装配式建筑施工有意不安全行为研究

摘　要

装配式建筑相较传统建造出现了新的施工工艺，新的技术带来新的安全风险。并且装配工人大多由传统施工工人发展而来，而相关针对性的技术与安全规范尚未统一。建筑安全事故多是由人为原因造成的，有意不安全行为是人为原因造成安全事故的重要类型，本文从社会心理学角度去揭示装配式建筑施工有意不安全行为形成机理及群体差异性，以期改善装配式施工安全管理现状。

本文首先通过对大量文献分析，结合装配式施工具体流程实践活动，提出了装配式建筑施工有意不安全行为形成的七个理论路径假设，以此为基础构建了装配式有意不安全行为形成机理模型，围绕此理论模型参考众多问卷设计原理及思路设计了《装配式施工有意不安全行为调查问卷》，对六个装配模式工地的 208 名施工及安全管理一线工人进行了实地调研。为了证明数据可用，接着对问卷数据进行了严格的信效度分析，然后利用 SEM 方法，对装配式建筑施工有意不安全行为形成机理模型进行了检验与修订，实例数据分析研究结果证明："行为态度对有意不安全行为具有显著的正向影响"这一路径未得到验证，其余假设路径均合理正确。其中，有意不安全行为意向和直觉行为控制维度及其题项指标对有意不安全行为的发生影响程度最大，而行为态度、风险偏好、主观规范通过有意不安全行为意向间接作用有意不安全行为。

接着，从性别、学历、工作年限、年龄四个方面分别对装配式施工有意不安全行为发生机理模型中的变量进行了群体差异性分析，数据分析结果表明：装配式施工有意不安全行为及其影响因素在男女性别群体无显著性差异；不同年龄群体在风险偏好维度"侥幸心理"、"自我效能"、"风险意识"指标上存在显著差异；不同学历群体在"舒适性"、"工友行为"、"有意不安全行为需求"指标上存在显著差异；不同从业年限在"行为信念"、风险偏好维度"自我效能"指标上存在显著差异。

最后结合有意不安全形成机理路径和群体差异性分析结果对装配式施工有意不安全行为管控提出了对应的管控措施建议，以期减少装配式施工有意不安全行为的产生。

关键词：装配式施工,有意不安全行为,结构方程模型,群体差异性

Research on Intentional Unsafe Behavior in Prefabricated Building Construction

Abstract

Compared with traditional construction, prefabricated buildings have new construction techniques, and new technologies bring new safety risks. And most of the assembly workers are developed from traditional construction workers, and the relevant targeted technology and safety regulations have not yet been unified. Construction safety accidents are mostly caused by human factors. Intentional unsafe behavior is an important type of safety accidents caused by human factors. This article reveals the formation mechanism and group differences of intentional unsafe behaviors in prefabricated building construction from the perspective of social psychology, with a view to improving The status quo of prefabricated construction safety management.

This paper firstly analyzes a large number of documents, combined with the specific process and practical activities of prefabricated construction, and proposes seven theoretical path hypotheses for the formation of intentional unsafe behaviors in prefabricated building construction. Based on this, a mechanism model for the formation of prefabricated intentional unsafe behaviors is constructed. Based on this theoretical model and referring to many questionnaire design principles and ideas, the "Questionnaire for Intentional Unsafe Behaviors in Prefabricated Construction" was designed, and field surveys were conducted on 208 first-line construction and safety management workers at six assembly mode sites. In order to prove that the data is available, a rigorous reliability and validity analysis of the questionnaire data was carried out, and then the SEM method was used to test and revise the formation mechanism model of intentional unsafe behaviors in prefabricated building construction. The results of case data analysis and research proved: "Behavior Attitudes have a significant positive impact on intentional unsafe behaviors. "The one path has not been verified, and the rest of the hypothetical paths are reasonable and

correct." Among them, the intention of intentional unsafe behavior and the control dimension of intuitive behavior and their item indicators have the greatest impact on the occurrence of intentional unsafe behavior, while behavior attitude, risk preference, and subjective norms indirectly affect intentional unsafe behavior through intention of intentional unsafe behavior.

Then, from the four aspects of gender, education, working years, and age, the variables in the mechanism model of the intentional unsafe behaviors of prefabricated construction were analyzed for group differences. The results of data analysis showed that the intentional unsafe behaviors of prefabricated construction and their There is no significant difference in influencing factors between male and female gender groups; different age groups have significant differences in risk preference dimensions "lucky psychology", "self-efficacy", and "risk awareness" indicators; different educational background groups have significant differences in "comfort" and "workmate behavior" "There are significant differences in the indicators of "intentional unsafe behavior needs"; there are significant differences in "behavior beliefs" and risk preference dimensions "self-efficacy" indicators for different years of employment.

Finally, combined with the results of the analysis of the formation mechanism of intentional unsafe formation and the analysis of group differences, corresponding control measures are proposed for the control of intentional unsafe behaviors in prefabricated construction, in order to reduce the occurrence of intentional unsafe behaviors in prefabricated construction.

Key words: Prefabricated construction, intentional unsafe behavior, structural equation model, group differences

目　录

摘　要 I
ABSTRACT II
第一章　绪论 1
1.1 研究背景与意义 1
1.1.1 实践背景 1
1.1.2 理论背景 3
1.1.3 研究意义 4
1.2 国内外研究现状 4
1.2.1 装配式建筑施工安全研究现状 4
1.2.2 不安全行为研究 5
1.2.3 有意不安全行为研究 10
1.2.4 研究现状分析 11
1.3 研究目的和内容 11
1.3.1 研究目的 11
1.3.2 研究内容 12
1.4 研究方法和技术路线 13
1.4.1 研究方法 13
1.4.2 研究路线 14
1.5 创新点 14
第二章　相关理论及方法研究 16
2.1 有意不安全行为 16
2.2 计划行为理论 17
2.2.1 计划行为理论的内涵 17
2.2.2 计划行为理论的构成要素 18
2.3 结构方程模型 19
2.3.1 结构方程模型的概念 19

2.3.2 结构方程模型的特点.....21
2.3.3 模型适配度检验.....21
第三章　发生机理模型构建.....23
3.1 装配式建筑施工有意不安全行为分析.....23
3.2 装配式有意不安全行为的影响因素群.....24
3.2.1 个人特征因素.....24
3.2.2 管理环境因素.....24
3.2.3 行为环境因素.....25
3.2.4 设备环境因素.....25
3.3 装配式施工有意不安全行为理论模型构建.....25
3.3.1 计划行为理论的适用性.....25
3.3.2 理论模型的提出.....26
3.4 问卷设计.....28
3.4.1 问卷设计思路.....28
3.4.2 量表设计.....28
3.5 本章小结.....29
第四章　实例验证.....30
4.1 问卷描述性统计分析.....30
4.2 数据质量分析.....31
4.2.1 信度分析.....31
4.2.2 效度分析.....32
4.3 路径分析.....36
4.3.1 理论模型的初始检验.....36
4.3.2 模型修正.....37
4.3.3 修正模型结论.....40
4.4 本章小结.....44
第五章　群体差异性分析.....45
5.1 群体差异性分析.....45

5.2 性别差异性 45
5.3 不同年龄段差异性 47
5.3.1 差异性识别.....47
5.3.2 事后检验.....50
5.4 不同学历差异性 52
5.4.1 差异性识别.....52
5.4.2 事后检验.....53
5.5 不同从业年限群体差异性 56
5.5.1 差异性识别.....56
5.5.2 事后检验.....58
5.6 本章小结 60
第六章　对策与建议 61
6.1 增强装配式施工安全管理技术.....61
6.1.1 加强工程道德教育.....61
6.1.2 多方共促装配式安全管理技术升级.....62
6.2 提高装配式施工安全设备投入.....62
6.2.1 确保安全设备的供应数量和质量.....63
6.2.2 提高安全防护工具的实用性.....63
6.3 强化装配式建筑施工安全意识.....63
6.3.1 区分群体组合施工班组.....63
6.3.2 区分群体多样化多渠道安全培训.....64
6.3.3 区分群体实施重点安全监管.....64
第七章　结论与展望 65
7.1 论文主要工作与结论.....65
7.2 局限性与展望.....66
参考文献 67
附录 A 74
附录 B 76

在学期间的研究成果 77
致　谢 78

第一章　绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 实践背景

（1）我国建筑施工安全形势依然严峻

建筑安全事故虽然得到有效控制，但是伤亡仍然时有发生。据中国住房和城乡建设部最新的安全统计数据显示，最近五年我国房屋市政安全生产事故数量一直以较大幅度逐年上升，其中 2019 年全国房屋市政共发生安全事故 773 起导致死亡 904 人，相较 2018 年增加 39 起死亡人数增加 64 人，情况不容乐观。

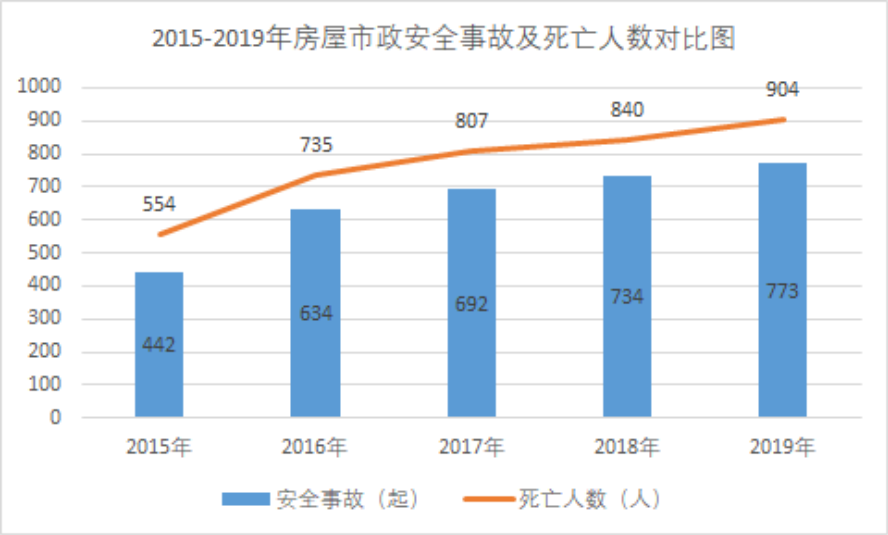

图 1-1　2015-2019 年房屋市政安全事故及死亡人数对比图

建筑业因为作业大部分处于室外露天状态，专业环境不友好导致发生安全事故的概率很大，建筑业一旦发生安全事故对于个人、家庭及社会稳定的伤害都是巨大的。习总书记关于安全生产的重要论述引起各相关部门重视，他们通过调研房屋安全生产的问题所在，出台了《应急管理部关于加强建筑施工安全事故责任企业人员处罚的意见》（建质规〔2019〕9 号）、《住房和城乡建设部办公厅关于深入开展建筑施工安全专项治理行动的通知》（建办质〔2019〕18 号）、《住房和城乡建设部办公厅关于加强疫情防控常态化下建筑施工安全生产工作的紧急通知》等相关政策，坚决遏制重大安全事故的发生，以此确保每一位建设人员的生命安全，确保伟大祖国的繁荣昌盛。

（2）装配式建筑在我国处于大力发展阶段

随着人口老龄化、全球变暖的到来，相关领域专家学者越来越认识到建筑业的技术改造升级已经迫在眉睫，在出生率逐年下降的今天，装配式建筑具有大大减少人工使用这一优点，而且能减少对自然环境的污染，符合绿色建筑这一发展趋势。相关部门正在极力支持推广使用装配式建筑，政策支持驱动下，装配式建筑在我国处于蒸蒸日上阶段。据 2019 年中研普华报告分析，2019 年中国新建装配式建筑面积约为 4.5 亿平方米，结合住建部出台的相关政策提到的装配式建筑占新建建筑的比例在今年和 2025 应分别在 20%和 50%以上，推断五年后我国装配式新建建筑面积将到 16.51 亿平方米，市场规模也预计逐年翻几番。

数据来源：中研普华产业研究院

图 1-2　2017-2025 年我国装配式建筑市场规模（单位：亿元）

(3)新的技术带来新的安全风险

相较发达国家，我国对于装配式建筑关注和推广相对较晚，现阶段装配式建筑相较传统建造技术在我国仍有上升空间。针对这些新增施工工艺，安全保障需要进一步加强，我国针对装配式混凝土住宅施工安全规章制度尚不完善[1]。据住房城乡建设部统计 2017 年房屋市政安全生产事故中高处坠落共 331 起，占比 47.83%，2018 年房屋市政安全生产事故中高处坠落 383 起，占比 52.2%，2019 年房屋市政安全生产事故中高处坠落 415 起，占比 53.69%，由此可见高处坠落一直是建筑安全事故主要起因，而装配式建筑由于采用预制构件在施工现场组装而成，大大增加了塔吊的使用，相较传统建造这要求施工工人频繁抬头望高，这一行为在一定程度上又增加了高处坠落的风险。

现阶段，预制构件在吊装阶段要求在构件吊装前进行内置螺母吊点是否堵塞或被污染检验、试吊等活动，同时在构件安装前需要对焊接的埋件进行清理这一系列琐碎行为，认真履行势必会放缓施工进度，而且像对焊接埋件进行清理这一行为，未履行很有可能在施工现场既不会给自己带来直接伤害也不会给工友带来直接伤害，但是其行为影响了建筑主体质量，存在对未来使用者不利的影响。对于这种当下不会造成直接伤害，又属于隐蔽工程难以质量检验的又可以“提高工作效率”的行为，需要施工工人具有正确的价值观和较高的道德水平从根本上杜绝有意不安全行为的实施。

1.1.2 理论背景

（1）安全事故发生的主要原因是人的不安全行为

国外学者海因里通过大量的安全生产事故表示大部分的安全事故是由人的不安全行为造成的。由于目前建筑业的作业环境大都在露天环境，而且这些建筑物具有一定的高度、施工又伴随着噪声、粉尘，存在着众多不安全影响因素，所以，建筑安全事故发生数量相较其它行业一直居高不下，有相关研究表明超过80%建筑安全事故是由人的不安全行为造成的[2]。

（2）故意实施过违章行为是不安全行为主要类型

有统计表明，曾故意实施过违章行为的工人占比 77.68%[3],在 80%以上[4]的建筑工地有违反规定作业的情况。

（3）认知失效会导致不安全行为发生

不同的认知模型对认知过程的描述不一致，影响力较大，专家学者认可度较高的主要包括 Wickens[5]的信息处理模型、IDAC[6]模型、Rasmussen[7]阶梯模型这三大模型。其中，Wickens 的信息处理模型[5]包括感觉信息、感知信息、决定并选择应对、实施应对这四大环节。Rasmussen[7]阶梯模型将认知过程划分为更细致的八个环节。IDAC 模型[6]包括信息的内部筛选、信息理解排序、目标选择、战略选择、应对规划、应对实施。经过总结分析，虽然这三个模型对认知环节划分不同，但表述的都是信息的被发现、被理解、通过工作记忆去理解信息、选择去应对信息、实施被选择的行为。

从认知角度解释不安全行为发生的相关研究表明，不安全行为发生的原因主要有两大类，一类是认知的有限性、不情愿理性导致的认知失效。人的注意力不是无限的[8]，在某一时刻我们的注意力资源是有限的。而对信息处理加工做出反应的过程，在发现信息、理解信息的过程需要我们加大注意力的投入，而理解信息和思考应对又需要有相对应的工作记忆或经验能力，这些都使认知过程具有不情愿理性和有限性的特点，二类是某些社会心理学原因导致的明知故犯。

1.1.3 研究意义

本文综合了不同性别、学历、年龄、从业年限的装配式施工个体对于有意不安全行为的影响变量的选择倾向，将不安全行为文献研究与装配式实际施工工艺流程相结合，开展了装配式施工有意不安全行为发生机理的研究，同时用定性分析的方法探究了不同群体对于不同变量的选择差异性，是装配式建筑施工安全的一个重要研究方向。

从理论意义上来说，为装配式施工不安全行为的理论研究提供了新的视角和相关理论研究基础。本研究从社会心理学角度，提出更加符合施工人员在安全规范前的行为选择应对心理，揭示了装配式施工人员有意不安全行为产生的机理。装配式施工人员的行为选择是一个受自身与外界等多种影响的复杂系统，本研究采用结构方程模型的方法，构建了施工人员矛盾的安全意向 SEM 模型，该模型能够真实地反映装配式施工人员选择应对行为失效从而造成的有意不安全行为形成机理过程。该模型的建立丰富了从社会心理学角度上的个体层面对装配式施工人员不安全行为的行为选择研究。

从实际应用价值来说，为装配式施工管理者控制不安全行为提供决策依据。本研究构建的施工人员选择应对影响因素 SEM 模型可以展示施工人员选择行为现状，反映施工人员有意不安全行为选择的路径。装配式施工安全管理人员可以通过本研究中的模型去对比分析和验证所策划实施的安全管理措施是否会对施工人员的有意不安全行为的发生产生有效影响，同时结合不同群体对不同维度指标表现的差异性，从而提出更为有效合理的有意不安全行为管理措施。这一模型将改善装配式施工人员对有意不安全行为管理的模式，通过定量的方式验证策略的有效性，以此针对性的对施工人员有意不安全行为进行管控，减弱行为选择的心理矛盾，对降低装配式安全事故的发生具有一定意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 装配式建筑施工安全研究现状

装配式建筑施工安全的文献研究主要集中在安全影响因素及安全评价上。国外文献研究方面，Patrick X.W.Zou 等人[9]在重点研究装配式施工人员和管理体系的关系后，提出人的安全管理是高装配式施工安全管理的重要途径。James L H[10]提出规范使用机械设备可以有效降低装配式施工安全事故的发生。Lee Hyun-Soo[11]利用 AHP 法来分析装配式施工安全管理影响指标的权重，以此对项目的安全进行评价。Franciscoj Forteza [12]结合最近几年的装配式建筑安全事故分

析出吊装作业事故占比较大，因而重点对其进行了安全评价研究。

国内关于装配式安全的研究主要集中在最近几年，在安全影响因素方面，齐志恩[13]在长沙某具体的装配模式工程的实地调研基础上，提出组织设计是装配式安全风险管理的重点。于慧[14]认为预制构件的吊装在装配式建筑安全管理中是非常重要的一个环节，因此重点探讨了吊装环节的施工组织安排以及起重机械的选择和起重方式的应用，以此来增加吊装的安全性。桑培东[15]运用 SEM 方法从甲方的角度分析了装配式施工现场的安全风险，从新的视角进一步丰富了风险指标。徐姣姣[16]在文献研究的基础上，利用系统动力学对装配式建筑施工安全影响因素进行了整理及分析，在考虑影响因素重要度的前提下提出了装配式安全风险相关管控建议。在安全评价方面，陈伟[17]利用 AHP 法和灰色聚类法研究了如何对装配式施工现场安全状态进行评价，并对相关的影响因素进行了重要度排序。常春光[18] 以装配式为具体的研究对象，基于突变理论从 4 个不同的方面研究如何对装配式建筑施工进行科学完善的安全评价。张晶[19]在分析装配式建筑施工的特点的基础上，运用安全等级评价法和熵权法重点研究了装配式安全评价的体系模型。田黎[20]利用风险矩阵和管理策略的方法，分析了上海某预制工程施工现场的安全风险，并基于此提出了相关改善策略。

1.2.2 不安全行为研究

关于不安全行为的研究已经非常众多，但目前不安全行为的定义还未统一。部分学者[21]认为人因失误就是不安全行为，我国建筑安全领域专家叶贵[23]及其团队在建筑安全管理领域研究中，认为造成事故的行为是不安全行为。在一些研究中[24]，认为造成安全事故发生或有很大概率造成安全事故发生但事实可能并未造成安全事故发生的行为是不安全行为。本研究综合分析将建筑施工不安全行为定义为有可能造成生产安全事故的行为。

纵观国内外关于不安全行为分类的相关研究[25]将不安全行为大体上分为两大类：一类是有意不安全行为，另一类是非有意不安全行为。有意不安全行为，即个体在明明知道行为规范标准，出于侥幸等心理不按照标准执行行为，明明知道某行为可能造成安全事故还是选择执行此行为，我们一般通俗理解“明知故犯”。非有意不安全行为，即个体由于注意力不集中或不知道及不理解什么是安全行为，而采取了可能造成安全事故发生的不安全行为。本文的研究对象是装配式施工有意不安全行为。

通过大量相关文献阅读，国内外对不安全行为的研究主要可以分为三类，一是不安全行为的主要影响因素，二是不安全行为的产生机理路径，三是不安全行为的干预。

（1）建筑施工不安全行为影响因素

国内研究方面，常乐和葛广州等人[30]利用 AHP 法和 ABC 分析法从人、环境、物、环境四个维度结合建筑施工现场一周的不安全行为观察统计结果数据分析，认为建筑施工人员实施不安全行为的主要影响因素是人与管理因素。李辉山和蒋倩倩等人[31]结合 ISM 将施工不安全主要影响因素分为组织管理、安全信息沟通、组织行为三个层级因素集。陈晓勇和施式亮等人[32]通过建立含社会环境与事故处理因素、不安全行为前提、不安全行为、安全监管、组织管理的 C－HFACS 模型，进行了建筑施工不安全行为致因分析。居婕和杨高升等人[33]从具体的建筑施工不安全行为表现出发，提取共计 13 个影响因子，而后通过实践访谈，利用 DEMATEL 来分析各影响因子，得出最重要的是安全态度、安全认知、安全培训。黄芹芹和祁神军等人[34]通过 SEM 的方法验证了不安全心理、生理健康、不安全动机都对建筑施工不安全行为有着显著直接或间接影响。姚明亮和祁神军等人[35]验证了工作负荷、工作满意度、安全心理对不安全行为发生有着显著影响。唐玲玲等人[36]验证了安全规范和群体压力对建筑施工人员的从众性不安全行为具有显著影响。何长全和贾广社等人[37]对大量建筑施工不安全行为相关文献进行分析梳理，得出安全氛围、个体的心理自卑、沟通能力 3 个因素是不安全行为发生的关键因素。

通过进一步梳理，对于建筑施工不安全行为影响因素的国内研究如下表所示：

表 1-1　国内关于建筑施工不安全行为影响因素梳理

研究者	主要影响因素
常乐[30]	人与管理因素
李辉山[31]	组织管理因素集、安全信息沟通因素集、组织行为因素集
陈晓勇[32]	不安全行为前提、不安全行为、安全监管、组织管理
居婕[33]	安全态度、安全认知、安全培训
黄芹芹[34]	不安全心理、生理健康、不安全动机
姚明亮[35]	工作负荷、工作满意度、安全心理
唐玲玲[36]	安全规范、群体压力
何长全[37]	安全氛围、个体的心理自卑、沟通能力

国外研究方面，Dongping Fang 和 Zhongming Jiang[38]通过设计一个人工操作任务来模拟实际的施工工作，同时借助《建筑工人疲劳评估量表》来衡量参与者的疲劳水平，研究表明当工人疲劳水平超过 20 就会很大概率导致危险感知失败，进而对安全绩效产生负面影响。Dong Ju 和 Xin Qin[39]基于 592 名建筑工人样本数据分析得出工人情感和不安全行为规范正向作用于不安全行为，提出合理

设计工作时间表以预防和干预工人疲倦，管理者以身作则遵守安全行为规范另外注意提供无压力健康的工作环境对于遏制不安全行为的发生也有事实而必要的意义。Chunlin Wu 和 Nan Li[40]认为领导力是影响安全的关键因素，以理论和建设项目实践为基础提出了建设项目安全领导模型（SLMCP），使用 AR 方法来验证 SLMCP 模型并基于此提出可行的措施。Johnson S.E 等人[41]结合计划行为理论（TPB），将主管规范与知觉行为控制划属组织因素，个体态度划属个体因素，得出感知因素通过作用组织管理因素对安全意图影响最为明显。Arlete Ana Motter 和 Marta Santos[42]在文献研究及实地调研的基础上，提出有效的沟通对于安全氛围和安全行为有着积极影响，每个工人都不是孤立的个体，工人之间通过手势、动作、表情、言语来进行沟通交流，在对工人半结构化访谈梳理的基础上，得出良好的沟通可以有效的应对日常或者意外情况。Don Harris 和 Wen-Chin Li[43]使用人工神经网络对不安全行为致因进行分析研究，得出最不安全行为的最强预测因子是身体或者心理上的局限性，具体表现例如视觉限制或者反应时间不足、沟通协调组织管理较差、压力、工作量、精神疲劳等。Mohammad Mazlina Zaira 和 Bonaventura H.W. Hadikusumo [44] 在文献分析的基础上设计了建筑施工不安全行为干预模型，通过问卷调查进行了探索性因子分析和结构方程模型分析确定了工作场所安全检查、个人防护设备计划、安全设备的可用性和维护、安全工作规范和安全许可证的五个重要的安全实践技术干预可以有效的改善建筑施工工人的不安全行为。Hee-Chang Seo, Yoon-Sun Lee 等人[45]基于韩国建筑业安全事故实例进行分析，构建了建筑施工不安全行为发生机理模型，通过问卷调研和结构方程模型方法证明了个人特征、安全文化、工作压力、安全氛围对建筑施工不安全行为的发生有着直接或间接影响。

通过进一步梳理，对于建筑施工不安全行为影响因素的国外研究如下表所示：

表 1-2 国外关于建筑施工不安全行为影响因素梳理

研究者	主要影响因素
Dongping Fang[38]	工人疲劳水平
Dong Ju[39]	不安全行为规范 工作强度设计
Chunlin Wu[40]	领导力
Johnson S.E[41]	组织管理因素 感知因素
Arlete A.M[42]	沟通
Don H[43]	身体或者心理上的局限性
Mohammad M. Z[44]	安全检查、个人防护设备计划、安全设备的可用性和维护、安全工作规范和安全许可证
Hee C. S[45]	个人特征、安全文化、工作压力、安全氛围

通过进一步的文献梳理，可以看出针对施工不安全行为影响因素的研究，国内外文献相差不大，都是过不同角度构建影响因素体系，而后通过实例验证来得出哪些影响因素更为重要，但是我们也可以看出针对这些影响因素，不同视角不同案例验证出的指标体系相差较大，尚未形成一个标准的科学的建筑施工不安全行为影响因素体系。

（2）不安全行为产生机理

建筑施工不安全行为产生机理即是不安全行为影响因素之间的影响关系。

国内研究方面，张孟春等[46]通过实例分析建筑施工行为认知过程及各环节失效的原因。曹庆仁等[47]在认知心理学的基础上，分析不安全行为形成的“知-能-行”表现环节。牛达钰和祁神军等人[48]通过问卷调研和 SEM 验证了强迫行为通过不安全动机显著影响不安全行为，强迫思维通过作用不安全动机和安全能力对不安全行为产生影响。祁神军和成家磊等人[49]在 20 多个典型项目不安全行为实践数据分析的基础上，利用决策试验和评价实验室的方法认为原因型因素安全态度和不安全动机之间双向显著影响。张勇和王祥宇等人[50]认为施工不安全行为发生的主要路径为政府监管力度不够导致施工现场安全监管力度不够进而导致施工人员的不安全行为习惯引起自身的安全认知失误从而导致不安全行为的发生。陈伟珂和武晓燕等人[51]在文献研究的基础上，提出建筑施工工人在做出某行为前需要进行行为决策，以易得性偏差、代表性偏差、过分自信、归因偏差的认知偏差因素通过或不通过中介变量风险感知影响着建筑施工不安全行为。

国外研究方面，Jiayuan Wang,和 Patrick X.W. Zou 等人[52]在问卷调查的基础上，对工人的安全生产作业包括个人的主观认知、工作知识和技能理解和掌握程度、工作本身特征特点和安全管理的影响因素进行了梳理和排序，以此建立了不安全行为发生机理模型，通过结构方程模型得出包含安全管理和工作本身特征的外部因素比包含个人的主观认知和工作知识和技能理解和掌握程度的内在因素对不安全行为发生机理模型中的中介变量安全风险承受能力影响大，进而导致不安全行为发生的可能性大。Pin-Chao Liao 和 Xintong Luo 等人[53]在文献研究的基础上，提出设计的不完善是导致建筑不安全行为的主要原因，并建立了人为失误导致的不安全行为机理模型，通过贝叶斯参数方法进行实例验证，最后以电梯安装为例确定了从设计到不安全行为产生的最有影响力的路径。Kwesi Amponsah-Tawaih 和 Michael Adu Appiah 等人[54]基于问卷调研的数据分析得出良好的安全氛围对工人安全行为有显著影响，有效的安全沟通和系统的安全培训对于工人遵守安全规则从事安全行为有显著影响，但是工作压力会直接负面影响安全行为和安全管理的执行度。Zhongming Jiang 和 Dongping Fang[55]通过文献研究和实践调研分析建筑施工不安全行为影响因素，以此建立基于系统动力学的

建筑施工不安全行为因果结构模型（SD-CUB），通过对建筑施工工地五周的调查和观察，证明了 SD-CUB 可以科学揭示建筑施工不安全行为产生过程。

通过对比梳理分析，发现在不安全行为发生机理研究方面，国内外研究大致相同，大都是通过文献研究或实例分析梳理出不安全行为影响因素，而后通过 SEM、DEMATEL、ISM 或系统动力学的方法，来验证各影响因素之间的路径关系，对比之下国外研究的实例验证部分更为扎实。

（3）建筑工人不安全行为的干预研究

建筑施工不安全行为的干预，可以从根本上减少不安全行为的发生。

国内研究方面，李俊亭等[56]通过 Vensim 软件采用系统动力学的方法，对施工人员不安全行为干预模型通过算例数据进行仿真研究，结果证明安全管理水平对建筑施工不安全行为有显著的负相关作用，而后在“前摄性+反应性”的基础上提出建筑施工不安全行为干预策略。韩豫和张泾杰等人[57]在通过半结构式访谈及实地调研的基础上，运用操作性条件反射理论，分析建筑施工不安全行为习惯特点，以此来设计建筑施工安全行为习惯培养的方法和策略。韩豫和梅强等人[58]在实地调研的基础上从脆弱性视角分析建筑施工不安全行为，基于早期不安全行为干预方法，提出了建筑施工不安全行为早期干预的主要策略与方法和具体实施路径。黄芹芹和祁神军等人[59]通过构建建筑工人习惯性不安全行为发生机理模型，以问卷调研和 SEM 的方法验证该模型的科学性，以此提出建筑工人习惯性不安全行为干预策略，利用系统动力学方法进一步验证了干预策略的有效性。

国外研究方面，Dawei Chen 和 Hanzhi Tian[60]结合中国建筑施工企业安全现状建立了安全指数变化趋势图，使用该指数来评估安全行为改变趋势，通过 BBS 行为干预方法进行实例验证，受试员工的安全指数比基线提高了 15%，以此证明 BBS 行为干预方法在中国建筑施工安全水平提高上的实用性。Mingyu Shin 和 Hyun-Soo Lee 等人[61]利用系统动力学方法去仿真模拟建筑施工安全行为选择心理过程，得出鼓励工人使用安全行为让其养成安全习惯可以提高安全水平，具体可以通过分享安全事故或者安全培训或者沉浸式体验来纠正工人安全态度和对于安全事故的发生可能性认知。Zhen Li 和 Xiaofei Lv[62]在进行了施工不安全行为文献研究的基础上，分析了施工不安全行为的产生机理，使用 ABM（Agent-Based Modeling）方法对不同场景下的施工不安全行为采用不同激励策略，结果表明绩效超额奖励制度优于平均分配，在不安全行为管控实施效果可以推广应用。Babette Bronkhorst 和 Lars Tummers 等人[63]基于文献研究和实地调研，提出安全氛围的改善可以有效抑制不安全行为的发生，于是进行了安全氛围提升的具体措施设计，通过实例验证对有无实施安全气氛改善措施的两组进行对比分析，在干预组工人产生了更加积极的安全态度，安全水平明显提高。Ann

Hedlund 和 Karl Gummesson 等人[64]通过文献及实例分析，提出不安全的工作环境对安全行为起主要促进作用，安全激励可以减少员工的不安全行为，以此设计了 6 种不同的不安全行为干预措施，通过 6 个项目公司进行了实例验证，在其中参与度、次数、主要的目标人群和决策者三个变量的对安全水平干预影响较为强烈。

在不安全行为的干预研究方面，国内研究倾向根据模型、实例验证的因素提出改进的策略及建议，尚处在理论探讨阶段，缺少实验类的干预研究。国外研究更倾向于模拟或现场试验来验证策略或建议的有效性。

1.2.3 有意不安全行为研究

目前针对建筑施工有意不安全行为研究相对较少，且主要集中在国内文献。国内针对有意不安全行为的研究也主要集中最近几年，但文献的质量都颇高。

卢文倩和吕永卫等人[65]在计划行为理论的框架下，得出安全意识、领导监管力、班组安全气氛、工作环境通过故意违章行为意向对矿工故意违章行为有显著负向影响，工作强度以故意违章行为意向对矿工故意违章行为有显著正向影响。章少康和谭钦文等人[66]以开放性、宜人性、神经质、严谨性、外倾性为自变量，利用问卷调查法对包装公司一线工人的有意不安全行为展开调研进行逐步回归分析，得出工人有意不安全行为与宜人性、神经质、严谨性关系最为紧密处于正相关。张谦[67]在实地考察和调研的基础上，分析了行人在过街道时所选择的违章行为的主要影响因素，通过对问卷调研数据统计分析，提取了道路设施、时间、交通流、群体特征四个因子变量，以此对违章行为进行影响重要度与作用机理进行分析阐述。郑霞忠等人[68]基于博弈论，构建了施工管理方、施工一线工人自身和监管人员的在不同策略下期望效益函数，解释起重作业人员的有意不安全行为的根本原因。李乃文和徐梦虹等人[69]利用 ISM 和 AHP 法研究了矿工习惯性违章行为和其影响因素之间的联系，结果表明有深到浅影响因素为：管理因素、人传记因素和工作本身因素、个体因素和组织因素，以此提出改进措施。叶贵等人[70]基于扎根理论分析研究建筑施工工人的故意违章行为形成机理，得出省时省力等个体心理因素是主要出发动机，危险感知能力、不当价值取向、不良环境、行为结果反馈在故意违章行为动机形成过程中均有明显影响。王永刚，杨传秀[71]以计划行为理论为基础框架，分析航空机务维修人员故意违章行为的影响因素，研究结果显示感知行为控制、工作压力及个人需要通过作用违章动机正向影响违章行为，管理层态度和主管态度通过作用行为态度及违章动机正向作用于违章行为。李乃文，马跃[72]基于计划行为理论通过对 412 名矿工进行故意违章行为的问卷调研，借助结构方程模型分析得出除计划行为理论基本理论框架变量，过去行为和

示范性规范均对故意违章行为有影响。王永刚，张宇等人[73]利用系统动力学分析了飞行员的违章行为和其影响因素之间的影响关系，研究结果表明程序因素和处境意识对违章行为影响较大。连民杰，刘睿敏等[74]应用层级回归法对矿工违章行为进行实证分析，得出矿工安全心理资本通过中介变量风险偏好对违章行为起显著负作用。杨鑫刚,孙小杰等[75]利用博弈论，建立建筑工人自身、企业安全管理高层、安全监管方三方对于建筑施工有意不安全行为期望收益演化博弈模型，通过模型求解得出建筑施工有意不安全行为不仅和建筑工人自身有关还和企业的安全投入大小有关。

1.2.4 研究现状分析

（1）从目前研究成果来看，对于不安全行为的研究已经比较成熟，从外部影响因素到内部自身影响因素都已经涉及，许多研究从不同视角对建筑施工不安全行为的形成机理进行了研究。

（2）目前针对装配式施工安全的研究，主要在安全评价体系上，但装配式相较传统建造，增加了例如大型构建吊装、构件临时支撑、后浇筑及竖向构件摘钩行为，这些行为势必增加安全风险。有意不安全行为是不安全行为重要的一类，相关研究已经在交通、传统建造、机修行业展开，尚没有一个清晰的理论模型去揭示装配式施工有意不安全行为的形成机理。

（3）现有研究已经指明造成认知环节失效的主要原因有 2 类，其中一类选择应对失效的社会心理学研究还较少，计划行为理论的研究测量了“态度、规范、行为控制和不安全行为”的关系，以往的研究注重这些影响因素之间的内部路径关系，部分研究将安全管理、安全监管作为补充变量用来丰富计划行为理论，但是却没有合理解释在实践过程中安全监管力度加强的同时，有意不安全行为却屡禁不止，而且不同群体对于同一建筑施工有意不安全行为影响指标变量的主观感受并不同，缺少相关研究。

1.3 研究目的和内容

1.3.1 研究目的

施工的不安全行为是引起建筑安全事故发生的重要因素，而现多方三令五申坚持安全第一、坚决反对违章操作的现实背景下，建筑安全事故却屡禁不止。通过从社会心理学角度研究施工有意不安全行为的发生机理，明确不同变量对装配式施工有意不安全行为的影响方式，为装配式施工工人与安全管理者在日常生产

活动中行为选择出现明知故犯提出有效的改善措施，减少装配式施工人员因心理认知不足而导致的有意不安全行为发生，保证装配式施工人员在日常生产作业中的行为安全，从而降低装配模式安全事故发生率，有利于装配式建筑的进一步推广，提高整个建筑业的经济与社会效益。

1.3.2 研究内容

本文在理论分析和实地调研的基础上，围绕装配式施工有意不安全行为的形成机理及各维度的指标群体差异性进行了研究，通过对 208 名施工人员的不安全行为调查，运用结构方程模型的方法对假设的理论模型进行了修正，最后得出装配式施工有意不安全行为路径模型，针对模型和群体差异性分析结果给出了装配式安全管理的重点。

研究以“理论模型构建-问卷设计调查-实例检验-实例进一步分析-对策建议-结论”为思路展开研究。

首先理论模型构建，本文以计划行为理论和认知理论为基础，结合装配式施工的实际施工环境条件，提出了假设，而后根据专家意见进一步完善了装配式施工有意不安全行为形成机理理论模型，确定了研究的理论基础。

然后根据假设的理论模型,将该模型验证所需要装配安全相关的数据以线上与线下两种相结合的方式收集,同时为了提高问卷设计的合理性和科学性,对所使用的问卷数据进行预检测其有效性及可靠度,来保障数据的准确、科学性和问卷设计的合理性。

而后，在问卷预检测的前提下，把收集的问卷数据借助 SPSS 和 AMOS 软件采用结构方程模型的方法，对建立的装配式施工有意不安全行为形成机理模型进行实例检验。通过对初始模型的检验修正，得出除“行为态度对有意不安全行为具有显著正向影响”不成立外，其余假设均通过检验，因此认为所构建的装配式施工有意不安全行为理论模型能够较为科学的解释装配式施工有意不安全行为产生机理。

接着，从性别、学历、工作年限、年龄四个方面分别对装配式施工有意不安全行为发生机理模型中的变量进行了群体差异性分析，数据分析结果表明：装配式施工有意不安全行为及其影响因素在男女性别群体无显著性差异；不同年龄群体在风险偏好维度“侥幸心理”、“自我效能”、“风险意识”指标上存在显著差异；不同学历群体在“舒适性”、“工友行为”、“有意不安全行为需求”指标上存在显著差异；不同从业年限在“行为信念”、风险偏好维度“自我效能”指标上存在显著差异。

最后结合有意不安全形成机理路径分析和群体差异性分析结果对装配式施

工有意不安全行为管控提出了对应的管控措施建议，以期减少装配式施工有意不安全行为的产生。

1.4 研究方法和技术路线

1.4.1 研究方法

本文综合安全管理学、心理学、行为学、统计学等多学科理论及方法，采用理论与实践相互交叉融合的科学研究理论方式、定量分析与定性分型并行的方法，深入研究了装配式施工有意不安全行为的形成机理。

（1）文献分析法

在查阅了大量的不安全行为和装配式建筑安全文献的基础上，通过对相关研究分析总结，找出现有研究的不足，确定了研究方向主题。并在计划行为理论与认知理论的基础上，初步提出了本文的相关假设和对应的装配式施工有意不安全行为形成路径理论模型。

（2）专家访谈和实证调研法

本文在理论模型的基础上，考虑理论与实践的融合，又结合定性分析与定量分析的思想初步设计了调研问卷，为了进一步使调查问卷能够真实有效的反映待测内容，进行了专家调研和实地调研，在考虑施工人员的理解能力的前提下，修正了问卷。

（3）统计学方法

本文通过问卷调查获取了大量数据，借助数理统计软件 SPSS25.0 和 AMOS25.0 利用结构方程模型的方法对实例数据依次进行了信度分析、效度分析、模型检验、模型修订、路径分析等统计分析工作。

1.4.2 研究路线

基于上述研究过程及方法，本文的技术路线如下图所示：

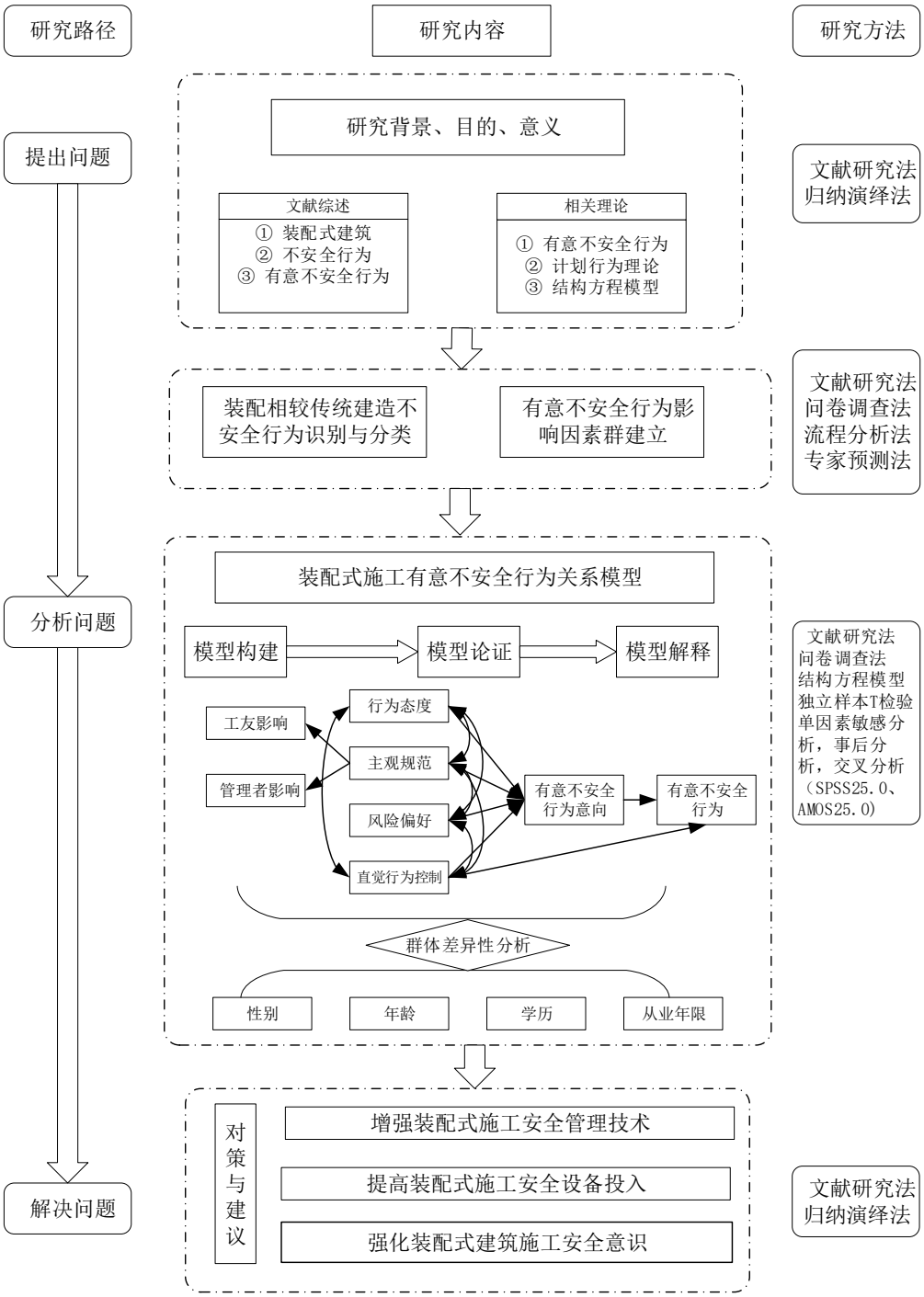

图 1-3　技术路线

1.5 创新点

（1）在社会心理学视角下梳理了装配式建筑有意不安全行为影响因素

在不久的将来，装配式建筑将是我国新建房屋市政建筑的主要模式，而装配式施工有意不安全行为的遏制会提高装配式建筑的安全水平。当前国内缺少装配式建筑施工现场不安全行为影响因素的研究，本研究结合装配模式相较传统建造的特点与实质，在理论分析的基础上对影响装配式施工现场有意不安全行为的关键影响因素进行了梳理与总结，为研究装配式不安全行为提供了理论基础。

（2）构建了装配式施工有意不安全行为发生机理模型并进行了群体差异性分析

为了科学有效的分析装配式有意不安全行为，从社会心理学视角在计划行为理论的基础上加入风险偏好这一自变量，探究了在有意不安全行为意向的中介作用下，行为态度、直觉行为控制、风险偏好、主观规范对有意不安全行为的影响路径及大小。并从性别、学历、工作年限、年龄四个方面分别对上述装配式施工有意不安全行为发生机理模型中的变量进行了群体差异性分析。

第二章　相关理论及方法研究

2.1 有意不安全行为

不同的专家学者因为所处行业背景不同，对有意不安全行为的分类意见没有给出统一标准。通过在文献库搜索“有意不安全行为”、“违章行为”、“故意违章行为”，进行文献分析和梳理，在建筑施工背景下将有意不安全行为三大类，具体见下图所示：

该分类把习惯的有意不安全行为和偶然冒险的有意不安全行为都归为了故意不安全行为，符合建筑施工的实际背景。

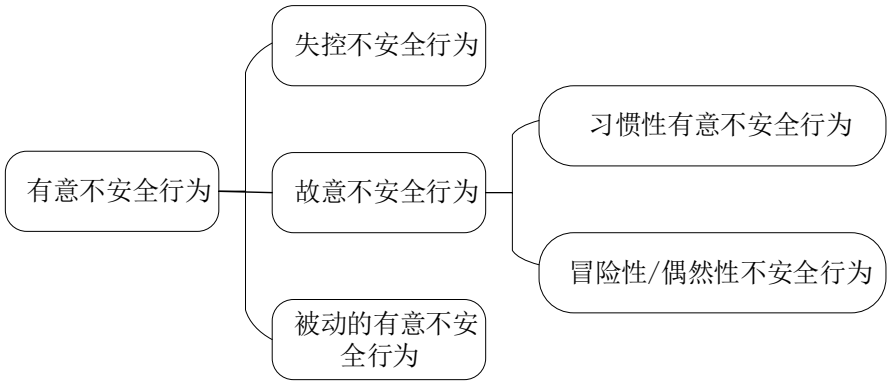

图 2-1　建筑施工有意不安全行为分类

其中：

失控有意不安全行为是指自身存在生理缺陷或者在某一时刻、时间段存在生理缺陷，发生了不受自身意识控制的情况，从而导致无能为力面对日常或突发生产事件，如自身存在失聪或者色盲色弱，又或者是突发性的精神疾病，而导致的无法正常处理事件，进而导致不安全行为。

故意不安全行为是指建筑施工工人在知道自己的行为是违反安全规则、技术要点要求等相关规范规定、标准的前提下，但是出于便捷、舒适、效仿等心理因素，在明知道行为不被允许，依然采取不符合规定的行为开展生产活动。由于有意不安全行为在实施过程中，是行为人的主观意愿，同时又是行为人的初步判断不会对自己或他人带来直接伤害，因此具有一定的隐蔽性。

习惯性的有意不安全行为是指建筑施工工人在日常生产活动中没有经过思考或者没有仔细思考的一种机械重复的习以为常的不安全行为习惯。习惯性的有意不安全行为往往具有隐蔽性、顽固性、污染性的特点。就顽固性这一特点来说，

相较冒险性/偶然有意不安全行为，习惯性的有意不安全行为危害性更大，工人在进行习惯性有意不安全行为是经常重复的，偶尔一次被发现给予处罚或者造成伤害，但是由于在记忆深处这种行为已经成为习惯，行为人有极大可能在过一段时间后继续使用这个习以为常的行为。对于隐蔽性，就目前的施工现场还没有做到全范围监视来遏制不安全行为，而且作为不安全行为人习以为常的同时可能伴有不易被发现的特征。污染性指的是，每一个行为人都是生活在一个场所内，当在某一项目或某一活动片区，身边的工友甚至是安全管理者、项目高层使用有意的不安全行为，那么很快这个行为便会扩散而来，即一个遵守各项安全规则的行为人来到一个存在不安全行为的班组里，出于担心被排斥、盲从等心理其会进行效仿。

冒险性/偶然有意不安全行为是指建筑施工工人在行动之前就知道自己的行为不符合规定，但是出于好奇心、想出众等心理采取的冒险有意不安全行为。

根据行为发生的前后过程可以将建筑施工行为分为两个阶段：第一阶段是决策阶段，即行为个体对多个行为方案进行评估选择的过程；第二阶段是执行阶段，即对第一阶段决策的结果直接执行的过程。建筑施工有意不安全行为主要是第一阶段行为决策的结果，对应认知过程选择应对环节，而习惯性的有意不安全行为主要是第二阶段的结果。在建筑施工不安全行为中，冒险性/偶然有意不安全行为和习惯性有意不安全行为不是一直相互独立不变的，建筑施工工人在一次使用冒险性/偶然有意不安全行为没有给自己或他人造成伤害或处罚，就极大可能继续使用该行为，一旦养成习惯，冒险性/偶然有意不安全行为就变成了习惯性有意不安全行为。

被动的有意不安全行为是指建筑施工工人在日常或突发实践中不具备从事该项作业安全行为的能力体现为无能为力，或者是没有相应的作业工具或工具不易获取，导致的工人不得不使用不安全行为。

2.2 计划行为理论

计划行为理论起源于社会心理学，被认为是研究个体认知行为影响力最大的基础理论之一[76]。本文将计划行为理论作为装配式施工有意不安全行为形成机理研究的重要框架。

2.2.1 计划行为理论的内涵

计划行为理论的目的是预测和解释不同条件与状态下某一行为的影响因子，计划行为理论认为行为是多个变量共同作用产生的结果，直接影响行为的是行为

意向，影响行为意向有行为态度、主管规范和直觉行为控制三个影响因子。计划行为理论构成如下图所示[76]：

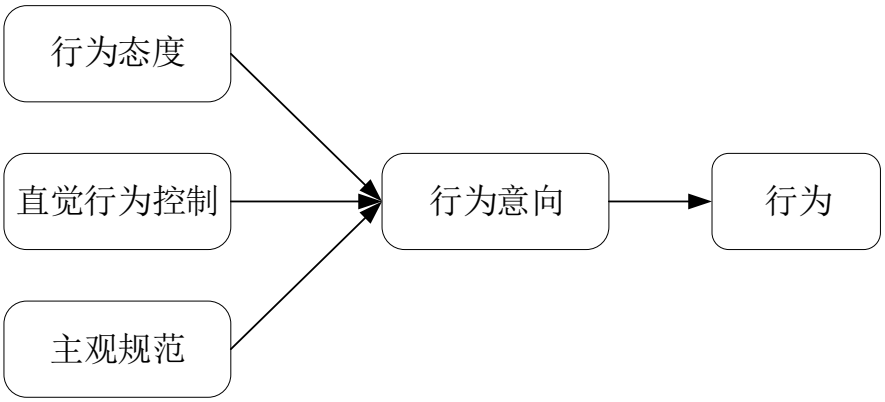

图 2-2 计划行为理论模型

2.2.2 计划行为理论的构成要素

计划行为理论的构成要素包括行为态度、主观规范、直觉行为控制和行为意向。

① 行为态度

行为态度是指对于某一行为的评价，或消极或积极，有学者[77]将行为态度划分为 2 类，一类是情感（如是否喜欢，是否快乐），另一类是工具性态度（是否有价值，是否有用）。理论表明，行为态度对行为意向的影响是正向的，即个体行为态度越积极、越认可，就越容易产生与之对应的行为意向；反之，当态度越消极、越反对，与之对应的行为意向形成的可能性越小。研究表明，当工人有正向的某一行为态度，他就会有明显的行为意向，从而表现对应的某行为[78]。

② 主观规范

主管规范是指当个体处于某一环境，周围比较重要的人对自己行为产生的社会压力[80]。Cialdini 等[81]认为主观规范包括指令规范、示范规范和个体规范三种规范。计划行为理论认为，主观规范正向作用于行为意向，即当周围人对某一行为持有积极的态度，认真执行某一行为，那么他执行此行为的可能性越大。对应到建筑施工的不安全行为，这些人包括安全管理人员和同一班组工友们，而管理者压力对不安全行为具有反向作用。

③ 直觉行为控制

知觉行为控制指某一个体对即将采取的行为自我感觉的难易程度[80]。当个体能够获取大量即将采取的行为所需要的工具资源或机会，他将拥有更强的此行为意向。

④ 行为意向

行为意向是指个体对于即将采取的某行为的心理偏好和主观估计采取该行为的可能性大小[80]。一般情况下，某一行为意向越强烈，与此对应的行为发生的概率越大。

2.3 结构方程模型

2.3.1 结构方程模型的概念

结构方程模型[82]（Structural Equation Modeling，SEM）在 20 世纪 70 年代的时候被提出，它是整合因素分析和路径分析的综合性统计分析方法。结构方程模型不仅能够揭示变量内部关系，而且还可以解释变量之间的结构关系。截至到今，结构方程模型已经在经济、营销、心理意向等取得了广泛的推广应用。

SEM 包括测量模型和结构模型。测量模型即是潜在变量与观察变量共变关系，结构模型即是潜在变量之间的相互作用关系。

（1）测量模型

测量模型包含潜在变量和观察变量。观察变量是由问卷测量可以直接得到的数据，在 SEM 中一般用长方形来表示；观察变量包括内因观察变量和外因观察变量，内因变量是自变量的内因指标，外因变量是因变量的外因指标。

潜在变量包括内因潜在变量和外因潜在变量，它是由观察变量的数据来估计反映的某特质或抽象概念，例如工作压力、幸福感、满意度及态度等。每个潜在变量虽然由最少 2 个观察变量来测量估计，但是由于测量误差的存在，观察变量并不能完全解释潜在变量，此时便有了测量误差的出现。

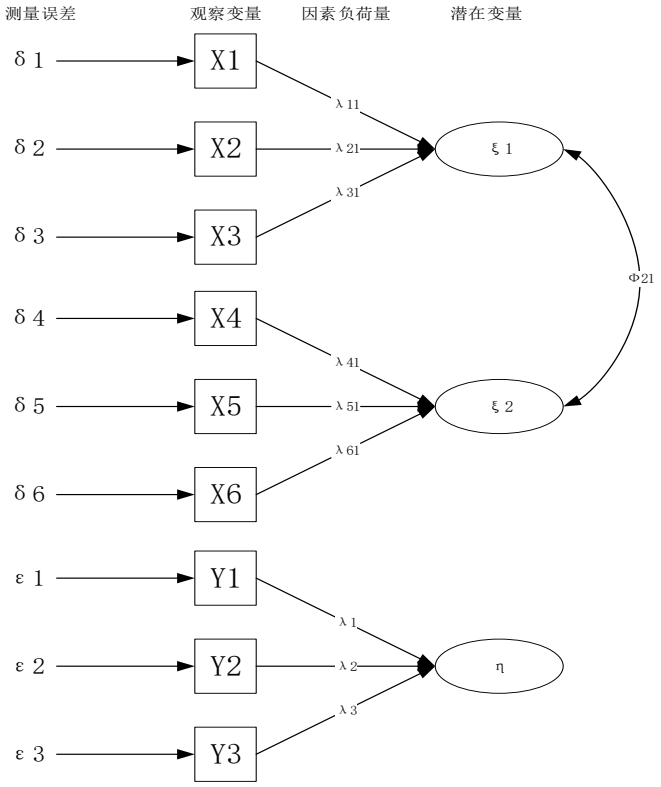

图 2-3　测量模型

在测量模型中

$$X=\lambda\ \xi+\delta \qquad (2\text{-}1)$$

$$Y=\lambda\ \eta+\varepsilon \qquad (2\text{-}2)$$

上图及上式中，X 是自变量，Y 是因变量；δ和ε分别是自变量和因变量的测量误差；ξ和η是潜在变量。

（2）结构模型

在结构模型中，它是对潜在变量关系的说明，区别一般传统的路径分析，结构模型探讨的是潜在变量间因果关系。简易的潜变量间饱和模型图如下图所示：

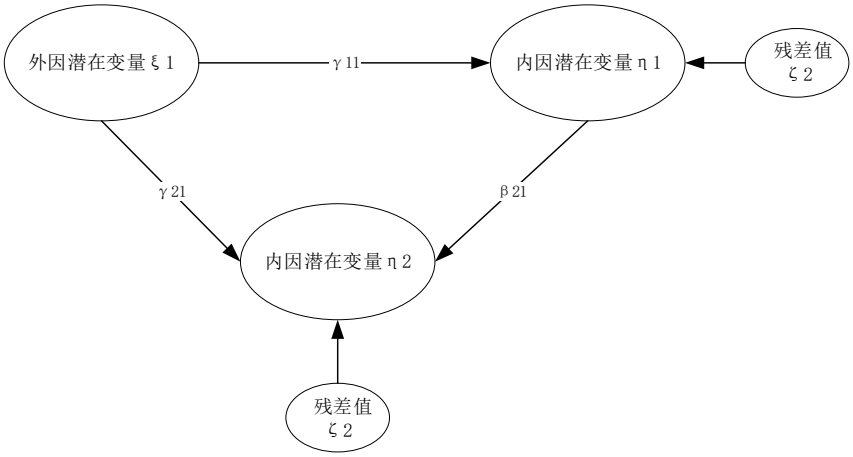

图 2-4　一个外因潜在变量与两个内因潜在变量的饱和模型图

在结构模型中

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \qquad (2\text{-}3)$$

其中 B 代表内因潜在变量相互之间的回归系数矩阵，Γ 代表内因潜在变量与外因潜在变量之间的回归系数矩阵。

2.3.2 结构方程模型的特点

①理论先验性

结构方程模型是对基于文献分析或实践认知做出的假设路径理论模型或实践模型的检验与验证，它本身不做任何关系探索。

②同时测量与分析问题

结构方程模型不仅可以测观察变量与潜在变量、测量误差之间的关系，而且可以测算数据的信度与效度。

③注重协方差的应用

结构方程模型关注的一个核心问题是变量之间的协方差，利用其可以观察多个连续变量之间的关系，同时可以通过测算假设模型与实际数据协方差，达到验证性的目的。

④适用于大样本统计

结构方程模型是以协方差分析为基础的，如果样本数量不足那么协方差矩阵分析的结果稳定性就不足，并且样本数量的多少也影响参数估计与适配度的卡方检验，一般认为样本数在 150 以上才可以得到一个较好的模型。

⑤包含多种统计技术

结构方程模型包含因素分析和路径分析，它考虑各变量测量误差，同时可以测算评估变量的信度、效度，模型的干扰度等。

⑥运用多重统计指标

结构方程模型在评价模型契合度的时候，所参考的指标是多元的。

2.3.3 模型适配度检验

模型适配度是检验收集的数据与假设理论模型的吻合程度，不同的研究对于模型适配度指标目前还未统一，以下列举较为常见的评价指标。

（1）模型基本适配指标

估计参数的误差方差均非负数，且达到 $t>1.96$ 显著水平；

潜在变量与观察变量之间的因素负荷量在 0.5 到 0.95 之间；

各潜变量之间相关系数的绝对值不宜接近 1；

不能有很大的标准误。

（2）外在质量评估

①卡方值，其越小表示假设理论模型的路径与收集数据越接近，但卡方值和样本数量有很大关系，如果样本数量非常大很容易导致卡方值显著，因此认为卡方检验合适的样本数在 100~200 之间，使用调查问卷法获得数据样本数可以在 200 以上。

②卡方自由度比，即[CMIN/DF]对应的数值，一般认为[CMIN/DF]的值大于 1 小于 3，模型整体适配度不错。

③RMR 和 RMSEA,越小越好。

④GFI 和 AGFI，GFI 值越大表示模型的适配度越好；AGFI 是通过理论模型的自由度与模型变量个数的比值调整的 GFI，其越接近 1，表示模型契合度越高。

其它结构方程模型整体适配度指标还有 NFI、IFI、TLI、CFI，具体评价标准详见本文第四章，在这就不一一赘述。

（3）内在质量检验

①结构方程模型内在结构适配度要求所有估计的参数均需要达到显著水平（t>1.96）；

②潜在变量的平均方差及组合信度分别大于 0.5 和 0.6；

③存在观察变量信度大于 0.5；

④标准化残差绝对值小于 2.58；

⑤修正指标(MI)小于 3.84。

SEM 已经在行为及社会科学中应用广泛，结构方程模型使用的是验证性因素分析而非探索性因素分析，这契合行为及社会科学现阶段的关注热点及测量方法，对于行为及社会科学另一关注热点预测问题，SEM 可以同时研究多个变量之间的关系,可以预测及变量间因果模型的路径分析，以此满足行为及社会科学领域中越来越复杂的事物演变。

第三章　发生机理模型构建

3.1 装配式建筑施工有意不安全行为分析

建筑施工的有意不安全行为的表现形式很多，随着日新月异的技术和环境的改变，建筑施工不安全行为的也在变化，装配式建筑作为建筑业转型升级的产物，相较传统建造新增了预制构件的生产、运输、吊装、装配、后浇筑等环节，装配式的不安全行为也有了新的不同的特点。

表 3-1　装配式施工不安全行为

阶段	装配 相较 传统 建造不安全行为	根源原因
前期准备	1.构件进场和堆放计划不合理 2.起重机械、吊具、场地承载力未进行安全验算或检查	1.认知的有限性、不情愿理性 2.社会心理学原因
构件运输	1 运输车辆启速过快，行驶速度快 2.构件摆放不合理、构件装车顺序错误 3.未实际考察运输路线路况 4.未对构件做好防止滑动、倒塌的安全措施	
构件存放	1.构件堆放顺序不合理 2.构件未按计划位置堆放 3.构件存放支架不牢固	
吊装	1.未对吊点和吊装器具检查 2.悬吊的构件下方有人 3.未进行试吊 4.特种作业人员无证上岗	
安装	1.预埋螺栓受污染 2.未按要求对需要焊接的连接处预埋件进行清理 3.未对支撑支架安全验算 4.高空直接用手代替缆风绳改变构件方向 5.安装外墙板不使用安全带 6.用手代替反光镜进行校正（或无垫板） 7.构件三个方向校正不到位	
灌浆	1.叠合板上方清洁不到位 2.从四面同时灌浆 3.灌浆时间过长或者间断	

装配式施工不安全行为发生的根源原因用认知心理学可以归根为两类，一类

是认知的有限性、不情愿理性，这些通过增加安全培训与知识技能考核、减少工作量有效抑制，这些在现阶段我国的施工工地执行率很好。本文研究的重点是基于社会心理学的装配式施工工人在知道正确的安全行为准则下，做出的有意不安全行为选择的心理决策路程，以期减少“明知故犯”，进一步提高装配式施工安全水平。

3.2 装配式有意不安全行为的影响因素群

3.2.1 个人特征因素

个体特征因素是指装配式施工工人在工作过程中，受先天遗传和后天环境共同作用而表现出的个体差异，包括传记特征、生理素质和心理特征。

像年龄、工作年限、受教育程度、性别等属于传记特征。

生理素质例如健康状况、疲劳状态；心理特征是指个体自身的性格、心理状态。

装配式施工有意不安全行为的心理状态是复杂的，从社会心理学角度分析总结一般包括以下几种：出众心理、侥幸心理、从众心理、习惯心理等。建筑施工工人在已经知道安全规范标准的情况下在安全行为和不安全行为中做选择，根据文献资料分析，心理特征可以概括为风险倾向、安全意识和自我效能。其中风险倾向是相对于安全倾向的，安全倾向越高，施工工人对安全问题的重视度越高，更倾向使用安全行为，而风险倾向是建筑施工工人对待不安全行为风险的态度，风险倾向越高，选择不安全行为的可能性越高；安全意识是指建筑施工工人对待客观事物安全状况的心理状态，安全意识越高，有意不安全行为发生的可能性越低；自我效能是指个体对自己的能力的肯定。

3.2.2 管理环境因素

通过专家访谈和文献研究分析，对装配式施工有意不安全行为影响较大的管理因素包括管理者能力、安全管理规范、安全监管力度和奖惩罚执行度。

管理者能力不仅包括对安全行为的执行度，还包括对组织生产活动的能力，管理者安全行为执行度越高，施工工人会更倾向使用安全行为，管理者沟通协调能力高、工作任务安排合理有序，施工工人就避免了为赶工期而出现有意不安全行为。

安全管理规范因素是指装配式建筑相较传统建造出现了新的施工工艺，针对这些工艺活动，需要制定对应安全规范标准，清晰全面、权责明确的安全管理规

范可以减少有意不安全行为的产生。

安全监管力度是指项目上安全管理者是否严格执行安全管理规范，是否频繁监督施工现场，对出现的不安全行为能否及时发现并纠正。

奖惩罚执行度是指对于工人一旦没有按照安全管理标准规范执行，管理者发现后能否给予处罚，以及处罚力度的大小都会对工人行为决策产生影响。

3.2.3 行为环境因素

装配式施工工人的行为选择主要受工友行为环境和管理者行为环境的影响。

工友行为环境，在施工企业，建筑工人划分为不同的班组，每个施工工人都不是独立的个体而是与其它工友共同完成某一生产活动，其行为必定受到周围人的影响。从社会心理学角度，当班组内存在习惯性的有意不安全行为，施工工人在与其工友相处过程中，如果对待同一事物或者行为有截然相反的观点或做法，就会产生心理紧张或者不安，我们称这种无形的心理压力为班组压力。在这种压力下，施工工人会进行效仿，即出现从众行为。迫于这种压力，效率较低的施工工人也存在使用省时减力的不安全行为来增加自己的工作量以此提高工作效率。与之相反，当班组内的施工人员一旦使用不安全行为，工友能够发现并及时提醒，此不安全行为再次发生的概率会大大降低。

管理者行为环境指的是装配施工工人与管理层之间的上下级关系造成的行为影响。当管理层重视安全，能够及时发现并奖惩分明对待工人的行为选择，并以身作则不使用不安全行为，那么施工工人使用不安全行为的可能就会有所下降。

3.2.4 设备环境因素

设备环境主要是指装配施工工人在生产作业中使用的安全生产作业所必须的设备和设施。一般从两个方面考虑设备环境因素，其一是设备的供应，即提供的设备数量和质量能否满足安全生产的需要，其二是设备的可获得性，如果在突发事件发生时，设备不在容易获取的范围内，就会导致不安全行为。

3.3 装配式施工有意不安全行为理论模型构建

3.3.1 计划行为理论的适用性

计划行为理论对于行为的预测和解释有模型简单且全面、实践性强的特点，被广泛应用在众多领域[88]。其可以从内外影响因素对是否完全或不完全由个人自

主意志影响的行为做出较好的解释[83]，装配式建筑施工有意不安全行为与计划行为理论揭示的行为契合。

虽然基于计划行为理论对行为的研究已经得到专家学者的一致认同，但是计划行为理论一般只能揭示具体时间环境下的具体行为[89]，也有研究[83][84][85][87]基于计划行为理论框架分析出的安全行为影响程度与路径不同甚至相反。Armitage 和 Conner[86]对近二百个应用计划行为理论的相关研究进行了数据收集、对比分析，结果发现行为态度、主观规范和知觉行为控制在各应用领域对行为意向和实际行为解释力度分别仅有 39%和 27%。部分[90]研究认为基于计划行为理论的建筑施工安全行为解释度不足 50%。装配式施工技术与施工安全规范在国内尚未统一完善，针对这一背景，考虑引入新的变量——风险偏好用来提高有意不安全行为的解释度。

3.3.2 理论模型的提出

为科学详实的解释装配式建筑施工有意不安全行为形成机理，结合装配式施工环境特点和新增的装配工、灌浆工等新工种，本研究针对现有的计划行为理论构成新加入风险偏好这一变量，构成装配式建筑施工有意不安全行为的扩展计划行为理论模型。以下对扩展的装配式建筑施工有意不安全行为计划行为理论模型变量路径做具体分析说明:

① 风险偏好

装配式建筑施工现场与传统纯现浇的施工现场有很大的不同，装配式建筑有许多构件是在预制工厂预制而成的，在装配施工现场需要将这些构件吊装后浇筑连接而成具有整体性能的构件，这种施工方式势必会减少施工工期，但是预制构件的使用增加了塔吊数量，同时增加了构件安装与后浇筑等过程，在这些过程中又有新的不安全行为，例如在预制构件上摘吊钩、在构件悬吊下方行走、不使用反光镜进行构件的预留孔洞与预留钢筋的对孔工作等。这些行为在传统现浇施工现场不存在，装配式施工作为传统现浇筑的行业升级，大多数工人是由传统建造工人发展而来，对于这些新的安全注意点，还未有标准规范，这些行为决策与工人自身的风险偏好有很大关系。在装配式施工中，个体风险偏好越高，不安全行为被选择的倾向性越高。

②行为态度

行为态度包括对某行为实施可能造成结果的判断和评估。针对装配式施工工人来说，违章态度能够在一定程度上反映出施工工人对故意实施不安全行为的倾向性以及对不安全行为造成结果的评估，当个体对实施某不安全行为持有的积极肯定态度越高即实施该行为会让自己处于便捷舒适状态，对不安全行为造成伤害

认识不到位即认为实施该行为引起具体伤害事故的可能性越小，故意实施有意不安全行为倾向越高[23]。

③知觉行为控制

直觉行为控制反映的个体对实施某行为难易程度的自我评估。针对装配式施工具体场景，部分工地要求在特定竖向预制构件吊装与安装接洽时，需要使用反观镜进行预留孔洞与预留钢筋对孔工作，而此时如果没有提供反光镜或者反光镜不易获取，那么施工工人凭借自身经验直接进行对孔安装工作的有意不安全行为意向越大。

④主观规范

主观规范包括指令性规范和示范性规范，其反映了施工人员在不安全行为是否实施时，周围其他个体态度对其的影响。在装配式建筑施工安全领域，施工人员安全行为履行影响较大的包括周围工友和安全管理者。比如施工现场管理者在进度面前对安全行为实施忽视或不重视，施工工人可能会因为工作效率问题受到批评，这种情况就是指令性规范的影响。又比如某个体周围的人实施不安全行为，那么这个建筑工人该行为的可能性会增大，这种情况就是示范性规范影响[58]。这里的管理者影响对施工个体不安全行为选择更多表现为压力，因此对不安全行为的发生是抑制，是负向的。同理，当个体周围的工友倾向在个体使用不安全行为时给与提醒，那么个体使用不安全行为的可能性就会降低。

⑤有意不安全行为意向

有意不安全行为意向是施工工人在进行行为选择前所采取的一种行为倾向，反映了施工工人是否具有实施不安全行为的需求和可能性，一般有意不安全行为意向越强烈，引发有意不安全行为发生可能性越大。

结合上文分析，装配式建筑施工工人有意不安全行为的决定性影响因素由行为态度、主观规范、直觉行为控制及风险偏好四个方面构成，而行为测量由有意不安全行为意向和有意不安全行为构成。根据上文分析，提出如下假设：

H1—行为态度正向作用有意不安全行为意向

H2—主观规范负向作用有意不安全行为意向

H3—直觉行为控制正向作用有意不安全行为意向

H4—风险偏好正向作用有意不安全行为意向

H5—行为态度正向作用不安全行为

H6—直觉行为控制正向作用不安全行为

H7—有意不安全行为意向正向作用不安全行为

根据文献分析与实践结合，构建装配式建筑施工工人行为选择应对失效造成的有意不安全行为的发生机理理论模型，其模型如下图所示：

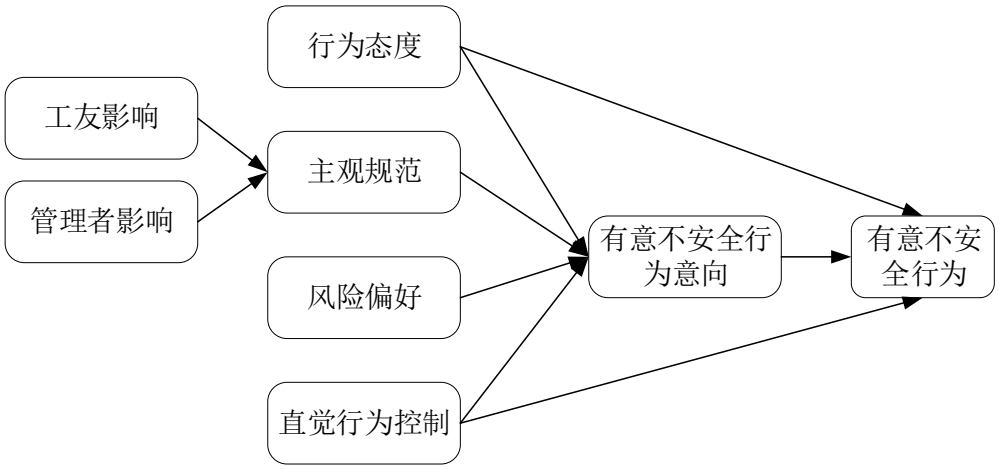

图 3-1　装配式建筑工人有意不安全行为发生的理论模型

3.4 问卷设计

3.4.1 问卷设计思路

本文采用 5 级李克特量表法对装配式建筑工人有意不安全行为发生相关因素进行测量。其中李克特量表法为量表数据收集使用较为常见的方法，用于测量人的观点态度等心理测量范畴较多，一般按照奇数设置相应的题项用来量化答卷人的相关态度观点。本文考虑到调查问卷的主要填写人为施工一线人员，便于简洁填写，采用 5 级李克特量表法，用 1—5 表示答卷人对题项的观点，其中非常不同意记为 1，不同意记为 2，中立记为 3，同意记为 4，非常同意记为 5。

3.4.2 量表设计

①装配式建筑施工工人有意不安全行为主要因素的量表设计

基于计划行为理论不安全行为发生相关因素的测量量表已经较为成熟，参考相关学者的研究，并征询相关专家意见，本文确定装配式建筑工人有意不安全行为发生相关影响因素初始表，如下表所示：

行为态度、主观规范与直觉行为控制测量题项是在 Ajzen 分析总结的标准化直接测量及 TPB 问卷编制说明[91]的基础上，根据每一观察变量的描述编订。有意不安全行为意向是在 Fogarty 和 Shaw 提出的不安全行为意向测量题项[92]的基础上，设计而来。

表 3-2　装配式建筑施工工人有意不安全行为影响因素初始量表

维度	编号	题项
行为态度	BAA1	实施某些不安全行为可以让我感觉舒适
	BAA2	实施违章行为可以让我行动方便快捷，省时省力
	BAA3	有些违章行为导致安全事故的概率很低或伤害微不足道
主观规范	MI1	我所在项目的安全管理规范清晰完整且妥当
	MI2	实施违章行为一定会被领导发现
	MI3	我所在的工地严格执行安全奖惩制度
	IOW1	身边的工友从不故意实施不安全行为
	IOW2	我身边的工友会及时纠正我的不安全行为
直觉行为控制	IBC1	我没有合理或充足的时间完成各项施工活动
	IBC2	所在的工地没有提供所必需的安全防护工具或不容易被获取
	IBC3	曾经实施的不安全行为并未对自己或他人造成直接或间接伤害
风险偏好	RP1	我认为实施违章行为被处罚的可能性很小
	RP2	与规章标准相较，我有更好的方法完成施工活动
	RP3	我认为安全事故不会发生在自己身上

② 装配式建筑施工工人有意不安全行为结果的因素为有意不安全行为意向和有意不安全行为，初始量表如下表所示：

表 3-3　装配式建筑施工工人有意不安全行为结果量表

维度	编号	题项
有意不安全行为意向	IUBI1	在日常生产过程中有需要实施不安全行为的情况（例如赶工）
	IUBI2	日常生产过程，我可以不按照规章标准进行作业
	IUBI3	我会鼓励他人实施不安全行为
有意不安全行为	IUB1	在工作中，我有按照自己的习惯而不依据标准规范进行施工活动
	IUB2	未来由于某些原因我会实施不安全行为

3.5 本章小结

本章在对有意不安全行为发生的个体特征、行为环境、装配式施工环境等众多影响因素的分析梳理前提下，结合计划行为理论框架，新加入施工工人个体风险偏好这一自变量，从社会心理学角度阐述了装配式施工有意不安全行为产生理论机理。在建立的装配式施工有意不安全行为发生理论模型的基础上，通过文献分析与实践结合，设计了装配式施工有意不安全行为发生机理的调查问卷。

第四章　实例验证

4.1 问卷描述性统计分析

本论文实例验证部分的定量分析数据，通过线上与线下相结合方式收集而来，其中线上使用问卷星共计回收问卷 59 份，线下发放问卷 200 份，回收到问卷 176 份，去除无效问卷 27 份（整个问卷答案呈现明显规律、漏答或单选当做多选题项答题超过 2 个），线下回收有效问卷 149 份，线上下共计回收 208 份问卷，有效率 80.31%。问卷变量数据人口特征的描述性统计如下表所示：

表 4-1 问卷变量数据人口特征的描述性统计

背景资料		人数	百分比
性别	男	190	91.35%
	女	18	8.65%
年龄	25 岁及以下	13	6.25%
	26-35 岁	83	39.90%
	36-45 岁	48	23.08%
	46-55 岁	61	29.33%
	56 岁及以上	3	1.44%
教育程度	初/高中	105	50.48%
	大专	55	26.44%
	本科	38	18.27%
	硕士及以上	10	4.81%
从事装配式相关工作年限	1-3 年	165	79.33%
	4-6 年	38	18.27%
	7-10 年	5	2.40%
	11-15 年	0	0.00%

	工种	响应		人数百分比
		人数	百分比	
工作性质（多选）	安全管理人员	9	2.33%	4.33%
	装配工	90	23.32%	43.27%
	灌浆工	96	24.87%	46.15%
	内装部品组装工	10	2.59%	4.81%
	预埋工	53	13.73%	25.48%
	打胶工	47	12.18%	22.60%

续表 4-1 问卷变量数据人口特征的描述性统计

	工种	响应		人数百分比
		人数	百分比	
工作性质（多选）	钢筋加工配送工	12	3.11%	5.77%
	塔吊司机	5	1.30%	2.40%
	信号工	1	0.26%	0.48%
	其他人员	63	16.32%	30.29%
	总计	386	100.00%	185.58%

本次调查男施工比例占 91.35%，初高中占 50.48%，考虑到装配式施工现场相对其它行业条件艰苦，就目前施工一线整体学历不高，年龄偏大的结构，数据符合我们日常观察比例范围内。其中与装配模式关系较为紧密的装配工、灌浆工、预埋工及安全管理人员等占整个问卷答卷人的 83.68%，4 年以上从事装配式相关工作年限的调查人员占整个问卷答卷人的 20.67%，调查数据满足调研需求。

4.2 数据质量分析

实地调研问卷调查数据收集上来，后续数据分析研究的基础是首先要对数据进行严格信度及多维度的效度检验。本研究借助 SPSS25.0 分析问卷数据的信度及效度。

4.2.1 信度分析

信度分析是对调查问卷数据的可靠性进行分析，信度值越高说明问卷测量数据越可信，分析研究的意义保障更高。目前常用检验指标为 Cronbach's Alpha 系数，Cronbach's Alpha 系数越高越接近 1 说明问卷数据可信度越高。

表 4-2　Cronbach’s Alpha 系数取值范围意义

Cronbach’s Alpha 取值范围	意义
<0.6	问卷不合格
0.6-0.7	有一定参考意义，需修订
0.7-0.8	可以接受
0.8-0.9	信度高，可信
>0.9	信度非常高

运用 SPSS25.0 操作问卷数据，得到装配式有意不安全行为及其影响因素各个变量在每个维度的 Cronbach's Alpha 系数结果如下表所示：

表 4-3　问卷的信度分析 Cronbach's Alpha 系数表（n=208）

维度	题项	CITC	项目删除后的 Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha
行为态度	BAA1	0.703	0.739	0.826
	BAA2	0.656	0.79	
	BAA3	0.699	0.745	
管理者影响	MI1	0.761	0.75	0.848
	MI2	0.699	0.809	
	MI3	0.696	0.808	
工友影响	IOW1	0.669		0.798
	IOW2	0.669		
直觉行为控制	IBC1	0.738	0.725	0.833
	IBC2	0.676	0.786	
	IBC3	0.669	0.796	
风险偏好	RP1	0.767	0.766	0.857
	RP2	0.708	0.823	
	RP3	0.725	0.81	
有意不安全行为意向	IUBI1	0.782	0.816	0.879
	IUBI2	0.757	0.839	
	IUBI3	0.761	0.834	
不安全行为	UB1	0.718		0.835
	UB2	0.718		

由上表可以看出，本文研究的变量行为态度、主观规范中管理者影响、主观规范中工友影响、直觉行为控制、风险偏好、有意不安全行为意向、不安全行为的 Cronbach's Alpha 系数分别为 0.826、0.848、0.798、0.833、0.857、0.879、0.835，均大于 0.7，各个题项与量表的相关性（CITC）均大于 0.5，删除任一题项并没有让 Cronbach's Alpha 系数增加，说明此问卷变量具有良好的内部一致性信度。

4.2.2 效度分析

问卷效度分析是对问卷数据有效性的评价，是用来说明问卷数据与实际数据的接近程度。问卷最终测量的数据与即将评价的内容越接近，则说明效度越高。

衡量一个调查问卷数据的效度一般从四个方面来进行检验：内容效度、收敛效度、区别效度、结构效度。

①内容效度

本研究在深入分析国内外有意不安全行为及其影响因素的基础上，借鉴计划行为理论的变量与理论框架，得到装配式建筑施工有意不安全行为及其影响因素的初始调查问卷，接下来邀请三名管理科学与工程硕博研究生和装配式施工一线人员对调查问卷的内容提出修改意见，最终得到调查问卷的终板，以此保证问卷具备很好的内容效度。

②结构效度

问卷的架构效度一般使用因子分析法来评价。利用最大方差法得到KMO值，KMO 值在 0 到 1 之间越大，说明各个变量之间相关性越强。Bartlett's 球形检验显著可做因子分析。KMO 取值范围意义如下表所示：

表 4-4　KMO 取值范围意义

KMO 取值范围	意义
<0.5	不适合做因子分析
0.5-0.6	不太适合
0.6-0.7	可以接受
0.7-0.8	一般
0.8-0.9	适合
>0.9	很适合做因子分析

运行 SPSS25.0 处理各变量数据，得到数据 KMO and Bartlett's 检验结果为：

表 4-5　KMO and Bartlett’s 检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.841
Bartlett 的球形检验	近似卡方	2048.296
	df	171
	Sig.	0

由上表可得到 KMO=0.841，大于 0.7。Sig.<0.05，Bartlett’s 球形检验显著,此问卷数据适合进一步做因子分析。

表 4-6　因子分析结果

题项	成分						
	风险偏好	管理者影响	有意不安全行为意向	直觉行为控制	行为态度	不安全行为	工友影响
RP3	**0.878**	-0.094	0.121	-0.035	0.06	0.129	-0.058
RP1	**0.853**	-0.128	0.163	0.096	0.186	0.049	-0.037
RP2	**0.789**	-0.055	0.179	0.294	0.15	0.046	-0.042
MI3	-0.043	**0.864**	-0.024	-0.108	-0.031	-0.086	0.099
MI1	-0.058	**0.862**	-0.19	-0.082	-0.081	-0.033	0.137
MI2	-0.19	**0.79**	-0.135	-0.097	-0.091	-0.079	0.216
IUBI3	0.155	-0.105	**0.844**	0.136	0.186	0.096	-0.103
IUBI1	0.174	-0.182	**0.807**	0.177	0.176	0.146	-0.146
IUBI2	0.21	-0.117	**0.759**	0.167	0.257	0.249	-0.068
IBC2	0.166	-0.169	0.03	**0.843**	0.013	0.107	-0.085
IBC1	0.069	-0.094	0.154	**0.825**	0.149	0.184	-0.129
IBC3	0.057	-0.038	0.268	**0.79**	0.237	0.049	0.064
BAA1	0.163	0.029	0.16	0.111	**0.835**	0.022	-0.154
BAA3	0.151	-0.122	0.172	0.094	**0.814**	0.145	-0.052
BAA2	0.066	-0.113	0.186	0.156	**0.784**	0.149	-0.049
UB2	0.086	-0.093	0.194	0.091	0.146	**0.883**	-0.019
UB1	0.119	-0.087	0.163	0.218	0.133	**0.857**	-0.099
IOW2	-0.089	0.158	-0.11	-0.003	-0.116	-0.022	**0.888**
IOW1	-0.021	0.265	-0.127	-0.137	-0.103	-0.095	**0.841**
特征值	2.38	2.379	2.347	2.337	2.325	1.742	1.681
方差百分比	12.525	12.519	12.351	12.298	12.235	9.169	8.845
累积 %	12.525	25.044	37.395	49.694	61.928	71.097	79.942

从上表可以看出因子分析筛选出的 7 个因素总解释能力达到了 79.942%远大于评价标准值 50%，说明它们具有良好的代表总结性。同时我们可以看到各个测量题项的因素负荷量都大于 0.5，交叉载荷都小于 0.4，每个测量指标也都落到对应的维度中，由此可以说本研究设计使用的调查问卷的结构效度较好。

③ 收敛效度

收敛效度是用来测量各个题项是否能够充实反映出对应的潜在变量，如果收敛效度差，说明某潜在变量的各个观察变量描述的不是同一个构念。一般是通过测量模型的验证性因子分析，计算平均方差抽取量（AVE）和组合信度(CR)。其中，AVE 用来衡量由测量误差引起的观察变量解释对应的潜在变量时的方差，

反映的是一个潜在变量与其对应组的观测指标之间的聚敛程度。CR 用来评价潜在变量与其对应的观察指标的一致性程度。

表 4-7 题项的收敛效度检验结果

题项	标准化因子载荷	AVE（平均方差抽取量）	CR（组合信度）
BAA1	0.794	0.617	0.828
BAA2	0.752		
BAA3	0.809		
MI1	0.864	0.669	0.909
MI2	0.8		
MI3	0.765		
IOW1	0.916		
IOW2	0.731		
IBC1	0.874	0.62	0.829
IBC2	0.748		
IBC3	0.732		
RP1	0.876	0.674	0.861
RP2	0.791		
RP3	0.793		
IUBI1	0.858	0.708	0.879
IUBI2	0.849		
IUBI3	0.816		
UB1	0.902	0.723	0.839
UB2	0.795		

通过上表我们可以看出，利用公式并借助 AMOS25.0 软件得到的各个指标的标准化因子载荷系数、复平方相关系数及测量误差，利用公式计算出的各个潜变量的 AVE，CR,它们分别大于 0.5 和 0.7，说明本研究用的调查问卷数据收敛效度较好。

④ 区别效度

区别效度一般是通过比较各潜变量的 AVE 的平方根与其与其它潜变量的相关关系系数大小来判断。其中，相关分析主要是研究两两变量之间的相关关系，在-1~1 范围内，绝对值越大，表明变量之间的关系越为紧密。本研究将根据此标准进行行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好、有意不安全行为意向、不安全行为的相关关系的讨论，同时与各变量的 AVE 的平方根做对比，来验证

模型的区别效度。具体结果见下表：

表 4-8　区别效度检验表（n=208）

	行为态度	主观规范	直觉行为控制	风险偏好	有意不安全行为意向	不安全行为
行为态度	0.785					
主观规范	-.300**	0.818				
直觉行为控制	.358**	-.285**	0.787			
风险偏好	.362**	-.273**	.315**	0.821		
有意不安全行为意向	.498**	-.400**	.431**	.443**	0.841	
不安全行为	.345**	-.264**	.361**	.276**	.449**	0.85

注：**，p<0.01

由上表可以得到，行为态度与有意不安全行为意向（r=0.498,p<0.01）具有显著正相关，主观规范与有意不安全行为意向（r=-0.4,p<0.01）具有显著负相关，直觉行为控制与有意不安全行为意向（r=0.431,p<0.01）具有显著正相关，风险偏好与有意不安全行为意向（r=0.443,p<0.01）具有显著正相关。行为态度与不安全行为（r=0.345,p<0.01）具有显著正相关，直觉行为控制与不安全行为（r=0.361p<0.01）具有显著正相关，有意不安全行为意向与不安全行为（r=0.449,p<0.01）具有显著正相关。且每个变量 AVE 的平方根大于其和其它变量之间的相关系数，因此可以认定此模型的区别效度较好。

4.3 路径分析

4.3.1 理论模型的初始检验

本研究一共设置了行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好、有意不安全行为意向、不安全行为这 6 个潜变量。各个潜变量之间的相互关系是构建初始模型的关键，也是构造结构模型的必要步骤，构建结构模型完成以后，需要确定测量模型，即确定每个潜变量与其所属观测指标（题项）之间的关系，本文将理论假设模型和初始模型构建中的注意事项结合后，构建出如下图所示的初始模型：

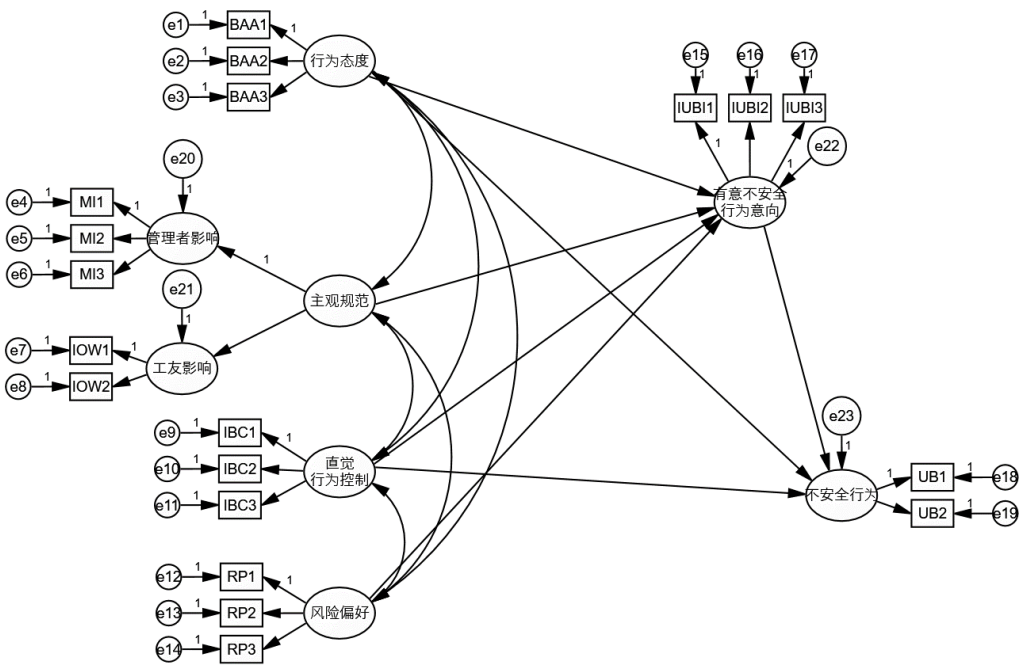

图 4-1　初始理论模型图

将整理后的 SPSS 数据导入 AMOS 软件中，通过分析计算得出初始模型和路径系数如下表所示：

表 4-9　初始路径系数

路径			标准化系数	非标准化系数	S.E.	C.R.	P
有意不安全_行为意向	<---	行为态度	0.3	0.334	0.093	3.596	***
有意不安全_行为意向	<---	主观规范	-0.282	-0.472	0.173	-2.737	0.006
有意不安全_行为意向	<---	直觉_行为控制	0.175	0.187	0.084	2.216	0.027
有意不安全_行为意向	<---	风险偏好	0.212	0.187	0.067	2.806	0.005
不安全行为	<---	行为态度	0.112	0.13	0.111	1.178	0.239
不安全行为	<---	直觉_行为控制	0.243	0.269	0.097	2.784	0.005
不安全行为	<---	有意不安全_行为意向	0.334	0.347	0.103	3.367	***

由上表可以得到，行为态度对不安全行为 P 大于 0.05，不具有显著影响，其他路径均具有显著影响，因此需要对模型进行修正。

4.3.2 模型修正

通过删除行为态度对不安全行为这条路径系数进行模型修正后，重新执行分

析，得到下图：

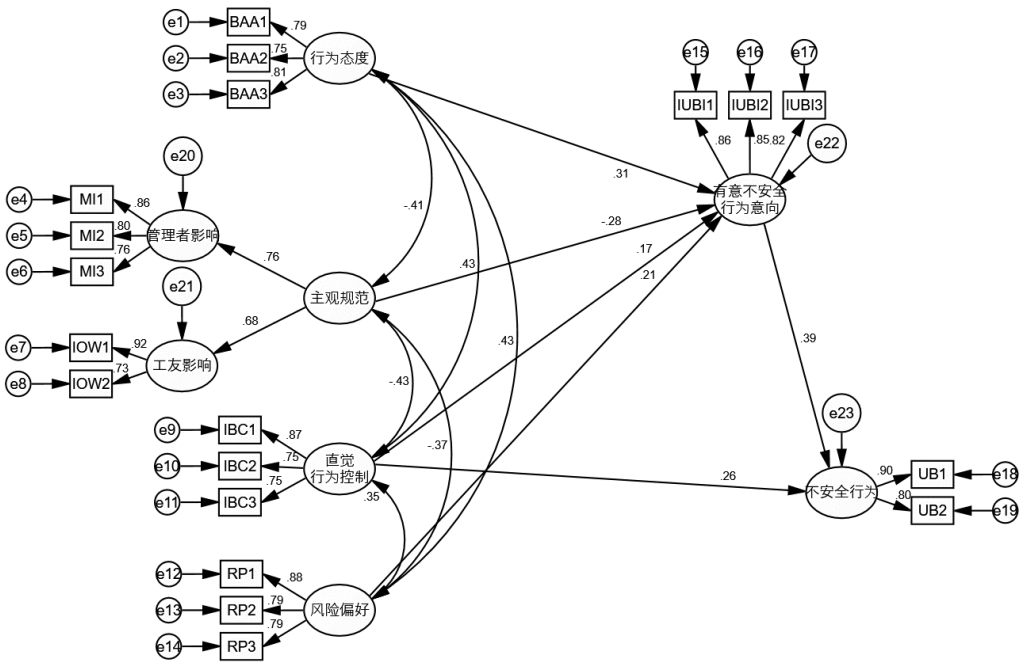

图 4-2　第一次模型修正模型图

表 4-10　第一次模型修正模型图拟合度检验

模型拟合指标	最优标准值	统计值	拟合情况
CMIN	——	169.107	——
DF	——	138	——
CMIN/DF	<3	1.225	好
RMR	<0.08	0.056	好
GFI	>0.9	0.925	好
AGFI	>0.9	0.897	不够好
NFI	>0.9	0.92	好
IFI	>0.9	0.984	好
TLI	>0.9	0.98	好
CFI	>0.9	0.984	好
RMSEA	<0.08	0.033	好

从上表可以看出大部分指标均符合要求，但 AGFI 小于 0.9，需要对模型进行修正。这时查看 Modification Indices 发现，我们可以通过残差修正指标来减少卡方值，下表是残差间的协方差修正指数，表示两个残差间增加一条相关路径后

能够减少模型的卡方值。

表 4-11　残差间的协方差修正指标

			M.I.	Par Change
e11	<-->	e13	8.495	0.143

在残差 e11 与残差 e13 之间添加相关路径，增加相关路径后对模型再一次执行分析，得到模型如下图：

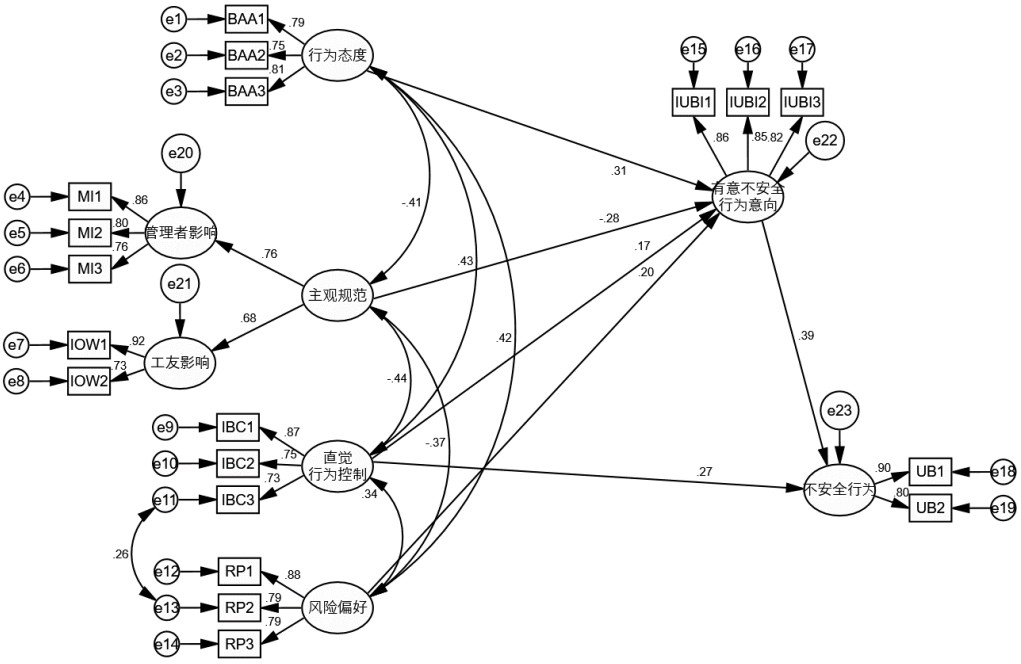

图 4-3　第二次模型修正模型图

表 4-12　模型拟合度检验

模型拟合指标	最优标准值	统计值	拟合情况
CMIN	——	159.931	——
DF	——	137	——
CMIN/DF	<3	1.167	好
RMR	<0.08	0.054	好
GFI	>0.9	0.929	好
AGFI	>0.9	0.902	好
NFI	>0.9	0.925	好
IFI	>0.9	0.988	好

续表 4-12　模型拟合度检验

模型拟合指标	最优标准值	统计值	拟合情况
TLI	>0.9	0.985	好
CFI	>0.9	0.988	好
RMSEA	<0.08	0.028	好

从上表可知 CMIN/DF 为 1.167，小于评价标准值 3， GFI、AGFI、NFI、TLI、IFI、CFI 也都达到评价标准 0.9 以上， RMR 为 0.054，RMSEA 为 0.028，各拟合指标均符合在最优标准值，至此可以认为这个模型有不错的配适度。

4.3.3 修正模型结论

由下表我们可以看出，行为态度对有意不安全行为意向（β=0.311，p<0.05）具有显著正向影响，假设成立；主观规范对有意不安全行为意向（β=-0.28，p<0.05）具有显著负向影响，假设成立；直觉行为控制对有意不安全行为意向（β=0.174，p<0.05）具有显著正向影响，假设成立；风险偏好对有意不安全行为意向（β=0.205，p<0.05）具有显著正向影响，假设成立。直觉行为控制对不安全行为（β=0.266，p<0.05）具有显著正向影响，假设成立；有意不安全行为意向对不安全行为（β=0.392，p<0.05）具有显著正向影响，假设成立。

表 4-13　修正后的最终模型路径系数

路径			标准化系数	非标准化系数	S.E.	C.R.	P	假设
有意不安全行为意向	<---	行为态度	0.311	0.345	0.092	3.739	***	成立
有意不安全行为意向	<---	主观规范	-0.28	-0.467	0.172	-2.711	0.007	成立
有意不安全行为意向	<---	直觉行为控制	0.174	0.184	0.084	2.194	0.028	成立
有意不安全行为意向	<---	风险偏好	0.205	0.18	0.066	2.729	0.006	成立
不安全行为	<---	直觉行为控制	0.266	0.294	0.095	3.09	0.002	成立
不安全行为	<---	有意不安全行为意向	0.392	0.411	0.089	4.593	***	成立

注：　***表示 P<0.001

在修正后的最终模型中，两个潜在变量之间既存在直接效应也存在间接效应，直接效应系数由标准化系数可以直接得出，间接效应[83]由直接效应标准化系数乘积来确定。行为态度对有意不安全行为的间接效应有行为态度-有意不安全行为意向和有意不安全行为意向-有意不安全行为两条路径组成，两者的标准化系数分别为 0.311 和 0.392 直接相乘得 0.122，代表标准单位的自变量——行为态度改变，对装配式施工有意不安全行为造成 0.122 个标准单位的改变；主观规范对有意不安全行为的间接效应有主观规范-有意不安全行为意向和有意不安全行为意向-有意不安全行为组成，两者的标准化系数分别为-0.28 和 0.392 直接相乘得-0.11，代表标准单位的自变量——主观规范改变，对装配式施工有意不安全行为造成 0.11 个标准单位的改变；直觉行为控制对有意不安全行为的间接效应有直觉行为控制-有意不安全行为意向和有意不安全行为意向-有意不安全行为两条路径组成，两者的标准化系数分别为 0.174 和 0.392 直接相乘得 0.068，代表标准单位的自变量——直觉行为控制改变，对装配式施工有意不安全行为造成 0.068 个标准单位的改变；风险偏好对有意不安全行为的间接效应有风险偏好-有意不安全行为意向和有意不安全行为意向-有意不安全行为组成，两者的标准化系数分别为 0.205 和 0.392 直接相乘得 0.08，代表标准单位的自变量——风险偏好，对装配式施工有意不安全行为造成 0.08 个标准单位的改变。自变量对因变量的效应整理如下表所示：

表 4-14　效应分解说明表

自变量		内生变量			
		有意不安全行为意向		有意不安全行为	
		效应	比例	效应	比例
行为态度	直接效应	0.311			
	间接效应			0.122	
	整体效应	0.311	32.06%	0.122	11.75%
主观规范	直接效应	-0.28			
	间接效应			-0.11	
	整体效应	-0.28	28.87%	-0.11	10.60%
直觉行为控制	直接效应	0.174		0.266	
	间接效应			0.068	
	整体效应	0.174	17.94%	0.334	32.18%
风险偏好	直接效应	0.205			
	间接效应			0.08	
	整体效应	0.205	21.13%	0.08	7.71%
有意不安全行为意向	直接效应			0.392	
	间接效应				
	整体效应			0.392	37.76%

从上表可以看出，行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好四者对装配式施工有意不安全行为意向整体效应从大到小依次是行为态度(0.311)、主观规范（-0.28）、风险偏好（0.205）、直觉行为控制（0.174）；行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好、有意不安全行为意向五者对装配式施工有意不安全行为整体效应从大到小依次是有意不安全行为意向（0.392）、直觉行为控制（0.334）、行为态度(0.122)、主观规范（-0.11）、风险偏好（0.08）。这说明了在装配式施工场地从有意不安全行为意向和直觉行为控制上增加管理与控制，可以最直接有效的减少装配式施工有意不安全行为的发生。

表 4-15　指标效应分解说明表

自变量	指标		内生变量			
			有意不安全行为意向		有意不安全行为	
			效应	比例	效应	比例
行为态度	BAA1	直接效应	0.245			
		间接效应			0.096	
		整体效应	0.245	8.87%	0.096	3.54%
	BAA2	直接效应	0.233			
		间接效应			0.091	
		整体效应	0.233	8.43%	0.091	3.36%
	BAA3	直接效应	0.251			
		间接效应			0.098	
		整体效应	0.251	9.10%	0.098	3.63%
主观规范	MI1	直接效应	-0.241			
		间接效应			-0.094	
		整体效应	-0.241	8.73%	-0.094	3.48%
	MI2	直接效应	-0.224			
		间接效应			-0.087	
		整体效应	-0.224	8.12%	-0.087	3.24%
	MI3	直接效应	-0.213			
		间接效应			-0.083	
		整体效应	-0.213	7.71%	-0.083	3.08%
	IOW1	直接效应	-0.258			
		间接效应			-0.100	
		整体效应	-0.258	9.33%	-0.100	3.72%
	IOW2	直接效应	-0.204			
		间接效应			-0.080	
		整体效应	-0.204	7.41%	-0.080	2.96%

续表 4-15　指标效应分解说明表

自变量	指标		内生变量			
			有意不安全行为意向		有意不安全行为	
			效应	比例	效应	比例
直觉行为控制	IBC1	直接效应	0.148		0.235	
		间接效应			0.058	
		整体效应	0.148	5.36%	0.293	10.85%
	IBC2	直接效应	0.128		0.203	
		间接效应			0.050	
		整体效应	0.128	4.62%	0.252	9.35%
	IBC3	直接效应	0.124		0.197	
		间接效应			0.048	
		整体效应	0.124	4.50%	0.245	9.10%
风险偏好	RP1	直接效应	0.176			
		间接效应			0.069	
		整体效应	0.176	6.38%	0.069	2.54%
	RP2	直接效应	0.158			
		间接效应			0.062	
		整体效应	0.158	5.73%	0.062	2.28%
	RP3	直接效应	0.158			
		间接效应			0.062	
		整体效应	0.158	5.73%	0.062	2.28%
有意不安全行为意向	IUBI1	直接效应			0.335	
		间接效应				
		整体效应			0.335	12.43%
	IUBI2	直接效应			0.332	
		间接效应				
		整体效应			0.332	12.29%
	IUBI3	直接效应			0.320	
		间接效应				
		整体效应			0.320	11.86%

从上表可以看出，LOW2“工友意见”、BAA3“行为信念”、BAA1“舒适性”三个指标对有意不安全行为意向影响权最大，IBC1“工作任务强度”、 IBC2“安全设备” IBC3“历史行为”三个指标对有意不安全行为影响权重最大。

4.4 本章小结

本章首先在上一章的基础，对基于装配式施工有意不安全行为理论模型而设计的调查问卷数据进行了描述性分析，为了确保问卷量表的可靠性进行了信度检验，并且从内容效度、结构效度、收敛效度、区别效度四个方面对量表进行了效度检验为了确保量表的稳定性及科学性。

接着对装配式施工有意不安全行为影响因素及路径的理论模型进行了模型识别及拟合评价，通过检验 CMIN/DF 等拟合标准指标，对初始理论模型进行了两次修正得到最终模型，而后对最终模型所含变量因果关系路径、直接效应及间接效应、影响度大小进行了解释分析。最终模型结果表明：

对装配式施工有意不安全行为选择影响由高到低依次是有意不安全行为意向、直觉行为控制、行为态度、主观规范、风向偏好。

（1）有意不安全行为意向作为有意不安全行为的重要直接影响因素，在行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好变量两两相互影响下，通过作用于有意不安全行为意向，对有意不安全行为选择产生正向影响，这是有意不安全行为发生的主要路径。

（2）“工友意见”、“行为信念”、“舒适性”三个指标对有意不安全行为意向影响权最大。直觉行为控制对有意不安全行为显著正向影响，对有意不安全行为意向影响最大，“工作任务强度”、“安全设备”、“历史行为”在有意不安全行为意向及其行为中通过间接影响和直接影响作用有意不安全行为，其三项指标影响权重最高。

第五章　群体差异性分析

不同的个体由于所处环境、过往经历等不相同，对于同一指标的主观并不相同，基于上一章节装配式施工有意不安全行为因素调研数据，采用独立样本 T 检验和单因素方差分析方法，探究不同性别、学历、工作年限、年龄在装配式施工有意不安全行为影响因素的指标选择的差异性。

5.1 群体差异性分析

根据文献分析和调研可知，人口统计学变量对有意不安全行为具有重要影响，下文将从性别、学历、工作年限、年龄四个方面分别对装配式施工有意不安全行为发生机理模型中的变量进行对比分析。采用独立样本 T 检验和单因素方差分析方法，分析不同群体有意不安全行为选择的差异性。

独立样本 T 检验分析适合群体只有两个对立分组，结合方差齐次性检验结果，当 Sig 值高于 0.05 时，表明该分组因素对有意不安全行为选择无差异，反之，具有显著性差异。

当群体含有多个分组时，要采用单因素方差分析，当 Sig 大于 0.05 时，表明该分组群体对有意不安全行为选择无差异，反之，具有显著性差异。对于具体分组之间的差异性，本文采用 Tukey HSD 及 Dunnett T3 事后检验方法做进一步分析[94]。

5.2 性别差异性

性别对于装配式施工有意不安全行为发生机理模型涉及到的变量行为态度、主观规范、直觉行为控制、风险偏好、有意不安全行为意向、不安全行为的各个指标影响度如下图所示，从图中可以看出女性施工人员比男性施工人员在行为态度、主观规范、风险偏好、有意不安全行为意向、不安全行为的数值稍微偏大；男性施工人员比女性施工人员在直觉行为控制维度稍微偏大，但基本处于同一水平。

图 5-1　不同性别群体各指标均化水平

性别群体只有男女两个对立的分组，因此在各维度的差异性分析采用独立样本 T 检验方法，具体指标差异性分析见下表：

表 5-1　性别差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		方差水平假设	Sig 值（双侧）
		F 值	Sig 值		
行为态度	舒适性	0.365	0.546	方差相等	0.480
				方差不相等	0.485
	省时省力	6.269	0.013	方差相等	0.669
				方差不相等	0.740
	行为信念	0.061	0.805	方差相等	0.640
				方差不相等	0.660
主观规范	安全管理规范	4.463	0.036	方差相等	0.092
				方差不相等	0.180
	安全监管	0.694	0.406	方差相等	0.803
				方差不相等	0.829
	奖惩执行度	1.417	0.235	方差相等	0.437
				方差不相等	0.510
	工友行为	0.973	0.325	方差相等	0.688
				方差不相等	0.738
	工友意见	0.545	0.461	方差相等	0.700

续表 5-1　性别差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		方差水平假设	Sig 值（双侧）
		F 值	Sig 值		
				方差不相等	0.725
直觉行为控制	工作任务强度	2.192	0.140	方差相等	0.317
				方差不相等	0.406
	安全设备	0.009	0.925	方差相等	0.150
				方差不相等	0.188
	历史行为	2.107	0.148	方差相等	0.464
				方差不相等	0.538
风险偏好	侥幸心理	0.454	0.501	方差相等	0.213
				方差不相等	0.191
	自我效能	0.881	0.349	方差相等	0.269
				方差不相等	0.248
	风险意识	0.065	0.799	方差相等	0.531
				方差不相等	0.503
有意不安全行为意向	有意不安全行为需求	0.004	0.948	方差相等	0.678
				方差不相等	0.668
	不安全行为可行性	2.383	0.124	方差相等	0.629
				方差不相等	0.694
	怂恿他人不安全行为	0.305	0.582	方差相等	0.873
				方差不相等	0.871
有意不安全行为	习惯有意不安全行为	0.035	0.852	方差相等	0.440
				方差不相等	0.467
	有意不安全行为	0.010	0.921	方差相等	0.607
				方差不相等	0.633

由上表我们可以看出方差齐次性检验 Sig 值和假设方差相等时 Sig 值（双侧）均高于 0.05，故装配式施工有意不安全行为及其影响因素在不同性别群体无显著性差异。

5.3 不同年龄段差异性

5.3.1 差异性识别

对不同年龄群体的各项指标进行均值化处理，得到不同年龄群体对各维度的

指标的影响均值如下图所示：

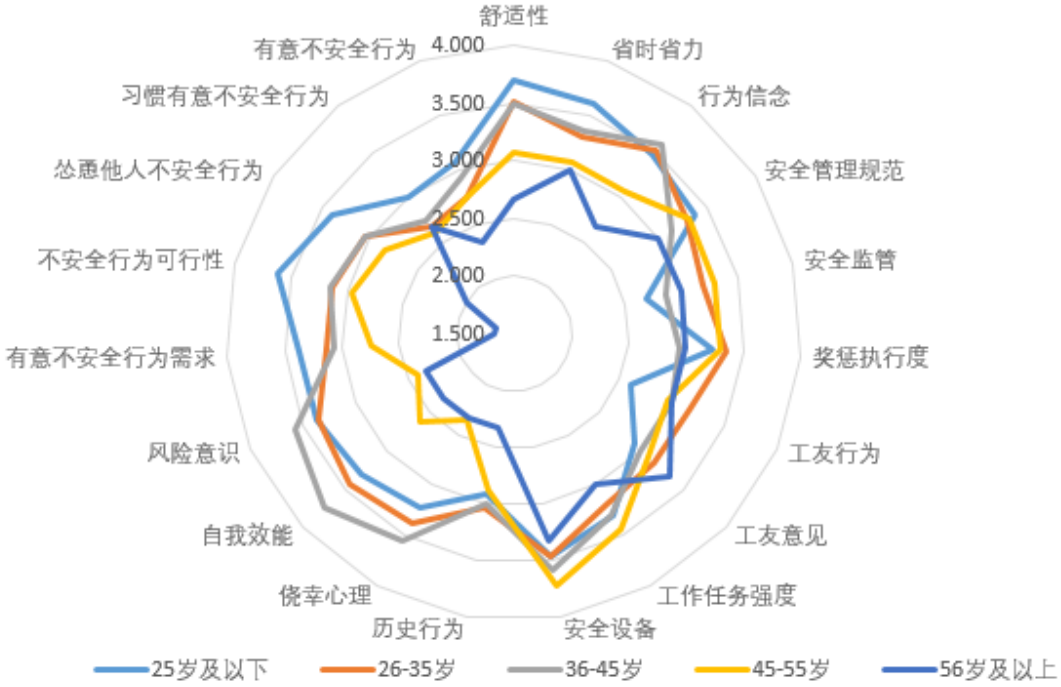

图 5-2　不同年龄群体各维度的指标均化水平

通过上图我们可以看出不同年龄群体在不安全行为选择方面存在明显的差别。在行为态度维度上，年轻群体相较年长群体对舒适性、省时省力和认为既使使用不安全行为导致安全事故的概率很小的认同度很高，随着年龄的增长安全意识逐渐增强，对有意的不安全行为持反对的态度；主观规范方面，可以看出 25 岁及以下对奖惩罚执行度的认可较高，这可能是由于他们刚踏入工作岗位，管理者对其要求严格或刚接触到奖惩罚制度，认为其比较严格；直觉行为控制维度上，在各指标上随着年龄变化未出现明显规律现象；风险偏好维度上，可以看到在“风险意识”、“自我效能”、“侥幸心理”三个指标上，56 岁及以上和 45-55 岁群体均表现出较低的风险偏好值，与之相反在 36-45 岁群体，三个指标均表现出较高的风险偏好值，经过访谈是因为此群体目前是装配施工的中坚力量，相较年轻群体有了一定的施工现场经验相较年长群体，正值壮年，因此呈现较高的风险偏好倾向；有意不安全行为意向维度上，可以看出年轻群体相较年长群体，意向性更强；有意不安全行为维度上，同样可以看出年轻群体相较年长群体，实施有意不安全行为的可能性更大。

年龄群体在本次调研中区分 25 岁及以下、26-35 岁、36-45 岁、46-55 岁及 56 岁及以上五个不同的群组，因此在各维度的差异性分析采用单因素敏感性分析方法，具体指标差异性分析见下表：

表 5-2　年龄差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		F 值	Sig 值
		F 值	Sig 值		
行为态度	舒适性	1.039	0.388	2.348	0.056
	省时省力	5.496	0.000	1.278	0.280
	行为信念	1.467	0.214	2.170	0.074
主观规范	安全管理规范	1.726	0.146	0.442	0.778
	安全监管	1.810	0.128	2.095	0.083
	奖惩执行度	1.955	0.103	1.676	0.157
	工友行为	2.628	0.036	1.306	0.269
	工友意见	1.511	0.200	0.324	0.861
直觉行为控制	工作任务强度	2.649	0.035	0.551	0.699
	安全设备	1.137	0.340	0.624	0.646
	历史行为	0.730	0.572	0.397	0.811
风险偏好	侥幸心理	0.880	0.477	9.344	0.000
	自我效能	2.060	0.087	7.517	0.000
	风险意识	1.309	0.268	11.915	0.000
有意不安全行为意向	有意不安全行为需求	1.553	0.188	2.589	0.038
	不安全行为可行性	1.530	0.195	1.977	0.099
	怂恿他人不安全行为	3.817	0.005	1.309	0.268
有意不安全行为	习惯有意不安全行为	1.186	0.318	0.364	0.834
	有意不安全行为	1.773	0.136	0.521	0.721

由上表可以看出风险偏好维度“侥幸心理”、“自我效能”、“风险意识”三个指标 Sig 均小于 0.001，结合方差齐次性检验结果 Sig 均大于 0.05，接下来使用 Tukey HSD 事后检验方法，识别出具体年龄群体分组间的差异性。

5.3.2 事后检验

表 5-3　年龄差异性事后显著性组别检验

Tukey HSD 事后检验						
维度	观察变量	年龄组别	年龄组别	组间均值差	标准误差	Sig 值
风险偏好	侥幸心理	4	2	-1.013*	0.197	0.000
			3	-1.181*	0.225	0.000
	自我效能	4	2	-.811*	0.198	0.001
			3	-1.127*	0.226	0.000
	风险意识	4	1	-.975*	0.309	0.016
			2	-.952*	0.170	0.000
			3	-1.173*	0.195	0.000

由上表可以看出，风险偏好维度中，26-35 岁、36-45 岁、46-55 岁三组年龄群体在“侥幸心理”和“自我效能”两项指标上存在显著性差异；25 岁及以下、26-35 岁、36-45 岁、46-55 岁四组年龄群体在“风险意识”指标上存在显著性差异。为了进一步研究存在显著性差异的不同年龄群体对各指标的选择倾向，对其进行统计性交叉分析。

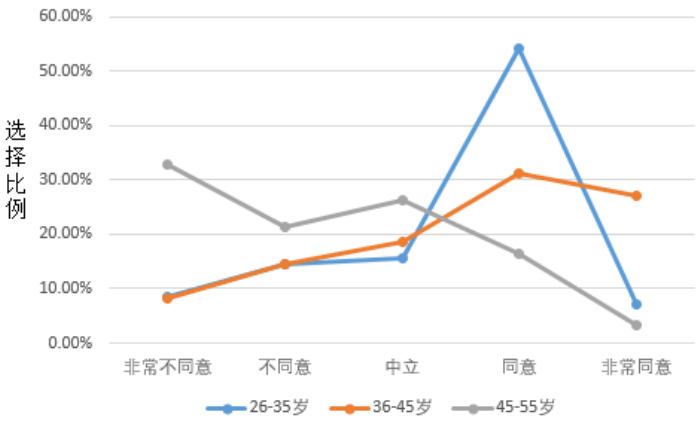

图 5-3　“侥幸心理”指标年龄群体交叉分析

由上图可以看出，在风险偏好维度中“侥幸心理”指标上，26-35 岁群体相较 36-45 岁群体较 46-55 岁群体，侥幸心理倾向性更高。

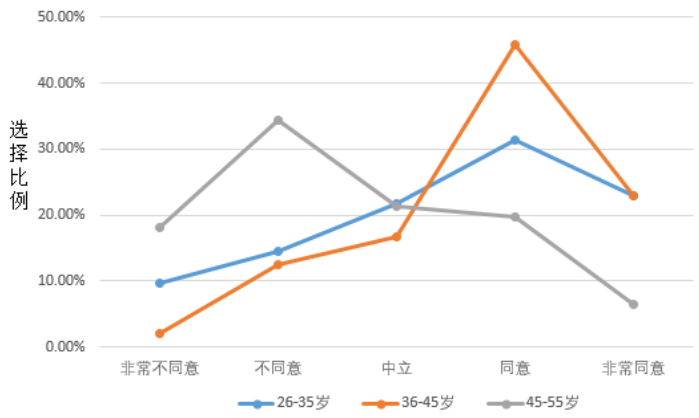

图 5-4 “自我效能”指标年龄群体交叉分

由上图可以看出，在风险偏好维度中“自我效能”指标上，呈现先增后减趋势，46-55 岁群体相较 36-45 岁群体较 26-35 岁群体，表现更为保守，说明随着年龄的增加，装配式施工工人认为与规章标准相较，他有更好的方法完成施工活动的倾向在增加,但在 45 岁以上该指标又有所下降。

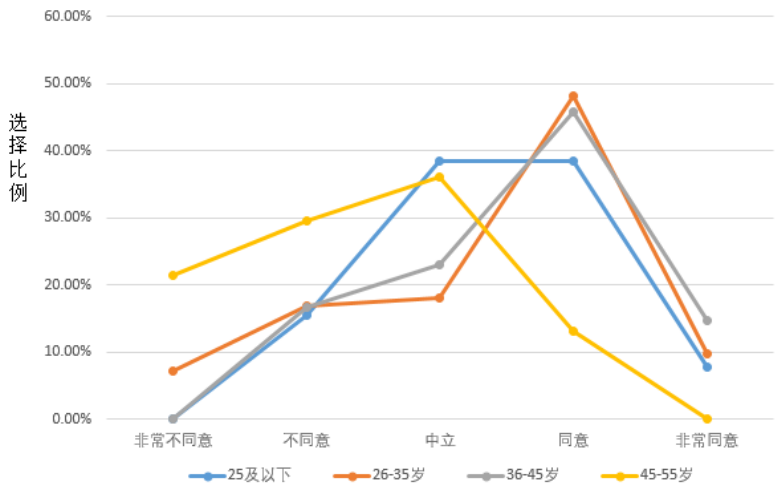

图 5-5 “风险意识”指标年龄群体交叉分

由上图可以看出，在风险偏好维度中“风险意识”指标上，26-45 岁群体和 46-55 岁群体，认为安全事故发生在自己身上的可能性较小，当装配式施工人员刚从学校或者其它行业走入施工一线，建筑的露天作业势必会给其带来较高的安全风险意识，但随着年龄阅历的增加，熟悉场地后，很有可能会出现麻痹、枯燥等心理导致安全风险意识下降，但到 45 岁以上，装配式施工工人的安全风险意识又呈现较高状态，可能周边的确出现了或大或小的安全事故。

5.4 不同学历差异性

5.4.1 差异性识别

对不同学历群体的各项指标进行均值化处理，得到不同学历群体对各维度的指标的影响均值如下图所示：

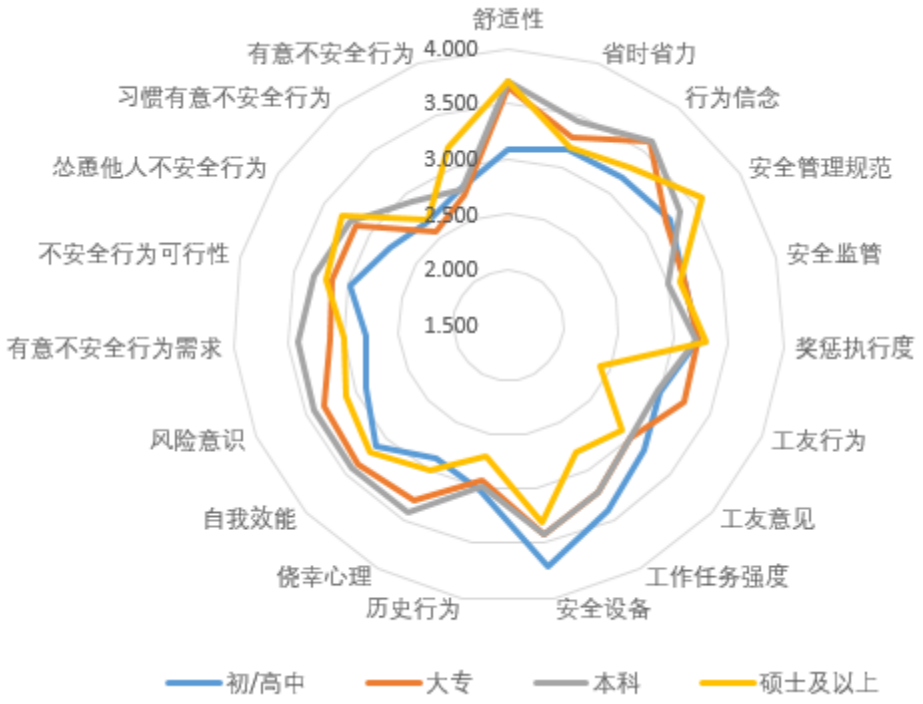

图 5-6 不同学历群体各变量均化水平

通过上图我们可以看出高学历在有意不安全行为意向和有意不安全行为维度的指标上略高于低学历群体，在行为态度维度舒适性指标上，呈现出较高的倾向性，在安全管理规范认可度上也是出于较高的认同，其它指标趋势大体是无明显规律。

学历群体在本次调研中区分初/高中、大专、本科、硕士及以上四个不同的群组，因此在各维度的差异性分析采用单因素敏感性分析方法，具体指标差异性分析见下表：

表 5-4　学历差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		F 值	Sig 值
		F 值	Sig 值		
行为态度	舒适性	0.712	0.546	5.384	0.001
	省时省力	6.563	0.000	0.744	0.527
	行为信念	2.698	0.047	2.216	0.087

续表 5-4　学历差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		F 值	Sig 值
		F 值	Sig 值		
主观规范	安全管理规范	0.362	0.781	0.747	0.525
	安全监管	0.435	0.728	0.196	0.899
	奖惩执行度	0.838	0.475	0.026	0.994
	工友行为	1.138	0.335	2.942	0.034
	工友意见	3.099	0.028	0.665	0.574
直觉行为控制	工作任务强度	2.870	0.038	1.338	0.263
	安全设备	1.553	0.202	1.535	0.207
	历史行为	1.391	0.247	0.252	0.860
风险偏好	侥幸心理	2.180	0.092	2.424	0.067
	自我效能	1.102	0.349	0.754	0.521
	风险意识	1.254	0.291	2.959	0.334
有意不安全行为意向	有意不安全行为需求	3.118	0.027	3.291	0.022
	不安全行为可行性	1.332	0.265	0.858	0.464
	怂恿他人不安全行为	0.878	0.453	2.186	0.091
有意不安全行为	习惯有意不安全行为	0.432	0.730	0.767	0.514
	有意不安全行为	1.066	0.365	0.422	0.738

由上表可以看出 “舒适性”、“工友行为”、“有意不安全行为需求”三个指标 Sig 均小于 0.05，结合方差齐次性检验结果“舒适性”、“工友行为”对应 Sig 大于 0.05，使用 Tukey HSD 事后检验方法，“有意不安全行为需求” 对应 Sig 小于 0.05，使用 Dunnett T3 事后检验方法识别出具体学历群体分组间的差异性。

5.4.2 事后检验

表 5-5　学历差异性事后显著性组别检验

Tukey HSD 事后检验						
维度	观察变量	学历组别	学历组别	组间均值差	标准误差	Sig 值
行为态度	舒适性	1	2	-.569*	0.178	0.009
			3	-.625*	0.202	0.012
主管规范	工友行为	2	4	.836*	0.297	0.027

由上表可以看出，在行为态度维度上，初/高中群体与大专群体与本科群体

间在“舒适性”指标上具有显著性差异；在主观规范维度上，大专群体与硕士及以上群体在“工友行为”指标上具有显著性差异。

表 5-6　学历差异性事后显著性组别检验

Dunnett T3 事后检验						
维度	观察变量	学历组别	学历组别	组间均值差	标准误差	Sig 值
有意不安全行为意向	有意不安全行为需求	1	3	-.631*	0.22	0.033

由上表可以看出，在有意不安全行为意向维度上，初/高中群体与本科群体间在“有意不安全行为需求”指标上具有显著性差异。为了进一步研究存在显著性差异的不同学历群体对各指标的选择倾向，对其进行统计性交叉分析。

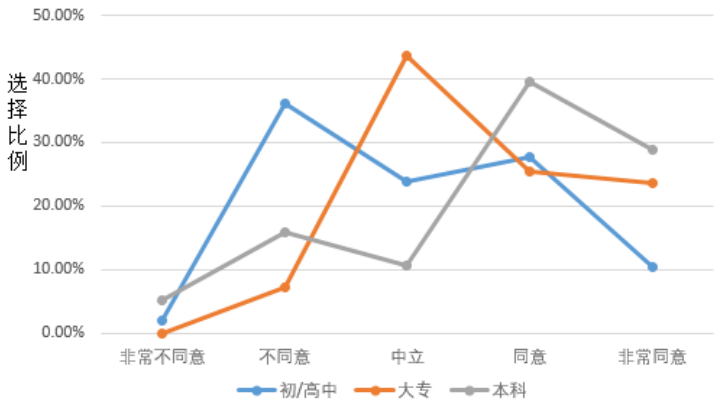

图 5-7　“舒适性”指标学历群体交叉分析

由上图可以看出，在行为态度维度中“舒适性”指标上，本科群体相较大专群体相较初/高中群体，认为使用某些不安全行为会提高舒适性，说明随着学历的增加，装配式工人更倾向认为一些规章标准会增加身体不舒适感。

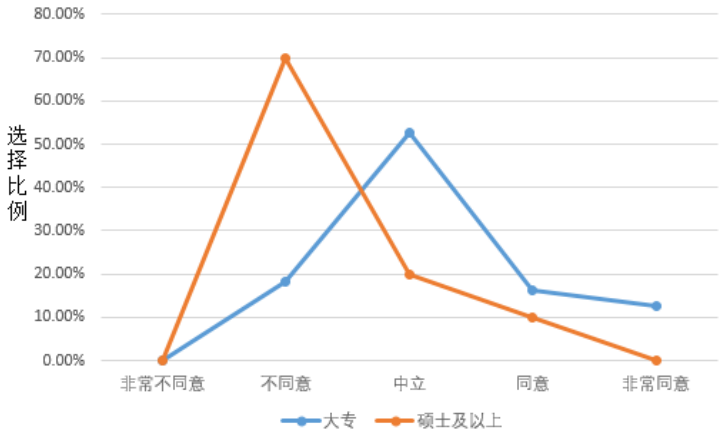

图 5-8　“工友行为”指标学历群体交叉分析

由上图可以看出，在主观规范维度中“工友行为”指标上，大专群体相较硕士及以上群体更倾向认为身边的工友有故意实施不安全行为的现象，这可能是硕士及以上群体是领导层的原因。

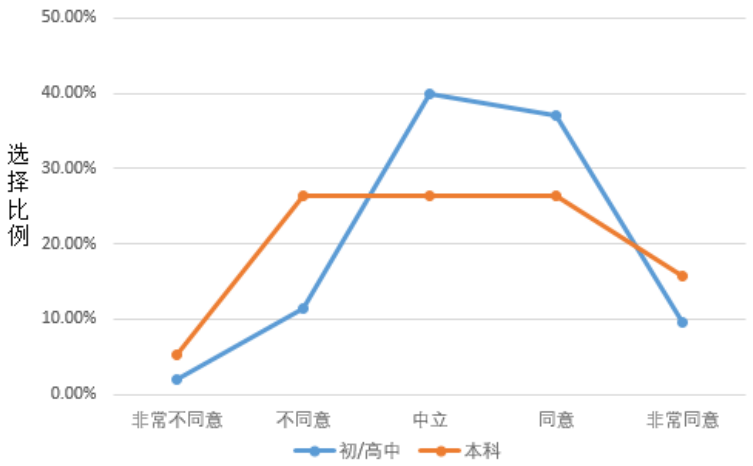

图 5-9　“有意不安全行为需求”指标学历群体交叉分析

由上图可以看出，在有意不安全行为意向维度中“有意不安全行为需求”指标上，初高中群体相较本科学历群体更倾向认为是因为某些需要（例如赶工），自己才使用的不安全行为。

5.5 不同从业年限群体差异性

5.5.1 差异性识别

对不同从业年限群体的各项指标进行均值化处理，得到不同从业年限群体对各维度的指标的影响均值如下图所示：

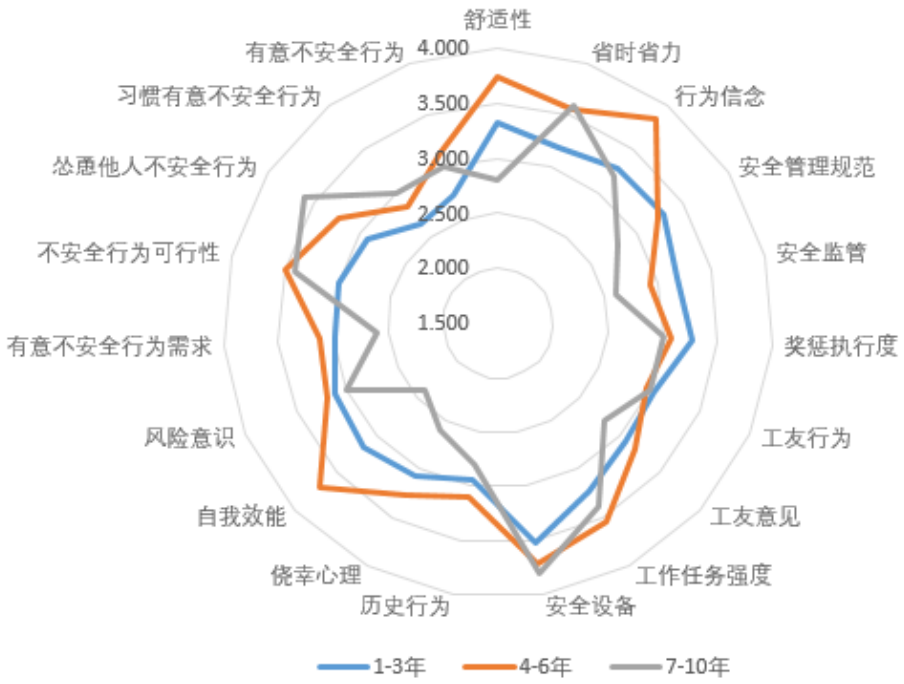

图 5-10　不同从业年限群体各变量均化水平

通过上图我们可以看出不同从业年限群体在不安全行为选择方面存在明显的差别。在行为态度维度上，从业年限较长群体相较从业年限较短群体在“舒适性”、和认为既使使用不安全行为导致安全事故的概率很小的“行为信念”指标上认同度偏高，随着从业年限的增长，安全技能的累积，可能认为自己有足够的经验和技能不让安全事故发生；主观规范方面，可以看出从业年限越长越不认同装配式现阶段的安全管理规范合理妥当，对安全监管的执行度和将惩罚执行度也倾向认为不严格，这可能由于他们从事装配式工作年限较长，安全管理人员对他们存在宽容，不严格的问题，一样的原因他的工友也不会纠正他们的不安全行为，因此在“安全监管”、“将惩罚执行度”、“工友意见”指标上，从业年限较长群体的认可度相较从业年限较短群体偏低；直觉行为控制维度上，在各指标上随着年

龄变化未出现明显规律现象；风险偏好维度上，可以看到在“风险意识”、“自我效能”、“侥幸心理”三个指标上，从业年限较长群体相较从业年限较短群体都更为保守；有意不安全行为意向维度上，可以看出从业年限较长群体相较从业年限较短群体意向性更强；有意不安全行为维度上，同样可以看出从业年限较长群体相较从业年限较短群体实施有意不安全行为的可能性更大。

从业年限群体在本次调研中区分 1-3 年、4-6 年、7-10 年、10 年及以上四个不同的群组，因为装配式建筑在我国普及时间还不够长，普及范围还不够大，本次的调研无人选择 10 年及以上从业年限，实际数据仅包含 1-3 年、4-6 年、7-10 年三个群组，在各维度的差异性分析采用单因素敏感性分析方法，具体指标差异性分析见下表：

表 5-7　从业年限差异性分析结果

维度	观测变量	方差齐次性检验		F 值	Sig 值
		F 值	Sig 值		
行为态度	舒适性	0.315	0.730	3.033	0.051
	省时省力	0.158	0.854	2.651	0.073
	行为信念	0.570	0.566	3.975	0.020
主观规范	安全管理规范	2.405	0.093	0.798	0.451
	安全监管	0.523	0.593	1.653	0.194
	奖惩执行度	1.984	0.140	0.782	0.459
	工友行为	0.340	0.712	0.080	0.923
	工友意见	0.561	0.572	0.405	0.668
直觉行为控制	工作任务强度	0.541	0.583	1.483	0.229
	安全设备	2.255	0.108	0.634	0.532
	历史行为	0.163	0.850	0.380	0.685
风险偏好	侥幸心理	0.731	0.483	0.767	0.466
	自我效能	0.171	0.843	4.298	0.015
	风险意识	0.729	0.484	0.100	0.905
有意不安全行为意向	有意不安全行为需求	0.196	0.822	0.575	0.564
	不安全行为可行性	0.593	0.553	3.050	0.050
	怂恿他人不安全行为	2.177	0.116	2.057	0.130
有意不安全行为	习惯有意不安全行为	1.308	0.273	0.646	0.525
	有意不安全行为	0.213	0.808	1.910	0.151

由上表可以看出行为态度维度“行为信念”、风险偏好维度“自我效能”、有意不安全行为意向维度“不安全行为可行性”三个指标 Sig 均小于 0.05，结合方差齐次性检验结果 Sig 均大于 0.05，接下来使用 Tukey HSD 事后检验方法，识别出具体从业年限群体分组间的差异性。

5.5.2 事后检验

表 5-8　从业年限差异性事后显著性组别检验

Tukey HSD 事后检验						
维度	观察变量	从业年限组别	从业年限组别	组间均值差	标准误差	Sig 值
行为态度	行为信念	1	2	-.563*	0.201	0.016
风险偏好	自我效能	1	2	-.547*	0.220	0.037
有意不安全行为意向	不安全行为可行性	1	2	-.512*	0.214	0.046

由上表可以看出，1-3 年从业年限群体与 4-6 年从业年限群体在“行为信念”、“自我效能”“不安全行为可行性”三项指标上存在显著性差异。为了进一步研究存在显著性差异的不同年龄群体对各指标的选择倾向，对其进行统计性交叉分析。

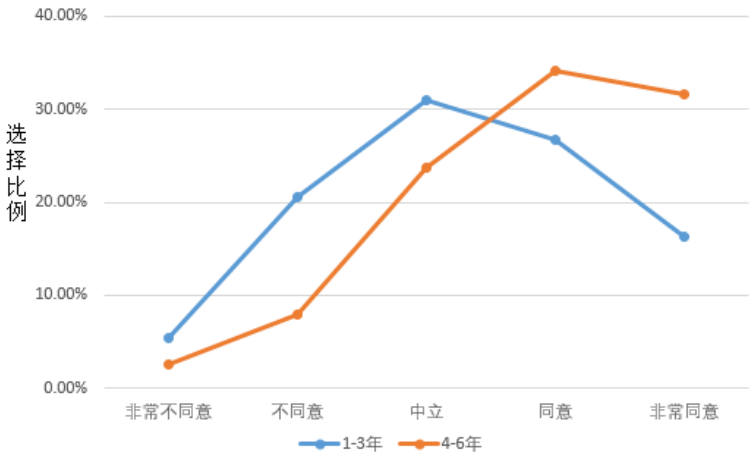

图 5-11　“行为信念”指标从业年限群体交叉分析

由上图可以看出，在行为态度维度中“行为信念”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向有些违章行为导致安全事故的概率很低或伤害微不足道，当装配式施工人员刚从学校或者其它行业走入施工一线，对施工现场还不够熟悉，但随着从业年限的增加，熟悉场地后，很有可能会出现认为自己技能较高，即是实施某些不安全行为也不会造成大的伤害。

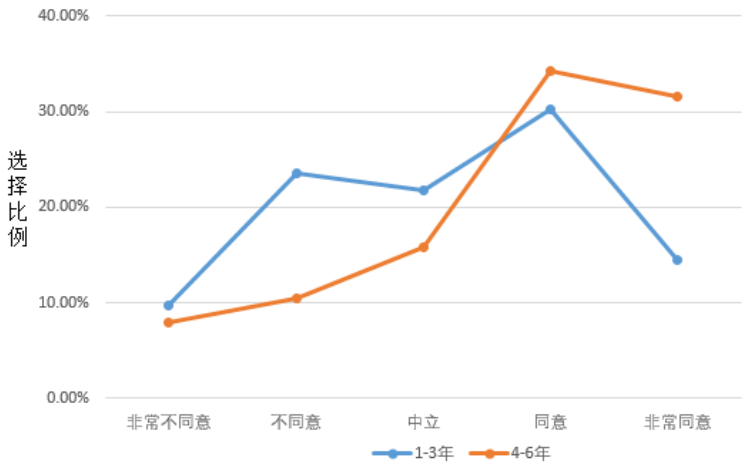

图 5-12　“自我效能”指标从业年限群体交叉分析

由上图可以看出，在风险偏好维度中“自我效能”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向认为与规章标准相较，他有更好的方法完成施工活动。随着从业年限的增加，熟悉场地后，出于孰能生巧认为自己有更好的方法途径完成作业。

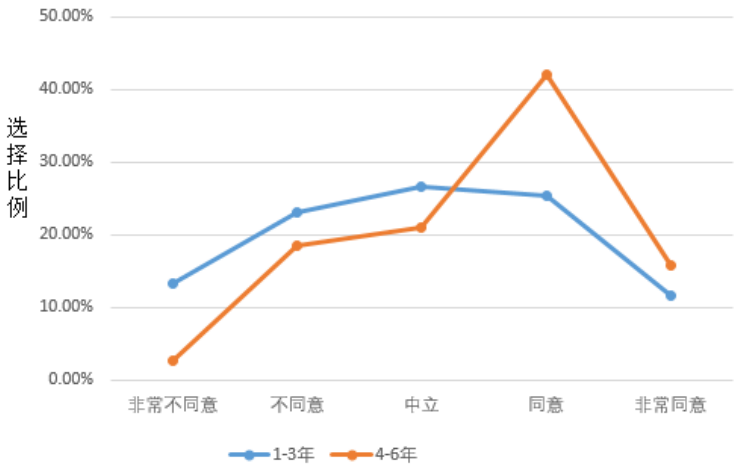

图 5-13　“不安全行为可行性”指标从业年限群体交叉分析

由上图可以看出，在有意不安全行为意向维度中“不安全行为可行性”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向他有条件可以顺利实施不安全行为。

5.6 本章小结

本章采用单因素方差分析或独立样本 T 检验的方法，同时结合事后检验，分析了性别群体、年龄群体、学历群体、从业年限群体在不同维度各指标上的选择差异性，为进一步加强装配式有意不安全行为管控提供科学理论依据。群体差异性分析结果如下：

（1）装配式施工有意不安全行为及其影响因素在男女性别群体无显著性差异。

（2）不同年龄群体在风险偏好维度“侥幸心理”、“自我效能”、“风险意识”指标上存在显著差异。“侥幸心理”指标上，年轻群体相较年长群体，侥幸心理倾向性更高；“自我效能”指标上，年长群体相较年轻群体，更倾向认为与规章标准相较，他有更好的方法完成施工活动；“风险意识”指标上，认为安全事故发生在自己身上的概率随年龄呈先增后减现象。

（3）不同学历群体在“舒适性”、“工友行为”、“有意不安全行为需求”指标上存在显著差异。“舒适性”指标上，随着学历的增加工人更倾向认为一些规章标准会增加身体不舒适感；“工友行为”指标上，大专群体相较硕士及以上群体更倾向认为身边的工友有故意实施不安全行为的现象。“有意不安全行为需求”指标上，初高中群体相较本科学历群体更倾向认为是因为某些需要（例如赶工），自己才使用的不安全行为。

（4）不同从业年限在“行为信念”、风险偏好维度“自我效能”指标上存在显著差异。“行为信念”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向有些违章行为导致安全事故的概率很低或伤害微不足道；“自我效能”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向认为与规章标准相较，他有更好的方法完成施工活动；“不安全行为可行性”指标上，4-6 年从业年限群体较 1-3 年从业年限群体上更倾向他有条件可以顺利实施不安全行为。

第六章　对策与建议

从社会心理学角度丰富现有的计划行为理论，解释了装配式有意不安全行为发生机理，并明确了各影响因素在有意不安全行为产生过程的重要程度。本研究结果表明直觉行为控制和有意不安全行为意向对有意不安全行为起着举足轻重的作用，在行为态度、直觉行为控制、风险偏好、主观规范也存在着显著的相互影响，结合群体差异性结果和装配式施工有意不安全行为发生机理模型的关键因素和路径，本文提出以下几个方面的装配式施工有意不安全行为管控建议：

6.1 增强装配式施工安全管理技术

从第四章最终模型分析结果可知，包含“工作任务强度”“安全设备”“历史行为”的直觉行为控制变量通过作用有意不安全行为意向是装配式施工有意不安全行为形成的最主要的路径，“工作任务强度”是影响装配式有意不安全行为效应最大的指标。

6.1.1 加强工程道德教育

从宏观层面，分析整个模型，从行为态度、主观规范、知觉行为控制、风险偏好等对有意不安全行为的作用机理，我们可以看出这些主观感受都与工程道德有着密切关系。装配式建筑在我国还处在发展完善阶段，许多标准文件还未形成，需要加快结构技术和管理规范的政策出台。国家政府层面，可以考虑在立法方面做好进一步在合适区域推广装配式建筑的规划，扩大市场，通过保障房、廉租房、公共卫生间等实际应用总结经验，因地制宜制定合理科学的标准规范。

加强道德教育是完善装配式安全生产重要的一项工作。各相关部门应该加强道德教育，施工道德伦理是个体的思想品德自觉性的表现，与个体的教育程度、所处环境、思想境界等有关，相较施工安全法规，加强道德教育可以让施工工人在具体的行为选择面前，将法律法规内化于心，将安全行为的选择成为自身的习惯性行为。

政府社会层面，可以通过自媒体、公益广告等多种形式进行工程道德的宣传教育，如有必要可以通过抛出相应典型案例，引入施工人员对其发表观点，甚至是全民对工程道德的重视，以此在社会上营造履行工程道德义务的氛围。

施工单位在安全培训及相关考核的时候，不仅要重视安全技能、安全设备使

用等知识点的传授，更要把培训的重点放在提高施工工人的自觉遵守施工安全规范意识上。从形式上可以采取定期的视频、信息、小组交流等多途径加强工程伦理的宣传学习，如有必要可以展开施工工人课堂学习。

学校是装配式建筑后续人才的培养基地，学校应以多种形式开展相应的工程道德的思想教育，将其纳入工程相关人才培养的必修课程中，定期举行相关主题活动，从学校培养输出层面，培育出具有优良工程道德的新一代土木人。同时，也要重视工程人的工程道德的终身教育，可以采取借助微信推送、短信、短视频等多种形式对工程人进行针对性的道德教育。

6.1.2 多方共促装配式安全管理技术升级

从 4.3.3 修正模型结论我们可以看出，“有意不安全行为<---直觉行为控制”标准化系数 0.266 和“直觉行为控制<---有意不安全行为意向<---有意不安全行为”标准化系数 0.068 为装配式建筑有意不安全行为发生的最主要路径。而在直觉行为控制这一自变量中，指标权重最高的一项是“工作任务强度”。装配式建筑在发达国家，节约工期、人工用量、节能减排、抗震等已经落在实际项目应用上，我们可以结合我国的实际情况，学习引进他们先进的技术、设备，不断完善提高，在结构技术成熟可靠的基础上，科学管理装配式建筑的进度与生产安全问题。

具体可以通过加强高校相关专业人才的培养，可以考虑开设专门的装配专业或者学科，增加相关科研投入，建立相关研究国家级重点实验室，支持相关课题项目的申报。就现阶段，我国的工程类实验室及科研中心大多数的研究对象依然是传统建造，相关部门可以考虑加大对其的投入，从数量和质量上同时加强科研关注度。

政府层面，可以从安全、质量、创新等指标上引导装配式施工企业的优秀企业、标杆项目申报与评选，给予奖励或其它政策倾斜，从乙方角度降低成本，进一步推动装配式市场活力，从实践应用中不断改善装配式安全管理技术。同时考虑到我国目前的有一批老旧小区需要改造，可以考虑使用装配模式来推进修缮工程，进一步推动装配技术升级完善。

对于装配式建筑施工企业为了企业的长远发展计划应该积极投入人力，物力和财力资源，增大固定资产的投入来转化为更强大的企业装配实力，既而减少单位成本，增加企业的装配效益。

6.2 提高装配式施工安全设备投入

当危险来临的时候，安全防护工具可以防止或减少伤害。从第四章实例数据

分析结果可知，“安全设备”的供应数量和质量是影响装配式有意不安全行为效应第二大的指标，并且其在有意不安全行为形成的主要路径上。

6.2.1 确保安全设备的供应数量和质量

当前装配式建筑相较传统建造减少了脚手架的使用，势必增加高处坠落的风险，这里要求装配式项目管理人员应该备足安全带，安装过程中的反光镜等带有装配式特征的安全防护工具，在这的基础上进一步规划安全防护工具的位置，使其易见易得。同时配备专门相关人员对设备工具进行定期维护和检查，对于数量和质量问题做到过程中记录，及时更新或维修，确保安全设备数量及质量符合安全施工要求。

6.2.2 提高安全防护工具的实用性

可以通过借助 VR 等沉浸式体验不带安全防护工具，可能会引起的后果，让重点人群意识到安全防护工具的重要性，在伤害造成面前，稍微的不适、不方便不值一提。同时，数据结果也反应了大部分倾向认为防护工具带来不舒适、不便捷，我们可以通过加大安全设备研发投入，为装配式施工工人提供舒适的劳动防护工具。

6.3 强化装配式建筑施工安全意识

由第五章实例数据分析结果可知，年龄群体在风险偏好维度“侥幸心理”、“自我效能”、“风险意识”指标上具有显著性差异，学历群体在行为态度维度“舒适性”、直觉行为规范维度“工友行为”、有意不安全行为意向维度“有意不安全行为需求” 指标上具有显著性差异，从业年限群体在行为态度维度“行为信念”、风险偏好维度“自我效能”、有意不安全行为意向维度“不安全行为可行性”具有显著性差异。

6.3.1 区分群体组合施工班组

不同的群体对同一指标的态度是不一致的，年龄差异化分析结果可知年幼者相较年长者有较高的风险偏好，此时我们可以通过将年幼者分配在年长者较多的班组，通过主观规范中的“工友行为”、“工友意见”来影响年幼者的风险偏好倾向，以此来降低有意不安全行为的发生。

对于“工友行为”指标，可能因为是学历较高一般是管理者，相对周围的人明知故犯的概率会减少，这时候可以通过合理组合班组，将有“历史行为”的习

惯性有意不安全行为的施工人员和高学历组合为同一班组，来减少该行为。同时，在组织设计的时候将安全生产考虑进去，在一些隐蔽或者不安全行为发生较多的工艺流程，选择在各指标表现较好的群体进行施工活动，对于行为容易被放大，不容易实施不安全行为的工艺流程或施工场地，考虑让施工年轻群体等倾向使用有意不安全行为的群体进行作业。

6.3.2 区分群体多样化多渠道安全培训

可以针对施工较年轻群体，“初生牛犊不怕虎”进行单独培训，增加他们对建筑施工现场危险的认知，增加他们的安全意识。

对于数据结果显示的学历越高，更倾向认为安全防护工具、或标准的行为规范使其不舒适，可以对学历较高群体通过播放相关艰苦奋斗视频等方式，增加他们的适应性。针对学历越高“有意不安全行为需求”认可度越高，我们可以考虑认为学历越高，对于一些规章制度的想法观点相较传统民工可能有新的见解，管理者可以对于其观点看法进行评测，对于好的意见选择对规章制度进行改进，对于刻意的不遵守规则，在培训的时候就可以针对学历较高群体强调标准、规范是必须仁认真履行的。

6.3.3 区分群体实施重点安全监管

对于从业年限指标，年限越长“行为信念”、“自我效能”、“不安全行为可行性”指标都相较偏大，根本原因是从业年限的增加，技能和经验的增加导致的过度自信，针对从业年限较长的装配式施工工人可以针对其增大主观规范“奖惩力度”指标，来降低他们过度自信导致的有意不安全行为。

构建新型施工不安全行为奖惩机制，对于表现优良，从未出现过有意不安全行为的施工人员，给与奖励，对于多次出现有意不安全行为的施工人员，实行“指数”增长式罚款，增加其安全教育及考核，对于多次有意实施不安全行为并且屡教不改者考虑解雇；另外，像“中国建筑”这样的大施工企业，可以建立一套施工人员安全信用评价系统，把每一位相关人员的违规记录都有所记录，偶尔出错的选择保密，但一旦到达规定的临界点，进行全网通报警示。同时可以考虑把施工人员的有意不安全行为与信用度关联，对于严重违规者可以考虑联动银行贷款、职称评定等，以此来有效遏制有意不安全行为的发生。

第七章　结论与展望

7.1 论文主要工作与结论

装配式建筑相较传统建造虽然减少了劳动力的使用量，但是因为其发展尚未完全成熟，国内缺少针对性的技术安全规范，而且作为建筑业，一旦发生安全事故将给家庭、企业带来巨大的直接或间接的损失，对整个社会的稳定发展及其不利。不安全行为是引起安全事故发生的主要原因，控制不安全行为的发生将有效减少建筑安全事故的发生，改善装配式施工安全水平。相关研究认为行为态度、主观规范、直觉行为控制是影响个体行为的主要影响因素。本研究针对装配式施工的特点，从社会心理学角度对计划行为理论框架进行补充完善，对影响装配式施工的有意不安全行为的影响因素梳理分析和梳理，探究有意不安全行为的关键路径。

针对上述分析，本研究以从社会心理学角度出发而修正的计划行为理论为基础构建了装配式建筑施工有意不安全行为的影响因素及发生机理模型，通过 6 个装配相关施工项目 208 名装配相关施工人员问卷调研对该模型进行了实例验证，最后根据分析结果对装配式施工有意不安全行为管控提出了改善建议。主要工作如下：

①总结归纳了装配式建筑施工有意不安全行为影响因素

通过文献分析与调研，以计划行为理论为基础框架，对装配式施工有意不安全行为影响因素进行了分类归纳，并初步确定了这些影响因素对有意不安全行为的影响路径。

②构建装配式施工有意不安全行为发生机理模型

通过分析装配式施工的工作环境和具体的不安全行为，以及装配式施工人员的特征，选取风险偏好对计划行为理论进行补充完善，建立装配式建筑施工有意不安全行为发生机理模型，为实例验证提供理论模型基础。

③实例验证了装配式建筑施工有意不安全行为影响因素的重要程度和影响路径以及不同群体在各变量上的差异性

通过对装配式建筑施工现场的有意不安全行为影响因素及发生机理模型进行分析，运用结构方程模型的方法借助 SPSS25.0 和 AMOS25.0 对调研数据进行信度、效度验证，对数据进行分析和对模型拟合进行检验修正，得出所提出的假设中除行为态度对有意不安全行为有正向作用其它均得到验证，表明此模型对装

配式施工有意不安全行为的发生机理有一定的揭示作用。而后又运用独立样本 T 检验与单因素方差分析分别从性别、学历、工作年限、年龄四个方面分别对装配式施工有意不安全行为发生机理模型中的变量进行了对比分析。

④ 分析改善装配式施工有意不安全行为的措施办法

在对装配式施工有意不安全行为影响因素及发生机理模型进行理论分析及实例验证的基础上，得出直觉行为控制是装配式建筑施工有意不安全行为的关键影响因素，在同时考虑各变量之间的路径关系及各群体表现得差异性，提出了三方面的改进措施建议，以期提高装配式建筑施工现场的安全管理水平。

7.2 局限性与展望

装配式建筑在我国处在大力发展阶段，装配模式相较传统建造新增了构件吊装、运输、安装、灌浆等一系列的行为，而装配式建筑施工工人大多是由传统建造施工工人发展而来，为确保装配式建筑的稳定推广及健康发展，装配式施工的安全管理逐渐引起企业及学者的关注。本研究首次提出了装配式建筑施工有意不安全行为发生机理模型，为探究装配式建筑不安全行为的发生迈出一小步。但本研究存在这一定的缺陷，装配式建筑不安全行为还涉及到预制工厂，本研究并未将其考虑在研究范围内。

参考文献

[1] 余峰.预制装配式混凝土（PC）住宅项目施工质量风险分析及管理研究[D].浙江工业大学. 2017

[2] Wang Chen, Wang Jiakun, YU Xinhua, et al. Exploring the impacts of factors contributing to unsafe behavior miners [J].Safety Science, 2019, 115:339-348

[3] 陈伟珂，孙春苗．建筑施工安全类群管理模式研究：基于潜在类别模型［J］．安全与环境学报，2018，18(2) :595－601

[4] Van D M H F, Frings-d R. Strategies to reduce safety violations for working from heights in construction companies: study protocol for a randomized controlled trial［J］．Public Health，2014，14: 541－547

[5] Wickens C. Engineering Psychology and Human Performance. 2nded. New York: Harper-Collins, 1992

[6] Chang Y H J, Mosleh A. Cognitive modeling and dynamic probabilistic simulation of operating crew response to complex system accidents: Part 1-4. Reliability Engineering & System Safety, 2007, 92(8):997-1075

[7] Rasmussen J. Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering. New York: Elsevier Science Inc, 1986

[8] Reason J. Human error. New York: Cambridge University Press, 1990

[9] Patrick X.W.Zou. Shills for managing safety risk in PC construction project, International Journal of Scientific&Engineering Research,2016,3:167-172.

[10] James, L H I kuma, I Nahmens, F Aghazadeh. The impact of Kaizen on safety in modular home manufacturing[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,2014,70(1):725-734 .

[11] Lee Hyun-Soo. Kim,Hyunsoo. Park,Moonseo. Lee,Kwang-Pyo. Construction risk assessment using site influence factors[J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2012,26:319-330.

[12] Francisco J. Forteza. CONSRAT. PC Construction sites risk assessment tool,Mechanical Systems and Signal Processing .2017,4: 146-153.

[13] 齐志恩.PC 住宅施工安全关键技术及其应用[D].北京:首都经济贸易大学,2016.

[14] 于慧.高层装配式建筑墙板吊装的应用研究[D].合肥:安徽理工大学,2017.

[15] 桑培东,李金晓.基于结构方程的装配式建筑项目开发建设风险评价[J].土木工

程与管理学报,2017,34(4);89-95
[16]徐姣姣，江林，黄萍莉． 基于系统动力学的装配式建筑安全风险影响因素分析［J］． 西华大学学报(自然科学版) ，2018，37(2) : 23 － 28．
[17]陈伟，付杰，熊付刚，等． 装配式建筑工程施工安全灰色聚类测评模型［J］． 中国安全科学学报，2016，26(11) : 70 － 75．
[18]常春光，张赛玉. 基于突变理论的装配式建筑施工安全评价[J]. 沈阳建筑大学报(社会科学版)，2018,20（6）：597
[19]张晶.装配式建筑施工现场安全影响因素评价研究[D].大连:大连理工大学,2019.
[20]田黎，预制装配式住宅现场施工技术与安全风险管理[J].住宅科技，2014
[21]Senders J W, Moray N P. Human error : cause, prediction, and reduction[M]. CRC Press, 1995
[22]王泰. 从人因失误论瓦斯爆炸事故的可预防性[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(5): 72-73
[23]叶贵，段帅亮, 汪红霞. 建筑工人不安全行为致因研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015(2): 170-177
[24]杨高升，居婕.建筑工人安全行为习惯培养方法的统计分析 [J]. 建筑经济 ，2013(3): 101-104
[25]Reason J. Human error[M]. Cambridge University Press. 1990
[26]柴冬梅． 基于人的不安全行为的建筑施工安全管理研究[D]. 山东建筑大学, 2012
[27]Chua D, Goh Y M. Incident causation model for improving feedback of safety knowledge[J]. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT-ASCE, 2004,130(4):542-551
[28]刘志云. 人的不安全行为分析[J]. 中南工学院学报, 1999(02):185-187
[29]别念民. 工程项目施工作业不安全行为影响因素的实证研究[D]. 西南交通大学, 2014
[30]常乐，葛广州，王涛，杨刚帅，建筑施工中作业人员不安全行为分析及管控措施[J].建筑经济, 2020：41(S1):144-148
[31]李辉山，蒋倩倩，基于 DEMATEL-ISM 的建筑工人 不安全行为影响因素研究[J].工程管理学报, 2019：33(4):143-147
[32]陈晓勇，施式亮，李润求，等． 基于修正的 HFACS 与 SPA 的建筑施工安全人因分析［J］． 湖南科技大学学报(自然科学版) ，2020，35(3) : 63-69
[33]居婕，杨高升，杨鹏．建筑工人不安全行为影响因子分析及控制措施研究

[J]．中国安全生产科学技术，2013，9（11）：179-184
[34]黄芹芹，祁神军，张云波，等．建筑工人不安全心理和生理健康对不安全行为的影的影响机理[J]．工程经济，2018，28（6）：33-37
[35]姚明亮，祁神军，等．工作负荷与建筑工人不安全行为的结构关系研究[J]．建筑经济，2019，40（1）：30-35
[36]唐玲玲，张云波，祁神军，陈梅，牛达钰．正式群体安全氛围对建筑工人从众性不安全行为的影响 [J]．华侨大学学报（自然科学版），2020,41(1):26-31
[37]何长全，贾广社，孙继德．建筑工人安全行为研究进展与展望[J]．中国安全生产科学技术，2018（5）：188-192
[38]Dongping F，Zhongming J，Mingzong Z，Han W．An experimental method to study the effect of fatigue on construction workers' safety performance[J]．Safety Science，2015（3）：80-91
[39]Ju D，Qin X，Xu M，et al．Boundary conditions of the emotional exhaustion-unsafe behavior link：The dark side of group norms and personal control[J]．Asia Pacific Journal of Management，2016，33（1）：113-140
[40]Wu C，Li N，Fang D．Leadership improvement and its impact on workplace safety in construction projects：A conceptual model and action research[J]．International Journal of Project Management，2017（8）：1495-1511
[41]Johnson S.E., Hall A. The Prediction of Safe Lifting Behavior: An Application of the Theory of Planned Behavior[J]. Journal of Safety Research, 2005(36):63-73
[42]Arlete A. M.，Marta S．The importance of communication for the maintenance of health and safety in work operations in ports[J]．Safety Science，2017（96）：117-120
[43]Harris D，Wen-Chin L．Using Neural Networks to predict HFACS un-safe acts from the pre-conditions of unsafe acts［J］． Ergonomics，2019，62(2) : 181-191
[44]Mazlina Zaira M, Hadikusumo B H W. Structural equation model of integrated safety intervention practices affecting the safety behaviour of workers in the construction industry[J]. Safety Science, 2017,98:124-135
[45]Seo H, Lee Y, Kim J, et al. Analyzing safety behaviors of temporary construction workers using structural equation modeling[J]. Safety Science, 2015,77:160-168
[46]张孟春， 方东平． 建筑工人不安全行为产生的认知原因和管理措施[J]． 土木工程学报,2012,(S2):297-305

[47] 曹庆仁， 李爽， 宋学锋. 煤矿员工的“知-能-行”不安全行为模式研究[J]. 中国安全科学学报,2007,(12):19-25

[48] 牛达钰，祁神军，姚明亮，张云波. 强迫思维与强迫行为对建筑工人不安全行为的影响 [J]. 华侨大学学报（自然科学版） ，2020,41(6):752-758

[49] 成家磊，祁神军，张云波．组织氛围对建筑工人不安全行为的影响机理及实证研究[J]．中国安全生产科学技术，2017，13（11）：11-16

[50] 张 勇，王祥宇，基于 DEMATEL - ISM -BN 的施工人员不安全行为致因研究[J].中国安全生产科学技术 ，2020,16(11):110-116

[51] 陈伟珂，武晓燕，林宏莉．基于风险决策视角的施工工人不安全行为研究[J]．项目管理技术，2017（3）：72-77

[52] Jiayuan W, Patrick X.W. Critical factors and paths influencing construction workers safety risk tolerances[J]. Accident Analysis & Prevention, 2016,93:267-279

[53] Liao P, Luo X, Wang T, et al. The Mechanism of how Design Failures cause Unsafe Behavior: The Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)[J]. Procedia Engineering, 2016,145:715-722

[54] Amponsah-Tawaih K, Adu M A. Work Pressure and Safety Behaviors among Health Workers in Ghana: The Moderating Role of Management Commitment to Safety[J]. Safetyand Health at Work, 2016,7(4):340-346

[55] Zhongming J, Dongping F．Understanding the Causation of Construction Workers' Unsafe Behaviors Based on System Dynamics Modeling[J]. Journal of Management in Engineering，2015，31（6）：04014099

[56] 李俊亭，郑明珠，赛云秀. 施工作业人员不安全行为干预策略仿真研究[J]. 工业工程, 2021，24(1):111-116

[57] 韩豫，张泾杰，梅强，刘素霞. 建筑工人安全行为习惯的塑造策略与方法[J]. 中国安全生产科学技术，2015，11（9）：177-183

[58] 韩豫，梅强，刘素霞，孙莹．建筑工人不安全行为的早期干预策略与方法——基于脆弱性视角[J]．工程管理学报，2015，29（5）：97-102

[59] 黄芹芹, 祁神军, 张云波, 等. 建筑工人习惯性不安全行为干预策略的 SD 模型[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(7): 25-31

[60] Dawei C, Hanzhi T．Behavior Based Safety for Accidents Prevention and Positive Study in China Construction Project[J]．Procedia Engineering，2012，43：528-534

[61] Shin M, Lee H, Park M, et al. A system dynamics approach for modeling

construction workers’safety attitudes and behaviors[J]. Accident Analysis & Prevention,2014,68:95-105

[62] Zhen L, Xiaofei L．Analysis of Complexity of Unsafe Behavior in Construction Teams and a Multiagent Simulation[J]．Complexity，2018：6568719

[63] Bronkhorst B, Tummers L, Steijn B. Improving safety climate and behavior through amultifaceted intervention: Results from a field experiment[J]. Safety Science,2018,103:293-304

[64] Hedlund A, Gummesson K, Rydell A, et al. Safety motivation at work: Evaluation of changes from six interventions[J]. Safety Science, 2016,82:155-163

[65] 卢文倩，吕永卫. 基于 SEM 诱发矿工故意违章行为因素实证分析[J]. 中国矿业 2017,26(05):35-39

[66] 章少康，谭钦文，刘娟，李文武，潘思佳，基于大五人格特质理论的有意不安全行为研究［Ｊ］. 工业安全与环保，2020，46（6）:51-55

[67] 张谦.城市道路行为违章过街行为研究［D］.西南交通大学，2014

[68] 郑霞忠，史高阳，陈 述. 多方博弈下起重作业人员有意不安全行为致因分析［J］. 中国安全生产科学技术，2017，13(5) : 175－181

[69] 李乃文，徐梦虹，牛莉霞. 基于 ISM 和 AHP 法的矿工习惯性违章行为影响因素研究［Ｊ］. 中国安全科学学报，2012，22（8）:22-28

[70] 叶贵，李学征，向卿婷，等. 建筑工人故意违章行为动机形成机制研究［J］. 中国安全科学学报，2020，30(8) : 12－17

[71] 王永刚，杨传秀. 基于 SEM 的机务维修人员故意违章行为影响因素研究［Ｊ］. 安全与环境学报，2015，15（5）:166-169

[72] 李乃文，马跃. 基于计划行为理论的矿工故意违章行为意向研究［Ｊ］. 中国安全科学学报，2011，21（10）：3-9

[73] 王永刚，张宇，陈芳. 基于系统动力学的飞行员违章行为动态演化仿真研究［Ｊ］. 中国安全科学学报，2013，23（12）:28-34

[74] 连民杰，刘睿敏，卢才武，周忠良. 矿工安全心理资本对违章行为的影响机制及实证研究［Ｊ］. 矿业研究与开发，2020，40（8）：167-173

[75] 杨鑫刚，孙小杰，任国友. 多方博弈下建筑工人有意识不安全行为致因分析［J］. 安全，2020，41(7) : 70 -74

[76] Suo Q, Zhang D. Investigation and identification of factors affecting migrating peasant workers' usage of safety footwear in the Chinese construction industry[J]. Int J Occup Saf Ergon, 2017,23(3):424-430

[77] Chan D K, Fishbein M. Determinants of college women's intentions to tell their

partners to use condoms.[J]. Journal of Applied Social Psychology, 1993,23(18):1455-1470

[78] Cheng E W L. Intentions to Form Project Partnering in Hong Kong: Application of the Theory of Planned Behavior[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2016,142(12):4016075

[79] Teo M M M, Loosemor M. A theory of waste behaviour in the construction industry[J]. Construction Management & Economics, 2001,19(7):741-751

[80] Ajzen I. The theory of planned behavior, organizational behavior and human decision processes[J]. Journal of Leisure Research, 1991,50(2):176-211

[81] Cialdini R B, Kallgren C A, Reno R R. A Focus Theory of Normative Conduct: A Theoretical Refinementand Reevaluation of the Role of Norms in Human Behavior[J]. Advances in Experimental Social Psychology, 1991,24(1):201-234

[82] 吴明隆. 结构方程模型——AMOS 的操作与应用（第 2 版）[M]. 重庆：重庆大学出版社, 2010

[83] 田水承, 刘芬, 杨禄等. 基于计划行为理论的矿工不安全行为研究[J]. 矿业安全与环保, 2014(01):109-112

[84] Wong D B, Lee S G. Modelling the predictors of intention in workplace safety compliance of a multi-ethnic workforce[J]. Safety Science, 2016,88:155-165

[85] 陈芳, 范丹红, 刘凯凯. 民航机务维修人员不安全行为干预策略研究[J]. 中国安全科学学报, 2016,26(7):18-22

[86] Armitage C J, Conner M. Efficacy of the Theory of Planned Behaviour: A meta‐analytic review[J]. British Journal of Social Psychology, 2001,40(4):471

[87] Suo Q, Zhang D. Investigation and identification offactors affecting migrating peasant workers' usage of safety footwear in the Chinese construction industry[J]. Int J Occup Safe Ergon, 2017,23(3):424-430

[88] Greaves M, Zibarras L D, Stride C. Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace[J]. Journal of Environmental Psychology, 2013,34(34):109-120

[89] Fishbein M, Ajzen I. Belief, Attitude, Intention and Behaviour: an introduction to theory and research[J]. Philosophy & Rhetoric, 1977,41(4):842-844

[90] Sheeran P, Conner M, Norman P. Can the theory of planned behavior explain patterns of health behavior change? [J]. Health Psychology Official Journal of the Division of Health Psychology American Psychological Association, 2001,20(1):12-19

[91]KABERDB，PERRYCM. Workload state classification with automation during simulated air traffic control［J］. International Journal of Aviational Psychology，2007，17(4) : 371-390

[92]FOGARTY G，SHAW A. Safety climate and the theory of planned behavior: towards the prediction of unsafe behavior［J］. Accident Analysis and Prevention，2010，42: 1455-1459

[93]韩晓静,风险偏好对矿工不安全行为的影响研究[D]. 西安科技大学,2014

[94]黄创绵，蔡汝山. 单因素方差分析方法在环境试验中的应用[J]. 电子产品可靠性与环境试验，2010，28（06）：21-26

附录 A

附录 A 装配式施工“有意不安全行为”影响因素调查问卷

您好！本问卷为装配式建筑施工“有意不安全行为”影响因素测量表，填答问题时，请根据个人平时工作经历勾选符合实际情况的选项即可。

背景资料

1.您的性别：⊙男　⊙女

2.您的年龄：⊙25 岁及以下　⊙26-35 岁　⊙36-45 岁　⊙46-55 岁　⊙56 岁及以上

3.教育程度：⊙初/高中　⊙大专　⊙本科　⊙硕士及以上

4.您的工作性质：

⊙安全管理人员　⊙灌浆工 ⊙装配工　⊙内装部品组装工　⊙预埋工 ⊙打胶工

⊙钢筋加工配送工　⊙塔吊司机　⊙信号工　⊙其他装配模式相关人员

5.从事装配模式相关的工作年限：⊙1-3 年　⊙4-6 年　⊙7-10 岁　⊙10 年及以上

请根据您自己的真实情况，对下列选项做出选择，并在相应的□上打 √（单选）。

其中“1—非常不同意；2—不同意；3—中立；4—同意；5—非常同意”。

表述	1	2	3	4	5
行为态度					
1.实施某些不安全行为可以让我感觉舒适	□	□	□	□	□
2.实施违章行为可以让我行动方便快捷，省时省力	□	□	□	□	□
3.有些违章行为导致安全事故的概率很低或伤害微不足道	□	□	□	□	□

附录 A

表述	1	2	3	4	5
直觉行为控制					
1.我没有合理或充足的时间完成各项施工活动	□	□	□	□	□
2.所在的工地没有提供所必需的安全防护工具或不容易被获取	□	□	□	□	□
3.曾经实施的不安全行为并未对自己或他人造成直接或间接伤害	□	□	□	□	□
风险偏好					
1.我认为实施违章行为被处罚的可能性很小	□	□	□	□	□
2.与规章标准相较，我有更好的方法完成施工活动	□	□	□	□	□
3.我认为安全事故不会发生在自己身上	□	□	□	□	□
主观规范（管理者/工友压力）					
1.我所在项目的安全管理规范清晰完整且妥当	□	□	□	□	□
2.实施违章行为一定会被领导发现	□	□	□	□	□
3.我所在的工地严格执行安全奖惩制度	□	□	□	□	□
4.身边的工友从不故意实施不安全行为	□	□	□	□	□
5.我身边的工友会及时纠正我的不安全行为	□	□	□	□	□
有意不安全行为意向					
1.在日常生产过程中有需要实施不安全行为的情况（例如赶工）	□	□	□	□	□
2.日常生产过程，我可以不按照规章标准进行作业	□	□	□	□	□
3.我会鼓励他人实施不安全行为	□	□	□	□	□
有意不安全行为					
1.在工作中，我有按照自己的习惯而不依据标准规范进行施工活动	□	□	□	□	□
2.未来由于某些原因我会实施不安全行为	□	□	□	□	□

感谢您的参与，祝您工作顺利，心情愉悦！

附录 B

附录 B 装配模式 相较 传统模式 施工现场常见的不安全行为清单

您好！本问卷为装配式建筑施工常见不安全行为调查表，填答问题时，请根据个人平时工作经历勾选符合实际情况的选项即可。

其中“1—极不可能；2—不可能；3—中立；4—有可能；5—极可能”。

装配模式下现场施工过程中人的不安全行为发生频率评价	1	2	3	4	5
1.混凝土预制构件未经过计算或试吊，导致的构件坠落伤人	□	□	□	□	□
2.操作与指挥人员配合，联络不畅或误解吊运信号导致的构件碰撞、坠落、刮蹭伤人	□	□	□	□	□
3.人员在吊起的混凝土构件下行走或逗留，导致的不安全行为发生	□	□	□	□	□
4.未采用八字爬梯进行吊具与较高预制混凝土构件链接与脱落，导致的安全事故发生	□	□	□	□	□
5.人员站在墙顶上安装混凝土梁板导致的不安全行为发生	□	□	□	□	□
6.安装过程缝隙过大，导致的构件不稳定或倒塌伤人	□	□	□	□	□
7.临时支撑体系不到位，导致的构件不稳定或倒塌伤人	□	□	□	□	□
8.构件安装过程中人员经常要抬头望高，导致的踩空坠落	□	□	□	□	□
请补充**装配模式相较传统模式施工现场**常见的不安全行为 1					
请补充**装配模式相较传统模式施工现场**常见的不安全行为 2					

若您对本调研问卷有其它补充或建议，我们不胜感激！您的补充或建议：