

# 面向重建规划的灾后资源环境承载能力 应急评价范式

周侃<sup>1,2</sup>, 樊杰<sup>1,2</sup>, 徐勇<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;  
2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:**从国家重建规划对资源环境承载能力应急评价的应用需求出发,解析重大灾害事件发生后承载能力应急评价难点,初步构建在灾后资源赋存、环境容量、生态安全以及灾害风险多重约束下,资源环境承载能力应急评价的基本范式与技术流程,并提出未来灾后承载能力评价及研究重点。研究表明:针对评价周期短、涉及内容广、决策风险高、不确定性强、数据基础不足等特点与难点,需从地域功能预估与指标体系、单项要素评价与技术准则、系统集成评价与重建分区、人口容量测算与重建模式4个方面实施灾后应急评价。未来,建议从灾后资源环境承载能力评价关键阈值与参数研究,应急评价辅助支撑体系与规划衔接技术研究,灾后承载能力演化特征与弹性机理研究,青藏高原边缘地带及近邻山区等灾害高风险区的重点研究与超前应对,以及灾后应急评价及重建规划的工作协调与应用推广等方面,进一步深化灾后资源环境承载能力研究,提升未来应急评价快速化、规范化、精准化水平,为增强国家和地方政府灾后系统应对能力提供借鉴。

**关键词:**资源环境承载能力;重建规划;应急评价;自然灾害;范式

## 1 引言

中国自然灾害种类多、覆盖面积广、发生频率高,具有成灾机理复杂、多灾链生并发群发的特征(史培军等, 2005; 陈运泰等, 2013)。同时,中国人口和经济体量大、分布广,而一些无序的国土开发和盲目的城镇化过程,也导致各类承灾体暴露度不断增加,加剧了人类活动与自然地理环境的矛盾冲突。当重大灾害事件发生后,国家重建规划就需要从根本上化解矛盾,把灾后恢复重建与改善群众生产生活条件相结合、与促进经济社会发展相结合、与加强生态环境保护相结合,系统考虑防灾减灾和

灾后区域可持续发展问题。汶川及此后的玉树、舟曲、芦山、鲁甸灾后重建经验表明,针对灾后地理环境剧烈改变而开展的资源环境承载能力评价,是开展重建规划和重建工作的重要基础。承载能力应急评价同灾害范围和灾害损失评估、住房及建筑物受损鉴定并列,是国家编制重建规划之前必须部署的专项评估任务,并要求应急评价需根据对水土资源、生态重要性、生态系统脆弱性、自然灾害危险性、环境容量、经济发展水平等的综合评价,确定可承载的人口总规模,提出适宜人口居住和城乡居民点建设的范围以及产业发展导向(樊杰等, 2009)。可见,灾后资源环境承载能力应急评价对有序引导

收稿日期: 2017-02; 修订日期: 2017-03。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501139, 41630644); 中国科学院特色研究所培育建设服务项目(TSYJS04); 中国科学院科技服务网络计划(STS计划)项目(KFJ-STIS-ZDTP-021) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41501139, No. 41630644; Service Project on the Cultivation and Construction for the Characteristic Research Institute of the Chinese Academy of Sciences, No.TSYJS04; Science and Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences, No. KFJ-STIS-ZDTP-021]。

作者简介: 周侃(1986-), 男, 助研, 博士, 研究方向为资源环境承载能力与区域可持续发展, E-mail: zhoukan2008@126.com。

引用格式: 周侃, 樊杰, 徐勇. 2017. 面向重建规划的灾后资源环境承载能力应急评价范式[J]. 地理科学进展, 36(3): 286-295. [Zhou K, Fan J, Xu Y. 2017. Paradigm and prospects of emergent evaluation of post-disaster resource and environmental carrying capacity for reconstruction planning[J]. Progress in Geography, 36(3): 286-295.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2017.03.003

灾区人口和产业集疏过程,科学重构灾区社会经济和资源环境均衡格局具有重要作用(樊杰等, 2008)。

资源环境承载能力主要表征一定区域内资源环境条件对人类生产生活的功能适宜程度和规模保障程度,以维持人地协调可持续为前提,是承载人类生活生产活动的自然资源上限、环境容量极限和生态服务功能量底线的总和(樊杰等, 2015; 周侃等, 2015)。国外资源环境承载能力研究对推动增长极限理论、可持续发展理念的形式提供了科学支撑,但由于决策与应用出口缺乏,20世纪90年代以后便鲜有区域承载能力的专门研究;国内研究则主要集中于资源或环境单要素的承载能力,包括土地(陈百明, 1988; 石玉林, 1992)、水资源(陈冰等, 2000; 程国栋, 2002)、生态系统(高吉喜, 2001; 徐琳瑜等, 2005)等等。以往国内外评价和研究的共性为:揭示承载体和承载对象之间的驱动关系比较单一,评价结果相对简单。而在重大灾后的应急评价中,国内外主要侧重于灾损评价和灾后专项恢复工程可行性评价,针对重建规划和决策开展资源环境承载能力评价的实践此前尚无先例。直至2008年汶川地震发生后,一方面,开始对灾区的资源环境多要素进行集成,开展灾后承载能力的综合评价;另一方面,将资源环境承载能力作为重建规划编制的重要前提,并被规划决策采纳,创建了将资源环境承载能力评价作为均衡人口与资源环境的基础性科技工作(邓伟, 2009; 樊杰等, 2016a),使承载能力评价在客观认识空间开发利用的本底条件、综合协调空间开发与保护关系、优化空间结构及总体布局方案方面的基础性和创新性作用得以发挥。

本文从国家重建规划对资源环境承载能力应急评价的应用需求出发,解析重大灾害事件发生后承载能力应急评价的特点和难点,结合以往历次国家应急评价的实践经验,从技术流程、指标体系、评价准则、功能分区、应用出口等方面,梳理并初步构建应急评价的基本范式,并提出灾后承载能力研究及应急评价展望,以期提升未来应急评价的快速化、规范化、精准化,为增强国家和地方政府灾后系统应对能力提供借鉴。

2 重建规划应用需求与应急评价难点

2.1 重建规划应用需求

灾后恢复重建规划通常包括总体规划和一系列专项规划,包括灾后恢复重建城镇体系规划、土地利用规划、城乡住房建设规划、农村建设规划、基础设施规划、公共服务设施规划、产业重建规划、生态环境修复规划、防灾减灾规划等。重建规划需要资源环境承载能力应急评价解决的核心命题可概括为重建方式(就地重建或异地重建)、重建规模(功能分区和重建选址)及重建策略(重建发展方向和可持续调控路径)3个方面,但各类重建规划对应急评价的应用需求与深度又有所侧重(表1)。其中,总体规划通常需要明确灾区资源环境承载能力的总体判断、划分重建功能区、匡算灾区可承载人口总规模等内容,为制定恢复重建目标、研制空间布局方案奠定基础。因此,灾后恢复重建规划的应用需求决定了应急评价与常规资源环境承载能力评价相比,具有工作周期短、实施难度大、涉及内容广、决

表1 国家重建规划对资源环境承载能力评价的应用需求  
Tab.1 Application requirements of post-disaster resource and environmental carrying capacity evaluation for national reconstruction planning

	重建规划体系	应用需求
总体规划	灾后恢复重建总体规划	区域承载能力总体判断,重建功能分区,可承载人口总规模
	城镇体系专项规划	人口集聚区范围划定,可承载人口规模与职能等级
	土地利用专项规划	重建功能分区,土地整理与建设用地开发潜力
	城乡住房建设专项规划	适宜人口居住和城乡居民点建设范围,超载人口迁移与安置方式
	农村建设专项规划	农业生产区范围划定,农村超载人口规模,区域退耕还林规模
专项规划	基础设施专项规划	主要基础设施支撑能力,生命线通道布局与灾害避让建议
	公共服务设施专项规划	超载人口安置规模,公共服务设施配套规模与布局建议
	产业重建专项规划	产业发展导向,加剧区域承载能力超载的产业负面清单
	生态环境修复专项规划	生态建设区范围划定,退耕还林范围与规模
	防灾减灾专项规划	灾害防治区范围划定,地质灾害避让与防治工程措施

策风险高的基本特点。

## 2.2 灾后资源环境承载力应急评价难点

在开展资源环境承载力应急评价时,通常面临以下难点:首先,灾区作为区域开放系统,地域功能不确定性较强,若缺失对承载对象的分类及识别,则承载力评价将难以确定评价准则与目标、评价指标体系等基本范畴,需要消除不同承载对象的不确定性问题。第二,一些资源环境要素流动性显著,资源环境在区内外均呈现出持续而广泛的物质能量传导与交换,区际资源调配与流动可缓解一些自然资源的“短板”约束,而一些生态环境较优的区域可能受相邻区域扰动而波及,需要考虑要素流动性对承载能力的影响。第三,资源环境承载力在本质上是动态的,且与资源禀赋、技术手段、社会选择和价值观念之间具有复杂关系(Arrow et al, 1995; 樊杰等, 2014),当区域资源利用效率、环境整治修复能力得到进一步释放时,会对资源环境承载状态调节发挥积极作用,这就导致资源环境承载力似乎不是一个固定的常数,其上限、下限等界限值具有一定弹性,需要考虑临界阈值模糊性在定量评价与模拟中的作用。

面向重建规划的灾后应急评价还面临以下一些难点:在数据支撑方面,为便于指导未来重建工作,重建规划通常要求将评价结果细化到乡镇单元,这就对人口经济与资源环境数据精度提出更高要求,而目前国家资源环境监测与数据共享网络建设相对滞后,数据搜集与共享难度大,数据采集时空尺度不统一,加之灾区通常处于偏远贫困地区,基础数据储备更加薄弱。在时间进度要求方面,灾后应急评价需要先于总体规划编制进度,通常要在1个月内完成,与此同时,灾区灾情在短期内仍不断变化,灾损调查与评估数据急需实时更新与替换,

甚至评价区范围也会发生调整,这又进一步加大了承载力应急评价难度。此外,影响承载力变化的重大工程部署与应急评价工作同步进行,增大了承载力变化的不确定性。

## 3 灾后资源环境承载力应急评价范式及技术流程

要解决应急评价难点、满足重建规划的应用需求,需要揭示灾后资源赋存、环境容量、生态安全以及灾害风险多重约束下,人类活动的空间结构及其地域分布的规律性,并以此测算灾区承载人口或经济的能力。因此,面向重建规划的灾后资源环境承载力应急评价的基本范式及技术流程包括:地域功能预估与指标体系构建,单项要素评价与技术准则创建,综合集成评价与重建分区研制,以及人口容量测算与重建模式制定。其中,分可预测和不可预测2种类型,将自然灾害与区域承载力耦合融入应急评价技术流程,针对可预测灾害(含既发灾害),采取整治和避让导向,整治意味着增强区域承载力,避让则削弱区域承载力;针对不可预测灾害,将风险评估引入评价流程,基于灾害风险系数测算区域承载力情景(图1)。

### 3.1 地域功能预估与指标体系

从国家总体战略、主体功能区规划、上位区域规划等角度,围绕人口集聚、工业生产、农牧业生产、生态保育、游憩休闲等多样化功能指向,在灾区功能预估的基础上界定承载对象,进而根据承载对象的主要类型,从通适型指标、特征型指标以及应急型指标3个维度,构建灾区资源环境承载力单项评价指标体系(图2)。

(1) 通适型指标。主要从承载体要素即资源环

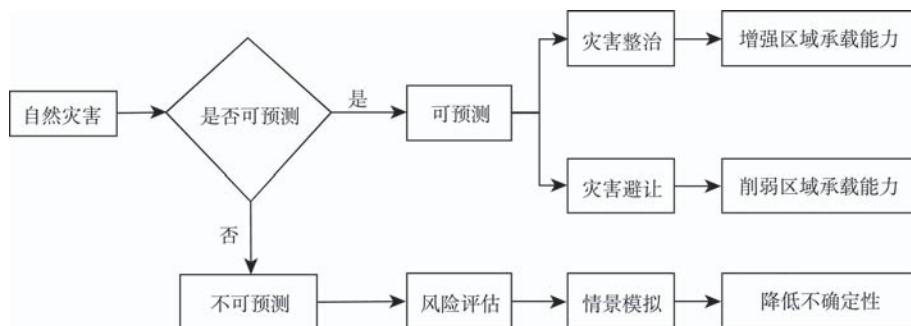


图1 自然灾害与区域承载力耦合与评价原理

Fig.1 Coupling of natural disasters and regional carrying capacity and evaluation principles



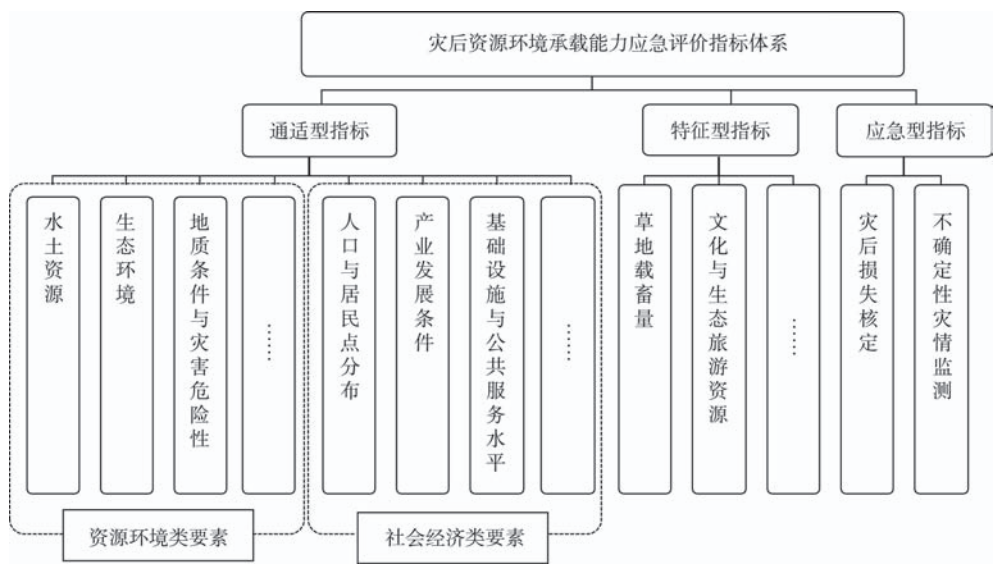


图2 灾后资源环境承载能力应急评价指标体系的基本框架

Fig.2 Indicators of post-disaster resource and environmental carrying capacity evaluation

境类要素、以及承载对象要素即社会经济类要素遴选通适型指标,具体包括:①资源环境类要素,包含灾区水土资源、生态环境、地质条件与灾害危险性等内容。其中,水土资源包含地形条件、耕地质量、建设用地适宜性、水资源丰度、水资源利用适宜性等具体指标;生态环境包括生态重要性、生态系统脆弱性、环境质量、环境容量等具体指标;地质条件与灾害危险性包括地震地质条件、工程和水文地质条件、地质灾害易发性等具体指标。②社会经济类要素,包含灾区人口与居民点分布、产业发展条件、基础设施与公共服务水平等内容。其中,人口与居民点分布包含人口规模与分布、城镇化水平、人口流动性等具体指标;产业发展条件包含经济结构与发展水平、工业化水平、劳动力就业结构等具体指标;基础设施与公共服务水平包括交通设施支撑能力、能源设施支撑能力、医疗卫生服务能力等具体指标。

(2) 特征型指标。结合灾区自然地理环境以及地域功能预估导向,选取因地制宜的特征型指标,以增强指标体系在灾区评价工作的针对性与科学性。例如,处于高原高寒气候条件的地震灾区,应在资源环境类要素评价中增设光热条件指标;处于牧区半牧区的,应考虑草地畜牧功能属性,增设草地载畜量评价指标;处于旅游资源富集区的,应考虑文化与生态旅游功能属性,增设文化与生态旅游资源开发适宜性评价指标;处于重要农产品主产区的,应考虑农林牧功能属性,增设农业地域类型适

宜性评价指标。

(3) 应急型指标。灾区资源环境承载能力评价指标确定时,还应针对灾后的灾情和灾损状况设置应急型指标,包括灾后损失核定、灾区不确定性灾情监测等内容。其中,灾后损失核定包含房屋建筑倒塌率、基础设施受损率、耕地损毁率等具体指标,灾区不确定性灾情监测包含灾后堰塞湖溃坝威胁、崩塌、滑坡、泥石流及潜在滑坡体威胁等具体指标。

3.2 单项要素评价与技术准则

在地域功能预估与指标体系构建的基础上,制定开展单项要素评价的基本技术准则,并通过与相关专业领域学者的阈值与参数衔接,实现单项指标评价的过程互动,不断调整和完善各自评价结果。技术准则包括以下4个方面:

(1) 自上而下调控与自下而上分析相结合。针对灾区承载能力构成的复杂性 with 开放性,既考虑空间开发结构、空间相互作用、城镇体系职能结构、产业涓滴与辐射效应等区域发展基本规律,开展构成要素的总量控制与区域配置,还应注重基础分析评价,结合自下而上的分析,充分论证总体方案的可行性与合理性。

(2) 刚性约束与柔性指导相结合。本着“安全第一”原则,严守安全底线,严格执行国家在防灾减灾、生态保护、粮食安全等领域的法律法规,遵循部门红线以及相关行业标准和规范中的刚性规定,对灾害风险极高、生态保护价值极大或食物安全保障

重要等区域,实施“一票否决制”。同时,合理利用确定临界阈值时的弹性空间,并考虑灾后恢复重建现实需要,在产业重建、人口安置等方面给予一定弹性,指导性地制定动态引导策略。

(3) 整体评价与精细评价相结合。面向重建规划需求及区域差异,在对灾区全域评价基础上,对灾损严重、灾情复杂、灾害链效应突出的区域,增加次生灾害等要素的评价内容、并提升评价精度,满足总体集成时客观反映灾害条件对空间开发利用的限制性。通常应依次开展面向灾区全域、极重和重灾区、极重和重灾区居民点的1 km×1 km、30 m×30 m以及10 m×10 m等不同精度的灾害风险评价。

(4) 灾前状态分析与灾后损失评估相结合。不仅考虑灾前水土资源、生态环境等要素禀赋,还应结合灾损分析评估灾情的综合影响和效应,对于灾后破坏程度较大的区域,进一步采取高分辨影像和实地考察对比分析,提高总体集成准确性。

在基本技术准则的指导下,根据发生学原理,各个专业领域对单项要素评价指标的内涵、功能和算法依据进行界定,并确定评价指标等级划分的合理阈值区间。然后,以适宜重建程度为导向,通常采用灾区县全域、极重和重灾区、以及集中居住和产业用地(乡镇所在地、城市建成区和产业园区)3个精度,进行自然地理单元、行政区划单元(含地市、区县、乡镇三级行政区划)不同尺度的单项指标评价。最后,通过单项指标评价的分级分类结果,分析灾区自然要素和人文要素的基本属性、地域分异规律和空间尺度特征。

3.3 综合集成评价与重建分区

开展灾后资源环境承载力的综合集成评价,通常以灾害风险为主控因子,以水土资源条件、生态环境、工程和水文地质为重要因子,以经济发展水平、城镇化水平、基础设施和公共服务设施为辅助因子,以灾损状况为参考因子,结合防灾减灾安全性、生态保护重要性、社会经济发展适宜性,对灾区进行恢复重建功能分区。功能分区一般包括灾害避让区、生态保护区、农业发展区、人口集聚区4种类型(表2)。功能分区流程主要包括以下4个步骤:

(1) 划定灾害避让区。灾害避让区包括地震断裂活动带和滑坡、崩塌、泥石流等次生地质灾害易发多发地区。针对地震断层和活动断层、次生地质灾害类型的易发程度、发展变化趋势和影响范围等内容,按照全域整体评价、极重和重灾区的人口集聚区精细评价的精度要求,将地震地质条件适宜性最低级以及崩塌、滑坡、泥石流次生地质灾害危险性最高级所涵盖地域范围划定为灾害避让区。

(2) 划定生态建设区。生态建设区包括自然保护区、退耕还林地及其他生态保护评价的重要区域(不包括分布在该区域中的城乡居民点建设用地和农业发展用地)。结合生态环境评价、旅游资源评价以及用地条件评价结果,将各级各类自然保护区、水源涵养区、森林公园、湿地公园、地质公园等法定保护区,以及坡度25°以上退耕还林的坡耕地、生态保护重要性最高级、次高级3类区域划为生态建设区。

(3) 划定农业生产区。农业生产区包括优质耕

表2 灾后资源环境承载能力集成评价与重建分区内容  
Tab.2 Integrated evaluation and reconstruction zoning of post-disaster resource and environmental carrying capacity

重建分区		开发强度	人口引导	产业导向	关键评价内容	评价精度
大类	亚类					
灾害避让区	断裂避让带	极低	逐渐清零	绿色开敞空间、使用率低的公共设施	地震断层和活动断层	全域评价,极重和重灾区的人口集聚区精细评价
	崩塌滑坡避让区				次生地质灾害类型的易发程度、发展变化趋势和影响范围	
	泥石流避让区					
生态建设区	自然保护区	低	略有减少	生态旅游 林业和林下生态经济	法定保护区	全域评价,结合旅游资源评价
	退耕还林区 林地等				25°以上坡耕地 土地利用	
农业生产区	农业	中	基本不变	生态农业 新农村	耕地、园地利用条件	全域评价
	乡村居民点				乡村建设用地条件	
人口集聚区	适度扩建	高	增加	特色加工业和行政中心功能、具有技术含量和加工深度的产业	水土条件、工程地质、产业支撑、人口分布、地理区位、基础设施	全域评价,人口集聚区精细评价,包括:用地条件加密评价、避灾加密现状遥感影像、灾损辅助分析
	就地重建				基本服务功能	

地、园地和农村居民点建设用地,是农村人口居住和从事农业生产活动的主要场所。通过耕地、园地建设条件以及乡村建设用地条件的全域整体评价,并扣除25°以上坡耕地、园地,避让地震地质条件适宜性最低级和次生地质灾害危险性最高级的农村居民点用地后,划定农业生产区。

(4) 划定人口集聚区。人口集聚区包括乡镇政府所在地、城区、大型产业园区等建设用地。通过用地条件评价得出适宜建设、较适宜建设、条件适宜建设的的地块,扣除受到活动断裂和次生灾害影响严重的灾害避让区,并结合现状遥感影像、灾损辅助分析、水资源条件、工程和水文地质条件的精细评价,提出城乡居民点选址的备用地,在此基础上进行产业支撑、人口分布、地理区位、基础设施以及市镇村体系结构等因素的综合分析,依次对位于极重灾区 and 重灾区的各个人口集聚区进行综合判断,进一步确定人口集聚区的位置与范围,提出不同规模与类型城镇和乡村恢复重建的选择方案。

### 3.4 人口容量测算与重建模式

由于影响区域人口容量的主要因素除资源环境约束条件外,还包括区域经济发展水平和城镇化水平等,而灾后这些要素的不确定性显著增加,重建过程中的政策因素将会产生更加直接和显著的影响。因此,灾区人口容量测算是区域人口、经济、社会同资源环境关系的综合集成,需要结合承载力要素占用状态和变化趋势、承载对象的增长潜力、承载力要素与承载对象空间流动的可能性进行综合分析。人口容量测算的核心步骤通常可概括为:基于综合集成评价与重建分区结果,测算可开发利用空间的数量与质量,包括可利用耕地资源保有量、适宜建设用地规模等;参照灾区社会经济发展目标,选用收入水平、收入结构、城镇化率、产业结构等指标,按照重建分区设置城乡人口比重、居民

收入来源结构、农民耕地依赖度等差异化的情景参数;采用不同恢复重建情景的设定标准,预测农业人口、城镇人口和人口承载总量,确定人口容量适宜规模,核定现状人口超载情况;在人口超载县市,推算缓解超载态势的边界条件,并以此作为人口合理安置的基本依据,解析因灾超载需要外迁、因灾超载可内部调整和非因灾超载等人口超载成因,最终因地制宜地制定灾后恢复重建模式。其中,对灾区恢复发展情景参数设定时,总结国内外恢复重建一般规律,灾后人口和城镇化通常呈现一定震荡波动,人口总量呈先下降后加速增长,一般3年左右恢复至灾前水平;由于灾民转移安置或向城镇集中,通常会造成灾后城镇化水平先跳跃式上升,伴随3~4年的恢复调整期后,逐步回归原有城镇化进程(图3)。

依据上述规律,既要考虑灾区发展现状和全面恢复重建目标,还需综合考虑配套政策延续性、城镇化惯性和经济增长内生动力等,将人口容量测算结果细化并落地,进一步制定扩大规模重建、缩减规模重建和原规模重建等不同的重建模式,其中,原规模重建可细分为原地重建、就地调整、布局调整3种亚类。若县区内存在难以安置的超载人口,则通过跨县区安置将超载人口转移至具有较高人口容量的区域。应注重按照总体战略和预估功能的目标要求,不断修正完善形成适宜人口规模最终方案和重建模式(图4)。

## 4 未来灾后资源环境承载能力评价及研究重点

尽管灾后资源环境承载能力在实践应用中的作用日益突出,并初步形成了针对多空间尺度和多用途的技术路线,但仍存在诸多难点与问题,影响到评价技术方法的科学性和规划应用的合理性,亟

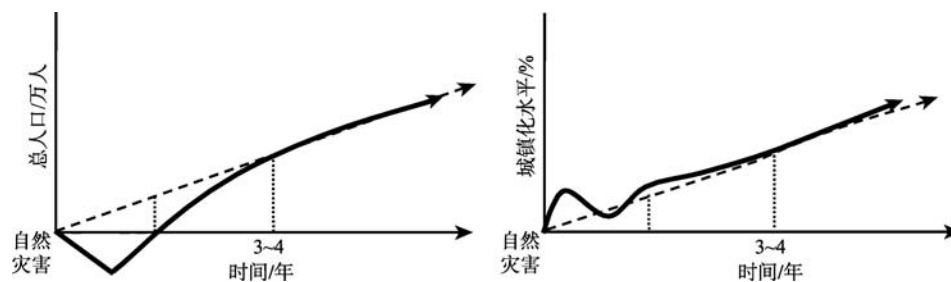


图3 灾后总人口和城镇化水平的演化曲线(樊杰等, 2009; 高晓路等, 2010)

Fig.3 Change in population and urbanization rate after natural disasters (Fan et al, 2009; Gao et al, 2010)



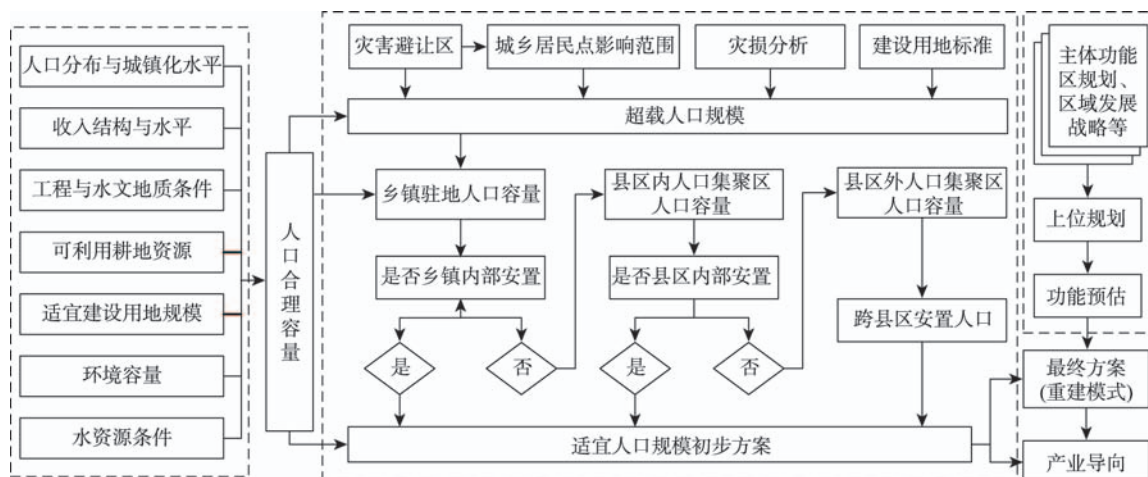


图4 灾后人口容量分解与重建模式的制定流程

Fig.4 Formulation of post-disaster population capacity decomposition and reconstruction model

待进一步深化研究、加强应对。

#### 4.1 灾后资源环境承载力应急评价关键阈值与参数研究

鉴于资源环境承载力评价具有高阶次、多变量、非线性、多反馈回路等特性,同一套指标体系难以评价不同承载对象的承载能力(樊杰等, 2016b)。其评价的复杂性也使得同一个指标对不同区域的特征表达可能出现不同指向,如水资源时空分布决定着水资源量大小、也可能影响灾害危险性的等级,需要从这些显性与非显性、直接与间接关系中,解析主要评价指标之间的转换参数及分级阈值。同时,资源环境承载力评价的尺度效应突出,尺度差异是阈值划定的重要影响因素,如在宏观尺度不适宜于开展重建布局与选址的,在微观尺度则可能被认为相对适宜。评价阈值在空间上和尺度上受自然与人文界限的作用而存在差异,需要把握承载力评价的均质性和层次性,解析清晰的评价结果断裂点和分界参数,使重建功能分区时不同功能区之间的差异性增强,而同一功能区内部的差异性减弱。

#### 4.2 灾后资源环境承载力应急评价辅助支撑体系与规划衔接技术研究

面向应急评价的快速评估需要,研究在地面调查、遥感与地理信息系统、以及大数据与云计算等多源技术手段支撑下,快速获取与集成基础地理数据、灾情与灾损数据、多灾种孕灾环境数据、社会经济数据等多源异构数据,解析灾后多源数据标准化、质量控制和更新机制,探索高精度、规范化、可

更新、多响应的应急评价辅助支撑体系。围绕重建功能分区、城乡居民点选址等重建规划内容,解决应急评价结果与重建总体规划、专项规划衔接的“接口”问题,加强重建功能分区和城乡居民点选址方案优化途径、人口合理容量测算与超载人口调整标准、灾后近期与长远规划相结合的临时安置和综合布局模式等衔接接口研究。总之,在前向加强多源数据快速提取与辅助支撑体系研究,在后向突出与重建规划和重建模式衔接技术研究,构建集前向数据、应急评价、后向应用于一体的灾后应急评价完整链条。

#### 4.3 灾后资源环境承载力应急评价及重建规划的工作协调与应用推广

资源环境承载力评价是灾后重建规划编制的重要基础,评价时间紧,涵盖领域广,而灾后重建规划是指导灾区重建工作的行动指南和布局蓝图,具有战略性、综合性、基础性、约束性等多重规划属性。但在现行规划体制下,擅长综合发展规划的部门对空间布局的评价技术和规划手段往往相对欠缺,而擅长布局规划的城乡建设和国土部门又往往对区域发展、扶贫开发等综合问题把握不准,而且这一问题越是基层越突出。因此,应总结以往历次灾后应急评价及重建规划编制经验,健全适应综合性重建规划编制需求的工作机制,通过规划体制创新增强地方政府自主完成应急评价及重建规划的能力。今后,以省级政府主导组织应急评价和规划编制时,在加强中央政府对重建规划指导的同时,应避免简单地将评价任务交由单一职能部门组织、

专业领域承担,需要着力打破行政部门条条限制,整合各类相关专业领域的评价和规划力量,创建在省级政府或综合部门统筹下的工作协调机制,积极推广中央统筹指导、地方为主体、受灾居民广泛参与的新路径。

#### 4.4 灾后资源环境承载能力弹性机理及应急评价调适

以地理学、可持续性科学、资源科学、灾害学等学科的综合视角为基础,从灾害事件发生后资源环境系统的短期剧变与长期变化切入,研究灾后资源环境承载能力的演化过程与弹性轨迹,分析灾后自组织过程(自然恢复)和他组织过程(整治修复)在演化速率、强度、空间格局的差异性,并对灾区承载能力应急评价体系进行调适与优化。从承灾体暴露性、区域应灾能力以及区域敏感性(灾损程度)等维度,研究构建灾前灾后脆弱性评估的指标体系与分析框架,解析灾后城乡人口重构、产业空间重组、住房与设施改造、政策与资金支持等响应方式与弹性演化的耦合关系。在此基础上,开展灾区资源环境承载能力与可持续生计研究,加强灾区重建方式及其实施效果的机理研究,为制定灾区人口迁移调整、国土空间格局优化、生态经济体系建设等发展战略,以及生态补偿机制、资源税留成政策等体制机制设计提供科学依据,增强灾后持续发展能力和造血功能,实现灾区居民可持续生计水平显著提高。

#### 4.5 自然灾害高风险区的重点研究与超前应对

在选择重大自然灾害开展灾害风险评估与区划,实现自然灾害动态监测和定期预警预报的同时,针对青藏高原边缘地带及近邻山区等灾害高风险区,超前部署资源环境承载能力重点研究与防灾减灾工作,防范于未然,将灾害风险和损失减少到最低程度。其中,青藏高原边缘地带和近邻山区属面波震级5.0级以上地震高发区,崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害多发区,重大自然灾害频发(樊杰等, 2014)。同时,该区域内连片特困区广布,房屋建筑和公用设施抗灾设防能力较弱,甚至在选址与布局时还存在安全隐患,而相关规划对防灾减灾和抗震设防问题重视不足,更缺少超前的应对预案和部署,使自然灾害影响程度被放大,导致“大灾大害”,甚至“小灾大害”(周侃等, 2015)。为此,应尽快开展该类灾害高风险区的自然灾害和资源环境承载能力摸底评价和调查研究,作为各类空间规划编制和

建设布局的科学依据,还应推动高风险区防灾减灾的整体规划,逐步落实从单体建筑物标准到城乡居民点建设规范,从公共安全避难及临时安置场所布局到基础设施防灾监控和应急处置,从日常监测体系到防灾减灾教育等环节,将防灾减灾作为日常性、持续性工作超前制定系统应对方案。

## 5 结论与讨论

自然灾害事件冲击使灾区人地矛盾进一步加剧,由于灾后可持续重建的迫切性和独特性,需要立足新视角、理论和方法研究其内部作用机制和变化规律。从资源环境承载能力出发,运用综合性和地域性研究视角,揭示灾后资源赋存、环境容量、生态安全以及灾害风险多重约束下,人类生产生活活动的空间结构及其地域分布的规律性,创建资源、环境、生态、灾害等自然要素同人口、聚落、产业、设施等人文要素的相互作用与匹配的综合分析方法,从地域功能预估与指标体系、单项要素评价与技术准则、综合集成评价与重建分区、以及人口容量测算与重建模式等方面构建应急评价基本范式,有助于实现应急评价快速化、规范化、精准化,可有效地解决恢复重建规划和重建工作需求,不断增强国家和地方政府灾后系统应对能力。

灾后资源环境承载能力应急评价实践表明,中国的人文与经济地理过程受资源环境本底约束的客观性不容忽视。贯穿因地制宜理念,重视资源环境基础对人类生产生活活动的影响,揭示人文与经济地理事象的地域分异规律仍然具有旺盛的学科生命力。当前,中国正处在生态文明建设和经济转型升级时期,为开展自然圈层和人文圈层相互作用研究提供了天然的试验与应用场所(樊杰等, 2013; 傅伯杰等, 2015)。通过资源环境承载能力评价与预警,开展灾区乃至全国自然和人文圈层互动研究实践,是提升可持续性综合研究水平的有益尝试。而信息技术的快速发展和革新,为丰富地理学研究与实验方法提供了新方向,为从宏观、中观、微观尺度动态揭示人地关系和空间行为规律提供了新技术。运用空间分析、地理建模、情景模拟、大数据挖掘等手段,将为政府、企业、公众认识区域发展目标和自身定位,掌握发展现状、展望未来前景、参与决策过程,提供综合诊断、监测预警、可视化表达的研究与应用平台。



## 参考文献(References)

- 陈百明. 1988. 中国土地资源的人口承载力[J]. 中国科学院院刊, (3): 260-267. [Chen B M. 1988. Zhongguo tudi ziyuan de renkou chengzaili[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, (3): 260-267.]
- 陈冰, 李丽娟, 郭怀成, 等. 2000. 柴达木盆地水资源承载方案系统分析[J]. 环境科学, 21(3): 16-21. [Chen B, Li L J, Guo H C, et al. 2000. System analysis on water resources supporting alternatives for Chaidamu Basin[J]. Environmental Science, 21(3): 16-21.]
- 陈运泰, 杨智娴, 张勇, 等. 2013. 从汶川地震到芦山地震[J]. 中国科学: 地球科学, 43(6): 1064-1072. [Chen Y T, Yang Z X, Zhang Y, et al. 2013. From 2008 Wenchuan earthquake to 2013 Lushan earthquake[J]. Scientia Sinica Terrae, 43(6): 1064-1072.]
- 程国栋. 2002. 承载力概念的演变及西北水资源承载力的应用框架[J]. 冰川冻土, 24(4): 361-367. [Cheng G D. 2002. Evolution of the concept of carrying capacity and the analysis framework of water resources carrying capacity in Northwest of China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 24(4): 361-367.]
- 邓伟. 2009. 重建规划的前瞻性: 基于资源环境承载力的布局[J]. 中国科学院院刊, 24(1): 28-33. [Deng W. 2009. The prospective study of reconstruction planning after Wenchuan earthquake: Based on the distribution of resource and environment carrying capability[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 24(1): 28-33.]
- 樊杰, 周成虎, 顾行发, 等. 2009. 国家汶川地震灾后重建规划: 资源环境承载能力评价[M]. 北京: 科学出版社. [Fan J, Zhou C H, Gu X F, et al. 2009. Guojia Wenchuan dizhen zaihou chongjian guihua: Ziyuan huanjing chengzai nengli pingjia[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 樊杰, 等. 2016a. 中国人文与经济地理学者的学术探究和社会贡献[M]. 北京: 商务印书馆. [Fan J, et al. 2016. How Chinese human geographers influence decision makers & society[M]. Beijing, China: The Commercial Press.]
- 樊杰, 兰恒星, 周侃. 2016b. 鲁甸地震灾后恢复重建: 资源环境承载能力评价与可持续发展研究[M]. 北京: 科学出版社. [Fan J, Lan H X, Zhou K. 2016. Ludian dizhen zaihou huifu chongjian[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 樊杰, 陶岸君, 陈田, 等. 2008. 资源环境承载能力评价在汶川地震灾后恢复重建规划中的基础性作用[J]. 中国科学院院刊, 23(5): 387-392. [Fan J, Tao A J, Chen T, et al. 2008. Fundamental function in resource environment carrying capacity evaluation in the state planning for Post-Wenchuan earthquake restoration and reconstruction[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 23(5): 387-392.]
- 樊杰, 王传胜, 汤青, 等. 2014. 鲁甸地震灾后重建的综合地理分析与对策研讨[J]. 地理科学进展, 33(8): 1011-1018. [Fan J, Wang C S, Tang Q, et al. 2014. Comprehensive geographic analysis and discussion on strategies for post-earthquake recovery and reconstruction in Ludian, Yunnan Province[J]. Progress in Geography, 33(8): 1011-1018.]
- 樊杰, 王亚飞, 汤青, 等. 2015. 全国资源环境承载能力监测预警(2014版)学术思路与总体技术流程[J]. 地理科学, 35(1): 1-10. [Fan J, Wang Y F, Tang Q, et al. 2015. Academic thought and technical progress of monitoring and early-warning of the national resources and environment carrying capacity (V 2014)[J]. Scientia Geographica Sinica, 35(1): 1-10.]
- 樊杰, 周侃, 孙威, 等. 2013. 人文—经济地理学在生态文明建设中的学科价值与学术创新[J]. 地理科学进展, 32(2): 147-160. [Fan J, Zhou K, Sun W, et al. 2013. Scientific values and research innovations of human-economic geography in construction of ecological civilization[J]. Progress in Geography, 32(2): 147-160.]
- 傅伯杰, 冷疏影, 宋长青. 2015. 新时期地理学的特征与任务[J]. 地理科学, 35(8): 939-945. [Fu B J, Leng S Y, Song C Q. 2015. The characteristics and tasks of geography in the New Era[J]. Scientia Geographica Sinica, 35(8): 939-945.]
- 高吉喜. 2001. 可持续发展理论探索: 生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社. [Gao J X. 2001. Kechixu fazhan lilun tansuo: Shengtai chengzaili lilun, fangfa yu yingyong[M]. Beijing, China: China Environmental Science Press.]
- 高晓路, 陈田, 樊杰. 2010. 汶川地震灾后重建地区的人口容量分析[J]. 地理学报, 65(2): 164-176. [Gao X L, Chen T, Fan J. 2010. Population capacity in the Wenchuan earthquake reconstruction areas[J]. Acta Geographica Sinica, 65(2): 164-176.]
- 石玉林. 1992. 中国土地资源的人口承载力研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社. [Shi Y L. 1992. Zhongguo tudi ziyuan de renkou chengzaili yanjiu[M]. Beijing, China: China Science and Technology Press.]
- 史培军, 郭卫平, 李保俊, 等. 2005. 减灾与可持续发展模式: 从第二次世界减灾大会看中国减灾战略的调整[J]. 自然灾害学报, 14(3): 1-7. [Shi P J, Guo W P, Li B J, et al. 2005. Disaster reduction and sustainable development: Adjustment of disaster reduction strategies of China based on "The 2nd World Conference on Disaster Reduction, 2005" [J]. Journal of Natural Disasters, 14(3): 1-7.]
- 徐琳瑜, 杨志峰, 李巍. 2005. 城市生态系统承载力理论与评

- 价方法[J]. 生态学报, 25(4): 771-777. [Xu L Y, Yang Z F, Li W. 2005. Theory and evaluation of urban ecosystem carrying capacity[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 25(4): 771-777.]
- 周侃, 樊杰. 2015. 中国欠发达地区资源环境承载力特征与影响因素: 以宁夏西海固地区和云南怒江州为例[J]. 地理研究, 34(1): 39-52. [Zhou K, Fan J. 2015. Characteristics and influence factors of resources and environment carrying capacity in underdeveloped areas of China[J]. *Geographical Research*, 34(1): 39-52.]
- Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment[J]. *Ecological Economics*, 15(2): 91-95.

## Paradigm and prospects of emergent evaluation of post-disaster resource and environmental carrying capacity for reconstruction planning

ZHOU Kan<sup>1,2</sup>, FAN Jie<sup>1,2</sup>, XU Yong<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Based on the application requirements of post-disaster resource and environmental carrying capacity evaluation for national reconstruction planning after the occurrence of major natural disasters, the main difficulties of emergent evaluation of post-disaster resource and environmental carrying capacity are analyzed, and the paradigm and technical process of such evaluation are preliminarily established under the multiple constraints of limited supply of resources, limited environmental capacity, protection of ecological security, and reduction of disaster risks. Moreover, the future prospects of post-disaster resource and environmental carrying capacity research and emergent evaluation are put forward. The results show that: In view of the limited time for performing such emergent evaluation, the broad range of factors to be considered in the evaluation, high decision risk, strong uncertainty, insufficient data base, and other challenges, emergent evaluation of carrying capacity should focus on the following four aspects: prediction of regional function and construction of index system, evaluation of individual factors and creation of technical criteria, integrated evaluation and reconstruction zoning, and estimation of population capacity and reconstruction model development. In the future, it is necessary to further deepen post-disaster carrying capacity research and emergent evaluation in the following areas: research on critical thresholds and parameters of emergent evaluation of post-disaster carrying capacity for reconstruction planning, design and research of auxiliary support system and planning convergence technology, research on the evolutionary characteristics and resilience of post-disaster carrying capacity, and research on high risk areas of natural disasters and countermeasures, especially in the periphery and surrounding mountainous areas of the Qinghai-Tibet Plateau, in order to improve the speed, standardization, and precision of post-disaster emergent evaluation, and provide some references for strengthening the national and local governments' post-disaster response capability.

**Key words:** resource and environmental carrying capacity; reconstruction planning; emergent evaluation; natural disasters; paradigm