

川西亚高山森林恢复的空间格局分析*

张远东 刘世荣** 赵常明

(中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

【摘要】 以米亚罗林区为例, 利用森林样地调查和遥感影像解译方法, 通过森林植被图与数字地形的叠加, 分析了川西亚高山森林大规模采伐和更新后, 主要森林植被类型外貌与起源之间的联系, 以及各类型分布的地形分异规律和空间格局。结果表明, 大规模采伐和更新后, 森林植被类型的外貌与起源相关, 老龄针叶林为保留下来的原始林, 中幼龄针叶林为人工林, 落叶阔叶林为天然次生林, 而针阔混交林中既有天然次生的成分, 也有人工、天然更新共同作用的成分。海拔 2 800~3 600 m 是米亚罗的主要伐区, 森林恢复表现出坡向分异: 人工更新的中幼龄针叶林主要分布于阳坡、半阳坡; 落叶阔叶林和针阔混交林受天然更新的影响, 主要分布于阴坡、半阴坡。老龄针叶林主要保留在海拔 3 600 m 以上。恢复过程中各种森林植被类型镶嵌分布, 景观破碎化严重。

关键词 亚高山森林 空间格局 恢复 地形 更新

文章编号 1001-9332(2005)09-1706-05 **中图分类号** S718.5 **文献标识码** A

Spatial pattern of sub-alpine forest restoration in west Sichuan. ZHANG Yuandong, LIU Shirong, ZHAO Changming (Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(9): 1706~1710.

West Sichuan sub-alpine is an extension of Qinghai-Tibet Plateau to southeast China, which is covered mainly with dark coniferous forest. As a result of long-term large scale over-logging, the forests have been greatly reduced and degraded. Nowadays, the forest restoration and regeneration in the region are being highlighted. Selecting Miyaluo as a case study area and employing the methods of plot investigation, ETM image interpretation, and overlaying vegetation map with digital topography, this paper analyzed the relations between the appearance and origin of four forest vegetation types, along with their topography differentiation and spatial patterns after a large scale logging and regeneration. The results showed that the appearance of forest vegetations was significantly correlated with their origin. Old coniferous forests (OC) were primitive ones, middle-aged and young coniferous forests (MYC) were from artificial regeneration, deciduous broadleaf forests (DB) were natural secondary ones, while mixed coniferous and deciduous forests (MCD) were partly from natural secondary ones and others from the conjunct action of artificial and natural regeneration. The main cut area in Miyaluo located in the sites with elevation from 2 800 to 3 600 m, where forest restoration appeared difference among different aspects. MYC was mainly distributed on sunny and half-sunny slope, DB and MCD were distributed on shady and half-shady slope, and OC were reserved on the sites with elevation more than 3 600 m. In the process of forest restoration, the four forest vegetation types were in mosaic pattern, and the landscape was seriously fragmented.

Key words Sub-alpine forest, Spatial pattern, Restoration, Topography, Regeneration.

1 引言

川西亚高山林区地处我国青藏高原东缘, 地形复杂, 新构造运动活跃, 岩体松散, 地震频繁, 是一个生态环境非常脆弱的地区。川西亚高山暗针叶林是该区主要的森林类型, 集中分布于金沙江、雅砻江、岷江和大渡河等流域及其支流, 是我国西南高山林区水源涵养林的重要组成部分。20 世纪中叶以来, 随着川西亚高山森林的大规模开发利用, 以冷杉 (*Abies* spp.) 为主要优势树种的原始暗针叶林被大面积采伐, 随后进行了以云杉 (*Picea* spp.) 为主的人工更新^[11]。同时, 桦木 (*Betula* spp.) 等阔叶先锋树种的天然更新也普遍而大量地发生^[16]; 在留有母树, 且又能结实的局部地段, 冷、云杉等原生针叶树种的天然更新也在进行^[14]。1998 年, 天然林资源保

护工程正式启动, 川西森林全面禁伐封育。在经历大规模采伐、人工更新及实施封育后, 不同林龄的人工林、天然次生林以及人工、天然更新共同作用形成的林分镶嵌分布, 川西亚高山森林处于大规模的恢复之中。

在山地生态研究中, 海拔、坡度和坡向是衡量地形分异的 3 个主要特征, 也是决定植被生境其他要素分异 (如土壤、小气候和水文等) 的主导环境因子^[6,8]。根据地形差异揭示植被空间分布规律, 了解自然和人为因素影响是植被生态学研究的一个重点

* 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB111504)、国家“十五”科技攻关项目 (2001BA510B06)、国家林业局 948 项目 (2001-14) 和中国博士后科学基金资助项目 (20040350374)。

** 通讯联系人。E-mail: Liusr@forestry.ac.cn
2005-04-08 收稿, 2005-06-01 接受。

领域^[2,12].从已有的研究看,大多数相关研究均采用传统的样地、样线或样带调查方法,获得点状或局部地段群落的类型、结构和生境参数,利用传统统计方法得出群落分异的模糊综合影响因子系列,进而建立起相关分异规律与地形分异之间的定性或半定量关系(以传统的排序方法最具代表性)^[1,9].这种研究方法有时无法避免采样布点的主观性或因设点困难造成的偏差,也难以定量地反映地形分异对植被分布的影响和进一步总结规律性.随着计算机和微电子技术的迅猛发展,“3S”技术目前已广泛应用到植被研究的众多领域,成为空间上定量研究植被与环境关系的新兴手段^[7].

本文以米亚罗林区为例,通过野外调查确定森林外貌和起源之间的关系,使用监督分类方法进行遥感植被制图,并与 DEM 数据进行空间叠加,分析了川西亚高山森林恢复的地形分异规律和景观格局,对于该区域森林恢复、重建以及可持续经营具有重要意义.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区概况

米亚罗林区位于我国四川省理县境内(31°24′~31°55′N,102°35′~103°4′E),面积 $15.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$.该区位于青藏高原东缘褶皱带最外缘部分,海拔在 2 200~5 500 m 之间,具有典型的高山峡谷地貌.气候受着高原地形的决定性影响,属冬寒夏凉的高山气候.以海拔 2 760 m 的米亚罗镇为例,全年降水量 700~1 000 mm,年蒸发量 1 000~1 900 mm,1 月均温 -8℃,7 月均温 12.6℃,≥10℃ 的年积温为 1 200~1 400℃.

米亚罗林区植被垂直带明显,其类型和生境随海拔及坡向而分异^[4,5].原生森林分布于海拔 2 400~4 200 m 之间,以亚高山暗针叶林为主,主要优势树种为岷江冷杉(*Abies faxoniana*).该区森林由四川省阿坝州川西林业局经营与管理,1953~1978 年间进行过大规模采伐,之后可采资源趋于枯竭,年采伐量逐渐减少,至 1998 年停采封育.采伐迹地初期多形成悬钩子(*Rubus* spp.)或箭竹(*Sinarundinaria*

nitida)灌丛.1955 年以后,采伐迹地上陆续开展了以粗枝云杉(*Picea asperata*)为主的人工更新.同时,迹地上以桦木为主的次生阔叶树种的天然更新也普遍发生.米亚罗林区的森林及其经营史对整个川西亚高山林区都具有代表性.

米亚罗森林带的地形本底如图 1 所示,随海拔升高各区间所占面积逐渐增大,海拔 2 800 m 以下的区域仅占整个森林带面积的 6.2%;各坡向所占面积比例差别不大,仅平地面积较少;平均坡度 27.2°,20°~40° 的坡地占整个森林带的 68.3%.海拔、坡向及坡度本底充分体现了高山峡谷区的地形特点.

2.2 研究方法

2.2.1 植被制图与森林样地调查 对米亚罗林区进行植被线路调查,设定了 130 个地面参照点.使用 1999 年 9 月 20 日的 ETM 影像,采用监督分类方法,编制米亚罗林区植被分布图.共确定 9 种不同的植被类型:老龄针叶林、中幼龄针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、灌丛、草甸、农田、裸岩和冰雪覆盖区域(包括云影区),前 4 种为森林植被类型.

根据高山峡谷区森林采伐和经营以集水区为单元的特点^[13],对米亚罗甘沟(20 世纪 50 年代中期采伐)、上磨子沟(20 世纪 50 年代中期采伐)、下磨子沟(20 世纪 50 年代中期采伐)、大板召猛古沟(20 世纪 50 年代中期采伐)、大郎坝 31 沟(20 世纪 60 年代采伐)、大树沟(20 世纪 60 年代采伐)、山足坝背沟(20 世纪 70 年代采伐)、夹壁沟(1976~1988 年采伐)8 个集水区的森林进行了线路调查,在各集水区不同海拔段(2 950~3 050 m,3 150~3 250 m,3 400~3 600 m)和坡向(阳坡、半阳坡、阴坡、半阴坡)设置了 86 个 20 m×20 m 森林样地进行群落调查,并记录了海拔、坡向、坡度、土壤类型等环境因子.

据川西林业局营林处资料记载,上述集水区采伐后全部迹地均人工更新过云杉(夹壁沟人工更新有小面积的本落叶松(*Larix kaempferi*)),但只有山足坝背沟、夹壁沟和 282 对坡进行了连续 5~8 年的幼林抚育,其中山足坝背沟部分林地作为人工更新示范林至今仍然每 2~3 年砍除杂灌一次,其余集水区人工更新初期就停止了幼林抚育,具体抚育年限不详.

2.2.2 森林植被类型分布的地形格局 利用研究区 1:10 万数字化地形图生成 DEM 模型,建立海拔、坡度、坡向分异分析模板.海拔 2 400~4 200 m,每 200 m 一个间隔,共 9 个区间.坡向分阳坡、半阳坡、半阴坡、阴坡和平地(坡度小于 8°区

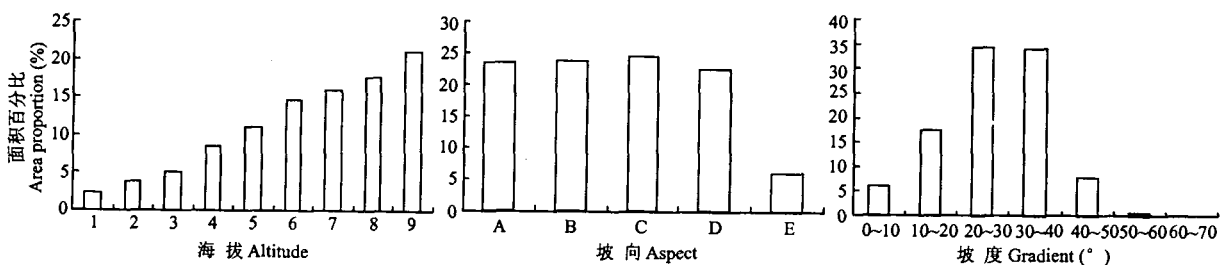


图 1 米亚罗森林带(海拔 2 400~4 200 m)的地形本底

Fig. 1 Topographic characteristic of forest belt(2 400~4 200 m), Miyalu.

1) 2 400~2 600 m, 2) 2 600~2 800 m, 3) 2 800~3 000 m, 4) 3 000~3 200 m, 5) 3 200~3 400 m, 6) 3 400~3 600 m; 7) 3 600~3 800 m, 8) 3 800~4 000 m, 9) 4 000~4 200 m; A: 阳坡 Sunny, B: 半阳坡 Half-sunny, C: 半阴坡 Half-syady, D: 阴坡 Shady, E: 平地 Flat. 下同 The same below.

域).坡度 0~60°之间每 10°一个区段,60°~85°作为一个区段,共 7 个区间,在森林带内将海拔、坡度、坡向分异模板与植被图进行叠加,计算出不同森林植被类型在海拔、坡向、坡度各区间上的分布比例,分析其地形分异规律.计算公式(以海拔为例):某一森林植被类型在某一海拔区间上的分布比例=(该类型在该海拔区间上的面积/该类型总面积)×100%.

2.2.3 森林植被类型分布的景观格局 选择海拔在 2 800~5 000 m 之间的猛古沟,分析森林植被类型分布的景观格局.该沟东西走向长 13 km,南北宽 9 km,流域面积 87 km²,采伐时间为 1954~1956,1958~1961 年曾经复采,全部迹地上 1956~1958 年,1962~1963 年人工更新了粗枝云杉(*Picea asperata*),抚育 2 年后停止,之后封山育林至今.

3 结果与分析

3.1 森林类型及其起源

由表 1 可见,米亚罗森林采伐前以成、过熟暗针叶林为主,优势树种主要为岷江冷杉,自然条件下主要依靠林窗更新维持森林的稳定性^[4,11].森林采伐后迹地人工更新以粗枝云杉为主,另有少量的日本落叶松.米亚罗林区原有小块状天然粗枝云杉林,分布于阳坡、半阳坡,但都被采伐利用展期,仅在山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、高山栎(*Quercus aquif olioides*)、高山松(*Pinus densata*)等阳坡森林中还保存有自然散生的个体^[15].根据米亚罗林区采伐和更新资料:现今的粗枝云杉林龄均在 15~50 年之间,全部来自于人工更新;散生于阴坡次

生林中的粗枝云杉个体,年龄也都在 50 年以下,为早期人工更新保留下来的个体,在天然更新的共同作用下形成针阔混交林;日本落叶松为外来种,其林分来自人工更新;岷江冷杉、紫果云杉(*Picea purpurea*)、铁杉(*Tsuga chinensis*)、红杉(*Larix potaninii*)等针叶树种和桦、槭(*Acer* spp.)、杨(*Populus* spp.)等阔叶树种均为天然更新.米亚罗林区大规模采伐和人工更新开始于 20 世纪 50 年代,通过林分年龄和树种组成可以确定,老龄针叶林为原始林,中幼龄针叶林为人工林,落叶阔叶林为天然次生林,而针阔混交林中既有天然次生的林分,也有人工、天然更新共同作用的林分(表 1).

3.2 森林植被类型的地形格局

由图 2 可以看出,不同森林植被类型在海拔和坡向上分异显著,而在坡度上分异不显著.老龄针叶林主要分布于海拔 3 600~4 000 m,中幼龄针叶林主要分布于海拔 2 800~3 600 m 的阳坡、半阳坡,而落叶阔叶林和针阔混交林则主要分布于海拔 2 800~3 600 m 的阴坡、半阴坡.

老龄针叶林目前主要保留于较高海拔,与 20 世纪川西亚高山林区的采伐方式有关.在海拔 3 600~4 200 m 的区域,阴坡主要为杜鹃冷杉林和杜鹃(*Rhododendron* spp.)灌丛,阳坡主要为高山草甸和紫果云杉疏林^[5].这里的森林由于海拔过高,林木生长慢、材质差、腐朽重、土层薄、防护性强,通常作

表 1 米亚罗林区目前的森林类型及其起源
Table 1 Forest types and their origin in Miyao

森林植被类型 Vegetation types	主要森林类型及林龄 Main forest types & stand age(yr)	面积较少的林型及林龄 Minor forest types & stand age(yr)	采伐与更新状况 Cutting & regeneration situation	起源 Origin
老龄针叶林 Old coniferous forest	岷江冷杉林 <i>Abies faxoni-ana</i> forest(140~200);紫果云杉-岷江冷杉林 <i>Picea purpurea</i> , <i>A. faxoni-ana</i> forest(120~270)	高山松林 <i>Pinus densata</i> forest(60~100);红杉林 <i>Larix potaninii</i> forest(170~270)	未进行采伐和人工更新 No cutting & artificial regeneration	原始林 Primitive forest
中幼龄针叶林 Middle-aged and young coniferous forest	粗枝云杉林 <i>Picea asperata</i> forest(10~50)	日本落叶松林 <i>Larix kaempferi</i> forest(20~30)	采伐,人工更新过云杉和日本落叶松 Cutted & regenerated artificially with <i>P. asperata</i> and <i>L. kaempferi</i>	人工林 Plantation
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	桦木林 <i>Betula</i> spp. forest(15~50),山杨桦木林 <i>Populus davidiana</i> , <i>Betula</i> spp. forest(10~50)		采伐,人工更新过云杉 Cutted & regenerated artificially with <i>P. asperata</i>	天然次生林 Natural secondary forest
针阔混交林 Mixed forest of coniferous with broad-leaved	桦木、岷江冷杉林 <i>Betula</i> spp., <i>A. faxoni-ana</i> forest(15~50);桦木、岷江冷杉、粗枝云杉林 <i>Betula</i> spp., <i>A. faxoni-ana</i> , <i>P. asperata</i> forest(15~50);桦木、粗枝云杉林 <i>Betula</i> spp., <i>P. asperata</i> forest(15~50)	槭树、桦木、铁杉林 <i>Acer</i> spp., <i>Betula</i> spp., <i>Tsuga chinensis</i> forest(15~50);槭树、桦木、粗枝云杉、铁杉林 <i>Acer</i> spp., <i>Betula</i> spp., <i>P. asperata</i> , <i>Tsuga chinensis</i> forest(15~50)	采伐,人工更新过云杉 Cutted & regenerated artificially with <i>P. asperata</i>	天然次生林或人工、天然更新共同作用形成的林分 Natural secondary forest or ones from both natural and artificial regeneration

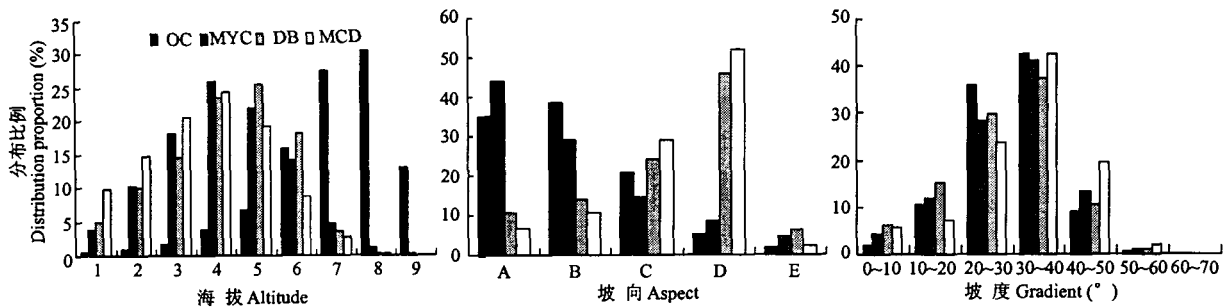


图2 米亚罗4种森林植被类型在海拔、坡向和坡度上的分布比例

Fig.2 Distribution proportion of four forest vegetation types in altitude, aspect and slope.

OC:老龄针叶林 Old coniferous forest;MYC:中幼龄针叶林 Middle-aged & young coniferous forest;DB:落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest;MCD:针阔混交林 Mixed forest with coniferous & deciduous;SH:灌丛 Shrub;GR:草甸 Grassland. 下同 The same below.

为防护林保留下来。在米亚罗林区,海拔2 800 m以下的森林多位于主沟两侧,所占比例小,早期破坏重,余下的多作为护岸林保留下来^[13]。而在开阔沟谷的阳坡中上部,多为大面积原生的高山栎(*Quercus semicarpifolia*)灌丛所覆盖。海拔2 800~3 600 m的阴坡、半阴坡、半阳坡以及阳坡中下部是米亚罗的主要伐区,其中阴坡、半阴坡是冷杉林的集中分布区,而半阳坡、阳坡中下部则是紫果云杉岷江冷杉林、高山松林、铁杉林的分布区。采伐后迹地人工更新主要为单一树种粗枝云杉。在大规模采伐与更新的20世纪50~70年代,尽管大部分迹地陆续进行了人工更新,但由于更新没有跟上采伐,幼林抚育质量差,一般仅更新当年和次年抚育,远未达到抚育规程要求的6~8年,多数迹地人工更新后就在自然演替的轨道上发展,以桦木为主的阔叶先锋树种的更新普遍而大量地发生,迹地恢复过程中发生坡向上的分异。在阴坡、半阴坡,次生阔叶林和针阔混交林普遍发生;而人工更新的云杉林多在阳坡、半阳坡最终保留下来,形成中幼龄针叶林。

3.3 森林植被类型的景观格局

由图3可以看出,老龄针叶林主要保留在海拔3 600 m以上。该区域同时分布有大面积的灌丛与草甸。海拔2 800~3 600 m,主要为中幼龄针叶林、落叶阔叶林和针阔混交林镶嵌分布,景观破碎化严重。由于不同外貌的森林起源不同,原始林、人工林、天然次生林以及人工、天然更新共同作用的林分也镶嵌分布,形成了米亚罗森林目前的恢复格局。

4 讨 论

川西亚高山森林在20世纪下半叶经过40余年的采伐利用后,整个森林景观都发生了巨变。在外貌上,原始暗针叶林变为落叶阔叶林、针阔混交林、中幼龄针叶林和残留的老龄针叶林镶嵌分布的格局。由于人工更新以云杉等针叶树种为主,而天然更新

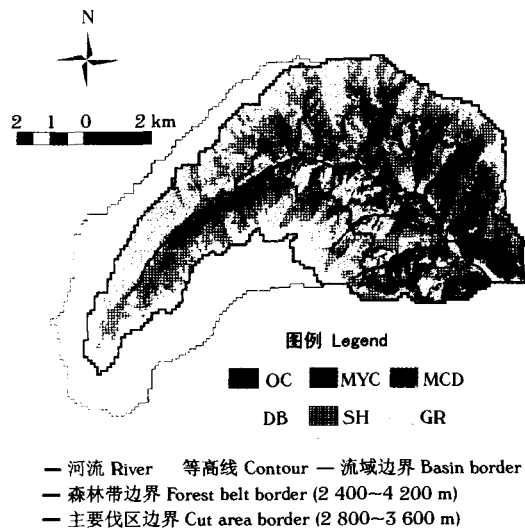


图3 米亚罗猛古沟4种森林类型的景观格局

Fig.3 Landscape pattern of four forest types in Menggu gully, Miya Luo.

则以桦木等阔叶树种为主,结合采伐与人工更新资料可以确定:老龄针叶林为保留下来的原始林,中幼龄针叶林为人工林,落叶阔叶林属天然次生林,而针阔混交林中既有天然次生林,也有人工、天然更新共同作用形成的林分。目前,米亚罗原始暗针叶林主要保留于海拔3 600 m以上;人工更新的中幼龄针叶林主要分布于海拔2 800~3 600 m的阳坡、半阳坡;而落叶阔叶林和针阔混交林则主要分布于海拔2 800~3 600 m的阴坡、半阴坡。米亚罗森林恢复过程中各种森林植被类型镶嵌分布,景观破碎化严重。

在川西高山峡谷区,选择较为喜光耐旱的云杉作为主要更新树种,是因为原始暗针叶林采伐后迹地光照条件改善,温度增高,湿度变小,日振幅大,反映在土壤层尤为明显,迹地生境总体趋于干旱;与冷杉相比,云杉材质优良,纹理通直,病腐率低,栽后成活率较高,生长较快^[1]。在米亚罗林区,主要更新树种为粗枝云杉,其较耐寒冷、喜光,在不同庇荫条件下的生长过程差异很大,全光下生长迅速,而庇荫、

半庇荫条件下生长不良^[11]。海拔 2 800~3 600 m 的阴坡、半阴坡是原始冷杉林的集中分布区,生境本以阴湿为特征,自然条件下以林窗更新为主,演替过程中伴生或派生灌木、乔木种类很多,包括箭竹、悬钩子、茶藨子(*Ribes* spp.)、花楸(*Sorbus* spp.)、野樱桃(*Prunus* spp.)、蔷薇(*Rosa* spp.)、红桦(*Betula albo-sinensis*)、糙皮桦(*Betula utilis*)等,采伐后以箭竹迹地、悬钩子迹地类型为主,杂灌生长繁茂,恢复快^[3],因而生境的旱化只是暂时的,人工更新后若抚育不能跟上,杂灌的侵入会引起更新幼苗的生长不良和死亡;人工更新云杉如要成功,则需长期的连年抚育。米亚罗森林采伐后虽然普遍进行了云杉的人工更新,但在大规模采伐和更新的 20 世纪 50~70 年代,抚育面积和质量普遍没有跟上,杂灌与随后的桦木等次生阔叶树种大量更新、迅速生长形成上层林冠,最终导致人工更新的粗枝云杉在阴坡、半阴坡仅有少数个体保留下来。半阳坡、阳坡生境较适合云杉的生长,人工更新的粗枝云杉在竞争中不至处于劣势,一旦郁闭就能保留下来,形成人工林。这是森林恢复过程中坡向分异的主要成因。另一方面,森工企业只对长势较好的人工更新林分加强早期抚育以形成示范林的做法,也使得半阳坡、阳坡更新林分在关键的成林初期得到更多管理,这可能是促成坡向分异的一个潜在人为因子。由此可见,米亚罗森林的恢复主要受森林经营和天然更新的共同作用,其恢复格局则是人为分异和自然分异同时作用下的产物。

在米亚罗林区,人工针叶林目前已发生严重的林木分化,如不进行抚育间伐,部分弱势木会被淘汰,而优势木则保留下来。落叶阔叶林和针阔混交林则是暗针叶林自然演替的前期阶段,其将向顶级群落自然演替^[10]。由于针叶树种源的普遍存在,从长期来看,如果没有大规模的干扰,米亚罗森林将会逐渐向暗针叶林恢复。

参考文献

- 1 Brosofske KD, Chen J, Crow TR. 1999. Vegetation response to landscape structure at multiple scales across a northern Wisconsin, USA, pine barrens landscape. *Plant Ecol*, 143:203~218
- 2 Carmel Y, Kadmon R. 1999. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. *Plant Ecol*, 145:243~254
- 3 Forest Research Institute of Sichuan Province(四川省林业科学研究所). 1984. The change of ecological conditions on the cutting areas in the west subalpine area of Sichuan province. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 20(2):132~138(in Chinese)
- 4 Jiang Y-X(蒋有绪). 1963. Community characteristic and classification principle of sub-alpine dark coniferous forest in west Sichuan. *Acta Phytocol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学丛刊), 1:42~50(in Chinese)
- 5 Jiang Y-X(蒋有绪). 1963. The primary study on habitat type of alpine forest in Miyaluo and Markang, west Sichuan. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 8(4):321~335(in Chinese)
- 6 Miller JR, Joyce LA, Knight RL. 1996. Forest roads and landscape structure in the Southern Rocky mountains. *Landscape Ecol*, 11:115~127
- 7 Niu J-M(牛建明), Hu H(呼和). 2000. The review of study on relationship between vegetation and environments in China. *Acta Neimongolia Univ* (Nat Sci)(内蒙古大学学报·自然科学版), 31(1):76~80(in Chinese)
- 8 Pearson SM, Turner MG, Drake JB. 1999. Landscape change and habitat availability in the Appalachian Highlands and Olympic Peninsula. *Ecol Appl*, 9:1288~1304
- 9 Shen Z-H(沈泽昊), Zhang X-S(张新时). 2000. The spatial pattern and topographical interpretation of the forest vegetation at Daolaoling region in the three Gorges. *Acta Bot Sin* (植物学报), 42(10):1089~1095(in Chinese)
- 10 Shi L-X(史立新), Wang J-X(王金锡), Xu Y-M(宿以明), et al. 1988. The early succession process of vegetation at cut-over area of dark coniferous forest in Miyaluo, west Sichuan. *Acta Phytocol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), 12(4):306~313(in Chinese)
- 11 The Editotal Board of Forests in Sichuan(四川森林编辑委员会). 1992. Forests in Sichuan. Beijing: China Forestry Press. 195, 298, 368(in Chinese)
- 12 Urban DL, Miller C, Halpin PN. 2000. Forest gradient response in Sierran landscapes: The physical template. *Landscape Ecol*, 15:603~620
- 13 Yang Y-P(杨玉坡). 1979. The discussion about the style of cutting of sub-alpine forest in west Sichuan. In: Sichuan Institute of Forestry Science. Collected Papers of Research Materials of Alpine Forestry in Sichuan. Volume II. 11~25(in Chinese)
- 14 Yang Y-P(杨玉坡). 1979. The discussion of natural regeneration of cutting area in Miyaluo, west Sichuan. In: Sichuan Institute of Forestry Science. Collected Papers of Research Materials of Alpine Forestry in Sichuan. Volume II. 114~122(in Chinese)
- 15 Zhou D-Z(周德彰), Liang H-C(梁罕超), Han Y(韩英). 1990. The primary study on seed regionalization of *Picea asperata*. In: Li C-B(李承彪), eds. Ecological Research of Sichuan Forest. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press. 87~99(in Chinese)
- 16 Zhou D-Z(周德彰), Yang Y-P(杨玉坡). 1980. The primary study on regeneration characteristics of birch of sub-alpine forest region in west Sichuan. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 16(2):154~156(in Chinese)

作者简介 张远东,男,1973年生,博士,副研究员。主要从事森林生态系统经营管理和景观生态学研究,发表论文 25 篇。Tel:010-62889534;E-mail:zyd@forestry.ac.cn