

济南地区商业建筑节能改造及光伏应用潜力研究*

朱 丽, 张吉强, 孙 勇, 霍玉佼, 邵泽彪
(天津大学 建筑学院, 天津 300072)

摘要: 通过对济南某商业建筑照明、空调、电梯等设备的能耗调研,提出了针对性的节能改造措施。改造后商业建筑全年用电量节约2 293 MW·h,其中照明年节电率达24.6%,空调年节电率达7.2%,电梯年节电率达62.1%。同时,利用PVSYST软件对商业建筑屋顶的光伏利用潜力进行了分析。结果表明水平和最佳倾斜角度两种铺设方式下屋顶光伏阵列的年发电量分别为742.7 MW·h和487.6 MW·h,水平铺设的光伏阵列年发电量比最佳倾斜角铺设阵列年发电量多255.1 MW·h,但需多安装光伏组件976块,对应的安装功率多283 kW。

关键词: 商业建筑; 能耗调研; 节能改造; 光伏潜力

中图分类号: TU20 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2016)11-0104-04

Energy Efficiency Retrofitting and Photovoltaic Potential Study of a Commercial Building in Jinan

ZHU Li, ZHANG Ji-qiang, SUN Yong, HUO Yu-jiao, SHAO Ze-biao
(School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The targeted energy saving measures are proposed through energy consumption survey on the lighting, air conditioning, elevators and other equipment for an existing commercial building in Jinan. Annual electricity consumption of the commercial building saves 2 293 MW·h after retrofitting, where the electricity saving rate of lighting is 24.6%, that of air conditioning is 7.2%, that of elevator is 62.1%. Meanwhile, the potential of photovoltaic(PV) on the commercial building roof was analyzed by PVSYST software. The results show that the annual generating capacity of the PV array under the horizontal angel and the best angle is 742.7 MW·h and 487.6 MW·h respectively; The annual power generation of the horizontal PV array is 255.1 MW·h more than that of the best angel, but additional 976 pieces of PV modules are needed, which means the installation power of PV array with the horizontal angle is 283 kW more than PV array with the best angle.

Keywords: commercial building; energy consumption survey; energy efficiency retrofitting; photovoltaic potential

0 引言

对既有建筑进行节能改造是我国推行建筑节能,建设资源节约型和环境友好型社会的重要步骤。根据我国政府提出的目标,“十二五”期间,夏热冬冷和夏热冬暖地区既有公共建筑节能改造6 000万m²。预计到2020年要完成对大部分既有建筑的节能改造^[1,2]。可再

生能源的利用在节能改造工程中发挥着重要作用,如何在既有建筑中应用太阳能技术成为近年来建筑节能的研究热点之一^[3,4]。本文以济南地区既有商业建筑为例,在建筑能耗调研数据的基础之上,提出适宜的节能改造方案,且对改造前、后的建筑耗电量进行了对比分析;同时,采用PVSYST软件分析了商业建筑屋顶光伏利用潜力,为其光伏技术的应用提供了数据支撑。

1 项目概况

该商业建筑一期建筑面积为55 816 m²,二期建筑面积为9 676 m²。一、二期建筑地上共6层,地下共3层。

收稿日期:2016-03-04; 修回日期:2016-03-25

* 基金项目:国家自然科学基金项目(51478297);国家教育部与国家外国专家局高等学校学科创新引智计划——低碳城市与建筑创新引智基地(B13011);天津市应用基础与前沿技术研究计划青年项目(15JCQNJC43600)

商城设备在工作日(周日晚至周五)开启14 h,在休息日(周五晚至周日)开启14.5 h。

通过调研得到商业建筑改造前的用电量统计数据,如图1所示,年总用电量多达 1.38×10^4 MW·h。其

中,照明年总用电量为8 399 MW·h,占商业建筑总用电量的60.9%;空调年用电量为2 777 MW·h,占总用电量的20.14%;电梯用电量为72 MW·h,占总用电量的0.52%(见图1)。

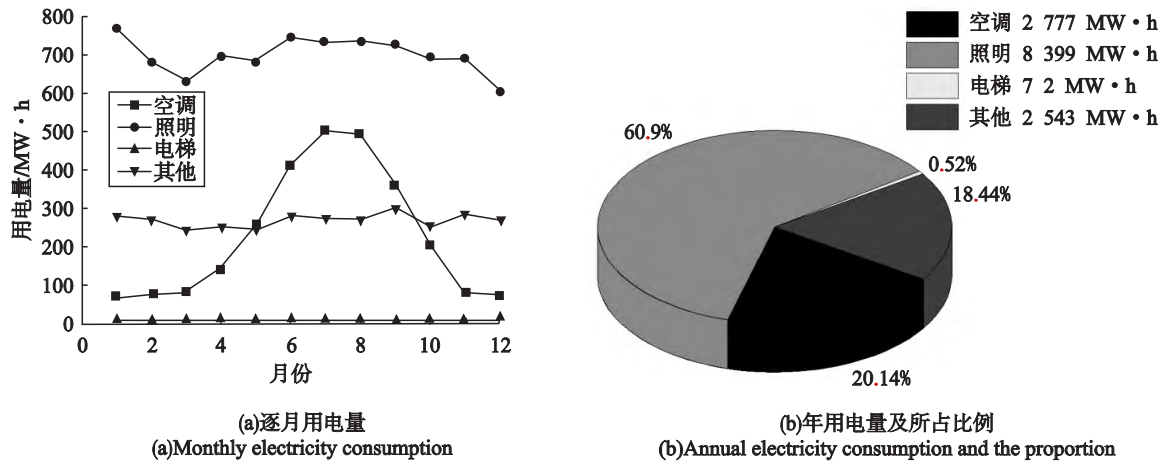


图1 商业建筑改造前各部分用电量情况

Fig.1 Electricity consumption for each part of the commercial building before retrofitting

2 商业建筑节能改造措施与效果分析

2.1 节能改造措施分析

从调研数据可以看出,照明系统用电量所占比例最大,空调次之,电梯比重虽不大但具有节能改造潜力^[4]。因此,商业建筑从照明、空调、电梯等设备方面考虑节能改造措施,降低建筑能耗。除空调系统用电量具有明显的季节性特征外,其他各部分用电量全年都相对平稳。

2.1.1 照明改造

商业建筑照明能耗高,一方面是由于商业建筑绝大部分空间利用人工照明,另一方面则是照明灯具功率过高。另外,商业建筑的照明设备难以实现“部分空间、部分时间”开启。针对该问题,商业建筑采取了以下改造措施:首先,商业建筑内照明由原来的150 W金属卤化物灯全部更换为45 W的LED灯;其次,根据季节变化和负荷要求及时调整变压器的运行台数,做到办公区域人走灯灭的要求。

2.1.2 空调系统改造

商业建筑夏季采用4台冷量1 000冷吨制冷机作为冷源,其中1台为变频控制,其余3台无变频,当前选用的空调设备及系统得当。针对这种情况,商业建筑采取如下针对性措施:首先,不对设备及系统进行更换;其次,加强商业建筑空调系统节能运行管理^[5],在满足室内空气品质的条件下,合理调整运行参数,夏季适当提高室内温度,冬季适当降低室内温度。

2.1.3 电梯改造

商业建筑电梯能耗高,主要是由于商业建筑人流不稳定,电梯经常空载。针对此问题,商业建筑采取了如下针对性措施:首先,对电梯采用红外线与变频相结合的控制方式进行改造;其次,新增加了电机过流、电机绕组绝缘监测功能。

2.2 节能改造效果

改造后,对商业建筑的照明、电梯、空调能耗情况进行了统计与对比分析。如图2所示,照明系统改造后,照明年用电量降至6 334 MW·h,照明方面的年能耗降低了24.6%。照明能耗的下降并没有影响室内空间照度。各楼层测试点的照度数据显示,室内平均照

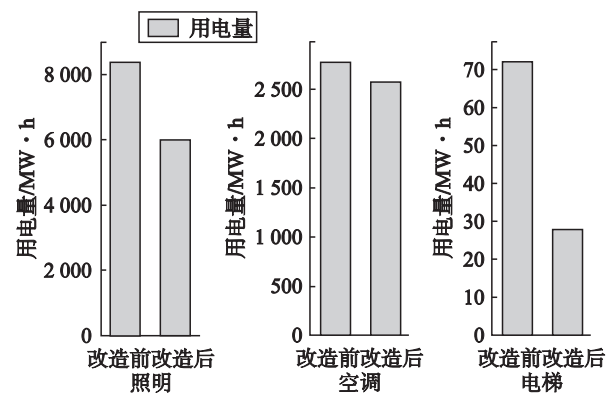


图2 改造前、后商业建筑各部分能耗对比

Fig.2 Comparison of each part energy consumption of commercial building before and after retrofitting

度值上升了26%。加强商业建筑空调系统节能运行管理后,空调年用电量降至2 577 MW·h,年能耗降低了7.2%。电梯系统改造后,年用电量降至28 MW·h,年能耗降低了62.1%。

3 商业建筑光伏利用潜力模拟分析

商业建筑对照明、空调和电梯节能改造后,节能效果显著。但是,若想进一步降低建筑能耗,就需要从太阳能的光电或光热方向进行研究。由于商业建筑对热水需求较小,遂对屋顶光伏利用方向进行研究。该商业建筑屋顶面积较大,无其他建筑物遮挡,利于在屋顶铺设光伏板发电,充分利用太阳能,可进一步达到节能减排的效果^[6,7]。为此,以光伏阵列水平铺设和最佳倾斜角铺设两种方式对商业建筑屋顶的光伏利用潜力进行了对比分析。

3.1 地区气候条件及设备选型

济南市位于北纬36°40',东经117°00',日照充足。以天合光能公司的Honey M Plus高效单晶电池组件为例,产品参数如表1所示。

表1 选用电池组件产品参数

Table 1 Product parameters of the selected cell module

产品型号	峰值功率/W	组件效率/%	长度/mm	宽度/mm
Honey M Plus	290	17.7	1 560	936

3.2 光伏阵列铺设方式

3.2.1 水平铺设

该商业建筑屋顶为东西长65 m、南北宽55 m、方位角0°的平屋顶。将单块光伏板组成两个矩形阵列,以水平的方式铺设在屋顶。最南面光伏阵列距女儿墙取1.6 m,最北面距女儿墙取0.6 m,光伏阵列距东西女儿墙均为1 m,中间留0.6 m宽人行道(见图3)。光伏阵列总铺设面积为3 294 m²,共计2 256块,水平的光伏阵列组件安装功率为654 kW。

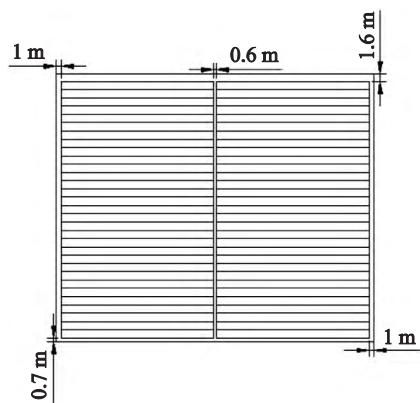


图3 光伏阵列水平铺设布置图

Fig.3 The laying plan of PV array under the horizontal angel

3.2.2 最佳倾斜角铺设

济南地区光伏阵列最佳倾斜角度为34°。为了避免光伏阵列之间相互遮挡影响其发电效率,光伏阵列以最佳倾斜角安装时,光伏阵列的间距可采用公式(1)计算:

$$d=[A \cdot (\sin\beta + \tan\alpha \cdot \cos\beta)] / \tan\alpha \quad (1)$$

式中 α 为遮挡角度($^{\circ}$);

d 为光伏阵列间距, m;

A 为光伏板宽度, m;

β 为光伏阵列的倾斜角度($^{\circ}$)。

其中,遮挡角度 α 可由公式(2)计算得到:

$$\alpha=90^{\circ}-\delta-\varphi \quad (2)$$

式中 δ 为冬至日赤纬, 23.5°;

φ 为城市地理纬度。

经计算,济南地区 α 值为29.8°。

由公式(1)可得光伏阵列最小间距为1.7 m。女儿墙高度为0.9 m,为了避免女儿墙遮挡光伏阵列,计算得第一排光伏阵列距女儿墙最小距离为1.6 m。前后排间距取1.7 m,最后一排距女儿墙0.6 m,两组间距为0.6 m,光伏阵列距东西女儿墙均为1 m。每排光伏阵列设置40块光伏板,每20块为1组,光伏阵列共设32排(见图4),共计1 280块光伏板,总铺设面积为3 294 m²,比水平铺设阵列减少976块组件;最佳倾斜角的光伏阵列组件安装功率为371 kW。

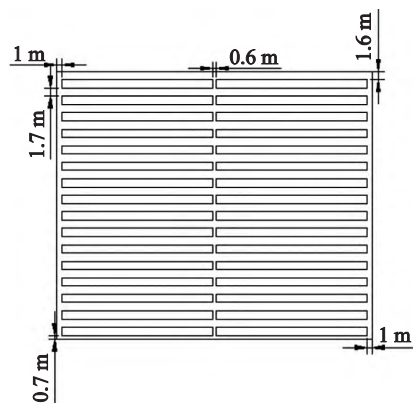


图4 光伏阵列以最佳倾斜角铺设布置图

Fig.4 The laying plan of PV array under the best angle

3.3 发电量模拟及对比分析

利用PVSYST软件,算出光伏阵列逐月及年发电量(见图5),可以看出水平和最佳倾斜角铺设的光伏阵列中每块组件年发电量分别为329 kW·h和381 kW·h,最佳倾斜角铺设的组件比水平铺设组件每年多发电52 kW·h;水平和最佳倾斜角铺设的光伏阵列的全年发电量分别为742.7 MW·h和487.6 MW·h,比最佳倾斜角的光伏阵列组件多发电255.1 MW·h。

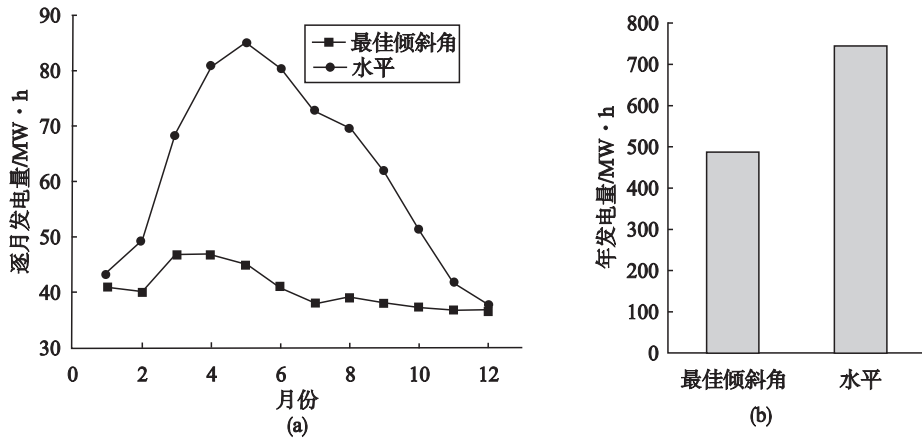


图5 水平及最佳倾斜角铺设时光伏阵列的逐月及年发电量对比

Fig.5 Comparison of monthly and annual electricity generation under the horizontal angel and the best angle

4 结论

针对济南地区某既有商业建筑,从照明、电梯、空调等方面进行了节能改造,同时,分析了屋顶光伏阵列水平和最佳倾斜角两种铺设方式下的发电潜力,结论如下:

(1)通过更换LED灯、变频电梯和改善空调系统运行参数等措施对照明、电梯和空调系统进行了节能改造。改造后商业建筑全年能耗减少约2 293 MW·h,其中照明年能耗降低了24.6%,空调年能耗降低了7.2%,电梯年能耗降低了62.1%。

(2)水平和最佳倾斜角两种铺设方式下屋顶光伏阵列的安装功率分别为654 kW和371 kW,年发电量分别为742.7 MW·h和487.6 MW·h;水平铺设光伏阵列年发电量比最佳倾斜角铺设阵列年发电量多255.1 MW·h,但需多安装光伏组件976块,安装功率多283 kW。

参考文献:

- [1]侯利恩.中国建筑能源消费情况研究[J].华中建筑,2015,33(12):94-100.
- [2]董亦斌,吴学智,唐芬.分布式光伏发电与主动配电网的协调发展[J].电力建设,2015,36(1):72-75.
- [3]沈可及.既有建筑节能改造的现状与出路[J].建筑节能,2010,38(1):9-12.
- [4]梁晓峰.公共建筑的建筑节能探讨[J].建材与装饰,2015,46:110-111.
- [5]李随亮,李正.大型公共建筑节能管理系统的开发[J].智能建筑,2014,(165):72-74.
- [6]霍玉佼,朱丽,孙勇.屋顶光伏阵列优化及其对既有建筑能耗的影响研究[J].建筑节能,2015,43(292):36-39.
- [7]杨刚,陈鸣,陈卓武.固定式光伏阵列最佳倾角的CAD计算方法[J].中山大学学报:自然科学版,2008,47(S2):165-169.

作者简介:朱丽(1977),女,安徽亳州人,博士,教授,博士生导师,主要从事低碳城镇能源规划与关键技术和低碳建筑设计及关键技术集成研究(zly_tj@163.com)。

通讯作者:孙勇(1984),男,山东枣庄人,博士,助理研究员,主要从事建筑节能技术和太阳能建筑一体化研究(sunyong-1984@163.com)。

(上接第17页)完全中冷双级压缩制冷系统相比在理论上COP相差不大,甚至有优势,此外,复叠系统减少了中冷器的设置,从而减少了注氨量。

(2)如果空气制冷加上回热过程,将减少空压机压缩比,减少压缩功耗,增加膨胀前过冷度,从而在COP上得到提升。同时,采用氨/空气复叠制冷系统能移去中冷器及其管件,只需增设空压机和膨胀机,如果膨胀机与空压机同轴,利用膨胀功回收能量,空压机功耗进一步减少,复叠制冷系统代替双级压缩的前景将增加。

参考文献:

- [1]李敏,戴午子,李湛.减少注氨量的氨制冷系统气液分离设备的新设计[J].

制冷技术,2010,30(4):26-28.

[2]赵雁纪.空气制冷与蒸气压缩制冷在气候环境模拟试验中应用的经济性分析[J].低温工程,2000,115(3):42-48.

[3]郭宪民,张森林,赵硕,等.回热器对低温空气制冷系统性能影响的实验研究[J].热科学与技术,2014,13(3):255-259.

[4]李敏.冷库制冷工艺设计[M].北京:机械工业出版社,2009:119-123.

作者简介:赵家强(1993),男,广东人,硕士,研究方向:通用机械节能研究(alucard322949@163.com)。

通讯作者:余晓明,男,教授,上海理工大学能源与动力学院,制冷及低温工程研究所,研究方向:通用机械节能(teacheryxm@126.com)。