

基于 TOE 框架的中国建筑行业 BIM 技术应用障碍与解决策略



谢宏杰¹, 王卫锋², 熊攀^{1,*}, 肖雨轩¹, 鲍清杨¹

¹ 武汉理工大学土木工程与建筑学院, 湖北武汉 430070

² 中信环境技术有限公司, 湖北武汉 430070

摘要: BIM 技术作为建筑行业的创新工具, 其优势已被广泛认可, 但 BIM 的实际应用和普及程度并未达到预期。在此背景下, 本文在全国范围内开展建筑企业关于 BIM 技术应用的问卷调研, 以上海、杭州、武汉等头部建筑企业为重点考察对象进行深度访谈, 对 BIM 技术的应用现状进行了评估, 并识别出影响 BIM 技术应用的障碍因素。基于 TOE 理论建立 BIM 技术应用的分析框架, 从外部环境、组织、技术三个维度对 BIM 技术应用障碍的形成原因深入分析, 结合调研中发现的 BIM 技术应用的现状问题, 从宏观层面到微观层面以行业-企业-工具为线索, 为 BIM 技术障碍因素提供理论依据, 为推动 BIM 技术应用与推广工作提供了相应的解决策略。研究建议在技术层面加快本土化软件的研发、打造跨平台跨周期的 BIM 软件, 并优化用户界面。在组织层面强化企业数字化转型的顶层设计、鼓励企业创新, 并加速复合型人才的培育。在外部环境层面完善法律支持和激励机制, 营造更好的行业生态环境。研究成果为建筑行业 BIM 技术的深度应用提供了理论依据和实践参考, 以期推动行业的数字化转型进程。

关键词: 建筑信息模型; BIM 技术应用; TOE 框架; 建筑行业; 推广策略

DOI: 10.57237/j.cear.2024.04.001

Obstacles and Solution Strategies for BIM Technology Application in China's Construction Industry Based on TOE Framework

Xie Hongjie¹, Wang Weifeng², Xiong Pan^{1,*}, Xiao Yuxuan¹, Bao Qingyang¹

¹ School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China

² CITIC Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, 430070 China

Abstract: As an innovative tool in the construction industry, the advantages of BIM technology have been widely recognized, but the actual application and popularization of BIM have not met expectations. In this context, this paper conducts a questionnaire survey on the application of BIM technology in construction enterprises across the country, conducts in-depth interviews with leading construction enterprises in Shanghai, Hangzhou, Wuhan and other places as

基金项目: 武汉市科技创新智库项目《武汉市建筑行业数字化转型政策研究》资助 (项目编号 WHKX202403-1).

*通信作者: 熊攀, xpework2024@163.com

收稿日期: 2024-09-29; 接受日期: 2024-11-04; 在线出版日期: 2024-12-05

<http://www.cearesearch.org>

the focus of investigation, evaluates the current application status of BIM technology, and identifies obstacles affecting the application of BIM technology. Based on the TOE theory, an analytical framework for the application of BIM technology is established, and the causes of the formation of obstacles to the application of BIM technology are deeply analyzed from the three dimensions of external environment, organization, and technology. Combined with the current problems of BIM technology application found in the survey, from the macro level to the micro level, with industry-enterprise-tool as clues, a theoretical basis is provided for BIM technology obstacles, and corresponding solutions are provided for promoting the application and promotion of BIM technology. The study suggests accelerating the development of localized software, creating cross-platform and cross-cycle BIM software, and optimizing the user interface at the technical level. At the organizational level, strengthen the top-level design of enterprise digital transformation, encourage enterprise innovation, and accelerate the cultivation of compound talents. At the external environment level, improve legal support and incentive mechanisms to create a better industry ecological environment. The research results provide a theoretical basis and practical reference for the in-depth application of BIM technology in the construction industry, in order to promote the digital transformation of the industry.

Keywords: Building Information Model; BIM Technology Application; TOE Framework; Construction Industry; Promotion Strategy

1 引言

随着信息技术的发展和进步,近十年 BIM (建筑信息模型 Building information model) 的规模在工程数字化领域快速增长,根据广联达科技股份有限公司发布的《中国建筑业 BIM 应用分析报告 2020》的调查,2020 年中国建筑企业应用 BIM 的占比超过 83%[1]。2020 年,住房和城乡建设部等 13 个部门联合印发了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》,推广和鼓励自主可控的 BIM 技术。从 2005 年起,北京、上海、广东、山东等省市开始大力推进 BIM 技术试点,其中上海迪士尼度假区、上海中心大厦、雄安新区市民中心、北京新机场等大型项目均采用 BIM 技术,处在全国领先水平[2]。

虽然已有很多企业接触了 BIM 技术工具,但中国 BIM 技术在建筑行业的普及程度并不高,根据《中国建筑业 BIM 应用分析报告 2020》资料分析,BIM 技术的应用方向处于从设计延伸到施工阶段。但该报告同时也指出:项目应用比例少于四分之一的企业占比高达 32%,已开工项目中应用 BIM 技术少于 10 个的占 42%,说明虽经国家大力提倡和多年发展,BIM 技术在建筑行业的发展仍不尽如人意,其背后的原因值得深入探讨。

2 研究框架和方法

2.1 研究框架

从技术采纳角度来说,一项新技术必须要让使用

者感知到它对于工作业绩提高是有用的,才能促使他采用,基于学者 Davis F.提出的技术接受模型 TAM (Technology Acceptance Model) [3]。1990 年 Depietro 等学者更进一步从环境-组织-技术三个维度来解释和分析企业采纳和实施技术创新的影响因素[4]。环境因素指的是外部环境因素的潜在影响,例如政策、法规和行业生态环境等;组织因素主要是指公司的组织机构特征,例如公司规模、管理结构、人力资源管理等;技术因素则主要关注技术本身,例如系统稳定性和易用性等。Ahuja 等利用 TOE 框架模型研究了印度 BIM 技术的影响因素[5]、王鹏飞、王广斌等对中国建筑行业 BIM 实质性应用的问题进行了剖析研究[6],都取得了一定的研究成果。

TOE 框架最早是由 Tornatzky 和 Fleischer [7]于 20 世纪 90 年代所提出的,他们对组织创新技术采纳的影响因素进行归类,分为了技术因素、组织因素和环境因素三类。技术因素包括反映组织现有的技术优势以及未来技术发展潜力情况的一系列因素;组织因素包括反映组织自身特征,组织所拥有的能力及资源情况的一系列因素;环境因素指的是影响组织的外部环境,包括政治、经济、文化等多个方面的因素。

本文借鉴 TOE 理论模型建立如图所示的分析框架,对用户来说,感知有用性更多地受制于行业生态环境,偏向外部环境端,而感知易用性则对软件技术的提升提出更高的要求,如图 1 所示。

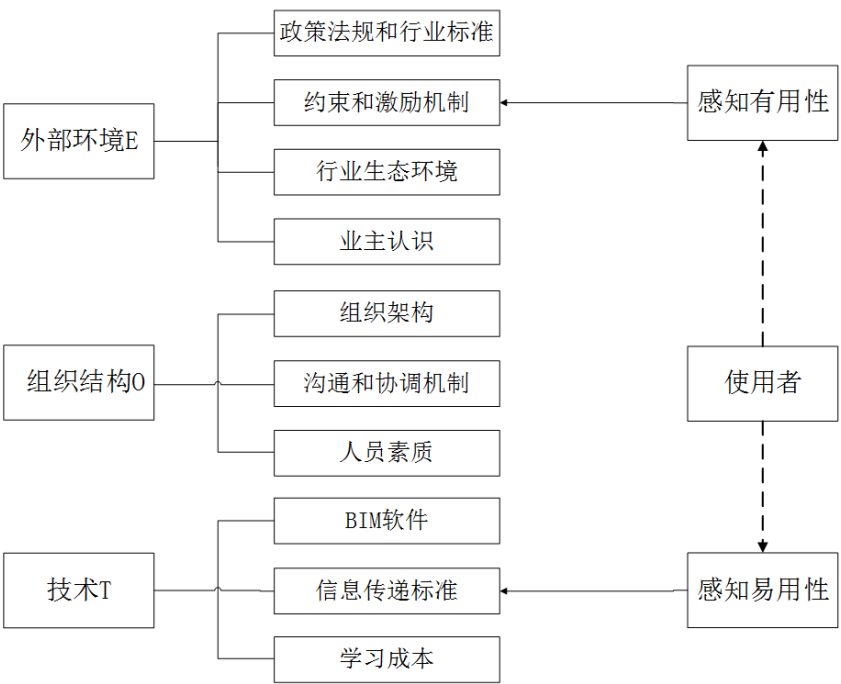


图 1 BIM 技术应用的 TOE 理论框架

2.2 理论适配性

TOE 理论因其对组织内创新扩散和采纳研究的适用性而常被引用。而技术采纳领域中其他流行的理论,如技术接受模型(TAM),计划行为理论(TPB),以及理性行为理论(TRA)在本研究中没有被考虑,因为它们通常受个人主观影响较大。BIM 技术是建筑业的备受瞩目的一项创新, BIM 技术的采纳不仅与技术本身的特征有关,还与组织内部情况和外部环境相关,与 TOE 理论高度适配。本文认为 TOE 理论作为研究 BIM 技术采纳的理论基础是适宜的。

2.3 研究方法

本研究采用文献识别结合线下调研走访的方法,首先通过 EI、SCI 及谷歌等学术搜索引擎,输入 BIM、Construction、Barriers 等关键词,对期刊论文、研究报告以及相关书籍等进行桌面调研收集资料,共收集到约 230 余篇文献,从中提炼工程数字化领域 BIM 技术应用阻碍因素。归纳的原则是:1) 各因素相互独立且无重复;2) 结合 BIM 应用,因素提取全面、无遗漏。经过反复的整理与检查,得出了关联因素提取表,涉及环境、组织、技术(操作)等三个一级指标以及政策法规、组织架构、软件等 10 个二级指标和 33 个三级指标,如表 1 所示。

表 1 建筑行业 BIM 技术应用的阻碍因素

一级阻碍因素	二级阻碍因素	三级阻碍因素
技术 T	软件 T1	二次开发难度
		软件可靠性
		软件的本土化
		软件易用性
		软件厂商支持
	接口标准 T2	数据格式兼容性
		各类 BIM 软件的兼容性
		各专业间成果可交付性
	成本和投入 T3	企业对 BIM 技术的投入
		投入学习成本

一级 阻碍因素	二级 阻碍因素	三级 阻碍因素
	激励机制 E4	人才储备
		对 BIM 成果的税收优惠
		据实结算方式的被动
		信息化意识与理念
企业组织结构 O	组织架构 O1	与数字化相适应的结构
		学习和创新能力
		对 BIM 技术的认可程度
		各部门的密切合作
	沟通和协调机制 O2	各专业之间的协调
		BIM 模型共享机制
		BIM 数字化交互平台
	技术管理 O3	统一工作流程
		实时监控和反馈机制
		政府对 BIM 参与者法律保护
环境 E	政策法规 E1	政府对 BIM 技术的强制管理
		政府对 BIM 技术的优惠政策和补贴
	行业标准 E2	行业统一的标准和指南
		BIM 应用合同范本
		BIM 应用交付标准
	行业生态 E3	从业人员对 BIM 发展的认识
		企业使用 BIM 的情况
		业主对 BIM 技术的需求
		传统思维模式转变

然后选取了 14 位在 BIM 研究和实践领域具有权威性和专业性，目前就职于中建三局、华建集团、中信工程、上海市工程设计研究总院等建筑行业头部央企的资深专家（工作年限 15 年以上）作为受访对象，

进行半结构式深度访谈，使用的访谈资料主要来自前期桌面调研。根据预调研专家提出的意见，对问卷结构和指标体系进行了修正和优化。

2.4 研究过程

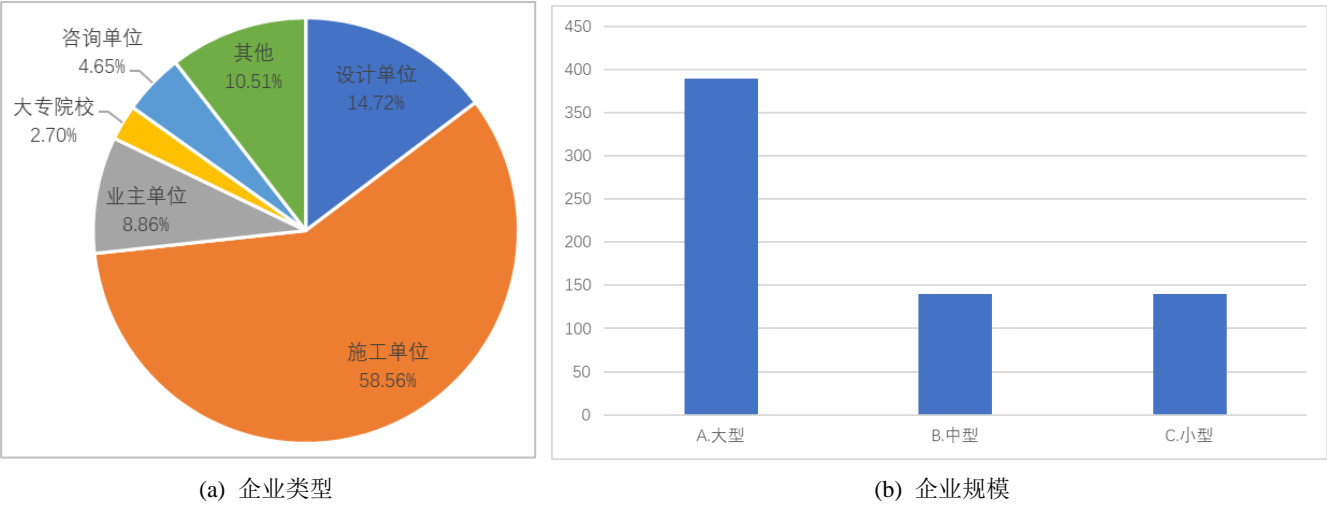


图 2 调研企业类型和规模

2022.09.03—2023.01.15，课题组使用经修正的调研问卷对中国建筑行业企业应用 BIM 技术的现状和阻

碍因素进行了问卷调研，调研范围覆盖全国范围（除港澳台外）的建筑企业，包括业主企业、施工企业、设

计企业、咨询企业和大专院校等各种类型,企业规模以大型居多,如图2所示。问卷浏览人数达到2143人,回收问卷666份,回收率为31%。

根据统计,大部分调研对象均具有相当的工程项目管理经验,六成受访者从事工程行业年限为5年以上(63.1%),约半数受访者参加过3个以上EPC项目(46.8%),7成以上受访者从事EPC项目管理2年以上,5年以上者占比接近四成(34.6%),证明调研结果较为可信,如图3所示。

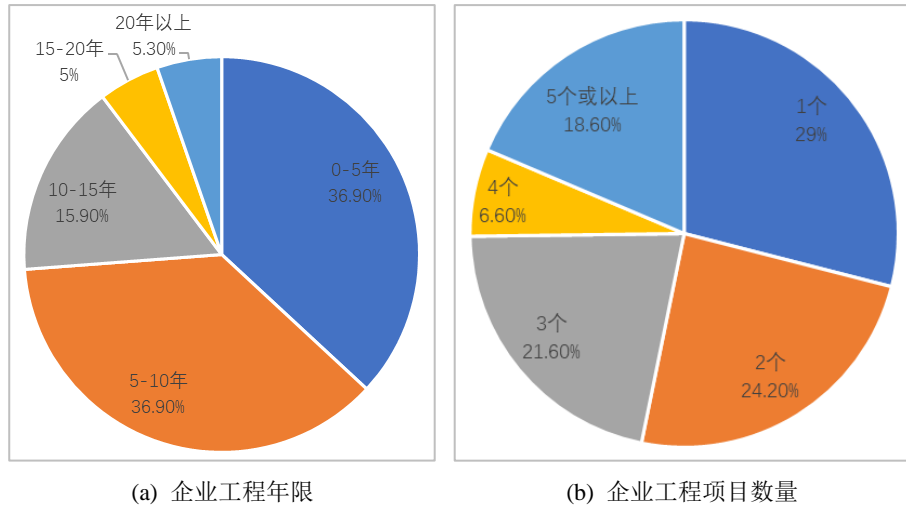


图3 调研对象的工程项目经验

3 调研结果

3.1 BIM技术的应用现状

3.1.1 技术价值

根据问卷调研结果来看,BIM技术所产生的价值

得到普遍的认可,肯定BIM能够显示设计的价值,接近8成(79.1%)的受访者认可BIM技术,不认可的仅占1.6%。不同类型的企业对于BIM技术的接受程度有所差异,勘察设计单位和施工单位是应用BIM技术最为积极的,都达到了90%以上,监理单位和业主建设单位其次,应用率也达到了75%左右,如图4所示。

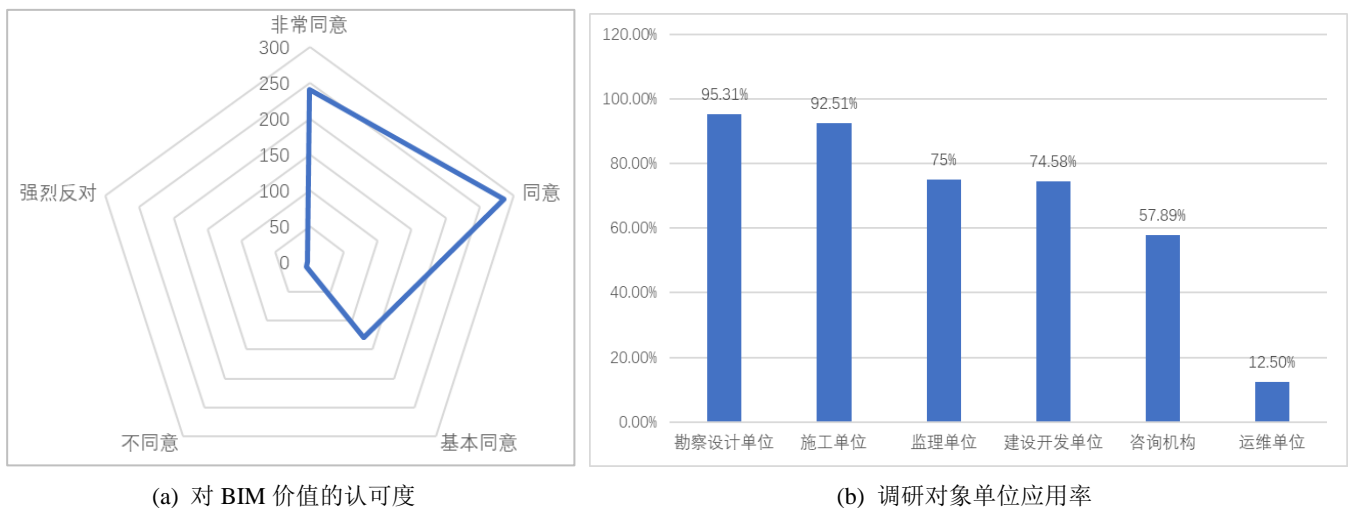


图4 不同类型单位BIM技术应用现状

3.1.2 初级阶段应用

但根据调研结果来看，BIM 技术应用还处于较低的层次，认可度比较高的是设计优化和现场管理，其次是合同需求和审图要求，如图 5 所示。研究显示，BIM 技术的价值是数据，在方案阶段即实现对建筑各

类数据信息的呈现并在此基础上进行深度分析，其核心问题是信息传递的有效性。BIM 初始模型随着项目建设过程不断“成长”并实时传递给参与各方，实现工程项目全过程管理模式创新和建造过程的优化才是其价值所在。

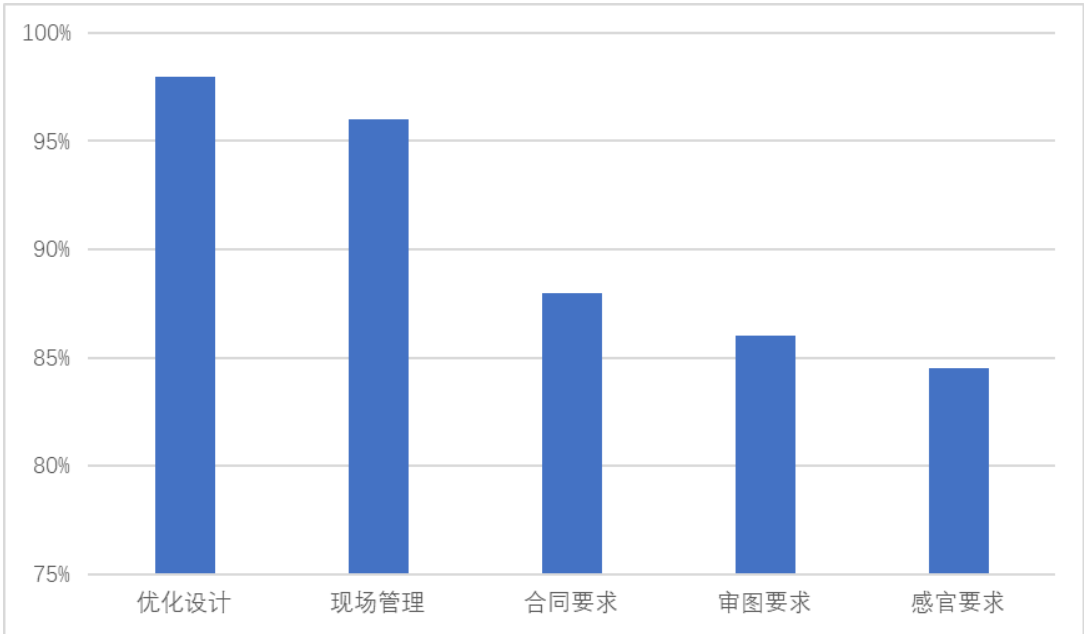


图 5 应用 BIM 技术的认可度

根据调研情况，目前中国 BIM 技术应用的主流仍然是在施工图的基础上建立三维模型——翻模，用 BIM 模型实现设计、施工、造价控制等整个建设过程的“正向设计”的并不多见[8]。也就是说 BIM 技术在实践中并没有实现指导项目全生命周期的初衷，核心价值——建筑信息的共享和传递并没有实现。

3.2 BIM 技术应用的障碍因素

BIM 技术应用并未实现既定目标，存在诸多痛点。背后的深层次原因何在？根据问卷调研的结果分析整理得到以下结论。

3.2.1 技术维度

从技术维度来看，受访者认为 BIM 缺乏信息传递标准、工程项目全生命周期的设计、施工、管理环节割裂，BIM 软件（平台）未打通成为排名前列的因素。值得注意的是缺乏可以传递的信息标准是一个较为普遍，也是 BIM 技术的痛点问题，因此行业需要及早制定细分、可操作性强的 BIM 技术标准；软件不成熟投入高、学习成本高、输入繁琐（界面不友好）是紧接其后的三个问题，如表 2 所示，研究结果揭示 BIM 在进一步开发和完善方面仍需投入显著的资源 and 努力，以实现其在建筑行业的全面应用和优化。

表 2 技术维度看 BIM 应用的障碍

		设计环节未打通	管理环节未打通	缺乏信息传递标准	输入繁琐(界面不友好)	软件不成熟/硬件投入大	学习成本高	其他
N	有效	330	389	413	230	243	171	10
	遗漏	336	277	253	436	423	495	656
百分比		49.5	58.4	62	34.5	36.5	25.7	1.5

3.2.2 组织结构维度

BIM 技术应用的主体在企业，从组织结构维度看，BIM 技术应用的障碍非常分散。受访者认为企业未充分认识 BIM 技术的价值、习惯使用传统管理模式，并

且熟悉 BIM 技术的人才储备不足成为排名前列的因素，因此企业形成支持新技术、鼓励创新的环境非常重要；另外时间紧、学习成本高和软件不熟悉也有较多受访者选择，说明 BIM 软件要打开市场，必须在本土化、易用化方面去突破，如表 3 所示。

表 3 组织结构维度 BIM 技术应用的障碍

		管理粗放	未认识价值	人才不足	习惯传统模式	满足传统模式	费用不足	工作负荷大	其他
N	有效	273	330	432	345	202	227	255	10
	遗漏	393	336	234	321	464	439	411	656
百分比		41	49.5	4.9	51.8	30.3	34.1	38.3	1.5

3.2.3 外部环境维度

从外部环境维度来看，接近一半的受访者认为 BIM 交付无法律地位（49.1%）是较为严重的阻碍因素，

说明关于 BIM 技术的法律框架还有待建立。缺乏精细化施工管理（60.4%）和激励机制（59.2%）是公认的排名前列因素；另外，超过四成的受访者认为 BIM 软件不成熟是阻碍 BIM 技术应用的障碍，如表 4 所示。

表 4 环境维度 BIM 技术应用障碍

		交付无法律地位	缺乏激励机制	缺乏精细化施工管理	BIM 软件不成熟	其他
N	有效	327	394	402	278	28
	遗漏	339	272	264	388	638
百分比		49.1	59.2	60.4	41.7	4.2

新技术采用在初始阶段必然会增加成本，业主的理解和支持也是比较重要的 BIM 技术推广应用因素。从业主角度看，受访者认为设计变更频繁、BIM 价值不明显和时间紧、任务重都是阻碍 BIM 技术应用的障

碍；另外，仍然有接近 1/3 的受访者选择现场管理模式更容易控制这一选项，说明作为一项新技术，BIM 技术应用的社会环境仍不够理想，如表 5 所示。

表 5 业主角度 BIM 技术应用障碍

		价值不明显	标准改变导致变更频繁	时间紧任务重	现场管理更容易控制	其他
N	有效	324	375	350	220	18
	遗漏	342	291	316	446	648
百分比		48.6	56.3	52.6	33	2.7

4 推进 BIM 技术应用策略分析

4.1 技术维度

4.1.1 BIM 软件：持续研发与本土化

从技术角度审视，当前市场上 BIM 软件种类繁多，存在平台和软件的过度泛滥现象[9]。然而，能够实现项目参与各方的有效协同工作、信息共享，并且覆盖建设项目全生命周期管理的成熟解决方案仍然缺失。此外，不同 BIM 软件之间的兼容性问题亦未得到充分解决，这限制了它们在实际应用中的互操作性和整合

性[10]，加之购买软件和维护的高额成本，加重企业负担。研究显示，多数 BIM 软件为进口，价格昂贵，但在功能上尚未达到精细化和完善化。未实现全阶段信息共享，同时在设计阶段专业间整合亦不足。

4.1.2 用户界面的友好性

软件界面设计不佳，尤其是对新用户不友好，人机界面输入繁琐，这也导致了 BIM 的应用存在一定的门槛，员工尤其是施工企业人员学历普遍不高，也阻碍了 BIM 技术在施工企业的应用。

软件界面设计的质量直接影响用户体验，尤其是对于新用户而言，人机界面输入繁琐，增加了 BIM 应

用的学习曲线和使用门槛。此外，考虑到施工企业员工普遍教育水平较低的现实情况，这种设计上的不足进一步加剧了 BIM 技术在施工企业中的推广难度。

4.1.3 跨平台、跨周期的 BIM 软件

不同的建筑企业在实施智能建造和建筑工业化协

调发展过程中，基本上都是从已有的平台出发，对现有的平台进行扩展、升级，以达到建筑产业互联网平台的部分功能。研究显示，受访者认为需要一款能够实现智能建造过程中打通招采、设计、施工、运维各阶段的全过程一体化、全流程自动化的平台软件，如图 6 所示。

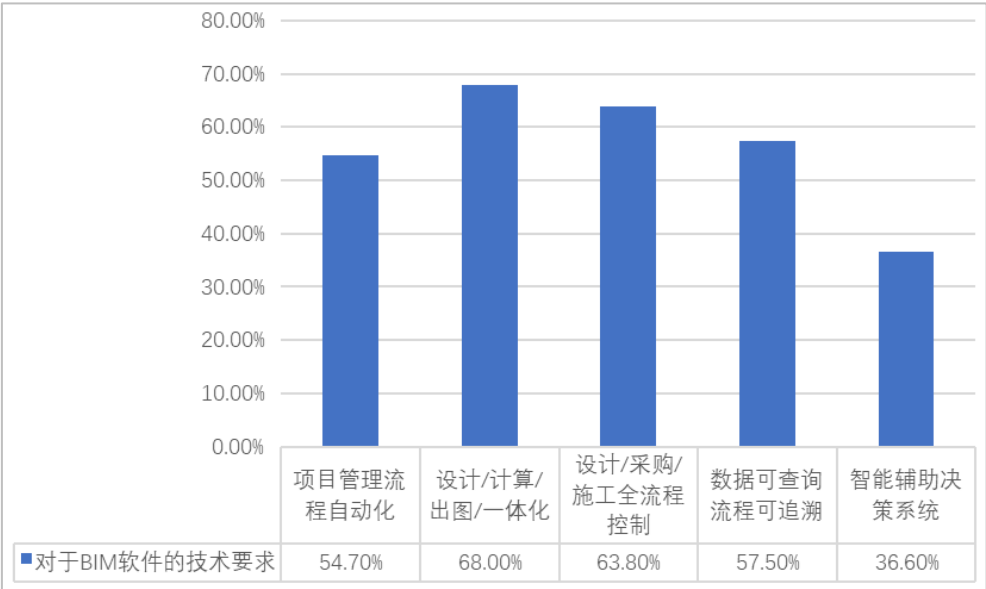


图 6 对于 BIM 软件的技术需求

4.2 组织结构维度

4.2.1 加强顶层谋划，制定数字转型路线

行业管理部门需要强力持续推进以 BIM 技术为代表的工程建设数字化发展的相关规范规章，强化政策支持，加大扶持力度、税收优惠和金融支持。在政府引导下，依托重大数字化应用工程项目，强化技术标准设计，构建 BIM 技术标准体系，推动重大项目落地，形成全社会学 BIM、用 BIM 的示范效应。建立基于大数据的行业诚信监管体系建设，营造良好的市场环境，建立健全与智能建造相适应的工程质量、工程安全、造价监管模式与机制；推广、探索基于 BIM 三维模型的智能图审系统建设。

4.2.2 鼓励创新的组织文化

企业需要从战略决策的高度看到 BIM 的价值，深刻认识数字化转型的浪潮，制定企业数字化转型的路线，持续投入研发资金和人力资源，从点（岗位）——线（项目）——面（数字化管理）——体（BIM 数字

化生态圈）持续推进企业数字化转型和 BIN 技术应用。

设计企业一定要对数字化转型的趋势有清晰认识，改变单一的利润来源，走技术创新的路线，推广基于 BIM 的协同设计和建筑性能仿真模拟。施工企业要积极推动智慧工地建设，优化工程总承包项目的管理组织架构，把 BIM 技术优化带来的施工成本、管理成本的降低和工期缩短作为行业新的增长点。

4.2.3 培养和储备复合型高素质员工

设计、施工企业共同的问题是普遍缺乏既懂项目管理，又懂 BIM 核心技术的复合型专业人才，无法胜任 EPC 项目大规模和日益复杂的 BIM 要求。企业可以通过加强校企合作的方式来培养人才，完善建筑从业者技能培训体系，培养和储备兼备数字化和过硬的专业知识的员工。

4.3 环境维度

4.3.1 体制机制建设仍需加强

BIM 技术迄今没有被认可的法律地位，数字化建设

的监管机制尚未建立,行业层面关于 BIM 的标准体系有待完善,政府关于 BIM 技术的配套政策扶持力度不够,导致 BIM 技术应用在推广遇到阻力[11]。一项新技术的应用是需要鼓励和激励的,访谈中很多企业也认为激励机制的缺乏是 BIM 技术难以推广的一个重要因素,他们认为某些不合理制度甚至成为行业革新的阻碍,例如根据审计结果作为结算依据,设计企业不能将技术进步获得的成本收益转变为利润,缺乏技术创新的动力[12]。基于“受益者付费”原则,在工程总承包项目中逐步减少据实结算方式,推广 EPC 工程总承包模式,让技术的创新和优化成为总包企业的利润来源。

4.3.2 行业生态环境

整体来说,中国建设行业数字化发展水平仍然需要提高,BIM 技术的行业应用尚不成熟,BIM 技术应用的生态圈有待建立。此外,中国建筑行业具有其独特性,表现为项目周期紧迫、工作量庞大、利润率相对较低的特点[13]。BIM 技术的应用一定程度上能让工程更加透明和可度量,一定程度上对传统的工程发包模式构成挑战。BIM 技术对于高素质人才提出了更高的要求,行业尚未做好应对新技术挑战的准备,数字化和专业化的复合型人才的培养也需要时间的沉淀和积累。

4.3.3 企业层面

BIM 技术虽历史悠久,但作为新兴技术,其价值

在多数企业中未被充分理解,并未感受到对数字化时代的浪潮,因此数字化转型的顶层设计不够系统,企业对于 BIM 和数字化转型的准备不足,资金投入不够。部分业主也不太愿意为 BIM 技术买单,致使 BIM 的价值未被充分认可,长期在低水平徘徊,对行业的发展不利。在研究中,发现较多施工企业对数字化转型缺乏明确的理解。这些企业对于 BIM 技术在提升工程质量、进度和成本管理方面的潜在优势认识不足。一些企业负责人甚至错误地认为 BIM 技术的引入会增加管理成本,而非视为一种提高效率和降低长期成本的策略[14]。在 BIM 技术的推广过程中,关键在于使业主充分认识到 BIM 技术所带来的综合价值,并鼓励他们积极采纳 BIM 技术,以适应智能建造时代的新要求。

4.4 BIM 技术在建筑行业数字化转型路径中的应用

建筑行业数字化转型应用数字技术,激发数据创新驱动潜能,优化业务、创造价值,实现升级与创新。可通过项目数字化、企业数字化、产业数字化三个阶段[15],结合 BIM 技术的应用实现建筑行业的数字化转型,如 BIM 技术对工程项目生产管理环节数字化的转型、企业管理集成数字化转型、产业数字化技术转型的应用。以战略定位、创新增值、技能培育及数字引领四个方面协同,系统推进建筑行业数字化技术转型,如图 7 所示。

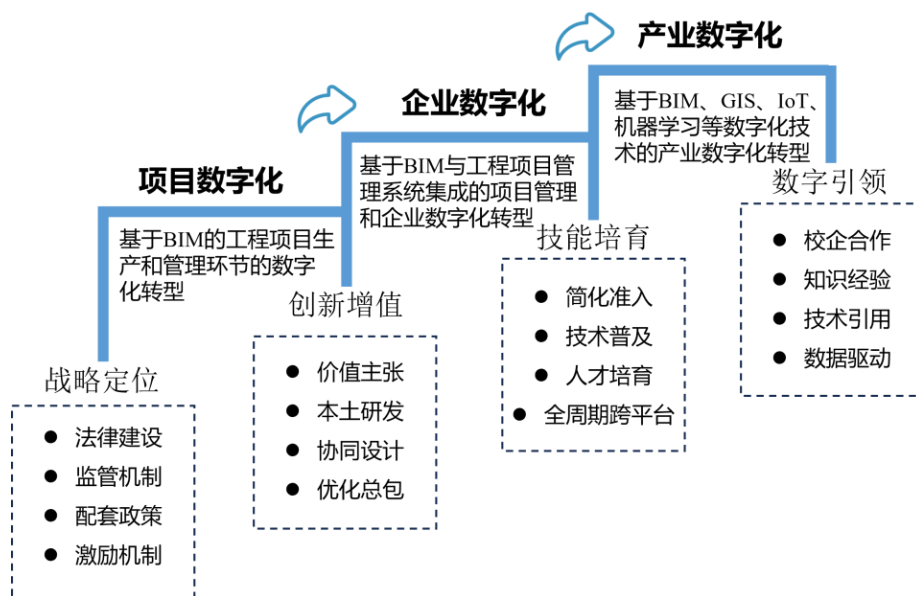


图 7 数字化转型的技术路径

5 结语

在新的形势下，国家对工程建设行业提出了新的要求，即由“中国建造”转向“中国智造”；但也应当看到工程建设行业数字化发展水平参差不齐，以 BIM 技术为代表的智能建造技术发展不尽如人意。基于 TOE 理论框架和调研，研究从外部环境、组织结构和三个维度发现中国建设行业中阻碍 BIM 技术应用的阻碍因素，提出相应的解决办法和改善策略。

研究显示 BIM 技术应用必须以国家数字化战略为指导，加强行业管理和组织管理，强化政策支持，优化 BIM 技术发展环境，强化人才队伍建设，以重大项目为抓手，形成重视创新的企业文化，建立与大数据智能化发展相适应的工程项目管理制和管理模式，提升工程质量、安全、效益和品质，形成涵盖勘察、设计、生产、施工、验收、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系，促进建筑业数字化转型，形成建筑业高质量发展的新动能[16]。

参考文献

- [1] 中国建筑业协会, 广联达科技股份有限公司. 中国建筑业 BIM 应用分析报告 2020 [M]. 1. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [2] 智鹏. 基于 BIM 的铁路建设管理平台及关键技术研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2018.
- [3] Davis F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology [J]. MIS Quarterly, 1989, 13(3): 319-339.
- [4] DePietro R, Wiarda E, Fleischer M. The context for change: Organization, technology and environment [M] // Tornatzky L G, Fleischer M. The processes of technological innovation. Lexington, MA: LexingtonBooks, 1990: 151-175.
- [5] Ahuja R, Sawhney A, Jain M, et al. Factors influencing BIM adoption in emerging markets – the case of India [J]. International Journal of Construction Management, 2018, 20(1): 65-76.
- [6] 王鹏飞, 王广斌, 谭丹. BIM 技术的扩散及应用障碍研究 [J]. 建筑经济, 2018, 39(04): 12-16.
- [7] Tornatzky L, G, Fleischer M, Chakrabarti A K. Processes of technological innovation [MM] Idaho: Lexington books, 1990.
- [8] 张熠. 设计院主导 EPC 总承包模式项目管理应用实例分析 [J]. 工程技术研究, 2017(02): 144-145.
- [9] 陈强. 建筑设计项目应用 BIM 技术的风险研究 [J]. 土木工程信息技术, 2012, 4(01): 22-31. <http://dx.doi.org/10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2012.01.015>
- [10] 张敏, 李晓丹, 李忠富. 国际主要 BIM 开源软件的发展现状综合分析 [J]. 工程管理学报, 2017, 31(06): 17-22.
- [11] 潘婷, 汪霄. 国内外 BIM 标准研究综述 [J]. 工程管理学报, 2017, 31(01): 1-5.
- [12] 吕科, 耿鹏云, 王鑫. 浅析设计院为主体的 EPC 总承包成本控制 [J]. 中国电力企业管理, 2016(18): 28-31.
- [13] 马丽. 设计院转型工程公司 EPC 项目合同管理体系研究 [D]. 首都经济贸易大学, 2016.
- [14] 胡继强, 黄榕江, 曾强, 等. 基于施工过程造价 BIM 的成本管理研究 [J]. 工程管理学报, 2022, 36(02): 153-158.
- [15] 车青森, 赵昕. BIM 技术在建筑施工企业中应用障碍分析 [J]. 市政技术, 2020, 38(02): 293-296.
- [16] 江文化, 谢学文, 杨向歌. 建筑企业推进数字化转型的路径与实践研究 [J]. 铁道工程学报, 2024, 41(01): 88-92.