温度

Tab. 3 The outdoor calculated temperature of heating for different intermittent heating mode

气候分区	典型城市	模式一统计值 /℃ (8: 00—18: 00)			模式二统计值 /℃ (18: 00—次日 8: 00)			模式三统计值 /℃ (10: 00—22: 00)			范值 /℃
		方法一	方法二	方法三	方法一	方法二	方法三	方法一	方法二	方法三	
寒冷 B 区	西安	-2.1	-2.6	-2.0	-3.4	-3.6	-4.1	-1.6	-1.3	-1.5	-3.2
	北京	-6.2	-5.0	-4.9	-8.7	-8.5	-9.4	-6.3	-5.0	-5.3	-7.5
	天津	-5.6	-4.9	-4.0	-8.7	-7.9	-8.8	-6.2	-4.9	-5.0	-7
	济南	-3.8	-3.8	-3.2	-6.1	-6.2	-6.7	-4.0	-3.9	-3.6	-5.2
	徐州	-2.5	-1.6	-1.2	-5.1	-4.3	-5.0	-2.3	-1.6	-1.5	-3.4
寒冷 A 区	兰州	-6.7	-7.3	-6.8	-9.3	-9.8	-10.3	-6.3	-6.0	-6.4	-8.8
	拉萨	-1.0	-2.8	-2.3	-5.6	-6.2	-6.8	-0.4	-0.6	-1.5	-4.9
	大连	-9.7	-9.2	-8.6	-10.2	-10.4	-10.2	-9.3	-9.0	-8.7	-9.5
严寒地区	西宁	-7.0	-8.8	-8.3	-12.9	-12.8	-13.7	-6.1	-7.2	-7.8	-11.4
	沈阳	-12.8	-12.9	-14.1	-18.0	-18.4	-18.8	-13.2	-13.2	-14.5	-16.8
	长春	-19.5	-19.5	-19.1	-21.8	-21.5	-22.3	-19.2	-19.4	-19.1	-20.9
	乌鲁木齐	-16.3	-17.2	-17.9	-18.5	-20.6	-20.6	-17.0	-17.4	-18.1	-19.5
	哈尔滨	-19.8	-20.9	-21.7	-23.8	-25.1	-25.8	-19.6	-20.4	-22.0	-24.1

2.3 结果分析

如图 2，模式一(夜间停暖，昼间供暖)中，剔除夜间较冷温度，保留昼间较热温度，导致各地区采暖室外计算温度值均高于规范值。由于严寒地区、寒冷 A 区、寒冷 B 区中城市昼夜温差处于逐渐缩小的趋势，因此各气候区的间歇采暖室外计算温度增幅逐渐缩小。其中，对于严寒地区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 4.4℃、3.9℃、3.1℃；对于寒冷 A 区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 3.9℃、2.1℃、2.6℃；对于寒冷 B 区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 3.0℃、2.5℃、3.0℃。

模式二(夜间供暖，昼间停暖)中，剔除昼间高温，保留夜间低温，导致各地区采暖室外计算温度值大部分低于规范值，但严寒地区乌鲁木齐和哈尔滨两个城市利用方法一计算得到的采暖室外计算温度略高于规范值，这是由于以下三个原因：(1)典型气象年室外气象数据的误差。(2)方法一是以日平均温度为统计单位，会平滑一天中的极端温度，导致统计所得值偏大。(3)这两个城市的夜间温度不一定是低温。对于严寒地区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值分别最大低于规范值 1.5℃、1.6℃、2.3℃；对于寒冷 A 区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值分别最大低于规范值 1.0℃、1.3℃、1.9℃；对于寒冷 B 区各城市，利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值分别最大

低于规范值 1.7℃、1.0℃、1.9℃。

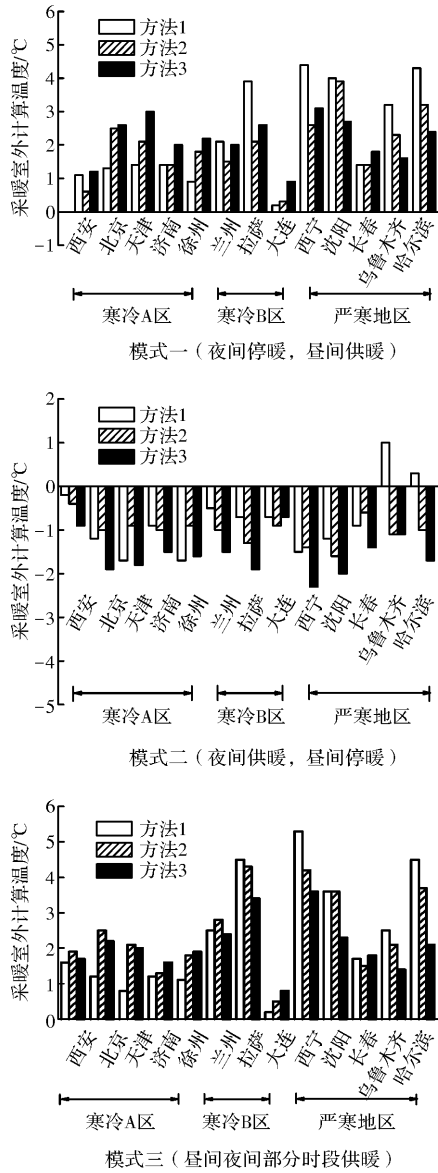


图 2 各间歇采暖模式的采暖室外计算温度变化值

Fig. 2 The change value of outdoor calculated temperature of heating for different intermittent heating mode

模式三(昼夜间部分时段供暖)中,统计得到

的各地区采暖室外计算温度值都高于规范值。由于严寒地区,寒冷 A 区,寒冷 B 区城市昼夜温差处于逐渐缩小的趋势,因此各气候区间歇采暖室外计算温度增幅逐渐缩小。对于严寒地区各城市,利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 5.3℃、4.2℃、3.6℃;对于寒冷 A 区各城市,利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 4.5℃、4.3℃、3.4℃;对于寒冷 B 区各城市,利用方法一、方法二、方法三计算所得的间歇采暖室外计算温度值较规范值分别最大高 1.6℃、2.5℃、2.2℃。

通过对统计结果的分析,可发现最终统计值与预期间歇采暖室外计算温度较规范值的变化趋势相一致,更可证明三种方法的合理性。

3 方法特征及适用条件

通过分析三种间歇采暖室外计算温度取值方法的特点,得到各方法的适用情况,见下表 4。

4 结语

采暖室外计算温度是建筑热负荷计算、设备选型的关键参数。因此,合理确定采暖室外计算温度对降低建筑运行能耗和保证室内热舒适都具有重要的意义。我国现行规范中给出的采暖室外计算温度是针对连续采暖而言,对于间歇采暖室外计算温度的取值方法考虑不足。本研究结合间歇采暖与连续采暖的室外气象数据源差异,基于暖通规范中室外温度“不保证”思想,得到三种合理的间歇采暖室外计算温度取值方法,获得我国主要城市间歇采暖室外计算温度值,并依据统计结果的合理性,得到各方法适用情况。最终结果可为间歇运行建筑的采暖设计提供合理的室外计算温度取值方法和数据。

表 4 方法特征及适用条件

Tab. 4 Methods characteristics and applicable conditions

统计单位	特点	适用情况
方法一 日平均温度	(1)依据规范,简单直接,仅需重新统计计算间歇采暖日平均温度。(2)统计值变化最大。(3)对夜间供暖,昼间停暖的建筑,所得部分统计值不符合常理。	适用于采暖时段处于非一天最冷时段情况,如仅在昼间运行的办公建筑等。
方法二 小时温度	(1)计算较复杂,需根据规范值统计连续采暖不保证小时数。(2)由于统计单位为小时温度,统计结果更精准。(3)既考虑了间歇时段对统计值的影响,也考虑了间歇时长对统计值的影响。(4)统计值变化适中。(5)统计值基本符合常理。	适用于各种类型间歇采暖建筑,尤其是对采暖室温要求严格建筑,如高级住宅、酒店等。
方法三 日平均温度	(1)统计过程较简单。(2)消除了典型年气象数据的误差。(3)统计值变化最小。(4)统计值基本符合常理。	适用于对数据源精准性要求严格的间歇采暖建筑。

参考文献 References

- [1] 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:中国建筑工业出版社,2012.
China Academy of Building Research. Design code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings:GB50736-2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2012.
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
LU Yaoqing. Practical heating and air conditioning design manual [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2008.
- [3] ROBERT E L, KONSTANTIN Y V, MARINA M T. Estimation and extrapolation of climate normals and climate trends[J]. American Meteorological Society, 2007, 46: 1759—1776.
- [4] 向操,田喆,刘魁星,等. 气候变化背景下室外计算干球温度统计时长的选取[J]. 暖通空调, 2012, 42(12): 27-31.
XIANG Cao, TIAN Zhe, LIU Kuixing, et al. Determination of record period for outdoor design dry-bulb temperature against climate change background [J]. HV&AC,2012, 42(12): 27-31.
- [5] HONG T Z, JIANG Y. Outdoor synthetic temperature for the calculation of space heating load [J]. Energy and Buildings,1998,28:269-277.
- [6] 何大四,张英,范晓伟. 基于插值法的暖通空调室外空气计算参数构成方法[J]. 中原工学院学报,2010,21(4): 51-54.
HE Dasi, ZHANG Ying, FAN Xiaowei. Outdoor air design conditions structured by interpolation for HVAC design[J]. Journal of Zhongyuan University of Technology, 2010,21(4): 51-54.
- [7] 王敏,徐伟. 室外空气计算参数确定方法的研究[J]. 暖通空调, 2012, 42(7): 19-21.
WANG Min, XU Wei. Determination of outdoor design conditions [J]. HV&AC,2012, 42(7): 19-21.
- [8] DEMIDOTRBIDOTLEK F N, YENER C. A proposal for “correction values” for winter outdoor design temperature[J]. Solar Energy, 1996, 57(2): 111-116.
- [9] 刘艳峰,王莹莹,孔丹. 关于间歇采暖室外计算温度的取值[J]. 四川建筑科学研究, 2012, 38(2):272-274.
LIU Yanfeng, WANG Yingying, KONG Dan. Analyze on outdoor design temperature for intermittent heating [J]. Sichuan Building Science, 2012, 38(2): 272-274.
- [10] 中国建筑科学研究院. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准:10JGJ26-2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
China Academy of Building Research. Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zones:10JGJ26-2010[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2010.
- [11] 中国建筑科学研究院. 民用建筑热工设计规范:GB50176-93[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
China Academy of Building Research. Thermal design code for civil building:GB50176-93[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,1993.
- [12] 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.
China Meteorological Administration's Information Center Library, Qinghua University Department of Building Science. China building thermal environment analysis meteorological data[M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2005.

(编辑 桂智刚)