

# 地震对野生大熊猫影响的研究进展

张晋东<sup>1\*</sup> 李玉杰<sup>1</sup> 黄金燕<sup>2</sup>

(1. 西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637002; 2. 中国保护大熊猫研究中心, 四川 卧龙 623006)

**摘要:** 大熊猫是生物多样性保护的旗舰物种, 地震及其引发的次生灾害对大熊猫的影响得到保护、管理和科研工作者的广泛关注。2008年汶川地震和2013年的芦山地震发生后, 科研人员结合3S技术与野外调查等研究手段, 从不同角度开展了大量地震对大熊猫影响研究工作。本文针对地震灾害对大熊猫生境的破坏与生境恢复过程, 大熊猫行为响应与适应模式特征, 及地震对大熊猫保护区周边社区的影响等研究进行综述, 并对下一步需开展的研究提出了展望。

**关键词:** 大熊猫; 地震; 栖息地; 空间利用; 活动模式

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2015)04-0111-05

## Advances in Researches into Influences of the Earthquake on Wild Giant Pandas

ZHANG Jing-dong LI Yu-jie HUANG Jin-yan

(1. Xihua Normal University, Nanchong 637002; 2. China Conservation and Research Center for the Giant Pandas, Wolong 623006, China)

**Abstract:** The giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) is a flagship species for biodiversity conservation across the world. The impact of the earthquake and secondary disasters on giant pandas was particularly concerned by conservation managers and researchers. After 2008 Wenchuan earthquake and 2013 Lushan earthquake, the researchers adopted 3S technology and other methods such as field investigations to make many studies of the impact of the earthquake on giant pandas from different sights. In this paper, a description was made of many aspects associating with the giant panda conservation after the earthquake, such as the evaluation of destroying and recovering of giant panda habitats, behavioral response of giant pandas to the earthquake and the influence of the earthquake on the communities which were closed to giant panda protected areas. Besides, some suggestions were put forward for the future research associating with conservation of giant pandas after natural disasters.

**Key words:** Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*), Earthquake, Habitat, Space use, Action patterns

地震及其引发的次生灾害, 不但会破坏、甚至毁灭局部区域的人类系统, 而且也深刻地影响自然系统<sup>[1]</sup>。在地震对自然系统的干扰中, 对大熊猫及其栖息地的影响更具有代表性, 不仅是因为大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 是我国特有且濒危的珍稀物种, 是全球野生动物保护的旗舰物种, 同时大熊猫

的主要分布区也是地震高发区域, 位于龙门山逆冲推覆构造断裂带上岷山和邛崃山系是大熊猫最主要分布区域, 其生境面积占全国大熊猫生境面积的67%, 大熊猫种群占全国的70%以上<sup>[2]</sup>。自我国有地震记载以来至今, 在大熊猫主要分布区域内发生过9次7级以上地震<sup>[3]</sup>, 其中1976年发生的松潘—

收稿日期: 2015-05-31

基金项目: 西华师范大学留学归校人员资助专项(14B01); 香港海洋公园保育基金项目(HK09); 国家林业局大熊猫国际合作基金资助项目(SD0631 SD1113)。

作者简介: 张晋东(1978-) 男, 博士, 讲师, 主要从事野生动物保护与可持续发展研究。

\* 通讯作者 E-mail: \* zhangjd224@163.com。

平武大地震给该区域的大熊猫生境造成不同程度的破坏<sup>[4]</sup>。2008年5月12日发生在龙门山断裂带的8.0级汶川地震是我国大陆历史上发生的破坏性最强、波及范围最广的地震灾害<sup>[3]</sup>。2013年4月20日,龙门山断裂带上再次发生7.0级芦山地震,震中距汶川地震中心仅69千米<sup>[5]</sup>。地震及其引发的滑坡、泥石流等次生灾害导致邛崃山和岷山的森林生态系统遭到严重破坏,生态功能退化,给分布在该区域的大熊猫种群和栖息地造成严重影响<sup>[1-6]</sup>。汶川地震及芦山地震发生后,国内外的保护生物学、生态学及相关领域的研究人员针对地震干扰对大熊猫和其栖息地的影响,及森林生境的恢复过程开展了相应的研究,为震后大熊猫的保护、栖息地管理提供了科学参考<sup>[1-5,6]</sup>。较之芦山地震,汶川地震发生时间早,强度更大,破坏性更强,影响范围更广,目前研究更多针对汶川地震对大熊猫的影响开展的。本文针对地震对大熊猫生境与大熊猫行为模式的影响研究,大熊猫栖息地恢复过程研究进行综述与研究展望,以便更好地理解突发自然灾害对野生动物及其生境的影响机制,为保护政策的制定提供理论依据。

## 1 地震及次生灾害对大熊猫生境的影响研究

与松潘—平武大地震后仅通过地震遗迹进行零星的研究相比,科研人员针对汶川地震及其引发的次生灾害对大熊猫生境的影响从不同角度进行了更加深入的研究<sup>[4]</sup>。地震发生1个月后,Wang等(2008)以到震中的距离为标准,将大熊猫保护区划分为重度、中度和轻微干扰区域,其中29%的大熊猫栖息地,44%的大熊猫种群,35%的大熊猫自然保护区距震中不到50km,属重度干扰区域<sup>[6]</sup>。采用3S技术(RS,GPS,GIS),研究人员对大熊猫生境损失进行了评估,由于不同研究的研究区域、范围及数据及分析手段存在差异,导致结果并不完全一致<sup>[1,7,8]</sup>。欧阳志云等(2008)全面评估了地震对大熊猫栖息地的影响,结果表明汶川地震导致656km<sup>2</sup>大熊猫生境丧失,损失比例5.9%<sup>[1]</sup>,也有研究表明地震导致更大面积的大熊猫生境丧失,损失比例达8.3%<sup>[7]</sup>。分析大熊猫自然遗产地内的地震破坏区域的分布特征,发现仅有1.75%的大熊猫适宜栖息地被地震破坏,Yu等(2011)认为地震未对大熊猫自然遗产地造成显著地影响<sup>[9]</sup>。王学志等(2008)评估了都江堰地区受损大熊猫栖息地在海

拔、坡度、坡位等因子分布特征,发现地震导致21.63%大熊猫生境丧失,地震破坏区主要分布在海拔1400m~2400m,坡度20°~55°的山坡上<sup>[10]</sup>。徐新良等(2008)运用多种卫星遥感数据计算卧龙自然保护区滑坡、泥石流等次生灾害体面积为1.44km<sup>2</sup>,受损森林比例为0.28%<sup>[11]</sup>。Xu等(2009)利用遥感数据分析了岷山南部受地震影响的大熊猫生境损失面积、破碎化程度及受损生境的空间特征,结果表明,汶川地震及次生灾害增加了大熊猫生境的异质性、复杂性,导致大熊猫生境破碎化,大熊猫个体交流途径被阻断,形成了多个孤立的生境斑块<sup>[12,13]</sup>。有学者建议汶川地震后,需在被隔离生境斑块之间建立满足大熊猫移动、扩散和生殖交流的廊道,并给出了具体的廊道建设方案<sup>[12,14]</sup>。Vi? a等(2011)利用遥感数据评估了“天保工程”和“退耕还林工程”在地震中对森林生态系统的保护作用,结果表明,实施保护工程区域受地震破坏程度低于其他区域,说明我国实施的两项生态保护工程对人类和自然干扰都有重要意义<sup>[15]</sup>。可见,迅速发展的3S技术,为地震后生态环境宏观调查研究提供了有效的手段,分析受灾区域的空间特征,进一步评估地震及其次生灾害对关键物种(如大熊猫)栖息地造成的影响,为次生灾害治理与灾后大熊猫的保护管理提供科学依据。

在利用遥感影像数据评估地震对大熊猫栖息地影响的同时,科研人员也结合大熊猫的生物学特征、野外样方监测与地震干扰的原理分析地震对大熊猫生存可能产生的威胁。有研究指出地震引发的次生灾害毁坏了大熊猫赖以生存的主食竹,污染水源,导致老年大熊猫因缺乏食物而生病死亡;而且地震有可能诱发主食竹开花,威胁大熊猫的健康和生存<sup>[7,8,16,17]</sup>。然而,在地震后的野外调查中未发现因地震而导致死亡或受伤的动物个体,这可能是由于大熊猫作为一个生活在地震频发区域古老的物种,对地震的反应比较机敏<sup>[18-20]</sup>;此外大熊猫通常喜欢选择在坡度缓和的区域活动,而滑坡、崩塌等次生灾害频发在坡度陡的区域,两者之间的空间重叠比例较低<sup>[19,21,22]</sup>。有研究人员在龙溪—虹口自然保护区内,在不同受损程度的大熊猫栖息地上,设置样方监测地震对大熊猫主食竹—拐棍竹(*Fargesia robusta* Yi)竹笋生长发育的影响,发现强度干扰导致大熊猫主食竹的质量变差(主要质量指标为基径与株高),但是有利于竹子发笋与当年生幼竹数量的更新<sup>[23]</sup>。而在卧龙自然保护区,类似的监测表明地震影响拐

棍竹笋的发育生长, 但没发现地震对竹子发笋量的影响<sup>[24]</sup>。相似的研究获得不同的结果, 可能与不同的研究地点有关, 也可能因样本含量不足产生误差, 所以有必要设置足够的固定样方, 长期监测地震对大熊猫主食竹生长发育的影响。

## 2 地震对大熊猫行为模式的影响研究

作为自然干扰, 地震能影响甚至改变野生动物正常的行为模式。例如大多数灵长类动物, 在地震发生时, 表现出反常的行为, 如发出各种吼叫声, 坐立不安等紧张的情绪<sup>[25]</sup>。芦山地震发生时, 雅安碧峰峡大熊猫基地的圈养大熊猫表现出焦虑、紧张的情绪并迅速爬到树上<sup>[5]</sup>。汶川地震后, 一些科研人员基于野外大熊猫活动痕迹数据, 分析了地震后大熊猫的行为响应机制和空间利用模式。在震后短时间内, 大熊猫在空间利用上表现出一定的响应特征, 例如, 根据地震后几个月卧龙自然保护区大熊猫活动痕迹调查分析, 发现地震后在一定距离范围内, 大熊猫存在主动回避地震灾害体的行为<sup>[22]</sup>。而在更长的时间尺度上, 发现大熊猫对栖息地的利用格局并未发生显著地改变, 如有研究人员通过比较岷山南部部分大熊猫保护区(如龙溪-虹口和唐家河自然保护区)地震前后 7 年的大熊猫的活动痕迹数据, 发现地震前后, 大熊猫对生境利用格局未发生显著地改变, 大熊猫对栖息地的利用频率与灾害体面积大小不存在显著的相关性<sup>[19, 26]</sup>。张晋东等(2012)利用 GPS 项圈跟踪技术研究了卧龙自然保护区地震后大熊猫的活动模式, 发现大熊猫的季节活动模式与日活动节律与先前利用无线电遥测技术获得的研究结果基本一致, 并未发生明显地变化<sup>[21, 27-29]</sup>。

## 3 震后大熊猫生境恢复过程研究

栖息地的恢复是地震后大熊猫保护的首要任务, 保护管理部门与科研人员都给予特别的关注。地震后, 在不同时空尺度上, 研究人员利用遥感影像数据评测了受灾区域的植被恢复过程<sup>[30-32]</sup>。由于评估的区域与评估时间不同, 所得的结果也存在差异, 例如, 基于气候波动校正后的植被生产能力指数 Liu 等(2012)分析认为地震发生 3 个月后, 地震重灾区的总植被初级生产力基本恢复到正常水平<sup>[30]</sup>。Lu 等(2012)通过提取并比较不同时期受损

区域的归一化差值植被指数(NDVI), 评估了茂县干旱河谷的植被恢复过程, 发现该区域的植被恢复较慢, 在震后自然恢复 1 年后, 36% 的受损区域的 NDVI 开始下降<sup>[32]</sup>。Jiao 等(2014)通过提取并比较不同时期受损区域的归一化差值植被指数(NDVI), 分析整个地震受损区域的植被恢复率, 发现到 2011 年, 地震灾害区域内的平均植被恢复率为 68.5%<sup>[31]</sup>。

在利用遥感数据评估的同时, 一些科研人员也通过长期的野外监测, 评估受损大熊猫生境的植被恢复特征, 如新生植被生物多样性指数和高度、盖度等生长指标<sup>[33]</sup>。Zhang 等(2014)在卧龙自然保护区野外的长期监测结果表明: 自然条件下, 经过 4 年的恢复, 地震灾害体上的植被覆盖率达到 70%, 恢复速度较快<sup>[33]</sup>。无论是利用遥感数据进行宏观尺度评估, 还是野外微观尺度的样地监测, 研究人员认为土壤、气候和水热条件及地貌条件(如海拔和坡度)是影响地震灾区植被恢复的主要因素<sup>[32, 33]</sup>。

地震属大型、低频的自然干扰, 破坏强度大、影响范围广, 震后的生态环境恢复是一项长期、系统而复杂的工作。世界上地震频发的国家开展了大量的灾后生态环境人工修复的研究与实践<sup>[34, 35]</sup>。在我国, 以往发生地震灾害(如 1976 年松潘-平武大地震)后, 受经济、科技水平及生态环境意识的限制, 政府部门很少开展地震后生态环境的修复工作<sup>[4]</sup>。随着我国经济水平和科技实力的大幅提升, 生态环境意识的不断增强, 2008 年汶川地震与 2013 年的芦山地震后, 我国政府相关部门、NGO 组织和广大科研工作人员不但关注到人民群众的生命财产安全, 也极为重视以大熊猫为代表的生态环境安全与修复。汶川地震发生 5 个月后, 中国国家林业局就制定了卧龙、白水江等大熊猫自然保护区的恢复重建规划, 恢复大熊猫等珍稀濒危野生动物栖息地, 具体上, 通过人工造林, 建立走廊带, 灾后恢复以大熊猫为主的栖息地的目标为 12 万  $\text{hm}^2$ <sup>[36]</sup>。汶川地震发生的 3 年后, 灾区重建工作已基本完成, 且灾区群众的生活已超过灾前水平<sup>[37]</sup>。同时在大熊猫分布的重点区域, 如卧龙自然保护区, 针对受损的大熊猫生境采取低质低效林改造、人工植苗造林、封山育林、人工点撒播进等方式进行的人工修复也取得了显著成效, 长期的野外监测表明, 人工修复工程有利于促进植被恢复的速率<sup>[33, 38]</sup>。同时有研究指出, 在制定灾后大熊猫等珍稀野生动物栖息地恢复的规划方案时, 应结合关键保护物种的生境适宜性的空间分布

特征,以实现更好的恢复效果<sup>[33]</sup>。

#### 4 研究展望

综上所述,汶川地震发生后,科研人员采用3S技术与野外调查的方法,评估了大熊猫生境损失情况,具体包括受损生境的空间分布格局特征,生境破碎化程度及廊道建设规划,我国生态保护工程在地震干扰中所起的作用等研究;分析地震对大熊猫个体生存及主食竹的发育影响;研究了地震及次生灾害对大熊猫空间利用与活动模式的影响;对比分析地震干扰后,受损区域的植被自然恢复与人工恢复过程特征。这些研究为大熊猫种群的保护与大熊猫生境恢复政策制定提供了科学参考。

总的来看,先前的研究更多是在宏观尺度上,利用遥感数据进行的分析与评价。针对自然灾害后大熊猫栖息地恢复过程的研究则相对缺乏,尤其缺少震后森林植被恢复的长期监测工作<sup>[19 26]</sup>。而长期的野外监测是了解更新植被动态变化、大熊猫生境景观格局演变及生态系统功能恢复功能的重要手段,因此,有必要在利用遥感数据进行恢复速度评估的同时,设置野外长期监测样地来研究恢复群落物种数量、组成及空间分布格局,大熊猫生境利用特征,为地震后制定森林生态系统的恢复政策和大熊猫种群的保护提供更为直接的科学依据,也为其他自然灾害后关键物种的保护方案制定提供理论参考。

地震对社区居民与大熊猫之间的相互作用,即人类与大熊猫耦合系统(指人类社会与大熊猫为代表的自然系统相互作用的系统)<sup>[39 40]</sup>也产生了显著的影响。如震后一些大熊猫保护区内的居民从高山区域下迁到河边对大熊猫潜在栖息地恢复有积极的作用<sup>[41]</sup>;在卧龙自然保护区,由于地震破坏了保护区通往区外城市的主要道路,导致农业与旅游业收入降低,当地居民开始扩大畜牧业的规模,而畜牧业对大熊猫存在显著的负面影响<sup>[42~44]</sup>。然而,目前的研究中,生态学家主要侧重于地震对大熊猫及栖息地的影响评估及恢复过程研究,社会经济学家主要侧重于地震对人类社会影响的研究,而忽略了震后恢复过程中,人类与大熊猫耦合系统动态变化特征研究。为了填充上述这一关键的知识空白,本文建议在将来的工作中开展地震干扰对人与大熊猫耦合系统的动态特征分析研究。具体上,应开展以下几方面研究:地震干扰后,大熊猫分布区域周边社区居

民的人口统计结构特征、社会经济结构特征、行为活动特征、环境保护态度在不同时空尺度上的动态变化特征;地震干扰后,人类社会系统特征与大熊猫相互作用研究,即人与大熊猫耦合系统动态变化研究;地震前后不同水平(国家层面、省级层面和当地政府)的政策对当地居民的直接影响和对大熊猫的间接影响。而上述有待深入研究的内容,对于建立有效的生态(大熊猫)保护和社会经济可持续政策具有重要的意义,亟需相关领域的研究人员和管理部门特别关注。

#### 参考文献:

- [1] 欧阳志云,徐卫华,王学志,等.汶川大地震对生态系统的影响[J].生态学报,2008,28(12):5801~5809.
- [2] 国家林业局.全国第三次大熊猫调查报告[M].北京:科学出版社,2006.
- [3] 中国地震台网中心.汶川8.0级地震及余震速报目录和统计.[http://www.csi.ac.cn/sichuan/sichuan080512\\_his.htm](http://www.csi.ac.cn/sichuan/sichuan080512_his.htm).2008.
- [4] 王梦君,李俊清.四川省王朗自然保护区地震干扰后大熊猫生境的恢复[J].生态学报,2008,28(12):5848~5855.
- [5] Zhang Z,Yuan S,Qi D,et al. Lushan earthquake and giant panda: impacts and conservation [J]. Integrative Zoology 2014,9,3:376~378.
- [6] Wang D,LI S,SUN S,et al. Turning Earthquake Disaster into Long Term Benefits for the Panda [J]. Conservation Biology 2008,22:1356~1360.
- [7] 中国珍,谢宗强,冯朝阳,等.汶川地震对大熊猫栖息地的影响与恢复对策[J].植物生态学报,2008,32:1417~1425.
- [8] 程颂,宋洪涛.汶川地震对四川卧龙自然保护区大熊猫生境的影响[J].山地学报,2008,26:65~69.
- [9] Yu H,Zhao Y,Ma Y,et al. A remote sensing-based analysis on the impact of Wenchuan Earthquake on the core value of World Nature Heritage Sichuan Giant Panda Sanctuary [J]. Journal of Mountain Science 2011,8:458~465.
- [10] 王学志,徐卫华,欧阳志云,等.汶川地震对都江堰地区大熊猫生境的影响[J].生态学报,2008,28(12):5856~5861.
- [11] 徐新良,江东,庄大方,等.汶川地震灾害核心区生态环境影响评估[J].生态学报,2008,28(12):5899~5908.
- [12] Xu W,Wang X,Ouyang Z,et al. Conservation of giant panda habitat in South Minshan,China,after the May 2008 earthquake [J]. Frontiers in Ecology and the Environment 2009,7:353~358.
- [13] Xu W,Dong R,Wang X,et al. Impact of China's May 12 earthquake on Giant Panda habitat in Wenchuan County [J]. Journal of Applied Remote Sensing 2009,3:031655~031610.
- [14] Li H,Li D,Li T,et al. Application of least-cost path model to identify a giant panda dispersal corridor network after the Wenchuan earthquake—Case study of Wolong Nature Reserve in China [J]. Ecological modelling 2010,221:944~952.
- [15] Viña A,Chen X,McConnell W J,et al. Effects of natural disasters on conservation policies: The case of the 2008 Wenchuan Earth-

- quake ,China[J]. *Ambio* 2011 ,40:274 ~ 284.
- [16] Deng X ,Jiang Q ,Ge Q ,et al. Impacts of the Wenchuan Earthquake on the giant panda nature reserves in China[J]. *Journal of Mountain Science* 2010 ,7:197 ~ 206.
- [17] 邓林华,汤纯香,张贵权,等.震后首例野生大熊猫救治及死亡原因分析[J]. *中国兽医杂志* 2011 ,12:58 ~ 59.
- [18] 张晋东,徐卫华,欧阳志云,等.汶川地震后野生动物及栖息地的调查—以龙溪虹口和千佛山自然保护区为例[J]. *生态学报* 2009 ,28:5842 ~ 5847.
- [19] 郑雯,冉江洪,李波,等.汶川地震对四川龙溪—虹口和唐家河自然保护区大熊猫栖息地利用格局的影响[J]. *兽类学报* , 2012 ,32:118 ~ 123.
- [20] 王颖,冉江洪,凌林,等.岷山北部竹类开花状况及对大熊猫的影响调查[J]. *四川动物* 2009 ,28:368 ~ 371.
- [21] Schaller GB ,Hu J ,Pan W ,et al. The giant pandas of Wolong [M]. University of Chicago Press Chicago ,Illinois ,USA. 1985.
- [22] Zhang J ,Hull V ,Xu W ,et al. Impact of the 2008 Wenchuan earthquake on biodiversity and giant panda habitat in Wolong Nature Reserve ,China[J]. *Ecological Research* 2011 ,1 ~ 9.
- [23] 廖丽欢,徐雨,冉江洪,等.汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响[J]. *生态学报* ,2012 ,32:3001 ~ 3009.
- [24] 周世强,黄金燕,严啸,等.汶川地震对拐棍竹无性系种群生态的影响[J]. *竹子研究汇刊*. 2014 ,33(1) :20 ~ 28.
- [25] Fujimoto M ,Hanamura S. Responses of wild chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) toward seismic aftershocks in the Mahale Mountains National Park ,Tanzania[J]. *Primates* 2008 ,49: 73 ~ 76.
- [26] Zheng ,W. ,Xu ,Y. ,Liao ,L ,et al. Effect of the Wenchuan earthquake on habitat use patterns of the giant panda in the Minshan Mountains ,southwestern China [J]. *Biological Conservation* , 2012 ,145(1) :241 ~ 245.
- [27] 张晋东.人类与自然干扰下大熊猫的空间利用与活动模式特征[D].中国科学院生态环境研究中心博士学位论文.2012.
- [28] 胡锦涛.大熊猫研究[M].上海科技教育出版社,上海.2001.
- [29] 张晋东,黄金燕,周世强,等.大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度[J]. *生态学报* 2011 ,31:2655 ~ 2661.
- [30] Liu Y ,Liu R ,Ge Q ,et al. Evaluating the vegetation destruction and recovery of Wenchuan earthquake using MODIS data [J]. *Natural hazards* 2010 ,54:851 ~ 862.
- [31] Jiao Q ,Zhang B ,Liu L ,et al. Assessment of spatio-temporal variations in vegetation recovery after the Wenchuan earthquake using Landsat data [J]. *Natural hazards* 2014 ,70:1309 ~ 1326.
- [32] Lu T ,Zeng H ,Luo Y ,et al. Monitoring vegetation recovery after China's May 2008 Wenchuan earthquake using Landsat TM time-series data: a case study in Mao County [J]. *Ecological Research* , 2012 ,27:955 ~ 966.
- [33] Zhang J ,Hull V ,Huang J ,et al. Natural recovery and restoration in giant panda habitat after the Wenchuan earthquake [J]. *Forest Ecology and Management* 2014 ,319:1 ~ 9.
- [34] 赵兵.日本灾后重建的经验教训及对我国的启示.西南民族大学学报:人文社会科学版[J].2009 ,29:33 ~ 35.
- [35] 邓东周,鄢武先,黄雪菊,等.四川地震灾后重建生态修复 I: 实施情况及国内外经验[J]. *四川林业科技* ,2011 ,32:56 ~ 61.
- [36] 国家林业局调查规划设计院.汶川地震灾后恢复重建生态修复专项规划.2008.
- [37] 温家宝.在汶川地震灾后恢复重建座谈会上的讲话.2011.
- [38] 四川新闻. <http://scnews.newssc.org/system/2011/08/21/013277473.shtml>. 2011.
- [39] Liu J ,Ouyang Z ,Tan Y ,et al. Changes in human population structure: implications for biodiversity conservation [J]. *Population and Environment* ,1999 ,21:45 ~ 58.
- [40] Liu J ,Dietz T ,Carpenter S R ,et al. Coupled human and natural systems. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* [J]. 2007 ,36:639 ~ 649.
- [41] 胡平,傅之屏.地震后大熊猫潜在栖息地恢复的初步研究[J]. *绵阳师范学院学报* 2011 ,30:64 ~ 68.
- [42] Hull V ,Zhang J ,Zhou S ,et al. Impact of livestock on giant pandas and their habitat [J]. *Journal for Nature Conservation* 2014 , 22:256 ~ 264.
- [43] Yang W ,Dietz T ,Kramer DB ,et al. Going beyond the Millennium Ecosystem Assessment: an index system of human well-being [J]. *PLoS one* 2013 ,8:e64582.
- [44] Liu W ,Vogt CA ,Luo J ,et al. Drivers and socioeconomic impacts of tourism participation in protected areas [J]. *PLoS one* 2012 ,7: e35420.