

基于元分析的装配式建筑供应链韧性影响因素研究

陈铎, 吴仁华

(福建理工大学 管理学院, 福建 福州 350118)

摘要: 供应链韧性对装配式建筑发展的重要性日益凸显。关于装配式建筑供应链韧性影响因素研究的文献持续出现,但研究得出的影响因素多而散,目前尚未有文献对关键影响因素的共识性及异质性进行分析。故基于系统严格筛选,对12篇实证研究的共3011个独立样本量、117个效应值进行元分析,并对研究时间、发表类型、社会环境以及样本量四种研究特征的调节效应进行检验。结果表明,存在10个高共识度的关键影响因素,其中供应商数量效应值最高,四种研究特征对部分影响因素的效应值存在调节作用。这是元分析方法在国内装配式建筑研究领域的首次探索,研究结论不仅可以对装配式建筑供应链韧性的优化提供针对性的建议,还可以为后续分析提供参考借鉴。

关键词: 装配式建筑; 供应链; 韧性; 影响因素; 元分析

中图分类号: TU741.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3853(2025)02-0138-09

Meta-analysis-based research on factors influencing prefabricated building supply chain resilience

CHEN Hua, WU Renhua

(School of Management, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: The importance of supply chain resilience for the development of prefabricated buildings has become increasingly prominent. The literature on factors influencing the resilience of the prefabricated construction supply chain continues to appear, but the influencing factors are numerous and scattered, and there is no literature to analyze the consensus and heterogeneity of the key influencing factors. Therefore, based on the strict screening of the system, a meta-analysis was conducted of 3011 independent samples and 117 effect values of 12 empirical studies, and the moderating effects of the four research characteristics of research time, publication type, social environment, and sample size were tested. Results show that there are 10 key influencing factors with high consensus, among which the number of suppliers has the highest effect value, and the four research characteristics have a moderating effect on the effect value of some influencing factors. This is the first exploration of the application of meta-analysis method in the field of prefabricated building research in China. The research conclusion can not only provide targeted suggestions for the optimization of the resilience of the prefabricated building supply chain, but also provide reference for subsequent analysis.

Keywords: prefabricated building; supply chain; resilience; influencing factors; meta-analysis

随着装配式建筑的发展,其供应链管理面临的挑战日益凸显,包括供应链中断、信息不对称、协调机制缺失等,这些问题均在不同程度上削弱

了供应链韧性,影响了装配式建筑的快速推广和发展。因此,深入剖析装配式建筑供应链韧性的影响因素,不仅是对当前管理实践的回应,更是对

收稿日期: 2024-09-24

基金项目: 福建省财政厅资助项目“数字驱动城乡融合发展研究”(GY-S22040)

第一作者简介: 陈铎(1997—),男,海南屯昌人,硕士研究生,研究方向: 工程经济与项目管理。

通信作者: 吴仁华(1964—),男,福建龙岩人,教授,博士,研究方向: 工程管理、物流管理、高等教育管理。

未来可持续发展路径的探索。

当前已有学者从供应链韧性的核心要素、装配式建筑供应链的生产环节以及影响因素的性质类别等多个角度,对装配式建筑供应链韧性的影响因素进行了定性或定量的探讨并取得了一定的成果。^[1-6]然而,由于不同研究所进行的时间、样本选择等存在差异,单一研究往往难以全面覆盖所有的影响因素,部分研究结论甚至对某一相同影响因素的影响方向或影响强度存在较大的异质性^[1-2,5],相关研究结果难以形成统一的认识,对实践和后续研究的指导意义有限。

Meta-analysis(元分析)作为一种系统的定量分析工具,通过综合多个独立研究的结果,全面评估某一问题或现象的影响因素及其效应大小,可得出更本质、更普适的结论,且已在医学、教育学、心理学等多个学科领域被广泛认可并应用。本文将元分析方法引入装配式建筑研究领域,对装配式建筑供应链韧性的影响因素进行系统梳理和归纳,综合评估各影响因素对装配式建筑供应链韧性的效应大小,找出高共识度的关键影响因素并探讨可能的调节变量,以对已有研究的异质性结论进行可能的解释。研究结果不仅可以为装配式建筑供应链韧性的提升提供更全面深入的理论参考,还可为装配式建筑供应链管理者优化决策提供依据。

一、研究设计

(一) 文献搜索与筛选

文献搜索采用常规的数据库搜索与滚雪球搜索两种方法进行。数据库检索阶段,选择 CNKI、PubScholar、Web of Science、Elsevier 以及 Google Scholar 数据库进行关键词组合的中英文文献初次检索。将初次检索到的相关文献使用 ENDNOTE 21 进行管理并人工去重,通过细读文献题目和摘要进行初步筛选并制定详细的纳入、排除标准进行详细筛选。纳入标准为:(1)研究内容包含装配式建筑供应链韧性的影响因素;(2)研究性质为定量研究,而且文中至少包含一种影响因素和装配式供应链韧性之间的相关系数或者其他可转化为相关系数的统计数据,如 *t* 值、*F* 值或线性回归路径系数等;(3)不限制国家、发表年份或发表类型,避免发表偏倚的风险。排除标准为:(1)使用相同原始数据的研究或者重复

的研究,如学位论文和对应的期刊论文;(2)定性或者综述性研究,以及定量研究中未报告相关数据的研究;(3)未全文发布的研究。

在详细筛选过程中,为了更严格地把控元分析结果的可靠性,除上述纳入、排除标准外,还需要明确纳入文献主要采用的研究方法,以防止错误地使用不同测量技术的研究。^[7]筛选过程中发现,大部分研究使用“5 分制”李克特量表进行测量且 1—5 分代表重要性的递进,因此将使用其他方法的研究排除,如使用 6 分制李克特量表的研究^[8]、刻度重要性反向的研究^[9]。

之后对基于初次检索并详细筛选后的纳入文献进行前后滚雪球搜索,并再次按照上述筛选流程认真筛选,不断重复直到无法找到新的论文为止。具体来看,元分析文献搜索与筛选结果如图 1 所示,最终符合标准的文献共 12 篇。

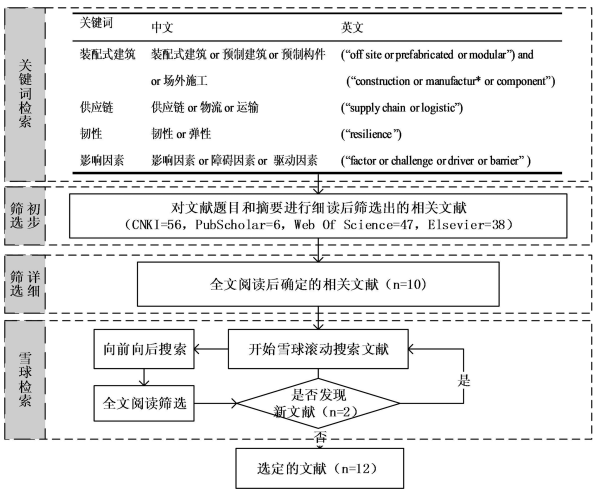


图 1 元分析文献搜索与筛选结果

Fig.1 Meta-analysis literature search and screening results

(二) 文献编码与数据提取

编码过程由两位作者分别独立完成,不一致处依据原始论文讨论更正后形成最终结果。在 Excel 表中提取相关信息并按如下格式编码:作者姓名、发表类型(期刊、学位论文等)、出版年份、数据获取所在国家、样本量、各影响因素及其对应的效应值。编码过程中,主要有三种做法:(1)当影响因素同名异义或异名同义时,根据施雨和茆意宏等的做法^[10],按含义相近归于一类,按原文名称频次高者命名;(2)在同一文献中,多个自变量与同一影响因素同义时,取其路径系数的均值,如将 Liu 等研究中的“信息在公司之

间共享”(β=0.785)、“建立了完善的企业间信息交换信息系统”(β=0.820)以及“公司在整个供应链中有一个实时的信息流”(β=0.771)三者的路径系数均值(β=0.792)作为该研究信息共享这一影响因素的路径系数;(3)当部分文献未直接报告相关系数,但报告了*t*值、*F*值或线性回归路径系数等统计数值时,根据下列公式进行转换^[11]:

$$r=\sqrt{\frac{t^2}{t^2+df}}=\sqrt{\frac{F}{F+df}}=0.98\beta+0.05(\beta>0) \quad (1)$$

公式(1)中,*r*为变量间的皮尔森相关系数,β为

线性回归路径系数,df为自由度。

有学者认为,一个自变量最低只需要两个效应值就可进行元分析。^[12]由于影响装配式建筑供应链韧性的因素较多,为了能满足后续发表偏倚检测和调节变量分析的文献数量要求,使研究结果更具科学性,参考当代学者的普遍做法^[10,13],选取频次为3及以上的影响因素进行元分析。按此标准共得到21个影响因素,具体来源及定义如表1所示。基于此21个影响因素进行文献编码与数据提取,共获取3 011个独立样本量、117个效应值进行元分析。

表 1 装配式建筑供应链韧性影响因素整理

Tab.1 Factors influencing prefabricated building supply chain resilience

影响因素	<i>K</i>	文献来源	原有文献中的表述	定义或特征
信息共享	10	[14-23]	信息共享、信息互通、数据分配、信息化平台	供应链成员之间搭建了完善的信息交换平台,信息传递具备准确性与时效性等
伙伴关系	8	[14-21]	伙伴关系、稳定合作、合作满意度、合作伙伴、企业互相信任	供应链成员之间具有丰富的合作经验,建立了长期稳定的伙伴关系
风险响应	8	[14-17], [19],[21-22]	风险响应、动态风控体系、战术风险设计、应急处理能力	供应链成员能快速识别突发事件类型并制定应急预案等
供应商数量	7	[5],[14-15], [19-21],[23]	供应商数量、构件厂数量、备选供应商、结构复杂性	供应链上下游均有备选的供应商,供应商数量在不确定性事件发生时能快速满足供给等
物流柔性	7	[14],[16-21]	物流柔性、对订单的快速响应、敏捷性、运输灵活性	供应链成员能够根据生产进度或订单变化及时调整运输方案等
风险意识	7	[14-17],[19], [21-22]	风险意识、危机意识、风险管理理念	供应链成员保持对不确定性的警觉性并制定了相应的预防措施等
学习能力	6	[14-16],[18-19], [21]	学习能力、经验总结、重建、风险增长	供应链成员可总结供应链中断经验并保存数据,建立失败数据库等
资本	6	[14-16],[19], [22],[24]	资本或资本增值能力、风险承受、备用资金、资本投资	供应链成员资金来源的多样性与稳定性,以及风险事件发生后能够承担经济损失的能力等
新技术应用	5	[17],[19-22]	新技术应用、使用技术的能力、高科技能力	供应链成员新申请的专利数量,以及自动化、人工智能、物流4.0应用等新技术的应用等
权益分配	5	[14],[16-17], [19-20]	权益分配、收入和风险分担、分配上的公平性、激励对齐、责任制	供应链成员在利益分配时能够进行合理分配以及责任共担等
运营能力	5	[16-17],[19], [21],[23]	厂商管理、构配件生产管理能力和企业运营能力	供应链成员管理水平的标准化、规范化和专业化程度等
运输能力	5	[5],[14],[16], [21-22]	运输能力、物流公司可靠性、运输节点结构质量	运输公司能按时保质对供应链产品尤其是特殊构件进行运输等

续表				
影响因素	K	文献来源	原有文献中的表述	定义或特征
运力冗余	5	[5],[14],[16],[19],[21]	运输冗余程度、资源冗余、运输能力冗余	供应链有可替代的运输路线和车辆,运输能力超过正常水平等
员工培训	4	[14],[20-21],[24]	培训员工、继续培训、专业知识	供应链成员组织员工进行风险教育、专业技能、团队协作以及创新思维等主题的培训
生产水平	3	[5],[14],[19]	技术能力、构件制造、构配件生产技术水平	构件生产商的整合程度、技术创新能力,生产构件的质量、数量以及订单变更处理等
装配水平	3	[5],[16],[22]	施工装配能力、施工技术操作水平	施工质量、方法和设备,现场布局管理、施工专业化程度等
库存冗余	3	[14],[16],[19]	缓冲库存、构件冗余度、资源冗余	库存构件数量能够满足对不合格构件的更换以及供应链中断时的快速供给等
监管水平	3	[5],[16],[19]	监管机制、监管水平	施工装配现场具有监理经验的人员数量、现场监理方法及实施力度等
目标一致性	3	[16],[19],[24]	目标一致性、战略联盟的程度	供应链成员战略目标与项目目标的一致性等
政府支持	3	[17],[19],[24]	政府支持、最高组织支持	政府提供激励措施、减税和贷款等支持手段
法律法规	3	[16-17],[24]	法律规定、安全标准	国家相关法律、标准规范以及产业政策的完善程度等

注:K 为各影响因素出现的频次。

二、元分析结果

当前已有较多的元分析软件,如 Comprehensive Meta-Analysis(CMA)、Review Manager(RevMan)、Stata 以及 R 语言包等。相比之下,CMA 软件具有便捷的数据处理功能、丰富的数据可视化选项以及详尽的结果解释和报告等特点,本文采用 CMA V3 软件进行元分析。

(一) 发表偏倚检验

根据 Cochrane 手册的建议,当元分析纳入的文献超过 10 篇时,应使用漏斗图进行发表偏倚检验。部分影响因素的发表偏倚检验漏斗图如图 2 所示,可知这些影响因素对应的纳入效应值能够较为平均地分布在漏斗图的中心两侧,且大部分位于标准误差 0.05 附近,表明发表偏倚的影响较小^[25],但仍存在部分效应值偏离较大的现象。

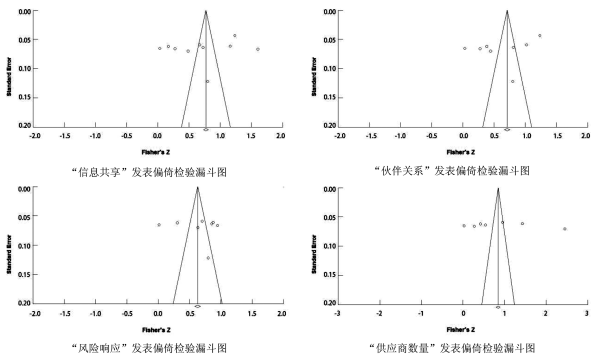


图 2 部分影响因素发表偏倚检验漏斗图

Fig.2 Publication bias test funnel plot of some influencing factors

为进一步消除漏斗图检验的主观性,使偏倚检验结果更加科学,结合失安全系数(Fail-safe Number, N_{fs})、Egger's 检验对全部影响因素的发表偏倚进行定量检验。其中,失安全系数的判定标准为 $N_{fs} > 5K + 10$, K 为某一影响因素的效应值

个数^[13]; Egger's 检验的判定标准为 Egger's 检验 P 值 >0.05 。^[10]各项检验结果如表 2 所示,各影响因素均通过了失安全系数检验和 Egger's 检验,元分析结果的有效性得证。

表 2 整体元分析与定量检验结果
Tab.2 Overall meta-analysis and quantitative test results

影响因素	K	N	r	双尾检验		Q 检验		Nfs	Egger's 检验 P
				Z	P	I^2	P		
信息共享	10	2 546	0.614	4.336	0.000	98.505	0.000	3 386	0.390
伙伴关系	8	2 056	0.555	3.831	0.000	98.082	0.000	1 726	0.212
风险响应	8	1 791	0.566	5.44	0.000	95.859	0.000	1 431	0.836
供应商数量	7	1 722	0.703	2.931	0.003	99.34	0.000	2 276	0.487
物流柔性	7	2 014	0.490	4.607	0.000	96.21	0.000	1 106	0.060
风险意识	7	1 527	0.514	4.035	0.000	96.582	0.000	831	0.930
学习能力	6	1 756	0.508	3.023	0.003	98.278	0.000	972	0.054
资本	6	1 436	0.453	4.426	0.000	94.186	0.000	518	0.823
新技术应用	5	1 070	0.480	4.873	0.000	90.853	0.000	314	0.580
权益分配	5	1 012	0.595	4.368	0.000	96.03	0.000	600	0.869
运营能力	5	1 083	0.645	3.13	0.002	98.359	0.000	743	0.869
运输能力	5	1 164	0.315	1.006	0.314	99.17	0.000	176	0.338
运力冗余	5	1 198	0.246	0.787	0.431	99.16	0.000	113	0.279
员工培训	4	1 024	0.495	3.849	0.000	95.022	0.000	312	0.470
生产水平	3	709	0.610	2.552	0.011	98.13	0.000	255	0.056
装配水平	3	633	0.511	3.138	0.002	95.04	0.000	155	0.580
库存冗余	3	712	0.479	4.701	0.000	88.38	0.000	143	0.291
监管水平	3	667	0.415	2.737	0.006	94.11	0.000	97	0.975
目标一致性	3	728	0.330	3.933	0.000	81.582	0.004	62	0.599
政府支持	3	593	0.428	3.933	0.000	85.38	0.001	75	0.402
法律法规	3	538	0.363	4.711	0.000	66.77	0.049	51	0.312

注: K 为对应研究个数, N 为对应的样本总量, r 为综合相关系数,双尾检验下的 Z 值代表综合相关系数的统计显著性, P 值为对应的显著性水平。

(二) 异质性检验

异质性检验的核心目的是对效应值合并模型进行选择。如果各研究之间异质性过大,使用固定效应模型合并效应值获取的分析结果将受到质疑。^[3]此时应选取随机效应模型,从而使综合分析结果具备科学性,通常结合多个指标(如 Q 检验的 P 值、 I^2 统计量以及森林图等)综合判定异质性情况。 P 值代表其异质性的显著性,基于 95% 的置信区间,当 P 值 >0.05 时,认为异质性不

显著,反之则显著。 I^2 统计量表示效应值合并过程中真实差异部分在总变异量的占比; $I^2=0\%$,表示各研究间完全同质; $I^2<25\%$,异质性较小可忽略; $25\%\leq I^2<50\%$,异质性中等; $50\%\leq I^2<75\%$,异质性较高; $I^2\geq 75\%$,表明存在不可忽略的异质性。^[13]由表 2 可知,所有影响因素 Q 检验的 P 值均 <0.05 , I^2 统计量均大于 50%,选取随机效应模型对其进行后续分析。

限于篇幅,选取影响因素“信息共享”为例作

随机效应模型森林图,结果如图 3 所示,可知相关研究对应效应值在 95% 水平的置信区间内重叠程度较低,对应影响因素的效应值在各研究之间

存在明显的异质性,直观地提供了上述判断的佐证。

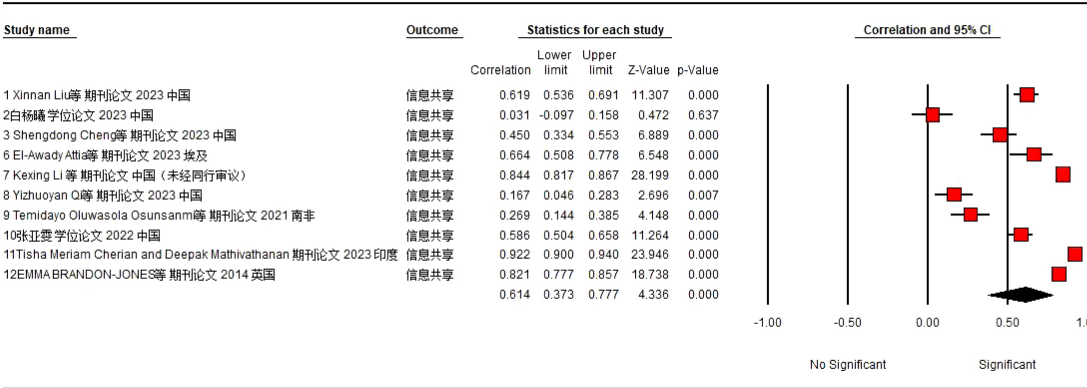


图 3 “信息共享”随机效应模型森林图

Fig.3 Forest diagram of“information sharing” random effect model

(三)主效应分析

涉及到主效应值大小评估时,以采用的皮尔森相关系数为例,当前普遍以 Cohen J 提出的区间为准:当在 95% 的置信区间内 ($P<0.05$), $|r|<$

0.1 时无关, $0.1\leq|r|<0.3$ 时弱相关, $0.3\leq|r|<0.5$ 为中等相关, $|r|\geq 0.5$ 为强相关。^[26] 据此结合表 2,将各影响因素对装配式建筑供应链韧性的影响强度进行划分,详见表 3。

表 3 各影响因素对装配式建筑供应链韧性的影响强度划分

Tab.3 Classification of influence of various influencing factors on resilience of prefabricated building supply chain				
无显著影响	无关	弱相关	中等相关	强相关
运力冗余($P=0.431$)	无	无	员工培训($r=0.495$)	供应商数量($r=0.703$)
运输能力($P=0.314$)			物流柔性($r=0.490$)	运营能力($r=0.645$)
			新技术应用($r=0.480$)	信息共享($r=0.614$)
			库存冗余($r=0.479$)	生产水平($r=0.610$)
			资本($r=0.453$)	权益分配($r=0.595$)
			政府支持($r=0.428$)	风险响应($r=0.566$)
			监管水平($r=0.415$)	伙伴关系($r=0.555$)
			法律法规($r=0.363$)	风险意识($r=0.514$)
			目标一致性($r=0.330$)	装配水平($r=0.511$)
				学习能力($r=0.508$)

如表 3 所示,本研究将强相关影响因素认定为高共识程度的关键影响因素有 10 个,依据相关强度从大到小分别为:供应商数量、运营能力、信息共享、生产水平、权益分配、风险响应、伙伴关系、风险意识、装配水平、学习能力。其中,供应商数量对装配式建筑供应链韧性的影响最大($r=$

0.703),这一结果较为新颖。分析相关文献发现,供应商数量这一影响因素尽管多被认为是关键影响因素,但其影响程度并没有被认为是最高。然而综合分析结果表明,除去各类研究特征的影响后,供应商数量的重要程度最高。同时,相比于提高某一供应商的生产水平($r=0.610$),增加供应

商数量对装配式建筑供应链韧性的提高更加有效。结合纳入文献进一步分析,可知供应商数量、信息共享、权益分配以及伙伴关系都与装配式建筑供应链市场化程度有关(效应值均值 $r = 0.617$),运营能力、风险响应、风险意识、学习能力属于链上参与企业能力(效应值均值 $r = 0.558$),生产水平与装配水平则体现了装配式建筑行业整体的技术水平(效应值均值 $r = 0.561$)。

同时,主效应结果对过往研究中的异质性结论进行了回答。^[1,2,5] 具体而言,Meijie Z 等认为运输相关因素并不会显著影响装配式建筑供应链的韧性,甚至二者之间负相关^[5],而这与朱蕾、王红春等多数学者认为的运输能力对装配式建筑供应链韧性存在直接正向作用^[1-2]的结论并不一致。对于这一异质性结论,Meijie Z 等提出了可以通过扩大样本数据量来进行深入讨论。^[5] 使用元分析符合这一建议,主效应结果表明,运输相关因素中,运输能力($N = 1\ 164, r = 0.315, P = 0.314$)对装配式建筑供应链韧性的影响并不显著,同时运力

冗余($N = 1\ 198, r = 0.246, P = 0.431$)对装配式建筑供应链韧性的影响也不显著,但物流柔性($N = 2\ 014, r = 0.490, P = 0.000^{***}$)对装配式建筑供应链韧性存在显著正向影响。

(四) 调节效应分析

为了对异质性存在的原因进行探索性分析和解释,使用可能的调节变量进行亚组分析和元回归分析。通过对纳入文献进行梳理,发现各文献之间的明显差异在于研究时间、发表类型、社会环境以及样本量等方面,将他们设为调节变量后分类型数据(发表类型、社会环境),采用亚组分析,结果见表 4。连续性数据(研究时间、样本量)则采用元回归分析,结果见表 5。表 4、表 5 仅展示了检验结果具备显著性的影响因素。当亚组分析的组间 P 值呈现 95% 置信区间显著时,表明对应影响因素的综合效应值受到了该研究特征的调节作用。元回归中的 P 值代表同样含义, $Beta$ 值表示调节作用的大小和方向。^[12]

表 4 分类型调节变量显著性检验结果
Tab.4 Significance test results of categorical moderating variables

影响因素	发表类型		<i>P</i>	社会环境		<i>P</i>
	期刊论文	学位论文		国内	国外	
风险响应		—		$r = 0.465$	$r = 0.715$	0.012 *
员工培训	$r = 0.429$	$r = 0.661$	0.050 *	$r = 0.559$	$r = 0.269$	0.035 *
政府支持		—		$r = 0.337$	$r = 0.626$	0.014 *
资本	$r = 0.522$	$r = 0.029$	0.000 ***		—	

注: * 为对应的调节效应显著性, * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, *** 表示 $P < 0.001$ 。

表 5 连续型调节变量显著性检验结果
Tab.5 Significance test results of continuous moderating variables

影响因素	样本量		研究时间	
	<i>Beta</i>	<i>P</i>	<i>Beta</i>	<i>P</i>
运输能力	0.010	0.019 *	0.697	0.000 ***
运力冗余	—		0.588	0.036 *

注: $Beta$ 值表示调节作用的大小和方向, * 为对应的调节效应显著性, * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, *** 表示 $P < 0.001$ 。

根据表 4、表 5,从横向上看,“员工培训”以及“运输能力”受到了来自两个及以上的研究特征的显著影响,表明涉及这两个影响因素的分析讨论时,应该更加注重“社会环境”单一研究结果的适配性。从纵向上看,针对关键影响因素,仅“社会环境”对其中的风险响应存在显著调节作用,在国外文献中它属于关键影响因素,而国内文献它属于中等相关因素($r = 0.465$)。针对非关键影响因素,“社会环境”对“政府支持”存在显著调节作用,具体表现为国外文献中“政府支持”的效应值更高($r = 0.626$);“发表类型”对资本存在显著调节作用,具体表现为期刊论文中资本的效应

值更高($r=0.522$)。同时,“样本量”的提升会导致“运输能力”效应值的些许提高($Beta=0.010$, $P=0.019^*$),“研究时间”发展在促使“运输能力”效应值显著提高($Beta=0.697$, $P=0.000^{***}$)的同时,也导致了“运力冗余”效应值的显著提升($Beta=0.588$, $P=0.036^*$)。具体而言,Meijie Z 等认为运输相关因素并不会显著影响装配式建筑供应链韧性的理由是装配式建筑在当时尚未实现大规模的发展,订单数量呈稳定性,并不会突然增加或被取消。^[5]然而上述结果表明,随着社会发展,“运输能力”和“运力冗余”的效应值也在快速提高,可能的解释在于装配式建筑的订单状况正在脱离稳定性并呈快速增长态势,而这与装配式建筑在近些年获得快速发展的实际情况一致。

三、结论及展望

本研究采用元分析方法对国内外装配式建筑供应韧性影响因素相关的 12 篇实证研究进行了综合分析,以皮尔森相关系数为效应值识别出了 10 个关键影响因素,发现供应商数量作为最重要的影响因素是隐藏在不同特征研究之间的共识。同时,已识别的 10 个关键影响因素均属于供应链内部范畴,表明相较于外部因素,装配式建筑供应链内部因素对其韧性的影响更大。内部因素中,市场化水平相关的平均效应值相较于链上企业能力相关、行业整体技术水平相关的平均效应值更高。陈红等研究也认为市场化程度决定着内部控

制对其组织韧性的影响。^[27]因此,要增强装配式建筑供应链韧性,从关键影响因素来看,在提高链上企业相关能力以及行业整体技术水平的同时,应着力提升供应链主体的市场化能力。

同时调节变量检验证实了发表类型、社会环境、样本量以及研究时间均能在一定程度上解释不同特征研究之间各影响因素与装配式建筑供应链韧性相关程度的异质性。当讨论风险响应、员工培训、政府支持以及资本这四个因素对装配式建筑供应链韧性的影响时,应结合发表类型以及社会环境进行综合分析才能得到适配性的结论。运输能力以及运力冗余尽管当前对装配式建筑供应链韧性的影响尚未显著,但随着时间的不断推进,二者的重要性正在不断凸显,应予以持续关注。

本文是元分析方法在国内被实际应用到建筑业研究领域的首次探索,期望通过元分析计算各研究得出的影响因素的综合效应值以及它们在不同研究特征下的具体表现,能为后续的研究及实践提供更加可靠、适配性更强的结论。本研究还存在一些不可忽视的局限性,如使用元分析 PRISMA 流程无法完全消除原始文献中的实验误差、样本数据有限、原始数据的披露程度以及数据搜集还不全面。随着对装配式建筑供应链韧性影响因素研究的持续深入推进,相信后续运用元分析可以得到更科学的结论,更好地发挥其实践作用。

参考文献:

[1] 朱蕾,陈静怡,袁竞峰. 基于 ISM 的装配式建筑供应链韧性关键影响因素研究[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(5):108-114.

[2] 王红春,陈雅文. 基于 DEMATEL-ISM 模型的装配式建筑供应链韧性影响因素研究[J]. 工程管理学报,2023,37(2):13-18.

[3] 李政道,曾佳,吴恒钦. 装配式建筑供应链韧性影响因素及多阶段传导关系研究[J]. 工程管理学报,2024,38(1):18-23.

[4] LIAO L, YANG C, QUAN L. Construction supply chain management: A systematic literature review and future development [J]. Journal of cleaner production, 2023, 382 (Jan.1): 135230.1-135230.18.

[5] MEIJIE Z, YUMING L, BOYA J. Influencing factors of resilience of PBSC based on empirical analysis [J]. Buildings, 2021, 11(10): 467-467.

[6] 王乾坤,段宏磊,申楚雄,等. 装配式建筑弹性供应链影响因素研究[J]. 建筑经济,2021,42(10):79-82.

[7] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, et al. 系统综述和荟萃分析优先报告的条目:PRISMA 声明[J]. 中西医结合学报,2009,7(09):889-896.

[8] AL N A, GHALEB S, RATEB S, et al. Exploring Implementation of Blockchain for the Supply Chain Resilience and Sustainability of the Construction Industry in Saudi Arabia [J]. Sustainability, 2022, 14(11): 6427-6427.

- [9] 钱明明. EPC 模式下建筑供应链鲁棒性影响因素研究[D]. 天津:天津理工大学,2015.
- [10] 施雨,茆意宏,张贵香. 个性化算法推荐服务用户采纳意愿影响因素:元分析研究[J]. 图书馆杂志,2024,43(2):96-108.
- [11] PETERSON R A,BROWN S P. On the use of beta coefficients in meta-analysis.[J]. Journal of Applied Psychology,2005,90(1):175-81.
- [12] ROSENTHAL R. Meta-analytic procedures for social research[J]. Educational Researcher,1991,15(8):18-20.
- [13] 袁晓芳,贾倩荷,孙林辉. 基于元分析的煤矿工人不安全行为影响因素及其调节变量[J]. 煤矿安全,2023,54(11):245-250.
- [14] LIU X,MENG J,WANG J,et al. Influencing factors and improvement strategies of supply chain resilience of prefabricated construction from the perspective of dynamic capabilities: the case of China[J]. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
- [15] 白杨曦. 建筑供应链金融生态系统韧性的影响机理研究[D]. 北京:北京建筑大学,2023.
- [16] CHENG S D,ZHOU X,ZHANG Y H,et al. Study on resilience factors and enhancement strategies in prefabricated building supply chains[J]. Buildings,2024,14(1):195-195.
- [17] ATTIA E A,ALARJANI A,UDDIN M S,et al. Examining the influence of sustainable construction supply chain drivers on sustainable building projects using mathematical structural equation modeling approach[J]. Sustainability,2023,15(13):10671-10702.
- [18] KEXING L,MAHDI B,MING L,et al. Title of the Unreviewed Paper. Electronic copy available at: <https://ssrn.com/abstract=4598795>.
- [19] QI Y,LI L H,KONG F W. Research on the improvement path of prefabricated buildings' supply chain resilience based on structural equation modeling:a case study of Shenyang and Hangzhou,China[J]. Buildings,2023,13(11):2801-2801.
- [20] OSUNSANMI O T,AIGBAVBOA O C,THWALA D D W,et al. Modelling construction 4.0 as a vaccine for ensuring construction supply chain resilience amid COVID-19 pandemic[J]. Journal of Engineering Design and Technology,2021,20(1):132-158.
- [21] 张亚雯. EPC 模式下建筑供应链系统的韧性评价研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2022.
- [22] CHERIAN T M,MATHIVATHANAN D,ARUN S J C J,et al. Influence of supply chain resilience,information technology capabilities and agility on cost and delivery performance in construction supply chains:an Indian perspective[J]. The International Journal of Logistics Management,2023,34(4):1050-1076.
- [23] BRANDON-JONES E,SQUIRE B,AUTRY C W,et al. A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness[J]. Journal of Supply Chain Management,2014,50(3):55-73.
- [24] GAO Y,LENG Y B,SHAN B A. Control supply chain risks in digital transformation:a new way to improve supply chain resilience[J]. Journal of organizational and end user computing,2022,37,(7):1.
- [25] 王珍,张永红,徐巧巧. 几种发表性偏倚评估方法介绍[J]. 中国卫生统计,2009,26(5):539-541.
- [26] COHEN J. Significant Measures. (Book Reviews: Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences)[J]. Science,1970,169(3):167-168.
- [27] 陈红,郭彤梅,张玥,等. 内部控制对制造业企业组织韧性的影响研究:基于企业生命周期视角[J/OL]. 南开管理评论,1-28[2025-02-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20240731.1647.003.html>.

(责任编辑:王圆圆)