

汶川地震非规范滑坡体上植被的自然恢复能力研究 ——以彭州银厂沟谢家店子滑坡体为例

刘守江¹, 张斌¹, 杨清伟², 胡翠华¹, 舒成强¹

(¹ 西华师范大学国土资源学院, 四川南充 637009 ² 重庆交通大学航海学院, 重庆 400074)

摘要: 在野外样方调查的基础上, 对汶川地震极重灾区彭州市谢家店子非规范滑坡体上的植物群落组成、物种多样性以及生物量进行详细调查和统计分析。结果表明: (1) 植物群落的物种组成已比较丰富, 已统计到高等植物 20 科 35 属 53 种。(2) 物种的多样性指数较高, Shannon-wiener 指数 (H')、Simpson 指数 (D')、Margalef 丰富度指数 (Ma) 和 Pielou 均匀度指数 (E) 的均值分别达 1.894、0.787、9.713 和 2.741。(3) 群落的生物量已较大, 植物的鲜重和干重均值分别达 220 kg/m² 和 0.97 kg/m²。由于该滑坡区气候条件优越, 植物群落的自然演替完全能够顺利进行, 加之土壤条件较差以及地质灾害风险大, 不宜人工恢复植被。研究结果不仅为该区生态环境的自然恢复提供依据, 而且为震后形成的山地特殊滑坡体上植被的恢复模式提供参考。

关键词: 非规范滑坡体; 植被; 演替; 银厂沟; 谢家店

中图分类号: S718

文献标识码: A

2008 年国土资源部、水利部在《地质灾害勘察规范》中对滑坡作出了定义, 在 5·12 汶川地震中留下了大量的滑坡体, 但这些滑坡中很多都不满足这一滑坡的定义, 称之为“非规范滑坡体”。5·12 汶川地震发生在龙门山断裂带上, 彭州市龙门山镇成为重灾区之一, 断裂带途经之地的该镇银厂沟九峰村的谢家店子在顷刻之间完全消失, 并形成了巨大的非规范滑坡体。震后贺延光、李忠东^[1]以及众多学者分别对该区域形成的特殊滑坡体“地开花”现象、震后灾情以及地质方面进行了研究, 但对生态环境破坏极为严重、大面积的非规范滑坡体上植被的自然演替进展、植被景观恢复等方面的研究尚未报道。

在灾后重建的大力推动下, 彭州市投资 14 多亿元计划在 3 a 内完成以银厂沟为核心的生态环境修复, 谢家店子、大龙潭等地都将衍生出新的核心景点。因此本文以谢家店子滑坡为研究对象, 从地质、

地貌、植被等方面对震后 1 a 的该滑坡体进行实地考察, 在此基础上对区域内植被的自然恢复状况进行详细的分析, 以期政府的重建工作提供重要数据资料。

1 研究区概况

四川省彭州市地处四川盆地西缘, 北接茂县、汶川县, 东邻什邡、广汉市, 南连郫县、成都市新都区, 西靠都江堰市, 面积约 1 420 km², 总人口约 78 万。彭州市河流属沱江水系, 总体地势西北高、东南低, 境内山峦起伏, 沟谷纵横, 切割强烈; 区内海拔最高 4 810.06 m, 最低 490 m。在地质构造上属于龙门山华夏系构造带和川西新华夏系构造带。龙门山断裂带经过该区, 区内断裂褶皱及次级构造发育, 新构造活动较为强烈。区内属亚热带湿润气候区, 气候温和, 雨量较充沛, 光照较同纬度地区偏少, 四季分明,

收稿日期 (Received date): 2009-10-08; 改回日期 (Accepted): 2010-01-20.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (NO. 40871222) 和国家重点基础研究发展计划 (973 项目) (2008CB425803)。[This research is supported by National Natural Science Foundation (NO. 40871222) and National 973 program (2008CB425803).]

作者简介 (Biography): 刘守江 (1974-) 男, 汉族, 副教授, 硕士, 主要从事环境科学及生物多样性的研究。[Liu Shoujiang (1974-), male, born in Sichuan Province, associated professor, Ph. M. work mainly on environmental science and biodiversity.] Tel. 15882658630 E-mail: gtxjkg@

无霜期长。谢家店子 (103°50'E 31°17'N)位于彭州市龙门山镇九峰村七组,是彭州市区进入四川著名景区银厂沟风景区的必经之地。震前为较平坦的大坪村,因风景区引来源源不断的游客;震后整体被掩埋,变成了高高耸立的巨石堆,估计土石方量在 2×10⁶ m³ 以上。

2 数据来源与研究方法

数据来源

2009—07—10~18 由四川大学和西华师范大学组成的联合考查队对谢家店子非规范滑坡体进行野外实地调查。因区域内多是草本植物,所以按照草本群落的调查方法,以海拔每上升约 50 m设置 5 m×5 m的样地共 9个,每个样地内再随机设置 3个 1 m×1 m的样方,在样方内调查群落的物种组成、物种个体数目、植株胸径、植株高度以及群落的盖度,统计出植物的相应科属,进行植物群落的种类组成以及物种多样性分析。现场测得单位面积上植物鲜重,后带至实验室,在 80℃恒温下经 12 h烘干至恒重,以获取生物量干重^[2 3]。用手持 GPS测得每块样地的三维坐标,用罗盘测得坡度和坡向。

多样性指数选择

物种多样性指数较多,根据每个样带调查所得的资料,本文主要采用以下几种指数:ShannonWiener多样性指数、Simpson多样性指数、Margalef丰富度指数、Pielou均匀度指数进行评价^[4-7]。各指标的计算公式如下^[8-14]:

Shannon-wiener多样性指数 (H')

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

或者

$$H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i)$$

Simpson多样性指数 (D)

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

Margalef丰富度指数 (Ma)

$$Ma = S - 1 / \ln N$$

Pielou均匀度指数 (E)

$$E = H' / \ln S$$

或者

$$E = -\sum P_i \ln P_i / h_s$$

式中 p_i 为第 i 个种在全体物种中的重要性比例,如以个体数量而言; n_i 为第 i 个种的个体数量, N 为总个体数量,则有 $p_i = n_i / N$ S 为物种数目。

3 结果与分析

植物群落的种类组成

区域内共调查统计到的高等植物有 20科 35属 53种,科 属 种为 1:1.75:2.75 属 种为 1:1.57 如表 1所示。说明地震过后时隔 1 a该区植被生长良好,植物群落的物种组成已经比较丰富了。

群落的优势种非常明显,主要是马钱科醉鱼草属大叶醉鱼草 *Buddleja davidii* Franch. 组成的草本植物群落。大叶醉鱼草也是该植物群落的建群种,其投影盖度较大,单株投影盖度最大可达 3.02 m²,高度也非常高,最大高度已达 3.86 m。该区主要的植物种类还有石竹科繁缕属繁缕 *Stellaria media* (Lim.)Cyr.,菊科飞蓬属 1 a蓬 *Erigeron annuus* (L.)Pers 等。

从图 1可知,该区域植被 35科中前 5大科,分别是菊科,禾本科,莎草科,唇形科,桑科,共有 20属

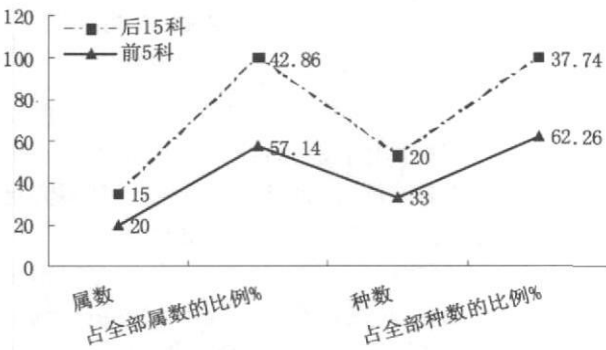


图 1 前 5科与其他 15科属数与种数所占的比例
Fig 1 The proportion in Genus and Species both first 5 Family and other 15 Family

表 1 谢家店子滑坡体植物群落种类组成
Table 1 Species composition of plant community in the landslides of Xiejiedian

科名	属数	种数	属: 种
菊科	11	13	1: 0.85
禾本科	2	8	1: 0.25
莎草科	2	5	1: 0.40
唇形科	2	4	1: 0.50
桑科	3	3	1: 1.00
前 5科	20	33	1: 1.65
其他 15科	15	20	1: 1.33
合计 20科	35	53	1: 0.66

33 种植物, 占总属数和总种数的比例分别为 57. 14%、62. 26%; 后 15 科共有 15 属 20 种, 占总属数和总种数的比例分别为 42. 86%、37. 74%。说明了前 5 大科在群落中具有明显的优势地位。

物种多样性

根据野外调查到的样地资料, 统计各样地内物种数和植株数, 并计算出香农—威纳多样性指数、辛普森多样性指数、丰富度指数及均衡度指数, 得到表 2

表 2 物种多样性指数对照表
Table 2 Comparison of species diversity index

样地号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值
海拔 (m)	1 198	1 224	1 257	1 293	1 325	1 354	1 386	1 419	1 451	1 323
植株数 (N)	31	23	34	10	32	71	125	69	33	47. 556
物种数 (S)	6	9	6	7	12	11	16	12	11	10. 000
Shannon-wiener 指数 (H')	0. 957	2. 051	1. 693	1. 887	2. 402	1. 954	2. 143	1. 760	2. 202	1. 894
Simpson 指数 (D)	0. 433	0. 854	0. 799	0. 840	0. 902	0. 797	0. 833	0. 749	0. 872	0. 787
Margalef 丰富度指数 (Ma)	5. 709	8. 681	5. 716	6. 566	11. 711	10. 765	15. 793	11. 764	10. 714	9. 713
Pielou 均匀度指数 (E)	0. 534	9. 335	0. 945	0. 970	9. 670	0. 815	0. 773	0. 708	0. 918	2. 741

由表 2 可知, 每个样地中的平均物种数为 10 种, 平均植株数达 47. 556 基本能反映出该环境植被恢复较快, 物种多样性较高。然后将 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 多样性指数, Margalef 丰富度指数和 Pielou 均匀度指数分别进行对照分析, 得到图 2、图 3。

Shannon-Wiener 多样性指数用简单数值表示群落种类多样性, 同时还能反映出群落内部的异质性, 包含两个因素: 种类数目, 即丰富度; 种类中个体分配上的平均性或均匀性。这个方法可避免种类鉴定的困难, 简化研究结果, 应用比较普遍。由图 2 可知, Shannon-Wiener 指数和 Simpson 多样性指数的最小值均出现在最低海拔的 1 号样地, 原因是该区位于滑坡体下部, 石块较大, 土壤较少, 植被发育较缓慢。不同之处是前者随海拔升高, 波浪式缓慢上升; 而后者随海拔升高变化不大, 相对平缓。Shannon-Wiener 指数的最大值 2. 402 出现在海拔 1 325 m 左右的 5 号样地, 32 个植株个体在 12 个物种内分布比较均匀。由图 3 可知, 随着海拔升高, Margalef 丰富度指数总体上增大, 最大值 15. 793 出现在 7 号样地, 原因是在 7 号样地, 小环境比较优越, 地势相对平坦, 土壤环境和水份状况有所改善, 样地内出现了 16 种植物, 个体数达 125 株, 最小值 5. 709 出现在 1 号样地。Pielou 均匀度指数随海拔升高相对稳定, 大多不超过 1, 比较平缓, 但 2 号和 5 号样地的 E 值非常大, 最大值 9. 670 出现在 5 号样地, 表明该样地植物种内植株个体分布非常均匀。均匀度强调的是个体在群落中的分布状况, 即群落中个体

分布越均匀, 均匀度指数越高。

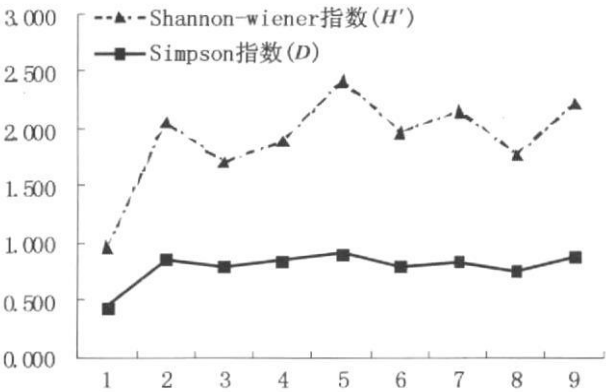


图 2 Shannon-Wiener 指数 (H') 和 Simpson 多样性指数 (D) 对照

Fig. 2 Comparison of Shannon-Wiener index (H') and Simpson diversity index (D)

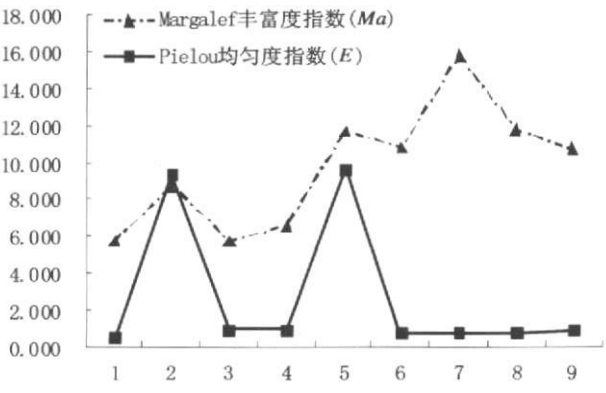


图 3 Margalef 丰富度指数 (Ma) 和 Pielou 均匀度指数 (E) 对照

Fig. 3 Comparison of Margalef richness index (Ma) and the Pielou evenness index (E)

生物量

生物量是研究森林物质生产和群落养分动态的基础,生态系统获取能量能力的主要体现,是反映群落结构与功能的主要标志之一^[15 16]。不同立地条件、周围小环境以及坡向、坡位、坡度等环境因子对人工林生物量及其林下植被生长具有较大影响^[17]。

野外调查时,为了对植物的保护,仅在 1 4 7 9 号样地内选择一样方收集全部植株,包括地下部分,用于生物量的统计。4个样地的环境因子如表 3所示。在野外量出植株的最大长度,并称出每个样方所获得的植物的鲜重,再烘干处理至恒重,称出干重,即为该植物群落单位面积上的生物量(表 4)。

表 3 谢家店子滑坡体植物群落环境因子统计表

Table 3 Environmental factors table of plant community in the landsidemass of Xiejadian

样地号	纬度 N	经度 E	海拔 m	坡向	坡度 °	盖度
1	31° 17' 29"	103° 50' 48"	1 198	ES	16	0. 22
4	31° 17' 35"	103° 50' 38"	1 293	ES	18	0. 39
7	31° 17' 44"	103° 50' 32"	1 386	ES	19	0. 43
9	31° 17' 51"	103° 50' 26"	1 451	EN	20	0. 40

表 4 谢家店子滑坡体植物群落生物量统计表

Table 4 Biomass tables of plant community in the landsidemass of Xiejadian

样地号	最大植株长度 /地上 (m)	最大植株长度 /含地下 (m)	鲜重 (kg)	干重 (kg)	干重 /鲜重	含水量%
1	1. 71	1. 85	0. 95	0. 32	0. 34 :1	66. 32
4	2. 85	3. 81	6. 52	3. 05	0. 47 :1	53. 22
7	1. 35	1. 75	0. 61	0. 21	0. 34 :1	65. 57
9	1. 55	2. 03	0. 72	0. 28	0. 39 :1	61. 11
平均值	1. 87	2. 36	2. 20	0. 97	0. 39 :1	61. 56

由表 4可知,植物生长状况非常好,1 a内植物的最大株高已达到 2. 85 m 含地下的根部已达 3. 81 m。综合图 4可知,生物量鲜重和干重与海拔梯度均有一定的相关性,总体上随海拔增加,生物量有所增长,原因是该区域随着海拔的增加,石粒变小,土

壤状况有所好转。但最大生物量值出现在海拔 1 293 m的 4号样地,主要是该样地内土粒较多,植物次生演替较早,优势种大叶醉鱼草生长状况非常好,因而生物量最大值出现在该区。同时,植物的生物量平均值为鲜重 2. 20 kg/m²,干重为 0. 97 kg/m²,表明该区植物的生物量已经比较大,说明了植物的自然恢复是比较迅速的。

4 讨论

由于谢家店子滑坡体上的植物群落属于次生演替,植被的自然恢复状况良好,植物群落的物种组成已比较丰富,初步统计到的高等植物就有 20科 35属 53种;物种的多样性指数较高,Shannon-wiener指数、Simpson指数、Margalef丰富度指数和 Pielou均匀度指数的均值分别达 1. 894、0. 787、9. 713和 2. 741,多样性指数大多是随着海拔升高而增大,在海拔最低的在 1号样地,土壤状况不佳,出现多样性指数的最小值。在海拔 1 325 ~ 1 386 m区域,由于

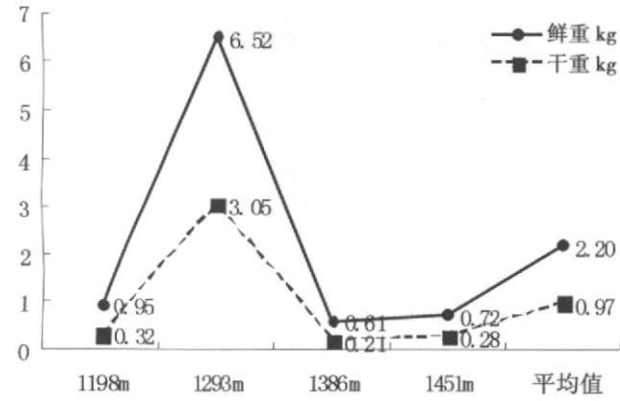


图 4 生物量在海拔梯度上的变化

Fig 4 Biomass changes in altitude gradient

小环境比较有利, 地势平坦, 土壤和水份状况有所改善, 出现了多样性指数的最大值; 群落的生物量已较大, 平均生物量为鲜重 2.20 kg/m^2 和干重 0.97 kg/m^2 , 其最大值已达到 6.52 kg/m^2 和 3.05 kg/m^2 。表明在该滑坡体上由于气候条件优越, 植物群落的自然演替非常迅速, 而且完全能够顺利进行。

滑坡体上全是较大石块, 由于该区土壤条件较差, 表层几无土壤, 不宜人工恢复植被, 人工种植植被非常困难, 而且山体还不稳定, 可能造成该区域内的次生灾害。在近 3 a 内, 均不宜人工恢复植被, 而应当以植被的自然恢复为主, 由于该区气候适宜, 降水相当丰富, 植被的自然恢复成效相当显著, 仅经过 1 a 的时间, 在谢家店这个巨大滑坡体上, 植被的盖度已经达到 0.3 左右了。待表层土壤基本形成后, 可适当增加植被的人工恢复。估计最多 5 a 时间, 植被的盖度可达 0.9 以上。若演替到乔木重新成为该地植物群落的优势种, 至少要花 10~15 a 的时间。

通过对谢家店子实地的考查, 认为该区的地质灾害风险在近 5 a 内都是很大的, 随时都有崩塌滑坡泥石流的可能, 对于该区的重建是极为不利的。认为该区不应当重建和开发旅游建设, 应当以植被的自然演替为主, 恢复生态环境。本文仅是对地震形成的特殊滑坡体上植被的自然演替研究拉开了序幕, 今后还需要对该区的植被演替进行长期的跟踪研究。

参考文献 (References)

- [1] Li Zhonglong On-the spot record at Yinchanggu scenery spot [J]. *Man and the Biosphere* 2008 11(4): 20~30 [李忠东, “地开花”, 埋了整个村子——银厂沟风景区纪实 [J]. 人与生物圈, 2008 11(4): 20~30]
- [2] Wang Ning Jia Yanfeng Li Jing et al Niche characteristics of main species of natural restoration vegetation in the abandoned field on the less hill and gully area [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation* 2007 27(6): 34~40 [王宁, 贾燕峰, 李靖, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植被主要物种生态位特征 [J]. 水土保持通报, 2007 27(6): 34~40]
- [3] Jiao Juying Ma Xinghua Bai Wenjuan et al Correspondence analysis of vegetation communities and soil environmental factors on abandoned cropland on Hilly-Gullied Loess Plateau [J]. *Acta Pedologica Sinica* 2005 42(5): 744~752 [焦菊英, 马祥华, 白文娟, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落与土壤环境因子的对应分析 [J]. 土壤学报, 2005 42(5): 744~752]
- [4] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法, 下 [J]. 生物多样性, 1994b 2(4): 231~239
- [5] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法, 上 [J]. 生物多样性, 1994a 2(3): 162~168
- [6] Ma Keping Huang Jianhui Yu Shunli et al Plant community diversity in Dongling Mountain Beijing China II Species richness evenness and species diversity [J]. *Acta Ecologica Sinica* 1995 15(3): 268~277 [马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数 [J]. 生态学报, 1995 15(3): 268~277]
- [7] Jia Yajuan Han Guodong Wang Mingjun et al Plant Diversity of Leymus Chinensis Community in Inner Mongolia Grassland [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment* 2007 21(7): 142~145 [贾亚娟, 韩国栋, 王明君, 等. 内蒙古羊草草原生物多样性探讨 [J]. 干旱区资源与环境, 2007 21(7): 142~145]
- [8] Dong Qiang Li Kairong Cui Hongan Research on characteristic and species diversity of vegetation communities in Chunhua County [J]. *Journal of Anhui Agri Sci* 2007 35(17): 5232~5234 [董强, 李凯荣, 崔宏安. 淳化县不同植被类型群落特征和物种多样性研究 [J]. 安徽农业科学, 2007 35(17): 5232~5234]
- [9] Gao Bangqiang Zhang Guangfu Chen Huiyan Species diversity of *Brasenia Schreberi* community in different habitats [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* 2007 18(2): 283~287 [高邦权, 张光富, 陈会艳. 不同生境下菹菜群落的物种多样性 [J]. 应用生态学报, 2007 18(2): 283~287]
- [10] Han Jingjun Zheng Weilie Studies on species diversity index and regeneration for Young Linzhin spruce stands in Linzhi Tibet [J]. *Scientia Silvae Sinicae* 2002 38(5): 166~168 [韩景军, 郑维列. 西藏林芝县林芝云杉幼林更新与物种多样性指数研究 [J]. 林业科学, 2002 38(5): 166~168]
- [11] Song Yongchang Vegetation Ecology [M]. Shanghai: East China Normal University Press 2001 [宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001]
- [12] Tang Wangpeng Chen Yiqun Xu Yezhou et al Analysis on characteristic and correlation among diversity indexes of plant community on beach land in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. *Hubei Forestry Science and Technology* 2003 32(4): 1~7 [唐万鹏, 陈义群, 许业洲, 等. 长江中下游滩地植物群落特征及多样性指数的相关性分析 [J]. 湖北林业科技, 2003 32(4): 1~7]
- [13] Wang Yongfan Yu Shixiao A new species diversity index and its fractal analysis [J]. *Acta Phytocologica Sinica* 2002 26(4): 391~395 [王永繁, 余世孝. 物种多样性指数及其分形分析 [J]. 植物生态学报, 2002 26(4): 391~395]
- [14] Zhang Guangfu Species diversity of a shrub community in Tiantong range Zhejiang Province [J]. *Biodiversity Science* 2000 8(3): 25~31 [张光富. 浙江天童山区灌丛群落的物种多样性及其与演替的关系 [J]. 生物多样性, 2000 8(3): 25~31]
- [15] Zhang Xibiao Shangguan Zhouping The bio-cycle patterns of nutrient elements and stand biomass in forest communities in Hilly Loess Region [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2005 25(3): 527~537 [张希彪, 上官周平. 黄土丘陵区主要林分生物量及营养元素生物循环特征 [J]. 生态学报, 2005 25(3): 527~537]
- [16] Yu Wantai Yu Yongqiang Advances in the research of under-

ground biomass[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(6): 927~932 [宇万太, 于永强. 植物地下生物量研究进展[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 927~932]

[17] Liu Fangyan, Li Kun, Zhang Chunhua, et al. Characteristic analysis of the community during early stage of the vegetation restoration

in Jinshajiang Dry-hot Valley[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition), 2007, 31(6): 129~132 [刘方炎, 李昆, 张春华, 等. 金沙江干热河谷植被恢复初期的群落特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, 31(6): 129~132]

Research on the Natural Recovery of Vegetation on the Non-normative Landslide Mass in Wenchuan Earthquake

——Take Landslide Mass in Xiejadian of Yingchanggou in Pengzhou as an Example

LIU Shoujiang¹, ZHANG Bin¹, YANG Qingwei², HU Cuihua¹, SHU Chengqiang¹

(1. Land and Resources College, China West Normal University, Nanchong 637002, China)

2. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the plots and quadrats of the plant communities, the examination group carried on the close investigation and the statistical analysis on the plant community in the landslide mass in Xiejadian in Yingchanggou of the Longmen Mountain. The results showed that: (1) The species composition of plant communities have been more diverse, and has counted the higher plant 20 families, 35 genera, 53 species; (2) species diversity indices are high, the Shannon-wiener index (H'), Simpson index (D), Margalef index (Ma) and Pielou index (E) mean value is 1.894, 0.787, 9.713 and 2.741 respectively; (3) The plant community has a big biomass already, and the mean value of plants' fresh weight and the dry weight is 2.20 kg and 0.97 kg each square meter respectively. Indicate that the climatic conditions of the landslide mass is superior, and the natural succession of plant community is fully capable of smooth. In addition, that the vegetation restores should not be artificial with poor soil conditions and risks of geological disasters in the area. The results not only provide the basis to restore the natural ecological environment of this area but also provide the reference to the earthquake vegetation's restoration pattern in the mountainous region special landslide mass of the earthquake.

Key words: non-normative landslide mass; vegetation; succession; Yingchanggou; Xiejadian