

浅析建筑节能技术的应用

——以北京市某高校新建综合楼项目为例

李 磊^{1,2}, 梁世斌¹, 张 强³, 张翠云⁴, 马坤茹¹

¹河北科技大学建筑工程学院, 河北 石家庄

²北京经济管理职业学院基建处, 北京

³石家庄市供热管理集团有限公司, 河北 石家庄

⁴河北汉丰造价师事务所有限公司, 河北 石家庄

收稿日期: 2025年12月8日; 录用日期: 2025年12月16日; 发布日期: 2026年2月10日

摘 要

节能是社会发展的重点关注点, 也是可持续发展的关键点。尽可能地降低能耗、减少排放、增加可再生能源的利用, 已是最基本的发展理念, 而节能技术在建筑领域有着广泛的应用空间, 能为节能减排工作打下坚实的基础。本文以北京市某高校新建综合楼为例, 详细介绍了建筑节能技术在各个方面的应用, 可为其他建筑的节能应用提供一定的参考。

关键词

建筑节能, 技术应用, 可再生能源

Analysis on the Application of Building Energy-Saving Technology

—Taking a New Comprehensive Building Project of a University in Beijing as an Example

Lei Li^{1,2}, Shibin Liang¹, Qiang Zhang³, Cuiyun Zhang⁴, Kunru Ma¹

¹School of Civil Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei

²Infrastructure Department, Beijing Institute of Economics and Management, Beijing

³Shijiazhuang Heating Supply Management Group Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei

⁴Hebei Hanfeng Cost-Engineer Office Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei

Received: December 8, 2025; accepted: December 16, 2025; published: February 10, 2026

Abstract

Energy conservation is not only a significant concern for societal development but also a key pillar of sustainable development. The pursuit of minimizing energy consumption, reducing emissions, and increasing the utilization of renewable energy has become the cornerstone of modern developmental philosophy. Energy-saving technologies have been widely applied in the construction sector, providing a solid foundation for energy conservation and emission reduction efforts. Taking a newly built comprehensive building of a university in Beijing as an example, this paper details the application of building energy-saving technologies in various aspects, offering insights that can serve as a reference for the implementation of energy-saving practices in other buildings.

Keywords

Building Energy-Saving, Technology Application, Renewable Energy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

能源是人类生存和发展不可或缺的物质基础，在资源日益匮乏的今天，可再生能源的开发和节能成为可持续发展的决定性因素。其中，节能不仅关系到能源需求量是否满足，更是我国实现“碳达峰”“碳中和”双碳目标的重要举措。建筑业作为国民经济的重要支撑，在提升国内生产总值的同时，也在建筑材料的生产、建筑的施工和建筑的运行中消耗了大量能源。根据《2021 年中国建筑能耗与碳排放研究报告》，2019 年，建筑全寿命周期能耗占据全国能源消耗总量的 45.9%，其中建材生产阶段、建筑施工阶段和建筑运行阶段占比分别为 22.8%、1.9%和 21.2%；建筑全寿命周期碳排放总量占据全国碳排放总量的 50.6%，其中建材生产阶段、建筑施工阶段和建筑运行阶段占比分别为 28%、1%和 21.6%，均呈逐年上升趋势[1]。由此看出，为促进节能减排工作，对建筑的全寿命周期采取节能措施势在必行。这类措施的落地可结合建筑实际问题针对性设计，相关仿真案例已提供了参考方向：夏辰曦等人[2]以夏热冬冷地区成都某高校老旧宿舍为对象，针对其采光通风差、围护结构热工性能不足、缺乏公共空间的问题，提出围护结构升级与功能布局优化策略，经软件仿真验证，改造后冷热负荷降低 40%、碳排放降低 62%。本文旨在通过对某高校综合楼项目的系统分析，验证多项节能技术集成应用在严寒地区高校建筑中的实际效果与模式。

2. 项目概况

北京市某高校综合楼建筑面积 30554 平方米，建筑功能主要有教室、图书馆、宿舍、会堂、风雨操场、地下车库等。教学楼地上 11 层，高度 44.95 米，南北向；宿舍楼地上 12 层，高度 44.95 米，东西向；风雨操场地上 1 层，高度为 11.85 米；地下 2 层。该建筑节能体系主要有：建筑空间、围护结构、空调系统、供热系统、照明动力系统、供配电系统、可再生能源利用、智能控制系统、水资源利用。

3. 建筑节能技术应用

3.1. 建筑空间

建筑空间的节能设计首先表现在空间布局上。该建筑综合楼和风雨操场南北向,综合楼的二层以下、风雨操场的整个南立面采用落地玻璃幕墙,大大增加了光照面积;宿舍楼东西向,保证了所有宿舍上午或下午均有日照;所有外窗采用大面积开启扇,可开启总面积占外窗总面积为 30%,保证顺畅的室内空气流通和足够的室内光照。充足的采光和通风条件,可减少照明灯具的开启、降低供暖温度、减少空调开启,从而达到节能减排的目的。

3.2. 围护结构

围护结构主要有外墙、门窗、屋顶[3]。

围护结构的传热系数(K 值)是衡量其保温隔热能力的核心指标,根据傅里叶定律,通过围护结构的传热量可表示为:

$$Q = \alpha K F (t_n - t'_w) \quad (1)$$

式中 Q ——围护结构基本耗热量, W ;

K ——供热房间所计算的围护结构的传热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

F ——供热房间所计算的围护结构表面积, m^2 ;

t_n ——室内计算温度, $^\circ C$;

t'_w ——供暖室外计算温度, $^\circ C$;

α ——温差修正系数。

可见 K 值越小,单位面积、单位温差下的传热量越少,保温性能越强。由于材料的导热系数是影响 K 值的核心因素,因此选择导热系数低的材料可有效减小传热系数,显著增强保温效果,进而降低建筑的冷热负荷。

该建筑外墙采用外保温体系,剪力墙外墙粘贴 70 mm 厚挤塑聚苯板,砌块墙外墙采用保温连锁砌块墙,泡沫板填实,女儿墙、勒脚等部位还采取了断桥保温措施,保证传热系数均小于或等于 $0.45 W/(m^2 \cdot K)$,大大提高了外墙隔热保温能力。

外门窗采用断桥铝合金框,玻璃为 6 + 12A + 6 双玻中空 Low-e 玻璃,保证传热系数均小于或等于 $1.8 W/(m^2 \cdot K)$ 。玻璃与框采用密封胶密封,外门窗框与墙体间的缝隙用发泡聚氨酯填实,缝隙内外两侧用硅酮建筑密封胶密封,保证了外门、外窗的气密性,有效减少室内热量的流失。

东西向宿舍外窗采用手动外装式外遮阳卷帘窗,帘片为圆弧形,采用 3005 铝合金铝带辊压成型,表面聚酯烤漆处理,具有优良的抗刮、抗腐以及耐候性,涂层厚度 $\geq 45 \mu m$,每个卷帘 42 个帘片。帘片与帘片串联后,闭合紧密,无任何透光、漏光现象,再辅以中性硅酮密封胶、密封毛条等填缝,具有优良的遮阳作用。通过该措施,提高了遮阳隔热效果,较好地解决了宿舍的“西晒”问题。

屋顶保温采用 160 mm 厚 SF 憎水保温砂浆,个别不供暖的地下室顶板采用超细无机纤维保温喷涂,使建筑的整体隔热保温能力得到提升。

3.3. 空调系统

实验室、教室、活动室、报告厅采用风机盘管加新风系统,新风采自室外,处理后的新风直接送入各空调区。大部分新风进行排风热回收,采用带热回收装置的新风机组,热回收效率 $\geq 60\%$,有效减少系统热量的损失,增强节能的效果。节能量的计算主要围绕新风处理能耗的减少量展开,具体公式如下:

节能量 = 无热回收时的新风负荷 - 有热回收时的新风负荷

$$Q_{saved} = Q_{withoutHRV} - Q_{withHRV}$$
 (2)

由于热回收后，新风与排风之间的有效焓差减小为原来的(1 - η)，因此：

$$Q_{withHRV} = (1 - \eta) \times Q_{withoutHRV}$$
 (3)

式中 η——热回收效率。

故：

$$Q_{saved} = \eta \times Q_{withoutHRV}$$
 (4)

计算无回收时新风年负荷：

$$Q_{withoutHRV} = L \times (h_{out} - h_{in}) \times \rho \times t$$
 (5)

式中 L——总新风量，m³/h；
h_{out}——室外空气比焓，kJ/kg；
h_{in}——室内空气比焓，kJ/kg；
ρ——空气密度，约 1.2 kg/m³；
t——运行时间，h；
年节热量：

$$Q_{saved} = \eta \times L \times (h_{out} - h_{in}) \times \rho \times t$$
 (6)

其中 η = 0.60，按最低热回收效率 60%取值；
h_{out} = -2.45 kJ/kg，按北京市冬季室外温度 -5℃，相对湿度 40%计算；
h_{in} = 31.1 kJ/kg，按北京市冬季室内温度 20℃，相对湿度 30%计算；
ρ = 1.2 kg/m³；

本项目教学楼二至九层、地下活动室健身房均设有全热回收新风机组，全热回收效率 60%，满足《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)第 4.3.25、4.3.26 节能要求。回收冷热量计算见表 1。

Table 1. Calculation table of recovered cooling and heating loads
表 1. 回收冷热量计算表

编号	设备名称	送风量 (m³/h)	新风量 (m³/h)	排风量 (m³/h)	冬季热回收 热量(kw)	夏季冷回收 冷量(kw)	安装位置
B-02	热回收新风机组	33950	33950	33950	578.42	270.46	教学楼二至八层
B-03	热回收新风机组	6000	6000	6000	102.22	47.80	教学楼九层
BD-02	热回收新风机组	3000	3000	3000	51.11	23.90	地下活动室、健身房
BD-03	热回收新风机组	4500	4500	4500	76.67	35.85	地下活动室
合计					808.42	378.01	

另外，会堂、风雨操场、大教室等采用一次回风全空气定风量空调系统。夏季、冬季空调机组按最小新风比 20%运行，过渡季增大新风比运行，最大新风比为 80%，以利用新风作冷源，减少能耗。同时，设置排风机与其配合运行，过渡季可开启，以节省空调能耗。

空调末端设备、冷热源设备等设置有能量调节的自控装置，冷水机组采用由冷量优化控制运行台数的方式。通过精准控制，实现精准调节，使节能效果达到最优。

3.4. 供热系统

原供热方式为燃气锅炉自采暖供热,设备老化,热效率降低,而更换锅炉以及安装余热回收设备投入资金较高,节能效果不明显,综合考虑,于地下二层设热力站,接入市政热力。采暖换热器采用板式换热器,生活热水采用即热式容积式换热器,效率更高,热损耗较低。供热计费采用热值使用量计费,安装热计量仪表和智能卡用热控制系统,能更精准地控制热量使用,节省能耗。

3.5. 照明动力系统

所有照明灯具采用 LED 灯,体积小、耗电低、寿命长、无毒环保,从而降低用电量、减少更换次数,满足节能要求。

办公室、教室、机房等照明采用就地控制方式,停车场、走廊、楼梯间等非功能照明或无人员长期滞留区域采用声音感应控制,室外照明实行分区域、分组、分时控制,景观照明采用按平时和节日不同的开灯方式,从空间、时间布局上充分考虑需要的同时,进一步降低用电量。

整个建筑安装的潜污泵、给水泵、循环泵、补水泵等水泵均采用变频调速水泵,根据负荷变化调节水泵频率,实现自适应控制,保障安全运行,且低负荷运行时电机转速降低,从而降低能耗,故在节水和节电方面均有较好的效果。

3.6. 供配电系统

综合楼、宿舍楼、风雨操场设置独立的电能计量装置,采用复费率电能表,以满足执行峰谷分时电价的要求。同时,制冷站、热力站、给排水设备、景观照明等主要用电负荷设置独立分项电能计量装置。通过分项、分时计量,能更好地监测用电量,为进一步节电等提供依据[4]。

三相配电干线各相负荷平衡分配,并采用在配变电所低压侧设低压集中自动补偿装置,电容器组采用自动循环投切方式,补偿后的功率因数不低于 0.95,用以减少不平衡负荷和无功负荷所造成的用电损耗。

配电变压器采用低损耗、低噪声的节能产品。

3.7. 可再生能源利用

综合楼屋顶安装太阳能热水系统,集热面积 168 m²,采用 U 型真空管太阳能集热器,11 m³ 容积式换热器,与补液水箱、补液泵、循环泵、散热器、控制器等组成太阳能供热系统。在地下二层热力机房与市政供暖系统连接,作为市政供热的有力补充。夏季效果极其明显,基本能满足校区热水需求,大大减少了市政供热量,降低了能耗。

3.8. 智能控制系统

全楼采用直接数字集散型楼宇自动控制系统,对冷热系统、给排水系统、空调、通风系统、公共部位照明、电梯等机电设备实施自动监测和节能控制。该系统具有能源管理及分析、数据收集记录等监控管理功能,对机电设备实行统一监控后,可将大量的信息集中进行综合管理,大大节省人工,提高管理效率,还可进一步有效利用信息,实现更高层次的管理,同时,可根据空调系统的负荷情况进行相应的自动调节,准确地将室内环境控制在设定温度范围内,达到节能和舒适度的平衡,还可按季节变化适时采入必要的新风,有效地利用自然能源,降低能耗。

变配电室设监控管理站,采用变配电管理主机对变配电系统进行监控、测量等,据此调整电能的输配,最大可能地节约电能。

3.9. 水资源利用

利用周边有再生水厂的有利条件,从市政中水主管线引入中水,用于冲厕用水、室外道路洒水和绿地浇灌,每日可节省自来水 115 m^3 ,达到节水效果。

室外排水管线进行雨污分流,在雨水排水末端设 200 m^3 雨洪蓄水池,除缓解降雨时对市政雨水排水的压力外,平时蓄水可用于水池等景观用水,亦可用于绿植浇灌,增强节水能力。

生活用水采用节水型器具,如红外感应水龙头、红外感应小便器、虹吸式节水坐便器、脚踏阀式蹲便器、智能卡数控洗浴系统,有效节约用水[5]。

4. 讨论与展望

在未来的新建或改造建筑过程中还可采用新技术、新措施,进一步节能减排。

4.1. 光伏发电

光伏发电可通过建筑屋面、幕墙、楼顶等空间实现,形成多元产能模式。利用屋面空间安装光伏发电系统,直接将太阳能转化为电能供建筑日常使用;针对有较大面积玻璃幕墙的建筑,可将太阳能电池粘贴或镶嵌于玻璃间形成光电幕墙,其作为光伏建筑一体化核心技术,兼具普通幕墙围护功能与发电特性,电能可就近使用或并网发电[6],需注意其初始造价较高、发电受光照条件影响等问题;此外,还可利用楼顶空间安装小型风力发电机和蓄电池,输出稳定电流供机电设备使用。通过这类多空间协同的产能措施,可实现建筑零耗能,甚至成为产能型建筑[7]。

4.2. 电梯势能回馈

电梯能量回馈技术是建筑节能的重要细分方向,其核心价值在于回收利用传统电梯浪费的制动能量。传统曳引式电梯在重载下行或轻载上行时,曳引机产生的再生电能多通过制动电阻转化为热能耗散,造成能源浪费。林煌[8]在其研究中,针对这一核心问题设计了基于能量回馈技术的曳引式电梯节能系统,通过双向变频器等模块将再生电能逆变为合规交流电回馈电网,经仿真分析和缩比实验验证,系统综合节能率达 21.1%、回馈能量利用率 89.3%,各项性能指标均达标。可见该技术能显著降低电梯能耗,具备良好的推广价值。

4.3. BIM 技术的运用

BIM 技术的透视效果能更好地了解建筑物内部结构设计情况,依托其数据仿真优势,可对结构的光、热、风等性能进行仿真,辅助完成热环境模拟,为节能设计提供依据,还可指导建筑施工,节省建筑材料[9]。这一技术的节能价值已在相关论文中得到验证:柳素娉[10]以大连某高校教学楼为研究对象,针对其热工性能不足、光/风/声/热环境不佳、碳排放较高的问题,采用 BIM 技术构建全尺寸信息模型,结合实地监测与绿建斯维尔软件仿真,制定了围护结构优化、环境参数调整(提升饰面材料反射比、优化建筑布局与绿化)、可再生能源集成(优先光伏发电)等策略,最终实现采光达标房间比例升至 95.35%、冬季最大风速降至 4.43 m/s 、噪声降至 60 dB、降碳率提升至 49.17%,方案满足《绿色建筑评价标准》要求。

5. 结语

该高校综合楼采用多项节能技术,仅新风热回收技术就可实现冬季热回收热量 808.42 kw/h ,夏季冷回收冷量 378.01 kw/h ,可见节能潜力巨大,若对每项建筑实测运行数据精确化,将更能指导节能技术的运用。总之,在未来的建筑全寿命周期内采用新技术、新产品,加强节能意识,落实节能管理,将建筑能耗降到最低,是建筑节能的最终目标,也是新时代发展的强烈要求。

参考文献

- [1] 中国建筑能耗与碳排放研究报告(2023 年) [J]. 建筑, 2024(2): 46-59.
- [2] 夏辰曦, 朱慧灵. “双碳”背景下成都某高校宿舍节能优化实践探究[J]. 建筑节能(中英文), 2025, 53(7): 136-141.
- [3] 张睿峰. 北方严寒地区既有建筑围护结构的节能改造技术[J]. 建筑技术, 2017, 48(5): 465-469.
- [4] 李娟. 电气节能技术在绿色建筑中的运用[J]. 建筑科学, 2020, 36(11): 161.
- [5] 林晓星. 建筑给排水节能节水技术及应用探究——评《给水排水技术》[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(9): 155.
- [6] 黄志勇. 分布式光伏发电并网设计及运行分析研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2021.
- [7] 石彦明. 光伏技术在公共建筑屋面中的实践与应用[J]. 新型建筑材料, 2020, 47(7): 139-142.
- [8] 林煌. 基于能量回馈技术的曳引式电梯节能系统设计与优化[J]. 现代制造技术与装备, 2025, 61(9): 69-71+78.
- [9] 孙兵. BIM 技术在节能建筑结构设计中的应用[J]. 新型建筑材料, 2020, 47(9): 186.
- [10] 柳素娉. 基于 BIM 技术的高校教学楼节能改造设计研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2024.