

基于损失的基础设施震后恢复重建工程资金快速评估方法研究*

戴君武¹, 王艳茹²

(1. 中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 温州大学, 浙江 温州 325035)

摘要: 以基础设施直接经济损失为基础, 利用统计拟合方法提出了基于损失的基础设施震后恢复重建工程资金快速评估方法, 并以地震案例验算快速评估方法的可行性。该方法计算简单, 可为政府相关部门提供恢复重建以及投资的建议, 有助于地震灾区快速展开恢复重建工作。

关键词: 基础设施; 损失; 恢复重建; 资金评估

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)01-0145-06

0 引言

我国作为一个地震频发的国家, 应具有完善的灾后应急机制。震后恢复重建是应急工作的重要组成部分, 它是救援、灾害损失评估等应急工作的补充和深化, 震后恢复重建工作开展首先需要适合于中国行政管理制度的震后恢复重建工程资金评估方法, 它对于震后恢复重建工作的统筹安排至关重要。基础设施作为生命线系统, 在地震过程中应保证不中断、即使中断也应尽快恢复, 基础设施是恢复重建工作中的重中之重, 为此本文探讨了基础设施震后恢复重建工程资金评估方法, 利用具有代表性的汶川地震数据给出了快速评估方法中所需要的参数, 并以宁洱地震为例研究评估方法的可行性。

1 基础设施分类

根据汶川地震灾害损失统计资料、灾后恢复重建规划, 把基础设施分成交通系统、电力系统、通讯系统、市政公用设施和水利工程5种, 具体划分如下:

交通系统: 高速公路、国省干线公路、农村公路、县乡客运站等相关公路工程; 还应包括铁路系统和民航系统。

电力系统: 发电厂、变电所、输电线、配电系统等与电力相关的设施。

通信系统: 固定通信、移动通信、传输网络、广播电视、村通和农村信息化等设施。

市政公用设施: 城市道路(含桥梁)、城市轨道交通、供水、排水、燃气、热力、园林绿化、环境卫生、道路照明等设施及附属设施。

水利工程: 防洪减灾、供水保障、农村水利、水土保持与水资源检测等基础设施。

2 快速评估方法

快速评估方法以《地震现场工作第4部分灾害直接损失评估》(GB/T18208.4-2005)确定的各类基础设施地震直接经济损失结果为依据, 综合利用震后恢复重建规划, 利用统计分析方法, 给出了交通系统、电力系统、市政公用设施、通信系统、水利系统等基础设施震后恢复重建工程资金调整系数, 可使政府有关部门快速了解各类基础设施震后恢复重建工程资金分布。

2.1 评估方法实现过程

(1) 基础设施震后恢复重建工程资金的确定, 应首先以受灾区域为单位, 按《地震现场工作第4部分灾害直接损失评估》(GB/T18208.4-2005)调查确定各类基础设施的地震直接经济损失。

(2) 基础设施震后恢复重建工程资金应按下

* 收稿日期: 2012-01-12.

基金项目: 地震行业科研专项“宁洱6.4级地震现场综合考察和研究(200808061)”资助.

列步骤计算:

① 按式(1)计算受灾区域各类基础设施震后恢复重建工程资金额:

$$C_{RIS}(I)=\lambda_{IS}(I)L_{IS}(I). \tag{1}$$

式中: $C_{RIS}(I)$ 为各受灾区域第 I 类基础设施震后恢复重建工程资金额; $L_{IS}(I)$ 为按《地震现场工作第 4 部分灾害直接损失评估》(GB/T18208.4-2005)确定的该受灾区域第 I 类基础设施的地震直接经济损失。 λ_{IS} 为该受灾区域第 I 类基础设施恢复重建工程资金评估分项调整系数。

② 将所有类型基础设施震后恢复重建工程资金相加,得到该受灾区域基础设施的震后恢复重建工程资金额。

③ 将所有受灾区域各类基础设施震后恢复重建工程资金相加,得出整个地震灾区基础设施震后恢复重建工程资金初步评估的总额。

2.2 基础设施恢复重建工程资金评估调整系数确定

2.2.1 基础设施震后恢复重建工程资金与损失的

比例变化趋势分析

(1) 交通系统震后恢复重建工程资金与损失比例变化趋势分析

利用汶川地震灾后交通系统恢复重建工程资金与相应损失数据^①给出的二者比例变化趋势。对数据进行拟合并分析:拟合模型为: $y=A1*\exp(-x/t_1)+y_0$;拟合公式如式(2)所示,拟合图形如图 1 所示。由分析结果和图 1 可知,交通系统恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数的增大而减小。

$$y=10.445\cdot e^{-\frac{x}{6.453}}-1.216. \tag{2}$$

式中, y 为交通系统震后恢复重建工程资金与损失比例; x 为烈度影响系数,指统计单元内不同烈度区基于人口的加权平均值,按(3)式计算:

$$I_l=\sum_m\frac{I(i,m)\times P(i,m)}{P(i)}. \tag{3}$$

① 安县人民政府. 2008. 安县灾后恢复重建实施规划.
北川羌族自治县人民政府. 2008. 北川羌族自治县灾后重建实施规划.
苍溪县人民政府. 2008. 苍溪县灾后恢复重建实施规划.
德阳发展和改革委员会. 2009. 四川省汶川地震灾后恢复重建年度计划表(德阳市汇总表).
德阳市统计局. 2008. 德阳市“5·12”地震灾害损失统计表.
涪城区人民政府. 2008. 涪城辖区灾后恢复重建实施规划.
广元市朝天区人民政府. 2008. 广元市朝天区灾后恢复重建实施规划.
广元市利州区人民政府. 2008. 广元市利州区灾后恢复重建实施规划.
广元市元坝区人民政府. 2008. 广元市元坝区灾后恢复重建实施规划.
剑阁县人民政府. 2008. 剑阁县灾后恢复重建实施规划.
江油市人民政府. 2008. 江油市灾后恢复重建实施规划.
罗江县人民政府. 2008. 罗江县灾后重建规划纲要.
绵阳市交通局. 2008. 5·12 大地震绵阳市交通灾后重建.
绵阳市统计局. 2008. 绵阳市“5·12”地震灾害损失统计表.
绵阳市统计局. 2008. 绵阳市统计局——关于“5·12”地震绵阳直接经济损失省返数据的情况通报(绵统计[2008]64号).
绵阳市游仙区人民政府. 2008. 绵阳市游仙区灾后恢复重建实施规划.
四川省汶川地震灾后重建规划组办公室. 2008. 攀西“8·30”地震会理县灾后恢复重建实施规划.
彭州市人民政府. 2008. 彭州实施规划.
平武县人民政府. 2008. 平武县汶川地震灾后恢复重建总体实施规划.
青川县人民政府. 2008. 青川县灾后恢复重建总体实施规划.
三台县人民政府. 2008. 三台县灾后恢复重建实施规划.
什邡市人民政府. 2008. 什邡市恢复重建总体规划.
旺苍县人民政府. 2008. 旺苍县灾后恢复重建实施规划.
盐亭县人民政府. 2008. 盐亭县灾后恢复重建实施规划.
四川省发展和改革委员会. 2009. 四川省汶川地震灾后恢复重建年度计划(修订版).
四川省发展和改革委员会. 2008. 四川汶川地震灾后恢复重建年度报告(2008).

式中, $I(i, m)$ 为第 i 个统计单元处于不同区的烈度值, $m = 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$; $P(i, m)$ 为第 i 个统计单元处于烈度值 m 区内的人口数; $P(i)$ 为第 i 个统计单元内总人口数。

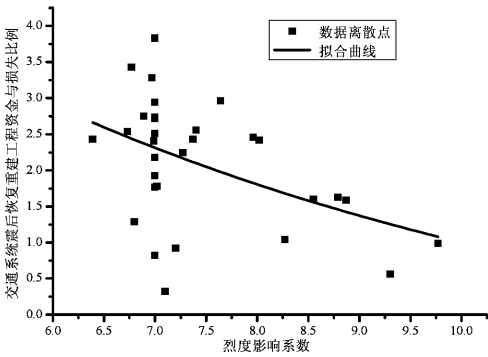


图 1 交通系统震后恢复重建工程资金与损失比例拟合图

Fig. 1 Fitting curve of the ratio of post-earthquake rehabilitation cost for transport system to the earthquake loss

(2) 电力系统震后恢复重建工程资金与损失比例变化趋势分析

利用汶川地震灾后电力系统重建工程资金与相应损失数据^①给出二者比例变化趋势。对数据进行拟合分析：拟合模型为： $y = A1 * \exp(-x/t_1) + y_0$ ；拟合公式如式 (4) 所示，拟合图形如图 2 所示。由分析结果和图 2 可知，电力系统震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数的增大而减小。

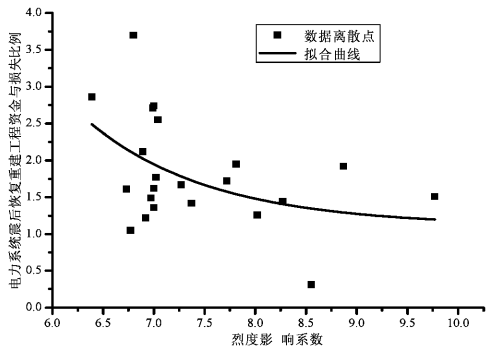


图 2 电力系统震后恢复重建工程资金与损失比例拟合图

Fig. 2 Fitting curve of the ratio of post-earthquake rehabilitation cost for power system to the earthquake loss

$$y = 252.871 \cdot e^{-\frac{x}{1.226}} + 1.111. \tag{4}$$

式中, x 为烈度影响系数, y 为电力系统震后恢复重建工程资金与损失比例。

(3) 通信系统震后恢复重建工程资金与损失比例变化趋势分析

利用汶川地震灾后通信系统恢复重建工程资金与相应损失数据^②给出二者比例关系。对数据进行拟合分析：拟合模型为： $y = A1 * \exp(-x/t_1) + y_0$ ；拟合公式如式 (5) 所示，拟合图形如图 3 所示。由分析结果和图 3 可知，通信系统震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数的增大而减小。

$$y = 31.828 * \exp(-x/2.505) + 0.854. \tag{5}$$

式中, x 为烈度影响系数, y 为通信系统震后恢复重建工程资金与损失比例。

(4) 市政公用设施震后恢复重建工程资金与损失比例变化趋势分析

利用汶川地震灾后市政公用设施恢复重建工程资金与相应损失数据^①给出二者比例关系。对数据进行拟合分析：拟合模型为： $y = A1 * \exp(-x/t_1) + y_0$ ；拟合公式如式 (6) 所示，拟合图形如图 4 所示。由分析结果和图 4 可知，市政公用设施震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数的增大而减小。

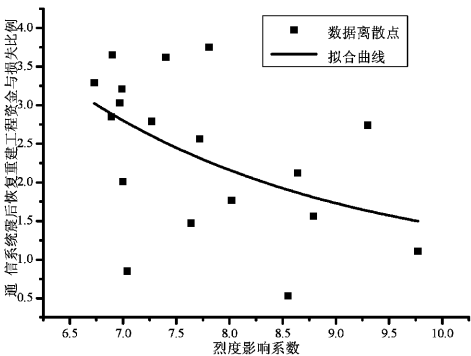


图 3 通信系统震后恢复重建工程资金与损失比例拟合图

Fig. 3 Fitting curve of the ratio of post-earthquake rehabilitation cost for communication system to the earthquake loss

① 同 146 页脚注①。
② 四川省通信管理局. 2008. 四川省汶川地震灾后通信恢复重建专项规划.

$$y = 38.786 * \exp(-x/2.051) + 0.705. \quad (6)$$

式中, x 为烈度影响系数, y 为市政公用设施震后恢复重建工程资金与损失比例。

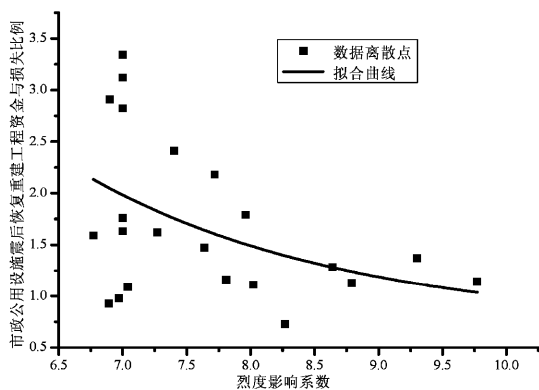


图4 市政公用设施震后恢复重建工程资金与损失比例拟合图

Fig. 4 The fitting of the ratio of post-earthquake rehabilitation cost for municipal utilities to the earthquake loss

(5) 水利工程震后恢复重建工程资金与损失比例变化趋势分析

利用汶川地震灾后水利工程恢复重建工程资金与与相应损失数据^①给出二者比例关系。对数据进行拟合分析: 拟合模型为: $y = A1 * \exp(-x/t1) + y_0$; 拟合公式如式(7)所示, 拟合图形如图5所示, 由分析结果和图5可知, 水利工程震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数的增大而减小。

$$y = 43.893 * \exp(-x/1.918) + 0.801. \quad (7)$$

式中, x 为烈度影响系数, y 为水利工程震后恢复重建工程资金与损失比例。

2.2.2 基础设施震后恢复重建工程资金评估调整系数

充分考虑基础设施震后恢复重建工程资金与损失的比例关系及调整系数的实际意义, 建议基础设施震后恢复重建工程资金评估调整系数按照表1选取。

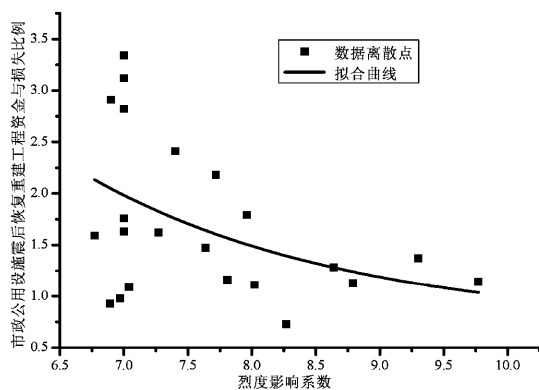


图5 水利工程震后恢复重建工程资金与损失比例拟合图

Fig. 5 The fitting of the ratio of post-earthquake drehabilitation cost for hydraulic engineering to the earthquake loss

3 快速评估方法应用

将本文提出的方法应用于宁洱地震。宁洱地震^②于2007年6月3日5时34分56.8秒发生在云南省普洱市宁洱县(23°00'N, 101°06'E), 主震震级6.4级。宏观震中位于宁洱县宁洱镇太达—宁洱—曼连一带, 极震区烈度为Ⅷ度。地震临近宁洱县城, 属于近城直下型地震, 使房屋、基础设施和企业等工程结构、设备设施直接经济损失达189 860万元, 同时该地震导致3人死亡、28人重伤、391人轻伤和61 780人失去住所。把利用汶川地震数据总结出来的灾后恢复重建工程资金评估方法应用到该地震, 可验证各方法可行性。

各类基础设施震后恢复重建工程资金按快速评估方法进行计算, 综合考虑宁洱县、思茅区、景谷县、墨江县和江城县受灾人口和烈度分布^②, 这三个受灾县所组成的受灾区域烈度影响系数为6.50, 交通系统、市政公用设施和水利工程恢复重建工程资金评估调整系数按照表1选取, 基础数据和计算结果如表2所示, 从实际结果和评估结果对

① 同146页脚注①

② 普洱市政府: 2007. 2007年6月3日宁洱6.4级地震灾害直接损失评估报告。

比可以看出，实际值^①与评估结果相差较大，主要是本文提出的方法主要基于汶川地震数据给出，国家进行恢复重建规划时，四川地区考虑了适当的提高，而宁洱地震仅是原有的恢复重建，二者恢复重建的标准存在一定的差异，同时，该方法采用数据量较少，相对离散比较大。震后恢

复重建工程资金与国家政策、区域特点、经济水平等许多因素有关，而本评估方法仅仅考虑行政单元烈度和直接经济损失 2 个因素，并且烈度与直接经济损失也存在一定的主观因素，所以评估方法还需要进一步扩大数据容量，考虑多种因素，提高计算精度。

表 1 基础设施震后恢复重建工程资金评估调整系数表
Tab. 1 Cost estimation adjustment factor for post-earthquake rehabilitation of infrastructure

基础设施	评估调整系数
交通系统	当烈度影响系数小于 10 区段，按照公式 $\lambda_{IS}(t) = 10.445 \times e^{-\frac{I}{6.435}} - 1.216$ 确定； 当烈度影响系数大于 10 和小于 12 区段，按照 $\lambda_{IS}(t) = 1$ 确定
电力系统	按照公式 $\lambda_{IS}(e) = 252.871 \times e^{-\frac{I}{1.226}} + 1.111$ 确定
通信系统	按照公式 $\lambda_{IS}(c) = 31.828 \times e^{-\frac{I}{2.505}} + 0.854$ 确定
市政公用设施	当烈度影响系数小于 10 区段，按照公式 $\lambda_{IS}(m) = 38.786 \times e^{-\frac{I}{0.051}} + 0.705$ 确定； 当烈度影响系数大于 10 和小于 12 区段，按照 $\lambda_{IS}(m) = 1$ 确定
水利工程	当烈度影响系数小于 10.35 区段，按照公式 $\lambda_{IS}(h) = 43.893 \times e^{-\frac{I}{1.918}} + 0.801$ 确定； 当烈度影响系数大于 10.35 和小于 12 区段，按照 $\lambda_{IS}(h) = 1$ 确定

表 2 基础数据及评估结果

Tab. 2 Fundamental data and assessment results			
系统名称	交通系统	市政公用设施	水利工程
损失（万元）	11 110	9 970	16 650
评估调整系数	2.60	2.34	2.28
震后恢复重建工程 资金评估值（万元）	28 886	23 330	37 962
震后恢复重建工程 资金实际值（万元）	2 484	3 107	4 892

评估方法，并以宁洱地震为案例，验证了基于损失的基础设施震后恢复重建工程资金评估方法的合理性和可行性。该方法利用震后恢复重建工程资金与损失的比例统计给出评估调整系数，它考虑了地区受损状况和地震烈度，计算容易，精确度较高。但该方法还存在一定的不足，如评估调整系数确定时采用了统计拟合的方法，拟合过程离散性较大，需要进一步充实数据，使调整系数更加精确合理。

4 结论

本文提出了基础设施震后恢复重建工程资金

参考文献：
GB\T18208.4 - 2005,地震现场工作第 4 部分灾害直接损失评估 [S].

① 普洱市政府.2009.普洱市人民政府关于宁洱“6·3”地震灾区恢复重建项目综合检查验收情况的报告（普政发〔2009〕150号）.

Cost Quick Evaluation Method of Post-earthquake Restoration and Rehabilitation of Infrastructure Based on Earthquake Loss

DAI Jun-wu¹, WANG Yan-ru²

(1. *Institute of Engineering Mechanics, CEA, Harbin 150080, Heilongjiang, China*)

(2. *Wenzhou university, Wenzhou 325035, Zhejiang, China*)

Abstract

Based on the direct economic losses of infrastructure, we propose the cost quick evaluation method of post-earthquake rehabilitation and infrastructure based on the earthquake loss by use of the statistical fitting method. The cost quick evaluation method has the feature of simple calculation and could provide some advice to the restoration, rehabilitation and investment for the relevant government departments, and it is helpful to start restoration and reconstruction work quickly in seismic disastrous area.

Key words: infrastructure; loss; restoration and rehabilitation; cost estimation