



# Risk Management Effect Analysis of Old Industrial Building Transformation Based on Bow-Tie Model in Whole Life Cycle

Zenghai Wu<sup>1</sup>, Qian Wu<sup>2</sup>, Hai Yuan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Business School of Shaanxi Normal University, Xi'an 610062, China

<sup>2</sup>Research Office of Xi'an University Of Architecture And Technology, Xi'an 710055, China

## 基于领结模型的全生命周期旧工业建筑改造风险管理效果分析\*

武增海<sup>1</sup>, 武乾<sup>2</sup>, 袁海<sup>1</sup>

<sup>1</sup>陕西师范大学国际商学院, 西安 710062, 中国

<sup>2</sup>西安建筑科技大学 科研处, 西安 710055, 中国

### Abstract

This paper focus on the analysis of risk management effect in the transformation and upgrading of old industrial buildings as the main research content. The bow-tie model is used to quantitatively study the single stage and multi-stage of risk loss, risk identification cost, risk prevention cost, risk event remedial cost, and the whole life cycle risk management effect around old industrial buildings, and the quantitative model of the whole life cycle risk management effect is put forward. The research results are of great reference value for risk research in the transformation of old industrial buildings.

**Keywords:** Bow-tie Model, Old Industrial Building, Risk Management Effect

### 摘要

论文以旧工业建筑改造及改进升级中

的风险管理效果分析为主要研究内容。运用领结模型对旧工业建筑改造中单阶段和多阶段风险损失、风险识别成本、风险预防成本、风险事件补救成本和围绕旧工业建筑改造全生命周期风险管理效果进行定量研究；提出全生命周期风险管理效果定量模型。研究结果对于旧工业建筑改造过程中的风险研究具有较为重要的参考价值。

**关键词:** 领结模型 旧工业建筑 风险管理效果

### 1 引言

旧工业建筑改造是一个城市历史文化不断发展的见证，对旧工业建筑的改造和再利用是城市有机更新的重要组成部分。随着社会经济的不断发展和国家对旧工业建筑改造建设意识的改变，旧工业建筑改造快速迅猛发展。旧工业建筑改造项目存在规模大、建设周期短、改造技术不成熟、参与方众多、缺乏政策法规及技术标准、整个过程存在着各种不确定风险因素等特点，如不对

\***基金项目:** 国家自然科学基金项目绿色节能导向的旧工业建筑功能转型激励研究 (51678479); 教育部人文社科项目基于群间传导的产业集群风险扩散机理、稳定性与控制研究 (15YJC630166)。

**作者简介:** 武增海 (1968-), 男, 陕西西安人, 副教授, 博士, 研究方向为系统工程和风险管理; 武乾 (1965-), 男, 陕西西安人, 教授, 博士, 研究方向为工程项目管理; 袁海 (1975-), 男, 山东济南人, 副教授, 博士, 研究方向为产业集群风险管理。



风险进行有效识别、分类、评价和实时管理，一旦风险发生，会给项目造成很严重的危机、损失、甚至灾难。因此，我们要找到科学有效的方法来管理旧工业建筑改造项目再造过程，以期达到降低风险的发生率及其破坏程度的最终目的。因此，本文对旧工业建筑改造项目风险评价体系的构建具有重要的理论价值和现实意义。

## 2 文献综述

因为和本文研究直接相关的文献较少，在该部分作者将就相关文献进行回顾。美国项目管理协会将项目风险定义为：一种不确定的事件或者条件，一旦发生就至少对项目的一个目标产生影响<sup>[1]</sup>。如果对这些风险不加以防范，就可能对项目产生不利的结果<sup>[2]</sup>。风险管理可以很好地处理工程项目中的各类风险<sup>[3]</sup>，实施恰当的风险管理有助于决策更加科学化、合理化，保障工程项目的顺利实施。风险管理就是指组织或个人通过风险识别，采用合理的经济和技术手段对风险因素进行评估、评价，并以此为基础进行决策，合理地使用回避、转移和自留等方法有效应对各类风险，并对其实施监控，妥善处理风险实践发生后引起的不利后果，以保证预期目标顺利实现的管理过程<sup>[4]</sup>。

全面风险管理可以将建筑企业各个阶段、各个方面的风险进行有效控制，使管理过程前后连贯，利于建筑企业有效识别和控制相关风险<sup>[5]</sup>。风险管理要涵盖来自不同组织机构、不同地域、不同管理层和种类不同的风险，包括纯粹风险和投机风险；集成风险管理需要借助风险识别、风险评价、风险预防、风险应对、风险监督等一系列科学有效的管理方法，及时、有效地发现并控制对企业造成负面影响的风险，利用有利于企业发展、获利的风险<sup>[6]</sup>。戴维·尼克森提出风险管理循环过程包括四个阶段：风险识别、风险评估、风险规划、风险监督。John M Nicholas 认为建筑企业风险管理分为三个阶段：风险识别、风险评估和风险决策<sup>[7]</sup>。RaoVM Tumala 则提出了建筑企业风险管理体系的五环节：风险识别、风险度量、风险分析、风险监督和控制。Chapman R J 将建筑企业风险管理过程概括为两个阶段：风险分

析和风险管理<sup>[8]</sup>。

全生命周期旧工业建筑改造风险管理相关研究。Patterson 等通过观测及跟踪风险在项目全生命周期中从发生到应对的全过程，构建出风险记录数据库系统以判断项目风险管理方法是否有效<sup>[9]</sup>；Zou 等构建出基础设施项目生命周期风险管理框架<sup>[10]</sup>；李香花等对项目全生命周期的风险评价过程，构建出模糊信息多维偏好线性规划风险评价模型<sup>[11]</sup>；通过参阅相关文献，本文将工程项目全生命周期划分为：决策立项阶段、计划设计阶段、设计评估、施工/监理阶段、竣工收尾与运营维护阶段。领结模型的更多应用在航空、航天、核电、大型水利工程风险管理领域。领结模型的重要文献是 A. de Ruijter . Guldenmund 领结模型综述<sup>[12]</sup>。Jin Chen (2017) 在研究中建立了甘肃省县级行政单位防震减灾能力评价指标体系，制定了以一个目标为中心的三个标准、十个指标和十五个变量<sup>[13]</sup>。Shaoxiong Yuan, Guangqing Huang (2017) 研究中构建了基于最大熵的中国肇庆高威胁滑坡灾害分布模型<sup>[14]</sup>。

旧工业建筑改造全面风险管理研究，是全面风险管理研究领域的一个新方向，目的在于帮助建筑施工企业建立一套全面风险管理体系，从而更好地识别风险，评估风险，应对风险，符合我国从事旧工业建筑改造建筑企业整体发展需要。目前风险研究大多集中于新建建筑，而对旧工业建筑改造项目的风险管理的研究比较薄弱，已有的研究也仅仅将风险集中在旧工业建筑改造的某一个阶段，缺乏对全过程风险进行系统的、动态的识别和分析，也没有对各种风险做出定量评价并提出针对性的风险应对措施。论文选题基于领结模型的全生命周期旧工业建筑改造风险管理效果分析，对工程项目风险管理、施工安全管理和安全防护措施制定具有较大的理论参考价值。

## 3 旧工业建筑改造风险管理领结模型

### 3.1 旧工业建筑改造风险管理领结模型

为便于讨论问题，本文假设风险源的数量为  $m$  个，对应的预防措施也有  $m$  种；若风险事件发生后可能造成的严重后果有  $n$  种，相应的补救措施也有  $n$  种。实际上，在不同

时期每种风险事件的风险源、预防措施、补救措施和发生后所造成的严重后果均是不同。这一点需要我们应用该理论在指导旧工业建筑改造风险管理实践中要特别注意。预防措施和补救措施通过工程活动、维护活动和运营活动实现。旧工业建筑改造风险管理领结模型如图 1。

### 3.2 旧工业建筑改造风险管理效果定量分析

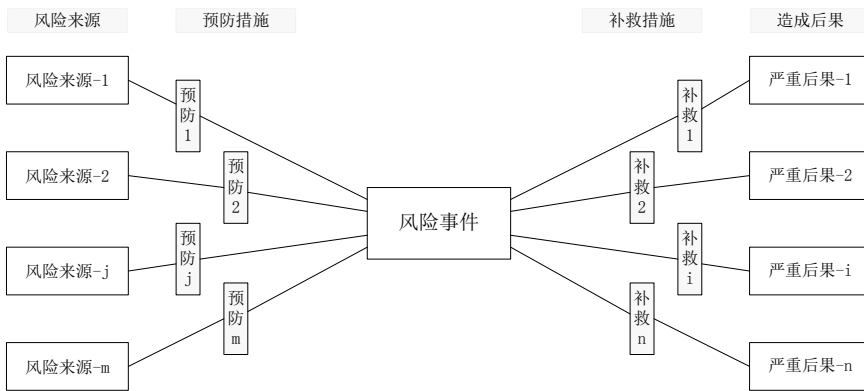


图 1 旧工业建筑改造风险管理领结模型

旧工业建筑改造总的风险管理效果通过如果不采取措施可能造成的损失与通过采取措施而避免风险的发生所产生的风险管理成本进行比较来反映，即：用风险发生造成的损失与风险管理成本之差来反应。

$$\text{风险事件总损失: } L = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot d_i, \text{ 其}$$

中  $\alpha_i$  为风险发生后第  $i$  种严重后果的概率， $d_i$  为风险发生后第  $i$  种严重后果造成的损失。

风险管理总成本由风险源识别成本、风险预防成本和风险事件发生后补救成本构成。

$$\text{其中: 风险源识别成本: } S = \sum_{j=1}^m s_j; s_j$$

为识别第  $j$  种风险源所需支付的成本;

$$\text{风险预防成本: } P = \sum_{j=1}^m p_j; p_j \text{ 为预}$$

防第  $j$  种风险源进一步扩散所需支付的成本;

$$\text{风险事件发生后补救: } R = \sum_{j=1}^m r_j; \text{ 为补}$$

救第  $i$  种严重后果所需支付的成本;

总的风险管理成本:

$$G = \sum_{j=1}^m s_j + \sum_{j=1}^m p_j + \sum_{j=1}^m r_j. \text{ 因此, 总的风}$$

险管理效果表示为:

$$U = L - G = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot d_i - \left( \sum_{j=1}^m s_j + \sum_{j=1}^m p_j + \sum_{j=1}^m r_j \right)$$

; 这个数值越大说明旧工业建筑改造风险管理效率越高, 反之, 则说明风险管理效果要差一些。

## 4 全生命周期旧工业建筑改造风险管理研究

### 4.1 第 $k$ 种风险事件管理效果定量分析

旧工业建筑改造风险管理是在综合经济学、结构系统可靠性原理、管理学、行为科学、运筹学、概率统计学、计算机科学、系统论、信息论等各学科和现代工程技术的基础上, 逐步形成的边缘学科。风险管理就是要对项目过程中可能存在的问题/风险进行有效管理。风险管理自身的过程, 是先识

别出项目每一个过程中可能存在的问题，评估哪一个问题对项目目标的影响最大，然后明确负责解决这一问题的责任人和具体的解决措施。一个工程项目从一般意义上来说可以沿时间维度、目标维度和因素维度识别可能发生的风险。旧建筑改造风险类型会有多种，如火灾、水灾和坍塌等等。旧工业建筑改造第 k 种风险管理模型如下图 2。

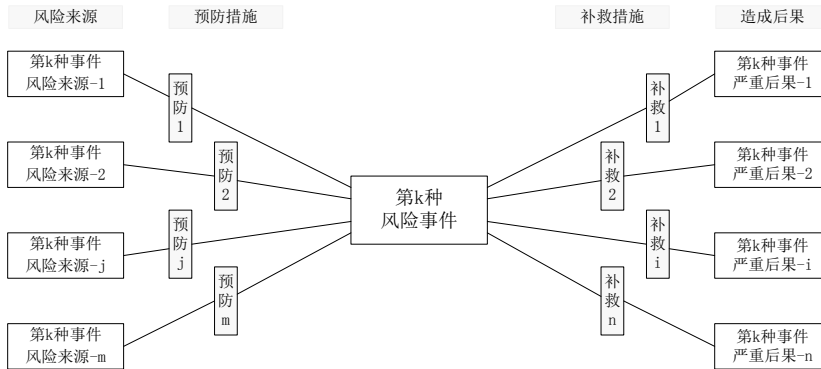


图 2 旧工业建筑改造第 k 种风险管理模型

第 k 种风险事件总损失：

$$L_k = \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot d_{ik}; \text{ 假设旧建筑改造的风险}$$

类型有 w 种；

W 种风险的总的损失：

$$L = \sum_{k=1}^w L_k = \sum_{k=1}^w \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot d_{ik}; \text{ 第 k}$$

种风险管理总成本由风险源识别成本、风险预防成本和风险事件发生后补救成本构成。

$$\text{第 k 种风险源识别成本: } S_k = \sum_{j=1}^m s_{jk};$$

W 种风险源识别成本：

$$S = \sum_{k=1}^w S_k = \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jk}; \text{ 第 k}$$

$$\text{种风险预防成本: } P_k = \sum_{j=1}^m p_{jk}; \text{ W 种风险}$$

$$\text{预防成本: } P = \sum_{k=1}^w P_k = \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jk}; \text{ 第 k}$$

种风险事件发生后补救成本：

$$R_k = \sum_{j=1}^m r_{jk}; \text{ W 种风险事件发生后补救成}$$

$$\text{本: } R = \sum_{k=1}^w R_k = \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m r_{jk}; \text{ 第 k}$$

种风险总的管理成本：

$$G_k = \sum_{j=1}^m s_{jk} + \sum_{j=1}^m p_{jk} + \sum_{j=1}^m r_{jk}; \text{ W 种风险总}$$

的管理成本：

$$G = \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jk} + \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jk} + \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m r_{jk}$$

；W 种风险总的管理效果：

$$U = L - G = \sum_{k=1}^w \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \cdot d_{ik} - \left( \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jk} + \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jk} + \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m r_{jk} \right)$$

#### 4.2 旧工业建筑改造全生命周期风险管理定量分析

为了便于分析，本文假设旧工业建筑改造还可使用周期共 v 期/阶段。

旧工业建筑改造第 t 阶段第 k 种风险事

$$\text{件总损失: } L_{kt} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ikt} \cdot d_{ikt}$$

第 t 阶段第 k 种风险管理总成本由风险源识别成本、风险预防成本和风险事件发生后补救成本构成。旧工业建筑改造可以存在的周期为 v。

第 t 阶段第 k 种风险源识别成本:

$$S_{kt} = \sum_{j=1}^m s_{jkt}; \text{ 第 t 阶段第 k 种风险预防成}$$

$$\text{本: } P_{kt} = \sum_{j=1}^m p_{jkt}; \text{ 第 t 阶段第 k 种风险事}$$

$$\text{件发生后补救: } R_{kt} = \sum_{j=1}^m r_{jkt};$$

第 t 阶段第 k 种风险总的管理成本:

$$G_{kt} = \sum_{j=1}^m s_{jkt} + \sum_{j=1}^m p_{jkt} + \sum_{j=1}^m r_{jkt}$$

### 4.3 旧工业建筑改造全生命周期风险管理效果: 损失-成本定量分析

全生命周期旧工业建筑改造风险管理模型如图 3。

旧建筑 V 期风险事件总损失:

$$L = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{i=1}^n \alpha_{ikt} \cdot d_{ikt}$$

V 期总的风险源识别成本:

$$S = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jkt}。$$

V 期总的风险预防成本:

$$P = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt};$$

V 期总风险事件发生后补救:

$$R = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt};$$

V 期风险总的管理成本:

$$G = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jkt} + \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt} + \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt}$$

旧建筑 V 期内总的风险管理效果:

$$U = L - G = \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{i=1}^n \alpha_{ikt} \cdot d_{ikt} - \left[ \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m s_{jkt} + \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt} + \sum_{t=1}^v \sum_{k=1}^w \sum_{j=1}^m p_{jkt} \right]$$

### 5 小结和讨论

论文运用领结模型对旧工业建筑改造全生命周期风险管理效果进行了定量分析, 提出了单阶段和多阶段风险识别成本模型、风险预防成本模型、风险事件补救模型和旧工业建筑改造全生命周期风险管理效果定量模型; 对于旧建筑工程来讲, 全生命周期中的风险事件可能是火灾、水灾和各类事故等; 可采取的预防和补救风险措施来源于工

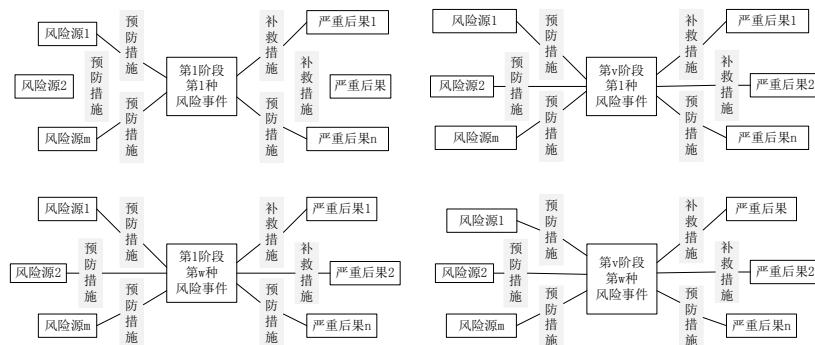


图 3 全生命周期旧工业建筑改造风险管理模型

程活动、维护活动和运营活动。研究结果对于旧工业建筑改造转型风险研究具有较为重要的参考价值。

本研究的主要内容体现在运用领结模型对全生命周期旧工业建筑改造风险管理的一般原理进行的定性和定量分析之中,但研究并未就具体的风险源,风险评估,预防措施,具体风险,风险发生后的补救措施和风险的严重后果进行具体说明和界定,但这并不影响本研究的理论价值;实际上本研究的理论结果具有较为广泛的实际应用,这些工作将在以后的研究中完成。

#### 参考文献

- [1] PMI. A guide to managing project risks and opportunities. USA: Project Management Institute, 2008:26-31
- [2] Miillar R, Lessard D. Understanding and managing risks in large engineering projects. *International Journal of Project Management*, 2001, 19(8):437-443.
- [3] Edwards P J, Bowen P A. Risk and risk management in construction: review and future directions for research. *Engineering Construction and Architectural Management* 1998, 5(4): 339-349.
- [4] 陈勇强,顾伟.工程项目风险管理研究综述. *科技进步与对策*,2012(09):157-160
- [5] 左光之.建筑公司风险管理识别与防范, *华东经济管理*,2016 (8) :179-184.
- [6] 杨乃定,Rolf.企业集成风险管理—企业风险管理发展新方向, *工业工程与管理*,2002 (7) :1-5.
- [7] Koziak B. Retrieving political emotion: Thumos, Aristotle, and gender. Pennsylvania: Pennsylvania State University Press, 2000:16-18.
- [8] Chapman R J. The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design. *International Journal of Project Management*, 2001, 19 (3) :147-160.
- [9] 杨仙,张可能,岳健,等.基于熵度量法的盾构施工过程风险评价. *湖南科技大学学报(自然科学版)* ,2015,30(4) : 64-68.
- [10] 张栋,庄其建,赖理文.基于 AHP 和熵权法的地铁车站深基坑施工安全评价. *现代交通技术*,2016,13(3) : 80-85.
- [11] 朱鹏,易子纯,梁莎莎,等.基于熵权的地铁施工对邻近建筑物的风险模糊评价. *价值工程*,2011,(18) : 115-116.
- [12] A.de Ruijter A, Guldenmund F. The bowtie method: A review. *Safety Science*, 2016, 88: 211-218
- [13] Chen J, Li W, Chen W K. Assessment of earthquake prevention and disaster reduction capability of county-level administrative units in Gansu Province. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2017, 7(4): 214 – 224.
- [14] Yuan S X, Huang G Q, Xiong H X, Gong Q H. Maximum entropy-based model of high-threat landslide disaster distribution in Zhaoqing, China. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2017, 7(3): 108 - 126