

杨月巧, 迟宝明, 胡俊锋, 等. 地震灾后恢复重建的后评价框架体系研究[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 18-24. [Yang Yueqiao, Chi Baoming, Hu Junfeng, et al. Post-evaluation Frame System of Post-earthquake Recovery and Reconstruction[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 18-24.]

# 地震灾后恢复重建的后评价框架体系研究<sup>\*</sup>

杨月巧<sup>1,2</sup>, 迟宝明<sup>1,2</sup>, 胡俊锋<sup>3</sup>, 宴金旭<sup>4</sup>

(1. 中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 防灾科技学院 经济管理系, 河北 三河 065201;  
3. 民政部国家减灾中心, 北京 100124; 4. 四川省地震局地震应急保障中心, 四川 成都 610200)

**摘 要:** 地震灾后恢复重建的后评价研究是将后评价理论与地震灾后恢复重建相结合的研究。在各国灾后重建经验基础上, 提出灾后重建后评价的框架体系。该框架包括工程项目后评价、经济效益后评价、社会效果后评价、生态环境可持续性后评价、人文建设后评价和应急能力后评价等6个方面, 这6个方面相互关联且涉及的评价内容错综复杂, 因此利用解释结构模型对其进行定量结构分析, 并加以定性的描述。研究结果表明, 震灾重建要以人为本, 以生态环境可持续发展为长远目标, 通过对工程项目投资拉动灾区经济的增长, 重建效果直接表现为社会和谐和应急能力加强。

**关键词:** 地震; 灾后恢复重建; 后评价; 框架体系; 解释结构模型

**中图分类号:** P315.09; X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2014)03-0018-07

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.01.004

在各类自然灾害中, 地震灾害突发性强, 涉及面广、破坏性巨大, 因此震后恢复重建工作具有时间紧、待重建项目多、布点分散和建设标准相对较高等特点, 那么重建的项目设计是否科学、时间安排是否合理、重建项目投入使用后是否达到了预期目标等成为社会各界关注的热点问题。近年来部分重建的灾区重复受灾, 重建项目暴露出来的一些问题又引起了社会的高度关注。因此开展震后恢复重建后评价的研究具有重要的科学意义和社会价值。

## 1 地震灾后恢复重建后评价研究现状

### 1.1 后评价研究现状

项目后评价是对已经完成的项目或项目阶段的目的、执行过程、效益、作用和影响所进行系统、客观的分析。项目后评价源于1930年代, 在短短的几十年内, 项目后评价得到了迅速发展, 各国政府及世界银行、亚洲开发银行等世界双边和多边金融组织为了提高投资效率, 各自建立了它们的后评价指标体系和评价方法, 创造和发展了后评价理论体系。

我国项目后评价始于1980年代, 起步较晚, 但现在已经有一些行业和部门已经取得了一些研究成果, 并建立了本部门的后评价指标体系和评价方法<sup>[1]</sup>。水利工程方面, 陈岩的研究结论为水利工程后评价基本内容包括过程评价、经济效益评价、影响评价和持续性评价等, 评价指标涉及社会、经济、技术、环境等多个方面<sup>[2]</sup>。电网投资效益方面, 段成的研究结论为后评价的基本内容包括企业经济效益、电网安全效益、国民经济效益和社会环境效益<sup>[3]</sup>。流域治理方面, 肖宜等研究结论认为流域治理项目效益综合评价指标体系包括防洪效益、环境效益和社会影响<sup>[4]</sup>。铁路建设项目方面, 张飞链的研究结论认为铁路建设项目后评价包括铁路建设项目建设过程后评价、融资方案后评价、财务后评价、国民经济后评价、环境影响后评价、社会后评价、可持续发展评价和综合后评价八大内容<sup>[5]</sup>。等等。

### 1.2 地震灾后重建后评价研究现状

目前关于地震方面进行的后评价的大致有以下几种: 从研究对象来研究, Mojtaba Rafieian 和 Ali Asgary 对2003年伊朗巴姆6.6级地震恢复重建

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2013-08-05      修回日期: 2013-09-16

基金项目: 中国地震局教师科研基金(20120111); “十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAC44B04, 2008BAC44B01); 防灾科技学院重点教研教改项目(2012A07)

作者简介: 杨月巧(1972-), 女, 山西临汾人, 博士, 副教授, 主要研究方向为防灾减灾工程及应急管理。

E-mail: yangyueqiao@163.com

通讯作者: 迟宝明(1957-), 男, 辽宁瓦房店人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为防灾减灾工程与防护工程。

E-mail: chibaoming@126.com

表 1	阪神·淡路震灾复兴规划要点
基本理念	构建人与自然、人与人、人与社会和谐的“共生社会”
基本目标	建设 21 世纪的福利城市; 建设向世界开放、充满文化气息的社会; 建设既有产业高度化、新型产业茁壮成长的 社会; 建设抗灾能力强、能够安心生活的城市; 形成多核网络型都市圈。
主要课题	居民主体的城市建设; 人与自然共生的环境创造; 通过放松管制促进民间活力参与重建; 寻求国内外对重建的广泛参与和支援; 推进行政与财政的改善; 中央对地方的支援; 复兴事业的管理
紧急应对事项	对灾民生活的支援; 废墟和瓦砾的处理; 公路与港口的修复; 社会福利设施和文教设施的修复重建。
实施进程	规划前 5 年目标中对灾民生活的支援、废墟和瓦砾的处理、公路与港口的修复等需要紧急应对的重建事项作为“复兴特别事业”, 中央政府给予特别的政策支持; 在此基础上, 受灾最重的兵库县政府又制定了灾民住房、公路、铁路和港湾等基础设施建设的重建计划。

中的房屋进行了分析<sup>[6]</sup>; M P Limongelli 对震后重建中感应器如何放置进行了探讨<sup>[7]</sup>。从管理的角度来研究, 杜静从项目的发展过程与相关影响作了相应的评估<sup>[8]</sup>; 徐玖平等分别论述了政府组织与非政府组织在 2008 年汶川 8.0 级地震灾后援助、合作重建的综合集成模式<sup>[9-12]</sup>。从单项评价的角度, 陈蓓蓓对汶川地震灾后重建的社会影响进行了评估<sup>[13]</sup>; 肖磊等对汶川地震灾后生态重建区的生态承载力进行了评价<sup>[14]</sup>。

综上所述, 虽然后评价研究理论与应用已较为成熟, 但是后评价理论在地震恢复重建的只停留在总结与反馈的阶段<sup>[15]</sup>, 在国内外都没有开展科学系统的研究。

## 2 国内外地震灾后恢复重建经验

### 2.1 国外震后重建经验总结

#### 2.1.1 阪神大地震震后重建

1995 年 1 月 17 日 05:46, 日本以神户市为中心, 兵库县南部发生了 7.2 级的直下型地震。地震损坏房屋总计 19 万幢, 死亡人数超过 6 400 人, 这是继 1923 年发生的关东 7.9 级大地震之后日本发生的最严重的一次地震灾害<sup>[16]</sup>。

1995 年 7 月为期 10 年的“阪神·淡路震灾复兴规划”正式完成并公布。阪神·淡路震灾复兴规划要点如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 在阪神大地震的灾后重建过程中, 日本政府首先考虑的是尽快恢复住宅, 让百姓有安居之所。其次, 政府制定了阪神、淡路地区的复兴实施方针, 通过各种手段振兴灾区产业<sup>[17]</sup>。整个重建过程中都贯彻“生态先行”的原则。虽然日本在地震后采取了很多有利于灾后重建的措施, 但重建过程中仍然在水、气、电、通信线路的修复和公共救助等方面带来一系列的问题。

阪神地震的重建为 2004 年新泻 6.4 级地震和 2010 年东日本 9.0 级大地震提供了经验。新泻地震重建是在阪神重建基础上的创新型重建<sup>[18]</sup>。东日本大地震则是以市町村为主体带动区域经济的复苏, 同时兼顾处理核事故带来的环境问题<sup>[19]</sup>。

#### 2.1.2 印度尼西亚灾后重建

2004 年 12 月 26 日发生在印度尼西亚苏门答腊岛附近海域的 8.9 级强烈地震引发了大规模的海啸, 给印度洋沿岸国家造成巨大损失。印度尼西亚是在此次灾害中遭受损失最严重的国家。

印度尼西亚灾区重建总体规划 (MASTER PLAN) 总体规划把灾后工作分为 3 个阶段, 即紧急救援阶段、恢复重建阶段、发展重建阶段。其中在重建阶段的建设任务如图 1 所示。

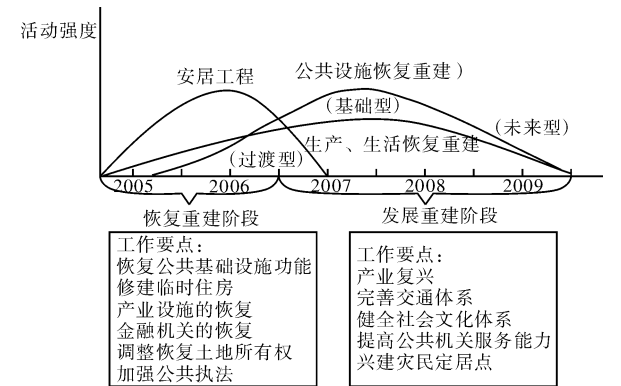


图 1 印度尼西亚灾后重建工作的推进程度

印尼政府灾后重建初期的工作重点放在解决灾民的居住、生计以及区域经济复苏上, 并且自 2005 年下半年开始, 逐渐加快交通、产业、生活等设施的恢复重建。而以旅游业和渔业为主的产业重建主要由业主(民间投资)自己进行, 政府为他们提供低额贷款, 以供他们购买新的设施。

可见, 印尼地震后的重建主要是基础设施的“恢复”, 虽然其整个重建持续到 2009 年(共 5 年), 但是其产业重建并没有得到专门重视, 其“发展”的重建较弱<sup>[20]</sup>。

表 2 唐山、汶川地震灾情概况 <sup>[22]</sup>											
灾情	受灾面积/ km <sup>2</sup>			死亡人数	房屋倒塌面积和死亡人数/ (人/100 m <sup>2</sup> )	重伤人数	经济损失/亿元		倒塌房屋/万 m <sup>2</sup>	救助及恢复重建费用/亿元	
	Ⅶ度以上	X度以上	Ⅺ度				直接	间接		救灾	重建
唐山地震	33 300	370	40	242 469	0.38	175 797	9.24 (唐山市)	20.83 (唐山市)	6 384	4.9 (唐山市)	43.57 (唐山市)
汶川地震	36 909			>8 000	0.05	22 000	2 751.5		15 578	536	

2.1.3 其他国家和地区重建经验

(1)美国：美国是一个地震多发的国家，先后发生过旧金山的 1906 年 8.6 级和 1989 年的 6.9 级大地震、加州克恩的 1952 年 7.6 级地震、洛杉矶的 1994 年 6.6 级地震、阿拉斯加的 1957 年的 9.1 级、1964 年 8.5 级地震和 2013 年 7.8 级大地震等一系列地震，每次灾后恢复重建过程中都有针对未来的长远规划，不断提升学校、医院等公共设施的建筑标准，并特别注意包括水资源供应、下水道、交通等基础设施的建设。

(2)巴基斯坦：2005 年 10 月 8 日巴基斯坦西北边境省和巴控克什米尔等地发生了 7.8 级地震，约 8 万人在地震中遇难。在巴基斯坦重建中，灾后没有迅速建立新的饮用水供给设施，地震次生灾害对水质造成了破坏。由于天气变热、人员伤亡等因素导致流行疾病等生物灾害，对重要生态功能和国际影响区域造成了破坏<sup>[21]</sup>。

(3)土耳其：1999 年 8 月 17 日土耳其伊兹米特发生了 7.4 级大地震，受灾面积 15 万 km<sup>2</sup>，约占土耳其国土面积的 1/5，死亡 1.7 万多人。土耳其在救灾中不仅注意救人和保障灾民的基本生活，也十分注意灾区的环境保护，帮助灾区改善恶化的环境状况<sup>[21]</sup>。

2.2 国内重建经验总结

2.2.1 唐山灾后重建

1976 年 7 月 28 日凌晨，河北省唐山市区发生了 7.8 级大地震，地震破坏范围超过 3 万 km<sup>2</sup>。此次地震造成了巨大损失，具体数字见表 2。

《唐山市城市总体规划(1976)》确定了新唐山的老城区、东矿区和丰润新城区等三个城区。这三个城区之间共享基础设施，但空间上相对分离。规划还确定每个城区的功能包括四个部分：轻工业区、居住区、仓储区和休闲区。

但是从震后 4 年的资金实际使用情况来看，很多项目的最初计划与拨款都没有落实到位，导致

了实际建设比计划滞后的状况。原地重建的老城区和东矿区引发二次搬迁改建的难题，而丰润区的易地重建方式也被当地居民和企业单位不认可<sup>[23]</sup>。

2.2.2 汶川地震灾后重建

2008 年 5 月 12 日 14：28，四川省汶川发生 8.0 级特大地震，涉及有感范围包括 16 个省、自治区、直辖市，造成重大人员伤亡和巨大财产损失见表 2。

6 月 8 日，国务院公布实施的《汶川地震灾后恢复重建条例》，是我国第一个专门针对一个地方地震灾后恢复重建的条例。灾后重建内容包括五个方面，如表 3 所示。

表 3 汶川灾后重建规划主要内容			
主要内容	工作重点	主要内容	工作重点
空间布局	重建分区、城乡布局、产业布局、人口安置、用地安排	城乡住房	农村居民住房、城镇居民住房
城镇建设	市政公用设施、历史文化名镇名村	农村建设	农业生产、农业服务体系、农村基础设施
公共服务	教育科研、医疗卫生、文化体育、文化自然遗产、就业和社会保障、社会管理	基础设施	交通、通信、能源、水利
产业重建	工业、旅游、商贸、金融、文化产业	防灾减灾	灾害防治、减灾救灾
生态环境	生态修复、环境整治、土地整理复垦	精神家园	人文关怀、民族精神
政策措施	财政政策、税费政策、金融政策、土地政策、产业政策、对口支援、援助政策、其他政策	重建资金	资金需求和筹措、资金配置
规划实施	组织领导、规划管理、分类实施、物资保障、监督检查、		

汶川恢复重建工作是以民生重建项目优先, 以路、水、电、气为重点, 具体实施了八大民生工程: 就业促进、扶贫解困、教育助学、社会保障、医疗卫生、百姓安居、道路畅通和环境治理。在基础设施方面, 重点进行了道路、市政管网、电力网、人畜饮水、农田微水灌溉、污水处理、垃圾处理等工程建设; 产业发展, 促进工农业和旅游业的恢复和发展, 促进商贸流通体系的完善, 推进文化产业的发展。但是在重建过程中仍然出现规划不到位、特殊群体建房资金没有全部解决、产业贷款尚未开始, 房屋建设重速度轻质量等问题<sup>[24]</sup>。

2.2.3 国内其他地区地震灾后重建经验

(1)台湾: 1999 年台湾集集 7.6 级大地震的重建过程分为公共工程、产业重建、教育重建、心灵重建和生活重建等不同的方向, 但是在重建过程中规划过多, 过乱, 行政部门各自为政, 影响了重建的进程<sup>[24]</sup>。

(2)玉树: 2010 年青海省玉树 7.1 级地震的重建过程分成城乡居民住房、公共服务设施、基础设施建设、生态环境等方面来进行。但是在重建过程中也面临着选址、文化差异、各部门相互政策的配合和援建单位的协调等问题<sup>[25]</sup>。

(3)丽江: 1996 年丽江 7 级地震的重建规划中当地政府充分考虑灾后重建的生态环境保护以及工农业生活布局对环境的影响, 并在重建中充分发挥了居民的积极性和国际合作<sup>[17]</sup>。

3 地震灾后恢复重建后评价框架体系

3.1 评价体系的确定

通过对以上各国重建实践经验分析, 灾后直接进行建设的项目有三大方面: 以住房和基础设施建设为代表的工程性重建, 以提高灾区居民收入和企业发展为主的经济恢复, 还有生态环境的恢复等。受间接影响的有三个方面就是社会、居民生活和应急能力。因此, 震后重建后评价系统将评价框架设定为六大体系: 工程项目后评价、经济效益后评价、社会效果后评价、人文价值后评价、生态环境可持续性后评价和应急能力建设后评价六大体系。

3.2 各评价体系的基本内容

(1)工程项目后评价

工程项目后评价主要针对物理复原。强烈的地震直接造成建筑物、工程设施的破坏和人员的

伤亡。作好建筑物的工程设防可避免大地震时造成更多的损失。例如, 2010 年 2 月 27 日, 智利第二大城市康塞普西翁发生 8.8 级特大地震, 为有历史记载以来的全球第五强震, 由于建筑质量过硬, 防范意识好, 仅 800 余人遇难。2010 年 1 月 12 日海地发生 7.3 级地震, 由于建筑物防震性能极差, 该国遭受重创, 首都太子港几乎被夷为平地, 遇难人数近 30 万<sup>[26]</sup>。

(2)经济效益后评价

经济效益后评价也可以认定为绩效评价, 就是运用科学的标准、方法和程序, 对使用财政性资金投资的灾后恢复重建项目建设的必要性、合理性、合规性及产出绩效进行科学分析和比较, 以综合评价财政支出建设项目的经济性、效率性和效果性的一个系统过程, 其实质是把政府专项灾后恢复重建资金支出同灾后恢复重建项目的价值挂钩<sup>[27]</sup>。

(3)社会效果后评价

社会影响后评价是指在灾后重建过程中可能产生的各种社会后果或社会影响, 从而提出相应的预防和缓解矛盾的措施。灾害不仅会给人类生命财产安全以及环境造成损害, 还会妨害社会的正常运转, 甚至可能导致社会分化和社会动乱等极端的社会后果<sup>[28]</sup>。因此灾后恢复运用各种手段和力量, 努力恢复社会正常运行秩序, 保证灾民生存并获得重新发展的条件。

(4)人文价值后评价

人文指人类社会的各种文化现象, 人文价值就是人类文化中的先进部分和核心部分, 即先进的价值观及其规范。其集中体现是, 重视人, 尊重人, 关心人爱护人<sup>[29]</sup>。灾害本身就是人类文明的一部分, 文化在灾后重建中有反思和传承的需求。例如北川县灾后重建形成了羌族民俗博物馆、非物质文化遗产保护中心、特色步行街、禹王桥等一大批历史街区与建筑<sup>[30]</sup>。

(5)生态环境可持续性后评价

生态环境是人类生存和发展的基本条件。生态环境主要或完全由自然因素形成, 并间接地、潜在地、长远地对人类的生存和发展产生影响。大地震会直接或间接造成生态环境的破坏, 最终重建中要保护和改善生活环境, 就必须保护和改善生态环境<sup>[31]</sup>。

(6)应急能力建设后评价

地震孕育时期可能长达几十、数百年、孕灾过程中地壳处于自组织临界状态, 何时何地爆发、

地震强度如何极难预测。因为经受过大的灾害，在灾后恢复重建中还需要通过各种手段提高应急能力，以期减少下次灾害的损失。

3.3 震后恢复重建后评价体系的定性分析

工程项目后评价、经济效益后评价、社会效果后评价、人文价值后评价、生态环境可持续性后评价和应急能力建设后评价六大体系是相互关联的综合体。

(1) 工程项目后评价与其他评价的关系

在这六项评价中，工程项目是最容易见效和被考察的。这些工程性项目直接挽救的是人们的生命，体现的是人文的价值。工程项目的实施又要受经济的制约，要考虑社会的影响，也是为经济和社会发展目标服务的。

(2) 经济效益后评价与其他评价的关系

经济效益是灾后重建的重点之一。灾区经济的恢复速度取决于重建投资的资源配置情况，重建投资越多，经济的恢复速度越快<sup>[32]</sup>。经济效益一部分是可以衡量的，例如汶川重建，拉动旅游经济、饭馆、旅馆业，对于所有从属效应都可以得到正的现值。但是由于地震是小概率事件，所以更多的效益是不能够被衡量，只能从社会效果的角度进行评价。

(3) 社会效果后评价与其他评价的关系

社会效果后评价包括效益和公平两个方面的方面，其中效益是与经济评价相关，而公平则与人文相关。

(4) 人文价值后评价与其他评价的关系

人文价值体现在每项评价之中，是所有评价的最终结果。

(5) 生态环境后评价与其他评价的关系

在人类可持续发展系统中，经济发展是基础，自然生态保护是条件，人文社会进步是目的。要实施有效的可持续评价，就要综合分析社会经济发展、国力支持、政策法规及宏观调控、资源调配、生态环境保护要求、水土流失各种的影响。

(6) 应急能力后评价与其他评价的关系

工程项目可以提高应急能力，人们掌握更多应急技能后也能够提高灾害应急能力。而应急能力的提高可以减少更多的经济损失。促进社会更加和谐稳定。

3.4 震后恢复重建后评价体系的定量分析

从以上分析可以看出，灾后重建并非简单的物质重建，而是一种整体性的重建，在实践过程中，工程项目、经济效益、社会效果、人文价值、

生态环境可持续性和应急能力建设这六个方面相互关联且涉及的评价内容错综复杂，本论文通过解释结构模型对六个评价进行定量的层次分析和整体结构划分。

3.4.1 解释结构模型基本原理

解释结构模型 (Interpretative Structural Modeling, ISM) 是系统工程学的重要分析方法。由美国 J. Warfield 教授在分析复杂的社会经济系统有关问题时开发的。该模型主要用于把复杂的系统分为若干个子系统，运算过程中首先提出复杂系统的组成要素，对系统中各个要素及其相互关系等信息进行处理，并用语言梳理各个系统之间的作用关系，以确定该系统的层次和整体结构<sup>[33]</sup>。

3.4.2 解释结构模型的建立

(1) 确定邻阶矩阵 A

设定地震灾后重建后评价全部因素集合为 S，表示为  $S = \{s_i | i = 1, 2, 3, \dots, 5, 6\}$ ，其中，重建效果为  $s_0$ 。

矩阵元素  $a_{ij}$  表示要素  $s_i, s_j$  的“从致逻辑”，其中：

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i \neq j \text{ 时, } s_i \text{ 与 } s_j \text{ 有直接关系;} \\ 0 & i \neq j \text{ 时, } s_i \text{ 与 } s_j \text{ 没有直接关系。} \end{cases} \quad (1)$$

经过调查研究和专家评议，最终得出邻接矩阵 A。

$$A = S_3 \begin{matrix} & S_0 & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \\ \begin{matrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

(2) 确定可达矩阵 M

从式(2)中可知,A的元素是1和0,属于布尔矩阵。根据布尔运算法则，

$$M = (A + I)^k = (A + I)^{k-1} \neq (A + I)^{k-2} \neq \dots \neq (A + I) (k \leq n - 1), \quad (3)$$

确定可达矩阵 M:

$$M = S_3 \begin{matrix} & S_0 & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \\ \begin{matrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

(3) 建立层次结构图

在式(4) 中,找出可达集合  $R(S_i)$  (从  $S_i$  出发,可能到达的全部要素集合);先行集合  $A(S_i)$  (所有可能到达的  $S_i$ ),令  $C(S_i) = R(S_i) \cap A(S_i)$  (所有既能影响  $S_i$  又被  $S_i$  影响的要素)。如表 4 所示。

表 4  $M$  矩阵的可达集、先行集和共同集表

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$C(S_i)$
$S_0$	0	0,1,2,3,4,5,6	0
$S_1$	0,1,6	1,2,4,5	1
$S_2$	0,1,2,6	2,4,5	2
$S_3$	1,3	3,4,5	3
$S_4$	0,1,2,3,4,5	4	4
$S_5$	0,1,2,3,5	4,5	5
$S_6$	0,6	1,2,6	6

若  $R(S_i) = C(S_i)$ ,则  $R(S_i)$  即为最高级要素集。

找出最高级要素集后,即可将其从可达矩阵中划去相应的行和列,接着,再从剩下的可达矩阵中继续寻找新的最高级要素。依次类推,可以找出各级所包含的最高要素集。求得: $L_1 = \{S_0\}, L_2 = \{S_3, S_6\}, L_3 = \{S_1\}, L_4 = \{S_2\}, L_5 = \{S_5\}, L_6 = \{S_4\}$

(4)解释结构模型

代入相应的要素,得到震后重建后评价的解释结构模型图 2。

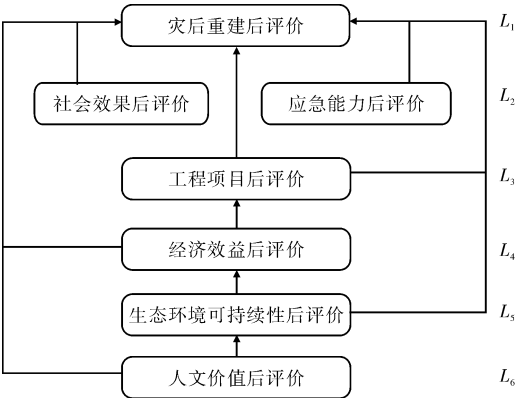


图 2 震后恢复重建后评价指标解释结构模型

3.4.3 解释结构模型分析

从图 2 可以看出,进行灾后重建后评价时要本着“以人为本”的精神,从当地人文状况实际情况出发,有利于生态环境可持续发展的长远目标,抓住经济发展的近期目标,通过重点工程项目的实施判断是否达到重建资金对经济的拉动作用,最后后评价作用体现两个方面:①促进社会秩序恢复正常,地震灾害对人们生活的影响逐步消除;

②提高受灾地区的应对灾害应急能力。

4 结论与讨论

(1)地震灾后恢复重建后评价的研究将重建与后评价研究相结合具有理论的可行性和科学决策的必要性。

(2)在世界各国灾后恢复重建经验的基础上,本论文将后评价框架体系确定为:工程项目后评价、经济效益后评价、社会效果后评价、人文价值后评价、生态环境可持续性后评价和应急能力建设后评价六大体系。

(3)通过定性分析,这六大体系涉及领域广泛、内容繁杂、学科众多,是一个庞大的、复杂的系统。

(4)通过 ISM 模型定量分析,大震重建后评价要以人文建设为出发点,以生态环境可持续发展为长远目标,通过对工程项目投资拉动灾区经济的增长,重建效果直接表现则只是社会和谐和应急能力两个方面。

参考文献:

[1] 唐学文. 路桥投资项目后评价理论与应用分析研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2005:17.

[2] 陈岩. 基于可持续发展观的水利建设项目后评价研究[D]. 南京:河海大学,2007:150-151.

[3] 段成. 电网投资效益后评价理论及决策支持系统的研究[D]. 保定:华北电力大学,2012:26-35.

[4] 肖宜,邵东国,张华兴. 基于灰关联投影法的水利工程项目后评价研究[J]. 人民黄河,2013,35(4):74-77.

[5] 张飞链. 铁路建设项目后评价理论与方法的研究[D]. 长沙:中南大学,2004:30-217.

[6] Mojtaba Rafieian. Impacts of temporary housing on housing reconstruction after the Bam earthquake[J]. Disaster Prevention and Management, 2013, 22(1): 63-74.

[7] M P Limongelli. Optimal location of sensors for reconstruction of seismic responses through spline function interpolation[J]. Earthquake engineering and structural dynamics, 2003, 32(7): 1055-1074.

[8] 杜静. 对汶川震后恢复重建项目后评价工作的探讨[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(21): 156-159.

[9] Jiuping Xu, Yi Lu. A comparative study on the national counterpart aid model for post-disaster recovery and reconstruction 2008 Wenchuan earthquake as a case[J]. Disaster Prevention and Management, 2013(1): 75-93.

[10] 徐玖平,崔静. 非政府组织(NGO)灾后援助联动的综合集成模式[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 138-144.

[11] 徐玖平,杜文君. 灾后承接非政府组织援助系统工程的综合

- 集成模式[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 102–109.
- [12] 徐玖平, 卓安妮. NGO 与地方政府合作参与灾后重建的集成模式[J]. 灾害学, 2011, 26(4): 127–133.
- [13] 陈蓓蓓. 汶川灾后重建与政府合法性的双轨效应[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012: 46–98.
- [14] 肖磊, 李仕明. 汶川地震生态重建区的承载力评价及产业选择——兼论德阳重灾区旅游产业发展[J]. 电子科技大学学报: 社科版, 2009, 11(2): 7–11.
- [15] 徐玖平, 王鹤. 自然灾害灾后重建技术及实践的研究进展[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 98–111.
- [16] 北京日本学研究中心, 神户大学. 日本阪神大地震研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009: 2.
- [17] 徐玖平. 地震救援·恢复·重建系统工程[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 458–459.
- [18] 仇保兴. 借鉴日本经验求解四川灾后规划重建的若干难题[J]. 城市规划学刊, 2008(6): 13–23.
- [19] 陈静, 翟国芳, 李莎莎. “311”东日本大地震灾后重建思路、措施与进展[J]. 国际城市规划, 2012, 27(1): 123–127.
- [20] 王岱, 张文忠. 国际多元合作推动灾区重建的回顾和思考[J]. 世界地理研究, 2010, 19(2): 130–137.
- [21] 徐淑升, 吴舜泽, 谏元堂, 等. 国内外灾后重建经验与启示[J]. 环境保护, 2008(13): 39–42.
- [22] 苏幼坡, 张玉敏. 汶川地震建筑震害调查与灾后重建分析报告[R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 432–441.
- [23] 连玉明. 汶川案例重建篇[M]. 北京: 中国时代出版社, 2009.
- [24] 曾旭正. 灾后重建规划体制问题的分析与建议[J]. 城市规划学刊, 2008(4): 29–33.
- [25] 中国城市规划设计研究院. 玉树灾后重建规划工作总结与经验交流[J]. 小城镇建设, 2010(6): 54–56.
- [26] 尹鸿伟. 地震重建房质量问题如何终结[EB/OL]. (2013–04–12) [2003–07–22]. <http://www.nfcmag.com/article/2778>. html.
- [27] 钟炜, 陆晓春. 灾后恢复重建项目绩效评价指标体系的构建方法[J]. 项目管理技术, 2009, 7(11): 19–20.
- [28] 赵延东. 自然灾害中的社会资本研究[J]. 国外社会科学, 2007(4): 53–56.
- [29] 人文[EB/OL]. [2013–07–23]. <http://baike.baidu.com/view/649.htm>.
- [30] 赵雪坤. 灾后重建规划中可持续规划理论与实践[J]. 中华建设, 2012(7): 82–83.
- [31] 胡宝荣. 基于遥感与 GIS 技术的汶川县地震前后生态环境质量评价[D]. 四川: 成都理工大学, 2009: 32.
- [32] 谢永刚, 张佳丹, 周长生. 西方灾后重建经济理论及其借鉴意义[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 84–88.
- [33] 唐桂娟, 王绍玉. 城市自然灾害应急能力综合评价研究[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2011: 53–75.

## Post-evaluation Frame System of Post-earthquake Recovery and Reconstruction

Yang Yueqiao<sup>1,2</sup>, Chi Baoming<sup>1,2</sup>, Hu Junfeng<sup>3</sup> and Yan Jinxu<sup>4</sup>

(1. *Institute of Engineering Mechanics, CEA, Haerbin 150080, China*; 2. *Economic Management Department, Institute of Disaster Prevention Science, Sanhe 065201, China*; 3. *National Disaster Reduction Center, Ministry of Civil Affairs of China, Beijing 100124, China*; 4. *Earthquake Management Guarantee Center, Earthquake Administration of Sichuan province, Chengdu 610200, China*)

**Abstract:** The study on the post-evaluation of post-earthquake recovery and reconstruction is the integration of post-evaluation and post-earthquake recovery and reconstruction. On the basis of the experiences of many other countries, a frame system is proposed. The system includes 6 post-evaluations as on engineering project, economic benefit, social effects, sustainable development of ecological environment, humanities construction and emergency capability. It is complicated among the 6 sections, so interpretative structural model is used to analyze their relations. Results show that: reconstruction should be centered on humanities and take the sustainable development of ecological environment as its long-time objective, to pull the economic growth by the investment of engineering project, and the reconstruction directly resulted in harmonious society and strong emergency ability.

**Key words:** earthquake; post-earthquake recovery and reconstruction; post-evaluation; frame system; interpretative structural model