

汶川地震震后恢复重建工程资金 分布特点浅析及应用*

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: 采用统计拟合的方法, 详细分析了汶川地震震后恢复重建工程资金的分布特点, 依据震后恢复重建工程资金与烈度、人口、GDP 和损失的拟合关系, 提出了基于人口、地震灾害损失、GDP 等因素的 3 个震后恢复重建工程资金快速评估模型, 并利用宁洱地震数据验证经验公式的可行性。震后恢复工程资金分布特点及资金评估经验公式对未来地震进行恢复重建规划有良好的借鉴作用。

关键词: 汶川地震; 恢复重建; 资金评估

中图分类号: P315.97

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)02-0282-06

0 引言

汶川地震是中国建国以来最大的一次地震, 它影响范围广, 破坏性大, 除黑龙江、吉林和新疆外, 全国各地区均有不同程度的震感。该次地震造成大量房屋倒塌、基础设施损毁, 直接经济损失达 8 451 亿元人民币 (截至 2008 年 9 月 4 日) (新华网, 2008)。国务院和各级政府均非常重视此次地震, 各行业专家纷纷对受灾地区震后恢复重建规划设计献计献策, 因此, 详细分析此次地震震后恢复重建资金分布特点, 对其它地区防震减灾和恢复重建工作有良好的借鉴作用。本文初步分析了汶川地震震后恢复重建资金分布情况, 并给出震后恢复重建资金与人口、烈度、GDP、损失等因素之间的关系, 为快速估计震后恢复重建工程资金奠定了基础。

1 震后恢复重建工程资金分布

汶川地震灾后恢复重建充分考虑各地区受灾特点, 根据受灾的严重程度, 选出 51 个县级行政区进行恢复重建总体规划, 总投资约 1 万亿, 资金通过中央财政、地方财政、对口支援、社会募集、国内银行贷款、资本市场融资、国外优惠紧急贷

款、城乡居民自有和自筹资金、企业自有和自筹资金、创新融资以及其他渠道等方式筹措。51 个重灾县级行政区包括四川省的 39 个、甘肃省的 8 个和陕西省的 4 个, 四川省初步评估恢复重建工程资金需求约 1.67 万亿, 其中纳入国家规划的 39 个重灾县级行政区恢复重建工程资金需求为 8 858.39 亿元^①, 约占纳入国家规划的总资金需求的 88.58%, 说明这 39 个重灾县级行政区恢复重建工程资金占绝大多数, 它们的分布特点可反映出在汶川地震中受灾地区震后恢复重建工程资金分布特点。因此, 本文重点研究这 39 个重灾县级行政区的恢复重建工程资金分布特点。

四川省所属 39 个重灾县级行政区的各行业损失比例、烈度影响系数及各行业恢复重建工程资金分布如图 1、图 2 所示。从图 1b 可以看出, 这 39 个重灾县恢复重建工程资金中城乡住房占 28.05%、社会事业占 8.59%、基础设施占 28.32%、工业农业和服务业占 18.82%, 其它占 16.21%, 相对于各类型工程损失占总损失的比例而言, 城乡住房及三产业 (工业、农业和服务业) 损失与震后恢复重建工程资金比例基本一致, 而基础设施和社会事业损失与震后恢复重建工程资金比例要小很多, 这是由于在汶川地震中, 学校、医院等公共服务设施均破坏严重, 震后加强教育系统、卫生系统、电力系统、交通系统等重要工程结构、设备设施的抗震设防标准

* 收稿日期: 2011-01-12.

基金项目: 公益性行业科研专项经费项目“宁洱 6.4 级地震现场综合考察和研究 (200808061)”资助。

① 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.

或采取适当超前的原则，因此这些结构恢复重建工程资金大大超越损失所占比例。相对于烈度影响系数分布，汶川地震震后恢复重建工程总资金、以及除去基础设施外的各行业恢复重建工程资金分布偏向人口密度大的地区，基础设施恢复重建资金分布基本与烈度影响系数相近（图 2）。

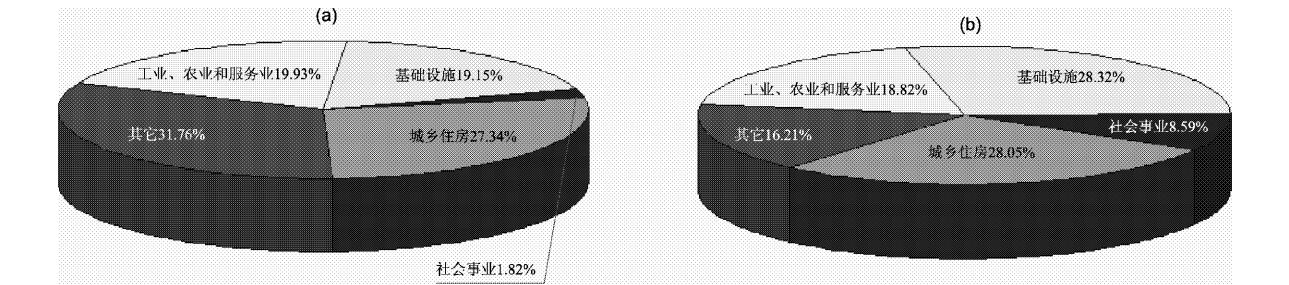


图 1 各行业损失比例图 (a) 和震后恢复重建工程资金比例图 (b)

Fig. 1 Ratio of loss (a) and ratio of post-earthquake rehabilitation cost for various industries

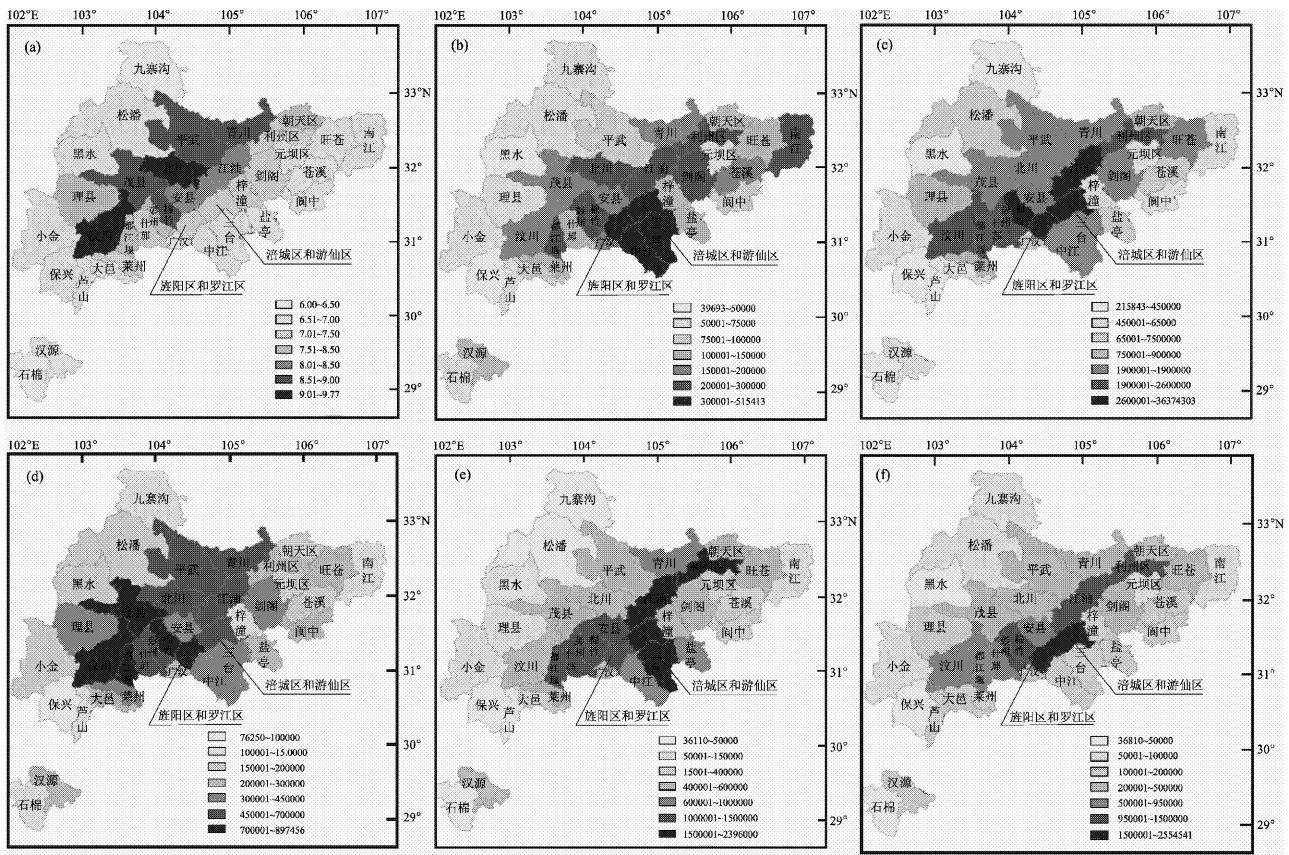


图 2 四川省 39 个重灾县烈度影响系数分布图以及各项恢复重建工程资金分布图

(a) 烈度影响系数分布图; (b) 震后恢复重建工程资金分布图; (c) 城乡住房恢复重建工程资金分布图; (d) 社会事业恢复重建工程资金分布图; (e) 基础设施恢复重建工程资金分布图; (f) 三产业恢复重建工程资金分布图

Fig. 2 Distribution of intensity-impact factor and the cost of various rehabilitation projects in 39 severe calamity countries in Sichun

(a) Distribution of intensity-impact factors; (b) Cost distribution of post-earthquake rehabilitation project; (c) Cost distribution of post-earthquake rehabilitation project for urban and rural housing; (d) Cost distribution of post-earthquake rehabilitation project for social undertakings; (e) Cost distribution of post-earthquake rehabilitation project for infrastructure; (f) Cost distribution of post-earthquake rehabilitation project for tertiary industries

2 震后恢复重建工程资金分布主要特征拟合及经验公式

简单地定性分析数据特点对实际情况指导意义不大,为了更加充分利用数据,下面定量分析这 39 个重灾县级行政区震后恢复重建工程资金分布特征。

2.1 震后恢复重建工程资金与人口、烈度影响系数关系

分析四川省所属 39 个重灾县人口、烈度影响系数和各县级行政区震后恢复重建工程资金之间的关系,并给出这三者关系,可根据该关系快速估计未来地震中受灾地区震后恢复重建工程资金。震后恢复重建工程资金、人口和烈度影响系数关系如式 (1) 所示,拟合图如图 3 所示,由式 (1) 和图 3 可知,汶川地震震后恢复重建工程人均资金随烈度影响系数增大而增大。

$$\ln(C_p) = 19.416 - 15.166 \times e^{-\frac{I_1}{14.388}} \quad (1)$$

其中, C_p 为人均震后恢复重建工程资金,单位为元/人; I_1 为烈度影响系数。

根据式 (1) 和物价变化因素,震后恢复重建工程总资金如式 (2) 所示:

$$C_T = P \times e^{(19.416 - 15.166 \times e^{-\frac{I_1}{14.388}})} \times (1 + \lambda_1) \times (1 + \lambda_2) \times \cdots \times (1 + \lambda_n) \quad (2)$$

其中, C_T 为震后恢复重建工程总资金,单位为万元; P 为各受灾区域中地震烈度大于或等于 VI 度区域人口,单位为万人; λ_1 为 2009 年相对于 2008 年的价格指数; λ_2 为 2010 年相对于 2009 年的价格指数; λ_n 为地震发生年份相对于地震发生前一年的价格指数。

2.2 震后恢复重建工程资金与 GDP、烈度影响系数关系

分析 39 个重灾县 GDP、烈度影响系数和各县级行政区震后恢复重建工程资金之间的关系,并给出这三者关系,可根据该关系快速估计未来地震中受灾地区震后恢复重建工程资金。震后恢复重建工程资金、GDP 和烈度影响系数关系拟合公式如式 (3) 所示,拟合图如图 4 所示,由式 (3) 和图 4 可知,汶川地震震后恢复重建工程资金与

GDP 比例随烈度影响系数增大而增大。

$$\ln(C_T/\text{GDP}) = 6.947 - 12.11 \times e^{-\frac{I_1}{10.356}} \quad (3)$$

其中, C_T 为震后恢复重建工程总资金,单位为万元; GDP 为各受灾区域中地震烈度大于或等于 VI 度区域 GDP,单位为万元; I_1 为烈度影响系数。

根据式 (3),推导出震后恢复重建工程总资金 C_T :

$$C_T = \text{GDP} \times e^{(6.947 - 12.11 \times e^{-\frac{I_1}{10.356}})} \quad (4)$$

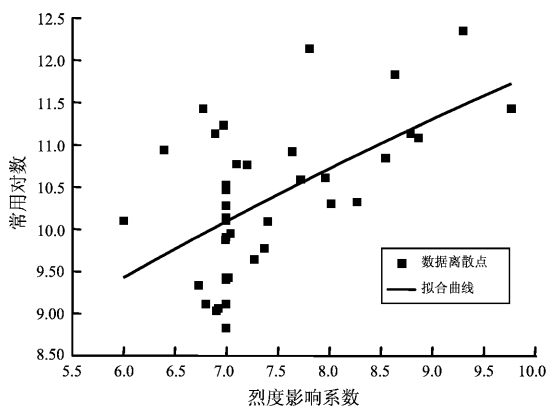


图 3 人均震后恢复重建工程资金与烈度影响系数关系图

Fig. 3 Relation between post-earthquake rehabilitation cost per capital and intensity-impact factor

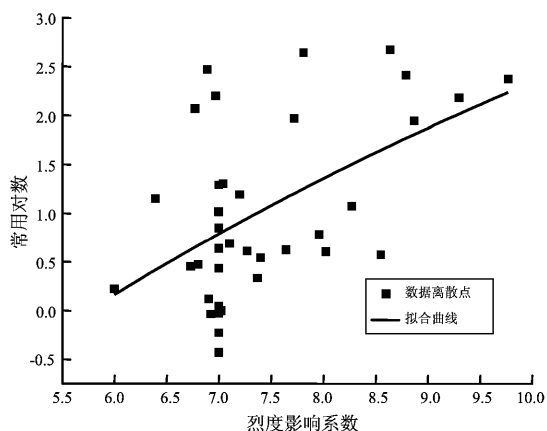


图 4 震后恢复重建工程资金与 GDP 的比例和烈度影响系数关系

Fig. 4 Relation between the ratio of post-earthquake rehabilitation cost to GDP and the intensity-impact factor

2.3 震后恢复重建工程资金与损失、烈度影响系数关系

分析 39 个重灾县损失、烈度影响系数和各县级行政区震后恢复重建工程资金之间的关系，并给出这三者关系，可根据该关系快速估计未来地震中受灾地区震后恢复重建工程资金。震后恢复重建工程资金、损失和烈度影响系数关系如式（5）所示，拟合图如图 5 所示，由式（5）和图 5 可知，汶川地震震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数增大而减小。

$$C_T/C_L = 45.443 \times e^{-\frac{I_1}{2.103}} + 0.016. \tag{5}$$

其中， C_T 为震后恢复重建工程总资金，单位为万元； C_L 为各县级行政区地震总损失，单位为万元； I_1 为烈度影响系数。

根据式（5），推导出震后恢复重建工程总资金

$$C_T = (45.443 \times e^{-\frac{I_1}{2.103}} + 0.016) \times C_L. \tag{6}$$

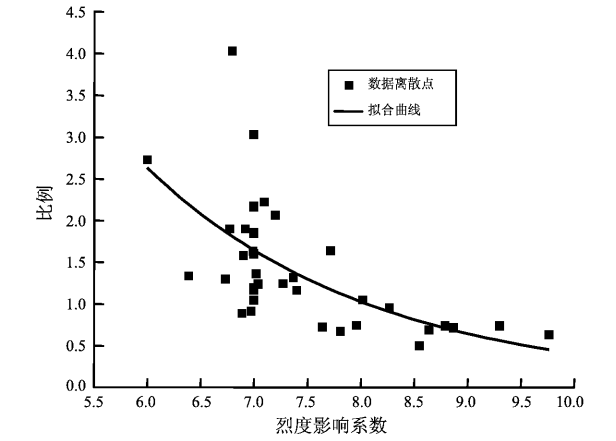


图 5 震后恢复重建工程资金与损失比例与烈度影响系数关系

Fig. 5 Relation between the ratio of post-earthquake rehabilitation cost to loss and the intensity impact factor

3 震后恢复重建工程资金分布经验公式应用

下面将前文提出的 3 种经验公式应用于宁洱地

震。2007 年 6 月 3 日 5 时 34 分 56.8 秒云南省普洱市宁洱县发生 $M_s6.4$ 地震（ $23^{\circ}00'N$ ， $101^{\circ}06'E$ ）。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“城市直下型”地震，造成房屋、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，同时该地震还导致 3 人死亡、28 人重伤、391 人轻伤和 61 780 人失去住所^①。

基于人口、GDP 和损失的 3 个经验公式计算所需要的基础数据如表 1 所示，其中受灾人口和总损失数据源于地震灾害损失评估报告^①、受影响 GDP 按照受灾人口数目计算，即总 GDP 乘以受灾人口与总人口之比得出，价格指数依据统计年鉴取 5.9%。利用基于人口经验公式（2）、GDP 经验公式（4）与损失经验公式（6）计算所得结果及验证如表 2 所示，从对比结果可以看出快速评估结果与实际震后恢复重建工程资金处于同一个数量级，且大部分评估结果均大于实际恢复重建工程资金。这个差别主要源于这 3 个经验公式本身，经验公式认为恢复重建的规模与汶川地震恢复重建标准一致，而汶川地震恢复重建标准高于宁洱地震恢复重建的标准。这 3 个经验公式的精度相差不大，在实际应用中，可以用 3 种经验公式互相验证和补充。从评估结果与实际结果^②的对照可以看出，这 3 个经验公式具有一定的合理性和可行性，可用于快速估计震后恢复重建工程总资金。

表 1 宁洱地震基础数据				
Tab. 1 Basic data of Ning'er earthquake				
县级行政区名称	烈度影响系数	受灾人口 /万人	受影响 GDP /万元	总损失 /万元
宁洱县	7	17.96	140 043	115 600
思茅区	6	18.34	238 259	49 760
景谷县	6	2.95	18 246	10 620
墨江县	6	0.33	1 334	5 690
江城县	6	0.73	5 232	3 210

① 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.
② 魏艺红. 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）.

表 2 评估结果与实际结果对比

Tab. 2 Comparison of assessment and actual results

县级行政区 名称	实际恢复重建资金 /万元	基于人口经验公式		基于 GDP 经验公式		基于损失经验公式	
		评估结果	评估与实际结果比	评估结果	评估与实际结果比	评估结果	评估与实际结果比
宁洱县	118 715	408 372	3. 44	196 141	1. 65	190 146	1. 60
思茅区	59 255	213 197	3. 60	178 706	3. 02	131 196	2. 21
景谷县	11 711	34 237	2. 92	13 685	1. 17	28 000	2. 39
墨江县	2 337	3 810	1. 63	1 000	0. 43	15 002	6. 42
江城县	5 448	8 508	1. 56	3 924	0. 72	8 463	1. 55

4 结论与讨论

本文分析了汶川地震震后恢复重建工程资金的分布特点，以为未来地震灾害快速评估震后恢复重建工程资金提供经验，对有关专家初期判断地震灾害及政府快速反应均有一定帮助，有助于解决应急救援中的资源调配问题，同时对未来地震进行恢复重建规划有良好的借鉴作用。

(1) 分析了汶川地震主要受灾地区震后恢复重建工程资金分布情况。四川省所属 39 个重灾县级行政区恢复重建工程资金中城乡住房占 28.05%、社会事业占 8.59%、基础设施占 28.32%、工业农业和服务业占 18.82%，其它占 16.21%，相对于烈度影响系数分布，汶川地震总恢复重建工程资金、城乡住房恢复重建工程资金、社会事业恢复重建工程资金、工业农业和服务业恢复重建工程资金分布偏向人口密度大的地区，基础设施损坏恢复重建资金分布基本与烈度影响系数相近。

(2) 分析了震后恢复重建工程资金与人口、

烈度、GDP 和地震损失之间的关系。人均汶川地震震后恢复重建工程资金和汶川地震震后恢复重建工程资金与 GDP 比例随烈度影响系数增大而增大，呈现指数形式的增长趋势；汶川地震震后恢复重建工程资金与损失比例随烈度影响系数增大而减小。

(3) 拟合了汶川地震震后恢复重建工程资金分布特征，并分别提出了基于人口、GDP、损失的 3 种震后恢复重建工程资金快速评估经验公式，并利用宁洱地震震例验证了 3 种方法的可行性和合理性。震后恢复重建工程资金受国家政策、所在区域特点、经济水平等多因素影响，以上 3 种经验公式仅仅考虑了部分因素，如烈度、人口、直接经济损失、GDP 等因素，所以精度相对较低。今后还需要进一步考虑多个影响震后恢复重建工程资金的因素，将各因素引入经验公式，以提高公式精度。

参考文献：

新华网. 2008. 汶川地震造成直接经济损失 8451 亿元[EB/OL]. (2008-09-04)[2012-01-12]. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-09/04/content_9769753.htm.

Analyze and Application of the Cost Distribution Characteristics of Post-earthquake Rehabilitation after Wenchuan M8.0 Earthquake

DAI Jun-wu¹, WANG Yan-ru²

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

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

Abstract

Using the statistical fitting method, we analyze the cost distribution characteristic of post-earthquake rehabilitation in Wenchuan M8.0 earthquake. According to the fitting relationship among population, GDP, loss, post-earthquake rehabilitation cost and intensity-impact factor, we propose three fast estimation models of post-earthquake rehabilitation cost based on population, earthquake disaster loss and GDP and use data of Ning'er earthquake to verify the feasibility of empirical formula. The cost distribution characteristic of post-earthquake rehabilitation and reconstruction and the empirical formula of cost estimation can provide a good reference for the recovery and reconstruction planning in future earthquake.

Key words: Wenchuan earthquake; rehabilitation and reconstruction; cost estimation