

降低建筑空调能耗研究

杨玉兰¹, 康宁², 龚曦³

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400030; 2. 中国建筑西南设计研究院, 成都 610081; 3. 四川华西集团有限公司安装工程公司, 成都 610081)

摘要:在分析贵阳市气候特点及实例建筑空调负荷特性的基础上,采用建筑环境模拟软件 DeST 对实例建筑室内基础室温以及全年建筑冷热负荷进行模拟,在分析模拟结果的基础上,结合贵阳市气候特点,提出如下三条贵阳市降低建筑空调能耗建议:1)舒适性空调设计应首先满足冬季采暖,然后考虑夏季制冷;2)自然通风是夏季降温的优先考虑方式,过渡季节调节是降低建筑制冷能耗的重要手段;3)增加围护结构保温和控制窗墙比是降低建筑采暖能耗的首要手段。研究结果不但能对贵阳市的建筑节能提供参考,而且还对广大温和地区建筑节能有参考意义。

关键词:贵阳;建筑节能;空调负荷;DeST;温和地区

中图分类号:TU201.5 文献标志码:A 文章编号:1006-7329(2008)04-0006-05

Reducing the Heating and Cooling Energy Consumption of Buildings

YANG Yu-lan¹, KANG Ning², GONG Xi³

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China; 2. China Southwest Architectural Design and Research Institute, Chengdu 610081, P. R. China; 3. Installation Engineering Branch, Sichuan Huashi Group Corporation Limited, Chengdu 610081, P. R. China)

Abstract: This research aims at proposing measures to enhance the energy efficiency of buildings in the city of Guiyang. A computer simulation study was conducted on the basis of a building model using the DeST software package. The indoor temperature and year-round heating and cooling loads were simulated. From analysis of the simulation results and taking into account the climate of Guiyang, three measures for energy efficient buildings in Guiyang are proposed. 1) Heating is a greater priority than cooling in comfortable air-conditioning system design; 2) Natural ventilation should be given priority in cooling design and adjustment during seasonal transition is important to reducing energy consumption in building cooling; 3) Insulating the building envelope and lowering the glazing ratio of walls are critical for reducing energy consumption in heating buildings. Our conclusions will be useful for guiding energy efficient building design not only in Guiyang but also in mild climatic areas of P. R. China.

Key words: Guiyang; building energy efficiency; air conditioning load; DeST; areas of mild climates

贵阳市气候具有明显的高原性季风气候特点,属于中国气候分区中的温和地区^[1]。随着贵州省近年来经济发展,全省的能量消耗不断增长,新增建筑明显增多,建筑能耗占贵州省总能耗的比例也在不断上升。同时,由于能量消耗带来的能源环境问题也日愈严重,事实上,贵州省在国家划定的酸雨和二氧化硫控制区内。相关资料显示,贵州省 1990 年的煤炭需求为 2 714.22 万 t,2000 年为 4 591 万 t,预测到 2010 年将

达 8 222 万 t,贵州省的二氧化硫排放 2000 年已达 218 万 t,至 2010 年将达到 391 万 t^[2]。因而,分析贵阳市气候特点,结合建筑能耗模拟结果,对该地区的建筑节能技术和措施具有十分重要的意义。另一方面,虽然我国目前已经颁布了《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》^[3]和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》^[4],但是,我国没有颁布温和地区的居住建筑设计行业标准,所以,该研究还能为制定温和地区的建筑

* 收稿日期:2008-01-11

基金项目:欧盟欧洲援助计划基金(CN/ASIA-LINK/011(9100))

作者简介:杨玉兰(1974-),女,重庆大学博士研究生,主要从事建筑节能、建筑能效评价及建筑能效标识方面的研究。(E-mail)gzyl@126.com
欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

节能政策法规提供参考意见。

1 贵阳市室外气候特点分析

根据中国气象局气象信息中心气象资料室以及清华大学建筑学院建筑技术科学系提供的建筑热湿环境分析专用数据集^[5](以下简称数据集)提供的数据显示,贵阳市冬季空气调节室外计算干球温度为 $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,冬季空气调节室外计算相对湿度为 83% ,夏季空气调节室外计算干球温度为 $30.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,冬季日照百分率为 9% ,设计计算用采暖期日数为 40 d 。根据数据集提供的典型年数据显示,贵阳市典型年中没有出现气温大于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温天气和气温小于 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的非常寒冷天气,而气温在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的时间也很少,只有 58 h ,贵阳市典型年全年各级干球温度频度如图1所示。

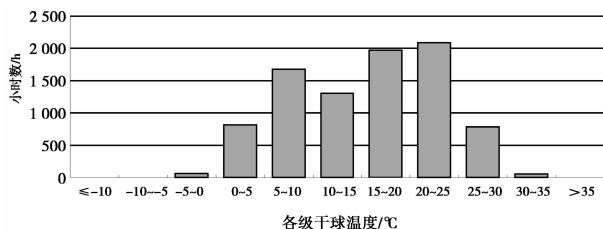


图1 贵阳市典型年全年各级干球温度频数

为了便于从减少建筑空调负荷的角度分析,粗略地将室外干球温度度划分为3级,各级温度范围分别为小于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$,大于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,这3级的全年干球温度频度分布见图2所示,可见,室外气温全年有 44% 的时间小于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 55% 的时间处于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,而仅有 1% 的时间室外气温大于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

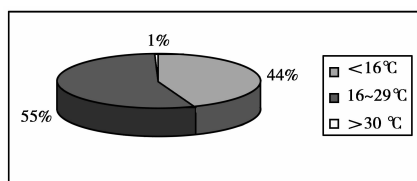


图2 贵阳市典型年3级干球温度频度

基于以上分析可得出贵阳市室外气温的3个特点:1)贵阳市夏季凉爽舒适,室外气温基本处于舒适范围的;2)冬季室外气温寒冷潮湿,表现为:贵阳市室外气温小于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时间占全年 44% ,贵阳市冬季室外空气相对湿度较大,如前所述,冬季贵阳市空气调节室外计算相对湿度高达 83% ,另外,贵阳市冬季日照也偏少;3)过渡季节长,室外气温处于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的时间占全年 55% ,超过全年一半时间。可见,贵阳市夏季凉爽,冬季寒冷潮湿,过渡季节长的气候特点十分明显。这3个特点对降低该地区建筑空调能耗有重要意义。

2 实例建筑空调能耗模拟研究

以一栋接待用别墅型建筑作为实例对象,采用

DeST 建筑环境模拟软件工具对该建筑进行全年空调冷热负荷计算。DeST 是我国清华大学开发的建筑环境及能耗模拟软件工具,目前已有多个建设项目采用 DeST 作为能耗模拟工具^[6]。通过模拟计算得出该建筑的基础室温 and 全年建筑冷热负荷,然后结合贵阳市气候特点分析结果并提出贵阳市建筑节能建议。建筑概况:建筑为3层,1层为接待大厅和小型会议室及服务间,层高为 3.6 m ,2层为客房,层高为 3.0 m ,3层为活动室,层高为 3.0 m ,朝向为上北下南,该建筑各层平面如图3所示。该建筑围护结构实际的热工性能如下:外墙为 370 mm 厚普通砖墙,传热系数 K 为 $1.49\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,屋面为加气混凝土保温屋面,传热系数 K 为 $0.812\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,外窗为 6 mm 厚普通玻璃单层钢窗,传热系数 K 为 $4.45\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。为减少工作量,我们并不对各层所有的房间进行分析,而是将1层的会议室、2层的标间3,3层的活动室2分别作为每层的典型房间,并作为重点研究房间,该3个典型房间在建筑中的位置见图3所示,其室内散热散湿情况如表1所示:

表1 各层典型房间室内散热散湿情况说明

1层会议室室内热扰				
房间功能	会议室	最少人数	房间面积	58.5 m ²
人员热扰(静坐)	最多人数	最少人数	人员作息	人均最小新风量
	0,300人/m ²	0人/m ²	会议人员作息	30 m ³ /(人·h ⁻¹)
灯光热扰	最大功率	最小功率	灯光作息	电热转换效率
	15 W/m ²	0 W/m ²	会议人员作息	0.9
2层标间3室内热扰				
房间功能	3星级客房(双人间)		房间面积	29.2 m ²
人员热扰(静坐)	最多人数	最少人数	人员作息	人均最小新风量
	2人	0人	客房人员作息	50 m ³ /(人·h ⁻¹)
灯光热扰	最大功率	最小功率	灯光作息	电热转换效率
	6.0 W/m ²	0 W/m ²	客房灯光作息	0.9
3层活动室2内热扰				
房间功能	棋牌室		房间面积	87.7 m ²
人员热扰(轻度劳动)	最多人数	最少人数	人员作息	人均最小新风量
	0,200人/m ²	0人/m ²	门厅人员作息	25 m ³ /(人·h ⁻¹)
灯光热扰	最大功率	最小功率	灯光作息	电热转换效率
	15 W/m ²	0 W/m ²	门棋牌室灯光作息	0.9

注:各房间人员及灯光作息全年详细情况请参考 DeST-c 规定

2.1 基础室温模拟结果与分析

室内热舒适与很多因素有关,如室内温度、湿度和风速等,但是室内温度无疑是影响室内热舒适的最重要因素^[7]。不妨按室内干球温度划分为3个区域:“舒适”(室内干球温度范围在 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间);“冷”(室内干球温度小于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$);“热”(室内干球温度大于 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$)。DeST 对各典型房间基础室温的模拟结果如图4所示,模拟结果显示,1层会议室全年处于“冷”的小时数为 $3\ 017\text{ h}$,占全年总小时数的 34.4% ;处于“舒适”的小时数为 $5\ 583\text{ h}$,占全年总小时数的 63.7% ;处于“热”的小时数为 160 h ,占全年总小时数的 1.9% 。2层标间3全年处于“冷”的小时数为 $2\ 921\text{ h}$,占全年总小时数的 33.3% ;处于“舒适”的小时数为 $4\ 934\text{ h}$,

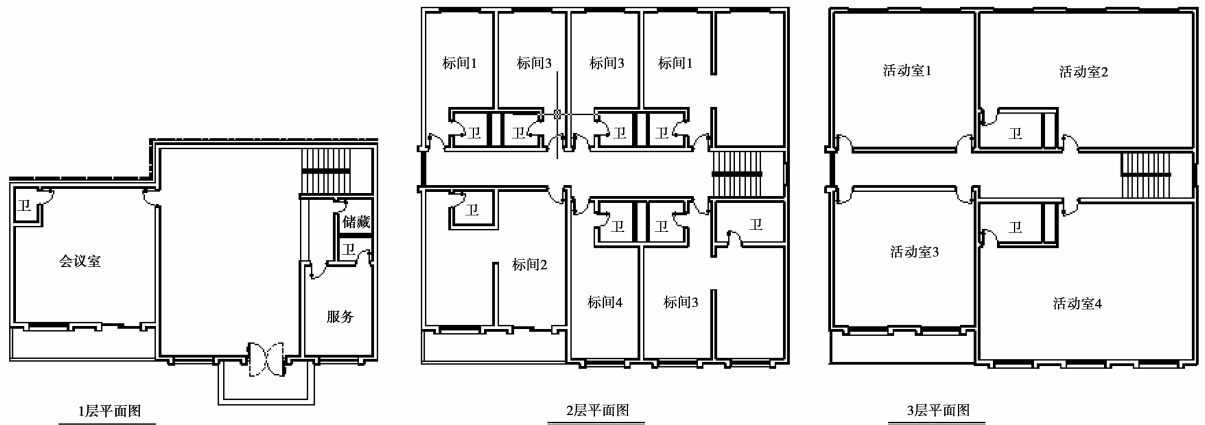


图3 建筑各层平面图

占全年总小时数的 56.9%；处于“热”的小时数为 905 h，占全年总小时数的 10.8%。3层活动室 2 全年处于“冷”的小时数为 2 829 h，占全年总小时数的 32.3%；处于“舒适”的小时数为 4 892 h，占全年总小时数的 55.8%；处于“热”的小时数为 1 039 h，占全年总小时数的 11.9%。

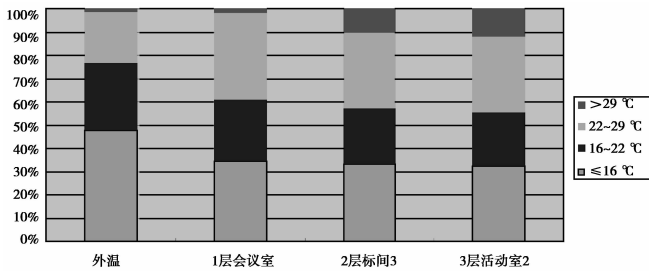


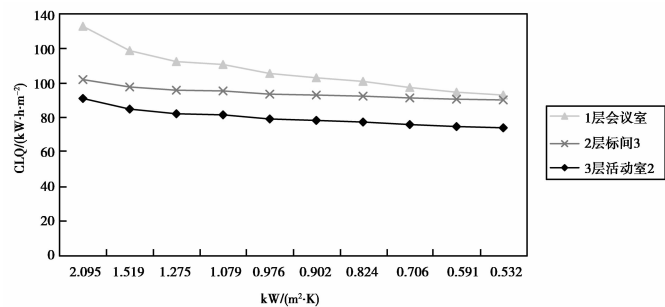
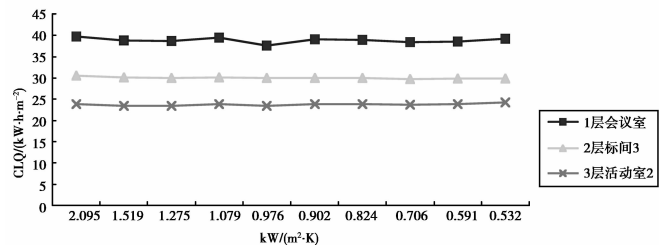
图4 各层典型房间基础室温温度分布

基础室温的模拟结果说明，建筑室内基础温度处于“热”的时间相对较少，处于“舒适”和“冷”的时间相对较多。所以，作者认为，一般情况下，改善贵阳市建筑室内热环境应以冬季供热为主兼顾夏季制冷。再比较室外温度和室内基础室温频度，可见，贵阳市过渡季节时间较长，而且夏季有相当长的一段时间的室外温度低于室内基础室温，所以，夏季宜优先采用自然通风等方式来实现贵阳市建筑夏季降温，尽量避免消耗电力等其它不可再生资源进行夏季制冷，对于采用常规能源实现建筑夏季制冷的空调系统，应充分使用过渡季节调节手段，这对减少贵阳市建筑能耗有重要意义。

2.2 外墙传热系数对空调房间全年冷热负荷的影响研究

将上述建筑放在 DeST 中，保持其他设置参数不变，改变外墙的传热系数 K 值，该建筑的全年累计冷热负荷变化规律如图 5 和图 6 所示。

一般说来，增加外墙保温对建筑全年热负荷的影响取决于室外气温与室内气温及其时间长短。根据上述贵阳市典型年室外气温分析结果看来，采暖季节室外气温低于空调房间温度的时间占整个采暖季节的大

图5 外墙传热系数 K 变化时各层典型房间采暖季累计热负荷值变化图6 外墙传热系数 K 变化时各层典型房间空调季累计冷负荷值变化

部分时间，所以，增加建筑外墙保温对减少空调房间的全年热负荷应该是有利的。图 5 显示，随外墙传热系数的减少，各层典型房间采暖季累计热负荷随外墙传热系数的减少出现明显下降趋势，其中 1 层会议室和 3 层活动室 2 的下降趋势比 2 层标间 3 大，这是因为，与 1 层会议室和 3 层活动室 2 相比，2 层标间 3 的外墙面积相对较少，从而产生的热损失占该房间总热损失的比例也小，对整个房间热负荷的影响程度也较小，所以，该房间的热负荷随外墙传热系数增加而下降的程度没有 1 层会议室和 3 层活动室 2 大，但是，其下降的趋势还是很明显的。

但是，增加外墙保温对空调房间全年冷负荷影响比较复杂，当室内温度小于室外温度而且这种情况持续的时间较长时，增加外墙保温阻挡热量进入室内，对减少空调季的累计冷负荷是有利的，从贵阳市典型年

室外气温分析结果看来,室外气温在 30℃至 35℃之间出现的小时数很少,只有 58 h,只占典型年的 1%,另一方面,按照我国相关规范推荐的舒适性空调室内设计温度在 26℃~28℃之间,可认为,空调房间室外温度大于室内温度的时间并不会太多,且温差不会太大,所以,空调房间冷负荷主要由室内散热散湿以及通过窗户的太阳直射辐射等产生,而通过外墙传热产生的冷负荷只占房间总冷负荷很小的份额,从这个角度来看,增加外墙保温对空调季累计冷负荷的影响不会很大。然而,当室内散热散湿很大时,导致空调房间的基础温度比室外温度高很多,而且时间长,在这种情况下,增加外墙保温阻挡室内向室外散热,反而会增加空调季的累计冷负荷,总之,可认为在室内散热散湿不是很大的情况下,增加外墙保温对贵阳市的空调季累计冷负荷影响不大,但是,室内散热散湿在什么范围内可持该观点,则需大量的实例研究和数据积累。图 6 显示,本实例建筑外墙传热系数 K 变化时各层典型房间空调季累计冷负荷值基本保持不变。

由于空调房间屋面和窗户在形成热负荷的原理与外墙基本相同,上述外墙传热系数对空调房间全年热负荷的影响研究结果可推广到屋顶和窗户,即可认为增加屋面保温和减少窗户的传热系数对减少采暖季节累计热负荷是有利的;至于增加屋顶和窗户保温对全年建筑空调冷负荷的影响,可认为在室内散热散湿不是很大的情况下,增加屋顶和窗户的保温对贵阳市的空调季累计冷负荷影响也不大,但是,由于情况比较复杂,将视建筑具体情况而定。

2.3 窗墙比对建筑冷热负荷的影响

众所周知,窗户对建筑冷热负荷的影响很大^[8,9],一方面,目前窗户的传热系数比外墙大得多,而且还存在窗户缝隙的冷风渗透形成热负荷,所以窗户面积越大,对降低建筑热负荷越不利;夏天,窗户除了室内外温差引起的热传递之外,还有太阳辐射透过窗户玻璃进入室内形成冷负荷,另外,窗户承担着采光、通风等功能,情况比较复杂。我国新出台的建筑节能标准对窗墙比作了限制,比如,按照《贵州省居住建筑节能设计标准》^[10](DB22/49-2,005)的规定:居住建筑外窗面积不宜过大。东向窗墙面积比宜小于 0.40,南向窗墙面积比宜小于 0.45,西向和北向窗墙面积比宜小于 0.30。

窗墙比对建筑空调冷热负荷的影响到底有多大,这取决于窗户与外墙的热工性能以及朝向等因素,我们将实例建筑的放在 DeST 中,按照《贵州省居住建筑节能设计标准》对贵阳市围护结构热工性能要求,外墙传热系数取 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,窗户按标准外窗,其传热系数为 $3.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,改变建筑南北朝向的窗墙比保持围护结构的其它热工特性不变,由于本例建筑

东西朝向上仅过道上有窗,所以,在此不对东西朝向的窗墙比作研究,由于窗墙比涉及到整个建筑,所以,我们以整个建筑为研究对象,窗墙比变化时,该建筑的全年累计冷热负荷变化规律如图 7 和图 8 所示。

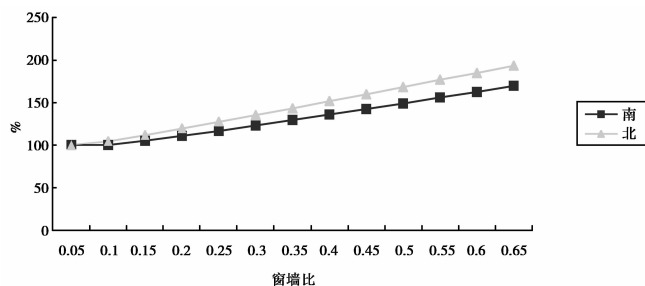


图 7 窗墙比变化时建筑全年累计热负荷变化

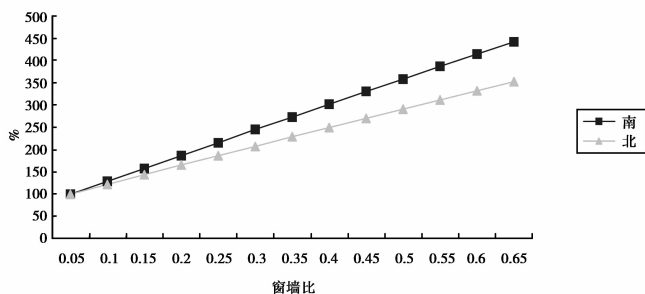


图 8 窗墙比变化时建筑的全年累计冷负荷变化

模拟结果表明:南向窗墙比每增加 5%,该建筑的全年累计建筑热负荷平均增加 4.47%,全年累计建筑冷负荷平均增加 12.8%;北向窗墙比每增加 5%,该建筑的全年累计建筑热负荷平均增加 5.56%,全年建筑冷负荷平均增加 10.74%。模拟结果表明增大窗墙比导致建筑的全年累计建筑冷热负荷均增加很大,但是,由于窗户还承担着采光、通风等功能,而且,窗户面积大小还与房间内人员的心理感受有密切联系,所以,窗户面积也不是越小越好,至于在什么范围合适,则根据具体建筑情况而定。

3 结 语

综上所述,该文提出 3 条降低贵阳市建筑空调能耗措施如下:

1) 贵阳市建筑舒适性空调设计应首先满足冬季采暖,然后考虑夏季制冷;

2) 应充分利用自然通风方式来达到夏季降温,尽量减少消耗不可再生资源进行夏季制冷。对于采用常规能源实现建筑夏季制冷的空调系统,应充分使用过渡季节调节手段,以达到减低建筑制冷能耗的目的;

3) 增加围护结构保温和减少窗墙比能很大程度降低贵阳市建筑采暖能耗,应作为建筑节能的主要措施。

(下转第 26 页)

参考文献:

- [1] 汤一介. 国故新知:中国传统文化的再诠释[M]. 北京:北京大学出版社,1993.
- [2] 田永胜. 王弼思想与诠释文本[M]. 上海:上海人民出版社,2003.
- [3] 齐康. 纪念的凝思[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [4] 张锦秋. 从传统走向未来:一个建筑师的探索[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1993.
- [5] 王天锡. 贝聿铭[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1990.
- [6] 克罗齐. 美学原理[M]. 北京:外国文学出版社,1987.

- [7] 徐平. 艺术:认识的曙光·克罗齐《美学原理》导引[M]. 南京:江苏教育出版社,1990.
- [8] 胡塞尔. 纯粹现象学通论[M]. 李幼蒸,译. 北京:商务印书馆,1997.
- [9] 胡塞尔. 逻辑研究[M]. 倪梁康,译. 上海:上海译文出版社,1999.
- [10] 恩斯特·卡西尔. 语言与神话[M]. 于晓,译. 北京:三联书店,1988.
- [11] 恩斯特·卡西尔. 符号·神话·文化[M]. 李小兵,译. 北京:东方出版社,1988.

(编辑 王秀玲)

(上接第 9 页)

致谢:

本文相关研究得到了英国外交部全球机会基金资助的中英合作项目“中国绿色建筑评估体系的建立”(UK-FCO GOF)以及欧盟欧洲援助计划基金“Asia-Link 中欧可持续建筑设计和建设研究”项目的支持,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 杨玉兰,樊康,王昭琴,等. 贵阳地区空调冷负荷计算实例探讨[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版),2005,34(2):100-102.
YANG Yu-lan, FAN Kang, WANG Zhao-qin, et al. Discussion of a real air-conditioning cold load calculation example of Guiyang[J]. Journal of Guizhou University of Technology (Natural Science Edition), 2005, 34 (2): 100-102.
- [2] 付祥钊. 夏热冬冷地区建筑节能技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 中国建筑科学研究院. JGJ 134-2001 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [4] 中国建筑科学研究院. JGJ 75-2003 夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.

- [5] 中国气象局气象信息中心,清华大学建筑学院建筑技术科学系. 建筑热湿环境分析专用数据集[DB].
- [6] 江亿. 建筑环境系统模拟分析方法-DeST[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [7] CHIANG C M, LAI C M. A study on the comprehensive indicator of indoor environment assessment for occupants' health in Taiwan[J]. Building and Environment, 2002,37 (2002):387-392.
- [8] 侯余波,付祥钊. 夏热冬冷地区窗墙比对建筑能耗的影响[J]. 建筑技术,2001,32(10):661-662.
HOU Yu-bo, FU Xiang-zhao. The impacts of the glazing ratios on the building energy consumption in hot summer and cool winter district [J]. Architecture Technology, 2001,32(10):661-662.
- [9] 杨子江. 夏热冬冷地区小城镇住宅门窗节能技术措施[J]. 工业建筑,2005,35(7):19-22.
YANG Zi-jiang. The energy efficient technology of windows and doors in small town in hot summer and cool winter district[J]. Industrial Construction,2005,36(7):19-22.
- [10] DB22/49—2005 贵州省居住建筑节能设计标准[S].

(编辑 王秀玲)