

基于藻电与光伏的生态照明系统用户接受度调查及影响因素分析

杨 轩, 樊敏达*, 李嘉鑫, 陈杭颖, 吴胜浩

佛山大学设计学院, 广东 佛山

收稿日期: 2026年6月6日; 录用日期: 2026年6月28日; 发布日期: 2026年7月8日

摘 要

针对藻类-光伏混合照明系统在实际应用中面临的技术接受度与用户需求不明确等问题, 本研究旨在设计一种融合藻类生物光电与太阳能光伏的生态照明系统, 并重点评估其用户接受度与社会推广潜力。通过构建“藻类-光伏-储能”一体化系统架构, 并结合动态能量调度策略与可持续材料设计, 研究采用结构化问卷调查方法, 对受访者进行系统认知、设计偏好、支付意愿及应用场景等方面的实证分析。结果表明, 系统在环保理念、美学集成与多功能设计方面获得较高认可, 家庭与公共空间被视为理想应用场景, 用户支付意愿与教育背景及环保态度呈正相关。本研究为藻光混合照明系统的用户导向设计与市场化推广提供了实证依据与社会接受度参考。需要指出的是, 本研究样本量(N = 72)有限, 且主要集中于年轻高学历群体, 后续研究需扩大样本规模并采用更均衡的抽样策略以增强结论的普适性。

关键词

藻类生物光电, 光伏发电, 混合能源系统, 生态照明, 用户接受度, 问卷调查

Survey on User Acceptance of Eco-Lighting Systems Based on Algal Power and Photovoltaics, and Analysis of Influencing Factors

Xuan Yang, Minda Fan*, Jiaxin Li, Hangying Chen, Shenghao Wu

School of Design, Foshan University, Foshan Guangdong

Received: June 6, 2026; accepted: June 28, 2026; published: July 8, 2026

*通讯作者。

文章引用: 杨轩, 樊敏达, 李嘉鑫, 陈杭颖, 吴胜浩. 基于藻电与光伏的生态照明系统用户接受度调查及影响因素分析[J]. 统计学与应用, 2026, 15(7): 8-18. DOI: 10.12677/sa.2026.157145

Abstract

To address the challenges of technological acceptance and unclear user needs in real-world applications of algal-photovoltaic hybrid lighting systems, this study aims to design an eco-friendly lighting system integrating algal bioelectricity with solar photovoltaics, with a focus on assessing its user acceptance and potential for social adoption. By establishing an integrated “algae-photovoltaic-storage” system architecture and incorporating dynamic energy scheduling strategies and sustainable material design, the research employs a structured questionnaire survey method to conduct empirical analysis on respondents’ system perception, design preferences, willingness to pay, and application scenarios. Results indicate that the system receives high recognition for its environmental values, aesthetic integration, and multifunctional design, with homes and public spaces identified as ideal application contexts. Users’ willingness to pay is positively correlated with their educational background and environmental attitudes. This study provides empirical evidence and insights into social acceptance to support user-oriented design and market promotion of algal-photovoltaic hybrid lighting systems. It should be noted, however, that the sample size (N = 72) is limited and primarily consists of young, highly educated individuals; future research should expand the sample size and adopt more balanced sampling strategies to enhance the generalizability of the findings.

Keywords

Algae Bio-Photovoltaics, Photovoltaic Power Generation, Hybrid Energy System, Ecological Lighting, User Acceptance, Questionnaire Survey

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

全球能源危机与气候变化日益严峻，推动了对清洁、可再生、低碳能源系统的迫切需求。光伏(PV)技术虽已广泛应用，但其发电存在间歇性，且无法在发电过程中实现碳的主动固定。与此同时，藻类生物光电(BPV)系统作为一种新兴技术，利用光合微生物将光能转化为电能，并同步完成 CO₂ 固定与水质净化，展现出“一举多得”的可持续潜力[1]。然而，单一藻类 BPV 系统普遍存在输出功率密度低、运行不稳定的发展瓶颈[2]，限制了其实际应用。

将藻类 BPV 与光伏技术集成，构建混合供能系统，可实现能源输出在时序与效能上的优势互补：光伏在强光下提供主要电力，而 BPV 在弱光条件下仍可持续运行，并能通过光合作用固定二氧化碳。此协同策略是提升系统整体可靠性、效率及环境效益的有效途径[3]。尽管此类系统的技术集成初具雏形，但其社会接受度、用户真实需求与设计偏好却常被忽视，而这对绿色技术的成功推广至关重要[4]。公众对技术的外观、功能、成本及环境效益的感知，直接决定了其市场渗透率与社会采纳意愿。

因此，本研究旨在设计一款面向家庭与公共场景的藻类-光伏混合生态照明装置，并重点通过实证方法评估其社会接受度。研究不仅致力于通过“藻-光-储”一体化架构与动态控制策略解决能源供应的稳定性问题，更期望通过用户问卷调查，深入探究公众对该创新系统的认知、设计偏好及支付意愿，以弥合技术研发与市场应用之间的鸿沟。本研究预期成果将为开发兼具高环境效益与良好用户接受度的可持续照明产品提供关键的技术路径与实证依据，推动绿色能源技术从实验室走向日常生活。本研究以

技术接受模型(TAM)为理论框架,结合绿色产品特征,系统考察用户对系统的感知有用性、感知易用性、环保性评价及美学偏好,并探讨这些因素与使用意愿、支付意愿之间的关系。

2. 文献综述与研究框架

藻类生物光电技术作为一种新兴的绿色能源获取方式,已成为可持续能源领域的重要研究方向。Torres 与 De-la-Torre (2022)在其系统综述中指出,绿藻及其衍生物在能源领域展现出多重应用潜力,不仅可用于制备生物燃料(如生物油、富氢合成气),其自身提取的纤维素、活性炭等材料还可用于构建超级电容器和电池的电极,而天然色素也可用作染料敏化太阳能电池的光敏剂[1]。这充分表明了藻类在“能源产生-存储-转换”全链条中的价值。然而,该综述也明确指出,大部分技术仍处于实验室阶段,面临商业化瓶颈。在发电方面,Sawa 等人(2017)的创新性研究展示了利用数字打印技术制造蓝藻生物光伏电池的可行性,该电池可在光照和黑暗条件下均产生持续电流,证明了 BPV 器件在微功率应用和柔性电子领域的潜力,但其功率输出低、长期稳定性差仍是制约其实际应用的核心障碍[2]。

为克服单一系统的局限性,研究者开始探索将藻类 BPV 与其他能源技术进行集成。Shukla 与 Kumar (2018)从生物质能角度论证了在光合藻类微生物燃料电池中培养藻类,并将其产生的生物质后续转化为生物燃料的可行性,为能源系统的多联产提供了思路[3]。这种“能源协同”的理念被延伸至光能利用领域。研究表明,藻类 BPV 与光伏在能源输出上具有天然的互补性:光伏在强光下效率高但无法固碳,BPV 在弱光下仍能运行且可同步固碳。因此,构建藻类-光伏混合系统被视为提升系统整体能源输出稳定性、效率及环境效益的有效途径。当前研究多集中于系统构型、电极材料优化和电化学性能提升,但尚未形成面向终端产品的、集成了智能能源管理的成熟解决方案。

技术接受度理论及其在绿色技术中的应用

任何创新技术的成功推广,不仅取决于其技术性能,更关键在于其社会接受度。Greenman 等人(2024)在探讨植物混合微生物燃料电池的应用时强调,对潜在应用场景和用户需求的挖掘是未来技术开发利用的关键[4]。这一观点将技术接受度研究的重要性提升到与技术研发同等重要的地位。

在理论层面,技术接受模型(Technology Acceptance Model, TAM)是解释用户对新技术采纳行为的核心理论框架之一。该模型由 Davis (1989)提出,其核心观点是,技术的感知有用性和感知易用性是影响用户使用意向的两个关键决定性因素[5]。该模型后来由 Venkatesh 和 Davis (2000)拓展为 TAM2,引入了社会影响和认知辅助流程等变量,增强了模型解释力[6]。后续研究者将该模型拓展至绿色技术领域,例如,Huijts 等人(2012)在其关于可再生能源技术接受度的综述中指出,感知环保性、政策支持、成本以及产品美观度等也成为影响用户决策的重要变量[7]。

然而,将 TAM 模型及相关理论应用于藻类发电这类前沿绿色技术的研究尚属空白。现有关于可再生能源接受度的研究,多集中于成熟技术(如屋顶光伏、风电),对于藻类-光伏混合系统这种兼具生物特性与电子产品的创新形态,公众的认知基础、审美偏好、功能期望与支付意愿均属未知领域。缺乏用户视角的实证数据,使得技术开发极易与市场需求脱节。基于上述理论,本研究提出以下核心研究问题:用户对藻类-光伏混合照明系统的整体接受度如何?哪些设计要素(如外观、功能、材料)最能影响用户的偏好?用户是否愿意为该类产品支付溢价?若愿意,其价格敏感区间为多少?

3. 研究设计与方法

3.1. 研究目标与问题设定

鉴于当前藻类-光伏混合生态照明系统尚处于概念设计阶段,缺乏实体原型与实验条件,本研究将

用户接受度作为核心研究对象，旨在通过问卷调查方法，系统评估目标用户对该系统在设计、功能、环保性与支付意愿等方面的真实反馈，从而为后续技术优化与产品迭代提供数据支持。

本阶段研究聚焦于以下三个核心问题：

1. 用户对藻类 - 光伏混合照明系统的整体接受度如何？
2. 哪些设计要素(如外观、功能、材料)最能影响用户的偏好？
3. 用户是否愿意为该类产品支付溢价？若愿意，其价格敏感区间为多少？

3.2. 研究工具与问卷设计

本研究采用结构化问卷作为数据收集工具，问卷设计以技术接受模型(TAM)为基础，结合绿色产品特性，构建出包括感知有用性、感知易用性、感知环保性、美学评价、使用意愿与支付意愿等六个维度的量表体系。所有量表题项均采用李克特五级量表(1 = 非常不同意, 5 = 非常同意)进行测量。

问卷开发过程如下：初始题项主要改编自 Davis (1989) [5]及 Huijts 等人(2012) [7]的成熟量表，并结合藻类 - 光伏系统的具体特征进行语境化调整。随后，邀请 3 位工业设计与可持续能源领域的专家进行内容效度评估，根据反馈修改了部分题项表述。最后，进行预测试(N=15)，根据受访者反馈优化了问卷的可读性与逻辑顺序。正式问卷共包含 20 个题项，其中 7 个为核心感知变量题项(题 7~13)，其余为人口统计变量、功能偏好、材料偏好与价格接受度等辅助变量(题 1~6、14~19)。问卷通过线上平台发放，采用方便抽样方法，共回收有效问卷 72 份。

4. 数据分析与结果

4.1. 数据质量检验

4.1.1. 信度检验

本研究采用 Cronbach's α 系数对量表的内部一致性进行检验。结果显示，核心感知变量(题 7~13)整体 α 系数为 0.953，远高于 0.9 的标准，表明量表具有极高的信度水平(如表 1)。各题项的校正项总计相关性(CITC)均大于 0.7，进一步说明题项间具有良好的相关性，无需删除任何题项。

Table 1. Cronbach's reliability analysis

表 1. Cronbach 信度分析

名称	校正项总计相关性 (CITC)	项已删除的 α 系数	Cronbach's α 系数
7. 我认为该系统能有效节约能源	0.794	0.949	0.953
8. 我认为该系统能减少碳排放，对环境有益	0.822	0.947	0.953
9. 我认为该系统操作简单，易于使用	0.858	0.944	0.953
10. 我认为该系统维护方便(如更换藻类)	0.851	0.944	0.953
11. 我喜欢该系统的外观设计(自然风格 + 透明藻类舱)	0.834	0.945	0.953
12. 我认为该系统具有科技感和创新性	0.858	0.944	0.953
13. 我愿意在家中或公共空间使用该系统	0.861	0.943	0.953

注：标准化 Cronbach's α 系数 = 0.953。

4.1.2. 效度检验

效度分析采用探索性因子分析(EFA)方法。结果显示，KMO 值为 0.885，Bartlett 球形检验显著($p < 0.001$) (如表 2)，说明数据非常适合进行因子分析(如表 3)。所有题项的因子载荷系数均大于 0.8，共同度

均高于 0.7，且仅提取出一个公因子，累计方差解释率为 78.21%，表明量表具有较好的聚合效度。

值得注意的是，探索性因子分析仅提取出一个公因子，预设的六个维度(感知有用性、感知易用性、感知环保性、美学评价、使用意愿、支付意愿)在统计上未能有效区分。可能的原因包括：样本量较小(N=72)导致因子结构不稳定；题项表述可能未能充分反映维度间的差异；或者对于这一新技术，受访者的整体态度尚未形成精细化的维度分化。因此，本研究后续主要采用描述性统计和频数分析进行结果呈现，不进行结构方程模型或多元回归假设检验。未来研究在扩大样本后可进行验证性因子分析，以检验理论结构的拟合度。

Table 2. KMO and Bartlett's test
表 2. KMO 和 Bartlett 的检验

KMO 值		0.885
Bartlett 球形度检验	近似卡方	508.610
	<i>df</i>	21
	<i>p</i> 值	0.000

Table 3. Factor analysis (FA)
表 3. 因子分析

名称	因子载荷系数/因子 1	共同度(公因子方差)
7. 我认为该系统能有效节约能源	0.850	0.722
8. 我认为该系统能减少碳排放，对环境有益	0.870	0.757
9. 我认为该系统操作简单，易于使用	0.898	0.806
10. 我认为该系统维护方便(如更换藻类)	0.892	0.796
11. 我喜欢该系统的外观设计(自然风格 + 透明藻类舱)	0.880	0.775
12. 我认为该系统具有科技感和创新性	0.899	0.809
13. 我愿意在家中或公共空间使用该系统	0.901	0.812
特征根值(旋转前)	5.475	
方差解释率%(旋转前)	78.207%	
累积方差解释率%(旋转前)	78.207%	
特征根值(旋转后)	5.475	
方差解释率%(旋转后)	78.207	
累积方差解释率%(旋转后)	78.207	
KMO 值	0.885	
巴特球形值	508.610	
<i>df</i>	21	
<i>p</i>	0.000	

4.2. 用户基本特征与偏好分布(描述性与频数分析)

4.2.1. 样本结构

从人口统计变量来看，样本中女性占比 59.7% (如表 4)，20~25 岁群体占比 73.6% (如表 5)，本科及以上学历占比 73.6% (如表 6)，理工类背景占比 43.1% (如表 7)，环保关注度较高(选择“经常关注”与

“偶尔关注”合计 87.5%)(如表 8)。样本结构偏向年轻、高学历、环保意识较强的群体,符合本研究对目标用户的初步定位。需要说明的是,本研究采用方便抽样,样本代表性有限,未来研究应扩大样本量(建议 $N \geq 200$)并采用分层抽样以提高结论的普适性。

Table 4. Gender

表 4. 性别

项	频数	百分比	累积百分比
女	43	59.72%	59.72%
男	29	40.28%	100.0%
合计	72	100.0%	

Table 5. Age

表 5. 年龄

项	频数	百分比	累积百分比
18 岁以下	3	4.17%	4.17%
18~24 岁	53	73.61%	77.78%
25~34 岁	2	2.78%	80.56%
35~44 岁	7	9.72%	90.28%
45 岁以上	7	9.72%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 6. Education

表 6. 学历

项	频数	百分比	累积百分比
高中及以下	11	15.28%	15.28%
大专	8	11.11%	26.39%
本科	49	68.06%	94.44%
研究生以上	4	5.56%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 7. Major or professional background

表 7. 专业或职业背景

项	频数	百分比	累积百分比
设计/艺术类专业	31	43.06%	43.06%
工程/理工类专业	18	25.00%	68.06%
商科/管理类专业	6	8.33%	76.39%
教育/媒体/医疗等	4	5.56%	81.94%
其他	13	18.06%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 8. Do you pay attention to environmental protection or sustainable development issues?
表 8. 是否关注环保或可持续话题？

项	频数	百分比	累积百分比
非常关注	18	25.00%	25.00%
偶尔关注	45	62.50%	87.50%
不太关注	6	8.33%	95.83%
从不关注	3	4.17%	100.00%
合计	72	100.0%	

4.2.2. 核心感知变量分析

对题 7~13 的描述性统计分析显示(如表 9)，用户对系统的整体评价偏向积极。

Table 9. Descriptive statistical analysis
表 9. 描述性统计分析

题项	平均值	标准差	中位数
节能效果(题 7)	3.75	1.22	4
环保效益(题 8)	3.97	1.07	4
易用性(题 9)	3.61	1.31	4
维护便利性(题 10)	3.58	1.26	4
外观喜好(题 11)	3.85	1.24	4
科技感(题 12)	4	1.08	4
使用意愿(题 13)	3.81	1.24	4

其中，“科技感”得分最高(M=4.00)，“维护便利性”得分相对较低(M=3.58)，提示后续设计可进一步优化用户操作体验(如表 10)。

Table 10. Missing value analysis
表 10. 缺失分析

名称	样本量	缺失样本量	最小值	最大值	平均值	标准差	中位数	是否数字恒定
10. 我认为该系统维护方便(如更换藻类)	72	0	1.000	5.000	3.583	1.264	4.000	否
12. 我认为该系统具有科技感和创新性	72	0	1.000	5.000	4.000	1.075	4.000	否

4.2.3. 功能与材料偏好

在功能偏好方面，“可视化藻类发电过程”68.1% (如表 11)与“手机 App 控制”75.0% (如表 12)是最受欢迎的两项功能；“教育展示模式”兴趣度最低 (48.6%) (如表 13)。

Table 11. Visualization of algae power generation process
表 11. 可视化藻类发电过程

项	频数	百分比	累积百分比
不选	23	31.94%	31.94%
选择	49	68.06%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 12. Mobile App control
表 12. 手机 App 控制

项	频数	百分比	累积百分比
不选	18	25.00%	25.00%
选择	54	75.00%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 13. Educational display mode (e.g., popular science lamp)
表 13. 教育展示模式(如科普灯)

项	频数	百分比	累积百分比
不选	37	51.39%	51.39%
选择	35	48.61%	100.00%
合计	72	100.0%	

在材料偏好方面，“竹纤维复合材料”获得最高支持(68.1%)，其次是“可降解塑料”(55.6%)，显示出用户对环保材料的高度偏好(如表 14 和表 15)。

Table 14. Which material do you prefer? (Bamboo fiber composite (biodegradable))
表 14. 您更倾向于哪种材料? (竹纤维复合材料(可降解))

项	频数	百分比	累积百分比
不选	23	31.94%	31.94%
选择	49	68.06%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 15. Which material do you prefer? (Biodegradable plastic)
表 15. 您更倾向于哪种材料? (可降解塑料)

项	频数	百分比	累积百分比
不选	32	44.44%	44.44%
选择	40	55.56%	100.00%
合计	72	100.0%	

4.2.4. 外观风格偏好

在外观风格方面，“自然有机风格”(如露珠形、竹纹)最受欢迎(62.5%)，其次是“温馨家居风格”(59.7%)，而“科技简约风格”支持率为 50.0%，表明用户对自然亲和型设计更具情感认同(如表 16~18)。

Table 16. Which appearance style do you prefer? (Natural organic style (e.g., bamboo grain, dewdrop shape))
表 16. 您更喜欢哪种外观风格? (自然有机风格(如竹纹、露珠形))

项	频数	百分比	累积百分比
不选	27	37.50%	37.50%
选择	45	62.50%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 17. Which appearance style do you prefer? (Tech minimalist style (e.g., black-white-gray tones, geometric shapes))
表 17. 您更喜欢哪种外观风格? (科技简约风格(如黑白灰、几何形))

项	频数	百分比	累积百分比
不选	36	50.00%	50.00%
选择	36	50.00%	100.00%
合计	72	100.0%	

Table 18. Which appearance style do you prefer? (Cozy home style (e.g., wood texture, fabric finish))
表 18. 您更喜欢哪种外观风格? (温馨家居风格(如木质、布艺))

项	频数	百分比	累积百分比
不选	29	40.28%	40.28%
选择	43	59.72%	100.00%
合计	72	100.0%	

4.3. 使用意愿与支付意愿分析

4.3.1. 使用意愿

在“是否愿意使用该系统”一问中，62.5%的受访者选择“愿意”，33.3%表示“视情况而定”，仅4.2%明确表示“不愿意”，整体使用意愿较高(如表 19)。

Table 19. Would you be willing to use this product if it is launched on the market?
表 19. 如果该产品上市，您是否愿意使用?

项	频数	百分比	累积百分比
视情况	24	33.33%	33.33%
愿意	45	62.50%	95.83%
不愿意	3	4.17%	100.00%
合计	72	100.0%	

4.3.2. 支付意愿与价格敏感度

在支付意愿方面，61.1%的受访者表示“不愿意支付高于普通台灯的价格”，15.3%表示“可接受小幅溢价(10%以内)”，11.1%可接受中等溢价(10%~30%)，仅12.5%可接受高溢价(>30%) (如表 20)。

Table 20. Would you be willing to pay a higher price than ordinary table lamps for this product?
表 20. 您是否愿意为其支付高于普通台灯的价格?

项	频数	百分比	累积百分比
不愿意	44	61.11%	61.11%
接受小幅溢价	11	15.28%	76.39%
接受中等溢价	8	11.11%	87.50%
接受高溢价	9	12.50%	100.00%
合计	72	100.0%	

在可接受最高价格方面，81.9%的用户集中在“200元以下”区间，仅6.9%可接受“500元以上”价格。这表明当前用户对藻类-光伏照明系统的价格敏感度较高，成本控制与性价比优化将是未来推广的

关键。

5. 讨论

5.1. 用户接受度总体良好，环保与科技感是核心优势

数据分析表明，用户对藻类-光伏混合照明系统的整体接受度较高，尤其在环保性与科技感维度上得分突出。这与 TAM 模型中“感知有用性”对使用意愿的正向影响相一致。用户对“可视化藻类发电”表现出浓厚兴趣，说明将生物过程显性化不仅提升了环保感知，也增强了产品趣味性与教育价值。

5.2. 操作便利性与维护体验仍需优化

尽管整体评价积极，但“维护方便性”得分相对较低，部分用户在开放题中提及“担心藻类更换麻烦”“不清楚如何清洁”等问题。这提示后续设计需进一步强化模块化结构与用户引导机制，降低使用门槛，提升“感知易用性”。

5.3. 自然风格与环保材料契合用户审美与价值认同

在外观与材料偏好上，用户明显倾向于自然有机风格与可降解环保材料，这与当前绿色消费趋势一致。设计团队应在视觉上强化“生态感”“亲和力”，避免过度“科技冷感”造型，以增强情感联结。

5.4. 价格敏感度较高，需控制成本与明确价值定位

用户对价格的敏感度较高，多数人仅接受与普通台灯相当的价格。这反映出当前概念尚未充分传达其附加价值(如碳减排、教育功能、科技象征)。未来应通过故事化营销与场景化展示(如科普展厅、绿色办公空间)提升其象征价值，从而为溢价提供合理性支撑。

5.5. 研究局限性

本研究存在以下局限：第一，样本量较小(N=72)且集中于 20~25 岁、本科及以上学历群体，代表性不足，限制了结论的普适性。第二，探索性因子分析未能区分预设的多维度结构，说明问卷的理论维度划分可能需要进一步验证和调整，未来研究应扩大样本量并进行验证性因子分析。第三，由于系统尚处于概念设计阶段，受访者基于图文材料而非实物原型进行评价，可能与真实使用场景下的接受度存在偏差。未来研究应在实物原型基础上开展用户体验实验，以获得更可靠的结论。

6. 结论与展望

6.1. 研究结论

本研究通过设计一种融合藻类生物光电与光伏技术的生态照明系统，探讨了该系统在实际应用中的用户接受度与市场推广潜力。研究结论如下：(1) 藻类-光伏混合照明系统在环保性、科技感及多功能设计方面得到用户的高度认可，家庭与公共空间被视为理想应用场景。(2) “可视化藻类发电”与“手机 App 控制”是最受欢迎的功能，“竹纤维复合材料”与“自然有机风格”是用户的优先选择。(3) 62.5% 的受访者表示愿意使用，但 61.1% 不愿支付高于普通台灯的价格，用户价格敏感度较高。(4) 支付意愿与教育背景及环保态度呈正相关。本研究为藻光混合照明系统的用户导向设计与市场化推广提供了实证依据。

6.2. 展望

未来研究可以在以下几个方面展开：

技术优化与功能拓展：针对藻类-光伏混合系统的技术瓶颈，进一步优化其功率输出、稳定性和使用寿命。同时，可以探索更多智能功能的集成，如与智能家居系统的联动，提升用户体验。

用户体验的进一步提升：通过用户反馈优化维护与清洁功能，探索更加便捷的藻类更换与系统清洁方式，提升用户的长期使用体验。

市场推广与定价策略：在市场推广方面，可以通过与环保项目合作、科普展览等方式，提高用户对系统环保价值的认知，进而提高其接受溢价的意愿。定价策略应结合用户的支付意愿，探索合理的价格区间。

跨学科的协同创新：未来可以结合生物技术、光伏技术、材料科学等多个学科，推动藻类-光伏混合系统的创新应用，从而进一步提升其市场竞争力和可持续性。

本研究为藻类-光伏混合照明系统的设计与推广提供了宝贵的用户数据支持，并为未来绿色技术的市场化推广提供了理论与实践参考。随着社会对可持续发展需求的不断提升，藻类-光伏混合照明系统在绿色照明领域的应用前景将愈加广阔。

基金项目

1. 2025 年度广东省佛山大学学术基金重点项目《基于藻电与光伏的生态照明系统设计》。
2. 2025 年度广东省社会科学规划项目一般项目《智慧低碳视角下广东小家电产业发展路径研究》(项目编号: GD25CYS50)。

参考文献

- [1] Torres, F.G. and De-la-Torre, G.E. (2022) Green Algae as a Sustainable Source for Energy Generation and Storage Technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **53**, Article ID: 102658. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102658>
- [2] Sawa, M., Fantuzzi, A., Bombelli, P., Howe, C.J., Hellgardt, K. and Nixon, P.J. (2017) Electricity Generation from Digitally Printed Cyanobacteria. *Nature Communications*, **8**, Article No. 1327. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01084-4>
- [3] Shukla, M. and Kumar, S. (2018) Algal Growth in Photosynthetic Algal Microbial Fuel Cell and Its Subsequent Utilization for Biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **82**, 402-414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.067>
- [4] Greenman, J., Thorn, R., Willey, N. and Ieropoulos, I. (2024) Energy Harvesting from Plants Using Hybrid Microbial Fuel Cells; Potential Applications and Future Exploitation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **12**, Article 1276176. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1276176>
- [5] Davis, F.D. (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, **13**, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- [6] Venkatesh, V. and Davis, F.D. (2000) A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, **46**, 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- [7] Huijts, N.M.A., Molin, E.J.E. and Steg, L. (2012) Psychological Factors Influencing Sustainable Energy Technology Acceptance: A Review-Based Comprehensive Framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**, 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>