

# 重庆市既有公共建筑能耗调查分析

后勤工程学院 吴祥生<sup>☆</sup>

重庆大学 付祥钊

重庆市设计院 谭平

**摘要** 对重庆市各类型公共建筑能耗进行了调查和实测,概述了重庆市公共建筑能耗现状,并针对大型商场、星级宾馆酒店、医院等高能耗建筑从建筑围护结构、用能设备、能源管理等方面进行了能耗分析及节能策略研究。针对重庆市公共建筑的能耗特性给出了节能改造的技术措施和潜力分析,并提出了相应的建议。

**关键词** 公共建筑 建筑节能 能耗调查

## Energy consumption survey and analysis of existing public buildings in Chongqing

By Wu Xiangsheng<sup>★</sup>, Fu Xiangzhao and Tan Ping

**Abstract** Investigates and tests the energy consumption of various types public buildings in Chongqing, summarizes the status, and analyses the situations of energy consumption and energy saving strategies from building envelopes, energy equipments, energy managements of high energy consumption buildings such as large shopping malls, star-rated hotels and hospitals. Considering the energy consumption characteristics of the public buildings in this city, puts forward the energy saving technical measures and the potential analysis, and the corresponding recommendations.

**Keywords** public building, building energy saving, energy consumption investigation

<sup>★</sup> The PLA Logistical Engineering University, Chongqing, China

①

### 0 背景

在建筑能耗中公共建筑的能耗占有较大的比例,而在公共建筑中既有建筑(几乎都不是节能建筑)所占比例很大。因此,既有公共建筑的节能改造非常重要。摸清既有公共建筑的能耗水平和存在的问题是搞好公共建筑节能改造的基础性工作。

笔者采取集中调查与重点调查相结合的方式  
进行能耗调查<sup>[1-2]</sup>。集中调查指按照各个部委、司  
局分工,集中开会、专家讲解、现场培训;细化调查  
对象,发放表格、回收表格;最后,由调查联络小组  
负责调查相关内容咨询以及调查表格数据的核实。  
重点调查则是在普查完成后,经数据分析,对有疑  
问数据以及有代表意义的单位进行调查,采取由专  
家带队、上门服务的方式进行。

### 1 重庆市既有公共建筑能耗概况

此次调查活动于 2007 年 5 月开始,共召开了  
13 次集中调查会议,回收了 192 个单位的调查表

(涉及 323 栋建筑),表格回收率为 75%。调查总  
面积 565.71 万 m<sup>2</sup>,其中采用集中空调的面积为  
385.11 万 m<sup>2</sup>。分别从建筑围护结构、用能设备、  
能源管理三方面对重庆市各类公共建筑(大型商  
场、星级宾馆、医院等)近 5 年的能源消耗基础数据  
进行了收集整理,分析了公共建筑逐年能耗情况。  
图 1 为重庆市各类型公共建筑 2006 年耗电量折合  
标准煤数量,图 2 为重庆市各类型公共建筑年能耗  
密度。可以看出,2006 年重庆市大型商场和星级  
宾馆耗能量所占比例较大,分别占总耗电量的  
43.1%和 36.5%,远远高于其他类型的公共建筑。

本次调查发现重庆市公共建筑普遍存在建筑

①<sup>☆</sup> 吴祥生,男,1955 年 1 月生,硕士,教授  
400041 重庆市渝州路 79 号国防建筑设备工程教研室  
(023) 86730717  
E-mail: tempo-wxs@126.com  
收稿日期:2009-01-09  
修回日期:2009-02-24

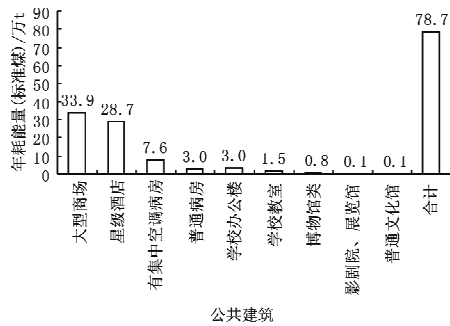


图 1 2006 年各类型公共建筑耗电量折合标准煤数量

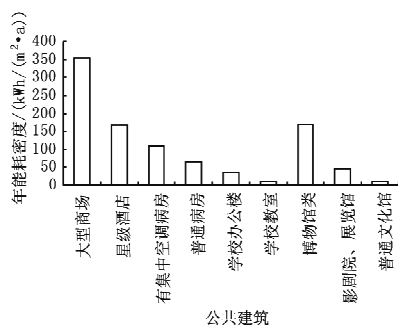


图 2 各类型公共建筑年能耗密度

保温隔热性能较差、空调设备选型过大等通病。在能源管理方面差异较大,酒店类建筑明显好于其他类型建筑,但也存在一定的不足之处。总体来说,重庆市公共建筑能源消耗形势较为严峻,具有较大的节能潜力。

## 2 各类型公共建筑能耗现状及节能分析

### 2.1 大型商场用能分析

#### 2.1.1 能耗总体情况

2006 年重庆市商场建筑总耗能量约为 33.9 万 t 标准煤,占全市公共建筑总耗能量的 43.1%。商场建筑耗能如此之大与其特殊的建筑功能分不开,商业建筑作为消费中心能耗有以下特点:

1) 营业时间长,节假日空调系统负荷比平时剧增。

2) 室内光环境完全依赖人工照明维持且负荷大,一般在 10~30 W/m<sup>2</sup> 之间,室内热环境完全依赖空调系统调节。

3) 绝大多数商场属于封闭建筑,需要机械送风来满足室内热湿环境要求,新风处理量大,供冷期长。由于商场建筑的人员密度大、流动性强,而且受时段和季节影响较大,造成高、低峰值相差巨大,空调系统大部分时间都在部分负荷下运行,能源浪费严重。

#### 2.1.2 用能情况对比

商场建筑由于所处地理位置、消费档次、建筑本体、经营状况的不同,其能源消耗状况也有很大的差异。图 3 为调查中比较有代表性的 10 家商场 2006 年的能耗密度。

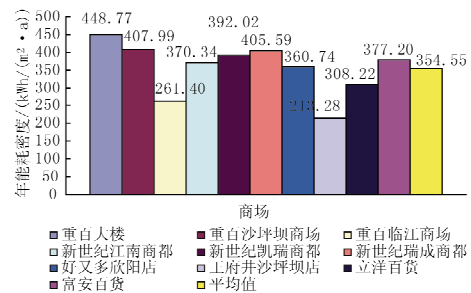


图 3 2006 年 10 个商场年能耗密度

从图 3 可以看出各商场相互之间用电量差异较大,建筑年能耗密度在 213.28~448.77 kWh/(m<sup>2</sup>·a) 之间。与文献[3]提出的商场建筑能耗密度 200~300 kWh/(m<sup>2</sup>·a) 的范围对比,发现重庆市的商场建筑能耗密度高,能源浪费严重,节能潜力巨大。

#### 2.1.3 建筑围护结构情况

通过对调查基础数据的整理,发现商场建筑围护结构具有以下特点:

1) 大多数商场建筑围护结构未考虑节能措施,所有的商场建筑均未做外墙保温;

2) 70% 的建筑选择普通单层玻璃,窗户和玻璃幕墙传热系数普遍偏大,空气渗透严重;

3) 74% 的建筑有不同形式的遮阳设施,26% 的建筑无遮阳设施;

4) 商场建筑中(单面朝向或多面朝向)使用玻璃幕墙的占 75%。

#### 2.1.4 空调系统运行管理情况

在商场中设备管理主要是空调设备运行管理,目前重庆市商场用能设备运行有如下特点:

1) 运行人员通常在没有对空调系统的运行情况作详细记录和检测的情况下,就对系统水温和机组的停开情况自行调整,导致整个系统处于不利的状况;

2) 空调系统自动化水平不高,有变频控制系统的仅占 8%,不能随负荷变化而自动调整,给空调系统的节能运行带来很大的障碍,导致了机组普遍存在“大马拉小车”的情况;

3) 只有 60% 的商场建筑对系统用电、用水进行了单独计量, 但通过表格反馈的信息显示, 其中有 80% 的单位反映采用分项计量后节能效果一般;

4) 过渡季节没有很好利用新风, 热回收装置在集中空调系统中的安装率极低, 仅为 4%。

## 2.2 星级宾馆酒店用能分析

### 2.2.1 能耗总体情况

2006 年重庆市星级宾馆酒店总耗能约 28.7 万 t 标准煤, 约占 2006 年重庆市公共建筑总能耗的 36.5%。图 4 为调查中有代表性的 22 家星级宾馆酒店 2006 年的能耗密度。

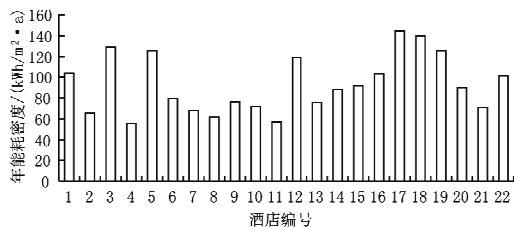


图 4 2006 年 22 个星级宾馆酒店能耗密度

### 2.2.2 总能耗发展趋势

从 2001 年至 2006 年宾馆酒店类建筑的逐年能耗来看, 宾馆酒店类建筑在 2001—2006 年期间的平均能耗水平有下降的趋势。但天然气消耗量从 2001 年至 2005 年呈上升趋势, 但在 2006 年有一定的回落(见图 5)。

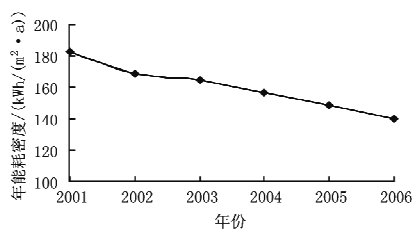


图 5 2001—2006 年宾馆酒店建筑能耗密度

### 2.2.3 建筑围护结构情况

从窗户结构的调查来看, 所有酒店外窗均采用了新型的铝合金外窗和塑钢外窗, 出于建筑成本的考虑, 基本未采用热断桥等节能措施。从采用的玻璃类型来看, 大部分建筑仍只是采用了普通单层玻璃, 抵挡太阳热辐射的效果不佳, 节能效果较差。从建筑保温效果来看, 重庆市酒店类公共建筑的热工性能较差, 基本没有采取外墙保温措施, 从调查结果来看, 仅一栋建筑采取了外墙保温措施。对于

屋面保温隔热, 调查中有 82% 的建筑采取了一定的措施。

### 2.2.4 能源管理情况

酒店建筑能耗费用是酒店主要经营成本之一, 酒店行业对建筑节能均较为重视。从调查结果来看, 92.3% 的酒店建立了节约能源的管理制度, 其中 54.5% 的单位管理制度采取了“与目标考核对应”的方式, 31.8% 的单位管理制度采取了“计量收费”的管理模式, 剩余 13.7% 的单位则采取了其他一些管理模式。为进一步节约经营成本, 创造更大的经济效益, 81.5% 的酒店对用能设备展开了一系列的节能改造和性能优化, 其优化改造模式主要分为“自行优化”、“设备厂家优化”和“专业节能公司优化”三种途径。70.07% 的酒店建立了节能运行的技术档案, 但主要是针对集中空调和供变电设备, 对于照明和其他用能设备等方面仍有所欠缺。

## 2.3 医院用能分析

### 2.3.1 能耗总体情况

2006 年重庆市医院总耗能约 10.6 万 t 标准煤, 约占 2006 年重庆市公共建筑总能耗的 13.5%。图 6 为调查的重庆市各医院 2006 年的能耗密度。

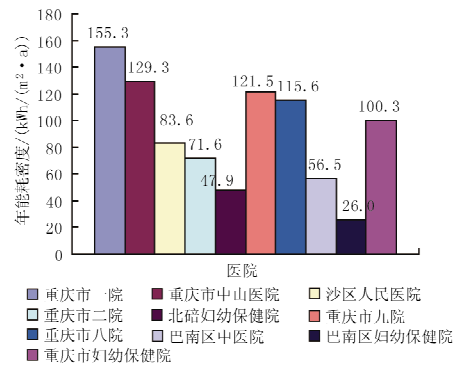


图 6 2006 年各医院能耗密度

从图 6 看出, 各医院的能耗密度相差较大, 最大的为 155.3 kWh/(m<sup>2</sup>·a), 最小的为 26 kWh/(m<sup>2</sup>·a), 两者相差近 6 倍。造成这种差距的主要原因有: 各医院建筑围护结构不同; 规模、使用性质、就医人数存在差别, 对空调舒适性要求不同; 管理运行水平不同, 节能措施参差不齐; 空调设计合理性也存在差异, 个别工程设计负荷过大。医院调查的重点是病房能耗, 将所有病房分为采用集中空调的病房和采用分体空调的普通病房, 采用集中空调病房年平均能耗密度为 108.95 kWh/(m<sup>2</sup>·a), 普通病房年平均能耗密度为 65.27 kWh/(m<sup>2</sup>·a)。

### 2.3.2 用能特点

医院具有公共建筑的一般特点,但也有其特殊性。一方面,在医院建筑中有传统的室内空气质量要求;另一方面,医院中有许多特殊的室内环境,整体室内环境的要求高于一般公共建筑。在医院建筑中,容易产生化学的、生物的和其他的污染,这些污染所带来的健康问题很严重。医院建筑对室内空气质量有更高的要求,微生物以及病菌数必须保持在一定的指标内,新风量标准更高。医院建筑气流组织要求更严格,为防止交叉感染以及病菌传播,对设备的要求高。相对于一般公共建筑,人流量虽然比商场小,但比办公建筑等要大,因为设备散热和人体散热,冷负荷较大。医院建筑一般环境优雅,种植树木草皮较多,绿色环境能够降低建筑能耗,提高室内热舒适性。医院建筑各系统运行时间比商场建筑和办公建筑长,能耗更大。

### 2.3.3 建筑围护结构情况

医院类建筑中只有 7.4% 采用了外墙外保温技术,主要是由于所调查的医院大部分为 2005 年以前竣工的建筑,未达到节能标准要求。92.3% 的医院建筑采用的是普通单层玻璃,双层玻璃和镀膜玻璃只占很少一部分,所调查的医院中没有一家使用中空玻璃或 Low-e 玻璃,主要原因是后者的价格较高。但从节能角度考虑,采用传热系数较低的玻璃值得提倡。医院建筑外窗大部分使用铝合金窗,有 57.7% 的医院采用了内遮阳技术,而外遮阳技术应用较少,只占 19.2%;更有 23.1% 的医院没用采取任何外窗遮阳措施。各医院的屋面保温技术做得相对较好,48.1% 的医院采用外保温技术,通风屋面和种植屋面分别占 22.2% 和 7.4%。

### 2.3.4 用能设备情况

#### 2.3.4.1 空调系统

医院建筑集中空调无论是制冷机组还是水泵大多都采用台数控制,系统随负荷变化的自动调节能力较差。由于医院建筑空调系统大部分时间是在部分负荷下运行的,调节能力差的缺陷就显露无疑,必然导致资源和能耗的双重浪费。病人是一特殊群体,对室内温湿度要求存在很大差异。即使在有新风供应的情况下,有的病人还是把窗户打开,这就造成了能量的浪费。

医院实际用能与建筑设计的用能负荷之间存在着很大的差异。在绝大多数的情况下,用能负荷

都小于设计的最大值,从而造成循环水泵低负荷运行的状况,导致用能设备普遍存在“大马拉小车”的现象,能源浪费严重。

#### 2.3.4.2 照明系统

调查中,有 23.5% 的医院对楼宇内的照明系统设置了独立的集中控制系统,可在控制室内集中对某楼层、某单元的照明用电进行统一控制,从而可避免某些时候因人为疏忽而导致的能源浪费。5.9% 的医院对楼宇的照明控制还设置了专职人员,加强了照明系统的能源管理。各医院对照明和供电质量比较重视,76.5% 的医院通过调整照度,在满足场地不同时段的需要和人体舒适度需要的同时设定场地照明,避免浪费电能;通过调整配电三相平衡,有效减少电压波动和负荷失衡引起的电压谐波,降低能耗。另外,节能灯的使用率达 88.2%,大大降低了能耗。

#### 2.3.4.3 动力系统

医院类建筑一般仅设置升降式电梯,相比宾馆、写字楼等其他公共建筑,其人流量相对较大,电梯运行负荷及使用频率相对也较大。为便于病人及探视者出入,85.6% 的医院采取对电梯设置分段运行及错层使用等节能措施。但出于建筑节能的需求,建议各医院可在满足医患人员出行方便的前提下,对电梯运行进行优化设置,更进一步降低运行能耗。

### 2.4 校园用能简介

重庆市教委组织调查了 33 所学校,16 所学校交回了表格。所调查学校的总建筑数量为 96 栋,建筑总面积 120 万  $\text{m}^2$ ,其中有集中空调的面积 12.5 万  $\text{m}^2$ 。另外在沙坪坝区对 9 所学校进行了调查,其数据也列入了统计范围。

对大学的 11 栋教学楼(总面积 12 万  $\text{m}^2$ )的能耗计算结果表明,大学年能耗密度平均为 7.39  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,最大能耗密度为 16.26  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,最小能耗密度为 3.18  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,相差 4 倍以上。就同等类型的本科院校而言,最大能耗密度为 12.11  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,最小能耗密度为 3.18  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,相差 3 倍。

对主城区 12 栋教学楼(总面积 62 323  $\text{m}^2$ )的能耗计算结果表明,中小学类教学楼的年能耗密度为 11.95  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,比大学要高,能耗密度最大的是重庆一中教学楼,达到 40.51  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,

与采用集中空调耗能接近。实际上该教学楼每个教室都配备了空调,并且在假期都用于补习,而能耗密度最小的为沙坪地区第一实验小学的教学楼,为  $2.20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,最大值和最小值差近 20 倍。

## 2.5 文化场所用能简介

共向主城区 26 家包括文化馆、电影院和博物馆在内的文化单位发放了能耗调查普查表,其中回收了 20 家的表格,回收率为 76.9%,涉及到的各类公共建筑样本的具体数量为:文化馆 4 个,图书馆 2 个,博物馆 4 个,影剧院 8 个,会议中心 2 个。总建筑数量为 26 栋,建筑面积  $16.42 \text{ 万 m}^2$ ,其中采用集中空调的面积为  $12.99 \text{ 万 m}^2$ 。

文化设施用能可以分为三类,一类是采用集中空调并且需要长期工作的场所,如博物馆、大型图书馆。这类场所需要保持环境舒适,并且依靠经营费用不能维持正常的能耗开支,必须依靠政府补贴,如重庆三峡博物馆、重庆市图书馆等,这类建筑必须要重点研究降低能耗的方法。第二类是一些展览馆、礼堂、影剧院、以及高档会议室。这些场所虽然也采用集中空调,但是运行时间短,即使一段时间能耗较大,但是年能耗不是很大。第三类则是普通文化场所,即使有空调也是局部空调,这类建筑能耗和普通办公楼能耗基本相同。第一类场所平均能耗密度为  $170.85 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,第二类场所平均能耗密度为  $45.12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,第三类场所平均能耗密度为  $9.26 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

## 3 重庆市公共建筑节能潜力

对既有公共建筑的节能改造,由于受技术经济及周边环境等因素制约,可以将节能率定为 30%~50%。通过对能耗调查的数据整理,根据各地节能改造经验,预计的重庆市公共建筑节能潜力见表 1。

表 1 重庆市公共建筑节能潜力分析

	总面积 <sup>[4]</sup> / 万 m <sup>2</sup>	能耗密度/ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	节能效率/ %	节约 标准煤/t
大型商场	272.86	354.56	50	169 304
星级酒店	487.99	167.83	50	143 324
有集中空调病房	199.85	108.95	50	38 104
普通病房	130.90	65.27	40	11 961
学校办公楼	233.61	44.75	50	15 061
学校教室	485.26	8.93	30	4 550
博物馆类	12.78	170.85	50	3 821
影剧院、展览馆	8.60	45.12	40	543
普通文化馆	22.76	9.26	30	221
合计	1 854.6			386 889

## 3.1 对水泵的变频改造

水泵的全年能耗约占总能耗的 20%~25%,对水泵进行节能改造可节能 50%以上。因此对水泵进行节能改造后可使整个系统节能 10%以上。通过对典型工程的测算,改造的增量投资回收年限在 1~2 a<sup>[5]</sup>。从节能改造的条件分析,水泵的节能改造是最容易实现的,除具有明显的节能效益外,还具有较大的经济效益。在既有公共建筑节能改造中,应该优先采用这项技术。

## 3.2 采用 Low-e 玻璃

根据建筑用途以及建筑布局,由玻璃窗进入室内的热量占空调负荷的 10%~20%。如果将公共建筑的普通玻璃换成 Low-e 玻璃,并对窗框进行改造,由文献[6]的模拟结果,节能率在 40%以上。在重庆市公共建筑的节能改造中,用 Low-e 玻璃替换普通玻璃,节能潜力为 4%~8%。如果考虑增设活动外遮阳,节能效果更显著。

## 3.3 电气节能

通过对商场能耗构成分析,动力及照明系统能耗占 60%左右。由于这部分能耗基本上与季节变化无关,节能潜力相当可观。调查数据表明,各商场的照明能耗为  $10\sim 30 \text{ W}/\text{m}^2$ ,与 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》规定值  $12\sim 19 \text{ W}/\text{m}^2$  比较,部分商场还是有较大的节能潜力。适当降低商场过高的照度,除本身节能外,还可降低空调负荷,这部分节能潜力在 5%左右。通过对电梯和供配电系统进行节能改造,也有一定的节能潜力。

## 3.4 加强运行管理

根据调查分析,有 50%的单位在节能管理方面采取了优化措施,与其他单位相比,平均能耗下降 13%以上。节能运行不仅是加强对系统的日常管理,更重要的是在掌握系统能耗的基础上,预测节能潜力所在,建立有利于持续改进的运行机制,科学地运用能耗统计、能源审计、节能改造和节能目标管理等手段实现系统的长期节能运行。

## 4 结论与建议

1) 除国家和政府办公楼率先全面开展建筑节能外,重庆既有公共建筑的节能重点首先是商场,其次是星级宾馆酒店。

2) 学校目前能耗密度不高,主要原因是室内热环境质量太差。学校建筑面积总量大,潜在的能

耗总量大,应给予重视。

3) 采用水泵变频、玻璃窗改造、照明和供配电系统改造、加强运行管理或能源合同管理等措施,完全能够达到既有公共建筑节能 30%~50% 的目标。

4) 重庆是高速发展中的大都市,今后一段时期内,全市总建筑能耗增长是必然的。建筑节能考核指标宜用能耗密度,不宜用能耗总量。

5) 虽然目前空调设计都要进行负荷计算,但仍然属于定工况静态设计,而空调系统是为建筑物建成后几十年服务的。要大致了解建筑物建成以后的能耗情况,就要进行动态模拟。只有经过动态模拟,优选出节能的空调方案和系统,才能真正实现节能运行。全国已有部分省市建设主管部门要求对大型公共建筑、标志性建筑等进行动态模拟。重庆市应尽早开展这项工作。

6) 负荷计算的出发点是避免空调设备选型不当。但空调系统多数情况是在部分负荷下工作,“大马拉小车”是空调系统运行的常态。因此空调系统的运行调节才是节能的关键,目前空调系统的运行节能研究还不能满足工程需要。

7) 目前气候变化快,经常会出现极端天气现象,动态模拟所需要的气象参数应该相应变化。而目前所采用的几十年前的统计数据要指导今后多年建筑物中空调系统的运行,误差会很大。因此建议每隔一段时间就更新气象数据,以适应变化的气候。

#### 参考文献:

- [1] 重庆市人大常委办公厅,重庆市人民政府办公厅. 关于做好重庆市公共建筑节能和运行管理的通知(渝人办发[2007]25号)[R],2007
- [2] 重庆市人大城环委. 关于对城市既有公共建筑节能情况进行调查的通知(渝人城环[2006]22号)[R],2006
- [3] 江亿,杨秀,石文星,等. 2007年中国建筑节能年度发展研究报告[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007
- [4] 重庆市统计局. 统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2006
- [5] 龙洋波,吴祥生,王黎黎. 重庆市某办公建筑空调系统节能改造研究[C]//2006年全国暖通空调制冷学术年会资料集,2006
- [6] 张洪宇,张敏奇,吴祥生. 重庆地区住宅建筑外窗节能研究[J]. 制冷与空调,2005(增刊):60-62

(上接第 28 页)

表 4 雨水池冷却、冷却塔冷却运行费用对比

	冷却塔冷却	雨水间接冷却	雨水直接冷却	备注
冷却水泵 (2台)	G=830 m <sup>3</sup> /h H=24 m N=90 kW	G=830 m <sup>3</sup> /h H=20 m N=75 kW	G=830 m <sup>3</sup> /h H=26 m N=90 kW	
雨水泵 (2台)		G=830 m <sup>3</sup> /h H=24 m N=90 kW		
冷却塔	G=1 660 m <sup>3</sup> /h N=22×2 kW =44 kW			
补水量	16.6 m <sup>3</sup> /h			
运行费用/ (元/h)	195.93 175.18	233.62 233.62	127.43 127.43	市政补水 中水补水
运行费用百 分比/%	100	119	65	市政补水 中水补水

注:1) 按单台制冷量 7 032 kW 的主机进行对比,市政水费取 2.25 元/m<sup>3</sup>,中水费取 1.0 元/m<sup>3</sup>,电费取平段 0.786 6 元/(kWh)。

2) 电费计算:电动机功率×0.9×电价;水费计算:水量×水价。

在 T3 航站楼项目中,有条件布置冷却塔的情况下,考虑雨水冷却是不合理的,如果考虑采用处理后的雨水作为冷却水系统补水,节省的费用见表 5。

## 5 结论

5.1 通过对深圳 T3 航站楼的雨水池用于空调系统冷却的应用分析,在深圳地区采用地表水间接冷

表 5 采用处理后的雨水作为冷却水系统补水时节省的费用

负荷率/%	时间/d	日总冷负荷/(kWh/d)	补水量/m <sup>3</sup>
100	60	794 897	112 586.8
75	120	596 173	168 880.8
50	60	397 449	56 293.4
25	30	198 724	14 073.5
合计			351 834.5
节省费用/万元			44

注:1) 市政水费按 2.25 元/m<sup>3</sup> 计,中水费按 1.0 元/m<sup>3</sup> 计;

2) 冷却塔补水量取 0.00 236 m<sup>3</sup>/(kWh)。

却空调制冷系统是不节能的。

5.2 采用可利用的地表水经中水处理后作为冷却水补水的节水、省钱效果显著。

#### 参考文献:

- [1] 陈耀宗,姜文源,胡鹤均. 建筑给排水设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国建筑工业出版社,2008
- [3] 中国建筑设计研究院. CJJ 122—2008 游泳池给水排水工程技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009
- [4] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2004
- [5] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005