

# 汶川地震灾后板房回收利用的成本效益分析

郑迦宁, 胡 昊, 林少培

(上海交通大学 工程管理研究所, 上海 200030)

**摘 要:**2008年5月12日我国汶川发生特大地震灾害后, 灾区建造了67万余套活动板房用于紧急转移安置受灾群众, 在灾后永久性住房陆续建造完成后, 这些活动板房的回收利用问题亟待解决。对活动板房的回收处理目前尚未有可行性方案或政策出台。在对都江堰地震灾区实地调研的基础上, 以可持续发展和循环经济理念为出发点, 提出一套包含活动板房建造、使用、回收、拆卸、再利用等各阶段的循环利用方案; 以成本—效益分析方法建立了灾后活动板房回收利用的成本效益模型, 提出利用多目标规划方法求解政府补贴额度; 最后, 对当前板房的回收利用及今后应对措施分别提出了政策建议。

**关键词:**汶川地震; 板房; 回收利用; 成本效益分析

中图分类号: TU712

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2009)21-0144-04

## 1 研究背景

2008年5月12日14时28分, 以我国四川省汶川县为中心发生了里氏8.0级的特大地震, 受灾范围波及四川、陕西、甘肃、重庆、云南等省区, 灾区总面积约50万 $\text{km}^2$ 。根据目前最新的统计数据, 截至2009年5月25日10时, 遇难69 227人, 受伤374 643人, 失踪17 923人。“5.12”地震造成大量基础设施和住宅等房屋建筑损毁, 地震发生后, 需要紧急转移安置的受灾群众有1 510万人, 在短期内产生了对活动板房的大量需求。据住房和城乡建设部报告, 截至2008年9月10日, 地震灾区过渡安置房(活动板房)已全部安装完成, 共安装677 131套。

“5.12”地震至今已1年, 据2009年4月笔者所在研究机构对四川省成都市都江堰地震灾区的实地调研, 目前地震灾区的灾后永久性住房已大部分建造完成, 大量灾民搬出了活动板房, 数十万套活动板房如何处置, 成为当前引起各方广泛关注的问题<sup>[1]</sup>。如果活动板房长期闲置, 一方面对土地资源和房屋建材资源造成极大浪费; 另一方面, 活动板房的一些建材随着时间的推移可能会老化分解出有害物质, 对环境和生态造成破坏。因此, 板房的回收利用问题亟待解决。

目前尚未有针对活动板房的回收处理方案或处置政策<sup>[1]</sup>。但其它方面的一些研究成果可以起到一定的借鉴和启发作用: 例如, 在装配式产品的回收处理方面的研究, 运用组织理论分析产品回收网络的各相关责任主体的不同合作模式<sup>[2]</sup>; 在绿色产品收益计量方面的研究, 面向产品

全生命周期建立绿色产品的成本和收益计量模型<sup>[3]</sup>; 在逆向物流成本收益模型方面的研究, 对企业逆向物流的成本、收益与其在我国发展现状间关系的讨论<sup>[4]</sup>; 以及近年顺应建设资源节约型、环境友好型社会和实现可持续发展的需求而兴起的环境经济学、循环经济理论等。

## 2 活动板房循环利用流程设计

### 2.1 生命周期分析评价理论

产品生命周期, 是指产品从市场调研、开发设计、加工制造、包装、运输、使用、报废后回收处理, 直至构成产品的最后一个零件或部件彻底报废或停止使用所经历的全部时间。生命周期分析评价即对一种产品及生产工艺、原材料、能源或其它某种人类活动行为的全过程的分析与评价, 目前, 已被纳入ISO14000环境管理系列标准, 成为国际上环境管理和产品设计的一个重要支持工具。

### 2.2 生命周期分析评价用于活动板房回收利用的意义

将生命周期分析评价用于灾后活动板房回收利用的成本与效益分析, 即通过定义活动板房的生命周期和各个阶段, 分析每个阶段的成本、效益, 从而衡量活动板房的总成本和总效益, 具有重要的意义: 从现阶段来讲, 能够更全面地考察活动板房的成本与效益, 制订科学合理的回收利用方案以解决当前西部震区大量活动板房的处置问题; 从未来着眼, 可将活动板房的设计理念提升到一个新的层次, 即以尽量减少能源消耗、减少破坏生态环境的废弃物排放、板房零部件能够便于分类回收且可循环利用为目的, 对活动板房的建材选择和拆卸方案进行研究, 基于板

收稿日期: 2009-07-28

作者简介: 郑迦宁(1984-), 女, 辽宁抚顺人, 上海交通大学博士研究生, 研究方向为工程项目管理; 胡昊(1970-), 男, 湖北黄冈人, 博士, 上海交通大学教授, 博士生导师, 研究方向为工程项目管理。

房建材的环保性和可再生性、板房成品的可拆卸性制定一套更符合环境保护和可持续发展需要的新型活动板房设计准则。

### 2.3 活动板房循环利用流程

鉴于本文的主要目的是研究当前大量已建造板房的处置,因此本文暂不考虑板房的设计和研发阶段,而是将活动板房从灾后建造开始,历经使用、回收、拆卸、循环利用等阶段的过程视为考察的一个生命周期,视储存入库或投入新一轮制造为进入下一周期。据此设计活动板房的循环利用流程:最初由原材料制造板房零部件,组装成套后用作灾后临时住房;待灾后过渡期结束、永久性住房在灾区建造完成之后,对活动板房进行集中回收并拆卸成零部件;对于其中性能良好、可直接再利用的零部件,经过清洁和检测后,运输至储存地点予以存放,留待今后使用;对于其中不适合再直接进入循环使用的零部件,将零部件进一步分解成建筑材料,对于其中可循环使用的材料,经过清洁和检测后,运输至储存地点予以存放,留待今后使用;对于其中不再具有使用价值的部分,则进行填埋、焚烧等无害化废弃处理。活动板房循环利用流程如图1所示。

## 3 包含拆卸回收利用的板房成本效益模型

### 3.1 成本—效益分析理论

成本—效益分析(Cost-Benefit Analysis, CBA)是用于国民经济评价和社会评价的方法之一,近年来出现了将该分析方法应用于政策分析中的一些探索,如用于分析生态旅游对社会、环境、文化等方面的影响<sup>[5]</sup>,政府采购活动的成本效益分析<sup>[6]</sup>等。

成本—效益分析方法与传统的财务分析主要有2点不同:①考察的出发点不是从个别企业的角度分析某一项目

方案的得失,而是从整个社会的角度分析项目对整个国民经济的贡献;②除考察某一项目方案对个别企业的直接成本和效益外,还综合考察该项目引起的环境、社会等间接成本和间接效益,即项目方案外部效果的大小。

### 3.2 CBA理论在板房回收利用方面的适用性及其意义

由成本—效益分析与财务分析的区别可见,成本—效益分析的结论能够反映全社会范围内对资源配置优化的需要,对目前分布于我国西部灾区的活动板房回收利用问题能够给出更合理的评价和解决方案。采用成本—效益分析能够将活动板房的拆卸和回收利用对环境、生态造成的影响纳入考察范围内,从而得到更有利于节约自然资源、减少废弃物排放的方案,更符合环境保护和可持续发展的需要。

本文针对当前地震灾区大量板房亟待处置的问题,提出实现板房回收利用的可行性方案,并分析方案的所有预期收益和所有预期成本的现值,讨论其实施效益及相应的政策建议。

### 3.3 灾后活动板房回收利用的成本效益分析

依据本文上述分析,构造灾后活动板房全生命周期中各阶段的成本函数和效益函数,按照上文中设计的循环利用流程图,各阶段成本、效益函数可依次定义如下:

流程1:板房建造成本——原材料CCM;根据各援建省市的统计数据。

流程2:板房建造成本——零部件CCP;根据各援建省市的统计数据。

流程3:板房建造成本——施工CCC;根据各援建省市的统计数据。

流程4:灾后使用期间效益: $RU=PR \times N \times T + RS$ ,其中PR为地震灾区当地与单位板房等效住房的单位时间内的租

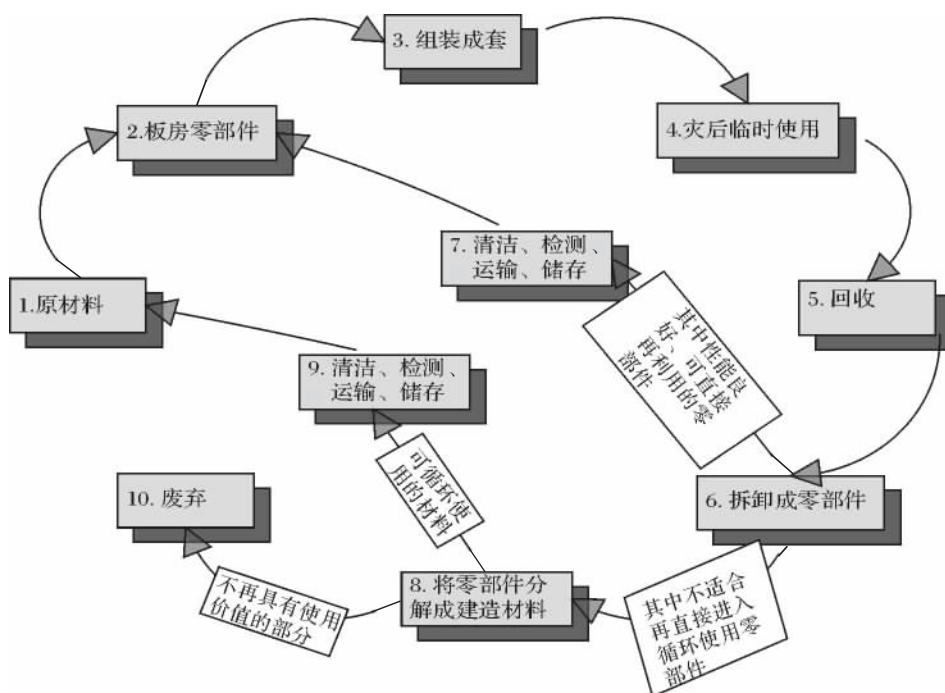


图1 活动板房循环利用流程

金;N为使用的板房数量,假设亦为使用后回收利用的板房数量;T为活动板房使用时间;RS为安置灾民所取得的社会安定效益。

流程5:板房回收利用环境收益RRE,即减少的环境污染、避免生态破坏造成的损失:根据环境统计公报中数据进行分类计算。

流程6.1:板房回收利用成本——拆卸:CRD= $\sum_{i=1}^N CD_i$ ,

其中CD<sub>i</sub>为第i种板房的单位拆卸成本。

流程6.2:板房回收利用效益——零部件:RRP= $\sum_{i=1}^N$

$\left[ \sum_{j=1}^M (PA_{ij} \times GP_{ij} \times PP_{ij} \times DEP_{ij}) \right]$ ,即由可直接回收的零部件所得的效益。其中M为第i种板房中包含零部件种数;PA<sub>ij</sub>为第i种板房中包含第j类零部件的数量;GP<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的拆卸可得率,可通过模型计算或实践调研及专家打分方法获得;PP<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的单位价格。DEP<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的折旧率。

流程7.1:板房回收利用成本——零部件清洁检测:

CRE1= $\sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^M (PA_{ij} \times CE1_{ij}) \right]$ ,其中CE1<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的清洁检测成本。

流程7.2:板房回收利用成本——零部件运输:CRT1=

$\sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^M (PA_{ij} \times CT1_{ij}) \right]$ ,其中CT1<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的运输成本。

流程7.3:板房回收利用成本——零部件储存:CRS1=

$\sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^M (PA_{ij} \times CS1_{ij}) \right]$ ,其中CS1<sub>ij</sub>为第i种板房第j类零部件的储藏成本。

流程8.1:板房回收利用成本——分解CRB,即将零件

分解为建造材料的成本:CRB= $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^R CB_{ij}$ ,其中R为第i种板房中不可直接回收的零部件的种数,满足R≤M;CB<sub>ij</sub>为第i种板房中第j类零部件的单位分解成本。

流程8.2:板房回收利用效益——材料:RRM= $\sum_{i=1}^N$

$\left[ \sum_{k=1}^Q (MA_{ik} \times GM_{ik} \times PM_{ik} \times DEM_{ik}) \right]$ ,由可分解再用的建筑材料所得的效益。其中Q为第i种板房中包含材料的种类;MA<sub>ik</sub>为第i种板房中包含第k类材料的重量;GM<sub>ik</sub>为第i种板房第k类材料的拆卸可得率,可通过模型计算或实践调研及专家打分方法获得;PM<sub>ik</sub>为第i种板房第k类材料的单位价格;DEM<sub>ik</sub>为第i种板房第k类材料的折旧率。

流程9.1:板房回收利用成本——材料清洁检测:CRE2=

$\sum_{i=1}^N \left[ \sum_{k=1}^Q (MA_{ik} \times CE2_{ik}) \right]$ ,其中CE2<sub>ik</sub>为第i种板房第k类材料的清洁检测成本。

流程9.2:板房回收利用成本——材料运输:CRT2= $\sum_{i=1}^N$

$\left[ \sum_{k=1}^Q (MA_{ik} \times CT2_{ik}) \right]$ ,其中CT2<sub>ik</sub>第i种板房第k类材料的运输成本。

流程9.3:板房回收利用成本——材料储存:CRS2= $\sum_{i=1}^N$

$\left[ \sum_{k=1}^Q (MA_{ik} \times CS2_{ik}) \right]$ ,其中CS2<sub>ik</sub>第i种板房第k类材料的储藏成本。

流程10:板房回收利用成本——废弃:CRA= $\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^S$

AA<sub>ik</sub>×CA<sub>ik</sub>,其中S为第i种板房中需作废弃处理的材料的种类,满足S≤Q;AA<sub>ik</sub>为第i种板房中包含的第k类需作废弃处理材料的重量;CA<sub>ik</sub>为第i种板房中第k类需作废弃处理材料的单位废弃成本,如填埋、焚烧等成本。

设待求的政府对板房回收给予的补贴为GA;计对零部件和材料的所有清洁、检测、运输、储存费用总和为CRW,即CRW=CRE1+CRE2+CRT1+CRT2+CRS1+CRS2;计板房的建造成本总和为CC,即CC=CCM+CCP+CCC。

则板房回收利用收益RR=RRP+RRM,板房回收利用成本CR=CRA+CRB+CRD+CRW。

### 4 利用多目标规划确定政府补贴额度

根据如上构建的包含拆卸回收利用的板房成本收益计量模型,可采用多目标规划确定政府补贴额度。

#### 4.1 目标函数

(1)板房回收利用中零部件收益最大化:

$$\max \left\{ RRP = \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^M (PA_{ij} \times GP_{ij} \times PP_{ij} \times DEP_{ij}) \right] \right\}$$

(2)板房回收利用中材料收益最大化:

$$\max \left\{ RRM = \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{k=1}^Q (MA_{ik} \times GM_{ik} \times PM_{ik} \times DEM_{ik}) \right] \right\}$$

(3)板房回收利用中废弃成本最小化:

$$\min \left\{ CRA = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^S AA_{ik} \times CA_{ik} \right\}$$

(4)板房回收利用社会净收益最大化:

$$\max \{ RR - CR + RRE = RRP + RRM + RRE - CRA - CRB - CRD - CRW \}$$

#### 4.2 约束条件

财务分析虽然从宏观上来讲不能反映灾区社会的整体成本和效益,但是却可反映一套回收利用方案对实际进行回收利用的单位或企业的影响。从盈亏平衡的角度讲,通过财务分析证实不能盈利的方案无论企业或政府均是不适合执行的。因此,在强调成本效益分析的同时,对财务分析的结论也必须予以重视,据此对板房的建造回收单位及对政府分别有如下的约束条件:

(1)对板房的建造回收单位:GA-CC-CR+RR≥0;

(2)对政府: $RU+RRE-GA \geq 0$ 。

由上述模型,可先以一套在地震灾区灾后临时住房中典型的活动板房为考察单位作试分析,采集相关数据进行计算,进而以一个板房社区的总体为对象进行普适性分析,最终确定既让建造及回收单位获得一定经济效益,又使社会净收益最大化的政府补贴额度的合理范围。

## 5 政策建议

综上所述,针对当前我国西部震区地震后板房的回收利用问题及今后应对措施分别提出以下解决方案及建议。

### 5.1 当前政策建议

#### 5.1.1 积极开展灾区活动板房的回收利用工作

汶川地震至今已一年,灾后的永久性住房大部分已建造完成,则活动板房的使用也相应结束。因此当前地方政府应出台相应的政策并落实到镇(乡)、村、户,积极开展对活动板房的回收、拆卸、检测、清洁等一系列工作,回收有继续利用价值的零部件进入相应的西部开发建设储备库,以备今后各类需求(如临时施工用房、市临临时办公室、临时展览馆或其它灾害后临时住房等)使用。具体实施可依托援建省市驻灾区当地的施工单位,按照“谁建造谁回收”的原则,由政府统筹安排,同时政府对进行板房回收的单位给予适当份额的补贴。

#### 5.1.2 开展针对乡镇建筑工匠的培训,建设应急救援队伍

对乡镇建筑工匠的培训可从两方面入手:①培训如何科学拆卸已建成的活动板房以最大限度保留其使用价值,解决当前大量活动板房使用后的处置问题;②培训乡镇建筑工匠熟悉活动板房的结构和零部件,掌握活动板房装配技术,从而在今后灾害发生后能够更快调动当地的人力物力建好临时住房,充分发挥人民群众智慧和力量。

### 5.2 今后政策建议

#### 5.2.1 加强“拆卸友好型”板房的研发

将板房拆卸为零部件是回收利用过程中的一个重要步骤,通过拆卸将实现可用零部件的回收利用及不可用零部件的材料回收。由于板房零部件联结方式的不同会产生不同的拆卸成本并影响到拆卸后零部件的可用程度,而目前国内板房的结构设计并未考虑到使用后拆卸的需求。因此,从节约资源、减少废弃物排放的角度考虑,政府可出台相应政策鼓励板房生产制造企业改进设计方案,在设计板房零部件的拼装联结方式时考虑使用之后的拆卸,选择拆卸后不易损坏联结点的方案,简化连接结构,增加板房局

部结构的集成性,研发“拆卸友好型”的新型板房。

#### 5.2.2 各级政府建立救灾物资储备点,加强应急物资储备管理

总结此次地震灾害的经验,今后应建立专门针对临时住房回收和利用的制度,督促地方各级政府根据当地情况建立救灾物资储备点。特点是在灾害多发的省份或地区,应保证一定量救灾物资的储备,如建造活动板房的建材和零部件等,在灾害发生时用于灾后救援,在灾害过渡期后及时回收,做必要检测后将零部件等重新入库,以备下次救灾之用,也可满足其它临时住房需求。

#### 5.2.3 在社会中加强板房回收利用的相关宣传

在灾区群众间进行宣传教育,号召群众使用临时住房时注意爱护设施,尽量不造成损坏并避免自行改造,以方便使用后的回收和再利用。

## 6 展望

灾区67万余套活动板房的回收利用是一项艰巨的工程,尽快解决这一当前灾后重建中亟待解决的问题,做好此次汶川地震灾后活动板房的回收利用工作,将是我国贯彻落实可持续发展观的一次有益尝试,从中总结的经验与教训对我国乃至世界各国均具有重要的借鉴意义。只有从政策上落实、技术上跟进、观念上更新,才能在实现灾后救援的同时尽量不对环境造成破坏,从而有助于实现人与自然的和谐发展。

### 参考文献:

- [1] 胡昊,林少培.都江堰地震灾区调研报告[R].上海交通大学工程管理研究所,2009-04-28.
- [2] 谢家平,任毅,赵忠.装配式产品拆卸的随机网络模型研究[J].管理学报,2007(3):174-179.
- [3] 张青山,张鲁平.制造业绿色产品成本和收益计量模型[J].中国管理科学,2005(10):81-85.
- [4] 朱权,廖秋敏.成本收益与逆向物流系统构建[J].中国市场,2008(15):72-73.
- [5] 王亚娟,郑向敏.生态旅游的外部不经济性及其对策研究[J].林业经济问题,2005(10).
- [6] 马雪松,程晓光.政府采购成本与效益分析[J].农场经济管理,2004(5):45-46.
- [7] 丁绍兰,陈鹏.生命周期评价应用中应注意的问题[J].环境科学与管理,2009(3):61-64.

(责任编辑:王尚勇)