

抚仙湖流域磷矿开采废弃地恢复 华山松群落的物种配置研究

赵敏慧¹, 杨礼攀², 杨中宝¹, 王跃¹

(1. 玉溪师范学院, 云南 玉溪 653100; 2. 云南中医学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 为使抚仙湖流域磷矿开采区恢复的植被结构合理, 物种丰富, 系统稳定, 对研究区分布较广的华山松群落的结构特征及各物种在群落内的地位进行了分析。结果表明, 华山松林群落结构完整, 物种丰富, 生长旺盛, 是磷矿开采废弃地上植被恢复的理想林种, 并制定出用华山松、滇石栎、小白花杜鹃、厚皮香、地石榴等华山松群落各层优势种, 及当地耐贫瘠的乡土物种做磷矿开采废弃地华山松群落恢复的物种配置方案。

关键词: 植被恢复; 云南松群落; 物种配置; 磷矿开采区; 抚仙湖流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0100-04

中图分类号: Q89

Species Configuration of *Pinus Armandii* Community in Abandoned Phosphate Mining of Fuxian Lake Watershed

ZHAO Min-hui¹, YANG Li-pan², YANG Zhong-bao¹, WANG Yue¹

(1. Yuxi Teachers' College, Yuxi, Yunnan 653100, China;

2. Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming, Yunnan 650500, China)

Abstract: The structural characteristics and species status of the *Pinus armandii* community widely distributed in the phosphorus mineral area of Fuxian lake watershed are analyzed for the reasonable vegetation structure with stable system. Results show that the quantity, structure, and growth of the *Pinus armandii* community are perfect, so it is a good vegetation community in the phosphorus mineral area for vegetation restoration. The optimum species disposition plan of *Pinus armandii* community is then developed. In the plan, the *Pinus armandii*, *Lithocarpus dealbatus*, *Rhododendron siderophyllum*, *Ternstroemia gymnanthera*, and *Ficus ticoua* in *Pinus armandii* community are used as dominant species and the local species resistant to leanness soil are used as the associated species for vegetation restoration in the area.

Keywords: vegetation restoration; *Pinus armandii* community; species configuration; phosphorus mineral area; Fuxian lake watershed

磷矿是抚仙湖流域的重要资源, 在澄江县具有20余年的开采历史。磷矿开采引发的水土流失成为抚仙湖的一个重要污染源。矿区水土流失这一面源污染的形式, 除对该区域产生影响外, 还会对更大范围内的土地利用、水文条件产生影响^[1]。矿山废弃地对土地的侵占和环境污染已成为区域经济发展的制约因素^[2-4]。

植被所表现出的固持土壤, 保持水土, 净化环境是生态建设的重要目标, 同时也产生较好的生态、经济和社会效益, 成为矿山生态恢复和重建的核心。华山松林是滇中地区生态适应幅较宽的一类次生林, 在抚仙湖流域分布广泛, 生长良好, 并具有较强的水土

保持效能, 可选作磷矿开采废弃地的恢复林种^[5]。而恢复林种内物种的配置(选择)适当与否是植被恢复工作成败的关键之一。树种选择不当, 不但林木不易成活, 而且易造成树木长期生长不良, 造林地的生产潜力在数十年内不能充分发挥, 起不到森林的防护作用, 因此使经济受到巨大损失^[6]。为恢复和改善抚仙湖磷矿开采区生态环境, 遏制磷矿开采对抚仙湖造成的污染, 本文通过野外调查, 对抚仙湖流域分布较多的华山松林的群落特征及群落内物种地位进行了分析, 制定了磷矿开采废弃地恢复华山松群落的最佳物种配置方案, 以使华山松林在恢复中通过合理的树种配置, 在短期内发挥最大的生态效益和经济效益。

收稿日期: 2009-04-08

修回日期: 2009-06-20

资助项目: 云南省科技厅应用基础研究“抚仙湖流域磷矿开采区植被恢复的林种配置与空间布局研究”(2006B0088M); 云南省教育厅科学基金项目“抚仙湖流域磷矿开采区植被恢复的林种配置研究”(0621248)

作者简介: 赵敏慧(1974-), 女(汉族), 云南省通海县人, 硕士, 副教授, 主要从事景观生态与生态恢复研究。E-mail: zmh@yxtc.net。

通信作者: 杨礼攀(1974-), 男(汉族), 云南省会泽县人, 博士, 副教授, 主要从事资源植物和植物生态研究。E-mail: lipany@xtbg.ac.cn。

1 研究区自然环境状况

抚仙湖磷矿开采区位于抚仙湖东北角, 玉溪市澄江县城东, 东经 $102^{\circ} 56' - 103^{\circ} 01'$, 北纬 $24^{\circ} 37' - 24^{\circ} 46'$ 。开采区面积 $7\,244.27\text{ hm}^2$, 占流域总面积的 10.28%, 总储量 $4.0 \times 10^8\text{ t}$, 品位高, 易开采。该区属亚热带高原季风气候, 干湿季节分明, 雨热同季, 年平均气温 $16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最冷月 1 月平均气温 $8.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最热月 7 月平均气温 $20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年降水量 $900 \sim 1\,200\text{ mm}$, 年日照时数为 $2\,141.8\text{ h}$ 。土壤为红壤、黄棕壤、水稻土, 以红壤为主。地带性植被类型是以壳斗科 (*Fagaceae*)、樟科 (*Lauraceae*)、茶科 (*Theaceae*)、木兰科 (*Magnoliaceae*) 植物为优势种的半湿润常绿阔叶林。但该区由于开发时间较早, 人为破坏严重, 目前半湿润常绿阔叶林仅残留 39.40 hm^2 , 占整个开采区的 0.54%, 在磷矿开采区植被生态系统中已不能发挥太大的作用。目前地表植被以旱地栽培植被面积最大, 为 $2\,749.61\text{ hm}^2$, 占磷矿开采区面积 37.96%。其次是次生植被华山松林和云南松, 两者面积合计占开采区的 31.71%, 其它植被类型均面积较小, 且呈零散分布状态。磷矿开采废弃地面积 119.70 hm^2 , 虽只占开采区面积的 1.65%, 但因常年深度剥离式的开采方式对地表植被破坏较大, 又缺乏有利的开采面恢复措施, 雨季表土随径流流失, 增加了抚仙湖的污染负荷。

2 研究方法

依分散典型取样原则, 在研究区华山松群落成片分布的地段, 选取样地进行群落调查。样地形状不限, 依地形而定, 共设置样地 3 个, 单个面积 100 m^2 ($10\text{ m} \times 10\text{ m}$)。在每个样地内每木调查乔木、灌木, 并分别设置面积为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方, 调查草本植物。在设置的群落样地内, 用法瑞学派方法调查每个样方的植物种类、每种植物的存在度、多优度、群集度、高度及群落盖度。存在度用 iv, ㉔, ㉕, ㉖, ㉗ 级表示。生活型采用 Raunkiaer 系统表示^[7]。多优度采用 + ~ 5 的 6 级制, 即盖度—多度级, 以盖度为主结合多度, 各等级表示样地内某种植物的种盖度大小值。各等级含义分别为: 5: 种盖度在 75% 以上者 (即 3/4 以上者); 4: 种盖度在 50% ~ 75% 以上者 (即 1/2 ~ 3/4); 3: 种盖度在 25% ~ 50% 者 (即 1/4 ~ 1/2 者); 2: 种盖度在 5% ~ 25% 者 (即 1/20 ~ 1/4 者); 1: 种盖度在 5% 以下, 或数量尚多者; + : 种盖度很小, 数量也少, 或单株。群聚度级采用 5 级制, 以聚生状况与盖度相结合, 各等级含义为: 5: 集成大片, 背景化; 4: 小群或大块; 3: 小片或小块; 2: 小丛或小簇; 1: 个别散生或单生。

然后计算每个物种的综合优势比: 综合优势比=

(盖度比+ 高度比) / $2 \times 100\%$, 其中盖度比= 某一物种的盖度 / 样地中盖度最大的物种盖度 $\times 100\%$, 高度比= 某一物种的高度 / 样地中高度最大的物种高度 $\times 100\%$ 。

3 华山松林群落特征及各植物种在群落中的地位分析

3.1 华山松林群落特征

华山松林 (*Pinus armandii*) 主要分布于抚仙湖流域磷矿开采区海拔 2 000 m 以上的区域, 约占研究区面积的 18.56%, 是该区域森林植被类型中面积最大的一类。该群落多单独成林, 群落乔、灌、草垂直分层明显, 总盖度大于 80%。调查样地乔木上层高 12 ~ 22 m, 胸径 20 ~ 30 cm, 主要由华山松构成, 多优度在 3 以上。树干挺直而排列整齐, 冠径 2.5 ~ 4.5 m, 株距 1 ~ 3 m, 比较密集, 400 m^3 的样地内有植株 20 ~ 35 株, 盖度超过 60%, 此外尚有滇石栎、旱冬瓜少量分布。乔木高 5 ~ 10 m, 胸径 6 ~ 10 cm, 层盖度约 15% ~ 20%, 主要由上层的幼树等组成。灌木层高 1 ~ 3 m, 主要植物种类为臭荚迷、小铁仔、滇石栎、小白花杜鹃、厚皮香、云南含笑、乌饭树、碎米花杜鹃、南烛等, 种类比较丰富, 覆盖度约 20% ~ 25%。草本层高约 30 ~ 50 cm, 覆盖度和植物种类都较低, 层盖度约 10% ~ 15%, 主要物种组成成为沿阶草、火绒草、仙鹤草等。

在紫茎泽兰入侵严重的地段, 草本层几乎全部为紫茎泽兰占据, 这也是该区域华山松群落的一大特点。同时该群落层外或层间植物不丰富, 较常见的藤本植物有铁叶菝葜、多花勾儿茶。调查样地内各植株生长旺盛, 共有 33 种植物, 单个样地 15 ~ 22 种, 物种较丰富。华山松林群落结构完整, 物种丰富, 生长旺盛, 是磷矿开采废弃地上植被恢复的理想林种。

3.2 华山松群落样地存在度 4 级及 4 级以上物种在群落中的地位

在调查的 3 个华山松群落样地中, 华山松多优度—群聚度均为 3.3, 树冠处于乔木上层, 综合优势比为最大值 1, 以建群种的身份出现, 起着构建群落的作用 (表 1—2)。

样地 1 中, 乔木层滇石栎综合优势比 0.78, 是仅次于华山松的亚优势种。灌木层共有物种 14 种, 存在度 4 级及以上的占到 13 种, 其中滇石栎作为乔木树种的幼树, 多优度—群聚度达 4.4, 综合优势比为最大值 1, 高度处于灌木层的最高层, 属于该层的优势种; 小白花杜鹃、厚皮香和臭荚迷多优度—群聚度均为 3.3, 综合优势比依次为 0.62, 0.54, 0.43, 属于该层的亚优势种。草本层有物种 7 种, 存在度 4 级及以上的 4 种, 紫茎泽兰在阳光充足的林窗内形成优

势,原生物种醉浆草和凤尾蕨综合优势比紧随其后,显示了林下人为干扰的痕迹。样地 2 中,乔木层除建群种华山松外,有单株高 8 m 的旱冬瓜出现。灌木层共有物种 14 种,存在度 4 级及以上的占到 13 种,滇石栎多优一群聚度达 3.3,综合优势比 1,属于该层的优势种;乌饭花、小白花杜鹃、厚皮香、南烛、云南含笑多优一群聚度和综合优势比仅次于滇石栎,成为该层的亚优势种;草本层中去除紫茎泽兰外,醉浆草和藤本植物山金银占优势。

表 1 植物群落环境特征

样地号	华山松 1	华山松 2	华山松 3
地点	凤口峭正营盘	凤口峭正营盘	阳宗镇老坟沟
海拔/m	2 198	2 190	2 280
坡向	正北	正北	东南
坡度	16°	25°	12°~15°
总盖度/%	90	95	80
植物种数/种	22 种	19 种	15 种

表 2 华山松群落样地存在度 4 级以上物种综合优势比

群蒸构成	盖度比	高度比	综合优势比	样地 1			样地 2			样地 3			
				盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	
乔木层	华山松(<i>Pinus armandii</i>)	1.000	1	1.00	1.000	1.000	1.00	1.000	1.000	1.00	1.000	1.000	1.00
	滇石栎(<i>Lithocarpus dealbatus</i>)	0.050	1.5	0.78	—	—	0.00	0.053	0.600	0.33	—	—	—
灌木层	滇石栎(<i>Lithocarpus dealbatus</i>)	1.000	1	1.00	1.000	1.000	1.00	—	—	—	—	—	—
	小白花杜鹃(<i>Rhododendron siderophyllum</i>)	0.643	0.6	0.62	0.333	0.933	0.63	—	—	—	—	—	—
	厚皮香(<i>Ternstroemia gymnanthera</i>)	0.571	0.5	0.54	0.400	0.800	0.60	—	—	—	—	—	—
	臭荚迷(<i>Viburnum foetidum</i>)	0.500	0.35	0.43	0.042	0.667	0.35	1.000	1.000	1.00	—	—	—
	南烛(<i>Lyonia ovalifolia</i>)	0.021	0.7	0.36	0.050	0.900	0.48	—	—	—	—	—	—
	云南含笑(<i>Michelia yunnanensis</i>)	0.314	0.35	0.33	0.300	0.600	0.45	—	—	—	—	—	—
	乌饭树(<i>Vaccinium bracteatum</i>)	0.021	0.6	0.31	0.367	0.933	0.65	—	—	—	—	—	—
	金丝梅(<i>Hypericum patulum</i>)	0.017	0.5	0.26	0.033	0.600	0.32	—	—	—	—	—	—
	小铁仔(<i>Myrsine africana</i>)	0.257	0.2	0.23	0.033	0.233	0.13	0.800	0.800	0.80	—	—	—
	矮杨梅(<i>Myrica nana</i>)	0.029	0.325	0.18	0.013	0.533	0.27	—	—	—	—	—	—
	碎米花杜鹃(<i>Rhododendron spiciferum</i>)	0.043	0.3	0.17	0.050	0.467	0.26	—	—	—	—	—	—
	土茯苓(<i>Smilax glabra</i>)	0.007	0.3	0.15	0.008	0.400	0.20	—	—	—	—	—	—
	华灰木(<i>Symplocos chinensis</i>)	0.014	0.175	0.09	0.017	2.667	1.34	—	—	—	—	—	—
	草本层	紫茎泽兰(<i>Ageratina adenophora</i>)	1.000	1	1.00	1.000	0.500	0.75	1.000	1.000	1.00	—	—
醉浆草(<i>Oxalis corniculata</i>)		0.500	0.03	0.27	0.400	0.167	0.28	—	—	—	—	—	—
凤尾蕨(<i>Pteris cretica</i> var. <i>nervosa</i>)		0.250	0.14	0.20	—	—	0.00	0.015	0.545	0.28	—	—	—
尼泊尔老鹳草(<i>Geranium nepalense</i>)		0.150	0.06	0.11	—	—	0.00	0.003	0.273	0.14	—	—	—
簇花铁线莲(<i>Clematis fasciculiflora</i>)		—	—	—	4.000	1.000	2.50	0.031	0.755	0.39	—	—	—

注:为比较的方便以样地 1 作为标准进行排序。

样地 3 中,乔木层除建群种华山松外,有单株高 6 m 的滇石栎出现。灌木层有物种数 8 种,存在度大于 4 级的只有臭荚迷和小铁仔 2 种,综合优势比分别为 1 和 0.8。草本层中紫茎泽兰多优度一群聚度达 4.4,盖度 65%,仍然占有明显的优势,其次是山金银和凤尾蕨。该样地灌草两层中,由于紫茎泽兰的入侵和大量繁殖,抑制了其它草本和灌木的生长,甚至乔木层的亚优势种的综合优势比也相对前两个样地降低,逆行演替的趋势明显。

从以上分析可以看出,样地 3 由于受到了较多的人为干扰,物种数量减少,除建群种华山松外,就是紫茎泽兰最占优势,群落呈现逆行演替的趋势。样地 1 和样地 2 灌木层物种数 14 种,占到样地总物种数的

74% 以上,且优势种和亚优势种明显,它们对群落动态演替起着决定性的作用;同时草本层的物种数、种盖度都较低,说明更多的灌木取代了初期的先锋草本,群落进入了演替中期,且将向着形成更加稳定的群落方向发展;同时草本层中醉浆草、凤尾蕨、尼泊尔老鹳草和山金银是群落中出现频率较高的物种。群落内各物种的地位因所处样地演替时段不同,地位也不同,但只要给予这些植物群落适当的抚育措施,再施行足够时间的封山育林,它们有向原生植被演替的趋势。

4 华山松群落内的物种配置

4.1 物种选择原则

为使恢复后的华山松群落结构合理,功能完善,

物种多样性丰富, 群落内物种的配置应依待恢复地段的立地条件, 按乔灌草藤结合的原则, 选择既要具有固坡、防止水土流失等生态防护作用, 又要有利于景观美化的树种。具体的种类选择则要考虑以下特点: (1) 根系发达, 生长快; (2) 适应性强, 抗逆性好; (3) 具固氮能力; (4) 当地优良的乡土树种和先锋树种; (5) 种源易于人工繁殖, 易栽易管; (6) 树种不仅经济价值高, 还具有多功能效益。

4.2 物种配置方案

依据华山松群落样地物种组成及存在度 4 级及以上物种在群落中的地位, 在选用华山松群落做磷矿开采面的恢复时, 各层可选用的物种为乔木层: 华山松、滇石栎; 灌木层: 小白花杜鹃、厚皮香、臭荚迷、南烛、云南含笑、乌饭花; 草本层: 山金银、酢浆草、凤尾蕨。但在实际人工恢复中, 考虑到某些物种因不易人工繁殖或难以购置, 如乌饭花; 或属于自然演替中会自动进入人工恢复群落中的本地杂草, 如山金银、酢

浆草、凤尾蕨, 在物种配置中就不再考虑。而应选用在半湿润常绿阔叶林森林气候条件下易栽易管的其它适应范围广的乡土物种来替代。

具体的物种配置在矿区土地复垦后分 3 个地段来施行: 在开采斜坡区、平台区、表土堆积区, 沿等高线带状整地, 选用华山松群落内的优势乔木和灌木树种, 以起到构建群落的作用; 在开采陡坎区, 选用抚仙湖流域广泛分布的耐贫瘠、干旱, 萌生性强, 护坡, 护土效果良好, 生长迅速的藤蔓植物, 如地石榴(*Ficus ticcoua*)、葛根(*Pueraria lobata*)、常春藤(*Hedera nepalensis*)等, 以提高土壤的保水性和快速改善干旱、贫瘠的小环境; 在待恢复地段附近划出小片水肥条件较好的区域做补植区, 并在其上栽种待恢复群落乔木优势种和成活率高, 具经济价值, 美化效果的 2~3 类灌木做死苗的后备补充。这样, 通过营造阔叶混交林和乔灌草藤复层林, 将对矿区生态恢复起到较好的作用。具体物种配置见表 3。

表 3 华山松群落物种配置

位置	乔木	灌木	草、藤
采伐陡坎区			地石榴、葛根、常春藤、洛石
洛石采伐斜坡区		小白花杜鹃、厚皮香、臭荚迷、南烛、云南含笑、	
废弃采矿平台区	华山松、滇石栎、旱冬瓜	小白花杜鹃、厚皮香、臭荚迷、南烛、云南含笑、	
表土堆积区			
补植区	华山松、旱冬瓜	小白花杜鹃、常绿蔷薇	

5 结论

华山松群落是半湿润常绿阔叶林森林气候条件下生态适应幅较宽的一类次生植被, 在研究区生长旺盛, 林内物种除外来入侵种紫茎泽兰外, 均由地带性的物种组成, 物种较丰富。同时, 华山松高大挺拔, 针叶苍翠, 冠形优美, 生长迅速, 是优良的庭院绿化树种, 也是高山风景区之优良风景林树种。因此华山松群落是磷矿开采废弃地上做植被恢复的理想林种。在恢复过程中可依待恢复地段具体的小生境差异, 配置群落的优势乔灌树种及研究区耐贫瘠、干旱, 萌生性强, 护坡, 护土效果良好, 生长迅速的藤草植物, 这将缩短群落从废弃地到生态林的恢复和演替时间, 使恢复后的华山松群落结构合理, 物种多样性丰富, 生态系统稳定, 以尽快发挥磷矿开采区的生态服务功能。

[参 考 文 献]

[1] 卞正富, 张国良, 胡喜宽. 矿区水土流失及其控制研究

[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 31-36.

- [2] 蓝崇钰, 束文圣, 孙庆业. 采矿地的复垦[M]//陈昌笃. 持续发展与生态学. 北京: 中国科技出版社, 1993: 132-138.
- [3] Dudka S, Adriano D C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: A review[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26: 590-602.
- [4] Wong M H. Environmental impacts of iron ore tailings, the case of Tolo Harbour, Hongkong[J]. Environmental Management, 1981, 5: 135-145.
- [5] 赵敏慧, 杨礼攀. 基于现状植物群落特征的东大河磷矿开采区植被恢复研究[J]. 玉溪师范学院学报, 2007, 23(8): 46-51.
- [6] 吕福军, 王晓辉, 刘成, 等. 通辽市科尔沁区适宜林种结构和树种配置的探讨[J]. 内蒙古民族大学学报: 自然科学版, 2003, 18(1): 50-52.
- [7] 云南大学生态地植物研究室. 昆明西山青岗栎(*Cyclobanopsetum glaucooidis*)群丛的初步研究[C]. 昆明: 云南大学, 1965.