

JIANZHU SHIGONG QIYE ANQUAN JIXIAO YINGXIANG YINSU JI
TOUZI JUECE MOXING YANJIU

建筑施工企业安全绩效影响因素及 投资决策模型研究

周 远 吴秀宇 李书全 胡少培 著



中国建筑工业出版社

建筑施工企业安全绩效影响因素 及投资决策模型研究

周远 吴秀宇 李书全 胡少培 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工企业安全绩效影响因素及投资决策模型研究/
周远等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.5

ISBN 978-7-112-22057-1

I. ①建… II. ①周… III. ①建筑施工企业—企业安全—
企业绩效—印象因素—研究 ②建筑施工企业—企业安
全—投资决策—决策模型—研究 IV. ①F407.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第069287号

本书以建筑施工企业安全绩效为研究对象, 依据行为安全、脆弱性、社会资本等理论, 运用多属性不确定决策、支持向量机、遗传算法优化等方法, 辨识影响安全投资和安全行为的关键影响要素, 揭示安全投资、安全行为与安全绩效的作用机理, 构建安全投资决策模型, 并对施工安全系统的脆弱性特征进行分析。

责任编辑: 朱晓瑜

责任校对: 王 瑞

建筑施工企业安全绩效影响因素及投资决策模型研究

周远 吴秀宇 李书全 胡少培 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京点击世代文化传媒有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 184千字

2018年6月第一版 2018年6月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-22057-1

(31955)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

建筑业是国民经济的重要产业，建筑安全是建筑业关注的重要方面，它直接影响建筑工程项目投资效益以及国民经济健康发展，减少或消除建筑安全事故是业界及学者非常关注的重要问题之一。如何科学合理地进行安全投资，提高安全绩效是建筑施工企业可持续发展面临的重要课题。

建筑施工企业安全绩效影响因素及投资决策模型旨在辨识安全投资的关键影响要素，阐释安全投资、安全行为与安全绩效的作用机理，构建安全投资决策模型，为提高建筑施工企业安全绩效提供决策支持。为此作者申请了国家自然科学基金面上项目（71571130）、天津市自然科学基金重点项目（12JCZDJC34900），并在其支持下顺利完成了项目研究任务。本书内容是在上述研究成果的基础上整理而成的。

本书由天津财经大学的周远、吴秀宇、李书全和胡少培共同完成，全书由周远汇总定稿。章节具体编写分工如下：第1章由周远、李书全编写，第2章由周远、吴秀宇、胡少培编写，第5章由吴秀宇、李书全、胡少培编写，其余章节由周远、吴秀宇完成。天津财经大学研究生宋孟孟、袁小妹等同学也做出了很大贡献，在此表示感谢。感谢中国建筑工业出版社老师的辛勤劳动，才使本书得以顺利出版。

本书在写作过程中，参阅了大量国内外相关文献，并借鉴参考了很多学者的研究成果，在此一并表示感谢。

由于作者水平以及时间限制，书中难免有疏漏甚至错误之处，敬请读者和同行批评斧正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	2
1.2 研究目的及意义	3
1.2.1 研究目的	3
1.2.2 研究意义	4
1.3 研究框架和内容	5
1.3.1 建筑施工企业员工安全行为影响因素获取	5
1.3.2 基于组织学习的施工企业内社会资本对安全绩效的影响	6
1.3.3 安全投资要素辨识与安全绩效作用机理	7
1.3.4 安全投资决策模型构建	7
1.3.5 施工安全系统脆弱性分析	7
第 2 章 理论基础及文献综述	9
2.1 相关理论基础	10
2.1.1 事故致因理论	10
2.1.2 行为安全理论	16
2.1.3 其他相关理论	18
2.2 文献综述	21
2.2.1 安全投资相关研究现状	21
2.2.2 安全绩效相关研究现状	24
2.2.3 员工安全行为相关研究现状	28
2.2.4 安全投资决策相关研究现状	31
2.2.5 文献述评	33

第 3 章 建筑施工企业员工安全行为影响因素及决策模型.....	35
3.1 员工安全行为影响因素理论分析	36
3.1.1 安全行为决策概念模型	36
3.1.2 安全行为影响因素体系构建	37
3.2 员工安全行为关键影响因素确定	40
3.2.1 数据采集与描述.....	40
3.2.2 模型介绍	42
3.2.3 关键影响因素确定.....	45
3.3 基于支持向量机的安全行为决策模型构建	49
3.3.1 支持向量机概述.....	49
3.3.2 安全行为决策模型设计	54
3.3.3 仿真结果分析	58
3.3.4 员工安全行为影响因素程度分析	59
3.4 管理启示	63
第 4 章 施工企业内社会资本、组织学习与安全绩效的关系	65
4.1 理论基础	66
4.1.1 企业内社会资本的含义	66
4.1.2 组织学习理论	68
4.1.3 企业内社会资本、组织学习与安全绩效的关系研究进展....	69
4.2 研究假设与研究设计	71
4.2.1 企业内社会资本、组织学习与安全绩效的理论假设	71
4.2.2 主要量表的指标描述.....	78
4.3 问卷调查与统计分析	80
4.3.1 问卷设计、发放与统计	80
4.3.2 描述性统计分析.....	82
4.3.3 信度与效度分析.....	84
4.3.4 相关分析.....	87

4.4	企业内社会资本、组织学习与安全绩效关系的实证分析	88
4.4.1	结构方程模型介绍	88
4.4.2	结构模型检验	92
4.4.3	中介假设检验	99
4.4.4	运行结果分析与启示	102
第 5 章	安全投资要素辨识与安全绩效作用机理	105
5.1	概述	106
5.2	理论分析与研究假设	106
5.2.1	安全投资与安全绩效	106
5.2.2	安全投资与员工安全能力	109
5.2.3	员工安全能力与安全绩效	109
5.3	数据获取与分析	110
5.3.1	数据获取与描述性统计	110
5.3.2	探索性因素分析	110
5.4	基于 SEM 的安全投资与安全绩效作用机理分析	111
5.4.1	初始模型分析	111
5.4.2	修正后的模型分析	112
5.4.3	结果分析	113
5.4.4	管理启示	115
第 6 章	建筑施工企业安全投资决策模型构建	117
6.1	概述	118
6.2	建筑施工企业安全投资关键影响因素提取	119
6.2.1	研究设计与描述性统计	119
6.2.2	粗糙集理论的属性约简功能	120
6.2.3	建筑施工企业安全投资影响因素的约简分析	125
6.3	基于 SVM 的安全投资影响因素与安全绩效的回归拟合	126

6.3.1	拟合分析结果	126
6.3.2	测试检验	129
6.4	管理启示	130
第 7 章	建筑企业施工安全系统脆弱性分析	133
7.1	概述	134
7.2	研究设计和数据获取	135
7.2.1	研究设计	135
7.2.2	样本收集和数据特征	138
7.2.3	信度和效度分析	139
7.3	安全系统脆弱性仿真模型分析	139
7.3.1	方法介绍	139
7.3.2	系统流程图构建	139
7.3.3	模型参数确定	140
7.3.4	仿真分析	142
7.3.5	管理启示	146
第 8 章	总结与展望	147
8.1	研究总结	148
8.2	研究不足与展望	150
附录 1	第 3 章调查问卷	152
附录 2	第 3 章基于遗传算法优化的自变量降维主程序	155
附录 3	第 3 章 SVM 主程序	160
附录 4	第 3 章 SVM 结合 MIV 算法程序	162
附录 5	第 3 章 BP 神经网络结合 MIV 算法程序	165
附录 6	第 4 章调查问卷	168
	参考文献	170

第 1 章

绪论

建筑业是国民经济的重要产业,建筑安全是建筑业关注的重要方面,它直接影响建筑工程投资效益的最大化以及国民经济健康可持续发展。减少或消除建筑安全事故是业界及学者非常关注的重要问题之一。建筑安全事故不仅使建筑企业遭受损失,还会损害社会公众利益,直接导致安全与质量、进度和费用之间关系失衡,造成投资成本增加,严重影响建筑业可持续发展和社会稳定。研究建筑施工企业安全投资决策模型,辨识其关键影响要素及安全投资配置,探析安全投资、安全行为与安全绩效的作用机理,对丰富和发展安全管理理论具有重要意义,同时对安全投资科学决策具有实际指导意义。

1.1 研究背景

自改革开放以来,随着我国基础设施建设力度的逐步加大和城镇化进程的不断提速,建筑市场的规模稳步扩大,国内建筑业总产值呈快速增长趋势。尤其是十八大以来,面对我国经济发展新常态,建筑业攻坚克难、稳中求进,在国民经济发展中较好发挥了支撑作用,在吸纳农村转移劳动力、稳定社会就业、增加财政收入、促进社会和谐等方面成效更加显著。从不变价增速来看,2013 ~ 2016 年,建筑业增加值年均增长 8.0%,高于同期国内生产总值年均增速 0.8 个百分点;从现价总量看,2016 年,建筑业增加值达 49522 亿元,比 2012 年增加 1.3 万亿元,是其 1.35 倍;从占 GDP 的比重看,2013 ~ 2016 年,建筑业增加值占当年国内生产总值的比重均保持在 6.7% 以上。建筑业以健康平稳的发展,以及对大量关联产业的有效带动,有力地支撑了国民经济的高速增长^①。

随着我国建筑行业的快速发展,作为职业安全事故率较高的建筑业的安全生产问题,越来越引起社会的广泛重视。虽然我国建筑施工企业的安全生产工作取得了较大进步,但是安全建设事故还是时有发生。为规范建筑行业的安全生产活动,国家相关部门制定了有关法律法规和行业规范,如《建筑法》、《安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》和《建筑施

^① 中华人民共和国统计局网站:建筑行业开拓创新“中国建造”成就显著,2017 年 7 月 24 日。

工企业安全生产管理规范》等,明确了建筑行业各企业主体(如建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等)在安全生产建设过程中的责任和义务,并规定了违反相关法律法规的处罚标准等。安全生产事故成为制约建筑业健康发展的重要不利因素,建筑施工安全生产事故不仅会给当事人及其家庭带来不可弥补的损失,也会对建筑施工企业带来较大的经济损失以及制约社会的健康发展。造成建筑施工企业安全事故频发的原因有诸多方面,其中安全投入不足、安全投入配置不合理、人员安全意识淡薄、安全行为未得到有效规范以及安全事故隐患常态化等方面是引发安全事故的重要因素。

施工企业是保证建筑安全的关键主体,而施工企业的员工则是导致一般安全事故的主要因素,也是事故的最大受害者。随着我国城市化进程和经济社会的发展,未来社会对施工企业员工的需求不断加大,因此如何保证施工企业员工在大型复杂项目中的安全行为将是避免安全事故发生的关键所在,也对如何改善安全生产状况提出了更高的要求。为了进一步提高建筑施工过程中的安全管理方法和安全技术手段,从而有效地降低人员的伤亡和减少经济财产的损失,企业界、研究机构以及政府部门都在努力实现建筑施工企业安全生产。现阶段围绕施工企业安全生产的研究取得了一些重要成果,但并未形成有关安全投入—安全行为—安全绩效相互作用影响的完整理论。建筑施工企业员工是一个数量庞大的群体,在大型复杂项目中如何通过对安全投入的合理化配置以及安全行为的规范势必成为降低建筑业安全事故发生的关键所在。为此,本书从安全行为的角度出发研究建筑施工企业安全投入决策模型,辨识关键安全投入要素及作用机理,构建安全投资决策模型和安全投资合理配置机制,厘清安全投入要素与安全绩效的作用机理,为丰富安全管理理论和提高建筑施工企业安全管理水平提供指导。

1.2 研究目的及意义

1.2.1 研究目的

建筑施工企业安全生产的实现涉及安全制度的建设、安全环境的创造、

安全监督机制的建立、安全行为的规范等要素，这些都是需要企业投入较多的人力、物力以及财力。由于建筑行业的特殊性，一般建筑员工只是从事较为基础的体力劳动，加之目前劳动力市场相对充裕，使得建筑企业的管理者缺乏对安全生产和安全投入的压力和动力。虽然国家明确了对安全投入标准即按照建筑项目的投入比例进行安全投入，但是执行难和执行不到位的现象依然广泛存在于建筑行业。本书就是以建筑施工企业为主体，以安全投资、安全行为和安全绩效为对象，在相关理论研究的基础上，通过对安全投入、安全行为和安全绩效三者的影响因素及相互关系的实证分析揭示安全投入、安全行为与安全绩效的作用机理，一方面为施工企业安全投入决策提供理论依据，另一方面为相关部门制定完善安全生产的政策提供借鉴和参考。

1.2.2 研究意义

由于建筑施工活动是发生在多主体、多环节、多工序的动态复杂系统中的活动，安全投入、安全行为和安全绩效同时存在于这个复杂开放的系统中，研究建筑企业的安全投入、安全行为和安全绩效的内在关系，可以有效地扩展安全投入的筹集渠道，更合理地配置安全资源，提高安全投入效率，增加安全投入的积极性。安全投入受到安全收益间接性和滞后性、安全事故复杂性和或然性、安全生产的外部性等各种因素的复杂作用，尽管这方面已经有了不少的研究成果，但是在安全行为视角下研究安全投入与安全绩效的关系还未做到系统完整。为此，针对安全投入、安全行为和安全绩效的相互作用影响展开研究，对建筑项目安全行为理论和安全绩效理论的拓展有着重要的意义。

由于企业具有逐利性特征，因此建筑企业总希望能尽可能地降低安全投资额，致使企业安全投入动力不足。资源的稀缺性也决定了在企业发展过程中会出现安全与生产争夺资源的情况，这时建筑施工企业一般都会选择首先保证生产需要，而将安全投资排在其后。另外，由于经营管理者对安全投入、安全行为和绩效的规律缺乏全面深入的理解，导致其在进行安

全投入决策时会出现一些非理性行为,因此将影响企业安全投入、安全行为和安​​全绩效的影响因素提炼出来,并厘清各个因素之间的作用关系,从而对建筑企业安全投入资源的配置、使用及管理提供实践支持。

在分析安全投入、安全行为和绩效影响因素及特征的基础上,构建建筑企业安全投资的决策模型,可以帮助建筑企业提高安全投入的效率从而起到对建筑安全事故预防和控制的作用。当前,虽然国家有明确的安全投入标准,但是在部分建筑企业中对安全风险​​的观念依然淡薄,安全投入仅仅是为了项目能够及时竣工,并没有将安全投入进行长远的规划和通盘考虑。许多企业对安全投入的评估,主要依赖于安全事故指标的事后分析。建筑企业建立安全投入决策系统,在识别、预测、诊断安全投入因素的基础上,为企业提供了可操作的对策、方法与途径,可使企业对安全投资管理的影响要素及其作用机理认识更加深刻,安全投资决策更加科学,对安全投资(入)与安全绩效相互作用规律把握更加准确,对提高企业安全管理水平、增加企业经济效益具有重要的现实意义。

1.3 研究框架和内容

本书以建筑施工企业安全投资、安全行为和安​​全绩效为研究对象,依据行为安全、脆弱性、社会资本等理论,运用多属性不确定决策、支持向量机、遗传算法优化等方法,辨识影响安全投资和安全行为的关键影响要素,揭示安全投资、安全行为与安全绩效的作用机理,构建安全投资决策模型,在此基础上对整体安全系统的特征进行分析。具体研究内容如图 1-1 所示。

1.3.1 建筑施工企业员工安全行为影响因素获取

以我国现阶段建筑施工企业员工安全行为状况为研究背景,结合事故致因理论、认知心理学理论和安全行为理论,从社会资本、员工个体和组织管理三个层面构建员工安全行为决策模型和安全行为影响因素体系,利用遗传算法优化计算得出员工安全行为的关键影响因素。本部分研究有助

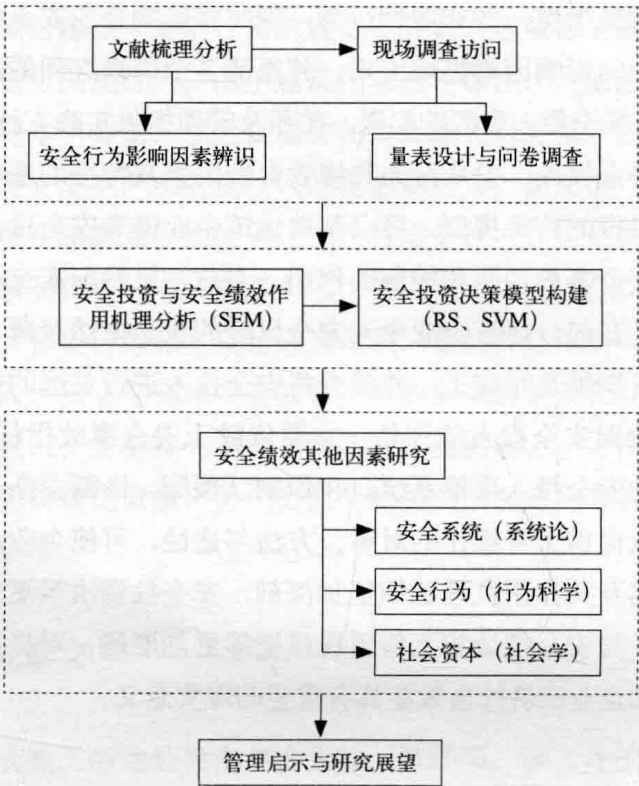


图 1-1 研究内容框架

于施工企业管理者发现影响员工安全行为的关键因素和导致不安全行为的重要路径，为提高企业安全管理能力和水平，促使员工做出安全行为和减少不安全行为提供理论支持。

1.3.2 基于组织学习的施工企业内社会资本对安全绩效的影响

建筑施工安全不仅取决于人、物、环境相互作用，人们在复杂的社会网络中互动交流也对安全结果具有重要影响。除努力消除事故产生的直接原因外，还要从社会学的角度对安全绩效进行研究。当前，已有文献对建筑施工企业内社会资本对安全绩效的影响研究较少。本部分研究通过以组织学习作为中介变量，厘清施工企业内社会资本与施工企业安全绩效的关系，明晰其内在作用机理，探寻增强施工企业内社会资本的方法与提高组

织学习的途径,从而提出改善施工企业安全绩效的对策建议。

1.3.3 安全投资要素辨识与安全绩效作用机理

安全投资是建筑施工企业为达到一定的安全效果对工程项目中涉及的人、物、环境的物质和非物质的投入,这种投入是否产生效果以及如何产生效果是应当研究的关键问题。本部分研究以施工企业员工为研究对象,以员工安全能力作为安全投资与安全绩效作用关系的中介变量,探讨各类安全投资对安全绩效的作用规律,以期为施工企业清晰认识安全投资的作用机理,为其进行合理的安全投资和投资结构优化提供决策依据。

1.3.4 安全投资决策模型构建

安全投资不足和投资要素分配不合理是导致建筑施工企业安全事故发生的重要原因。安全投资对安全绩效的线性或非线性以及动态性的关系并不确定,已有成果未能很好地反映出安全投资关键因素与安全绩效之间的作用规律。本部分研究在提取影响施工企业安全绩效关键要素的基础上,构建安全投资决策的 SVM 模型,进行安全投资要素与安全绩效的仿真模拟,以期为建筑施工企业合理确定安全投资结构和提高施工安全水平提供参考依据。

1.3.5 施工安全系统脆弱性分析

为提高施工企业安全系统的安全水平及其安全管理能力,本部分研究以事故致因理论为基础,结合脆弱性理论,建立施工企业安全系统的脆弱性模型,采用系统动力学方法对影响安全系统脆弱性的因素进行实证分析,并就不同因素对安全系统脆弱性影响的敏感性问题进行仿真分析。研究结果为建筑施工企业评价自身安全系统脆弱性,识别影响安全系统脆弱性的主要因素,提高系统安全性和企业安全管理能力提供理论指导与实践支持。

第2章

理论基础及文献综述