

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2015.S0.011

北京某教学楼采暖节能改造能耗模拟与实测分析

刘婷婷

(北京京北职业技术学院, 北京 101400)

摘要:高校建筑具有很大的节能空间,本文运用 TRANSYS-17 能耗模拟软件对北京市某高校教学楼采暖期能耗进行模拟分析,测算节能改造方案的节能率,并对比了连续两个采暖期的实测室温。模拟结果发现,增设外墙外保温后,采暖节能量为 351 765 282 kJ,节能率为 19.78%。通过室温实测对比发现,室外温度基本相同时,增设外墙外保温后房间温度普遍升高 1~3℃。如果该教学楼进一步进行分时采暖改造,即非寒假采暖期白天 7:00~22:00 期间 16~18℃采暖,夜间 22:00~7:00 期间 5℃采暖;寒假期间全天 5℃采暖。则采暖节能量可达 614 256 842 kJ,节能率可达 34.55%。

关键词:高校建筑节能;采暖能耗;能耗模拟;室温实测

中图分类号:X38 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2015)S0-0051-06

Energy consumption simulation and measurement analysis for heating energy saving reconstruction of one teaching building in Beijing

Liu Tingting

(Northern Beijing Vocational Education Institute, 101400)

Abstract: There is great energy saving space for buildings of colleges and universities. The heating energy consumption simulation was made using the software TRANSYS-17 for a teaching building of one college in Beijing. The energy saving rate of its heating energy saving reconstruction plan was calculated and the room temperature of two successive heating period were measured and compared. From simulation results, we can found that the heating energy saving amount is 351765282 kJ and the energy saving rate is 19.78% after adding exterior wall insulation. From room temperature measurement, we can found that the room temperature increase 1~3℃ after adding exterior wall insulation when outdoor temperature are basically the same. If the time control heating can be further made in this teaching building, that is to say in the daytime (7:00~22:00) the heating temperature is set at 16~18℃, in the nighttime (22:00~7:00) and in winter holiday it is set at 5℃, the heating energy saving amount will be up to 614256842 kJ and the energy saving rate will be up to 34.55%.

Key words: building energy saving for colleges; heating energy consumption; energy consumption simulation; room temperature measurement

收稿日期:2015-03-15

基金项目:2013年北京市优秀人才培养资助项目(2013D008016000005),北京市怀柔区2013年优秀人才培养专项资助项目

作者简介:刘婷婷(1981-),女,硕士,副教授,(E-mail)lttgrace@163.com。

与发达国家相比,中国城镇建筑单位面积供暖能耗是同纬度国家的 2~3 倍,其中北方城镇供暖能耗占中国城镇建筑总能耗的 40% 左右^[1],是建筑能耗最大的组成部分。而建筑除供暖外的其他用能(照明、空调、家电、建筑设备等)按照单位面积比较,却仅为发达国家的 1/5~1/2 倍。因此,供暖节能应是中国建筑节能工作中潜力最大、最主要的途径。近几年来,随着高校规模的不断扩大,高校建筑节能这一领域渐呈炙手可热之势。高校建筑存在着一些特点,例如大部分人群活动场所比较统一,典型时间段人员比较集中,寒暑假学校人少,高校师生普遍节能意识较强,这些特点使得高校建筑较其他民用建筑来说有着更大的节能空间。

TRANSYS 软件采用了和 EnergyPlus 以及 DOE-2 等软件完全不同的设计思想。有些文献也把它们认为是不同的两类软件^{[2][3]}。TRANSYS 软件最大的特点是采用了模块化的思想,每个模块代表一个小的系统、设备或者一个热湿处理过程。它采用“黑盒子”技术封装了计算方法,使得用户把主要精力放在模块的输入和输出上,而不是组件的内部。这些模块可以很方便地搭建组成各种复杂系统,所以被认为是建筑能耗模拟软件中模拟系统最灵活的软件之一^[4]。运用 TRANSYS-17 软件对北京市某高校教学楼采暖期能耗进行模拟分析,测算节能改造方案的节能率。

1 计算模型

1.1 建筑地理位置

模型建筑地点:北京市; 经度:东经 116°28'; 纬度:北纬 39°48'。

1.2 室外气象参数

室外气象计算参数采用了北京市典型气象年的室外气象参数。该气象数据是基于中国国家气象局

对其 1971 年~2000 年的实测数据通过一套随机算法模拟计算生成。北京市处于寒冷地区,年平均温度为 12.3℃,极端最低气温为-18.3℃,供暖室外计算温度为-7.6℃^[5]。

1.3 建筑模型概况

北京市某高校教学楼的计算模型见图 1,建筑平面图见图 2、图 3。该教学楼地上五层,建筑面积为 6 324 m²,为全现浇框架结构,屋面标高为 19.45 m,外墙填充墙厚为 250 mm 的双孔陶粒空心砖,内墙为 120 mm 的单孔陶粒空心砖,用 M5.0 水泥砂浆砌筑。热源由区域锅炉房集中供给,设计供回水参数为 85℃/60℃。采暖系统形式为下供上回式双管逆流系统,采暖立管均为明装,散热器为挂墙明装。

按建筑模型内房间的使用功能将其分为 2 个区,分区 I 包括教室和办公室,体积为 10 366.461 m³;分区 II 包括卫生间、走廊、楼梯间、门厅,体积为 12 195.54 m³。

1.4 计算参数

- 1) 室内计算温度:分区 I 取 18℃;分区 II 取 16℃。
- 2) 换气次数:取 0.5 次/h。
- 3) 室内得热:室内照明得热按 0.014 1 kWh/(m²·天)计算。室内其他得热按 4.3 W/m² 计算。
- 4) 采暖期天数:计算供暖天数为 129 天,实际供暖期一般为 11 月 15 日至次年 3 月 15 日。

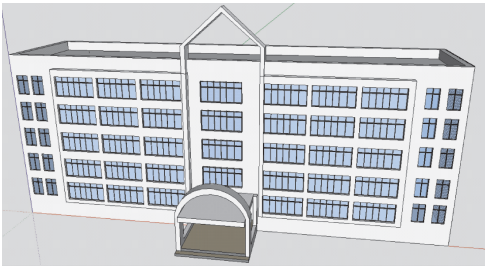


图 1 教学楼建筑模型图

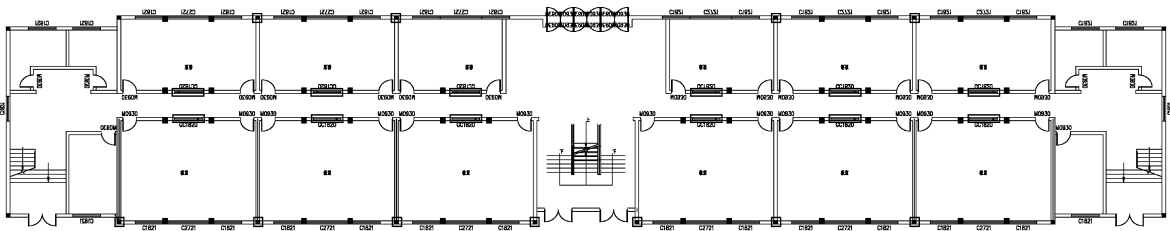


图 2 教学楼一层建筑平面图

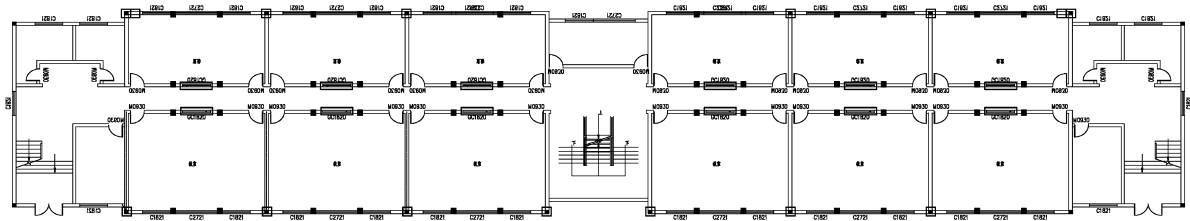


图 3 教学楼二至五层建筑平面图

2 改造前能耗模拟及室温实测

2.1 能耗模拟

使用 TRANSYS-17 软件对该教学楼改造前采暖期能耗进行模拟,模拟结果见图 4。模拟计算时间是从 11 月 15 日 0 时至 3 月 15 日 23 时,共计

2 904 h。从图 4 的计算结果可以看出,分区 I 的瞬时最大热负荷为 736 236.35 kJ/h,平均值为 344 756.78 kJ/h;分区 II 的瞬时最大热负荷为 475 965.11 kJ/h,平均值为 267 503.63 kJ/h。采暖期总能耗为 1 778 004 207 kJ。

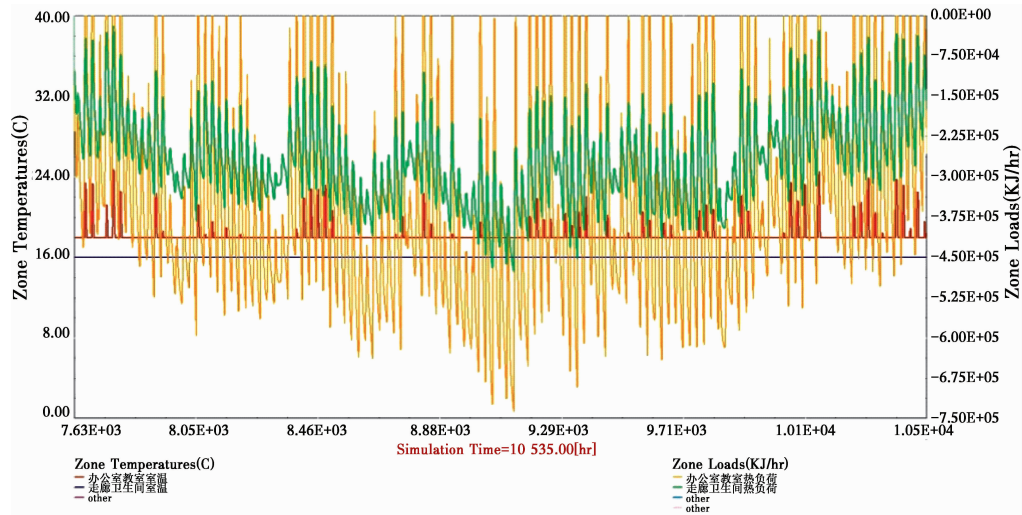


图 4 改造前采暖期能耗模拟图

2.2 室温实测分析

2012 年 12 月至 2013 年 1 月每天 8:00~18:00,对该教学楼典型房间进行了逐时室温测试。考虑房间的楼层、朝向、大小、有无经常逗留人员、人数等因素,选定 109 室、111 室、211 室、210 室、311 室、413 室、509 室作为测试点。测试结果显示,该教学楼二层以上的朝南房间绝大多数时间室温能够达到 18℃ 以上,一层房间及朝北房间温度不达标的情况较为明显。一层房间 109 室在 12 月 20 日至 1 月 6 日之间室温未达到 18℃,在 15~17℃ 范围;111 室和 211 室室温不达标,测试期绝大多数时间室温低于 18℃,在 14~17℃ 范围内。其中 111 室为一层朝北房间,且西侧紧邻设外门的大厅;211 室为二层朝北房间,楼板下方为设外门的大厅。这两个房间是全楼采暖最不利的典型房间,下面的室温对比主要以这两房间为例。图 5 是 111 室和 211 室 2013 年 1 月 8 日的室温变化图,当日白天室外气温平均值为

-5.0℃。

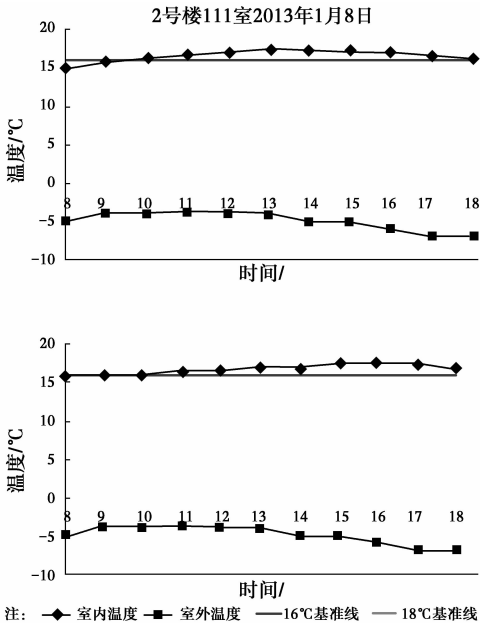


图 5 2013 年 1 月 8 日典型房间的室温变化图

3 改造方案确定

3.1 增设外墙外保温采暖期能耗模拟及实测分析

2013 年 7 月至 8 月,该教学楼进行了增设外墙外保温施工,外墙采用无机发泡水泥保温板粘贴,Φ6 膨胀锚栓固定,胀栓长度大于保温板厚度 50 mm,外表面抹聚合物水泥砂浆,压入耐碱玻纤网格布增强,外做涂料饰面,保温板燃烧性能为 A 级。保温板材料:使用容重为 18~20 kg/m³,厚度为 80 mm 无机发泡水泥保温板,标准板尺寸为 600 mm×

300 mm,阳角处保温板为成型板,尺寸为 300 mm×300 mm,其导热系数≤0.055 W/m·K。

3.1.1 能耗模拟 增设外墙外保温后的采暖期能耗模拟见图 6。由图 6 可见,采暖期能耗明显降低。分区 I 的瞬时最大热负荷减至 626 552.77 kJ/h,平均值减至 273 014.42 kJ/h;分区 II 的瞬时最大热负荷减至 390 164.53 kJ/h,平均值减至 215 923.04 kJ/h。采暖期总能耗减至 1 419 874 380 kJ,节能量为 351 765 282 kJ,节能率为 19.78%。

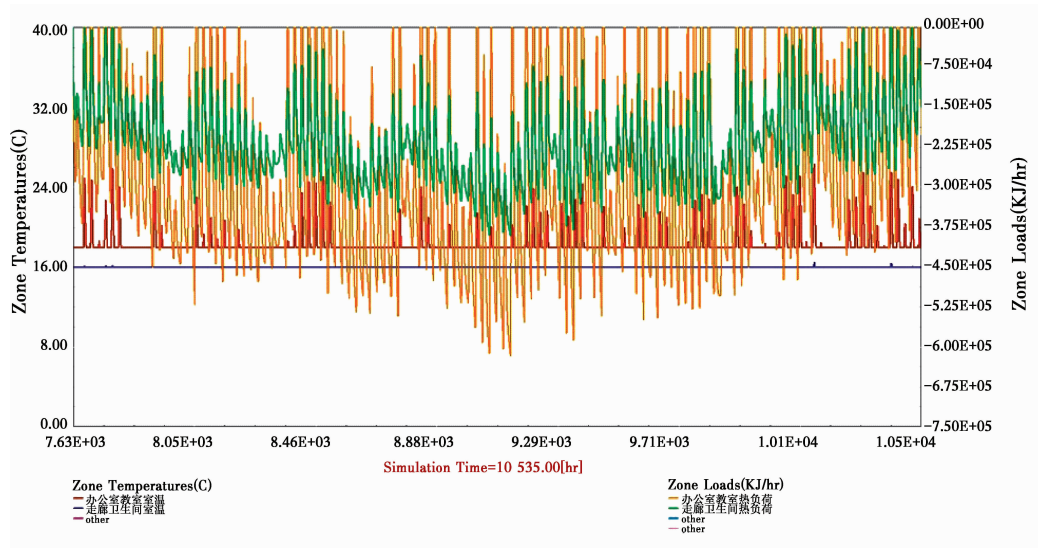


图 6 设外墙外保温后采暖期能耗模拟图

3.1.2 室温实测分析 2013 年 12 月至 2014 年 1 月每天 8:00~17:00,对该教学楼典型房间进行了逐时室温测试。室外温度基本相同时,房间温度普遍升高 1~2℃,基本能维持房间温度在 18℃以上。211 房间室温也基本达标;111 房间室温虽然较上年有所提升,但是室外气温较低时仍不能达标,2013 年 12 月 11 日至 2014 年 1 月 9 日期间室温变化范围为 15℃~18℃。图 7 是 111 室和 211 室在这 2 个采暖期同一室外日平均气温条件下的室温变化对比图。从图 7 可以发现,在室外平均温度基本相同(均为-2.45℃)的情况下,设外墙外保温后 111 室室温较上年整体提高了 2℃左右,211 室提高了 1~2℃。表 1 是 111 室和 211 室连续 2 个采暖期的室温实测对比。

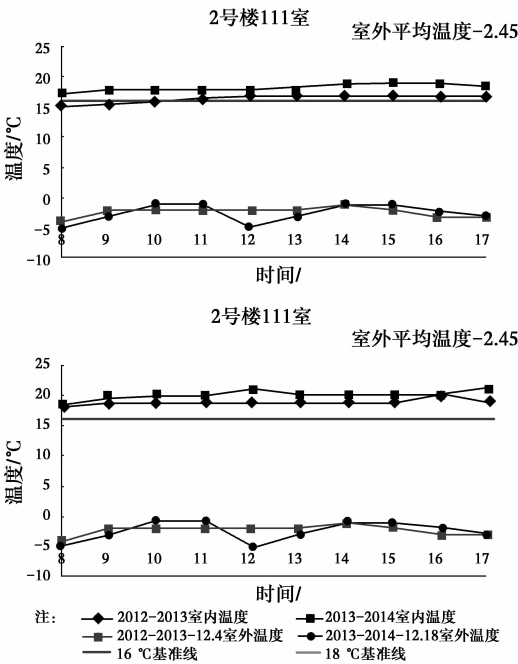


图 7 2 个连续采暖期典型房间的室温变化对比图

表 1 2 个连续采暖期典型房间室温对比

房间号	111 室	211 室
采暖期	测量时间段室外平均温度	测量时间段室内平均温度
2012~2013 年度	-10℃~-5℃	15℃ 15℃~18℃
	-5℃~0℃	15℃~17℃ 16℃~20℃
	0℃~5℃	18℃ 18℃~21℃
2013~2014 年度	-10℃~-5℃	16℃~18℃ 18℃~19℃
	-5℃~0℃	16℃~19℃ 19℃~21℃
	0℃~5℃	19℃ 21℃

由表 1 可以看出,就测量时间段来看,设外墙外保温后,111 室室内温度在 2013~2014 年采暖期比上年提升了 1~2℃,211 室提升了 1~3℃。据实测数据分析,2012~2013 年度室外最低平均温度为-9℃,此时 111 室内平均温度为 15℃,211 室为 16℃;室外最高平均温度为 4℃,此时 111 室内平均温度为 18℃,211 室为 21℃。2013~2014 年度采暖期室外最低平均温度为-10℃,此时 111 室内平均温度为 16℃,211 为 18℃;室外最高平均温度为 5℃,此时 111 室内平均温度为 19℃,211 室为 21℃。

3.2 再设分时采暖能耗模拟及节能率计算

高校教学楼在 40 天左右的寒假期间以及夜间

都没有人,但是这段时间却照常供热,造成了极大的能源浪费。如果能够实现分时供暖,节能的前景非常可观。文献[5]规定严寒或寒冷地区设置供暖的公共建筑,在非使用时间内,室内温度应保持在 0℃以上;当利用房间蓄热量不能满足要求时,应按保证室内温度 5℃设置值班采暖。因此,该教学楼分时采暖方案可设计为以下 2 种:

方案一:全采暖期白天 7:00~22:00 期间 16~18℃采暖,夜间 22:00~7:00 期间 5℃采暖。

方案二:非寒假采暖期白天 7:00~22:00 期间 16~18℃采暖,夜间 22:00~7:00 期间 5℃采暖;寒假期间全天 5℃采暖。

现就该教学楼再设分时采暖进行能耗模拟,测算其节能率。图 8 为该教学楼采用方案一的采暖期能耗模拟图。由图 8 可见,由于供暖温度的变化,部分时间段瞬时热负荷提高了。分区 I 的瞬时最大热负荷提高至 897 922.07 kJ/h,但平均值减至 184 716.696 7 kJ/h;分区 II 的瞬时最大热负荷提高至 614 526.60 kJ/h,平均值减至 155 132.23 kJ/h。采暖期总能耗减至 986 921 287 kJ,节能量为 432 953 093 kJ,节能率为 30.49%。

方案二在方案一的基础上对寒假 40 天期间全天采用 5℃值班采暖,图 9 为该教学楼寒假 5℃值班采暖的室温变化及能耗模拟图,其总能耗为 88 977 333 kJ。经计算,采用方案二采暖,相对于改造前该教学楼采暖期能耗节约量为 614 256 842 kJ,能耗节约率为 34.55%。显然,采用方案二更为节能。

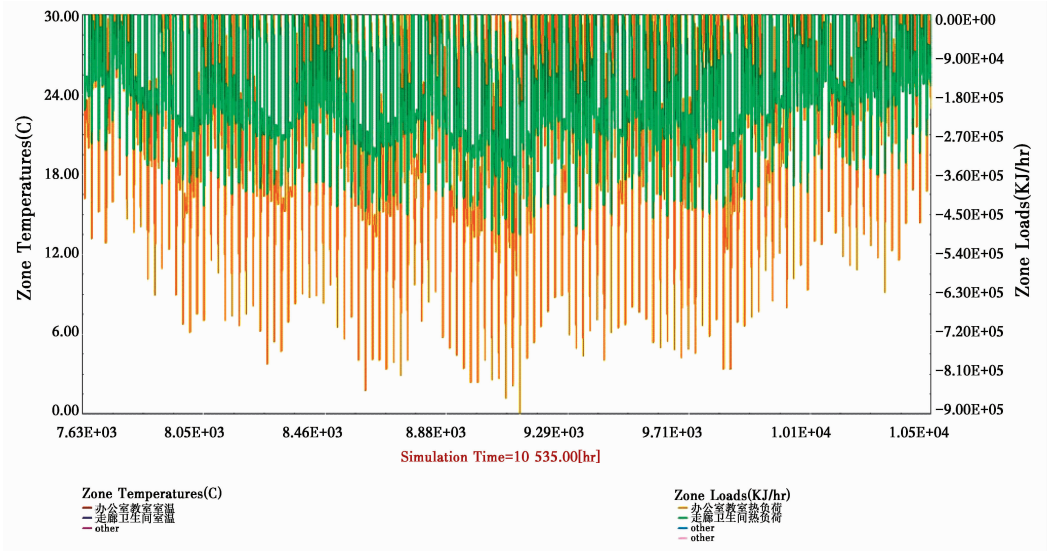


图 8 采用方案一分时采暖能耗模拟图

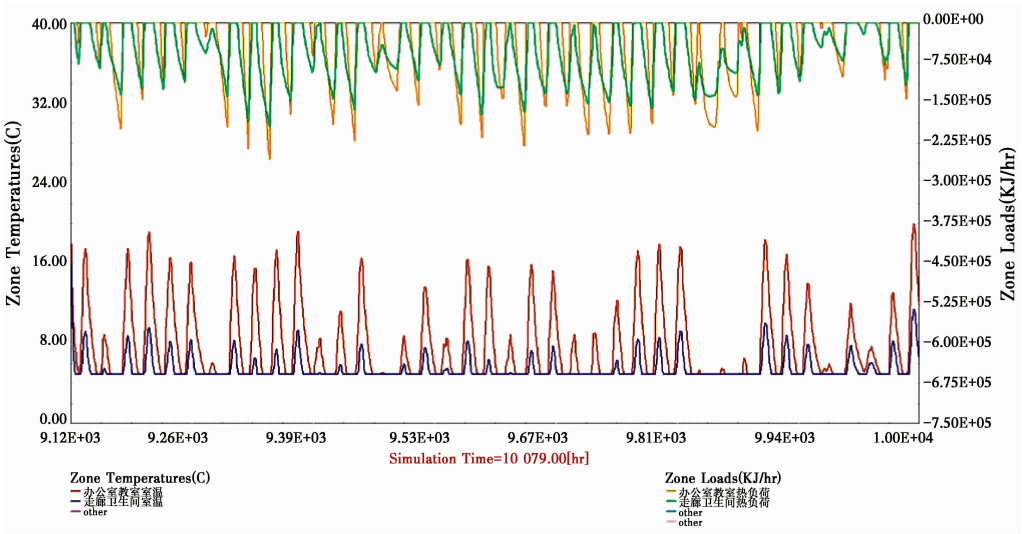


图 9 教学楼寒假假设 5℃值班采暖的室温变化及能耗模拟图

4 结 论

为了实现采暖节能,该教学楼已经进行了第一步节能改造,即设置外墙外保温,在外墙粘贴无机发泡水泥保温板,使用 TRANSYS-17 软件对改造前后的采暖期能耗进行模拟发现,增设外墙外保温后采暖期能耗明显降低,节能量为 351765282 kJ,节能率为 19.78%。通过连续两个采暖期的室温实测对比发现,室外温度基本相同时,改造后房间温度普遍升高 1~3℃,大部分房间基本能维持温度在 18℃以上。

如果该教学楼进行下一步节能改造,实施方案二进行分时采暖,即非寒假采暖期白天 7:00~22:00 期间 16~18℃采暖,夜间 22:00~7:00 期间 5℃采暖;寒假期间全天 5℃采暖。TRANSYS-17 软件能耗模拟结果发现,相对于改造前该教学楼采暖

期能耗节约量高达 614 256 842 kJ,能耗节约率高达 34.55%。

参考文献:

[1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2010[M]. 北京:中国建筑业出版社,2010.
[2] 吴伯谦,王彬,袁旭东. 模拟仿真软件在领域中的应用[J]. 制冷与空调,2006,6(4):5-9.
[3] 燕达,谢晓娜,宋芳婷,等. 建筑环境设计模拟分析软件 DeST—第一讲 建筑模拟技术与 DeST 发展简介[J]. 暖通空调,2004,34(7):48-56.
[4] 李骥,邹瑜,魏峥. 建筑能耗模拟软件的特点及应用中存在的问题[J]. 建筑科学,2010,26(2):24-28.
[5] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国建筑业出版社,2012.

(编辑 侯 湘)