

# 天然混交林水土保持生态修复技术研究

田立生, 刘艳军, 吴立军

(吉林省水土保持科学研究院, 长春 130033)

**摘要:**应用群落边缘效应原理和林窗更新等生态学理论, 根据种间关联性分析结果, 确定林分内建群种与各种群的种间关系, 对与建群种有竞争关系的树种进行适宜间伐, 形成林窗和边缘界面层。根据群落空间分布格局和林下更新的分析, 阐明适宜人工干预对生态修复的促进作用, 为水土保持建设提供一种新的有效途径。

**关键词:**水土保持; 生态修复; 空间分布格局; 林窗更新

中图分类号: S157; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0137-03

## Study on the Ecological Rehabilitation Technology of Natural Mixed Forest Conservation of Water and Soil

TIAN Li-sheng, LIU Yan-jun, WU Li-jun

(Academy of Soil and Water Conservation of Jilin Province, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Applying forest window renewal and community edge effect theory, according to inter-species connection analysis result, the relation between the forest community and species is determined and suitable cutting is made in species that has competition relation with community. The shape grows into forest window and forest edge. With the analysis of the community spatial distribution pattern and the forest renewal, it is expounded that suitable artificial intervention can promote ecological rehabilitation, which provides a new effective way for the conservation of water and soil.

**Key words:** soil and water conservation; ecological rehabilitation; spatial distribution pattern; the forest window renewal

生态修复是近年来水土保持生态建设的新思路。开展生态修复大大加快了植被恢复的速度, 加快了水土流失治理步伐, 丰富了水土保持综合治理的内涵, 是水土保持生态建设的有效途径, 充分体现了人与自然和谐共处的理念。

生态修复是指解除生态系统所承受的超负荷压力, 依靠生态系统本身的自适应、自组织和自调控能力, 按生态系统自身规律演替, 通过其修养生息的漫长过程, 使生态系统自然恢复, 为了加速已被破坏生态系统的恢复, 可以辅助人工措施, 为生态系统健康运转服务, 而加快生态系统功能的恢复。

天然混交林绝大部分为水土保持功能林, 对水土保持建设起着至关重要的作用。而这些林分由于人为因素的干扰均处于演替初、中级阶段的不稳定结构状态。本文采用群落演替和种间关系等生态学理论对天然混交林林分进行适宜的采伐, 开拓出边缘效应临界面和适宜的林窗密度, 促进群落生态修复的进程, 使群落快速恢复水土保持功能, 达到治理水土流失的目的。

## 1 采用的技术与原理

### 1.1 群落演替原理

在群落发展的过程中, 群落中一些种群兴起了, 一些种群衰落以至消失了。环境条件也同时在发生着变化。群落的这种随着时间的推移而发生的有规律的变化称为演替 (succession)。经过演替而达到最终稳定状态的群落称为顶

极群落 (climax community)。顶极群落是最稳定的群落阶段, 其中各主要种群的出生率和死亡率达到平衡, 能量的输入与输出以及生产量和消耗量也都达到了平衡。

### 1.2 边缘效应原理

边缘效应是自然界中普遍存在的一种自然现象, 边缘效应的产生是由于种间关系的加成效应和切合效应, 使生态系统交界处的环境发生改变, 某些种群获得较适宜的生存环境, 从而导致种群数量 and 生产力发生变动产生效应。在森林林分中人工实施带状或岛状开拓效应区, 形成边缘界面层, 改变下垫面环境, 使林分产生边行优势。根据边缘效应原理, 对现有非健康、衰退和与建群种负关联的林木进行不同强度的带状间伐、块状间伐, 以形成边缘界面层。

### 1.3 林窗更新理论

林窗是指面积大于  $2\text{ m}^2$  的林间空地, 也就是没有林木的林间空地, 一般占森林面积的 20% ~ 40%。林窗是森林生生不息、不断演变的关键所在, 林窗中光线、水分、养分以及温湿条件适宜, 有利于植物生长, 对植被的更新有重要意义。人工或天然形成的林窗如继续破坏将形成草原化中心, 如得到适当的保护和合理利用, 则林窗的天然更新或人工诱导天然更新将是森林恢复演替的极好途径。

### 1.4 种间关系原理

种间关系亦称种群间相互作用。指导种种群之间的相互关系。生物群落中不同物种间的相互关系十分复杂, 大体可以分为两种: 互助关系和竞争关系。互助关系指种群间能

够合理利用共有资源,对各种群的生长起着彼此促进作用的关系;竞争关系指种群间相互争夺资源,彼此抑制对方的生长的关系,对种群的发展不利。本文采用种间关联性分析的方法确定各种群间的相互关系。

1.5 生态修复技术

依据以上的原理,根据种间关联性分析结果,确定林分内建群种与各种群的种间关系,对与建群种有竞争关系的树种进行适宜间伐,形成林窗和边缘界面层,改善种群分布格局和林下更新状况,使群落演替向顶级群落发展,快速恢复其水土保持功能。

本文论述的生态修复技术适用于处于不稳定的初、中级演替阶段的天然林林分,这种林分立体结构已经基本形成,林分内部多种优势树种并存,竞争激烈,土壤侵蚀不是十分剧烈,但林分的保水保土功能较差,如不加以人工干预,长期发展将使林分彻底尚失水土保持功能,造成大面积的水土流失。本文以东北地区具有代表性的红松阔叶林为例进行论述。

2 研究方法

2.1 野外调查内容及方法

在吉林省低山丘陵区选择典型的天然混交林设立固定样地,样地面积为 60 m×100 m= 6 000 m<sup>2</sup>,在样地内利用网格法划分 5 m×5 m 样方 240 个。并设立 30 个固定测桩用于测量样地的土壤侵蚀量。样地在 2000 年春季设置完成。

2000 年夏季对样地进行野外调查,调查内容包括样地海拔、坡向、坡度、林分郁闭度、灌木总盖度、草本总盖度及年土壤侵蚀量等。以样方为单位对样地内的乔木进行树种进行调查,分别记载每株林木的树种、树高、冠幅、生长状况等,对树高大于 1.3 m 的林木进行每木检尺并记载其胸径。2000 年秋进行补充调查,2000 年冬天对通过计算确定的树木进行采伐。以后每年进行一次调查。

2.2 基础数据的分析处理

采用计算机技术对野外调查资料建立数据文件,并在对原始数据进行初步的分类整理的基础上计算乔木的重要值。

在 0.6 hm<sup>2</sup> 的固定标准地内共有 27 个乔木树种出现,对于物种联结性和种群分部格局而言,偶见种对群落性质的影响并不重要,所以根据重要值的计算结果,由大到小取乔木树种的前 15 个对其种间关联特性进行分析。

2.3 种间关联性

是指物种之间相互吸引或排斥的性质,种间关系研究包括两方面内容,一是种间是否存在关联,二是测定关联的程度。

种间是否存在关联是通过两个物种之间的 X<sup>2</sup> 检验实现的,其公式如下:

$$X^2 = \frac{N[|ad - bc| - N/2]^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

式中: a——种 A 和种 B 两个种均出现的样方数; b——仅有种 A 出现的样方数; c——仅有种 B 出现的样方数; d——种 A 和种 B 两个种均未出现的样方数。N = a + b + c + d。

该公式的自由度为 1,其 X<sub>0.1</sub><sup>2</sup> 临界值为 2.706,当 X<sup>2</sup> > 2.706 两个种相互关联显著,当 X<sup>2</sup> < 2.706 两个种无显著关联。种间关联有两种情况: 正联结和负联结,若 ad > bc,则说明种间具正关联,种对趋向同时出现,对相互生长具有促进作用;若 ad < bc,则说明种间具负关联,种间趋向于互斥,两种物种同时生长会相互竞争养分等资源。

若种间存在显著关联,则进一步测定其关联程度的大小。本文选用物种共同出现的百分率(percentage co-occu-

rence,简称 PC)来表示各种对的联结程度。PC 是变化范围在 0~1 之间的无中心指数,它在无关联时为 0,在最大关联时为 1。其计算公式为:

$$PC = a / (a + b + c) \quad (ad > bc)$$
$$PC = 1 - a / (a + b + c) \quad (ad < bc)$$

根据以上计算结果,通过绘制半矩阵图,得到各种群相互间的关联关系。由于红松阔叶林的建群种为红松,本文着重考虑各种群与红松种群间的关系。通过半矩阵图可知,样地中红松与蒙古栎、色木槭、沙松间表现出明显的正联结,而红松与暴马丁香、茶条槭、稠李、拧筋槭等 7 种树种间表现出显著的负联结。这说明该群落的优势树种之间的关系是不稳定的,在向顶级演替过程中,需要人工干预对林分进行调整才能促进其自然恢复的进程。

2.4 采伐木的确定

根据种间关联性的分析结果及林窗理论的要求,确定间伐掉 51 株强烈影响红松种群生长和有病害的树木。从而形成带状和岛状的开拓区,使边缘效应得到充分发挥。

3 结果分析

3.1 人工干预前后种群分布格局的比较

为了对比采伐前后群落空间分布格局的变化,首先选择泊松分布(poisson distribution)、奈曼分布(Neyman distribution)、负二项分布(Negative binomial distribution)三种分布模型,利用计算机进行种群空间分布类型的拟合,然后选择一系列聚集强度指标判定个体在空间地域上的分布疏密程度。各聚集强度指数的意义及计算方法分述如下,并将各种种群聚集强度指数计算的结果列于表 1 中:

(1) 二项指数 K = X<sup>2</sup> / (s<sup>2</sup> - X<sup>2</sup>),它与种群密度无关,K 值越小,聚集强度越大,如果 K 趋于无穷大(一般 8 以上),则逼近泊松分布。

(2) 扩散系数 C = s<sup>2</sup> / X,若 C > 1,则种群分布为聚集型,C < 1,则分布为随机型,切 C 遵从均数为 1、方差为 2n(n-1)<sup>2</sup> 的正态分布。

(3) 扩散型指数 I<sub>δ</sub> = N(Σf<sub>i</sub>X<sub>i</sub><sup>2</sup> - Σf<sub>i</sub>X<sub>i</sub>) / Σf<sub>i</sub>X<sub>i</sub>(Σf<sub>i</sub>X<sub>i</sub> - 1),当 I<sub>δ</sub> = 1 时,分布为随机型,当 I<sub>δ</sub> > 1 时,为聚集型分布。

(4) Cassie 指标 C<sub>A</sub> = 1 / K,当 C<sub>A</sub> = 0 时,为随机分布,当 C<sub>A</sub> > 0 时为聚集分布,当 C<sub>A</sub> < 0 时,为均匀分布。

(5) 丛生指标 I = s<sup>2</sup> / X - 1,当 I = 0 时,为随机分布。当 I > 0 时为聚集分布。

(6) 聚块性指标 M\* / M = 1 + 1 / K,当 M\* / M = 1 时,为随机分布,M\* / M < 1 时为均匀分布,M\* / M > 1 时,为聚集分布。

表 1 种群空间格局类型及聚集强度指数测定结果

种群名称	格局类型	K	C	I <sub>δ</sub>	Cassie	I	M* / M
春 榆	①	0.3025	1.9229	4.3458	3.3058	0.9229	4.3058
暴马丁香	①	0.6403	2.5227	2.5619	1.5617	1.5227	2.5617
色木槭	①②	1.2060	1.6323	1.8303	0.8292	0.6323	1.8292
茶条槭	①	0.0733	10.1478	14.6646	13.6365	9.1479	14.6365
红 松	①	0.4790	1.4871	3.1169	2.0878	0.4871	3.0878
春 榆*	①	0.2668	1.9840	4.7926	3.7480	0.9810	4.7480
色木槭*	①	0.9766	1.7125	2.2058	1.0240	0.7125	2.0240
红 松*	①②	0.3876	1.5991	3.6199	2.5803	0.5991	3.5803

注:群落名称中带\* 的为采伐后的树种;格局类型中①为负二项分布、②为奈曼分布。

上述分析表明,该红松阔叶林优势树种的空间分布属于聚集型分布,而且经过间伐后,种群的聚集强度更高。聚集型空间格局是种群生存于群落的特性之一,群落中各优势种群空间格局的聚集性是种群与其环境长期作用形成的特性,聚集也将有利于种群的世代延续。而通过间伐后使优势种群分布的聚集强度进一步增强,种群暴露于环境的相对表面积较小,能更好地改变微气候与微生物环境条件,可见采取适宜的采伐方式将更有利于优势种群的增长和存活,对群落自身功能的修复具有积极的意义。

3.2 林下更新对比分析

在生态学的群落演替理论中,将林分划分为更新层、演替层和主林层:更新层是指高度 $h < 0.33\text{ m}$ 的乔木层,演替层是指高度 $h > 0.33\text{ m}$ 、胸径 $d < 2.5\text{ cm}$ 的乔木层,主林层指胸径 $d > 2.5\text{ cm}$ 的乔木层。林下更新的研究是依据调查的原始资料,对群落中的建群种处于更新层和演替层的株数分别进行统计。并比较进行人工干预前后林下更新层和演替层的变化情况。结果列于表2中。

表 2 林下更新对比结果表							株
年份	项目	红松	春榆	色木槭	沙松	合计	
2000 年	演替层	11	19	21	5	46	
	更新层	18	12	26	4	60	
2004 年	演替层	12	28	30	5	75	
	更新层	96	55	127	34	312	
位于林窗中更新层株数		64	38	97	26	225	

参考文献:

- [ 1 ] 李建民, 谢菁, 等. 光皮桦天然林群落优势种群的种间联结性研究[ J ]. 应用生态学报, 2001, 12( 2 ): 168– 170.
- [ 2 ] 张家成, 陈力, 等. 演替顶级阶段森林群落优势树种分布的变动趋势研究[ J ]. 植物生态学报, 1999, 23( 3 ): 256– 268.
- [ 3 ] 何长高. 关于水土保持生态修复工程中几个问题的思考[ J ]. 中国水土保持科学, 2004, ( 3 ): 99– 102.

( 上接第 136 页)

对于较陡滑道道面, 先对滑道面进行整治, 然后铺设生态植被毯进行植被恢复; 对于较缓滑道面直接撒播混合草籽进行坡面防护, 鉴于滑道本身特点植物我们选在耐寒、耐旱的高羊茅和苇状羊茅混合草种不仅有利增加生态多样性而且还会更好的发挥水土保持功能。

3.2 废弃滑雪道区域

此区域存在由于挖、填造成的不稳定边坡, 岩石土体裸露、呈自然状态, 没有采取任何防护措施, 遇扰动或暴雨等条件, 就会发生坍塌、石块滑落等形式水土流失, 在此地段用装土编织袋沿坡脚砌护坡, 然后坡脚栽植爬山虎, 来防止挖填边坡垮塌; 在坡度小于 $25^{\circ}$ 废弃滑雪道道面, 沿等高线方向, 采取半填半挖方式, 里切外垫, 里低外高, 与水平夹角 $25^{\circ}$ 左右, 修筑台面宽 $0.5\text{ m}$ 反向水平阶, 两个反向水平阶间距为 $30\text{ m}$ , 然后道面采用穴状整地, 栽植乔、灌木恢复植被; 坡度大于 $25^{\circ}$ 的道面采用客土喷播进行植被恢复, 客土喷播前先将容易滑落、不稳定的岩石去掉, 使坡面平整以利于施工, 然后用专用喷射机将保水剂、粘合剂、有机肥、纤维、混合植物种等混合物均匀喷射到坡面, 最后加盖无纺布进行植被恢复。

3.3 其它区域

为了利用春季融雪水和其它季节降雨回灌地下水 and 植物养护用水, 在主滑道底端设计了排洪蓄水坑, 尺寸为长 $60\text{ m}$ 、宽 $20\text{ m}$ 、最大纵深 $1.5\text{ m}$ ; 为了疏导洪水下泄, 确保滑雪场附属建筑设施的安全, 在滑雪道底部排洪蓄水坑泄洪口和整个项目区的下游天然排洪沟之间的方砖路面, 下挖夯实底

通过表2可知, 林分在进行人工干预后, 林下更新能力得到大大的提高。而增加的更新层植株大部分出现在林窗中。这说明林窗中有适宜植株生长的温湿度, 有充足的阳光和良好的土壤条件, 这些条件促使林窗中更新层的快速形成, 对整个群落的演替起到促进和推动作用。进一步证明我们应用林窗更新理论进行生态修复的方法是正确的、合理的。

3.3 群落特征对比分析

将2000年群落的初始调查数据与进行生态修复3年后2004年的调查数据对比可知: 天然混交林进行生态修复后, 群落的空间分布的聚集型格局进一步加强, 间伐形成的林窗为林下更新提供了良好条件, 群落更新层植株数量明显增加。对比结果见表3:

表 3 进行人工促进生态修复前后森林群落特征对比表							
年份	郁闭度 / %	灌木总盖度 / %	草本总盖度 / %	土壤侵蚀量 ( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ )	病虫害株数	空间分布格局	林下更新 / ( 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ )
2000	78	30	76	524	23	聚集	60
2004	73	41	95	167	1	更为聚集	312

由表3的对比结果可知: 进行生态修复后, 林分内灌木和草本总盖度明显提高, 林分中病虫害植株数量大大减少, 林地土壤侵蚀量明显下降, 林下更新层植株数量显著提高。此外, 林分的微气候、微生物环境、生物多样性和景观格局都得到全面的改善。促进群落向顶级演替方向发展, 同时也使群落的水土保持功能增强, 在短时间内达到治理水土流失的目的。

部垫土后, 再铺上生态砖, 改造成一宽 $8\text{ m}$ 、高差 $0.5\text{ m}$ 的导流凹面, 以便洪水从排洪蓄水坑泄洪口流下时沿此导流凹面到达下游天然排洪沟; 在疏浚天然排洪沟道的同时, 对沟道边坡进行护砌, 材料选用混凝土方砖; 对项目建设过程中植被严重破坏的区域通过移植当地荆条和撒播混合草种相结合的方式美化滑雪场环境。

4 结 论

滑雪场建设过程中发生水土流失主要体现在项目区植被破坏、滑道安全、融雪期融雪水对下游安全的影响等, 为了减少项目建设过程中水土流失的发生, 恢复因项目建设而破坏的植被营造安全、舒适、舒心地旅游环境, 遵循以下几点对滑雪场建设过程中产生的水土流失进行防治: ①滑雪场的建设应该科学合理规划, 谨慎建设, 避免造成不可挽救的生态破坏和水土流失灾害。②滑道面选择耐寒、耐旱、耐践踏的混合草种进行植被恢复, 避免春季出现雪融见黄土、刮风飞黄沙、雨后见泥沙的景象; ③开挖坡体处考虑到滑道安全和滑雪场整体美观采用工程和生物措施结合的方式来方式水土流失的发生; ④做好滑雪道面非运营季节雨水的截( 截水沟)、汇( 汇水沟)、排( 排水沟)、蓄( 蓄水池) 及融雪期对融雪水的收集工作。充分利用项目区内天然降雨及融雪水, 用于区内植被的浇灌, 减少对地下水的利用; ⑤为了更好的减少和防止水土流失的发生在可绿化区域尽量采取植被恢复; 材料尽量做到就近取材减少水土流失治理成本。