

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2016.S2.023

# 群策式智能多联机末端在大学教学楼的设计应用与分析

南天辰, 蔡柔丹, 姜冬, 王小平, 路遥, 刘猛

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘要:**建筑能耗占全国能耗比重较大,中央空调在公共建筑中使用广泛,滥用无管理使得公共建筑夏季空调能耗很高。本文针对大学中多联机中央空调系统以末端智能调控系统控制策略方向为目的进行基于群策控制智能末端控制改造,达到节能的目的。通过单片机对空调控制面板进行电信号控制,数据判断及传输通过总服务器进行计算。控制方式采用自动控制与群策相结合,由微信公众号进行查询及发送命令,通过网络传输和数据库相连。数据库录入空调系统使用教室信息、工作及学习时段表等相关数据。从调研、设计、模拟来看,节能效果显著,最理想节能量可达84%,在调研过程中大部分学生对此可接受。

**关键词:**建筑节能;中央空调;智能控制;群策控制;单片机;微信平台;互联网+

**中图分类号:**TU111 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2016)S2-0120-07

## A designing analysis of the transformation in universities' teaching building about multi-line terminal's intelligent energy-saving based on group decisions

Nan Tianchen, Cai Roudan, Jiang Dong, Wang Xiaoping, Lu Yao, Liu Meng

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

**Abstract:** Building energy consumption accounts for a large proportion of energy consumption, and central air conditioning is widely used in public buildings, abuse and the lack of management make public buildings' air conditioning energy consumption very high, especially in summer. We aimed at universities' multi-line central air conditioning system, and in order to make terminal intelligent control system control strategic directions, we did the transformation of intelligent terminal control based on group decisions. It controls the air conditioning control panel's electrical signals, data judgment and conveyance through Single Chip Microcomputer(SCM), and it calculates data through total server. Its control mode combines automatic control and group decisions, and users can query and send the order through a WeChat's official account, which is connected to the database through the network. And the database entries data about air conditioning usage information, the timetable of working and studying, etc. From designing to simulating, the energy saving effect is remarkable, and the most ideal energy saving is up to 84%, in addition, this transformed system is acceptable to most students in the process of research.

**Key words:** building energy efficiency; central air-conditioning, intelligent control; group decisions; single chip microcomputer(SCM); wechat; internet plus

收稿日期:2016-09-02

作者简介:南天辰(1995-),男,主要从事建筑环境与能源应用工程研究,(E-mail)ntc1918@qq.com。

据估计,全球总能耗的 60%来自于建筑的全过程。中国的建筑单位面积能耗是发达国家(相同气候温度条件下)的三倍,反映出中国节能减排的巨大压力和巨大的潜力。在建筑能耗当中,空调能耗占到建筑能耗的 50%~65%,并且还在伴随着空调在工业、民用各个领域中的应用的增多而能耗不断增加,从一定程度上进一步加大了我国目前能源相对短缺的问题,加深了供需矛盾。近些年,较多老旧建筑进行了改造,特别是空调系统的改造和新建,其中较多使用了多联机空调系统。以重庆大学 A、B 区,第二综合楼、第五教学楼、第八教学楼均使用了多联机空调系统。教学楼内的教室在用作自习室时人员较少,却开启多台空调末端,温度较低。低温情况不利于身体健康,同时造成空调机组“大马拉小车”运作,即压缩机功率大于制冷量需求,同时过低的温度也会增加机组能耗,造成能源浪费。传统末端自控装置,使用不人性化,设定单一机械化,在节能的目的上并没有以人为本,还有较多改进空间。

## 1 相关调研

### 1.1 实地调查

调研部分是针对重庆大学部分教学楼:虎溪校区第一教学楼、B 区第二综合楼进行实地调研。调研内容为工作日、周末和期末复习周的教室大致就坐率。通过调研结果可以推测出工作日、周末和复习周的就坐率多数值,进行 DeST 模拟的人员参数设置及改造前后能耗计算。

1.1.1 实地调研结果 工作日:上午多数教室满课且就坐率在 80%之上,第二节课的人数普遍要多余第一节课。下午课的普遍就坐率在 60%以上。晚上的自习人数很少,可忽略不计。

周末:清晨的自习人数很少,9 点之后自习人数上升。中午午饭时间也会有人在教室,下午人数会适当上涨,晚饭时间的离开人数没有中午多。晚上 8 点左右学生开始逐渐离开教室。

期末复习周:早上 8 点已经有较多同学陆续到达教室,9:00—11:00、15:00—16:00、19:00—21:00 人数较多,最多的教室可达到近 60%就坐率,晚上离开教室时间大约在 22:00 点左右。

由此可见,除了上课和期末复习时期就坐率较多外,其余时间的自习室使用率低,由于个人的个人空间感,自习人员分散也是导致这一情况的原因。

所以在夏季炎热天气时,人们对空调的需求也会相对分散,导致很多教室开启空调,但教室人数很少,加剧了教室的空调能耗。

### 1.2 网络调查

采用网上电子调查问卷的方式对以重庆大学,其他大学为辅的 306 名本科在校生进行调查。主要针对其对建筑空调能耗,节能环保意识和群策控制方式等问题的调查。

大学生群体对于建筑能耗尤其是空调系统的能耗比重过大问题已经有所关注,在空调的选择上也是对于节能和舒适度更加看重。通过调查可以发现现今教室的自习室使用情况不太乐观,由于平时自习人员较少,容易造成人员分散滥开空调的情况。对于进行群策式控制,多余半数的使用者愿意使用,而更多的人也愿意进入环境舒适但人数较多的房间进行自习。

## 2 相关技术参数

对于教室内进行加装的群策式智能末端,是由单片机、原装线控板、校园无线网、服务器等组成。其中的室内环境控制有如下技术参数。

### 2.1 设定温度设计

舒适度的衡量根据规范《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 GB 50736—2012》、《民用建筑室内热湿环境评价标准》来对预计平均热感觉指数 PMV 和预计不满意者百分数 PPD 进行估算,配合重庆地区的室外空气综合温度来计算出重庆地区的室内最佳舒适温度,为 26℃<sup>[1]</sup>。正好满足 2007 年 6 月 1 日国家不低于 26℃的要求<sup>[2]</sup>。根据不同地区可通过相应公式及当地夏季室外空气温度表进行修正。

温度将在大部分时段维持在 26℃,对于人们有低温需求的时候便可以通过微信公众号进行群策控制。房间内每人选择想开启的房间空调末端及设置温度,在 20 min 内系统进行统计,采用算术平均值法计算出满足开启末端数量的末端及将空调设定温度设置成群策控制温度,在 10 min 之后将空调设定温度调回 26℃。

国家规定夏季超过 35℃为高温天气<sup>[3]</sup>,所以系统设置室内温度超过 35℃的时,自控系统不限制空调末端开启的就坐率下限。

### 2.2 空调末端开启数量设置

经过对重庆大学教学楼的实地调研发现工作日

周末自习室的使用率较低,80%的自习室就坐率不到20%。如果在夏季空调使用季节会造成空调能耗的大量浪费。所以,在不影响室内热环境的同时进行对空调的节能控制,通过就坐率对应空调末端开启台数进行匹配。就坐率在工作日按照教务处数据库的教室安排表进行初始设置,而作为自习室的教室进行微信端的网络分时段计数统计。

空调末端的开启数量对于不同中央空调系统来说,对压缩机组的制冷效率 EER 有不同的影响,所以在某些定频空调系统中末端开启数量对于节能有更大影响。确定末端数量的因素为就坐率,在对一栋建筑进行空调系统设计时,其冷负荷应该满足该建筑夏季的最大冷负荷。而大部分时间实际房间的人员数量及室外影响因素并没有达到这一最大负荷,便会造成部分空调系统“大马拉小车”现象。而对于机组本身来说不能对其进行机组本身的系统改造,通过控制末端的开启数量对于部分定频压缩机来说起到了简洁改变输入功率百分比的作用。对此通过 DeST 负荷模拟及某些空调机组的压缩机功率百分比-制冷系数曲线图来计算出较为合理的就坐率对应的末端开启数量。



图 1 控制装置

就坐率标准如下。

0%~15%:不开空调;15%~20%:开三分之一总数台或者不开空调(向上一次开机台数靠拢);20%~30%:开三分之一总数台空调;30%~40%:开三分之二总数台或者三分之一总数台空调(向上一次开机台数靠拢);40%~50%:开三分之二总数台空调;50%~60%:开三分之二总数台或者总数台空调(向上一次开机台数靠拢);60%~100%:开总数台空调。

在空调的使用中对末端的频繁调整也是一大耗能点,对此“向上一次开启台数靠拢”就可以解决频繁开关末端的问题。

### 2.3 控制时间段设置

以重庆大学为例,智能控制需要预先设置成3个时期:工作日作息时间、周末作息时间以及考试复习周作息时间。具体时间需要将教务处数据库中的教室使用及就坐率情况与本数据库共享。判定时间上班或上课前10分钟开始进行投票,20分钟结束计票。教学类建筑教学控制方式:根据教室课表排课进行调控,按照课表就坐率设定开启空调数量,当后一节没课时则在下课时关闭所有空调。前一节没课而后一节有课时,则提前10min开启空调。推广到办公类建筑、教学楼教室、图书馆等用做自习室使用时投票方式:群策投票时有开启时间选项分别为:1,2,3,4小时,服务器对投票时间进行30min一次的计数。投票选择后时间内同一IP不可进行第二次投票。

### 2.4 换气设置

夏季实际的现象是一般空调教室都没有全开窗,会保留0.1~0.3的开窗比,多联机为封闭式末端,循环使用室内空气,且正常自然对流通风达不到室内舒适环境的要求标准,可对于有全新风及混合新风系统的中央空调实施控制面板控制实行规定的换气。按开窗率0.1计算,室内允许CO<sub>2</sub>浓度为0.1%=1000ppm[2]。在允许一定不保证率的情况下,排除异常实验数据,室内最高CO<sub>2</sub>浓度为1500ppm,室外实测CO<sub>2</sub>浓度为450ppm。室内人员全部按成年男子计算,CO<sub>2</sub>呼出按从事极轻劳动为22L/(h·人),就坐率按100人教室的80%计算为80人。

空调不开启时:

$$Q(lw - ln) + ni = 0$$

$$Q(450 - 1500) \times 10 - 6 + 80 \times 22 \times 10 - 3 = 0$$

$$Q = 1676 \text{ m}^3/\text{h}$$

开启空调时(CO<sub>2</sub>浓度控制在允许值):

$$(Q + L)(450 - 1000) \times 10 - 6 + 80 \times 22 \times 10 - 3 = 0$$

$$L = 1524 \text{ m}^3/\text{h}$$

人均新风量:1524/80=19 m<sup>3</sup>/h

式中:Q为自然通风量;L为空间换气量。

综上所述:根据标准要求人均新风量为22~24 m<sup>3</sup>/h[2]。但考虑到实际工作学习环境CO<sub>2</sub>浓度以及节能效果,人均新风量设定为19 m<sup>3</sup>/h,教室换气次数为1。换气功能开启时间=房间体积/系统送风

量。低于标准所要求人均新风量,新风处理能耗降低,可达到节能目的。

## 2.5 信息技术支持

设备实现主要分为四个部分,分别是核心智能调控程序、服务器、微信客户端以及单片机硬件控制部分。

### 2.5.1 核心智能调控程序

主要包括两个部分,初始化设置和当前空调运行状况查看界面。

在初始化设置界面,初始化内容主要包括以下内容:空调类型、房间体积、系统送风量、房间满员人数、房间名称、时间表;在查看界面,查看数据包括以下内容:当前教室温度、当前空调温度、空调总数、开放空调数目、可容纳总人数、当前投票人数、当前时段换气状态、风速、距离下次投票时间。

控制程序为数据输出端,和服务器之间通过 TCP 协议的 GET 和 POST 方式进行数据传输读取,通过定时访问的方式进行更新。

### 2.5.2 服务器

服务器使用 servlet 开发统一的接口,与核心智能调控程序通过 TCP 协议的 GET 和 POST 方式通讯,核心智能调控程序通过定时访问的方式更新状态。服务器与单片机硬件控制通过 socket 建立长连接,数据使用字节流的方式发送,单片机硬件控制部分监控输入流信息,服务器在需要的时候向单片机推送信息,单片机通过协商好的协议解析数据并控制空调状态。

在服务器上,我们添加了 MySQL 作为数据库,用以存储数据。并且通过不同的协议和核心智能调控程序、微信客户端、单片机硬件控制建立连接。数据库内包含 7 张表,分别为:

表 1 数据库设计表

表名称	表内容
Aircondition	空调信息表
Building	教学楼信息表
Classroom	教室信息表
Des	校区表
School	学校表
User	用户信息表
Vote	投票信息表

### 2.5.3 微信客户端

微信客户端主要用于用户进行数据查询及投票收集。

客户端整体采用 MVC(model-view-controller) 架构。使用 css,jsp,HTML 进行网页的开发,通过 JavaScript 控制前端交互响应,通过 jQuery 动态修

改页面内容。微信客户端采用 TCP 协议的 GET 和 POST 方式与后台通讯。后台使用 Java 语言进行开发,使用 servlet 响应前端请求。



图 2 微信界面

### 2.5.4 单片机硬件控制

单片机主要用于接收服务器发来的数据信号,并通过 I/O 端口进行电信号的输出,从而起到控制空调末端的作用。具体技术点包括以下几点:

- 1) 单片机通过 wifi 模块从服务器获取数据并通过 I/O 口控制空调面板;
- 2) 单片机与 wifi 模块(8266)通过串口通讯方式,波特率为 9 600;
- 3) wifi 与服务器通过透传的模式进行连接传输;
- 4) 单片机接收到数据后,将数据通过 I2C 总线写入 E2PROM 存储器,防止断电后数据丢失;
- 5) 单片机通过 I/O 口输出高低电平来模拟按键是否按下,从而控制空调面板;
- 6) 系统设有蜂鸣器及 LED 灯进行工作模式指示。

## 3 应用模拟

### 3.1 模拟目的及要求

改造前后能耗比较目的在于反映加用节能装置后的节能效果,在同一加设建筑房间中对相同的中央空调系统进行改造,利用 DeST 负荷模拟计算在没有加设装置时整个夏季的负荷,工况近似按照重庆大学老校区作息时间进行设定,包括上课时间、就坐率、工作日自习就坐率、周末自习室就坐率和考试复习周教室就坐率。改造前,空调运行中无人监管,学生自助设定末端开启台数与温度的情况下,即使在教室实际人数较少的情况下仍存在空调全开且以较低温度运行的情况。对于改造后的房间,将通过设备选型查询出相应的系统参数及功率制冷效率对照曲线,结合软件编程的控制模式进行计算,在相同的工况下得到新的实际空调能耗进行前后对比,反映节能改造的节能性。

#### 3.1.2 参数设定

- 1) 几何模型 采用能耗模拟软件 DEST-C 对建筑全年能耗进行模拟计算,进行能耗模拟时,在

不影响模拟结果的前提下对建筑模型进行了简化。建模过程主要包括建筑外形尺寸,围护结构等参数的输入,内部负荷、运行时间、空调采暖运行条件等的设置。建筑能耗模拟过程中,中间层的能耗情况大致相似,为简化计算机运算量,使模拟结果更加清晰直观,保留其中一层作为模拟分析的对象。根据实地调研与测量,以二综典型教室为例,建立建筑模型。每间教室开间 12 m,进深 7.8 m,层高 3.5 m,朝向为南向,在重庆大学第二综合楼中属于典型教室几何尺寸,具有一定代表性。

2)围护结构参数设置 根据实际情况进行围护结构的选取,使模拟结构尽量接近现实情况,具有一定现实意义。每个教室外窗面积达 34 m<sup>2</sup>,窗墙比达 0.8。

表 2 围护结构参数设置表

围护结构	材料	传热系数 K W/(m <sup>2</sup> ·k)
外墙	370 mm 重砂浆黏土+20 mm 石灰砂浆	1.57
外窗	普通 6 mm 单玻	5.7
屋面	20 mm 水泥砂浆+200 多孔混凝土+130 钢筋混凝土 20 水泥砂浆	0.812
楼板	25 水泥砂浆+80 钢筋混凝土+20 水泥砂浆	3.055
内墙	20 mm 水泥砂浆+180 陶粒混凝土+20 水泥砂浆	1.515

### 3)室内热扰设置

表 3 室内热扰设置表

最多人数	90/72/54/36/18
最少人数	0
人员热扰	
人均发热量/W	61
人均产湿量/(kg·h <sup>-1</sup> )	0.109
人均最低新风/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	17
最大功率/(W/m <sup>2</sup> )	9
灯光热扰	
最小功率/(W/m <sup>2</sup> )	0
电热转换效率	0.9
设备热扰	
最大功率/(W/m <sup>2</sup> )	5
最小功率/(W/m <sup>2</sup> )	0

4)空调设定 按照教室使用模式,结合上下了时间设定空调开启时间为 8:00-11:00,14:00-18:00,20:00-22:00,空调设定温度为 26 ℃。

### 5)就坐率、模拟人员流动设定

表 4 人员流动设置表(最大就坐率)

工作日		周末		期末复习周	
时间段	就坐率/%	时间段	就坐率/%	时间段	就坐率/%
8:00—8:45	90	8:00—9:00	20	7:00—8:00	10
8:55—9:40	90	9:00—10:00	40	8:00—9:00	30
10:10—10:55	70	10:00—12:00	5	9:00—10:00	50
11:05—11:50	60	12:00—13:00	10	10:00—11:00	40
11:50—14:30	0	13:00—14:00	20	11:00—12:00	5
14:30—15:15	70	14:00—15:00	40	12:00—13:00	10
15:25—16:10	60	15:00—16:00	40	13:00—14:00	30
16:40—17:25	70	16:00—17:00	30	14:00—15:00	50
17:35—18:20	70	17:00—18:00	5	15:00—16:00	60
18:20—19:00	5	18:00—19:00	10	16:00—17:00	30
19:00—21:00	40	20:00—20:00	20	17:00—18:00	10
21:00—22:00	20	21:00—22:00	5	18:00—19:00	50
				20:00—20:00	50
				21:00—22:00	30

根据调研调查情况进行空调使用情况设定。改造前空调开启温度:工作日 23 ℃ 周末 25 ℃ 期末 24 ℃。单个教室空调末端个数:3 个。改造后空调开启温度:26 ℃,教室内自然室温低于空调设定温度 26 ℃时不开启空调,单个教室空调末端个数:3 个。

表 5 改造前空调运行情况表

工作日		周末		期末复习周	
时间段	开启台数	时间段	开启台数	时间段	开启台数
8:00—11:50	2	8:00—9:00	0	7:00—9:00	2
11:50—2:30	0	9:00—12:00	2	9:00—18:00	3
2:30—16:20	3	12:00—18:00	3	18:00—22:00	2
16:20—19:00	0	18:00—22:00	2		
19:00—22:00	2				

表 6 改造后空调运行情况表

工作日		周末		期末复习周	
时间段	开启台数	时间段	开启台数	时间段	开启台数
8:00—8:45	0	8:00—9:00	0	7:00—8:00	0
8:55—9:40	0	9:00—10:00	0	8:00—9:00	1
10:10—10:55	1	10:00—12:00	1	9:00—10:00	3
11:05—11:50	1	12:00—13:00	0	10:00—11:00	2
11:50—14:30	0	13:00—14:00	0	11:00—12:00	0
14:30—15:15	1	14:00—15:00	1	12:00—13:00	0
15:25—16:10	1	15:00—16:00	2	13:00—14:00	1
16:40—17:25	1	16:00—17:00	2	14:00—15:00	2
17:35—18:20	1	17:00—18:00	2	15:00—16:00	3
18:20—19:00	0	18:00—19:00	0	16:00—17:00	2
19:00—21:00	1	20:00—21:00	1	17:00—18:00	0
21:00—22:00	1	21:00—22:00	0	18:00—19:00	2
				20:00—20:00	2
				21:00—22:00	2

### 3.2 模拟结果

表 7 工作日工况典型日逐时冷负荷计算表

时刻	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
改造前房间冷负荷/kW	10.6	12.2	13.7	15.3			14.9	18.9	19.6	19.7	16.1	15.3	18.1	14.3
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	3.0	3.5	3.9	4.4			4.3	5.4	5.6	5.6	4.6	4.4	5.2	4.1
总计/kW·h	53.9													
改造后房间冷负荷/kW	0.0	0.0	0.0	3.5			4.5	6.4	6.7	6.7	4.9	4.4	5.6	3.7
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	0.0	0.0	0.0	1.0			1.3	1.8	1.9	1.9	1.4	1.3	1.6	1.0
总计/kW·h	13.2													

表 8 周末典型日逐时冷负荷计算表

时刻	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
改造前房间冷负荷/kW	0.0	0.0	8.6	10.1	8.0	10.8	12.1	14.9	15.9	15.2	12.3	10.8	10.1	7.7
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	0.0	0.0	2.5	2.9	2.3	3.1	3.5	4.3	4.6	4.3	3.5	3.1	2.9	2.2
总计/kW·h	39.0													
改造后房间冷负荷/kW	0.0	0.0	2.9	4.0	3.5	5.7	6.2	7.3	7.8	7.4	6.2	5.1	4.4	3.2
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	0.0	0.0	0.8	1.1	1.0	1.6	1.8	2.1	2.2	2.1	1.8	1.5	1.3	0.9
总计/kW·h	18.2													

表 9 期末典型日逐时冷负荷计算表

时刻	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
改造前房间冷负荷/kW	9.0	9.8	12.4	15.7	16.0	14.0	15.7	19.4	22.8	23.2	20.0	17.2	19.9	19.6	17.4	15.1
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	2.6	2.8	3.5	4.5	4.6	4.0	4.5	5.5	6.5	6.6	5.7	4.9	5.7	5.6	5.0	4.3
总计/kW·h	76.3															
改造后房间冷负荷/kW	0.0	2.9	4.4	6.4	6.8	6.2	7.3	9.1	10.7	10.8	9.2	7.7	8.8	8.4	7.3	6.2
COP	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
耗电量/kW	0.0	0.8	1.3	1.8	1.9	1.8	2.1	2.6	3.1	3.1	2.6	2.2	2.5	2.4	2.1	1.8
总计/kW·h	32.1															

## 4 结论

由模拟结果可以看出：节能改造前由于对空调开启台数以及设定温度没有较为完善的运行管理系

统，导致空调开启台数较多，设定温度较低，一些极端情况下，由于管控力度欠缺，存在空调区域无人现象，造成大量冷量的浪费；节能改造后由于加强了对空调开启台数及设定温度的管控，夏季冷负

荷明显下降,具有明显节能效益。

根据实地调研得到:重庆大学第二综合楼常用教室为 35 个,按 2015—2016 第二学期为例,规定 5 月 1 日空调开始运行,其中可开空调期间工作日 35 d,周六日 14 d,期末复习时间为 28 d。工作日周末实际勘察发现,只有 20%的教室就坐率接近或高于 20%,剩余 80%的教室内只有 3~7 人在自习,改造后,上课期间使用教室数不发生变化,但周末和期末期间,未达到开启空调人数下限的教室空调不开启,将自习人员集中在 20%左右教室,大大减少了空调的开启数量和时间。按照表中所列典型工况进行计算,改造对象使用空调系统压缩机为变频,最理想状况下改造前为 159 911 度电,改造后能耗为 24 245 度电,总共节能 135 666 度电。按照重庆市居民生活用电电价收费标准,0.52 元每度<sup>[4]</sup>,每个夏季空调季节可以节约电费 70 546 元,经济效益巨大。假设发电效率为 0.35,则节约一次能源 260 896 千瓦时,节能效果明显。

以重庆大学为例,可供上课教学和自习的教学楼和图书馆约 9 栋,夏季空调季节电量可达 122 万余度电,可节省电费约 63 万余元。重庆市普通高等院校数量为 63 所,预计节电量可达 2 562 万度电。据统计重庆市年用电量为 1 065.8 万吨标准煤<sup>[4]</sup>,高校夏季电量可以供全重庆市(涵盖各区县)用电 2.6 h。

综上所述,改造的理想化节能效果较好,由于其

具有一定推广性,全国节能量巨大。结合调查结果证明,高校大学生有较强的接收新事物能力和节能意识。由于教学楼这种特殊的建筑功能,具备人员集中、有规律出入、空调使用量大、有一定管理基础等条件。整个项目成本较低,通过单片机间接控制控制面板的方式进行改造。单个教室的改装成本用大约为 500 元人民币,且不会对墙体产生破坏,只需对接线进行整理隐藏即可。每栋改造建筑的控制室可以加设配套服务器,与教务处数据库进行互联,获取教室情况信息。整个产品的连接通过校内 wifi 实现,国内大多高校均具备改造的软、硬件及环境需求,满足推广基本前提。对于在大学教学楼进行多联机末端智能节能改造有较大的前景。

#### 参考文献:

- [1] 李百战. 民用建筑室内热湿环境评价标准:GB/T 50785—2012[S]. 暖通空调 2013,43(3):1-6.
- [2] 中国建筑科学研究. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB50736—2012[S]. 中国建筑工业出版社.
- [3] 国务院. 国发[2006]28号 国务院关于加强节能工作的决定——国务院办公厅关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知[Z]. 2006.
- [4] 重庆市统计局. 重庆统计年鉴 2015[R]. 中国统计出版社.

(编辑 吕建斌)