

阔叶混交林群落结构及

Community structure and selective cutting management

择伐经营策略

strategy for broadleaf mixed forest

郝清玉 著

中国林业出版社

阔叶混交林群落结构及 择伐经营策略

郝清玉 著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

阔叶混交林群落结构及择伐经营策略 / 郝清玉著. —北京: 中国林业出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5038-6141-3

I. ①阔… II. ①郝… III. ①阔叶林: 混交林—森林群落—种群结构②阔叶林: 混交林—经营择伐 IV. ①S718.54②S752.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 060340 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京市西城区刘海胡同 7 号)

网址 <http://lycb.forestry.gov.cn>

E-mail forestbook@163.com 电话 010-83228427

发行 中国林业出版社

印刷 北京北林印刷厂

版次 2011 年 3 月第 1 版

印次 2011 年 3 月第 1 次

开本 880mm × 1230mm 1/32

印张 5.5

字数 170 千字

印数 1~1000 册

定价 45.00 元

前 言

长白山阔叶混交林是指针叶树不足 10% 的混交林，俗称“杂木林”。它是由红白松阔叶混交林经多次重复采伐或遭受破坏后，由于过度砍伐珍贵的针叶树（尤其红松）及掠夺式收获红松种子，致使针叶树逐渐减少，甚至从群落中消失而形成的。阔叶混交林群落结构复杂，通常可划分为草本层、灌木层、幼苗和幼树更新层、亚乔木层、乔木层（1，2，3）等 5~8 个层次；树种丰富，常见的乔木树种有：水曲柳、花曲柳、核桃楸、黄檗、紫椴、糠椴、蒙古栎、榆树、槭树、枫桦、白桦、杨树、山槐等。其中，核桃楸、黄檗、水曲柳、山槐等属于第三纪的残遗种。另外，林下灌草层及层外植物也十分丰富。目前，阔叶混交林的比例越来越高，对长白山林区的水土保持，物种多样性保护，木材生产等起着十分重要的作用，因此被列入国家“天然林资源保护工程”项目，实施禁伐或封山育林保护。然而，封山育林保护是暂时的，不是永久的，一旦森林恢复到成熟状态，择伐经营还会继续。

择伐是在异龄林中单株采伐部分成熟的林木，保留尚未成熟的林木，使其继续在林地生长发育，从而完成自然更新演替的过程。择伐是在异龄林中广泛采用的一种采伐经营方式。合理的择伐是异龄林最佳的经营方式，可促进森林的更新与演替，最大限度保护生态环境，并能有效利用森林资源。人类对森林择伐的研究大体经历了三个阶段，即从森林更新的角度来研究择伐；从经济学的观点来研究择伐；从森林生态学、生物多样性、景观多样性角度来研究择伐。阔叶混交林群落结构十分复杂，因此择伐经营的可操作性仍面临许多技术难题。择伐涉及的领域非常广泛，包括森林生态学、植

物学、森林经理学、测树学、造林学、森林采伐学、经济学、优化控制论、3S 技术和计算机等学科。

我国对阔叶混交林群落结构动态演替及异龄林择伐研究起步较晚,且研究还不够系统、全面和深入。专门研究择伐方式的长期观测基地也很少,更缺乏这方面的著作。本书旨在以红石林业局为例,系统阐述长白山林区择伐约 30 年对阔叶林群落结构产生的影响及其动态演替规律,论述择伐策略的含义,理论方法及案例应用。本书力求突出系统性、新颖性和实用性。

全书共分 5 章:第 1 章,阔叶混交林群落结构及其动态演替,主要阐述阔叶混交林群落组成、数量特征、径级分布、结构特征及物种演替的动态变化;第 2 章,森林择伐研究综述,主要介绍择伐的基本理论,择伐方式的种类及历史沿革,择伐技术指标等;第 3 章,阔叶混交林择伐策略,重点论述择伐优化策略的含义,异龄林生长模型、采伐损伤模型、生产成本模型和择伐优化模型的建立,优化策略程序编制,优化模型应用等;第 4 章,应伐木确定,重点分析择伐应伐木确定存在的问题并介绍确定应伐木的一种新方法;第 5 章,择伐林窗的研究,主要论述阔叶混交林择伐林窗的更新效果,择伐恢复时间与更新物种多样性的关系等。

本书中使用了大量野外调查数据资料,这些资料的获取得了吉林省延边林业调查规划院、红石林业局设计公司等单位领导、同学及学生等的大力协助。本书编写和出版得到了海南师范大学校出版基金、生命科学学院省重点实验室、植物学重点学科以及国家自然科学基金(31060092)项目的资助和支持,在此一并表示最诚挚的谢意。其中,特别感谢李相钊、刘青山、林景峰等在数据调查和资料获取等方面给予的热情帮助和支持;感谢海南师范大学刘强教授对该著作出版给予的大力支持。

森林择伐是一个既古老又现代的研究课题,愿这部著作能起到“抛砖引玉”的作用,希望通过大家共同的努力,使我国的森林择伐

迈向一个新的高度。本书可供森林生态学、林学、保护生物学、植物学、森林工程学、生物多样性等学科领域的工作者，大专院校相关的师生及有关科研工作者参考。

由于作者学识和水平有限，本书难免有不足之处，恳请读者提出宝贵意见，以便今后逐步完善。

郝清玉
2010 年 11 月

目 录

第 1 章 阔叶混交林群落结构及其多样性	(1)
1.1 阔叶混交林群落结构	(1)
1.1.1 样地概况	(1)
1.1.2 长白山森林生态类型	(2)
1.1.3 阔叶混交林群落的树种组成、演替变化与群落 类型	(10)
1.1.4 阔叶混交林群落的径级结构、密度动态及数量 特征	(17)
1.1.5 进界更新、生长率与枯死率	(27)
1.1.6 乔木分布格局及其变化动态	(38)
1.2 阔叶混交林物种多样性	(45)
1.2.1 阔叶混交林多样性指数	(45)
1.2.2 物种丰富度的变化	(47)
1.2.3 种间联结	(47)
1.2.4 结论与讨论	(55)
第 2 章 森林择伐研究综述	(57)
2.1 择伐的基本理论	(58)
2.1.1 法正林	(59)
2.1.2 完全调整林	(59)
2.1.3 检查法育林择伐	(60)
2.1.4 平衡的择伐林结构	(61)
2.1.5 德利奥古三角形图法	(61)
2.2 森林择伐的类型及其演变过程	(61)
2.2.1 径级择伐	(62)

2.2.2	采育兼顾伐	(62)
2.2.3	采育择伐	(64)
2.2.4	择 伐	(65)
2.2.5	大面积、低强度经营择伐	(65)
2.2.6	经营择伐	(65)
2.2.7	其他各种择伐方式	(66)
2.2.8	国外一些择伐方式	(67)
2.3	采伐强度与回归年	(68)
2.3.1	采伐强度和回归年确定的理论方法	(69)
2.3.2	择伐强度对保留木的影响	(70)
2.3.3	择伐强度对更新的影响	(73)
2.4	择伐林应伐木的确定	(74)
2.4.1	应伐木径级的确定	(74)
2.4.2	确定应伐木的方法	(75)
2.5	择伐林的生长数学模型	(75)
第3章	阔叶混交林择伐策略	(78)
3.1	最优择伐策略	(78)
3.1.1	择伐策略含义	(78)
3.1.2	最优择伐策略的含义	(78)
3.1.3	最优择伐的评定标准	(79)
3.2	最优择伐策略的影响因子	(80)
3.2.1	主伐森林资源	(80)
3.2.2	立木林价	(86)
3.2.3	利 率	(87)
3.2.4	单株材积的计算方法	(87)
3.2.5	林分生长	(88)
3.2.6	择伐作业对保留木造成的损伤	(112)
3.2.7	生产成本	(117)
3.3	择伐优化模型	(119)
3.3.1	择伐优化模型的建立	(119)
3.3.2	优化模型的程序编制	(120)

3.4	优化模型的应用	(124)
3.4.1	模拟林分的选择及其资源状况	(124)
3.4.2	择伐优化模拟结果与分析	(125)
3.5	敏感性分析	(128)
3.5.1	不同采伐周期对净收益的影响	(128)
3.5.2	不同利率对优化策略的影响	(128)
3.5.3	集材距离对净收益的影响	(130)
3.5.4	不同资源状况及林分径级结构状态的择伐最优策略	(132)
3.6	结论与讨论	(133)
第4章	应伐木的确定	(136)
4.1	对我国现行择伐方式应伐木确定方法的分析	(136)
4.1.1	对择伐小班最大保留直径的分析	(137)
4.1.2	对皆伐小班资源状况的分析	(140)
4.2	一种确定应伐木的新方法	(142)
4.2.1	RBA 、 LDT 和 q 值的确定	(142)
4.2.2	根据最优采伐策略确定保留木	(143)
4.2.3	各组径级应伐木的确定	(143)
4.2.4	实际应伐木的标定	(145)
4.3	结论与讨论	(146)
第5章	林窗的研究	(148)
5.1	林窗尺寸	(148)
5.2	择伐作业产生的林窗对森林群落组成、结构的动态影响	(149)
5.2.1	调查地区自然概况	(149)
5.2.2	调查研究方法	(150)
5.2.3	进界更新和幼树更新的调查与分析	(150)
5.2.4	进界和幼树更新树种组成	(152)
5.2.5	进界更新与幼树更新树种多样性分析	(153)
5.3	结论与讨论	(154)
参考文献		(155)

第 1 章

阔叶混交林群落结构及其多样性

1.1 阔叶混交林群落结构

1.1.1 样地概况

研究地区位于长白山林区红石林业局境内,其地理标为:东经 $126^{\circ}57' \sim 127^{\circ}44'$, 北纬 $42^{\circ}34' \sim 43^{\circ}17'$ 。它位于长白山熔岩高原区边缘,主要以褶皱中山、低山为主,还有熔岩台地和丘陵地带。该地区属于黄泥岭和威虎岭主脉和支脉,海拔在 $250 \sim 1274.4\text{m}$ 之间。高海拔地区是以褶皱山为主的中山区,母质主要为花岗岩风化物,主要土壤类型为暗棕壤。低海拔区,地势平坦,以低山、丘陵为主,还存在台地和平顶山。母质除花岗岩风化物外,还有大片的片岩风化物。土壤除暗棕壤外,还集中分布白浆土和白浆暗棕壤。总之,暗棕壤土是该地区的地带性土壤类型,全区广泛存在,面积约占 86.7% 。该地区属海洋大陆性季风气候,主要特点是春季多风少雨,夏季温热多雨,秋季凉爽多晴,冬季干燥寒冷。年平均气温 3.4°C , 7 月份平均气温 21.7°C , 1 月平均气温 -18.0°C 。年积温为 2854°C , 初霜为 9 月 20 日,终霜为 5 月 15 日,无霜期约 125 天。年降水量为 881.1mm , 6 ~ 7 月份降水量为 613mm , 占全年降水量的 69.9% 。

为了对阔叶混交林群落的树种组成及其多样性进行分析,从长白山林区红石林业局管辖区设立的固定样地中,选取了设立最久,无乱砍滥伐的阔叶混交林样地共计 15 块,每块固定样地的面积为 0.0667hm^2 , 共计 1hm^2 。红石林业局自 1975 年开始设立固定样地,分别于 1980、1986、1994、1999 和 2003 年进行了复查,持续观测时间为 28 年。 1hm^2 的样地面积远超过了长白山阔叶红松林植物种类调查所需要的最小取样面积 480m^2 (Wang Qingchun et al, 2002), 因此,以 1hm^2 样地面积分析阔叶林群落组成及其演替规律应具有足够的可信度。

对样地内达到检尺径级的每一棵树木进行编号入账和每木检尺。每木检尺测定林木胸高直径,目的树种起测径级为 5.1cm,杂木树种起测径级分别为 8.1cm(1975 年规定)和 5.1cm(1986 年规定),并详细记录了进界生长、枯死、风倒、采伐和乱伐等情况。样地中规定记录的主要阔叶树种为榆树(*Ulmus pumila* L.)、枫桦(*Betula costata* Trautv.)、水曲柳(*Fraxinus mandschurica* Rupr.)、花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla* Hance)、核桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、黄波罗(黄檗, *Berberis dielsiana* Fedde)、椴树(包括糠椴, *Tilia mandshurica* Rmpr. et Maxim. 和紫椴, *Tilia amurensis* Rupr.)、色树(*Acer mono* Maxim.)、蒙古栎(*Quercus mongolica* Fischer ex Ledebour)、山槐(*Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.)等和非目的树种(统称为杂木),还伴有少量的红松(*Pinus koraiensis* Siebold et Zuccarini)、云杉(*Picea asperata* Mast.)、臭冷杉[*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.]、大青杨(*Populus ussuriensis* Kom.)、柳树(*Salix matsudana* Koidz.)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)等树种。

1.1.2 长白山森林生态类型

长白山区是中国东北东部山地的总称,其范围北至黑龙江省三江平原的南缘,西至松辽平原的东缘,南至辽东半岛南端,东至中俄边境,东部和南部至中朝边境。长白山地理坐标为东经 121°38′~131°19′,北纬 40°52′~46°18′,总土地面积为 9581118.96hm²,占吉林省土地总面积的 50.1%,其中,林地面积(中山、低山、丘陵)占区内总面积的 77.16%。长白山区因地形、地貌、母岩、母质以及气候、森林植被等自然因素的影响,使土壤分布与形成过程具有明显的地带性特征,呈现较为明显的土壤垂直带谱。其中,山地苔原土分布面积很少,仅见于长白山海拔 2100m 以上;山地生草森林土(山地疏林草甸土)分布于海拔 1800~2100m 的高度,因所处地势较高,常受强风侵袭,空气湿度大,温度低;棕色针叶林土系山地暗针叶林带中的主要土类,分布于海拔 1100~1800m 之间,是长白山垂直带上保存最好的森林地段,是以鱼鳞云杉、臭冷杉为优势构成多层异龄的各类云冷杉林;暗棕色森林土系温带湿润地区针阔叶混交林下发育的土壤,多分布在海拔 1100m 以下的不同坡度、坡向的山坡上和不同高度的河谷阶地上,排水较好;白浆土分布于海拔 700~900m 的熔岩台地上;此外,还有呈复区存在的非地

带性土壤,如沼泽土、草甸土等。长白山区年平均气温 $2\sim 6^{\circ}\text{C}$,且气温随纬度、高度的增加而递减,其递减率约为 $0.52\sim 0.56^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,其中红松阔叶混交林带的年平均气温 $2.2\sim 4.8^{\circ}\text{C}$,最热的7月平均气温 $19.8\sim 22.2^{\circ}\text{C}$;最冷的1月平均气温 $-13.8\sim -18.5^{\circ}\text{C}$;极端最高气温 $34.4\sim 36.7^{\circ}\text{C}$;极端最低气温 $-33.2\sim -42.6^{\circ}\text{C}$;年积温为 $2092\sim 2760^{\circ}\text{C}$ 。长白山区年降水量一般在 $600\sim 1000\text{mm}$,其中通化南部 $800\sim 1000\text{mm}$,长白山天池一带 1300mm 以上,为吉林省的多雨中心,延边盆地一般不足 600mm ,珲春等近海区超过 600mm (全哲洙,2002)。

长白山是我国东北第一高山,最高峰白云峰为海拔 2691m 。长白山降水量丰富,气候湿润,因此植物种类繁多,约有种子植物109科496属1274种,其中裸子植物为3科8属15种,被子植物为108科488属1259种,在被子植物中,有双子叶植物88科372属970种,单子叶植物18科116属289种,占东北地区植物区系的总科数的91.4%,属数的86.3%,种数的71.7%(曹伟等,2003)。长白山是中国北方植物种类最丰富的山区植物区系,植被垂直分布明显,植被类型多样性,是目前地球上为数不多的保存完整自然生态系统之一(吴刚等,2001)。1979年联合国教科文组织将长白山纳入了“国际人与生物圈计划”保护网,1986年被国务院批准为国家级自然保护区。长白山植物分布区属于中国植物分区中的泛北极植物区(吴征镒,1979),植物区系地理成分以温带性质为主,但具有寒带性质(傅沛云等,1954)。长白山地带性植被是以红松为主构成针阔叶混交林,常称为“阔叶红松混交林”,或“红松阔叶混交林”。红松阔叶混交林在树种组成与结构上非常丰富和复杂,针叶树种除红松外,还有沙松(*Abies holophylla* Maxim.)、臭松(*Abies holophylla* Maxim.)、鱼鳞松[*Picea jezoensis* Carr. var. *microsperma* (Lindl.) Cheng et L. K. Fu]、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)等,并且阔叶树种丰富,其中常见的乔木树种有:水曲柳、花曲柳、核桃楸、黄檗、紫椴、糠椴、蒙古栎、榆树、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、枫桦、白桦、杨树(*Populus koreana* Rehd.)、山槐等。其中,核桃楸、黄檗、水曲柳、山槐等属于第三纪的残遗种。在林下层有千金榆(*Carpinus cordata* Bl.)、花楷槭(*Acer ukurunduense* Trautv. et Mey.)、青楷槭(*Acer tegmentosum* Maxim.)、毛榛子(*Corylus mandshurica* Maxim.)、暴马子

(*Cortex Syringae* *Syringa amurensis* Rupr.)、刺五加[*Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms]、王八骨头(*Lonicera chrysantha* Turcz.)等。红松阔叶混交林在植被结构上也较为复杂,通常可划分5~8层,如:草本层、灌木层、幼苗和幼树更新层、亚乔木层、乔木层(1, 2, 3)等。另外,红松阔叶混交林中层外植物也十分丰富,如山葡萄(*Vitis amurensis* Rupr.)、软枣子[*Actinidia arguta* (Sieb. Et Zucc.) Planch.]、狗枣猕猴桃[*Actinidia kolomikta* (Maxim. et Rupr.) Maxim.]、葛枣猕猴桃[*Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Maxim.]、五味子[*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.]、木通(*Aristolochia manshuriensis* Kom)及红藤子(*Tripterygium regelii* Sprague et Takeda)等。红松阔叶混交林下常见的草本植物有木贼(*Equisetum hyemale* Linn.)、铁线蕨(*Adiantum pedatum* L. Sp.)、假冷蕨[*Pseudocystopteris spinulosa* (Maxim.) Ching]、宽叶苔草(*Carex siderosticta* Hance)、美汉草[*Meehanian urticifolia* (Miq.) Makino]等。地表常见的藓类植物有万年藓[*Climacium dendroides* (Hedw.) Web. et Mohr]、塔藓[*Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G.]、垂枝藓[*Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb.]等。

另外,长白山植被随着海拔高度的变化,植被垂直带谱非常典型,地带性植被类型可划分为山地冻原植被、岳桦稀矮林、岳桦云冷杉林、典型云冷杉林、红松云冷杉林、红松阔叶混交林和红白松阔叶混交林;非地带性植被类型可划分为亚高山型落叶松、低山型落叶松林、沼泽型落叶松林、长白松林、阔叶混交林、杨桦林和蒙古柞林(徐文铎等, 2004)。

1.1.2.1 山地冻原植被

长白山山地冻原植被分布在海拔2100m以上的高山带范围之内,这里气候恶劣,属于低温、多雨的高山性气候,年平均温度约在-5℃以下,夏季平均温度不超过10℃,甚至7月份在阴坡尚能见到积雪。年降水量在1700mm左右,多集中在7~8月份,一日内气候多变,空气湿度甚大,多半为浓雾迷漫。冬季降雪量很大,一般达1m以上。常年风力很大,频繁出现10级以上的风力。在这种生态条件下,生长在这里的植物主要为旱生形态的湿冷植物,主要为低矮草状灌木丛,如牛皮杜鹃(*Rhododendron aureum* Georgi)、小叶杜鹃(*Rhododendron parvifoli-*

um Adams.)、苞叶杜鹃 (*Rhododendron redowskianum* Maxim.)、笃斯越橘 (*Vaccinium uliginosum* Linn.)、圆叶柳 (*Salix rotundifolia* Trautv.)、宽叶仙女木 (*Dryas octopetala* Linn.)、松毛翠 (*Phyllodoce caerulea* Babington)、石蕊 (*Cladonia rangiferina* Web.)等(姚瑗, 1981)。在灌丛中常混生有密织的各种苔藓和地衣, 如长毛砂藓 [*Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid.]、砂藓 [*Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid.]、石蕊 (*Cladonia rangiferina* Web.)等似极地的植被类型。

1.1.2.2 岳桦稀矮林

岳桦稀矮林主要分布在海拔 1800 ~ 2100m 之间, 生长在长白山的北坡、南坡和西坡, 是长白山分布最高的森林类型之一, 也是森林的上限。岳桦稀矮林郁闭度较小, 在林线附近的林木较矮, 基部分叉形成散生状态, 少量呈矮曲林状, 平均高一般为 8 ~ 12m, 平均胸径为 20 ~ 30cm, 每公顷株数为 300 ~ 1000 株, 年龄为 130 ~ 160 年(王晓春等, 2002)。林分树种组成单一, 除岳桦 (*Betula ermanii* Cham.)外, 有时伴生少量花楸 [*Sorbus pohuashanensis* (Hance) Hedl.]。林下灌木稀少, 以牛皮杜鹃为主, 其次为毛毡杜鹃 (*Rhododendron confertissimum* Na-kai.)、松毛翠、笃斯越橘。草本层较发达, 种类极丰富, 总盖度在 90% 以上。

1.1.2.3 岳桦云冷杉林

岳桦云冷杉林在西侧分布海拔高度在 1600 ~ 1800m 之间, 北侧分布海拔高度在 1500 ~ 1700m 之间, 构成长白山暗针叶林上界。岳桦云冷杉林为复层异龄林, 岳桦为高大乔木树种, 平均高为 25 ~ 30m, 平均胸径为 25 ~ 36cm, 每公顷株数可达 600 株, 云冷杉占优势, 其平均胸径和平均高略低于岳桦, 但株数较多, 每公顷株数可达 1200 株, 占林分总株数的 60% 以上。下灌木一般较稀疏, 呈群团状分布, 主要由花楷槭、越橘 (*Vaccinium vitis-idaea* Linn.)、花楸、蓝靛果 (*Lonicera caerulea* Linn. var. *edulis* Turcz. ex Herd.)等组成。林下草本植物比较单一, 主要由舞鹤草、七七草、唢呐草、林奈草 (*Linnaea borealis* Linn.)等耐阴性矮小植物和一枝黄花 (*Solidago virgaurea* Linn.)、星叶兔儿伞 [*Parasenecio komarovianus* (Poljark.) Y. L. Chen]、类叶升麻 (*Actaea asiatica* Hara) 等阳性植物组成。

1.1.2.4 典型云冷杉林

典型云冷杉林主要由鱼鳞云杉、臭冷杉和少量的阔叶树种，如枫桦、簇毛槭(*Acer barbinerve* Maxim.)、青楷槭、花楷槭、花楸等组成。林分郁闭度和密度较大，郁闭度通常为0.6~0.8左右，平均每公顷株数为1230株，林内阴暗、潮湿、常绿，故又称“暗针叶林”(李文华等，1995)。林分组成随龄级不同而发生变化，在中、幼龄林阶段，臭冷杉比重较大，但随着林龄增加，达到40年之后，臭冷杉株数就逐渐减少，到中龄林阶段以后鱼鳞云杉相对增加，最后形成以鱼鳞云杉占优势的鱼鳞云杉和臭冷杉不同程度的混交林。

林下植被单一，唯藓类植物发达，其中垂枝泥炭藓(*Sphagnum jenseinii* Lindb. F.)、塔藓及树藓[*Pleuroziopsis ruthenica* (Weinm.) Kindb.]等为常见种，盖度较大，厚可达7~10cm。在树枝上常悬垂着大量的树毛、树挂等，在树干上附生着皮藓等，这些丰富的藓类植物构成了典型云冷杉林植被的典型特征。林下草本和灌木均不发达，偶见生长受抑制的花楷子、刺蔷薇(*Rosa acicularis* Lindl.)、紫花忍冬[*Lonicera maximowiczii* (Rupr.) Regel]等，不见藤本植物。草本植物呈点状分布，常见种类以矮小的耐阴植物为主，如林奈草、舞鹤草[*Maianthemum bifolium* (Linn.) F. W. Schmidt]、肾叶鹿蹄草(*Pyrola renifolia* Maxim.)及蕨类植物，如鳞毛羽节蕨[*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman]、广羽金星蕨[*Thelypteris phegopteris* (L.) Sloss.]等。

1.1.2.5 红松云冷杉林

红松云冷杉林分布于海拔1000~1300m之间。红松云冷杉林的典型特征是林木组成较单一，以鱼鳞云杉为优势种，一般占上层立木的30%~50%或更多，构成上林层的其余树种为红松、长白松、长白落叶松等。第二、三林层主要由臭冷杉和红皮云杉构成，密度较大，平均每公顷株数为90~100株，但平均胸径和树高较小，分别为12cm和11m，总的林分密度较大，蓄积量较高，分别为770株/hm²和455m³/hm²。

林下灌草植被由暗针叶林和红松阔叶混交林下的常见植被构成，主要有花楷子、青楷子、花楸、蓝靛果、马氏醋李(*Ribes maximowiczianum* Komarov)、黄花忍冬(*Lonicera chrysantha* Turcz.)等，并伴有少量的藤本植物，如狗枣子、五味子等。草本植物主要有林奈草、喷呐草、酢浆

草、舞鹤草、广羽金星蕨、木贼、尖齿蹄盖蕨(*Athyrium interjectum* Ching)、掌叶铁线蕨(*Adiantum pedatum* L. Sp.)、宽叶苔草(*Carex siderosticta* Hance)等。

1.1.2.6 红松阔叶混交林

红松阔叶混交林是长白山地区基本植被类型,分布广泛,分布海拔高度为700~1000m,树种组成以红松为主,并与多种阔叶树种混交。混交的阔叶树主要有水曲柳、核桃楸、黄波罗、椴树、蒙古栎、榆树、色木槭、枫桦、大青杨等,乔木层通常可划分为2~3林层,上层主要由红松和椴树构成,第2和第3个林层由其他树种构成。林分总蓄积量较大,一般为400~500m³/hm²。与红松混交的阔叶树种因山形地势、坡位、坡向的不同而不同,如:土壤肥沃、湿润的山麓、河流两岸平坦地或阴坡溪谷中,水曲柳、白皮榆、大青杨等阔叶树种明显增多,但在山脊或陡坡上部,由于土层瘠薄、干燥,多数阔叶树种无法适应,常形成蒙古栎红松林。

林下植被组成较繁杂,既有耐阴植物,又有阳生植物。灌木单生或丛生,在林窗或郁闭度较小之处生长旺盛,主要由较耐阴的毛榛子、刺五加、东北山梅花(*Philadelphus schrenkii* Rupr.)、东北茶子[*Ribes mandshuricum* (Maxim.) Kom.]等和一些较喜光的灌木,如疣枝卫矛(*Euonymus verrucosoides* Loes.)、小檗(*Berberis amurensis* Rupr.)等及云冷杉林下常见的青楷子、花楷子、马氏醋李、刺蔷薇等构成。

草本植物的分布随地形和土地的干湿程度的不同而不同,在排水良好的山坡,主要分布四花苔草[*Carex quadriflora* (Kukenth) Ohwi]、羊胡子苔草(*Carex callitrichos* V. Krecz)、白鳞蕨等,在局部低湿处还有成块分布的中华金腰(*Chrysosplenium sinicum* Maxim.),在郁闭度较大的林分中多分布着山茄子(*Brachybotrys paridiformis* Maxim. ex Oliv.)、木贼、铁线蕨、酢浆草、舞鹤草等。

1.1.2.7 红白松阔叶混交林

红白松阔叶混交林既是长白山水平地带性植被类型,又是长白山植被垂直带的基带植被类型,上限在海拔700m以下。受太平洋季风的影响,该群落雨量充沛、气候温暖,因此植物种类的丰富度为长白山地区之冠,且群落层次结构复杂,通常可划分为8个层次,其中乔木分为3

层、下木2层、草本层3层。此外，还有层外植物及苔藓层。

长白山非地带性森林植被类型主要介绍长白松林和阔叶混交林。

1.1.2.8 长白松林(美人松)

长白松 [*Pinus sylvestris* Linn. var. *sylvestriformis* (Takenouchi) Cheng et C. D. Chu] 林自然分布范围狭窄，仅分布长白山北坡海拔 650 ~ 1600m，成片的长白松林仅见于二道白河镇附近的河流冲积平原和三道白河的阶地上。第一代天然长白松林散生于林分中，成为林内保留的少量母树，平均高为 22m，平均直径为 37cm，树龄在 136 年左右。第二代天然长白松林中，基本属于同龄林，植株集中分布在种树范围内，没有幼苗和幼树更新，表明长白松属强阳性树种，不能在树冠下更新。根据灌木层优势种的不同，长白松林可划分为胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz.) 长白松林和越橘长白松林。胡枝子长白松林分布在二道白河镇附近海拔 690m 左右的河流冲积平原，长白松占绝对优势，混有少量的蒙古栎、紫椴、春榆 [*Ulmus davidiana* Planch var. *japonica* (Rehd.) Nakai]、黑桦 (*Betula dahurica* Pall.)、白桦等。林下灌木茂密，但种类较单纯，以耐旱灌木胡枝子为主，还有柳叶绣线菊 (*Spiraea salicifolia* Linn.)、长白忍冬 (*Lonicera ruprechtiana* Regel)、牛叠肚 (*Rubus crataegifolius* Bge.)、库页悬钩子 (*Rubus sachalinensis* Lévl.)、山刺玫 (*Rosa davurica* Pall.)、鼠李 (*Rhamnus schneideri* Lévl. et Vant.)、山荆子 [*Malus baccata* (Linn.) Borkh.]、暴马丁香 [*Syringa reticulata* (Blume) H. Hara var. *amurensis* (Ruprecht) P. S. Green & M. C. Chang] 等。由于灌木发达，草本层发育受到限制，盖度仅在 40% ~ 50%，种的饱和度为 20 种，主要有小叶樟 (*Deyeuxia langsдорffii* (Link) Kunth)、凸脉苔草 (*Carex lanceolata* Boott)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus* Trin.)、山萝花 (*Melampyrum roseum* Maxim.)、山野豌豆 (*Vicia amoena* Fisch. ex DC.)、铃兰 (*Convallaria majalis* Linn.) 等。藤本植物仅见有五味子和山葡萄。

越橘长白松林分布在三道白河阶地上，海拔 1150m 左右，分布在红松云冷杉林亚带中，林木组成以长白松为主，并以长白落叶松构成第一层林冠，其次有白桦、臭冷杉、鱼鳞云杉、红松占据第二层林冠。林分郁闭度为 0.8 左右，平均树高为 28m，平均胸径为 48cm，长白松密度为 248 株/hm²，落叶松密度为 137 株/hm²，蓄积量为 526 m³/hm²。