

建筑企业安全投入的加权相关度及优化研究

陆 宁 刘 静

(长安大学建筑工程学院, 陕西 西安 710061)

摘 要: 为减少安全事故中人员伤亡和财产损失, 运用加权关联度及动态优化的方法, 进行建筑企业安全投入指标排序及安全投入力度优化研究. 基于安全投入预防性、针对性和风险性等特征, 讨论建筑企业管理、人员、技术和设备等方面安全投入的构成, 建立建筑企业安全投入评价指标体系, 构建建筑企业安全投入相关度优化模型, 引入关联矩阵和权重矩阵, 综合确定各项安全投入指标的加权相关度排序, 并对未来安全投入力度进行优化, 最后给出算例分析. 结果表明, 该方法通过计算关联系数和指标权重, 能够提高安全投入相关度排序结果的准确性, 优化安全投入力度, 实现建筑企业安全投入结构的合理化调整.

关键词: 建筑企业; 安全投入; 加权相关度; 排序; 优化

中图分类号: X948

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)04-0482-5

Study on the weighted correlation degree and optimization of safety investment in construction enterprises

LU Ning LIU Jing

(School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China)

Abstract: To reduce casualties and property losses of safety accidents, the index ranking and intensity optimization of safety investment in construction enterprises were studied by weighted correlation degree and dynamic optimization. Based on the features of precaution, pertinence and risk, the composition of safety investment including management, personnel, technology and equipment was discussed, the evaluation index system of safety investment was built, and the correlation degree optimization model was established. By introducing the correlation matrix and weight matrix, the ranking of weighted correlation degree was comprehensively determined, the future safety investment intensity was optimized, through an example. The results indicated that by this method the correlation coefficient and index weight help improve and calculate the accuracy of safety investment ranking, optimize the intensity of safety investment, and therefore achieve a reasonable quantitative adjustment of safety investment structure for construction enterprises.

Key words: construction enterprises; safety investment; weighted correlation degree; ranking; optimization

安全是建筑企业的生命线. 近年来, 某些建筑企业片面追求短工期、低成本和利润最大化, 安全防范意识薄弱, 安全投入力度不足且权重配比不合理, 导致安全事故频发, 造成了大量的人员伤亡和巨额的经济损失, 安全形势日益严峻. 因此, 进行建筑企业安全投入的相关度排序及安全投入力度优化研究, 对于增加安全投入规模, 调整安全投入结构, 降低安全事故伤亡率, 具有积极的现实意义.

国内外学者针对安全投入问题相继展开了研究. Jimmie Hinze 等^[1]指出安全投入由安全人员配置、企业安全培训、员工保护装备、安全管理组织及安全事故调查等构成. Marianne^[2]通过研究建筑企业安全效益, 给出关于安全效益特征和标准的准确描述. Chan K. H.^[3]提出应增加安全投入中维护更新的费用, 以提高建筑物的安全可靠. 张仕廉^[4]通过研究建筑企业隐形安全成本及管理效率, 认为

提高管理水平和优化安全投入结构是减少隐形安全成本的有效途径. 任海芝^[5]借助层次分析法和灰色关联分析法, 对煤炭企业安全投入规模与投入结构进行优化研究. 杨高升^[6]指出充足的安全投入和有效的政府监管力度是减少事故损失的有效手段. 由此可见, 国内外有关安全投入的研究多集中于安全投入构成、安全效益、安全评价等方面, 鲜见在安全投入指标加权相关度排序的基础上, 提出建筑企业未来安全投入力度优化的方法. 因此, 笔者基于建筑企业安全投入预防性、针对性和风险性等特征, 建立科学全面的安全投入评价指标体系; 构建安全投入相关度优化模型, 创新性引入关联矩阵和权重矩阵, 综合确定各项安全投入指标的加权相关度排序; 动态优化建筑企业未来安全投入力度, 并给出算例分析. 本文研究旨在提高安全投入相关度排序结果的准确性, 优化调整安全投入力度

配比，降低事故伤亡率，确保建筑企业成本、进度、质量、安全目标的协同控制。

1 建筑企业安全投入评价指标体系

1.1 建筑企业安全投入特征

建筑企业安全投入^[7-8]是指建筑企业在施工生产活动中，为降低安全事故伤亡损失，针对企业管理、企业员工、生产技术和机械设备等要素，所进行的一系列资源投入的总和。建筑企业安全投入具有以下特点：

(1) 预防性和延滞性。作为建筑企业事前控制手段之一，安全投入对人员伤亡和经济损失的预防和抑制作用具有滞后性，其效果难以及时显现和准确评价。

(2) 针对性和全面性。安全投入是针对施工过程中特定安全隐患与问题，所进行的有关人力、物力、财力等全方位的投入，旨在顺利实现建设企业的安全控制目标。

(3) 风险性和收益性。作为一项投资活动，

安全投入具有风险性。在科技水平发展的推动下，建筑企业应不断提高安全投入水平，优化安全投入结构，增加安全投入效益，降低安全投入风险。

因此，建筑企业在施工生产活动中，应尽可能将安全投入的延滞性转化为预防性，全面深入探究建筑企业安全投入的构成，增加效益，规避风险，确保建设项目安全控制目标的顺利实现。

1.2 建筑企业安全投入评价指标体系

基于建筑企业安全投入预防性、针对性和风险性等特征，依据陈万金、强茂山^[9-11]等相关学者对安全投入指标的分类，在综合满足建设工程自然环境、施工周期、工艺技术等客观因素和企业员工安全意识、教育素质、技术经验等主观因素的前提下，从管理、人员、技术、设备等视角，将企业管理、健康教育、生产技术、机械设备作为安全投入一级评价指标，进而细分为日常管理、安全文明、教育培训、劳动防护、应急技术、施工技术、机械设施、设备更新等二级评价指标，构建科学的建筑企业安全投入评价指标体系，如表 1 所示。

表 1 建筑企业安全投入评价指标体系
Tab. 1 Evaluation index system of safety investment for construction enterprises

一级指标	二级指标	指标科学内涵
企业管理投入	日常管理投入 q_1	确保建筑企业安全部门日常工作及安全人员薪酬的投入 包括：安全部门办公支出、安全管理体系建设维护、安全监察体系建设维护、安全信息体系建设维护、施工作业安全生产管理、安全人员工资津贴、安全人员奖金福利等投入
	安全文明投入 q_2	确保建筑企业施工现场、办公区和生活区安全文明生产的投入 包括：施工现场绿化、办公生活区净化、道路硬化清洁、施工围挡覆盖、现场治污减霾、高空防护装置、安全操作规程、文明工地评优、安全通道标志、“五牌一图”标识、“四口”，“五临边”标识等投入
健康教育投入	教育培训投入 q_3	确保建筑企业员工接受安全知识教育和安全技能培训的投入 包括：三级安全教育、安全法律法规、安全标准规范、安全技能讲座、安全书籍期刊、安全岗前培训、特种作业培训、安全生产例会、安全宣传教育、安全文艺汇演、安全知识竞赛等投入
	劳动防护投入 q_4	确保建筑企业员工个体防护和身体健康的投入 包括：日常安全防护用品，如防护服，防护面罩，安全帽，安全带，手套和胶鞋等、夏季防暑降温物品、冬季防滑防冻物品、雨季防雨防淋物品、安全急救药品、安全保健品、职业病防治费用、员工体检费用、员工工伤保险等投入
应急技术投入	应急技术投入 q_5	确保建筑企业现场突发事件得到有效控制的投入 包括：应急预案编制、救援器材购置、救援设备购置、应急药品购置、应急救援培训、应急救援组织、救援人员配备、应急救援演练、应急预警技术、防治灾变技术、危险源技术整改等投入
	施工技术投入 q_6	确保建筑企业生产工艺技术改造和更新的投入 包括：技术方案编制，生产工艺研发、生产技术革新、安全监控技术、防雷接地技术、防尘降噪技术、技术软件购置、技术软件升级、技术班组跟班作业、聘请技术专家等投入
备设施投入	机械设施投入 q_7	确保建筑企业机械设施检测、维护、保养和更新的投入 包括：垂直防护机械装置、水平防护机械装置、高空作业机械装置、临边洞口防护设施、电气焊接防护设施、极端天气防护设施、消防器材设施等检测、维护、保养和更新的投入
	设备更新投入 q_8	确保建筑企业生产设备检测、维护、保养和更新的投入 包括地质勘探设备、挖掘支护设备、泵送搅拌设备、配料加工设备、垂直提升设备、水平运输设备、通风排烟设备、防爆防尘设备、防雷接地设备、监测通讯设备、保养维修设备等检测、维护、保养和更新的投入

2 建筑企业安全投入相关度优化模型

2.1 事故损失矩阵

建筑企业事故损失由直接事故损失和间接事故损失构成。直接事故损失是指可依据建筑企业财务账目汇总核算得出的损失,主要包括人身伤亡救治损失、死亡员工赔偿损失、现场停工整改损失、事故善后处理损失、环境污染整顿损失等;间接事故损失难以准确运用货币直接或间接度量,可依据 Heinrich 关于间接事故损失约为直接事故损失 4 倍的结论^[12]得出,主要包括停产减产价值损失、工效影响损失价值、生产资源价值损失、企业品牌价值损失、停工工期滞后损失及员工入职培训损失等。因此,事故损失约为 5 倍的直接事故损失。建立建筑企业事故损失矩阵 P , 如式 (1) 所示。

$$P = [p_n] \quad (1)$$

式中: n 为时间跨度中各年所对应的次序号,选取时间跨度为 8 年, $n=1,2,\dots,8$; p_n 为第 n 年建筑企业事故损失额, 万元。

2.2 安全投入矩阵

通过建筑企业财务账目明细,分别核算得出表 1 中各项安全投入指标的安全投入额,进而建立建筑企业安全投入矩阵 Q , 如式 (2) 所示。

$$Q = [q_{mn}] \quad (2)$$

式中: m 为安全投入指标项数, $m=1,2,\dots,8$; q_{mn} 为第 m 项安全投入指标在第 n 年中的投入额, 万元。

2.3 事故损失和安全投入的标准矩阵

为了消除量纲和数量级上的差异,增强指标数据的可比性,对事故损失数据和安全投入数据进行 0-1 标准化处理^[13],得到事故损失标准矩阵 P^* 和安全投入标准矩阵 Q^* , 如式 (3) 和式 (4) 所示。

$$P^* = [p_n^*] = \left[\frac{p_n - p^{\min}}{p^{\max} - p^{\min}} \right] \quad (3)$$

$$Q^* = [q_{mn}^*] = \left[\frac{q_{mn} - q_n^{\min}}{q_n^{\max} - q_n^{\min}} \right] \quad (4)$$

式中: p_n^* 为第 n 年事故标准损失额; p^{\min} 为第 n 年中事故最小损失额, 万元; p^{\max} 为第 n 年中事故最大损失额, 万元; q_{mn}^* 为第 m 项安全投入指标在第 n 年中标准投入额; q_n^{\min} 为第 m 项安全投入指标在第 n 年中最小投入额, 万元; q_n^{\max} 为第 m 项安全投入指标在第 n 年中最大投入额, 万元。

2.4 安全投入与事故损失的关联矩阵

依据式 (3) 和式 (4), 分别得出第 m 项安全投入指标的最小极差 Δq_m^{\min} 和最大极差 Δq_m^{\max} , 如式 (5) 和式 (6) 所示。

$$\Delta q_m^{\min} = \min_m \min_n |p_n^* - q_{mn}^*| \quad (5)$$

$$\Delta q_m^{\max} = \max_m \max_n |p_n^* - q_{mn}^*| \quad (6)$$

由式 (3) ~ 式 (6), 得到安全投入与事故损失的关联矩阵 L , 表示各项安全投入指标同事故损失的关联程度, 如式 (7) 所示。

$$L = [l_{mn}] = \left[\frac{\Delta q_m^{\min} + \delta \Delta q_m^{\max}}{|p_n^* - q_{mn}^*| + \delta \Delta q_m^{\max}} \right] \quad (7)$$

式中: l_{mn} 为第 n 年中第 m 项安全投入指标与事故损失的关联系数; $\delta \in (0,1)$, 一般取 $\delta = 0.5$ 。

2.5 安全投入指标的权重矩阵

为了准确得到各项安全投入指标的权重,对式 (4) 中安全投入标准矩阵 Q^* 进行归一化处理,得到安全投入归一化矩阵 Q^{**} , 如式 (8) 所示。

$$Q^{**} = [q_{mn}^{**}] = \left[\frac{q_{mn}^*}{\sum_{n=1}^8 q_{mn}^*} \right] \quad (8)$$

式中: q_{mn}^{**} 为第 m 项安全投入指标在第 n 年中归一化投入额。

依据式 (8), 得出第 n 年各项安全投入指标的熵 e_n , 如式 (9) 所示。

$$e_n = \frac{1}{\ln 8} \sum_{n=1}^8 q_{mn}^{**} \ln q_{mn}^{**} \quad (9)$$

依据式 (9), 得出第 n 年各项安全投入指标的权重矩阵 W , 如式 (10) 所示。

$$W = [w_n]^T = \left[\frac{1 - e_n}{\sum_{n=1}^8 (1 - e_n)} \right]^T \quad (10)$$

式中: w_n 为第 n 年各项安全投入指标的权重。

2.6 安全投入指标加权相关度矩阵

依据式 (7) 和式 (10), 得出安全投入指标的加权相关度矩阵 R , 如式 (11) 所示。

$$R = [r_m]^T = L \times W \quad (11)$$

式中: r_m 为第 m 项安全投入指标的加权相关度, 表示各项安全投入指标同事故损失的加权关联程度。

依据加权相关度 r_m , 可得出各项安全投入指标的相关度排序规律. r_m 值越大, 表明该项安全投入指标与事故损失的相关程度越大; 反之则越小.

2.7 安全投入力度优化

建筑企业在未来的生产经营活动中, 在对各项安全投入指标加权相关度排序的基础上, 尚应进一步对各项安全投入指标的投入力度进行优化调整, 以提高研究成果的动态性和前瞻性. 具体应减少 r_m 值较高的安全投入指标 q_m^{\max} 的过剩投入, 同时增加 r_m 值较低的安全投入指标 q_m^{\min} 的投入力度. 调整时, 首先将 $0.67^{[14]}$ 的 r_m 值作为区分 q_m^{\max} 和 q_m^{\min} 的界限; 进而在事故损失标准矩阵 P^* 和安全投入标准矩阵 Q^* 中, 选取最末年度即第 8 年与最小损失年度 n' 中标标准数列; 最后计算 q_m^{\max} 或 q_m^{\min} 的安全投入在第 8 年和第 n' 年中占事故损失与各项安全投入之和的比值, 其差值即为未来建筑企业安全投入应减少或增加的力度 φ , 从而实现安全投入力度优化和安全投入结构的合理量化分配. 安全投入力度优化计算方法如式 (12) 所示.

$$\varphi = \left(\frac{q_8^*}{\sum_{m=1}^8 q_{m8}^* + p_8^*} - \frac{q_{n'}^*}{\sum_{m=1}^8 q_{mn'}^* + p_{n'}^*} \right) \times 100\% \quad (12)$$

式中: φ 为 q_m^{\max} 或 q_m^{\min} 应优化调整的安全投入力度; q_8^* 为 q_m^{\max} 或 q_m^{\min} 在第 8 年中安全标准投入额; q_{m8}^* 为第 m 项安全投入指标在第 8 年中安全标准投入额; p_8^* 为第 8 年中事故标准损失额; $q_{n'}^*$ 为 q_m^{\max} 或 q_m^{\min} 在第 n' 年中安全标准投入额; $q_{mn'}^*$ 为第 m 项安全投入指标在第 n' 年中安全标准投入额; $p_{n'}^*$ 为第 n' 年中事故标准损失额.

对于 q_m^{\max} , $\varphi > 0$, 应减少 q_m^{\max} 的安全投入的力度为 φ ; 反之 q_m^{\min} 应增加的安全投入力度为 $|\varphi|$.

3 算例分析

某建筑企业自成立至今, 一直秉承“安全第一、预防为主; 以人为本, 综合治理”的生产原则, 重视各项安全投入指标的投入, 不断进行施工技术革新, 加强管理体制建设, 从未出现重大安全伤亡事故. 通过建筑企业财务账目明细, 汇总核算得出该企业 2007~2014 年间事故损失额和各项安全投入额, 依据式 (1) 和式 (2), 得到事故损失矩阵 P

和安全投入矩阵 Q .

$$P = [165.80 \ 100.05 \ 150.30 \ 130.60 \ 200.40 \ 145.25 \ 160.55 \ 146.99]$$

$$Q = \begin{bmatrix} 42.75 & 45.22 & 65.75 & 43.40 & 46.19 & 53.38 & 57.75 & 52.39 \\ 20.12 & 23.74 & 13.45 & 36.19 & 22.03 & 26.76 & 13.83 & 28.98 \\ 58.39 & 55.42 & 61.58 & 68.36 & 64.83 & 50.27 & 37.66 & 48.68 \\ 34.53 & 35.63 & 58.05 & 41.48 & 37.36 & 44.31 & 45.18 & 43.99 \\ 25.48 & 25.04 & 11.12 & 30.84 & 11.80 & 20.04 & 13.76 & 26.28 \\ 68.29 & 49.27 & 68.85 & 69.65 & 56.45 & 67.23 & 64.26 & 55.45 \\ 28.15 & 21.97 & 25.33 & 26.27 & 33.73 & 25.89 & 34.16 & 29.13 \\ 42.70 & 38.21 & 47.67 & 48.49 & 48.08 & 43.87 & 49.53 & 59.34 \end{bmatrix}$$

依据式 (3) 和式 (4), 得到事故损失标准矩阵 Q^* 和安全投入标准矩阵 P^* .

$$P^* = [0.66 \ 0.00 \ 0.50 \ 0.30 \ 1.00 \ 0.45 \ 0.60 \ 0.47]$$

$$Q^* = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.11 & 1.00 & 0.03 & 0.15 & 0.46 & 0.65 & 0.42 \\ 0.29 & 0.45 & 0.00 & 1.00 & 0.38 & 0.59 & 0.02 & 0.68 \\ 0.68 & 0.58 & 0.78 & 1.00 & 0.89 & 0.41 & 0.00 & 0.36 \\ 0.00 & 0.05 & 1.00 & 0.30 & 0.12 & 0.42 & 0.45 & 0.40 \\ 0.73 & 0.71 & 0.00 & 1.00 & 0.04 & 0.45 & 0.13 & 0.77 \\ 0.93 & 0.00 & 0.96 & 1.00 & 0.35 & 0.88 & 0.74 & 0.30 \\ 0.51 & 0.00 & 0.28 & 0.35 & 0.97 & 0.32 & 1.00 & 0.59 \\ 0.21 & 0.00 & 0.45 & 0.49 & 0.47 & 0.27 & 0.54 & 1.00 \end{bmatrix}$$

依据式 (5) ~ 式 (7) 得到安全投入与事故损失的关联矩阵 L .

$$L = \begin{bmatrix} 0.42 & 0.82 & 0.49 & 0.64 & 0.36 & 0.98 & 0.91 & 0.91 \\ 0.57 & 0.52 & 0.49 & 0.41 & 0.44 & 0.78 & 0.45 & 0.69 \\ 0.96 & 0.46 & 0.63 & 0.41 & 0.81 & 0.92 & 0.45 & 0.82 \\ 0.42 & 0.91 & 0.49 & 0.98 & 0.35 & 0.93 & 0.76 & 0.88 \\ 0.87 & 0.41 & 0.49 & 0.41 & 0.33 & 0.10 & 0.51 & 0.62 \\ 0.64 & 1.00 & 0.51 & 0.41 & 0.43 & 0.53 & 0.79 & 0.75 \\ 0.77 & 1.00 & 0.68 & 0.91 & 0.93 & 0.79 & 0.55 & 0.80 \\ 0.52 & 1.00 & 0.90 & 0.73 & 0.48 & 0.73 & 0.88 & 0.48 \end{bmatrix}$$

依据式 (8) ~ 式 (10), 基于安全投入归一化矩阵 Q^{**} , 得到各项安全投入指标的权重矩阵 W .

$$W = [0.12 \ 0.10 \ 0.13 \ 0.13 \ 0.12 \ 0.14 \ 0.12 \ 0.14]^T$$

依据式 (11), 可得各项该企业安全投入与事故损失的加权关联度矩阵 R .

$$R = [0.69 \ 0.55 \ 0.69 \ 0.72 \ 0.59 \ 0.62 \ 0.80 \ 0.70]^T$$

由此可知, 该建筑企业在 2007~2014 年期间各项安全投入的加权相关度由大到小排序为: 机械设施投入、劳动防护投入、设备更新投入、日常管理投入、教育培训投入、施工技术投入、应急技术投入、安全文明投入.

为实现对建筑企业未来安全投入的合理优化, 建筑企业在未来的生产活动中, 应注重各项安全投入力度配比的动态调整. 具体来讲, 依据式 (12),

建筑企业应在2014年各项安全投入的基础上,动态减少机械设施投入、劳动防护投入等高加权相关度指标的投入力度,减少力度分别为11.770%、5.590%;同时应当动态增加施工技术投入、应急技术投入、安全文明投入等低加权相关度指标的投入力度,增加力度分别为6.080%、9.920%、10.240%,从而优化建筑企业安全投入力度,实现安全投入结构的合理量化调整。

4 结 论

(1) 鉴于建筑企业日益严峻的安全形势,结合建筑企业安全投入的特征,分别对管理、健康教育、生产技术、机械设备等各引入2项投入指标,建立全面而科学的建筑企业安全投入评价指标体系,据此评价建筑企业的安全投入。

(2) 构建建筑企业安全投入相关度优化模型,通过关联矩阵和权重矩阵测算关联系数和指标权重,综合确定各项安全投入的加权相关度,在对各项安全投入排序的基础上,对建筑企业未来安全投入力度的量化分配做出优化。

(3) 算例分析结果表明,该研究成果能够提高安全投入加权相关度排序结果的准确性,为建筑企业进行安全投入力度优化提供科学的理论依据,调整安全投入结构,提高建筑企业安全监督管理水平。

建筑企业应当重视各项安全投入和事故损失数据的搜集、分类、统计和更新工作,保证数据的准确性、可靠性和可比性,确保建筑企业的成本、质量、进度和安全控制目标的顺利实现。

参考文献 References

- [1] JIMMIE H,DEVENPORT J N,GIANG G. Analysis of construction worker injuries that do not result in lost time[J].Journal of Construction Engineering and Management,2006,132(3):321-326.
- [2] MARIANNE T. Safety in construction-a comprehensive description of the characteristics of high safety standards in construction work, from the combined perspective of supervisors and experienced workers[J].Journal of Safety Research,2009,40(6):399-409.
- [3] CHAN K H. Improving building safety in property maintenance[J].Property Management,2012,30(5):465-476.
- [4] 张仕廉,赵隼.建筑企业隐性安全成本分析及管理效率评价[J].中国安全科学学报,2014,24(4):130-135.
ZHANG Shilian,ZHAO Jun.Hidden safety costs analysis and management efficiency evaluation[J].China Safety Science Journal,2014,24(4):130-135.
- [5] 任海芝,陈玉琴,程恋军.煤炭企业安全投入规模与投入结构优化研究[J].中国安全科学学报,2014,24(8):3-8.
REN Haizhi, CHEN Yuqin, CHENG Lianjun. Study on optimizing both size and structure of safety investment in coal enterprises[J].China Safety Science Journal, 2014,24(8):3-8
- [6] 杨高升,姜双双,李丹丹.促进建筑企业加大安全投入的政府奖惩方案研究[J].中国安全生产科学技术,2013,9(4):186-190.
YANG Gaosheng, JIANG Shuangshuang, LI Dandan. Research on government's rewards and punishment scheme for promoting the safety input of construction enterprise[J].Journal of Safety Science and Technology,2013,9(4):186-190.
- [7] 陆宁,李霖,解燕平.建筑工程项目施工安全管理挣值法研究[J].中国安全科学学报,2013,23(3):145-149.
LU Ning,LI Lin,XIE Yanping. Study on earned value method for construction project safety management[J]. China Safety Science Journal,2013,23(3):145-149.
- [8] 陆宁,廖向晖等.建设项目安全成本率分析模型[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2007,39(2):161-166.
LU Ning,LIAO Xianghui,WANG Wei,et al. The analytical model of safety cost rate for the construction project[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology:Natural Science Edition,2007,39(2):161-165.
- [9] 陈万金,刘素霞,杨涛.安全投入统计指标体系探讨[J].中国安全科学学报,2004,14(7):38-42.
CHEN Wanjin,LIU Suxia,YANG Tao.Probe into statistical index system of safety investment[J].China Safety Science Journal,2004,14(7):38-42.
- [10] 强茂山,方东平,肖红萍,等.建设工程项目的安全投入与绩效研究.土木工程学报,2004(11):101-107.
QIANG Maoshan,FANG Dongping,XIAO Hongping, et al. Research on safety input and safety performance of construction engineering projects[J].China Civil Engineering Journal,2004,37(11):38-42.
- [11] 陈大伟,赵晨阳,田翰之,等.建筑安全生产事故统计指标体系创新及应用研究[J].中国安全科学学报,2013,23(11):72-78.
CHEN Dawei,ZHAO Chenyang,TIAN Hanzhi,et al. Study on an innovation in construction accidents statistical indexes system and its application[J].China Safety Science Journal,2013,23(11):72-78.
- [12] HERBERT William Heinrich. Industrial accident prevention: a scientific approach[M]. New York, 1941:66-468.
- [13] 俞立平,潘云涛,武夷山.科技评价结果标准化方法及对组合评价的影响[J].情报杂志,2012,31(1):41-46.
YU Liping,PAN Yuntao,WU Yishan. Study on effect of evaluation score standardization to combined assessment[J].Journal of Intelligence,2012,31(1):41-46.
- [14] 陆宁,王芳,王小萌.建设项目施工管理可靠性与合格标准的确定[J].现代商贸工业,2008,20(1):280-281.
LU Ning,WANG Fang,WANG Xiaomeng. Definition of reliability and eligibility standard in construction project management[J]. Modern Business Trade Industry, 2008,20(1):280-281.

(编辑 沈波)