

基于固碳释氧效益评价下高校低碳建设策略研究

陆雨菲, 毛陈晨, 胡 峰

徐州工程学院物理与新能源学院, 江苏 徐州

收稿日期: 2025年1月7日; 录用日期: 2025年2月5日; 发布日期: 2025年2月19日

摘 要

当前世界能源使用结构仍然是以石油、天然气和煤炭三大传统能源为主。随着生活水平的提高, 能源的大量使用使温室效应已成为国际社会面临的严重问题。校园碳排放量在城市中所占比重较大, 对其进行固碳释氧效益评价并设计改造, 减少碳排放量, 对实现“双碳”目标有着重大意义。以徐州某高校为例, 进行固碳释氧效益评价, 根据建立的碳核算模型计算校园整体碳排放量, 并设计建立光伏并网发电系统减少碳排放。

关键词

固碳释氧, 效益评价, 低碳建设

Research on Low-Carbon Construction Strategies of Universities Based on Carbon Sequestration and Oxygen Release Benefits Assessment

Yufei Lu, Chenchen Mao, Feng Hu

School of Physics and New Energy, Xuzhou Technology of Institution, Xuzhou Jiangsu

Received: Jan. 7th, 2025; accepted: Feb. 5th, 2025; published: Feb. 19th, 2025

Abstract

At present, the world's energy use structure is still dominated by three traditional energy sources: oil, natural gas and coal. With the improvement of living standards, the extensive use of energy has

made the greenhouse effect a serious problem facing the international community. The carbon emissions from campus buildings account for a large proportion of the city's total emissions. Therefore, evaluating the benefits of carbon sequestration and oxygen release and designing and renovating them to reduce carbon emissions is of great significance for achieving the "dual carbon" goal. Taking a university in Xuzhou as an example, the benefits of carbon sequestration and oxygen release were evaluated. The overall carbon emissions of the campus were calculated based on the established carbon accounting model, and a photovoltaic grid-connected power generation system was designed to reduce carbon emissions.

Keywords

Carbon Sequestration and Oxygen Release, Benefits Assessment, Low-Carbon Construction

Copyright © 2025 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

“碳达峰、碳中和”目标的确立，意味着国家将实施更加严格的碳排放调减政策，掌握区域固碳释氧能力及其变化状况，是各地经济社会发展和绿色转型的关键科学问题[1]。“固碳释氧量”是指生态系统中二氧化碳转化为有机物质并释放出氧气的量。周嘉等人系统地对区域尺度的固碳释氧能力及其效应问题进行了研究，探索了净碳排放和碳补偿的问题[2]。王秋艳等人研究了小范围园林固碳释氧效益研究[3]。高校作为人员聚集地和小地理范围场所，高校的固碳释氧研究尤为重要，秦天堂研究了高校双碳校园建设的基本逻辑和实现路径[4]。陈淑琴等人研究了夏热冬冷地区高校校园碳减排潜力的核算办法，并给出了减碳的策略[5]。黄献明和刘玉龙给出在既有校园基础上探索零碳能源系统的绿色低碳路径研究[6]。张春彦探讨了数智化背景下高校零碳化改造方法[7]。

上述研究表明，低碳校园建设是我国高校建设和运营的一个重要方面。为实现低碳校园建设，行之有效地减碳研究是必要的。本文以徐州某高校为例，研究校园固碳释氧、日常碳排放总量，以学校楼顶、校舍空地、停车场为基础设计校园光伏发电系统，达到减少二氧化碳排放、固碳的目的，从而实现碳中和。同时，将学校的屋顶空地改造成太阳能光伏系统，既能节约能源，又能缓解电力供应的压力，还能促进绿色、智慧、面向未来的新校园建设[8]。

2. 基于高校的碳核算模型及效益评价

2.1. 碳源评价方法

本次评价以二氧化碳排放为计算对象，将碳核算的地理边界设置为徐州某高校。通过调研分析该校园内的人类活动类型，构建了一套基于校园碳核算清单，将学校的碳核算排放源划分为建筑、交通、水资源利用、道路设施、绿色空间和废弃物处理等不同板块，同时针对每个板块分别提出了具体的评估内容、数据收集和数据来源[9]。

碳核算的计算采用排放因子法，具体的公式如下(2-1)：

$$E = \sum_i A_{D_i} \cdot E_{F_i} \quad (2-1)$$

式中， E ——能源消费二氧化碳排放量；

A_{D_i} ——第 i 类能源活动水平;

E_{F_i} ——第 i 类能源对应的二氧化碳排放因子。

高校校园内交通碳排放产生的原因主要由地面车辆燃油产生, 主要与其行驶距离有关, 校园中的车辆组成为校园内外的小型车、货运车及通过新元大道的社会车辆。计算公式[10]为(2-2):

$$C_t = \sum_{y=1}^n \frac{D_y \times Q_t \times I_t}{100} \tag{2-2}$$

式中, D_y ——第 y 种汽车每年在校内行驶的距离;

Q_t ——车辆每百公里能耗;

I_t ——所用燃料所对应的二氧化碳排放系数。

生活碳排放主要涉及人口呼吸所产生的碳排放量之和, 计算公式为(2-3):

$$C_b = C_d \times R \times tC_b \tag{2-3}$$

式中, C_d ——每人每天的二氧化碳排放量, 单位为 $\text{kg}/\text{人} \cdot \text{d}$;

R ——校园总人数, 单位为人;

t ——在校天数, 单位为 d 。

2.2. 碳汇评价方法

校园内绿色植物的光合作用是减少大气中二氧化碳含量的主要方式[11]。以园林景观分类方式, 徐工校园内绿化可分为乔灌草型、灌草型、草坪型及草地型四种形式, 固碳作用依次递减, 其计算公式为:

$$C_{\text{绿}} = \sum_{j=1}^n T_j \times S_j \times D \tag{2-4}$$

式中, T_j ——第 j 类生态绿地类型每日固碳量, 单位为 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$;

S_j ——第 j 类生态绿地对应类型的面积, 单位为 hm^2 ;

D ——计算天数, 一般取 365 天。

2.3. 碳核算结果分析

2019、2018 年碳排放组成见表 1。

Table 1. Overall carbon emissions of university campuses (Unit: t)

表 1. 高校校园整体碳排放情况(单位: t)

年份	总排放	建筑	交通	人口呼吸	绿植固碳	净排放
2019	26,148	20,511	117	5519.95	5310.5	20,837
2018	25,002	19,670	109	5223.15	5310.5	19,691

高校校园碳排放组成由建筑用电、燃煤及天然气所产生的碳排放占主要部分。具体而言电力碳排放比往年增加 5%, 原煤增加 17%, 天然气增加 53%。碳排放增加主要原因为校园中多栋新建筑被建造和使用, 每年招生人数增加。

3. 光伏并网发电设计及效益评价

3.1. 光伏并网发电设计

在该校建设光伏发电并网系统, 能提升绿色清洁能源的应用, 从源头上减少碳排放。本文以学校教

学楼、食堂、停车场及体育馆为主，设计光伏系统，可用面积共约为 11,905 m²。

教学楼以 1 号楼、2 号楼为例，建出 1 号楼、2 号楼的概貌，选取屋顶开阔平坦部分，得到可用面积共约 12500 m²，设计选用 550 W 光伏电池组件及 110 kW 逆变器，安装倾斜角为 30°，如图 1 所示。

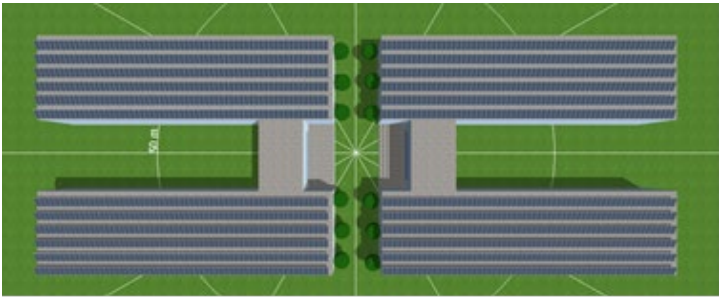


Figure 1. Photovoltaic simulation diagram of the roofs of Building 1 and Building 2
图 1. 1 号楼和 2 号楼屋顶光伏模拟图

学生餐厅可利用光伏并网发电系统产生的电量进行照明，加热等工作，屋顶可用面积共约 7600 m²，设计选用 550 W 光伏电池组件及 110 kW 逆变器，安装倾斜角为 0°，如图 2 所示。

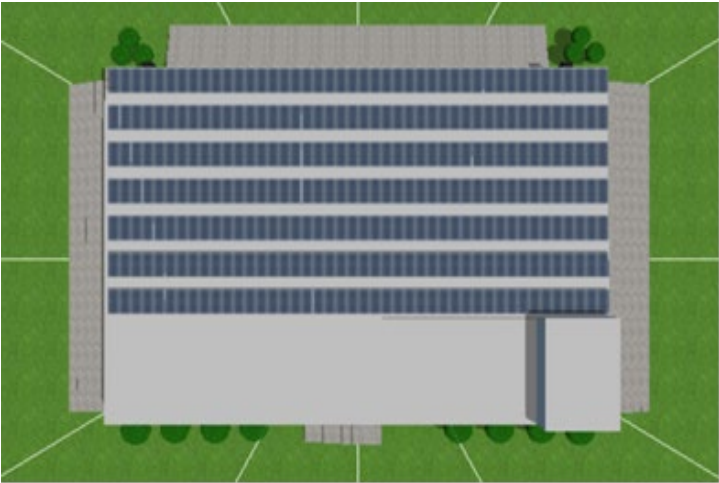


Figure 2. Photovoltaic simulation diagram of the second phase restaurant roof
图 2. 二期餐厅屋顶光伏模拟图



Figure 3. Simulation diagram of photovoltaic carport
图 3. 光伏车棚模拟图

停车场以停车场为例，光伏车棚将太阳能光伏板与停车场结合，利用停车场开阔平坦的地势，将光伏板安装在停车位正上方，增加使用面积且能够产生良好的发电效果。可用面积共约 1250 m²，设计选用 500 W 光伏电池组件和 90 kW 逆变器，安装倾斜角为 10°如图 3 所示光伏车棚。

体育馆不仅为体育课提供场所，更便于师生职工在闲暇时间的娱乐活动。体育馆屋顶可用面积共约 25,000 m²，设计选用 580 W 光伏电池组件和 200 kW 逆变器，屋顶斜坡为 20°，光伏板安装倾斜角为 0°，如图 4 所示。

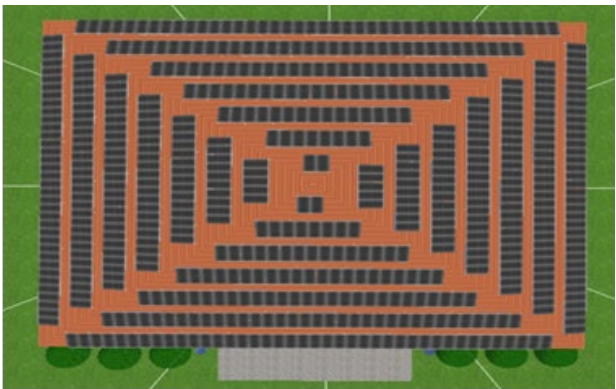


Figure 4. Simulation diagram of photovoltaic panels in the sports hall
图 4. 体育馆光伏板模拟图

3.2. 年发电量效益评价

年发电量是所有光伏组件每年产生的全部电量，如公式 3-1 所示。

$$E_p = HA \times S \times K_1 \times K_2 \tag{3-1}$$

式中， HA ——单位面积太阳能年辐照总量；

S ——组件总面积；

K_1 ——组件转换效率；

K_2 ——系统综合效率。

通过 PVSOL 进行项目设计，所得敬信楼、敬知楼年发电量为 1198.57 kWh/kWp，学生餐厅年发电量为 1187.67 kWh/kWp，体育馆发电量为 1117.05 kWh/kWp，敬知楼停车场年发电量为 1243.58 kWh/kWp，综合年发电量为 4746.87 kWh/kWp。

Table 2. Reduction of carbon dioxide emissions in four regions
表 2. 四个区域二氧化碳排放减少量

区域	1 号、2 号楼	学生餐厅	体育馆	停车场
二氧化碳排放减少量(t)	438.719	90.262	177.224	20.546

如表 2 所示，综合年二氧化碳排放可减少 726.751 t。

4. 结论

根据校园现实情况，建立了基于徐州某高校的校园碳核算模型。由模型计算结果可知，2019 年碳净排放为 20,837 t；2018 年碳净排放为 19,691 t。为此，本文提出了一套定制于学校的光伏并网发电系统安

装方案。四个区域总投资成本约为 1091.295 万元,设计光伏并网发电系统运行 25 年,以 0.07 元/度电价,上网电价补贴 0.0519 元/度进行投资效益分析,则每年可得上网补贴 3.782249 万元,预计 20 年可收回成本获得收益,并且光伏并网发电系统可以充分利用太阳能资源,节约能源的同时每年二氧化碳排放可减少 726.751 t,对推进实现“双碳”目标有显著贡献。基于屋顶光伏和绿色空间的零碳技术是高效能和可落地的,对于高校空间布局与运行的匹配是有效的,这一结论与张春彦等人建议的高效可再生的能源系统是一致的[7]。当然本模型对于建筑单体的节能、高校绿色出行以及节能运行策略的研究还有所欠缺,后续将针对零碳校园进行更加深入的研究。

基金项目

徐州工程学院 2024 年大学生创新训练计划项目(xcx2024128 “碳”为兴止——基于固碳释氧效益评价下高校低碳建设策略研究)。

参考文献

- [1] 胡宝清, 陈汉唐, 刘舒锐, 等. 基于 IUEMS 系统和 NPP 算法的广西北部湾经济区固碳释氧量分析[J]. 广西财经学院学报, 2024, 37(2): 78-86.
- [2] 周嘉, 王钰萱, 刘学荣, 等. 基于土地利用变化的中国省域碳排放时空差异及碳补偿研究[J]. 地理科学, 2019, 39(12): 1955-1961.
- [3] 王秋艳, 王利芬, 肖湘东, 等. 苏州市夏季园林植物光合特性及固碳释氧、降温增湿效益研究[J]. 福建农业学报, 2023, 38(11): 1302-1311.
- [4] 秦天堂. 高校双碳校园建设的基本逻辑、现实困境和实现路径[J]. 江苏高教, 2024(11): 44-48.
- [5] 陈淑琴, 蔡雨轩, 吕银燕. 夏热冬冷地区高校校园碳减排潜力核算方法及减碳策略研究[J]. 建筑科学, 2024, 40(10): 114-124.
- [6] 黄献明, 刘玉龙. 高校既有校园绿色低碳更新规划技术路径研究[J]. 当代建筑, 2024(10): 19-22.
- [7] 张春彦, 罗天宇, 尹宝泉. 数智化背景下既有高校零碳化改造方法集成体系[J]. 建筑与文化, 2024(9): 66-68.
- [8] 吴奕奇, 薛剑飞, 王佳妮. 基于校园屋顶的分布式光伏发电系统设计[J]. 现代建筑电气, 2021, 12(7): 69-74.
- [9] 江海华, 徐燊, 李志信. 高校校园碳排放评估方法及应用研究——以华中科技大学主校区为例[J]. 建设科技, 2019(14): 37-40.
- [10] 邹苒, 张晨悦, 房涛等. 基于碳平衡核算的寒冷地区高校校园低碳建设策略研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(4): 144-150.
- [11] 张晨悦, 管振忠, 丁玎等. 寒冷地区高校碳排放计算研究——以济南市某高校为例[J]. 建筑节能, 2016, 44(10): 113-118, 128.