

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.04.004

## 我国地震灾后生态修复研究现状及展望

干龙梅, 刘屹, 覃志刚\*, 彭建, 熊定伟, 郭聪, 史亮  
(四川省林业科学研究院, 四川成都 610081)

**摘要:**近年来我国强震频发,使生态系统受到极大干扰。本文从生态修复方法与技术、植物选择与配置、生态修复模式和生态修复效果研究4个方面介绍了我国地震灾后生态修复研究现状,同时指出了存在的主要问题。针对今后地震灾后生态修复研究提出了5个重点关注点:(1)加深基础理论研究;(2)建立生态修复模式体系;(3)重视近自然恢复研究;(4)明确长期修复目标,建立长效修复机制;(5)完善生态修复评价体系。

**关键词:**地震;生态修复;植被恢复;植物选择

**中图分类号:**X171.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2018)04-0017-05

### Research Status and Prospect of Post-earthquake Ecological Restoration in China

GAN Long-mei LIU Yi QIN Zhi-gang\* PENG Jian XIONG Ding-wei  
GUO Cong SHI Liang  
(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** In recent years, frequent occurrences of strong earthquakes have greatly disturbed the ecosystem in our country. In this paper, a description was given of the research status in four aspects for post-earthquake ecological restoration in China, including ecological restoration methods and technologies, plant selection and allocation, ecological restoration modes, and ecological restoration effects. The main problems were pointed out. For the future research on post-earthquake ecological restoration, five key points were put forward, namely, (1) Deepening the research of basic theory; (2) Establishing a system of ecological restoration model; (3) Attaching importance to the study of approx-natural recovery; (4) Identifying long-term restoration targets and establishing long-term repair mechanism; (5) Perfecting ecological restoration evaluation system.

**Key words:** Earthquake, Ecological restoration, Vegetation restoration, Plant selection

地震是地壳某一区域极短时间内释放出能量而引起地壳的震动,是一种突发性的自然现象<sup>[1~2]</sup>。我国是地震多发的国家,据统计,中国大陆地区自20世纪以来共发生强震(震级6级及以上)475次,巨大地震(8级及以上)8次<sup>[3]</sup>。较强的地震常常会

给自然生态系统(尤其是山地生态系统)带来灾难性的损坏<sup>[4]</sup>,并且可能产生次生灾害,如滑坡、泥石流、海啸等。次生灾害对自然生态系统所带来的毁坏和影响有时甚至会超过地震灾害本身,并且大大增加救援难度<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2018-04-19

基金项目:四川省财政专项“灾损及工程创面生态修复技术与模式研究”(2018CZZX09)

作者简介:干龙梅(1989-),女,硕士,助理工程师,主要从事林学与森林生态相关工作,e-mail:836204556@qq.com。

\*通讯作者:覃志刚(1965-),男,研究员,主要从事森林培育和植被恢复研究与技术推广,e-mail:qinzg@126.com。

近年来我国地震频发,汶川地震等强震使生态系统受到极大干扰,森林被破坏,野生动物栖息地受损破碎,次生灾害频发,生态功能严重退化。地震灾后生态修复(又名“生态恢复”)是指在地震对生态系统造成破坏之后,利用生态系统所具有的自我组织、调解能力,结合适度的人工干预,使受损的生态系统逐步恢复或向良性循环方向发展的恢复与重建过程,其主体是森林生态系统的恢复<sup>[6-7]</sup>。

## 1 研究现状

### 1.1 震损地立地类型划分与评价

对震损地立地类型进行划分可为提高植被存活率、推进生态环境重建等提供科学依据,是生态修复的基础工作。常用的立地类型划分的方法有:(1)主导环境因子法;(2)生活因子法;(3)立地指数法;(4)逐步回归法<sup>[8]</sup>。立地质量评价通常用林地上一定树种的生长指标来进行。通过立地质量评价可确定某一立地类型上生长不同树种时各自的适宜程度,实现“适地适树”,使土地生产潜力得以充分发挥。

邓东周等将四川省受灾区分分为川西高山峡谷区、盆周山地区、盆周丘陵区<sup>[6]</sup>;黄光忠等将岷江上游震损林地划分为岷江干旱河谷区、岷江上游中山地带山地、岷江上游高山峡谷区<sup>[9]</sup>;在对汶川地震北川羌族自治县的震损林地的生态修复研究中,王娟等运用因子分析法筛选出主导因子,使用主导环境因子法对震损林地立地类型进行了分类。在此基础上,运用层次分析法和专家打分法对立地质量分级并评价其宜林性<sup>[10]</sup>。

震损地常常坡面类型复杂,对应的植被恢复方法多样,针对这种情况,田佳等提出了微立地因子植被恢复法,以不同的微立地因子为依据,将植被破坏面划分为若干个微立地单元,分别筛选出最适合每一微立地单元的植被恢复技术,最后将所有微立地单元对应的最佳植被恢复技术相加<sup>[11]</sup>。运用这种方法,骆宗诗等将地震崩塌山体划分为碎石坡面、碎石地、巨石坡面、沟槽地和洼地,以及石面、石丛、石缝3种超微境,来进行灾区植被修复<sup>[12]</sup>。目前这种方法主要面临的两大问题:一是微立地因子的选择困难;二是与微立地因子所对的植被恢复技术太少<sup>[11]</sup>。

### 1.2 地震灾后生态修复技术

震后生态修复技术主要分为生物技术和工程技

术两大类,根据受损生态系统类型(森林、草地、湿地、农田等)和受损程度进行选择不同的恢复方法<sup>[13]</sup>。

作为典型的生物修复技术,物种框架法是建立一个或一群物种,作为恢复生态系统的基本框架,这些物种通常是植物群落中的演替早期阶段(或称先锋)物种或演替中期阶段物种<sup>[14]</sup>。其优势在于种植的物种品种较少,生态系统的演替和维持依赖于当地的种源而非外部,适用于植被损害严重的震损地。

工程技术措施一般被用来稳定边坡或创造适宜的造林条件,主要包括坡面稳定工程、排水和水土保持工程以及造林工程。在治理边坡时,根据震损程度、分布、类型和立地条件等,采用以植被恢复为主的生态工程治理技术,划分交错带内边坡类型及土质边坡、岩石边坡工程措施<sup>[15]</sup>。付诗雨等使用铁丝笼挡土墙稳定边坡基层,大量使用土袋阶梯工程和竹栅栏工程将边坡分层来缓解基层压力,修筑土袋渠系和排水渠缓解降雨对边坡带来的冲击<sup>[16]</sup>。王雅飞等发现应用在绵竹汉旺镇的日本治山技术中的木(竹)栅栏工程等措施能基本防止滑坡、泥石流、塌方等次生灾害,并能显著改善水土流失状况,但这种技术由于单位治理成本偏高目前较难在我国推广<sup>[17]</sup>。彭培好等以龙门山震区为研究主体,构建了一套生态恢复技术体系,包括生态恢复规划技术和生态恢复工程体系,其中生态恢复工程体系包括:(1)水土流失治理和水土保持技术;(2)重金属污染治理技术;(3)受损植被的生态恢复重建技术;(4)自然保护区生态恢复工程技术<sup>[18]</sup>。胡碧英根据汶川地震灾区公路沿线边坡坡位、坡比、坡高、震后破坏情况及边坡整体稳定性的不同提出了结合防护挂三维网喷播植草灌乔防护、骨架内挂网喷播植草灌乔防护、锚杆框架内填土植被护坡、预应力锚索框架地梁植被护坡等四种工程技术的综合防护方法<sup>[19]</sup>。

### 1.3 地震灾后生态修复植物选择与配置

通常在受损生态系统中,植被恢复是生态修复的关键<sup>[20]</sup>。植被恢复主要有3种途径:(1)植物种子自然传播形成植被自然演替;(2)引入外来植物种子或种苗;(3)利用土壤种子库恢复自然植被<sup>[21]</sup>,目前国内地震灾后生态修复使用得较多的是前两种。基于恢复生态学理论,植物物种选择的原则主要包括以下5点:(1)生态适应性;(2)先锋性;(3)地带性;(4)抗逆性和自我维持性;(5)生物多样性<sup>[22]</sup>。例如,在土壤干旱、贫瘠地区,植物选择的标准为根系发达、保水能力强、根冠比大<sup>[7]</sup>。

张俊云等通过试验证明,选根系发达且入土深的植物,可提高边坡浅层的稳定性<sup>[23]</sup>。许旭等的试验结果表明,在提高土壤抗蚀能力的表现上,慈竹林>茶树林>喜树林>柳杉林>农耕地,慈竹林土壤抗蚀性最好,主要因为慈竹根系较为发达、生长较快且每年有大量的枯落物归还土壤<sup>[24]</sup>。

禾本科植物适合作为先锋物种,在群落中优势明显,与菊科均具明显入侵性,乔木的乡土种则较缺乏竞争力<sup>[25]</sup>。引种外来植物种类时应先进行安全性评价,控制入侵物种的入侵<sup>[26~27]</sup>。张翔等通过调查栖息在汶川地震极重灾区部分滑坡、崩塌、泥石流等灾害体上的先锋植物,发现先锋植物以蕨类、禾本科和菊科为主,先锋植物的植物区系结构与该地区原有的植物区系结构基本相同,先锋植物中有 7 种入侵植物,均为农田恶性杂草<sup>[27]</sup>。

植物的配置主要根据海拔、温度、土壤、水分等立地条件及地带性、功能性等综合设计。鄢武先等通过结合震损地立地条件和地带性植物生物学特性,从区域乡土植物中筛选出 60 余种适宜卧龙自然保护区震后修复的主要植物<sup>[21]</sup>。王春振等在海拔高度低于 1600m 的地区营造常绿阔叶林,选用樟科、山毛榉科、山茶科、冬青科植物;海拔 1 600 m ~ 2 000 m 的地区营造常绿落叶阔叶混交林,常绿林种选用山毛榉科、樟科树种,落叶林选用桦木科、胡桃科、槭科树种;海拔 2 000 m ~ 2 600 m 的地区营造针阔叶混交林,阔叶林种为红桦、椴树、槭树等,针叶林种为铁杉、麦吊杉、四川红杉;海拔 2 600 m ~ 3 600 m 的地区营造寒温性针叶林,如麦吊杉、方枝柏、四川红杉、冷杉等<sup>[7]</sup>。王了德等在舟曲县灾后森林植被恢复中采用乔灌混交型和林草混交型两种模式,乔灌混交型主要是以发挥水源涵养水效能为主,适宜区域沟系两侧的中山阴坡、半阴坡,海拔 1 600 m ~ 2 200 m;林草混交型以发挥水土保持效能为主兼具水源涵养,适宜阳坡、半阳坡及部分阴坡地段,海拔 1 400 m ~ 1 800 m<sup>[28]</sup>。

#### 1.4 地震灾后生态修复模式

植被恢复模式有乔木、灌木、藤本、草本及其混合模式<sup>[12]</sup>。多数学者在进行生态修复时因地制宜,根据植被地域类型及立地条件等具体条件,对震后灾区分区进行修复。

张翔等在原有植被分区基础上,结合区域生态功能区划、气候条件等,将汶川地震极重灾区划分为 8 个植被恢复小区,对每一小区分别设计相应的生态修复模式<sup>[29]</sup>。邓东周等根据震损地的生态区位、

自然资源、林业发展及经济社会等将灾区划分为川西高山峡谷区、盆周山地区和盆地丘陵区来进行生态修复规划<sup>[30]</sup>。李雪杨等将震后的大熊猫主食竹主要分布区按主食竹受损程度分为 1~5 级,对受损重灾区(4、5 级)采取重造、补植为主的修复模式,对受损微灾区(1、2、3 级)采取以封育保护为主的修复模式<sup>[31]</sup>。

对于震后的岷江干旱河谷-山地森林交错带,刘彬等提出:轻度震毁植被以封育为主;退耕还林带将林、畜、草相结合重建;中度震毁的植被使用快速恢复地表植被、补肥补水、加固土体、等造林或工程措施;完全震毁的植被,依据土壤母岩、母质的性质,遵循适时适地、宜草宜林的原则重构植被<sup>[32]</sup>。杨育林等结合川西干旱河谷立地类型、气候环境、植被、土壤等特点,提出采用循序渐进的方式,裸地裸岩覆土播种草本、荒草坡播种或栽植灌木、灌草地和疏林地栽植乔木、次生林地封育保护为主的植被恢复模式<sup>[33]</sup>。

张继强等根据立地条件和生态修复物种的生物学特性及生态功能,将生态修复措施概括为以下几种:(1)在坡度小于 15°、水分条件较好、土层较厚的滑坡体上进行撒播或条播种草;(2)在坡度大于 30°、坡面较完整的滑坡体上进行水平造林;(3)在坡度 20°~30°、地形破碎、难以开挖水平平台的滑坡体上进行鱼鳞坑造林;(4)在滑坡体、沟头、道路及农田带状穴植植物篱<sup>[34]</sup>。黄光忠等在对汶川地震后岷江上游地区采取以下恢复模式:(1)在岷江干旱河谷和盆周山地的大滑坡面上实施,主要针对坡度大于 45°的地段实施封山育林为主的植被恢复模式;(2)在地震造成的滑坡体、崩塌体,落石损毁林地、泥石流滩地和堰塞湖的淹没地等地段上实施人工植苗造林为主的生态恢复模式;(3)对于盆周西部海拔 1 800 m 以下,坡度小于 35°的滑坡体、泥石流、堰塞湖、落石和崩塌造成的损毁林地实施山地乔灌混合型相结合的植被修复模式<sup>[9]</sup>。

#### 1.5 地震灾后生态修复效果研究

震损地的生态修复是一个持续的过程,其修复效果往往需要在几年甚至更长的时间后才能体现出来。

王宇等对人工植被恢复两年后的震损坡面进行调查,发现坡中下部的植被明显比上部得到更好的恢复,提出在坡顶和坡上部多种植乔木和灌木<sup>[25]</sup>。王蕾等发现随坡度和高程的增加,植被恢复度先增加,到临界点后减小<sup>[35]</sup>。

刘千里等发现汶川映秀灾区植被恢复 7 a 后, 植被总覆盖度达到 90% 以上, 各品类聚集的群落取代了以草本植物为主的群落, 乔木、灌木、草本植物的群落数量之比约 1: 2: 5, 群落结构已初步恢复<sup>[36]</sup>。王梦君等对四川王朗自然保护区 1976 年地震后 30 多年以自然更新为主的群落恢复状况进行调查, 发现干扰最严重区域植被主要为少量草丛, 干扰相对严重区域主要为灌木, 干扰较轻区域植被恢复较好, 部分区域群落已恢复到震前状态; 并认为土壤养分含量及水分是影响地震干扰后群落恢复速度的主要因素<sup>[37]</sup>。

杨昌旭和孙丽文分别用专家打分法和主成分分析法对震后不同修复模式下的植被恢复进行了评价, 筛选出不同修复对象对应较优的修复模式<sup>[38~39]</sup>。

## 2 存在问题

我国地震灾后生态修复研究主要集中在 2008 年汶川地震之后, 由于研究时间较短, 还存在以下不足:

(1) 注重生态恢复试验与示范研究, 基础理论研究较缺乏, 尚未形成系统的理论框架及技术规范。这一问题产生的原因有很大的客观因素, 如震后生态修复的迫切性等。

(2) 相对更重视人工重建研究, 而忽视自然恢复过程的研究。人工重建见效快, 但不利于原有物种多样性保护, 存在外来物种入侵风险, 且后期维护管理较多, 经济成本高, 而自然恢复则能避免上述问题。

(3) 恢复重建的快速性和短期性突出, 缺乏目标规划与长期动态监测。我国灾后重建都是政府主导, 灾后重建任务一般 3 年左右完成, 比如“5·12”汶川特大地震发生以后, 我省按照“三年任务两年基本完成”的要求, 灾后生态恢复重建虽然取得了巨大成绩, 但震后生态修复是一项长期复杂的系统工程, 应加强灾后生态修复的长期动态监测, 促进生态修复系统稳定。

(4) 缺乏对生态恢复重建生态功能和结构的综合评价。自“5·12”汶川特大地震发生以来, 地震频发, 灾后生态恢复和植被恢复都取得了巨大成绩, 相关研究也主要注重恢复技术、模式等研究, 但缺乏系统的、连续的、动态的定量研究, 因而不能很好地揭示灾后系统退化的本质规律, 缺乏具有可操作性

性的监测、评价指标, 从而影响恢复效果的评价。

## 3 研究展望

结合研究现状与存在的问题, 笔者认为在地震灾后生态修复研究中应重点关注以下几个方面:

(1) 加深基础理论研究。震后生态修复的理论源自恢复生态学, 虽然生态恢复与重建理论研究取得了重大进展<sup>[40]</sup>, 但生态恢复与重建的理论支撑来自实践、来自相关的学科, 目前震后生态修复实践历时较短, 技术还不够成熟, 随着实践的深入, 其相关理论包括限制性因子、生态适应性、生物多样性、生态位、群落演替、植物入侵等理论, 可结合生态恢复试验与示范实践进一步完善, 生态修复理论必将得到修正和发展。

(2) 建立系统的生态修复模式体系。现有的生态修复模式很多, 但大多数适用范围较窄, 推广性较差。结合部分学者引入的分区治理及微立地因子理论, 针对震后生态修复对象的共同特性及差别, 对修复对象进行系统性分类, 建立系统的生态修复模式体系, 以便“对症下药”, 采用有针对性的生态修复模式进行修复。

(3) 重视近自然恢复研究。目前震后生态修复大多采用见效快的工程措施+人工植树种草植被恢复模式, 期望通过植物合理配置达到经济、生态等多重效益的共赢。但是震损地多处在生态系统脆弱地区, 从有利于保护群落稳定性、生态系统多样性, 有效防止外来植物入侵等方面考虑, 今后应加强近自然恢复研究。

(4) 明确长期修复目标, 建立长效修复机制。震损地往往稳定性差、土壤结构不良、干旱、营养物质缺乏, 其生态系统的修复是一个漫长的过程, 短期修复目标对于生态系统的长期发展是不适用的, 应结合社会需求、景观生态等角度制定长期修复目标, 制定合理的修复期限, 建立长效修复机制。

(5) 完善生态修复评价体系。目前, 生态模式修复效果评价的研究较少。通过对恢复现状的调查、分析, 进而对生态恢复重建生态功能和结构进行综合评价, 建立科学、全面、实用、有效的生态修复评价体系, 加强长期动态监测, 注重中长期和负面影响评价。

## 参考文献:

- [1] 袁艺, 王理, 白海玲. 中国的地震灾情及其区域分异[J]. 自然

- 灾害学报,2001,(1):59~64.
- [2] 刘凯,廖顺宝,张赛. 中国地震发生频率与烈度的空间分布[J]. 地理科学进展,2008,(3):13~18.
- [3] 鞠永,于仁宝. 中国大陆地区强震活动特征统计[J]. 地震地磁观测与研究,2017,(3):1~7.
- [4] 吴宁,卢涛,罗鹏,等. 地震对山地生态系统的影响——以 5.12 汶川大地震为例[J]. 生态学报,2008,28(12):5810~5819.
- [5] 赵振东,王桂萱,赵杰. 地震次生灾害及其研究现状[J]. 防灾减灾学报,2010,(2):9~14.
- [6] 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(5):56~61.
- [7] 王春振,施文婧,张康,等. 汶川震后渔子溪秀龙路段生态修复初步研究[J]. 人民黄河,2010,32(12):174~175,178.
- [8] 王树军. 常用立地类型的划分方法[J]. 林业勘察设计,2016,(1):27~28.
- [9] 黄光忠,刘向东,何飞. 岷江上游地震灾后受损植被状况及其恢复重建对策[J]. 四川林业科技,2009,(3):95~99,63.
- [10] 王娟. 5·12 地震北川县震后受损林地立地类型划分及其质量评价[D]. 北京林业大学,2012.
- [11] 田佳,田涛,赵廷宁,等. 微立地因子植被恢复法在汶川地震植被重建中的应用[J]. 中国水土保持科学,2008,6(5):16~20.
- [12] 骆宗诗,王志明,陈永林等. 汶川地震灾区崩塌山体微生境植被恢复技术[J]. 四川林业科技,2013,32(4):37~41.
- [13] 杨京平,卢剑波. 生态恢复工程技术[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [14] 朱再昱,刘水平,刘登柱,等. 四川“5·12”地震后植被恢复和生态重建的对策思考[J]. 安徽农业科学,2009,(11):5072~5073,5141.
- [15] Fradlund D G. Slope stability hazard management systems. Journal of Zhejiang University Science,2007,8(11):1695~1711.
- [16] 付诗雨,辜彬. 震损山体边坡生态恢复的有效途径——以北川羌族自治县擂鼓镇石岩村山体边坡为例[J]. 安徽农业科学,2015,(1):204~208,211.
- [17] 王雅飞,喻晓刚,李伟,等. 日本治山技术在绵竹灾后森林植被恢复中的应用[J]. 西部大开发(中旬刊),2012,(7):39~41.
- [18] 彭培好,仇开莉,陈文德. 龙门山震区受损生态系统恢复技术[J]. 江苏农业科学,2013,(3):332~335.
- [19] 胡碧英. 汶川地震灾区边坡植被恢复的理论与工程技术研究[D]. 西南交通大学,2011.
- [20] 舒俭民,刘晓春. 恢复生态学的理论基础、关键技术与应用前景[J]. 中国环境科学,1998,(6):61~64.
- [21] 马文宝,徐雪梅,胡顺彬,等. 汶川地震灾区森林植被恢复问题及其生态对策[J]. 四川林业科技,2012,(4):36~38.
- [22] 鄢武先,张小平,邓东周,等. 卧龙自然保护区地震灾后植被恢复主要植物种选择研究[J]. 四川林业科技,2012,(3):32~36.
- [23] 张俊云,杨涛. 地震作用下植被防护边坡的浅层稳定性分析[C]. 纪念汶川地震一周年——抗震减灾专题学术讨论会论文集. 西南交通大学,2009:362~368.
- [24] 许旭,罗承德,喻晓刚,等. 川北地震灾区不同植被恢复模式对土壤抗蚀性的影响[J]. 四川林业科技,2011,(5):35~39.
- [25] 王宇,刘兴良,闵安民,等. 汶川地震灾区人工植被恢复技术研究[J]. 安徽农业科学,2014,(8):2374~2376.
- [26] 潘静娴,张莹. 地震灾后生态系统重建中的植被恢复初探[J]. 防灾科技学院学报,2009,(3):9~13.
- [27] 张翔,王庆安,方自力,等. 汶川地震灾区自然植被恢复的先锋植物特征分析[J]. 中国水土保持,2011,(4):47~50.
- [28] 王了德. 舟曲县灾后森林植被恢复技术初探[J]. 甘肃科技,2012,(3):152~153,59.
- [29] 张翔,王庆安,王文国,等. 汶川地震极重灾区植被恢复分区研究[J]. 中国水土保持,2010,(5):48~51.
- [30] 邓东周,鄢武先,张兴友,等. 四川地震灾后重建生态修复 II: 问题与建议[J]. 四川林业科技,2011,(6):57~61.
- [31] 李雪杨,陈其兵. 大熊猫栖息地主食竹灾后应急恢复与重建[C]. 第三届中国林业学术大会论文集四川农业大学,2013:367~374.
- [32] 刘彬,吴福忠,张健,等. 岷江干旱河谷—山地森林交错带震后生态恢复的关键科学技术问题[J]. 生态学报,2008,(12):5892~5898.
- [33] 杨育林,鄢武先,尤继勇,等. 川西干旱河谷区植被恢复机理及模式分析[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2016,(6):604~609.
- [34] 张继强,孟少童,薛睿,等. 白龙江流域滑坡体生态修复技术研究——以陇南市武都区段河坝流域为例[J]. 中国水土保持,2014,(3):27~29.
- [35] 王蕾,曾森,周云帆. 汶川震后植被恢复趋势与地形关系研究[J]. 长沙大学学报,2015,(5):14~16.
- [36] 刘千里,张利,何建社,等. 四川地震灾区植被恢复技术及执行性研究[J]. 林业勘察设计,2015,(3):36~38.
- [37] 王梦君,李俊清,张玉波,等. 地震干扰后恢复群落的数量分类与排序[J]. 西北林学院学报,2012,(4):13~18.
- [38] 杨昌旭,李勇,杨志刚,等. 汶川地震灾区不同植被恢复模式评价与筛选[J]. 四川林业科技,2017,(3):11~21.
- [39] 孙丽文,史常青,赵廷宁,等. 汶川地震滑坡治理区植被恢复效果研究[J]. 中国水土保持科学,2015,(5):86~9.
- [40] 米文宝,谢应总. 生态恢复与重建研究综述[J]. 水土保持研究,2006,(2):49~53.