

多能互补型超低能耗绿色建筑能源供应研究*

刘凯^{1,2}, 丁晓欣^{1,2}, 王鑫³

(1.吉林建筑大学 经济与管理学院, 吉林 长春 130118;
2.吉林省绿色建筑与管理研究中心, 吉林 长春 130114;
3.吉林建筑科技学院 市政与环境工程学院, 吉林 长春 130114)

摘要: 超低能耗绿色建筑作为未来建筑的发展方向, 极大改变了当前建筑业结构, 并受到各地政府的高度关注和迅速推广。通过分析当前绿色建筑能耗存在的问题; 以严寒地区为例, 利用eQUEST对建筑能耗模拟分析, 确定超低能耗建筑节能效果明显。为保证超低能耗绿色建筑节能目标的顺利实施, 提出多能互补型超低能耗建筑的能源供应, 以及关键技术措施的设计和施工进行介绍。将建筑节能降耗工作逐步从措施导向转为效果导向, 利用数据说明建筑节能降耗的实质性内容。

关键词: 超低能耗; 绿色建筑; 能耗模拟

中图分类号: TU201.5

文献标志码: A

文章编号: 1672-0105(2020)01-0062-05

Research on Energy Supply of Multi-energy Complementary Ultra-low Energy Green Building

LIU Kai^{1,2}, DING Xiao-xin^{1,2}, WANG Xin³

(1.College of Economics and Management, Jilin Jianzhu University, Jilin, Changchun, 130118, China; 2.Jilin Province Green Construction and Management Research Center, Jilin, Changchun, 130114, China; 3.School of Municipal and Environmental Engineering Jilin Institute of Architecture and Technology, Jilin, Changchun, 130114, China)

Abstract: As a development direction of future buildings, ultra-low-energy green buildings have greatly changed the current construction industry structure, and have been highly concerned and rapidly promoted by local governments. By analyzing the current problems of energy consumption of green buildings; taking the cold region as an example, using eQUEST to simulate the building energy consumption, it is determined that the energy-saving effect of ultra-low-energy buildings is obvious. In order to ensure the smooth implementation of energy-saving targets for ultra-low-energy green buildings, the energy supply of multi-energy complementary ultra-low-energy buildings and the design and construction of key technical measures are introduced in the paper. The construction energy conservation and consumption reduction work will gradually shift from the measure orientation to the effect orientation, and the data will be used to illustrate the substantial content of building energy conservation and consumption reduction.

Key Words: ultra-low energy consumption; green building; energy consumption

0 前言

节能减排是目前国家为应对当前国家施行可持续性发展战略的重要举措, 针对节能环保新型发展策略, 各行业寻求转型。建筑业作为支柱性行业, 更需要为当前节能减排做出突出业绩^[1-2]。现今对于推进建筑节能的进程中^[3-4], 建筑业的能耗已经处于6L/m²之下, 随着节能减排工作的持续推进, 将能

很快实现存量建筑全面能耗低于3L/m²的目标, 其中, 绿色建筑因其对气候、环境、资源、经济和文化等特点综合考虑, 同时通过对建筑全寿命期考量, 从而引起在全国各地区范围内的强烈响应。当前建筑业能源消耗量及我国房屋建筑面积变化如表1、图1所示。

就目前建筑发展过程中建筑能耗主要存在问

收稿日期: 2019-09-28; 修回日期: 2019-12-22

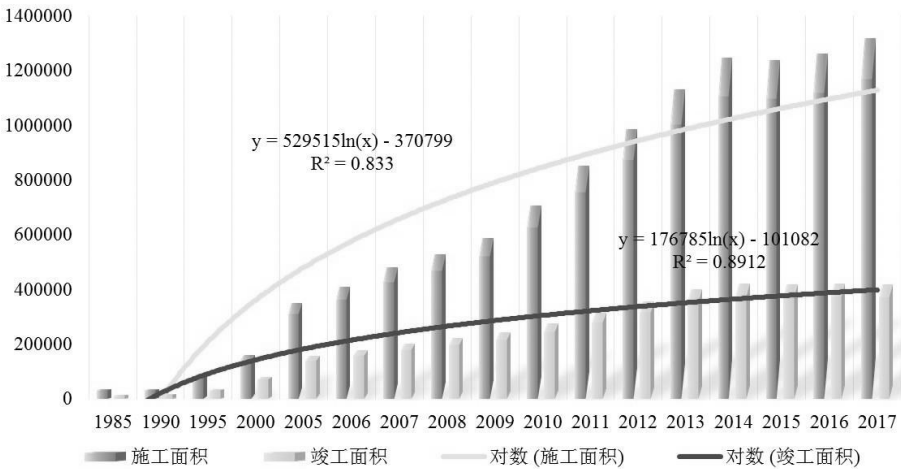
基金项目: 吉林省科技厅重点研发项目 (20180201028sf)

作者简介: 刘凯 (1992—), 男, 江苏徐州市人, 硕士, 主要研究方向: 工程项目管理; 丁晓欣 (1964—) 女, 吉林长春人, 教授, 硕士, 主要研究方向: 管理科学与工程; 王鑫 (1999—) 男, 湖北神农架人, 本科, 主要研究方向: 建筑环境与能源应用 (设备方向)。

表1 建筑业能源消费量

能源消耗总量/ 万吨标准煤	煤炭消耗量/ 万吨	焦炭消耗量/ 万吨	汽油消耗量/ 万吨	煤油消耗量/ 万吨	柴油消耗量/ 万吨	燃料油消耗 量/万吨	天然气消耗 量/亿立方米	电力消耗量/ 亿千瓦时
7 990.93	805.29	7.05	437.26	10.00	561.26	51.91	1.95	725.62

注:根据2018年中国统计年鉴



资料来源:中国统计年鉴—2019

图1 我国房屋建筑面积发展状况

题为:

第一,突出建筑造型,忽视能耗的重要度。现阶段对于建筑的外形的盲目追求,一味地使用新奇独特的外观构造对于建筑资源的浪费,由此对于社会环境以及经济造成的负担不容小觑^[5-6]。

第二,现阶段以建筑构造来讲,对于建筑体型系数、外墙构造及屋顶围护结构、热源的供应以及能源运输等各个问题,未就建筑工程的系统性,全局性,全面性和全方位进行考虑。片面的追求单一性效果,而忽视就整个建筑的寿命周期来讲节能降耗的可持续性。而由此产生的能耗增加以及能源损失对于整个建筑行业实现节能减排绿色可持续性发展是十分不利的。

第三,新能源利用,缺少全局性考虑^[7]。虽然超低能耗建筑在前期投资比较大,超过一般性建筑,但是考虑到节能降耗的综合效益以及建筑较长的寿命周期运行成本,选择超低能耗绿色建筑才是当下建筑业发展的必由之路。

第四,对于部分采用新能源设计的节能建筑的用能机制不成熟,并且缺乏相应的用能机制约束,为获取补贴,强加设计新能源系统;缺乏相应的监管措施,致使我国各类建筑节能减排的目的久久不能实现。

综上所述,这些问题的存在对我国建筑业实行节能减排工作极其不利,且随着社会进步,建筑规模加大,能源危机,环境治理等问题的突出,建筑节能降耗的重要性会进一步加重^[8-9]。再者,人们对室内环境品质、舒适度的要求越来越高,新型建筑功能多元化,结构复杂化的增加,这就需要将建筑节能降耗工作逐步从措施导向转为效果导向,利用数据说明建筑节能降耗的实质性内容。

1 建筑能耗影响因素

根据系统思维对建筑内外部能耗影响因素进行归纳,总结建筑内外部影响能源消耗的因素如表2所示。

2 能源供应措施

2.1 新型能源供应种类

依据超低能耗绿色建筑项目实施环境,可以对其实行的能源供应如表3所示。

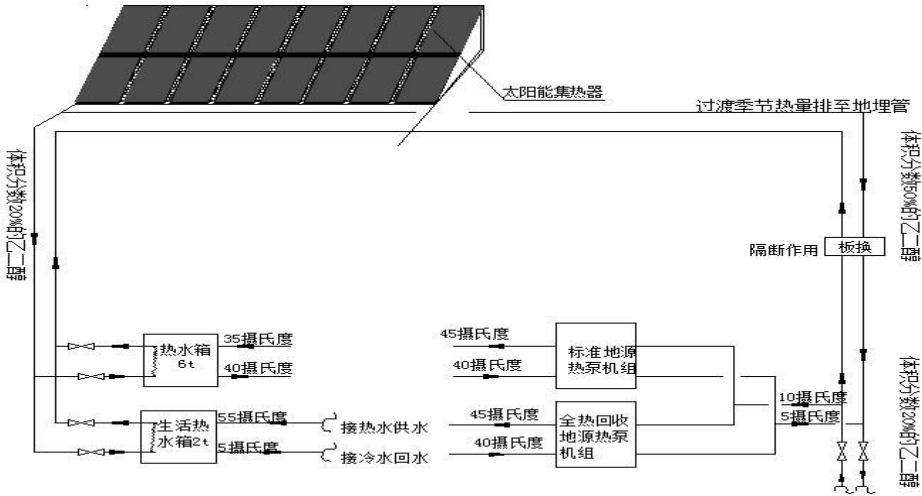
2.2 具体能源供应方式

(1) 太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统除满足夏季在制取热水时,还可以供应建筑照明等设备运行能耗^[10]。过渡季节,太阳能系统制取的热量在满足生活热水的情况下,将剩余的热量全部排入地下用来补充冬季的

表2 建筑内外部影响能源消耗因素表

内部能耗			外部能耗		
序号	种类	影响因素	序号	种类	影响因素
1	照明	建筑区域	1	建筑朝向	太阳高度角
		房间功能			主立面迎对主风向
		灯具的控制模式			太阳辐射
		人员使用习惯			内部使用要求
		室外照度	2	建筑物体形系数	围护结构传热
		建筑本身的采光状况			建筑造型
		日常维护管理			平面布局
		照明灯具本身光效			房间功能划分
		利用系数			采光
		开启率			通风
2	设备	设备功率	3	建筑围护结构	建筑外墙
		设备运行时间			建筑门窗
3	制冷	制冷形式			建筑屋顶
		机组容量			窗墙比
		性能系数COP			玻璃材质
		冷却水量			保温材料
		冷冻水量			遮阳设施
		水泵压头	4	屋顶隔热层	保温材料厚度
4	制热	冷却塔			导热系数
		制热形式	5	能源供应	吸水性
		换热器			空气能热泵
		水管路线			风能
		换热效率			太阳能
		输送能效			水能
5	水泵	水泵有效功率			生物质能
		水泵电机功率			地热能
		水泵总效率			海洋能
6	风机	风机有效功率	6	输送过程	设备损耗
		风机电机功率			热转换
		风机的总效率			管道保温结构
		换热器效率			管道泄漏
		湿量利用率			



注:根据示范项目,作者自绘

图2 太阳能光伏发电原理图

表3 新型能源供应表

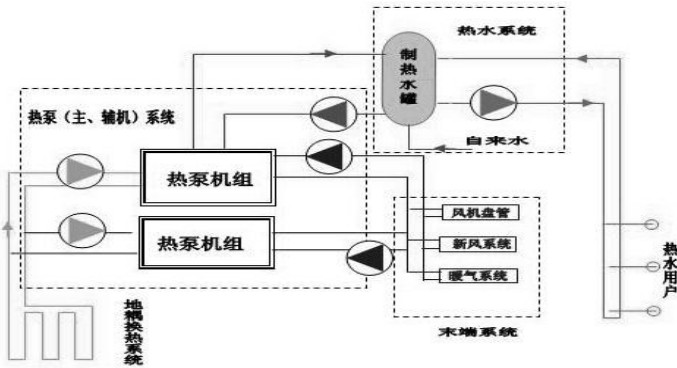
序号	种类	优点	缺点
1	太阳能光伏发电系统	光能取之不尽,用之不竭;综合利用较低;运行成本较低;产生污染物较少;建设周期较短	地面应用存在间歇性;能量密度低;建造成本较高
2	地源热泵系统	节能高效;稳定性好,寿命长;一机多用;低碳环保	前期投资成本较高;安装难度较大
3	空气源热泵系统	适用范围很广;运行成本低;节能效果突出,投资回报期短;环保,无燃烧排放物,占用空间小	能量分散,加热速度慢,热效率不高;受区域限制较大
4	热回收新风系统	同步等量输送风量,受外界干扰较小;回收效率高;节约能量	安装占用空间较大,需要定期维护
5	风光互补发电系统	可以昼夜、四季互补;稳定性高;互补性强	难以克服季节障碍;供电不稳定;对于大型公共设施不适合

热损失,从而调节土壤全年的热平衡。太阳能光伏发电原理如图2所示。

(2) 地源热泵系统

地源热泵系统在夏季时,则需要启动全热回收地源热泵主机,以满足超低能耗建筑空调冷负荷,全热回收机组热量回收,满足免费热水负荷^[11]。冬季时,当太阳能不能满足热水需求时,则会启动全热回收地源热泵的主要功能以用来获取热水,满足冬季的取暖需求。地埋管地源热泵系统工作原理如图3所示。

(3) 带热回收新风系统



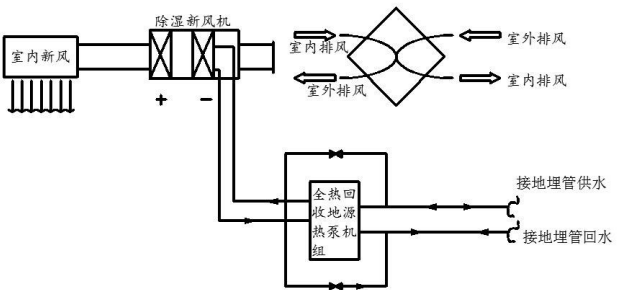
注:根据示范项目,作者自绘

图3 地埋管地源热泵系统的工作原理示意图

由于建筑保温及气密性能大幅提高,则为满足室内环境的卫生要求,需要提供新风,同时新风系统承担室内湿负荷(潜热负荷)^[12-15]。室内空气组织采用置换新风的通风方式,新风量须满足 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{p})$,由于增加了新风能耗,需对排风进行热回收^[16-18]。选用环都拓普牌KPG020-XJ全热回收型新风除湿机机组,处理风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 。带热回收的新风系统工作原理如图4所示。

(4) 毛细管网系统

严寒地区宜以地源热泵为热源,并采用低温辐射供暖方式。本项目采用毛细管末端辐射系统(图5)供暖供冷技术。用水做热媒的毛细管使用弹性



注:根据示范项目,作者自绘

图4 带热回收的新风系统工作原理图

塑料,因为换热面积很大,换热均匀,即使在热交换表面与室内空气间温差非常小的情况下也能产生较大的能量交换,这是毛细管网不可替代的优势。本项目夏季室内设计温度为 26°C ,冷水均温与室内温差为 7°C ,即冷水均温为 19°C 就能满足房间的制冷需求,故供冷供回水温度为 $18^\circ\text{C}/20^\circ\text{C}$;冬季室内设计温度为 20°C ,热水温度与室内温差为 11°C ,热水均温为 31°C 就能满足房间的制热需求,故供暖供回水温度为 $30^\circ\text{C}/32^\circ\text{C}$ 。

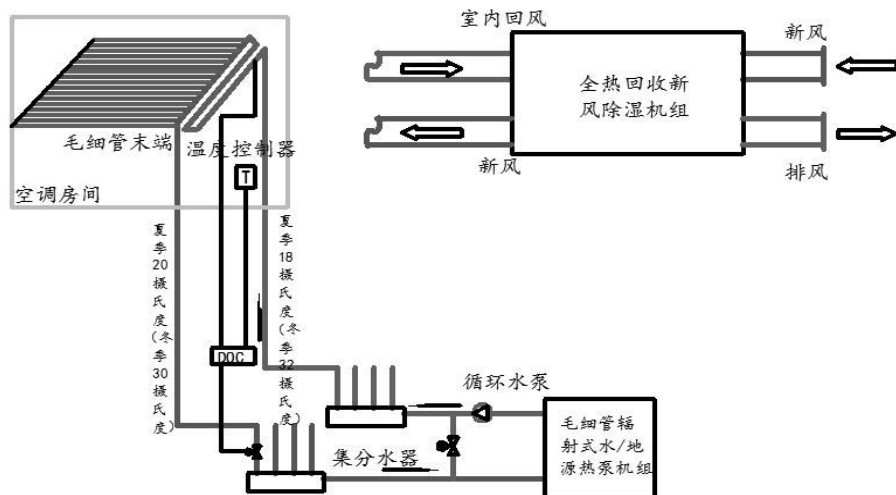
3 建筑能耗模拟分析

以我国严寒地区长春市气象条件为例,通过设置室外气象基本参数、室内设计参数、围护结构参数、内扰设置、设备设置、运行时间以及各项技术经济指标^[19-20]。利用eQUEST对超低能耗建筑能耗模拟分析,超低能耗绿色建筑全年耗电量 132118kwh ,参照建筑物(节能65%)全年耗电量 483976kwh ,具体分析结果如表4、图6、表5、图7所示。

表4 超低能耗绿色建筑全年能耗表

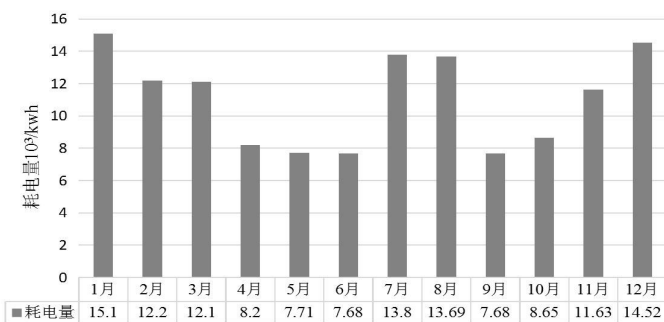
能耗分类	照明 /kwh	设备 /kwh	制热 /kwh	制冷 /kwh	水泵 /kwh	风机 /kwh	总计 /kwh
建筑能耗	34 983	35 074	9 391	5 762	27 916	18 992	132 118

依据建筑节能公式计算可以得到:



注:根据示范项目,作者自绘

图5 毛细管末端供热/供冷系统

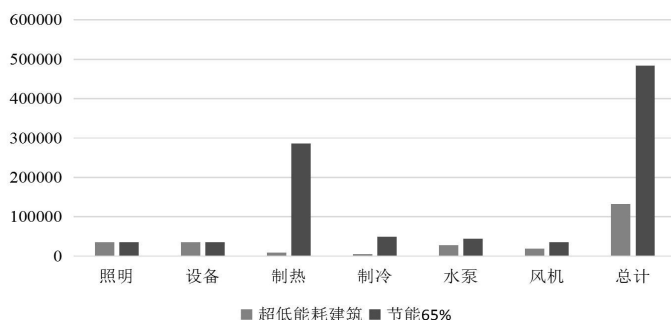


注:根据示范项目监测数据,作者自绘

图6 超低能耗绿色建筑耗电量全年分布图

表5 参照建筑物(节能65%)全年能耗表

能耗分类	照明 /kwh	设备 /kwh	制热 /kwh	制冷 /kwh	水泵 /kwh	风机 /kwh	总计 /kwh
建筑能耗	34 983	35 074	285 616	48 878	44 559	34 866	483 976



注:根据示范项目监测数据,作者自绘

图7 超低能耗绿色建筑与节能65%建筑对比图

$$\begin{aligned} \text{建筑节能率} &= 1 - \frac{\text{超低能耗建筑}}{\text{节能65\%建筑}} \\ &= 1 - \frac{132\,118}{483\,976} = 72.7\% \end{aligned}$$

依据建筑节能公式计算得出超低能耗绿色建筑的建筑节能率为72.7%，同比相较于节能65%建筑，在其当前节能基础上更节省72.7%；对比80—90年代的建筑能耗节能达到90.4%，效果甚为可观。

4 主要成就

第一，节能节省供暖费。与常规建筑相比(节能65%)，在同等舒适度的前提下，超低能耗建筑节能71.7%。暖年运行成本10091元。如果我们能在寒冷地区推广建设200万平方米的超低能耗建筑，就能节能71.7%和1640万元的年运行费用。

第二，产能建筑及其效益。据监测，风光互补并网发电系统的安装日均发电量为100度，可弥补春秋两季日均能耗21度和最低能耗。剩余的电力可以出售。并以此作为项目收益，弥补作为超低能耗前期投入较大的缺点。

第三，运行超低能耗建筑每年减少能耗469 144kwh，可节省标煤168.89吨，减少污染排放1.7吨烟尘，450吨二氧化碳，3.4吨二氧化硫，1.2吨氮氧化物。充分实现节能减排，绿色发展的新兴工业化道路。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国中央政府.国家职业教育改革实施方案[EB/OL].(2019-02-13)[2019-05-02].http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-02/13/content_5365341.htm.
- [2] 中华人民共和国人力资源和社会保障部.人力资源和社会保障部关于印发技工院校设置标准(试行)的通知.人社部发〔2012〕8号[EB/OL].(2012-01-31)[2019-05-03].[\[http://www.mohrss.gov.cn/gkml/zcfg/gfxwj/201412/t20141218_146650.html\]](http://www.mohrss.gov.cn/gkml/zcfg/gfxwj/201412/t20141218_146650.html).
- [3] 程瑞存,邱开金.补上认知短板,读懂中职教育[N].中国教育报,2019-07-02.
- [4] 邱开金.强化职业教育 助力乡村振兴[N].人民日报,2018-04-19.
- [5] 谢志远.应用型本科,走好特色之路[N].人民日报,2018-06-07.
- [6] 许少文.新时期技师学院发展的新思路[J].中国科教创新导刊,2012(07):25.

(责任编辑:曹大辉)

(上接 第66页)

参考文献:

- [1] 徐伟,杨芯岩,张时聪.中国近零能耗建筑发展关键问题及解决路径[J].建筑科学,2018,34(12):165-173.
- [2] 刘凯,丁晓欣,王鑫.多能互补型超低能耗绿色建筑外部节能措施研究[J].基建管理优化,2019,31(04):2-12.
- [3] Tao Ma, Hempel, M., Sharif, H.. A new Ultra-Low Energy Consumption Communication Protocol for Wireless Sensor Networks[P]. Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2012 8th International, 2012.
- [4] Abouzeid, F.. Reduction of IPs energy consumption with ultra-low voltage supply[P]. Microelectronics and Electronics (PRIME), 2014 10th Conference on Ph.D. Research in, 2014.
- [5] 李慧星,张然,冯国会,等.严寒地区某超低能耗建筑暖通空调节能系统分析[J].建筑科学,2016,32(04):6-9.
- [6] Jayapal, S.K., Manoli, Y.. Minimizing Energy Consumption with Variable Forward Body Bias for Ultra-Low Energy LSIs[P]. VLSI Design, Automation and Test, 2007. VLSI-DAT 2007. International Symposium on, 2007.
- [7] 丁晓欣,刘凯,焦延韬.有限元分析装配式建筑构件的吊装管理[J].江苏建筑职业技术学院学报,2018,18(02):5-8,12.
- [8] Namiki, S., Hasama, T., Mori, M., Watanabe, M., Ishikawa, H.. Dynamic Optical Path Switching for Ultra-Low Energy Consumption and Its Enabling Device Technologies[P]. Applications and the Internet, 2008. SAINT 2008. International Symposium on, 2008.
- [9] 刘凯,丁晓欣,丁奥,等.基于全生命周期装配式建筑成本影响因素[J].内江师范学院学报,2019,34(12):51-56.
- [10] 刘秦见,王军,高原,等.可再生能源在被动式超低能耗建筑中的应用分析[J].建筑科学,2016,32(04):25-29.
- [11] 任军,王重,丘地宏,等.超低能耗既有建筑绿色改造的实验——天友绿色设计中心改造设计[J].建筑学报,2013(07):91-93.
- [12] 武毅,王磊,孙熙琳.清华大学超低能耗示范楼[J].工业建筑,2005(07):7-10,98.
- [13] 丁晓欣,刘凯.装配式建筑预制构件吊装吊点的优化选择[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2018,18(08):41-47.
- [14] 李怀,徐伟,于震,等.某超低能耗办公建筑照明能耗分析[J].建筑科学,2017,33(12):51-56.
- [15] 王洪涛,万成龙.建筑幕墙门窗发展趋势[J].建筑科学,2018,34(09):93-98.
- [16] 韩京彤,王清勤,李德英,等.住宅围护结构改造对供暖空调能耗的影响及效益分析[J].新型建筑材料,2018,45(08):116-120.
- [17] 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.
- [18] 刘凯,丁晓欣,常晓颖.基于效率和稳定性的智能RGV动态调度研究[J].青岛远洋船员职业学院学报,2018,39(04):31-37.
- [19] Yilmaz, Y., Mazumder, P.. Nanopipelining of NML using multiferroic single-domain nanomagnets[P]. Nanotechnology (IEEE-NANO), 2011 11th IEEE Conference on, 2011.
- [20] 栗德祥,周正楠.解读清华大学超低能耗示范楼[J].建筑学报,2005(09):16-17.

(责任编辑:许元)