

# 基于UTAUT模型的建筑从业者绿色施工技术采纳行为研究

张肖静, 李嘉欣\*

武汉工程大学土木工程与建筑学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年4月17日; 录用日期: 2026年7月21日; 发布日期: 2026年8月26日

## 摘 要

绿色施工技术成为节能减排的关键路径, 却面临应用动力偏低的推广困境。为揭示其采纳行为的内在机理, 本研究基于整合型技术采纳模型(UTAUT), 构建影响因素假设模型, 并运用结构方程模型进行实证分析。结果表明: 努力期望、便利条件和社会影响显著正向影响从业者的行为意向; 行为意向在不同变量间发挥部分或完全中介作用。

## 关键词

绿色施工技术, 采纳行为, UTAUT, 结构方程模型

# Research on Green Construction Technology Adoption Behavior of Construction Practitioners Based on UTAUT Model

Xiaojing Zhang, Jiaxin Li\*

School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

Received: April 17, 2026; accepted: July 21, 2026; published: August 26, 2026

## Abstract

Green construction technology has become a key pathway for energy conservation and emission reduction, yet it faces the challenge of low motivation for widespread application. To uncover the intrinsic mechanisms of its adoption behavior, this study constructs a hypothesis model of influencing factors based on the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) and conducts

\*通讯作者。

文章引用: 张肖静, 李嘉欣. 基于 UTAUT 模型的建筑从业者绿色施工技术采纳行为研究[J]. 可持续发展, 2026, 16(8): 324-334. DOI: 10.12677/sd.2026.168293

empirical analysis using structural equation modeling. The results indicate that effort expectation, facilitating conditions, and social influence significantly and positively influence practitioners' behavioral intention; behavioral intention plays a partial or complete mediating role among different variables.

## Keywords

Green Construction Technology (GCT), Adoption Behavior, UTAUT, Structural Equation Modeling

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

当前, 建筑业在推进碳减排与技术转型过程中面临现实困境。尽管绿色施工技术作为实现建筑领域节能减排的关键路径, 其推广应用却进度缓慢[1]。绿色施工技术集成了节能工艺、环保材料、清洁能源应用等创新要素, 可显著降低建造过程碳排放、提升资源利用效率[2] [3]。然而, 在碳减排目标驱动下, 当前建筑从业者对绿色施工技术虽具备较高认可度, 但实际应用采纳率偏低, 严重制约了建筑业绿色转型。因此, 需识别并解析绿色施工技术采纳行为的关键影响机制。

绿色施工技术以资源高效利用和环境保护为核心[4] [5], 通过太阳能光伏[6]、BIM、预制技术[7]等典型应用, 在能效提升、碳减排及经济效益优化方面优势显著。然而, 尽管有政策与资金支持, 其整体采用率依然偏低[8], 存量建筑中近 40% 为非节能建筑。究其原因, 主要受制于成本与复杂性、技术成熟度不足以及从业者认知与经验匮乏[9], 加之环境规制呈现双向作用——严格规制可驱动创新, 但若违规成本低于绿色施工成本则产生制约效应。虽有很多学者对绿色施工技术采纳影响因素进行了研究, 但目前研究缺乏有效机制来解释建筑企业从业者采纳绿色施工技术的积极预期与其有限采用行为之间的差距, 为此, 本研究基于 UTAUT 模型, 以建筑从业者研究对象, 探讨绩效期望、努力期望、社会影响及便利条件对绿色施工技术行为意向与使用行为的影响机制, 为破解技术推广困境提供理论支撑。

## 2. 理论框架与研究假设

### 2.1. 理论框架

在探讨绿色施工技术采用的理论研究时, 本研究发现, 尽管应用了多种理论, 包括技术接受模型(TAM)、技术-组织-环境(TOE)框架, 然而, 这些理论仍存在局限性, 无法描述个体对技术接受度的多方面。整合型技术采纳模型(UTAUT)概括了多种模型, 对用户行为的解释力达 70%, 被认为更具综合性[10]。实证研究表明, UTAUT 在不同领域的技术采纳中具有强大的解释力[11], 包括建筑行业, 例如, Cai 等运用 UTAUT 探究企业高预制化技术采纳机制[12]。

### 2.2. 研究假设

#### 2.2.1. UTAUT 框架下各变量对行为意愿和使用行为的影响

绩效期望(PE)指个人认为使用技术有助于提升工作绩效的程度[13]。在绿色施工技术情境下, 它体现为从业者感知 BIM、节能降噪技术、新材料应用等带来的资源节约与效率提升[14]。现有研究表明, 建筑企业从业者采用绿色施工技术的意愿深受相对效益、实用性和绩效预期的影响, 例如, Nguyen 等[15]和

Zhao 等[16]发现收益和实用性显著提高了采用的可能性。因此, 提出以下假设:

H1: 绩效期望对绿色施工技术行为意向产生正向影响。

努力期望(EE)反映了使用者对技术“易用性”的感知, 即学习与操作该技术所需付出的认知与行为成本。研究表明, 努力期望(EE)显著影响技术的采用, 在采用初期起着关键作用[17]。Venkatesh 等[10]将 UTAUT 模型扩展至包含 EE, 确认其在预测技术采纳意向中的关键作用。后续实证研究也表明, 努力期望显著影响智能家居技术及建筑业大数据分析技术的采纳意图[18][19]。因此, 提出以下假设:

H2: 努力期望对绿色施工技术行为意向产生正向影响。

便利条件(FC)在绿色施工技术采纳中, 体现为技术可及性、培训完备性、资金可得性及流程兼容性。Weerasinghe 等[20]指出, 资源与知识的可及性是态度转化为行为的重要前提。即使个体认同技术价值或感受到社会压力, 若缺乏必要的便利条件, 采纳意图仍可能受到抑制。即当从业者确信存在充足外部条件支撑其行为实施时, 会增强对行为可控性的认知, 进而提升意愿强度[11]。因此, 提出以下假设:

H3: 便利条件对绿色施工技术行为意向产生正向影响。

在 UTAUT 框架中, 社会影响(SI)指个人感知到的他人如同事、行业标杆或社会规范对其是否应使用某项技术的影响程度。研究表明, 社会影响在技术采纳初期尤为关键[21]。Liao 等[22]发现, 建筑从业者的技术接受度受到高层管理、同行及社会因素的显著影响。政府政策亦被视为重要驱动因素[23]。本研究与 TPB 框架内的主观规范概念相契合, 旨在探讨社交网络与个人心理对技术采纳的作用机制。因此, 提出了以下假设:

H4: 社会影响对绿色施工技术行为意向产生正向影响。

行为意向(BI)被普遍认为是预测实际使用行为(UB)最直接、最核心的前置变量[12]。UTAUT 明确指出, 行为意图是中介所有外部因素(如绩效期望、社会影响、便利条件)与实际使用行为的关键心理枢纽[13]。在 Gao 等[24]的绿色技术采纳的研究中, 表明明确的技术采纳意图能显著提升该技术在现场实施中得以实际应用的可能性。因此, 提出了以下假设:

H5: 绿色施工技术行为意向对绿色施工技术使用行为产生正向影响。

### 2.2.2. 行为意向的中介作用

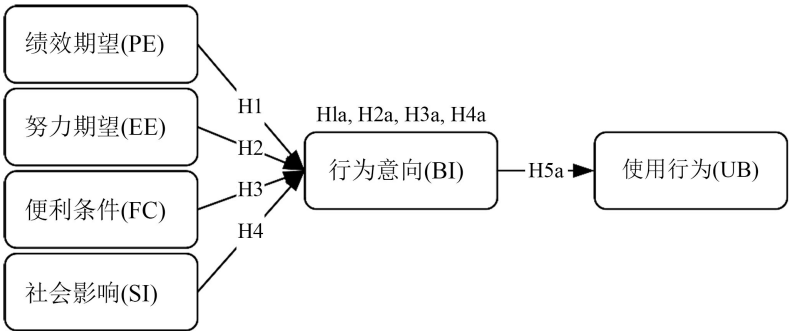


Figure 1. Hypothesis path diagram  
图 1. 假设路径图

根据 UTAUT 等经典模型, 技术使用行为并非由外部因素直接决定, 而是通过行为意图这一心理变量实现传导[13]。努力期望、绩效期望、社会影响及便利条件等外部因素, 主要通过影响采纳意图间接驱动实际行为[25]。在绿色施工技术采纳的情境中, 这一传导路径尤为重要: 从业者对技术易用性、有用性、社会规范压力及资源支持的认知与评估, 会首先整合并形成明确的采纳意向, 该意向继而转化为具体的规划、资源配置与现场应用行为。例如, Cai 等[12]与 Zhao 等[16]的研究均证实, 外部因素通过行为意图

显著作用于建筑企业的技术采纳行为。因此, 提出了以下假说:

- H1a: 绿色施工技术行为意向在绩效期望与使用行为之间起中介作用;
- H2a: 绿色施工技术行为意向在努力期望与使用行为之间起中介作用;
- H3a: 绿色施工技术行为意向在便利条件与使用行为之间起中介作用;
- H4a: 绿色施工技术行为意向在社会影响与使用行为之间起中介作用。

根据前文的研究假设, 本研究的假设路径图如图 1 所示。

3. 数据收集与分析

3.1. 数据收集

本研究采用问卷调查收集数据。首先通过实地调研与文献综述初步构建题项, 经专家咨询修订, 初步构建了调查问卷, 随后, 选取两家本地建筑企业的 20 名从业者进行预调查, 根据回收意见完成问卷内容的最终修正。于 2025 年 5 月进行正式调研, 采用线上(问卷星)线下(访谈)相结合的方法, 面向中国多个城市的建筑企业从业者发放问卷, 共回收问卷 380 份, 在处理问卷时, 发现有些问卷存在较多缺失或连续 10 个以上为同一选项的现象, 将此类问卷判定为无效问卷, 经数据清洗剔除无效样本后, 获得有效问卷 338 份, 有效回收率为 91.2%。样本结构良好。在抽样设计方面, 本研究的目标人群为中国建筑企业一线从业者及项目管理人员分别来自建设单位、设计单位、施工单位、咨询单位和建设监理单位。抽样框依托地方建筑行业协会会员名录及在建项目人员名单构建。采用分层抽样方法, 按企业类型与岗位类型(技术岗、管理岗、施工岗)进行配额控制, 以提升样本代表性。线上问卷星通过协会工作群定向推送, 线下访谈在项目现场随机拦截邀请。最终回收样本覆盖华东、华中、华南等主要建筑市场区域, 其中, 31.7%的受访者来自国有企业, 民营企业的比例为 58.9%, 基本反映了行业从业人员结构。在学历方面, 68.3%的受访者具有本科学历, 10.7%的受访者具有硕士及以上学历, 良好的受教育水平保证本次调查问卷数据的可靠性。从工程领域工作年限来看, 从业 1~5 年的占 32.3%, 6~10 年占 31.3%, 11~15 年占 18%, 16~20 年占 9.5%, 21~25 年占 5.9%, 25 年以上的占 3.3%。

3.2. 数据分析

3.2.1. 正态性检验

为确保数据符合结构方程模型的分析前提, 本研究在建模前对样本进行了正态性检验。借助 SPSS 26.0 对各观测变量进行检验, 结果显示所有题项的偏度与峰度绝对值均低于 2, 表明样本数据满足正态分布假定, 适合进行后续的 SEM 分析。

3.2.2. 相关性检验

Table 1. Correlation coefficient matrix of variables (N = 338)

表 1. 各变量的相关性系数矩阵(N = 338)

| 变量 | EE      | FC      | BI      | UB      | PE      | SI |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| EE | 1       |         |         |         |         |    |
| FC | 0.560** | 1       |         |         |         |    |
| BI | 0.598** | 0.570** | 1       |         |         |    |
| UB | 0.557** | 0.578** | 0.637** | 1       |         |    |
| PE | 0.503** | 0.618** | 0.524** | 0.458** | 1       |    |
| SI | 0.325** | 0.273** | 0.406** | 0.293** | 0.449** | 1  |

注: \*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001, \*\*表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

利用 SPSS 26.0 对所有变量进行相关性检验。结果显示，六个维度之间均存在显著正相关( $P < 0.05$ )，且相关系数均小于 0.7，表明变量间共线性程度在可接受范围内，各维度具有良好的区分性(见表 1)。

为确保排除多重共线性带来的可能影响，对主要变量进行 VIF 多重共线性检验。由表 2 分析结果可得，Tolerance 值分布在 0.510~0.749 大于 0.2 的标准，VIF 的值在 1.336~2.010 之间大于 0.2 且小于 5，因此，模型中的变量之间不存在多重共线性问题。

Table 2. Multicollinearity test  
表 2. 多重共线性检验

| 变量 | Tolerance | VIF   |
|----|-----------|-------|
| EE | 0.557     | 1.796 |
| FC | 0.498     | 2.010 |
| PE | 0.51      | 1.962 |
| SI | 0.749     | 1.336 |
| BI | 0.518     | 1.929 |

因变量：UB。

3.2.3. 信度和效度检验

在进行实证分析前，需对量表进行信度和效度检验，本研究采用 Cronbach’s alpha 系数来检验问卷的信度。利用 SPSS 26.0 对问卷的 6 个变量进行信度分析。从分析结果可知(见表 3)，6 个研究变量对应的  $\alpha$  系数均在 0.741~0.855 之间，所有值都大于 0.7，问卷具有较高的信度。

Table 3. Reliability analysis  
表 3. 信度分析

| 变量 | 题项 | Cronbach’s alpha |
|----|----|------------------|
| EE | 5  | 0.843            |
| FC | 5  | 0.837            |
| BI | 4  | 0.849            |
| UB | 2  | 0.741            |
| PE | 5  | 0.852            |
| SI | 4  | 0.855            |

Table 4. KMO value and Bartlett’s test of the formal scale  
表 4. 正式量表的 KMO 值和 Bartlett’s 球形检验

| 分量表      | KMO 值 | Bartlett’s 球形检验 | 自由度 | 显著性   |
|----------|-------|-----------------|-----|-------|
|          |       | 近似卡方            |     |       |
| 努力期望     | 0.852 | 618.797         | 10  | 0.000 |
| 便利条件     | 0.851 | 592.620         | 10  | 0.000 |
| 绿色施工技术采纳 | 0.856 | 899.430         | 15  | 0.000 |
| 绩效期望     | 0.848 | 709.744         | 10  | 0.000 |
| 社会影响     | 0.807 | 588.252         | 6   | 0.000 |

随后, 对问卷进行效度分析, 检验测量结果的正确性和有效性。由表 4 可得, 量表的 KMO 值在 0.807~0.856 之间, 均大于 0.5, Bartlett 球形检验小于 0.01, 意味着量表适合做因子分析。

此外, 对研究量表进行了主成分分析, 主成分分析结果显示共提取了 5 个因子, 因子的累计解释变异为 64.147%, 大于推荐的累计变异标准 60%, 因此解释水平比较好。并采用方差最大化正交旋转法提取公因子, 各因子均超过 0.5, 这意味着该问卷具有良好的收敛效度。

## 4. 结果与讨论

结构方程模型(Structural Equation Modeling, SEM)是一种强大的多变量统计分析技术, 主要用于检验和估计变量间的复杂因果关系。由于收集的样本符合正态分布, 因此, 本研究使用 SEM 来测试和评估测量模型和结构模型。

### 4.1. 测量模型检验

为评估测量模型的质量, 本研究从收敛效度和判别效度两方面进行检验。利用 AMOS 26.0 分析所得, 所有题项标准化因子载荷全部超过阈值 0.6, 具有良好的指标可靠性。此外, 组成信度(CR)值的范围分别为 0.741~0.858, 高于建议的阈值 0.7, 内部一致性可靠性得到支持。同样, 所有构念 AVE 值分布在 0.508~0.599 之间, 高于建议的阈值 0.5, 收敛效度也得到了支持。

为检验测量模型的区分效度, 本研究通过比较各潜变量 AVE 平方根与其相关系数进行判断, 检验结果显示(见表 5), 绝大多数维度符合标准。根据 Hair 等[26]的观点, 在多数指标达标的情况下, 个别因子略有偏差仍属可接受。

Table 5. Discriminant validity indicators

表 5. 区分效度指标

| 构念 | EE    | FC    | PE    | UB    | AI    | SI    |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EE | 0.720 |       |       |       |       |       |
| FC | 0.662 | 0.713 |       |       |       |       |
| PE | 0.573 | 0.727 | 0.741 |       |       |       |
| UB | 0.707 | 0.636 | 0.572 | 0.767 |       |       |
| BI | 0.705 | 0.662 | 0.598 | 0.756 | 0.767 |       |
| SI | 0.378 | 0.314 | 0.514 | 0.365 | 0.478 | 0.774 |

### 4.2. 结构方程模型检验

#### 4.2.1. 模型拟合度分析

首先使用 AMOS 26.0 软件计算模型拟合度。模型拟合指标结果见表 6。

Table 6. Model fit indices

表 6. 模型拟合指标

| 指标    | $\chi^2/df$ | CFI   | IFI   | TLI   | RSMEA | RMR   |
|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 实测值   | 2.146       | 0.930 | 0.931 | 0.919 | 0.058 | 0.031 |
| 适配值   | <3          | >0.9  | >0.9  | >0.9  | <0.08 | <0.05 |
| 适配度判别 | 良好          | 良好    | 良好    | 良好    | 良好    | 良好    |

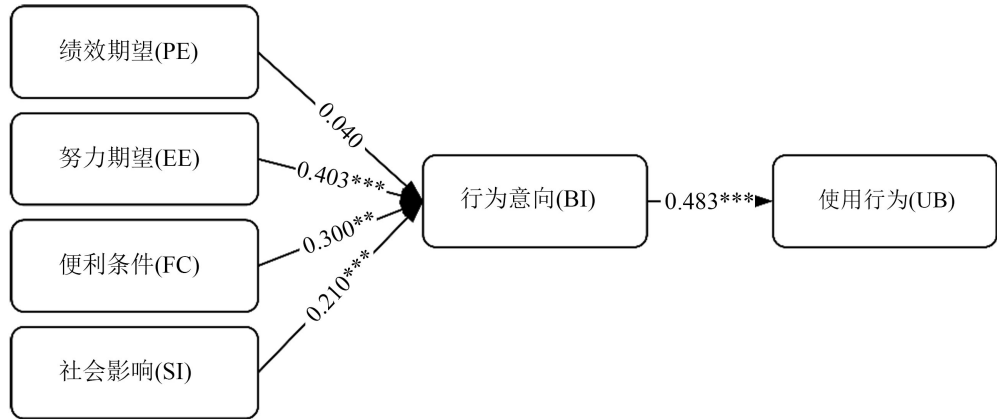
4.2.2. 假设检验与路径分析

采用 AMOS 26.0 版本进行计算, 得到模型图。根据模型得到的路径系数以及显著性 P 值, 见表 7 和图 2 所示。

**Table 7.** Hypothesis test and path analysis  
**表 7.** 假设检验与路径分析指标

| 路径      | S.E.  | 标准化路径系数 Std | P     | 假设 | 接受/拒绝 |
|---------|-------|-------------|-------|----|-------|
| PE → BI | 0.096 | 0.040       | 0.654 | H1 | 拒绝    |
| EE → BI | 0.090 | 0.403       | ***   | H2 | 接受    |
| FC → BI | 0.101 | 0.300       | 0.002 | H3 | 接受    |
| SI → BI | 0.056 | 0.210       | ***   | H4 | 接受    |
| BI → UB | 0.095 | 0.483       | ***   | H5 | 接受    |

注: P < 0.05 为一般显著, 用\*表示; P < 0.01 为比较显著, 用\*\*表示; P < 0.001 为非常显著, 用\*\*\*表示。



**Figure 2.** Model path diagram  
**图 2.** 模型路径图

当 P 值小于 0.05 时, 假设成立。根据标准化路径系数(Std)值判断变量间影响程度。Std 越大, 影响程度越大。根据表 6 显著结果和图 2 模型路径图可得假设 H2、H3、H4 和 H5 均成立, 假设 H1 ( $P > 0.05$ ) 不成立。

研究结果表明, 各因素对绿色施工技术采纳的影响路径存在显著差异。其中, 努力期望对从业者行为意向的影响程度最大( $\beta = 0.403, P < 0.001$ ), 表明当从业者感知技术易于掌握、能顺畅融入现有流程时, 其采纳意愿会显著提升[27]。便利条件同样对行为意向( $\beta = 0.300, P < 0.01$ )起显著作用, 当从业者感知到充足的技术培训、资金补贴或设备支持时, 更有利于形成积极意向, 这与 Liao 等[22]的结论一致。

社会影响对行为意向具有显著正向作用( $\beta = 0.210, P < 0.001$ ), 这与 Borragán 等[28]的研究结论一致, 这主要源于同行压力[29]与社会网络的支持。然而, 社会影响对使用行为的直接作用并不显著, 这一结论与韦洁琳等[30]的研究一致, 表明行业当前处于技术扩散初期, 政策倡导或同行压力尚未形成有效外部驱动力, 从业者是否采纳更多基于内部评估而非外部环境。

绩效期望对行为意向( $P = 0.654 > 0.05$ )和使用行为( $P = 0.453 > 0.05$ )均无显著影响, 这一结果与 UTAUT 经典理论预期存在差异, 但与 Kim 等[17]和 Saed 等[11]的研究结论一致。但其背后原因与建筑行业及绿色技术的特殊性高度相关。主要原因可能在于: 首先, 本样本中一线施工人员占比偏高, 其绩

效考核多以工期、成本为硬性指标，绿色技术的绩效贡献短期内难以体现；而管理人员对绩效期望的敏感度相对更高，这种岗位差异可能稀释了整体效应，绿色技术效益的“外部性”与“延时性”削弱了个人绩效感知，即核心效益如碳减排、环境改善往往归属于项目业主，而非直接转化为施工方或个人的即时、可量化的经济或效率收益，导致个人层面的“有用性”感知不足[31]。其次，与中国建筑业监管环境的特性有关，建筑业强监管与任务导向的决策环境，使得采纳决策更多受合规压力、操作便捷性与资源可获得性等直接、确定性因素驱动，而非对技术长期绩效的评估，例如，在 Cai 等人的研究中，指出建筑企业可能对预期收益缺乏敏感度，这些企业可能宁愿牺牲短期经济利益，也要优先采用 HPLT 技术，因为他们希望获得更多政府支持、抢占早期市场份额以及提升社会影响力和行业话语权[12]。

### 4.3. 中介效应检验

利用 AMOS 26.0 软件中的 Bootstrap 模块进行中介效应分析，具体结果见表 8。

**Table 8.** Mediation effect test table of behavioral intention

**表 8.** 行为意愿的中介效应检验表

| 路径关系          | 效应   | Effect | Bias-corrected 95% CI |       | P     | 效应量    | 检验结果 |
|---------------|------|--------|-----------------------|-------|-------|--------|------|
|               |      |        | LLCT                  | ULCT  |       |        |      |
| H3a: FC-BI-UB | 总效应  | 0.518  | 0.203                 | 0.835 | 0.002 | -      |      |
|               | 直接效应 | 0.367  | 0.085                 | 0.675 | 0.008 | 70.85% | 部分中介 |
|               | 中介效应 | 0.151  | 0.023                 | 0.405 | 0.021 | 29.15% |      |
| H1a: PE-BI-UB | 总效应  | -0.055 | -0.379                | 0.183 | 0.682 | -      |      |
|               | 直接效应 | -0.075 | -0.353                | 0.14  | 0.458 | -      | 不支持  |
|               | 中介效应 | 0.021  | -0.134                | 0.157 | 0.749 | -      |      |
| H4a: SI-BI-UB | 总效应  | 0.086  | -0.042                | 0.24  | 0.193 | -      |      |
|               | 直接效应 | -0.006 | -0.135                | 0.116 | 0.875 | 0.07%  | 完全中介 |
|               | 中介效应 | 0.093  | 0.027                 | 0.220 | 0.002 | 100%   |      |
| H2a: EE-BI-UB | 总效应  | 0.423  | 0.128                 | 0.774 | 0.007 | -      |      |
|               | 直接效应 | 0.201  | -0.099                | 0.504 | 0.193 | 47.52% | 部分中介 |
|               | 中介效应 | 0.223  | 0.077                 | 0.474 | 0.001 | 52.72% |      |

从表 8 检验结果可知，便利条件(FC)、社会影响(SI)、努力期望(EE)对应的 95%置信区间中间接效应 [0.023, 0.405]、[0.027, 0.220]、[0.077, 0.474]均不包含 0，说明中介效应存在，因此，假设 H2a、H3a、H4a 均成立，其中努力期望(EE)对使用行为的间接效应最为显著(0.223)，表明在技术推广中，易用性是促进行为转化的关键因素。

## 5. 结论与实践启示

### 5.1. 结论

本研究构建了绿色施工技术采纳行为的驱动机理模型，并通过结构方程模型对其进行了实证检验与路径分析，得出以下研究结论：

(1) 验证了 UTAUT 模型在强制采纳情境下的边界条件。经典 UTAUT 强调绩效期望是行为意向的强预测因子，但本研究发现其在绿色施工技术情境中不显著。这一结果扩展了 UTAUT 的适用边界，表明

当技术采纳受到外部规制(如绿色建筑标准、碳排放考核)主导时, 绩效期望的预测效力会被削弱。

(2) 揭示了行为意向的多重中介路径。本研究发现, 便利条件、努力期望通过行为意向部分中介作用于使用行为, 而社会影响则通过行为意向完全中介。这意味着社会影响如同行压力、政策倡导如果不能转化为从业者内在意愿, 很难直接驱动实际行为。这一发现细化了 UTAUT 中的中介机制, 为理解“认知-意愿-行为”的转化链条提供了新证据。

(3) 识别了绿色施工技术采纳的独特驱动力。本研究发现在绿色施工领域, 努力期望与便利条件的影响权重显著高于绩效期望。这一结果揭示: 绿色施工技术的推广瓶颈不在于从业者质疑其“是否有效”, 而在于技术“是否好用”以及“是否有人支持”。换言之, 从认知到行动的转化障碍主要源于操作门槛与外部资源保障, 而非价值认同不足。

## 5.2. 实践启示

在政策建议方面, 本研究倡导需从强化技术易用性、完善组织支持体系、构建效益显性化机制以及促进“意愿-行为”转化等多重维度入手, 结合外部激励与内部能力建设。

(1) 强化便利条件。企业应设立绿色施工专项预算, 提供设备租赁补贴或税收抵扣通道; 行业协会可牵头开发“绿色施工工具包”, 降低技术搜寻成本; 在项目层面, 将绿色技术操作流程嵌入日常作业指导书, 减少额外工作负荷。

(2) 降低努力期望门槛。开发可视化、分步骤的操作指南或短视频培训材料, 降低学习成本; 在工地现场设置“绿色技术示范角”, 让从业者通过实物体验建立易用性感知; 鼓励企业将绿色施工纳入新员工入职培训与年度技能考核体系。

(3) 利用社会影响的完全中介路径。政府或行业协会可开展“绿色施工标杆项目”评选, 通过榜样示范影响从业者意愿; 将绿色施工表现纳入项目评优、招投标信用评价体系, 形成正向社会压力; 企业内设立“绿色建议箱”或内部竞赛, 使社会影响最终转化为个体意向而非停留在外部倡导层面。

(4) 重构绩效期望的显性化机制。开发绿色施工的成本-收益核算小程序, 让从业者实时看到节能、节材带来的直接经济效益; 将碳减排量折算为内部绩效积分, 可兑换奖金或休假, 使外部效益内部化。

## 基金项目

武汉工程大学第十七届研究生教育创新基金(CX2025367)。

## 参考文献

- [1] Parece, S., Resende, R. and Rato, V. (2025) Stakeholder Perspectives on BIM-LCA Integration in Building Design: Adoption, Challenges, and Future Directions. *Building and Environment*, **284**, Article 113434. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113434>
- [2] Li, J., Xu, N., Liu, Q. and Zhao, H. (2026) How to Promote the Application of Green Construction Technologies in the Chengdu-Chongqing Economic Circle: A Tripartite Evolutionary Game Analysis. *Buildings*, **16**, Article 62. <https://doi.org/10.3390/buildings16010062>
- [3] Li, Y., Pittau, F. and Masera, G. (2026) Global Embodied Carbon in Buildings: Meta-Analysis and Science-Based Decarbonization through Technological Solutions. *Journal of Building Engineering*, **117**, Article 114909. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.114909>
- [4] 李彦广, 魏鹏冉, 武雪强. 基于低碳背景下的绿色建筑施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2025(23): 174-176.
- [5] 朱犇. 绿色节能施工技术在现代房屋建筑施工中的应用浅析[J]. 中国住宅设施, 2025(10): 179-181.
- [6] Bao, Y. and Xiang, C. (2025) Integration of BIPV Technology with Modular Prefabricated Building—A Review. *Journal of Building Engineering*, **102**, Article 111940. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.111940>
- [7] Alnaser, A.A., Hassan Ali, A., Elmousalami, H.H., Elyamany, A. and Gouda Mohamed, A. (2024) Assessment Framework for BIM-Digital Twin Readiness in the Construction Industry. *Buildings*, **14**, Article 268.

- <https://doi.org/10.3390/buildings14010268>
- [8] Ikingura, A., Grabiec, A.M. and Radomski, B. (2025) Examining Key Barriers and Relevant Promotion Strategies of Green Buildings Adoption in Tanzania. *Energies*, **18**, Article 1081. <https://doi.org/10.3390/en18051081>
  - [9] 万晶, 肖敏, 廖丹. “双碳”目标下工程项目绿色施工驱动因素研究[J]. 建筑经济, 2023, 44(9): 98-104.
  - [10] Venkatesh, V., Thong, J.Y.L. and Xu, X. (2012) Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, **36**, 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
  - [11] Saed, H., Manzli, Y.S., Jeribi, A., *et al.* (2025) Analyzing Blockchain Adoption in Management Operations through an Extended UTAUT Model in the Libyan Context. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 31107. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12608-0>
  - [12] Cai, J., Li, Z., Dou, Y. and Li, T. (2023) Investigating Adoption of High Prefabrication Level Technologies for Enterprises: An Integrated Model. *Building Research & Information*, **51**, 648-666. <https://doi.org/10.1080/09613218.2023.2187748>
  - [13] Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. and Davis, F.D. (2003) User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, **27**, 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
  - [14] Gao, M.R. (2022) Research on Energy Conservation and Green Environmental Protection Technology in Civil Engineering Construction. *Journal of Civil Engineering and Urban Planning*, **4**, 72-79.
  - [15] Nguyen, L.L.H., Halibas, A. and Nguyen, T.Q. (2024) Cooperative Performance and Lead Firm Support in Cleaner Production Adoption: SEM-fsQCA Analysis of Precision Agriculture Acceptance in Vietnam. *Journal of Cleaner Production*, **475**, Article 143724. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143724>
  - [16] Zhao, Y., Hao, S., Chen, Z., Zhou, X., Zhang, L. and Guo, Z. (2023) Critical Factors Influencing the Internet of Things Technology Adoption Behavior of Construction Companies: Evidence from China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **32**, 760-784. <https://doi.org/10.1108/ecam-01-2023-0045>
  - [17] Kim, Y., Blazquez, V. and Oh, T. (2024) Determinants of Generative AI System Adoption and Usage Behavior in Korean Companies: Applying the UTAUT Model. *Behavioral Sciences*, **14**, Article 1035. <https://doi.org/10.3390/bs14111035>
  - [18] Tak, A.N., Becerik-Gerber, B., Soibelman, L. and Lucas, G. (2023) A Framework for Investigating the Acceptance of Smart Home Technologies: Findings for Residential Smart HVAC Systems. *Building and Environment*, **245**, Article 110935. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110935>
  - [19] Aghimien, D.O., Ikuabe, M., Aigbavboa, C., Oke, A. and Shirinda, W. (2021) Unravelling the Factors Influencing Construction Organisations' Intention to Adopt Big Data Analytics in South Africa. *Construction Economics and Building*, **21**, 262-281. <https://doi.org/10.5130/ajcebv.21i3.7634>
  - [20] Weerasinghe, A.S., Rotimi, J.O.B. and Rasheed, E.O. (2023) Modelling of Underlying Social Psychological Effects on Occupant Energy-Related Behaviours. *Building and Environment*, **231**, Article 110055. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110055>
  - [21] Cui, Y., Khan, S.U., Li, Z. and Zhao, M. (2021) Environmental Effect, Price Subsidy and Financial Performance: Evidence from Chinese New Energy Enterprises. *Energy Policy*, **149**, Article 112050. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112050>
  - [22] Liao, L., Ye, Y., Wei, N., Li, H. and Fan, C. (2022) Exploring Blockchain Technology Acceptance among Non-Managerial Construction Practitioners in Shenzhen, China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **31**, 2053-2076. <https://doi.org/10.1108/ecam-08-2023-0840>
  - [23] Zhang, Y., Liu, M. and Fu, B. (2024) Can Digital Technology Application Promote Energy Saving and Emission Reduction Practices in Enterprise? An Empirical Study Based on the Awareness-Motivation-Capability Perspective. *Energy*, **286**, Article 129636. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129636>
  - [24] Gao, R., Zhang, H., Gong, C. and Wu, Z. (2022) The Role of Farmers' Green Values in Creation of Green Innovative Intention and Green Technology Adoption Behavior: Evidence from Farmers Grain Green Production. *Frontiers in Psychology*, **13**, Article 980570. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.980570>
  - [25] Kiran, K.P. and Vedala, N.S. (2025) Assessing Unified Payments Interface (UPI) Adoption and Usage through the Interplay of UTAUT Factors. *Humanities and Social Sciences Communications*, **12**, Article No. 1060. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05313-w>
  - [26] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2013) Multivariate Data Analysis. Pearson Education Limited.
  - [27] Ofek, S. and Portnov, B.A. (2020) Differential Effect of Knowledge on Stakeholders' Willingness to Pay Green Building Price Premium: Implications for Cleaner Production. *Journal of Cleaner Production*, **251**, Article 119575. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119575>
  - [28] Borragán, G., Ortiz, M., Böning, J., Fowler, B., Dominguez, F., Valkering, P., *et al.* (2024) Consumers' Adoption Characteristics of Distributed Energy Resources and Flexible Loads behind the Meter. *Renewable and Sustainable Energy*

- Reviews*, **203**, Article 114745. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114745>
- [29] Du, H., Han, Q., de Vries, B. and Sun, J. (2024) Community Solar PV Adoption in Residential Apartment Buildings: A Case Study on Influencing Factors and Incentive Measures in Wuhan. *Applied Energy*, **354**, Article 122163. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122163>
- [30] 韦洁琳, 刘锋涛. 智能建造技术采纳与持续使用影响因素分析[J]. 工程管理学报, 2025, 39(4): 28-33.
- [31] Darko, A. and Chan, A.P.C. (2018) Strategies to Promote Green Building Technologies Adoption in Developing Countries: The Case of Ghana. *Building and Environment*, **130**, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.022>