

近零能耗建筑多能耦合能源系统的运行评价

丑雪松¹ 李妍² 庄月¹ 张芮函¹ 康子平¹

1 吉林建筑科技学院 吉林长春 130114; 2 吉林建筑大学 吉林长春 130118

摘要: 本文通过对长春市某高校近零能耗建筑的多能耦合能源系统的运行进行检测, 并与国家标准《近零能耗建筑检测评价标准》做对比, 评价其运行效果。实测结果: 建筑太阳能光伏发电系统转化效率为 93.29%, 光伏组件转化效率 13.66%; 地源热泵机组供暖系统能效比为 3.0, 机组制热 COP 为 3.3。以上实测结果均满足国家标准, 可见建筑所采用的先进的节能技术, 对严寒地区近零能耗建筑的推广有着重要意义。

关键词: 近零能耗建筑; 多能耦合系统; 运行评价

Operation evaluation of multi-energy coupled energy system in near zero energy building

Chou Xuesong 1 Li Yan 2 Zhuang Yue 1 Zhang Rui Han1 Kang Ziping 1

1 Jilin Institute of Building Science and Technology, Changchun 130114, China; 2 Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China

Abstract: In this paper, the operation of the multi-energy coupling energy system of a near-zero energy building in a university in Changchun was tested, and compared with the national standard "near-zero energy building Inspection and Evaluation Standard" to evaluate its operation effect. Measured results: The conversion efficiency of building solar photovoltaic power generation system is 93.29%, and the conversion efficiency of photovoltaic module is 13.66%; The energy efficiency ratio of the heating system of the ground source heat pump unit is 3.0, and the heating COP of the unit is 3.3. The above measured results all meet the national standards, it can be seen that the advanced energy-saving technology used in the building is of great significance to the promotion of near-zero energy consumption buildings in cold regions.

Key words: near-zero energy building; Multi-energy coupling system; Operation evaluation

一、工程简介

本近零能耗示范建筑坐落于长春市某高校内, 总面积为 1180.2 m², 2017 年底建成并开始投入使用运行^[1]。建筑以可再生能源(太阳能、风能、浅层地热能)作为供能的主要形式。具有地热能+太阳能+电能+风能多能源耦合、高性能外围护结构、风光互补发电及建筑一体化、毛细管末端辐射供暖供冷、全时自动监测与控制以及全热回收式新风系统等六大技术体系作为核心技术特色。2020 年《近零能耗建筑检测评价标准》发布, 于 2021 年 1 月开始实施。近零能耗建筑建成后, 检测是检验建筑实施质量的有效手段。实行工程检测能够为进一步修复工程提供准确的科学依据, 达到工程控制的目的^[2]。本文检测正依据此评价标准(以下简称标准)。

二、多能耦合能源系统运行检测

(一) 太阳能光伏系统运行检测

太阳能光伏建筑一体化是本建筑的特点之一。二楼实验室内搭建了太阳能光伏系统平台, 可监测每日发电量、年发电量、总发电量等数据。依据标准本次太阳能光伏系统的检测以年为周期, 连续监测并计算, 公式如下:

① 太阳能系统转换效率

$$P_R = \frac{ET}{p_e h_T} \quad (1)$$

式中: PR——在 T 时间段内光伏电站的平均系统效率(%)

ET——在 T 时间段内光伏电站输入电网的电量(kWh);

Pe——光伏电站组件装机的标称容量(kW);

hT——T 时间段内方阵面上的峰值日照时数(h)。

② 太阳能组件转化效率

$$\eta = \frac{P_m}{A I_s} \quad (2)$$

式中: η 为组件转换效率(%); P_m 为光伏组件最大输出功率(W); A 为光伏面积(m²); I_s 为太阳辐射强度(W/m²)

可再生能源的利用是近零能耗建筑的核心, 而光伏发电在可再生能源利用中占据主导地位。自 2022 年 1 月至 2022 年 12 月, 建筑总发电量为 38857.3 kWh。其中当月发电最低为 12 月, 合计 2157.3kWh, 发电最多月份为 3 月, 合计 3850.7kWh。依据图 1 所示建筑日发电量可以看出, 日发电量峰值时期集中在 2 月至 4 月以及 10 月至 11 月。而夏季 7、8 月份发电量反而稍低, 其原因是太阳能光伏组件的效率受到夏季室外高温的影响。为增加发电量, 可以在光伏背板利用水冷却或是通风降温的方法降低光伏组件的工作温度。

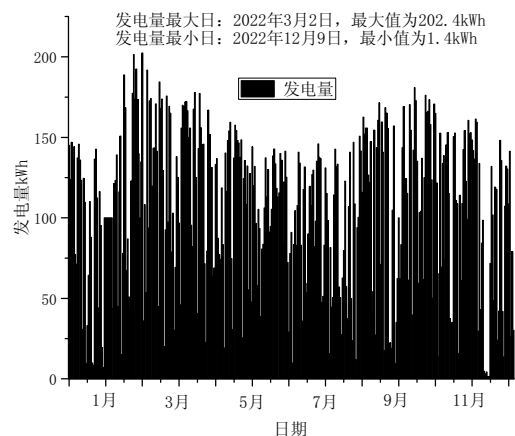


图 1 太阳能光伏日发电量

测试期间,发电量总计 38857.3kWh,光伏装机总容量为 29.75 kWp,长春峰值日照数为 1400h,依据式(1)计算得出建筑光电系统转化效率为 93.29%。光伏总面积约为 205m²,单块光伏板面积约为 1.83 m²,在 STC 条件下测得的功率约为 250w,通过式(2)计算出组件转化效率约为 13.66%。

(二)地源热泵供暖系统运行检测

地表土壤是一个含有巨大能量的蓄能体,土壤由于吸收着来自太阳能以及其他形式的能量交换而储存了大量的低品味能源,将低品味能源转换成高品味能源并加以利用是一项极其关键的技术^[4]。由于长春市处于严寒地区,冬季供暖时间过长^[5]、建筑全年冷热负荷不均匀,导致地源热泵机组需要源源不断的从地下提取热量,同时由于太阳能集热器向地下的回灌,形成了太阳能辅助地源热泵的多能互补技术体系。

地源热泵供暖系统采取日间关闭,夜间开启的间歇性运行模

式。可满足建筑室内温度维持在 20℃-21℃之间。吴春玲等人研究发现^[6],机组制冷 COP 随着土壤温度的升高而降低,制热 COP 随着土壤温度的升高而升高。热泵机组制热性能参数计算公式如下:

$$COP = \frac{Q}{N_i}$$

$$Q = \frac{V\rho c\Delta t}{3600} \quad (4)$$

式中: COP——热泵机组制热(制冷)性能系数;

Q——机组平均制热(制冷)量(kW);

N_i——机组的平均输入功率(kW);

V——机组用户侧平均流量(m³/h);

Δt——用户侧供回水温差(℃);

ρ——热(冷)介质平均密度(kg/m³);

c——热(冷)介质平均定压比热(kJ/kg·℃)。

表 2 2022-2023 年度热泵供暖系统参数

	日期	机组电耗(kwh)	水泵电耗(kwh)	制热量(kwh)	机组性能	能效比
供暖期	2022.10	115.23	10.48	389	3.38	3.09
	2022.11	1543	140.27	5041.6	3.27	3.00
	2022.12	2034.5	184.95	6218.1	3.06	2.80
	2023.01	1934.2	175.84	6218.7	3.22	2.95
	2023.02	1843.2	167.56	5934	3.22	2.95
	2023.03	1435	130.45	4718.6	3.29	3.01
	2023.04	131.2	11.93	454.5	3.46	3.18
	2022.10—2023.04	9036.33	821.48	28974.5	3.3	3.0

表 2 为热泵机组供暖期的运行数据。热泵机组供暖期间制热效率平均为 3.3,热泵系统能效比平均为 3.0。根据齐彦宇的研究发现^[7]:本次测试机组制热效率较他研究时略有降低,而热泵系统能效比却上升显著。

三、总结

近零能耗建筑投入使用后的运行及其相关数据的监测对未来的研究有着极高的可鉴性。不仅对严寒地区建筑的低能耗、高能效有着充分的、合理的数据支持,还有利于为严寒地区近零能耗建筑从设计施工到运行效果以及系统完善和节能管理等方面提供了良好的借鉴依据。

参考文献:

[1]陶进,王杨洋,任楠楠.吉林城建学院超低能耗建筑示范项目研究[J].建筑科学,2017,33(06):8-14.
[2]时流.《近零能耗建筑检测评价标准》发布[J].建筑节能,2020,48(08):144.

[3]丑雪松,韦新东,陶进.近零能耗建筑新风热回收效率测试及节能分析[J].北方建筑,2021.6(01):22-24.

[4]张微,王杨洋,李爽等.严寒地区某示范工程土壤热泵系统概述[J].赤峰学院学报(自然科学版),2016.32(18):145-147.

[5]黄开林,严寒地区土壤源热泵建筑应用示范工程研究[D],吉林建筑大学.2015:77.

[6]吴春玲等,地源热泵间歇运行方式对地温恢复和机组能效的影响研究[J].制冷与空调.2014,28(04):410-414.

[7]齐彦宇,严寒地区近零能耗建筑用能系统运行评价研究[D].长春工程学院.2019:43.

基金项目:吉林建筑科技学院基金“太阳能-地热能双能耦合在严寒地区近零能耗建筑中的应用研究”,项目编号:校科字[2021]036ZQKJ号。

作者简介:丑雪松(1995-),男,汉族,吉林白城人,助教,硕士研究生,研究方向:清洁能源利用。