

目 录

1	日本落叶松引种和分布	黄国瑞(1)
1.1	原产地栽培情况	(1)
1.2	我国引种栽培历史、现状及前景	(1)
2	日本落叶松生态与生物学特性	才淑英(5)
2.1	生长与环境条件的关系	(5)
2.1.1	地形对日本落叶松生长的影响	(5)
2.1.2	纬度与日本落叶松生长的关系	(6)
2.1.3	土壤理化性质对日本落叶松生长的影响	(7)
2.1.4	水热与日本落叶松生长的关系	(8)
2.2	林木分化及自然稀疏	(9)
2.2.1	林木分化	(9)
2.2.2	自然稀疏	(10)
2.3	木材材性及用途	(12)
2.3.1	木材材性	(12)
2.3.2	木材用途	(13)
3	日本落叶松的遗传改良及良种化策略	马常耕(14)
3.1	日本落叶松的遗传变异	(14)
3.1.1	树种的地理变异模式	(14)
3.1.2	对我国日本落叶松次生种源研究	(17)
3.1.3	子代测验研究取得的个体变异和遗传信息	(19)
3.2	母树林	(23)
3.2.1	母树林的选择和经营	(23)
3.2.2	日本落叶松母树林的建立方式	(26)
3.3	以实生苗利用为目标的种子园改良体制	(30)

3.3.1	制定长期改良计划,建立完整的多世代、多群体改良的技术体系	···	(30)
3.3.2	高世代种子园营造原则和技术要点	···	(33)
3.3.3	育种——实生种子园的构建和经营	···	(34)
3.4	以无性系扦插苗为利用主体的育种——无性系化改良策略	···	(39)
3.4.1	理论依据和国际发展现状	···	(39)
3.4.2	日本落叶松育种——无性系良种化流程	···	(40)
3.4.3	日本落叶松育种——无性系策略的实施要点	···	(42)
3.4.4	新一代优树的选择和育种群体构建	···	(47)
4	日本落叶松育苗技术	··· 马常耕 王永和	(53)
4.1	扦插育苗	···	(53)
4.1.1	扦插育苗的必要性和国内外发展现状	···	(53)
4.1.2	扦插育苗技术	···	(54)
4.1.3	生产性采穗圃的建立	···	(58)
4.2	实生苗培育	···	(61)
4.2.1	播种培育1年生苗	···	(61)
4.2.2	移植培育2年生造林苗	···	(69)
5	造林及幼林抚育技术	··· 才淑英	(72)
5.1	造林地的选择	···	(72)
5.1.1	日本落叶松生长对水热的要求	···	(73)
5.1.2	日本落叶松生长对土壤的要求	···	(73)
5.1.3	日本落叶松生长对地形的要求	···	(73)
5.2	整地	···	(74)
5.2.1	造林地的清理	···	(74)
5.2.2	整地方式	···	(75)
5.3	造林密度	···	(76)
5.4	栽植技术	···	(79)
5.5	幼林抚育技术指标	···	(81)
6	日本落叶松人工林抚育间伐	··· 姜文南 石振起	(83)
6.1	抚育间伐概念及种类	···	(83)
6.1.1	间伐目的意义	···	(83)

6.1.2	间伐种类	(83)
6.2	透光伐的技术	(84)
6.3	生长间伐技术	(85)
6.3.1	下层抚育采伐方法	(85)
6.3.2	定量间伐	(86)
6.4	抚育间伐技术指标确定	(90)
6.4.1	开始年限的确定	(90)
6.4.2	间伐强度的确定	(91)
6.4.3	间隔年限的确定	(91)
6.4.4	砍伐木的确定	(92)
6.4.5	母树林抚育间伐	(92)
7	日本落叶松生长发育及林分结构	董 健 王喜武(94)
7.1	林分的生长发育进程	(94)
7.1.1	幼树阶段	(94)
7.1.2	速生阶段	(94)
7.1.3	成熟阶段	(103)
7.1.4	生长及收获预估模型	(104)
7.2	林分生长量	(106)
7.2.1	不同引种地区日本落叶松林分生长量	(106)
7.2.2	不同立地林分生长量	(106)
7.3	林分结构	(117)
7.3.1	林分密度	(117)
7.3.2	林分直径与树高分布	(127)
7.3.3	抚育间伐对径级的影响	(136)
8	日本落叶松人工林成熟期及主伐龄的确定	田志和(138)
8.1	数量成熟龄	(138)
8.1.1	生长模型的选择	(138)
8.1.2	数量成熟龄的确定	(140)
8.2	工艺成熟龄	(141)
8.2.1	建筑材的工艺成熟龄	(141)
8.2.2	纸浆材的工艺成熟龄	(143)

8.3	经济成熟龄	(144)
8.3.1	采用贴现法,按净现值最大确定	(145)
8.3.2	内部收益率(<i>IRR</i>)的确定	(145)
8.3.3	土地期望值的确定	(145)
8.3.4	收入—成本比(<i>B/C</i>)的确定	(146)
8.4	主伐年龄的确定	(147)
8.5	结论与建议	(147)
9	日本落叶松人工林栽培模式经济效益分析	田志和(149)
9.1	评价方法	(149)
9.1.1	模式的投入	(150)
9.1.2	模式的产出	(152)
9.1.3	评价指标	(156)
9.2	财务评价	(158)
9.2.1	不同密度的效应	(158)
9.2.2	不同整地规格的效应	(158)
9.2.3	不同抚育方式的效应	(162)
9.2.4	立地指数与内部收益率	(164)
9.2.5	主伐年龄与内部收益率	(164)
9.3	选定参加敏感性分析的日本落叶松栽培模式	(168)
9.4	各种栽培模式敏感性分析	(168)
10	日本落叶松病虫害	李桂和(180)
10.1	主要病害及其防治	(180)
10.1.1	落叶松苗立枯病	(180)
10.1.2	落叶松早期落叶病	(181)
10.1.3	落叶松枯梢病	(182)
10.1.4	落叶松褐锈病(三孢锈病)	(183)
10.1.5	落叶松干枯病	(184)
10.2	主要虫害及其防治	(185)
10.2.1	落叶松毛虫	(185)
10.2.2	双肩尺蠖	(186)
10.2.3	伊藤厚丝叶蜂	(187)

10.2.4	兴安落叶松鞘蛾	(188)
10.2.5	落叶松球蚜	(188)
10.2.6	黑胸球果花蝇	(189)
10.2.7	落叶松八齿小蠹	(190)
10.2.8	铜绿丽金龟	(191)

1 日本落叶松(*Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gord.)

引种和分布

1.1 原产地栽培情况

日本落叶松原产地是日本本州岛中部山区,属温带喜冷湿树种,自然分布于日本八大山系,即南阿尔卑山系、北阿尔卑山系、日光山系、浅间山系、八岳山系、木曾山系、富士山系。长野县是日本落叶松分布集中的地区。其分布区的范围,南部界限约为北纬 $35^{\circ}08'$ 著名的富士山区,北部界限约为北纬 $38^{\circ}05'$ 的藏王山和宫城县的刈田以南的诸高山。东部边界约在东经 $140^{\circ}30'$ 的宫城地区,西部边界为东经 $136^{\circ}45'$ 左右的石川县白山地区。日本落叶松人工造林主要在中、北部雨量较少、寒冷和高海拔的地区。北海道、岩手、山梨、长野是日本落叶松人工林最多的县份。北海道的日本落叶松人工林占全国落叶松人工林总面积的45%,山梨、长野县占30%,本州岛东北地区占20%。

1.2 我国引种栽培历史、现状及前景

日本落叶松在欧洲和北美地区的一些国家均有引种,西、北欧各国引种很早,目前对欧—日落叶松杂种十分重视。原苏联是19世纪末期引种的。我国也是最早引种日本落叶松的国家之一,目前日本落叶松人工林栽培区十分广阔,北起黑龙江省林口县青山林场,南至湖南省城步县和四川省雷波县高山均有栽培,计有14个省(区),其范围大约在北纬 $26^{\circ}20' \sim 45^{\circ}15'$,东经 $101^{\circ}28' \sim 130^{\circ}50'$ 的广阔地区。在我国东北主栽在海拔200~500m山区,在秦岭—大巴山区和四川省西部,以1200~2100m之间的高海拔山区为主栽区(图1.1)。

山东省是我国有历史记载引种日本落叶松最早的省份,早在1884年青岛市崂山林场就已试栽,但可惜的是这种年龄的大树已不存在。山东省费县塔山林场于1906年前后从日本引种日本落叶松,当时造林成活700余株,至今尚存小部分大树。山东省于1954

年,首先在青岛市崂山林场和烟台地区的嵩嵒山林场大面积试栽,现已扩大到胶东沿海丘陵地区,包括文登、荣城等县,以及鲁中南山地,包括泰山、沂山和蒙山,总面积已达 4800 多 hm^2 。



图 1.1 日本落叶松引种栽培区示意图

河南省卢氏县淇河林场,1960 年又从朝鲜引种栽培日本落叶松,之后栾川县龙峪湾林场、嵩县五马寺林场、洛宁县吕村林场,以及伏牛山南坡西峡县黄石庵林场、黑烟镇林场等地也引种栽培。豫西中山地区的日本落叶松栽培面积已有 2000 多 hm^2 。

湖北省于 1958 年在建始县长岭岗林场引种栽培,现该县已发展到近 1 万 hm^2 。而后在巴东县铁场荒林场、土家族自治州各县和

神农架林区也相继引种栽培。宜昌地区大老岭林场于70年代末和80年代初期也先后大面积栽培,以后向周围各县推广,现已发展到近2万 hm^2 。

四川省70年代初试种日本落叶松,80年代中大范围生产试种。现本省周边各山区达到生产规模的林地已广为分布。

湖南省西部和南部山区在80年代中期广泛引种,表现良好。

黑龙江省主要栽培于东南部的滨绥线尚志和牡丹江等地。引种到齐齐哈尔后生长也十分良好。吉林省主要栽培于东部山区延边和通化的长白山地。

辽宁省于1918年引种栽培,是目前我国日本落叶松主要集中栽培区,成林面积达28万多 hm^2 ,占全省落叶松林面积的16%,主要分布在辽宁东北部山区,包括抚顺、本溪、丹东、铁岭地区各县;辽阳、大连地区也有一定面积的栽培。辽宁省自1990年开始,利用世界银行贷款,在6市15个县(区),又营造日本落叶松速生丰产林8.75万 hm^2 。日本落叶松现已成为辽宁省短周期工业用材林的重要树种。

此外,北京市门头沟、山西省南部、江西省西部山区、浙江省天目山、内蒙古自治区的昭乌达盟、陕西省秦岭山区、宁夏回族自治区六盘山林区、甘肃省陇东南各县和新疆自治区伊犁等地也都有引种或已有大面积用材林栽培。

由于日本落叶松是速生的用材树种之一,其树干通直,材质坚硬,耐腐朽,抗压力强,抗病虫害性较强,成熟早,收效快,是优良的建筑用材。尤其是近年来,经过理化性质等材性分析证明,日本落叶松在10年生左右即可用做优良的造纸原料。因此,深受广大群众的欢迎。从各地引种栽培情况,特别是近10多年来经日本落叶松种源研究协作组在11个省的广泛组织引种结果看,日本落叶松不仅适应区辽阔,而且普遍比同立地其它树种生产力高。当前虽然我国东北地区的长白山区、辽东低山区是其主要栽培区,但预期河北

省的燕山、太行山区,山东省的胶东和沂蒙山区,陕西省的秦岭山区,甘肃省西秦岭山地;四川省邛崃山区,河南省伏牛山和太行山区,湖北省西部山地日本落叶松造林也是有广阔发展前景的,在工业用材树种中将居各种落叶松之首。预期秦—巴山区及中、北亚热带高山区将成为日本落叶松新的工业木材基地。

2 日本落叶松生态与生物学特性

2.1 生长与环境条件的关系

日本落叶松,在日本的天然分布限于日本本州岛中部,呈不连续的分布。日本落叶松的分布区虽小,但生态条件复杂,故有广泛的适应性,在欧洲和北美洲等地区均有引种和生产性造林。我国引种已有 100 多年的历史,实践证明,日本落叶松引入我国后,其生长普遍优于乡土落叶松。现在我国东北,特别是辽宁、吉林广为栽培,已成为我国东北地区主要造林树种之一。在北京、河南、湖北、陕西、山西、山东、四川等地的引种也生长良好,显示了巨大生产力和广幅的生态适应性。

2.1.1 地形对日本落叶松生长的影响 地形本身是间接的生态因子,它是通过对其它环境因子(光照、气温、湿度和降水、土壤等)的再分配而起作用,从而影响林木的生长。地形包括海拔高度、坡向、坡位、坡度等。

(1)日本落叶松对海拔的适应性 日本落叶松在日本垂直分布于海拔(900)1200~2500m 之间。我国引种日本落叶松的海拔高度,黑龙江、吉林在 1200m 以下,辽宁在 100~1200m,北京在 1400m 左右,山东在 500~1100m,河南在 800m 以上,湖北在 1200~1800m,江西庐山在 950m,川西海拔 1500~2800m 地带。这些地区日本落叶松均生长良好。可见日本落叶松对海拔的适应范围较广,决定因子是温度,海拔 100~2800m 均能生长。

但日本落叶松是浅根树种,不抗强风,在多风地区海拔较高的山顶、山脊、陡坡、峡谷由于地形的影响,易造成偏冠、风折、风倒、雪压等危害。

(2)日本落叶松对坡度和坡向的适应性 日本落叶松属于阳性树种,不耐上方庇荫,但喜凉爽湿润气候,对水肥条件要求高,所以在气候湿润,土层深厚肥沃的地方生长快,树高年均生长量 1.6m,胸径年均生长量 1.0cm;而在气候干旱、土壤瘠薄的地方生

长量很小,树高年均生长量只有 0.35~0.5m,胸径年均生长量 0.5cm 以下。因此日本落叶松一般在坡度 30°以下的上层深厚肥沃的阴坡、半阴(阳)坡生长更好。如沈阳市矿务局小市林场在坡度 16°上层深厚的阴坡上营造的丰产林,生长表现良好,20 年生蓄积量高达 240m³/hm²。因为夏季是林木旺盛生长季节,阴坡、半阴坡的温湿条件优越,生理干旱现象少。而在气候干旱、土壤瘠薄的阳坡生长不良,是因为阳坡日照时间长,蒸发强度大,而土壤中的含水量低,易造成生理干旱。尤其是日本落叶松生长期长,6~8 月间常出现两次速生期,在生长期,一些地区的山地常出现短期干旱,对生长不利。

2.1.2 纬度与日本落叶松生长的关系 中国林科院马常耕先生以 30 份日本落叶松(多为 15~30 年生)生长数据,以年平均胸径和平均树高生长量为依变量,造林地纬度为自变量进行了回归分析(暂不考虑其它因子的影响),以探索生长量的地域性变异规律,结果如图 2.1。

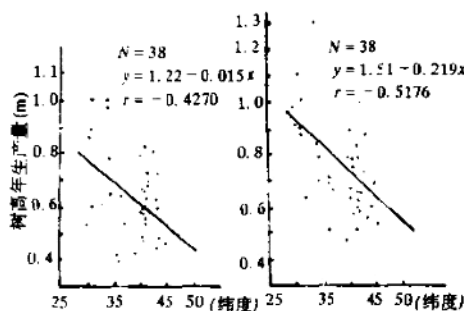


图 2.1 日本落叶松年生长量与造林地纬度的关系

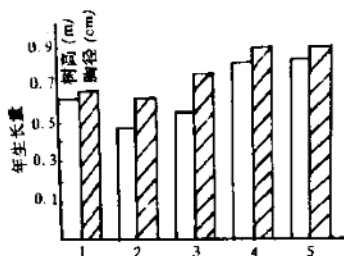


图 2.2 不同地区日本落叶松的生长量

从图 2.1 看出,在我国海拔 1000m 以上山区,随造林位置南移,日本落叶松胸径和树高年生长量有规律性增大。树高与造林地点纬度相关系数为 $r = -0.4270^{**}$,胸径 $r = -0.5176^{**}$ 。图中一些高纬度地点的日本落叶松生长量之所以与揭示的规律不同,是由于立地质量和林龄影响结果。日本落叶松生长随造林地纬度变化的规律,可由如下已报道的几例生产性数据证实。日本落叶松年均生长量,辽宁省为 $7.5 \sim 9.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,河南省卢氏县为 $19.2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,湖北省建始县为 $13.56 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,四川省平武县为 $12.15 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

为此,把日本落叶松的引种区域划分为 5 个地理区:①长白山—辽东区;②山东丘陵区;③冀北山地;④秦岭山地;⑤大巴山—邛崃山区。不同地区日本落叶松的树高生长量如图 2.2,从中可知,生长从高到低的地区顺序为 $5 > 4 > 1 > 3 > 2$;胸径的地区顺序是 $5 > 4 > 3 > 1 > 2$ 。显然秦岭—大巴山—邛崃山区是我国栽培日本落叶松最适区,山东丘陵区由于海拔低,夏季气温高,土壤和大气湿度相对不足,不符合日本落叶松生态习性,因而日本落叶松生长最差。因此认为,我国暖温带山区和中、北亚热带高山区是日本落叶松商品材新的培育基地。

2.1.3 土壤理化性质对日本落叶松生长的影响 土壤是林木赖

以生存的基础,在同一气候区域内是决定林木生长优劣的直接因素。良好的土壤理化性质能为林木提供足够的水分和养分,是实现林木速生丰产的最基本条件。

(1)土壤质地 土壤质地与土壤水分、养分的保蓄能力有密切关系,并直接影响供氧能力和根系伸展,所以它是反映立地条件优劣的主导因子。日本落叶松一般在花岗岩、片麻岩、长英岩为母质的山地,土层深厚、疏松、肥力较高的微酸性壤质土上,林木生长良好。根据在抚顺矿务局和睦林场和沈阳市矿务局小市林场等地丰产林调查,这类岩石富含沙性,土壤通气良好,利于根系伸长,因此林木长势良好。如抚顺矿务局和睦林场 36 年生日本落叶松,平均树高 26m,平均胸径 21.0cm,蓄积量为 $443.7\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。吉林省集安县 35 年生日本落叶松,平均树高 27m,平均胸径 22.4cm,蓄积量为 $517.0\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。但在粘重土和石灰岩母质及薄层土壤上则生长缓慢。

(2)土层厚度 在山地,土层厚薄对林木能否速生丰产至关重要。土层越厚,根系越易伸展,营养范围也越大,水分、养分吸收的也就越多。日本落叶松虽然是浅根性树种,但随着土层厚度不同,却有一定的可塑性。根据调查,生长在土层深厚地段的 10 年生日本落叶松,主要根量分布在 30~40cm 的土层中,20~30 年生则可深达 70~80cm。日本落叶松在辽宁东部山区,土层厚度大于 50cm 的壤质土上生长良好;厚度大于 75cm 的壤质土上则能速生丰产;而在厚度小于 25cm 的土壤上生长缓慢,有的形成小老树。

(3)土壤含水量 日本落叶松是喜湿树种,生长在深厚肥沃、湿润土壤上则好。但土壤水分过多时通气不良,生长差,而土壤水分不足时往往造成干梢或死亡。

日本落叶松不耐盐碱,宜在微酸性土壤上生长。

2.1.4 水热与日本落叶松生长的关系 决定日本落叶松种群分布的主要因素是气候条件,在气候条件中水、热又是决定其分布和

生长发育的主导因子。日本落叶松的水热特征值指标是年活动积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$)2601~3500 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年生长活跃期140~180天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年生长活跃期降水量 $>550\text{mm}$, 年总降水量 $>600\text{mm}$ 以上。

在我国日本落叶松适于年均气温 $2.5\sim 12^{\circ}\text{C}$, 年降水 $500\sim 1400\text{mm}$ 的气候条件。

日本落叶松在气候凉爽、空气湿度大、降水量多的地方生长速度快,特别是幼龄期间。如湖北省建始县长虹林场,海拔1600m之处的13年生日本落叶松,树高年均生长量达1m。在降水量少时因林木缺水而封顶,提早停止生长,严重时被旱死。但当水分条件转好时,则出现二次生长,从而影响了正常生长;在降水过多时,若排水不良,则生长也不良。因此,日本落叶松要求一定的降水量,且降水分配均匀。

从日本落叶松在辽宁的生长情况看,降水量在700~1200mm的地区生长良好;500~600mm的地区可以生长;400mm以下的地区生长不良。

2.2 林木分化及自然稀疏

林木分化是森林发育的普遍规律,一定密度的日本落叶松林分结构如不加人工调整,在自然生长过程中,必定产生自然稀疏现象。日本落叶松人工林栽植密度差异较大,从2500~4050株/ hm^2 。这种密度在各生长发育阶段必须用人工调整密度,否则会产生自然稀疏,影响速生丰产目标的实现。

2.2.1 林木分化

林木分化主要由个体的遗传性状、环境条件和个体间营养供给状况所决定。日本落叶松是阳性树种,个体间对光的竞争,尤其在速生阶段特别剧烈。由于日本落叶松造林多在山区,地形和土壤性质变化较大,而这些小环境直接影响树木个体生长速度,而间接影响林木分化。

生长发育阶段不同,分化程度也不相同。幼树阶段,相对来说

分化不明显,速生阶段,分化较剧烈,个体差异明显,到成熟阶段分化又趋向平稳。

不同密度林分,其分化进程及分化程度差异很大。密度大,分化迅速,被压木多,优质木少,早期出现枯立木。反之,密度小,分化缓慢,优势木比例大,被压木比例小,早期没有或极少有枯立木。辽宁省西丰县冰砬山林场枫树工区 33 年生日本落叶松人工林现有密度 1100 株/hm²,径级变幅为 10.0~28.7cm,其中胸径 11.8cm 以下,处于被压状态的有 183 株,占 16.6%。

2.2.2 自然稀疏 日本落叶松人工林如不加入人为干涉,由于林分内个体分化结果,必然产生自然稀疏。

表 2.1 日本落叶松不同立地自然稀疏随年龄的变化

年 龄	自 然 稀 疏(%)		
	立 地 条 件		
	差	中	好
10~15	19.3	24.6	24.1
15~20	23.4	26.5	25.9
20~25	24.8	26.6	26.0
25~30	24.3	25.1	24.6
30~35	22.1	22.2	22.0
35~40	18.8	18.4	18.4
40~45	14.9	14.4	14.3

日本落叶松自然稀疏从 10 年生开始,到 30 年间,每 5 年自然枯死比例 19.3%~26.6%,35 年以后自然枯死比例逐渐减少。林分自然稀疏的各阶段持续时间的变化,与林分密度、立地条件有关。密度越大,立地条件越好,自然稀疏开始就早,稀疏量也大。要使日本落叶松人工林速生丰产,就不能任其自然稀疏,必须通过抚育间伐,加以调整,因为在此过程中任林木间自由竞争会影响生长速度及生长量。

2.3 木材材性及用途

2.3.1 木材材性

(1)木材物理力学性质 我国对各种落叶松材性已有较多研究,现把日本落叶松与长白落叶松的主要力学性质列入表 2.2 中。从中可知,日本落叶松木材年轮宽度比较大(2.723mm),晚材率较低(26%),结构均匀略粗,纹理通直,硬度适中。

从表 2.2 还可以看出,日本落叶松比长白落叶松年轮宽度大 50%,晚材率低 32%,容积重低 23%,径向干缩系数小 12%,弦向干缩系数小 24%,差异干缩系数小 13%;其它力学强度平均低 25%。

上述比较表明,日本落叶松比长白落叶松材性略差,但材质为佳。由于晚材比早材干缩率大,晚材率高是引起木材干燥开裂、翘曲的重要因素之一。二者相比,日本落叶松较长白落叶松晚材率低,因而这种缺陷也较轻。另外,干缩系数大小也表明,日本落叶松材产生开裂、翘曲的潜在危险性小,尺寸稳定性高。相反,长白落叶松木材的开裂、翘曲缺陷严重,因而极大地限制了其利用途径和使用价值。

联系到未来木材利用主要方向,我们认为应优先发展日本落叶松。日本落叶松不仅生长速度大于长白落叶松,而且材质好于长白落叶松,适合加工利用,且用途也广。

日本落叶松主要材性指标与东北地区较为优良的樟子松(*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)相似(见表 2.3)。

(2)木材加工性质 日本落叶松木材干燥速度慢,容易产生开裂变形,但好于长白落叶松。在日本,中川伸策(1982)认为,人工林日本落叶松木材,随着干燥而产生大的扭曲变形和裂纹,已成为利用上的大问题。但已查明,出现此缺陷的原因与树干扭转纹理的大小密切相关。我国对落叶松木材干燥已积累了不少经验,对此问题是可以得到解决的。日本落叶松木材胶粘性质和油漆性质良好。