

伍娇娇,刘霁.灾区震后重建中建筑工程造价快速评估技术研究[J].地震工程学报,2018,40(5):1092-1097.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.1092

WU Jiaojiao, LIU Ji. A Technique for the Rapid Assessment of Construction Costs in the Reconstruction of Post-earthquake Disaster Areas[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(5): 1092-1097. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.1092

灾区震后重建中建筑工程造价快速评估技术研究

伍娇娇¹, 刘 霁²

(1. 湖南城建职业技术学院管理工程系, 湖南 湘潭 411101; 2. 中南林业科技大学建筑学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:针对传统方法无法对灾区震后重建中的建筑工程造价进行快速评估的问题,提出适合灾区震后重建的,基于灰色动态预测的建筑工程造价快速评估技术。采用朗格系数法对灾区重建中建筑工程造价进行综合评估分析,确定重建工程造价范围,通过加权平均数指数法对建筑工程造价情况进行判断,构建自回归移动模型防止建筑工程造价评估中受到异常因素影响,分析人工使用费、机械设备使用费、材料使用费,计算项目造价指数,根据基期单方造价与报告期单方造价计算结果,建立灰色动态预测图,实现对灾区震后重建中建筑工程造价快速评估。实验结果表明,采用改进评估技术可在短时间内对灾区震后重建中建筑工程造价进行评估,且评估误差较低,具有一定的优势。

关键词:灾区;震后重建;建筑工程;造价;快速评估

中图分类号: TU111.19

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)05-1092-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.1092

A Technique for the Rapid Assessment of Construction Costs in the Reconstruction of Post-earthquake Disaster Areas

WU Jiaojiao¹, LIU Ji²

(1. Department of Management Engineering, Hunan Urban Construction College, Xiangtan 411101, Hunan, China;

2. School of Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: Traditional methods for evaluating reconstruction costs in post-earthquake disaster areas have proven insufficient. Therefore, a technique for the rapid evaluation of such costs, based on gray dynamic prediction, is proposed, which is suitable for application in earthquake disaster areas. The cost of building construction was judged by the weighted average index method, and the autoregressive moving model was constructed to prevent the influence of abnormal factors in the construction cost assessment. Labor costs and the use fee for mechanical equipment and material were analyzed, and the project cost index was calculated. Project cost indices were calculated. Based on the calculated results, the gray dynamic prediction map was drawn to realize the rapid evaluation of construction costs in post-earthquake disaster areas. The experimental results showed that the improved evaluation technique can be used to evaluate the cost of post-earthquake reconstruction in a short period of time. The technique is shown to provide the advantages of low evaluation error.

收稿日期: 2017-08-20

基金项目: 湖南省 2016 年教育厅科技项目(16C0289); 国家青年科学基金(51408617)

第一作者简介: 伍娇娇(1983-), 女, 湖北宜昌人, 讲师, 硕士研究生, 研究方向为建筑与土木工程、工程管理、工程造价。

E-mail: m13055151344_1@163.com。

Keywords: disaster area; post-earthquake reconstruction; building construction; cost; rapid assessment technique

0 引言

近几年地震及次生灾害的反复发生,给人们的生活带来毁灭性的损坏,导致居民生活空间支离破碎。灾后重建使灾区物质、经济和人们的精神、心理重建等均成为了急需解决的问题,重建中建设工程的工期、质量、造价及安全等因素均为人们重点关注的问题^[1]。震后在对灾区进行重建时,随着各项重建工作的快速启动,财政投入、社会各界的广泛参与,会产生大量的投入,各类项目、各项资金会贯穿在灾区地震恢复重建的过程。如何高效利用有限的建设资源^[2],让有限的建设资金起到最大的社会效益及经济利益,最实际最有效的方法就是加强工程造价的控制力度和管理工作,提高造价控制及管理水平,在确保工程质量和工期的前提下,减少工程成本,实现减少资源浪费,节省建设资金的目的。

地震灾区重建和安置工作涉及诸多民生问题,是一项复杂的系统工程。尽快重建家园,恢复和提升发展能力是地震灾区建设的首要任务^[3]。灾区震后重建中对于建筑用的水泥、钢材、冶金、运输等行业产生大量的需求,如控制不慎、盲目发展,必将对灾区形成合围之势^[4],使之变成耗竭资源、破坏环境的重工业基地。针对这种情况,提出适合灾区震后重建的、基于灰色动态预测的建筑工程造价快速评估技术。

1 灾区震后重建中建筑工程造价综合评估分析

1.1 灾区重建中建筑工程造价综合评估准则

无论地震强度大小,建筑均会产生一定程度的损伤,震后能否在短时间内进行灾区重建与第一时间进行救援同样重要。对此,采用朗格系数法对灾区重建中建筑工程造价进行综合评估分析,确定重建工程造价范围,是灾后重建中建筑工程造价评估的重要前提。计算得到朗格系数,利用该系数结合时间因子和精度因子可实现评估建筑工程造价。

灾区震后重建中,建筑的建设能力不均衡,其建设资金和建设速度之比的指数幂成正比,如公式(1)所示:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{X_2}{X_1} \right)^n \quad (1)$$

式中: X_1 表示已知建筑工程建造能力; X_2 表示已知拟建项目建设速度; I_1 表示已知的固定资产金额;

I_2 表示建筑工程未知的建设能力, $n \approx 0.6$ 表示建设能力指数。

专家对灾区地震程度的评估结果可作为进一步评估工程建设能力的基础^[5],专家对建设能力的积极性系数用 C_{ai} 表示,即反映专家对建筑造价评估准确程度,公式为:

$$C_{ai} = M_j / M \quad (2)$$

式中: C_{ai} 表示专家积极性系数; M_j 表示需要评估项目数; M 表示总评估耗时。

上述过程均需以灾区地震程度为基数,与适当系数相乘,推算建筑工程项目所需的整体建设费用,计算式如下:

$$D = (1 + \sum k_i) \cdot k_c \cdot C \quad (3)$$

式中: D 为总建设费用; C 为地震等级; k_i 为管线、仪表、建筑物等直接费用的估算系数; k_c 表示建筑工程项目总估算系数,则总建设费用和设备费用比值即是朗格系数 K :

$$K = \frac{D}{C} = (1 + \sum k_i) \cdot k_c \quad (4)$$

利用朗格系数,通过时间因子 t 与评估精度因子 θ 两个指标对建筑工程造价状况进行综合评估^[6],综合评估结果表示如下:

$$E = F(t_0, \theta_0) = K \cdot K_1 t_0 + K_2 \theta_0 \quad (5)$$

式中: K_1, K_2 为时间因子 t_0 和评估精度因子 θ_0 的权重系数,且 K_1, K_2 均大于0。

1.2 建筑工程造价智能评估判断分析

建筑工程造价指数是反映单一事物的变化状态,编制方法比较简单,采用加权平均指数法对不同地震等级下建筑的损伤进行分析,其常用于计算震后建筑工程造价所需物理量指数^[7],也可用于计算物价指数,则物价指数公式为:

$$I = \frac{\sum K_q q_0 p_0}{\sum q_0 p_0} = \sum K_q \frac{q_0 p_0}{\sum q_0 p_0} \quad (6)$$

式中: k_q 为个体物量指数; I 为价格指数; p 为价格; q 为数量;下标0为基期取。

对于平稳时间序列,通过研究灾区震后建筑损伤情况为建筑工程能力的相关性,ARMA模型为随机时间序列解析方法^[8],其把时间序列当作为众多偶然因素一起作用下的随机型波动,采用随机理论对随机时间序列进行分析,是最常用的时间序列评

估方法^[9],也可用于建筑工程造价的快速评估。

假设灾区震后重建过程中,建筑工程造价评估时刻 t 的响应为 X_t 只和 $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ 有线性关联,而 a_t 是白噪声序列,则自回归模型为:

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + a_t \quad (7)$$

对于 $MA(q)$ 模型,假设 X_t 仅与进入系统的扰动 $a_{t-j} (j=1, 2, \dots, q)$ 有一定相关关系,则移动平均模型为

$$X_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (8)$$

假设时间 t 的响应为 X_t 不但和前一时刻序列值相关,还和前一时刻序进入系统的扰动具有一定的相互关系^[10],那么自回归移动模型(ARMA)可描述为:

$$X_t - \varphi_1 X_{t-1} - \varphi_2 X_{t-2} - \dots - \varphi_p X_{t-p} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (9)$$

对于具有趋势性转变的非稳定时间序列,可通过一次或多次的差分处理,结合自回归求和滑动对ARMA模型进行分析,判断导致建筑工程造价异常的因素,确定其对震后重建中建筑工程造价评估结果是否造成真正的影响。

假定灾区震后重建中整体影响因素 S 服从正态分布,即: $S \sim N(u, p^2)$,对其中一个随机样本 s ,做 n 次重复试验,测得结果为 $s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n$ 。为检验 $s_i (i=1, 2, \dots, n)$ 中是否存在异常因素,将 s_i 按其值由小到大顺序重新排序^[11],得到 $s(1), s(2), \dots, s(i), \dots, s(n)$,若最大及最小均为建筑工程造价异常因素,则进行以下判断:

(1) 危险率 α 判断。对危险率记性判断,就是获取造成建筑工程造价评估错误判断的概率^[12],此时要分析地震对灾区建筑造成的影响。如果要求严格,检出水平 α 可取值小一些,如 $\alpha = 0.01$,则置信概率 $p = 1 - \alpha = 0.99$;若要求不严格, α 可取值大一些,如定 $\alpha = 0.1$,即 $p = 0.90$;通常设置为 $\alpha = 0.05, p = 0.95$ 。

(2) 计算 T 值(student值)。设 T_1 和 T_2 是对应 $X_{(1)}$ 和 $X_{(n)}$ 的 T 值,计算式为:

$$T_1 = \frac{\bar{X} - X_{(1)}}{\sigma} \quad (10)$$

$$T_2 = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{\sigma} \quad (11)$$

式中: \bar{X} 为影响样本的算数平均值, σ 为样本的标准差。

(3) 根据 α 值和样本个数 n ,求出判断可疑值的临界值 $T_0(n, \alpha), T_0(n, \alpha)$ 被称为格拉布斯系数。

(4) 判断建筑工程造价结果。取 T_1 和 T_2 中较

大的 T 值,若 $T \geq T_0(n, \alpha)$,则相应的 S 值判定为影响造价的异常因素,予以剔除,然后对剔除差异值后的样本序列重新计算 $s, \sigma, T(n, \alpha)$,再次对样本进行判断,若差异值仍存在,将其剔除。重复以上步骤,直到样本序列中存在的影影响造价因素异常值全部剔除出去,满足终止条件;若 T_1 和 T_2 均小于 $T_0(n, \alpha)$,则认为无影响灾区震后重建的建筑工程造价因素,可以全部采用在下一步建筑工程造价快速评估中。

2 建筑工程造价快速评估技术研究

在对灾区震后重建中建筑工程造价进行快速评估过程中,主要通过分析人工使用费、机械设备使用费、材料使用费^[13-15],计算项目造价指数,根据基期单方造价与报告期单方造价计算结果,建立灰色动态评估图,实现对灾区震后重建中建筑工程造价快速评估。

2.1 人工费价格评估

人工费容易受到其价格指数的影响,对价格指数进行确定即可实现对人工费价格评估,主要包含各专业工程的人工费价格指数、建筑人工费价格指数。其中建筑人工费价格指数尤为重要,其是在不改变各专业建筑人工费价格指数意义的根本上进行修改,步骤如下:

$$I_A^r = \frac{R_{Ai}}{\frac{M_i}{\frac{R_{Ao}}{M_o}}} \times 100 = \frac{\sum p_{ij}^r \cdot q_{ij}^r}{\frac{M_i}{\frac{\sum p_{oj}^r \cdot q_{oj}^r}{M_o}}} \times 100 = \frac{\sum Q_{ij}^r \cdot p_{ij}^r}{\sum Q_{oj}^r \cdot P_{oj}^r} \times 100 = \frac{\sum Q_{ij}^r \cdot \frac{P_{ij}^r}{P_{oj}^r} p_{oj}^r}{\sum Q_{oj}^r \cdot p_{oj}^r} \times 100 = \frac{\sum Q_{ij}^r \cdot p_{oj}^r \cdot I_{ij}^r}{\sum Q_o^r \cdot p_o^r} \times 100 = \sum I_{ij}^r \cdot \frac{Q_{ij}^r \cdot p_o^r}{\sum Q_o^r \cdot p_o^r} \times 100 = \sum I_{ij}^r \cdot W_j^r \times 100 \quad (17)$$

式中: L_A^r 为建筑工程人工费价格指数, R_{Ai} 为工程报告期, R_{Ao} 为工程基期人工费, M_i 为建筑材料报告期, M_o 为基期工程项目建筑面积, p_{ij}^r 为建筑工程项目报告期, p_{oj}^r 为基期第 j 种工种单价, q_{ij}^r 为建筑工种报告期, q_{oj}^r 为基期第 j 种工种的消耗量, I_{ij}^r 为第 j 种工种的人工价格指数, W_j^r 为第 j 种工种费用

在建筑工程人工费中所占的权重比例, Q_{ij}^c 为工种单位报告期, Q_{oj}^c 为基期第 j 种工种单位面积消耗量。

2.2 机械使用费价格评估

机械使用费价格评估和人工费价格评估步骤基本一样,选择关键施工机械,依据已完工程造价信息解析、评估各施工机械在整体机械费里所占比重,采用加权平均法计算获得机械使用费价格指数。公式如下:

$$I_m = \sum \left(\frac{P_{ij}^m}{P_{oj}^m} \times 100 \times W_j^m \right) = \sum (I_{ij}^m \cdot W_j^m) \quad (18)$$

式中: I_m 表示整体机械使用费价格指数; I_{ij}^m 表示第 j 个施工机械使用单价指数; P_{ij}^m 表示报告期 i 时刻第 j 种施工机械使用单价; P_{oj}^m 表示基期 o 时刻第 j 种施工机械使用单价; W_j^m 表示第 j 种施工机械在整体机械费里所占比重。

2.3 材料费价格评估

材料费价格评估就是在已知的单个价格指数根本上,分析各种材料在全部材料费里所占比例,可使用加权平均方法进行预算,公式如下:

$$I_A^c = \sum I_{ijk}^c \cdot W_{jk}^c \quad (19)$$

式中: I_A^c 表示建筑工程材料费价格指数; I_{ijk}^c 表示第 j 类第 k 种主材的个体价格指数; W_{jk}^c 为第 j 类第 k 种主材在材料费中所占的比重:

$$I_A^c = \sum I_{ij}^c \cdot W_j^c \quad (20)$$

式中: I_A^c 为建筑工程材料费价格指数; I_{ij}^c 为第 j 类主材的价格指数; W_j^c 表示第 j 类主材在全部材料费中所占比重。

2.4 灰色动态预测图构建

灾区震后重建中建筑工程项目进行调整后,能够进行同期同类型重建工程项目综合单价指标的评估。该指标评估采用算术平均法进行计算,公式如下:

$$\overline{P_{(bz)}} = \frac{\sum P_{(bz)}}{n} \quad (21)$$

式中: $\overline{P_{(bz)}}$ 表示建筑工程建设中部分标准项目的综合单价指标; (bz) 为此标准项目编码; $P_{(bz)}$ 表示单个建筑工程的部分标准项目的综合单价。

灾区震后重建中建筑工程常采用建设项目的单方造价进行项目造价指数计算,公式如下:

$$I(cs)_{ij} = \frac{Q(cs)_{ij}}{Q(cs)_{oj}} \quad (22)$$

式中: $I(cs)_{ij}$ 表示第 j 类单个工程项目造价指数; $Q(cs)_{oj}$ 、 $Q(cs)_{ij}$ 分别表示基期、报告期第 j 类单个

工程项目单方造价。通过上述可得整体灾区震后重建中建筑工程造价的短期灰色动态评估图如图 1 所示。

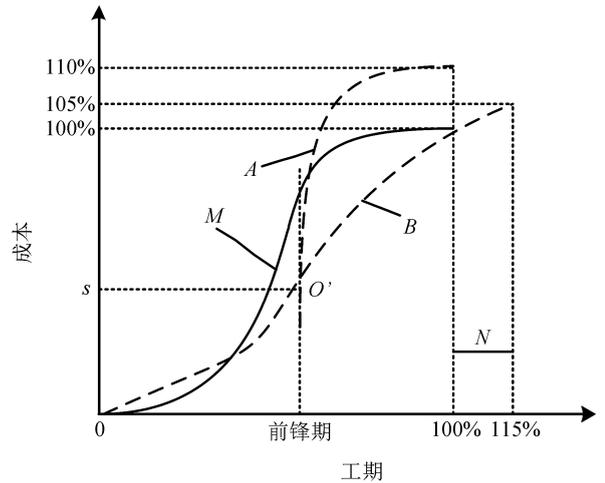


图 1 工程造价评估图

Fig.1 Engineering cost assessment chart

图 1 中 S 为实际成本, M 为计划成本线, A 为第一方案评估线, B 为第二方案评估线, N 为工期拖延时间。由图 1 可知,基于实际和计划的成本模型,在到达控制期时,发现主要活动拖延,如果不采取措施,需要换方案执行,则工期延长 15%,到最后会增加成本。采取其它措施,若增加投入,成本增加更多,此时需要根据不同的情况评估出不同方案的成本状况,再进行对比。

基于灰色动态预测结果建立工程造价快速评估模型。由于住建部建设标准中对建筑工程造价的综合单价法计价时,将单项价格指数编制建筑工程造价快速评估模型表示为:

$$C_{lp} = \frac{C_{lpm}}{C_{lp0}} = \frac{\sum (l_n + m_n + j_n)_i \times f_{in}}{\sum (l_0 + m_0 + j_0)_i \times f_{i0}} \quad (25)$$

式中: C_{lpm} 为灾区震后重建报告期单方建筑工程造价, C_{lp0} 为灾区震后重建基期单方建筑工程造价, l_n 为灾区震后重建报告期部分工程项目人工费价格, l_0 为灾区震后重建基期部分工程项目人工费价格, m_n 为灾区震后重建报告期部分工程项目材料费价格, m_0 为灾区震后重建基期部分工程项目材料费价格, j_n 为灾区震后重建报告期部分工程项目机械费价格, j_0 为灾区震后重建基期部分工程项目机械费价格, f_{in} 为灾区震后重建报告期部分工程项目剩余综合费率, f_{i0} 为灾区震后重建基期部分工程项目剩余综合费率, i 为灾区震后重建建筑工程项目编号。

3 实验结果分析

为了验证改进技术在建筑工程造价评估方面的有效性和可行性,实验过程以90个样本为研究对象,把前85个样本当作训练样本,剩下的5个样本为测试样本,在MATLAB下,把经过PCA处理的训练样本数据导入到模型里,设置惩罚系数是100,核函数宽度系数是0.01,输出建筑工程造价评估模型,再把测试样本数据导入到灾区重建中建筑工程造价评估模型中,并对模型评估结果实行解析,以检测快速评估技术的有效性,结果如图2、图3所示。

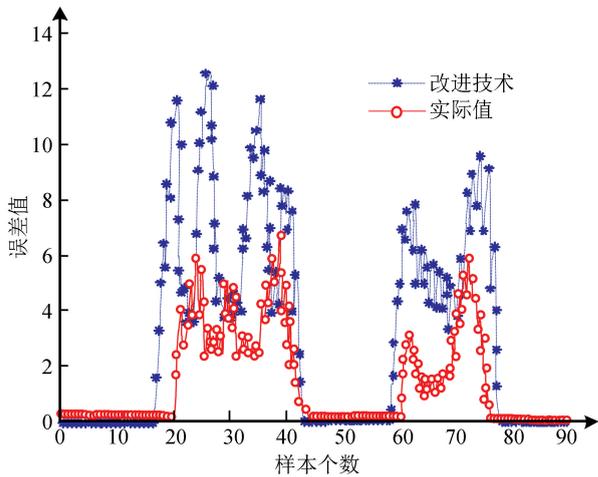


图2 传统技术的评估结果

Fig.2 Evaluation results of traditional technique

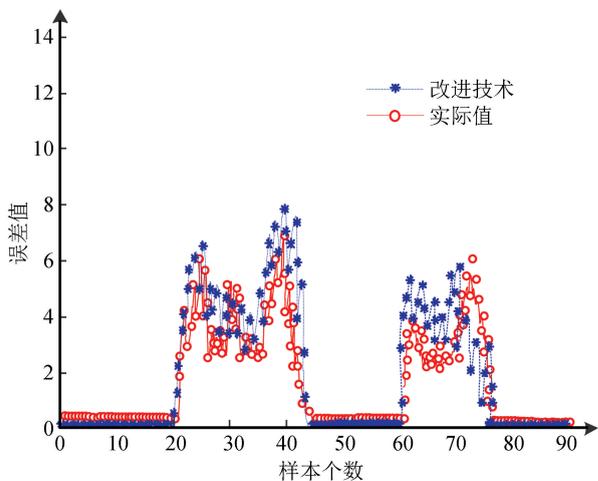


图3 改进技术的评估结果

Fig.3 Evaluation results of improved technique

由图2、3可知,采用传统技术对灾区震后重建中建筑工程造价进行评估时,其评估结果与实际值相差较大,尤其是样本数量在20~45,最高的误差达到了9,评估结果精度较低,不适合在快速评估中

使用;采用改进评估技术时,其评估结果较为接近实际值,且无大幅度的差距,误差最高时达到了4,相比传统技术降低了5,较为稳定具有一定的优势。

4 结论

针对传统评估方法一直存在无法对灾区震后重建中的建筑工程造价进行快速评估的问题,提出适合灾区震后重建的基于灰色动态评估的建筑工程造价快速评估技术。实验结果表明,采用改进评估技术可在短时间内对灾区震后重建中建筑工程造价进行评估,评估结果与实际灾区震后重建工程造价费用基本一致,尤其是样本数量在20~40时(灾区震后重建工程建筑数量基本在该范围内),本文所提评估方法较传统方法误差平均减少了7,证明所提方法评估误差较低,具有一定的优势。

参考文献(References)

- [1] 黄建文,王东,廖再毅,等.基于组合赋权法和云理论的震后重建住宅工程质量评价研究[J].中国安全生产科学技术,2016,12(3):127-132.
HUANG Jianwen, WANG Dong, LIAO Zaiyi, et al. Evaluation on Engineering Quality of Post-earthquake Reconstruction Residential Buildings Based on Combined Weight Method and Cloud Theory[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2016, 12(3): 127-132.
- [2] 谭斯颖.中国模式的灾后重建:精英化的景观改造实践——以汶川地震灾后重建为例[J].城市发展研究,2016,23(11):39-44.
TAN Siying. Post Disaster Reconstruction in China: The Landscape Recreate by Elites: Case Studies in Wenchuan Earthquake[J]. Urban Development Studies, 2016, 23(11): 39-44.
- [3] 王飞,袁康,郭军林,等.简易滑移隔震技术在村镇建筑中的应用[J].工程抗震与加固改造,2017,39(2):122-128.
WANG Fei, YUAN Kang, GUO Junlin, et al. Application of Simple Sliding Seismic Isolation Technology in Rural Buildings [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2017, 39(2): 122-128.
- [4] 柯雄,杜军,李儒林,等.汶川地震后远期灾区居民生命质量水平及其与社会支持关系研究[J].中国全科医学,2017,20(35):4423-4427.
KE Xiong, DU Jun, LI Rulin, et al. Long-term Relationship of Quality of Life and Social Support in the Survivors of Wenchuan Earthquake[J]. Chinese General Practice, 2017, 20(35): 4423-4427.
- [5] 裴兴旺,李慧民,孟海,等.既有建筑结构安全性检测过程质量脆弱性评价[J].中国安全生产科学技术,2017,13(1):181-186.
PEI Xingwang, LI Huimin, MENG Hai, et al. Quality Vulnerability Assessment on Safety Testing Process of Existing Build-

- ing Structure[J].Journal of Safety Science and Technology, 2017,13(1):181-186.
- [6] 杨彪,李慧民,孟海,等.基于 GM-ANN 模型的建筑物沉降量变化趋势预测方法[J].中国安全生产科学技术,2016,12(10):149-153.
- YANG Biao,LI Huimin,MENG Hai,et al.Prediction Method on Change Trend of Building Settlement Based on GM-ANN Model[J].Journal of Safety Science and Technology,2016,12(10):149-153.
- [7] 李福根,辛晓洲,李小军.地震灾区植被净初级生产力恢复效应评价[J].水土保持研究,2017,24(6):139-146.
- LI Fugen,XIN Xiaozhou,LI Xiaojun.Assessment of Restoration of Vegetation Net Primary Productivity in Earthquake Disaster Area[J].Research of Soil and Water Conservation, 2017,24(6):139-146.
- [8] 刘斌涛,宋春风,史展,等.芦山地震灾区土壤流失方程研究[J].长江科学院院报,2016,33(1):15-19.
- LIU Bintao,SONG Chunfeng,SHI Zhan,et al.Soil Loss Equation of Lushan Earthquake Area[J].Journal of Yangtze River Scientific Research Institute,2016,33(1):15-19.
- [9] 魏青,曹云飞,廖彩之.汶川地震后灾区学生创伤性应激障碍及情绪症状[J].中国学校卫生,2016,37(10):1483-1486.
- WEI Qing,CAO Yunfei,LIAO Caizhi.Surveillance of Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) among Students in Quake-hit Regions after Wenchuan Earthquake[J].Chinese Journal of School Health,2016,37(10):1483-1486.
- [10] 胡卸文,韩玫,梁敬轩,等.汶川地震灾区泥石流若干关键问题[J].西南交通大学学报,2016,51(2):331-340.
- HU Xiewen,HAN Mei,LIANG Jingxuan,et al.Some Key Problems on Debris Flow in Wenchuan Earthquake Area[J].Journal of Southwest Jiaotong University,2016,51(2):331-340.
- [11] 华建兵,吴韬,蒋敏,等.大震下村镇建筑砌体结构的抗震性能数值分析[J].地震工程学报,2017,39(1):52-57.
- HUA Jianbing,WU Tao,JIANG Min,et al.Numerical Analysis of Seismic Behaviors of Masonry Structures in Village Buildings During Strong Earthquakes[J].China Earthquake Engineering Journal,2017,39(1):52-57.
- [12] 程锦,刘正奎.鲁甸地震灾区学龄前儿童创伤后应激症状及其相关因素[J].中国心理卫生杂志,2017,31(3):225-229.
- CHENG Jin,LIU Zhengkui.Posttraumatic Stress Symptoms and Related Factors Among Preschool Children Who Experienced the Ludian Earthquake[J].Chinese Mental Health Journal,2017,31(3):225-229.
- [13] 臧万军.汶川地震公路隧道震害规律研究[J].现代隧道技术,2017,54(2):17-25.
- ZANG Wanjun.Damage to Highway Tunnels Caused by the Wenchuan Earthquake[J].Modern Tunnelling Technology, 2017,54(2):17-25.
- [14] 史华.基于复杂网络的建筑物强震下抗毁性估计模型[J].地震工程学报,2017,39(6):1024-1028.
- SHI Hua.Invulnerability Estimation Model of Buildings with Complex Networks under Strong Earthquakes [J]. China Earthquake Engineering Journal,2017,39(6):1024-1028.
- [15] 钱叶,侯怡铃,邱洁,等.龙门山地震带土壤细菌多样性的研究[J].土壤通报,2017,48(5):1093-1101.
- QIAN Ye,HOU Yiling,QIU Jie,et al.Soil Bacterial Diversity in Longmen Mountain Seismic Zone[J].Chinese Journal of Soil Science,2017,48(5):1093-1101.