

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)

赵文书 撰写

一、形态特征

常绿乔木针叶树种。高达 30m，胸径可达 1.0~3.0m，干表通直，树冠 尖塔形或圆锥形。树皮灰褐色，内皮淡红色，纵裂。小枝近对生或轮生。冬芽卵圆形。针叶螺旋状着生；在主枝上呈辐射状伸展，在小枝上扭转排成二列。针叶长 3~6cm，披针形或线状披针形。基部下延，边缘有细齿，有时两面有气孔，但下面气孔较多；叶下面有两道白色气孔带，针叶先端尖而稍硬。花雌雄同株异花，雄球花多数簇生于树冠中至下部，雄蕊多数；雌球花单生或簇生，多集中于树冠中上部的枝顶。球果为球形或长圆形。长 3~6cm，径 2.5~3.0cm，苞鳞小，先端 3 裂，腹面基部着生了 3 枚胚珠；苞鳞大，革质扁平，宽卵形或三角状卵圆形，边缘具不规则细齿，先端硬，长尖；有时反卷，基部心形，背部中肋两侧具明显稀疏的气孔线。发育的种鳞面着生 3 粒种子，种子扁平，两侧边缘具短翅。花期 4~5 月，果期 10~11 月。

在云南杉木分布区内，昆明市的安宁、晋宁及罗平县、通海县等地有一杉木变种，软叶杉木 (*Cunninghamia lanceolata* var. *mollifolia*)，其形态与杉木的区别在于叶质地较薄，柔软，先端不尖。

二、分布与生物特性

杉木为我国特有用材树种，其分布区域广阔，北自秦岭淮河流域，南至南岭的丘陵地带，东起浙江，福建沿海山地及台湾，西达云南高黎贡山西坡，为北纬 21° 30' ~33° 41'；东经 29° ~122° 的广大地区，含众多山系，全区面积约 200 万平方公里以上。

在云南省杉木主要分布于文山州的西畴县、马关县、富宁县、广南县；红河州的屏边县、金平县、绿春县、蒙自县；曲靖地区的罗平县、富源县、师宗县；昭通市的威信县、彝良县、镇雄县、绥江县；普洱市的江城、西盟县；保山市的腾冲县、龙陵县等。

在云南由于冬春干旱的限制，杉木主要分布地南海暖湿气流及西南季风入侵云南的迎风坡面，其他地区只能在特殊环境条件下小片零星种植。云南杉木的垂直分布海拔集中于 1000~2000m 之间，最低为 500m，最高为 2410m。

杉木性喜温暖湿润气候，中心产区年平均气温 12℃~19℃，年降水量 1200~2000mm，年平均相对湿度大于 80%。杉木喜深厚肥沃土壤，地形地势对杉木的生长影响较大，在山顶、山脊、凸形坡，土壤瘠薄干燥的地方杉木往往生长不良，由于水肥再分配的差异，山顶与山麓的生长差异较大，在山下部、山麓、凹形坡、直线坡，杉木生长良好。土壤理化性质直接影响杉木生长，若土壤排水不良、粘重、透气性差，有机质含量低等，往往造成杉木生长缓慢或死亡。杉木速生丰产林对土壤的要求：①土层厚度应在 100cm 以上；②A₁ 层土壤厚度应在 20cm 以上；③表土层有机质含量应在 3.5% 以上；④要求土壤排水良好，土壤有效 K₂O 含量在 0.5%~0.6mg/100g 土，有效 P₂O 含量在 0.5%~0.6mg/100g 土；含氮量在 0.1~0.3 之间。

杉木为浅根性速生树种，在云南省西畴县小桥沟林场 19 年生杉木最高每亩立木蓄积量可达 42m³，在屏边县大凹腰 8 年生杉木最高每亩蓄积量可达 17.6 m³。根据杉木树干解析，极木的树高生长呈现出共同的规律，10~12 年生左右处于树高生长的旺盛时期，以后树高年均生长及连年生长开始下降，15~20 年树高曲线则趋平缓，20 年后树高连年生长下降较快。总的树高生长曲线接近 $b > 0$ 的对数曲线及 $b < 0$ 的指数曲线 $b > 0 < 1$ 的幂函数曲线。杉木年龄与树高生长曲线如表 2-1、图 2-1，连年生长量、平均生长量如图 2-2，图 2-3。

表 2-1 不同函数类型的经验式及其统计特征值 (n=266)

函数类型	经验式	回归平方和 u	理论值与实测值的 相关系数 r	相关指数 R2	剩余标准差 Se	回归显著性检 验 F
对数方程	$y=-15.913+23.74334\lg x$	2235.40602	0.71315***	0.51288	3.05158	240.053***
指数方程	$\ln y=3.48369-15.0758x^{-1}$	2204.69672	0.7082***	0.50583	3.07537	116.69***
幂函数方 程	$Lgy=-0.24051+1.09653\lg x$	2152.24532	0.69954***	0.4938	3.11077	111.20554***

上述杉木生长进程主要用于滇东南杉木产区。根据云南省杉木各产区的特点，滇东北杉木产区由于积温偏低，其杉木的生长过程往往向后推移。但不同产区的杉木各具优越性。在滇东南产区内，香坪山林场 50 年生杉木大部分产生心腐现象，而在滇东北区百年杉木也未发现心腐状况，对培养大径材十分有利。根据调查，不同产区杉木平均生长情况如表 2-2。

地区	年龄	株/亩	生长量			m ³ /亩
			树高/m	胸径/cm	蓄积/m ³	
滇 东 南 区	10	313	6.42	7.98	0.018	5.634
	15	191	10.31	12.11	0.062	11.842
	20	157	12.76	15.51	0.122	19.154
	25	144	14.43	17.70	0.186	26.784
	30	129	15.62	19.41	0.234	30.186
滇 东 北 区	10	354	4.08	6.05	0.007	2.478
	15	265	6.76	9.56	0.030	8.215
	20	190	8.45	12.00	0.051	9.690
	25	187	9.60	13.86	0.084	15.708
	30	159	10.42	15.34	0.097	15.423

根据极木林木的生长发育特点，一般可分为四个阶段。即幼树阶段、速生阶段、干材阶段、成熟阶段。幼树阶段为苗木定植后的 2~4 年内，此时，幼树根系生长最快，根幅可达 2~3m，主梢生长开始逐步旺盛；速生阶段从 4~5 年开始，到 10~15 年左右，此时为树高、胸径的速生期；干材阶段从 10~15 年开始到 20~25 年左右，此时为林木材积迅速增长时期；20~25 年后为杉木林木成熟期，此时材积生长量明显下降，材质明显变化、心材明显增加。如不需培育大径材，可进行主伐利用。

三、经济及生态价值

1. 经济价值评价

杉木的树体高大，干形圆满通直、枝细、节小，杉木的出材率较高，是我国主要用材树种之一。

杉木木材易加工，抗虫耐腐。1972 年在长沙马王堆发掘的一号汉墓的棺槨，其内外槨均用杉木木材制成，距今已有 2100 余年，尚未腐烂。足见杉木的耐腐性极强。杉木木材广泛用作电杆、木桩柱、桥梁、枕木、脚手杆、房屋柱架等。也是较好的纸浆材；在杉木主产区杉木板材为优良的船舶、建筑、家具、盆、桶用材，也常作家具、门、窗及室内装修、车辆、机模及水泥盆子板的用材。杉木木材具香气，不宜做茶叶包装箱，质偏软，不耐磨损，不宜作址板，做家具时花纹色泽欠佳，油漆光亮度较差，亦非家具良材。杉木树皮可制作纤维板，是较好的绝缘材料，主产区群众多有作建盖房屋。

杉木木材边材浅黄褐或浅灰褐色，心材浅黄褐色至栗褐色，其木材心边材区别明显与否，与杉木的类型、年龄，生长地条件不同而异，杉木木材的早晚材带区别明显，晚材带紫黄褐色，

甚狭，木射线少至中，甚细至极细。木材纹理直，结构细至中，均匀，材质较轻软，干缩系数小至中，力学强度低至甚低，冲击韧性低至甚低，品质系数高，油漆及胶粘性能良好，但油漆光亮度较差，握钉力弱。杉木木材的主要物理、力学性质如表 3-1。

表 3-1 杉木主要物理、力学性质表

试材采集地	密度 g·cm ³		干缩系数%			抗弯		顺纹压强度				
	基本	气干	径向	弦向	体积	强度	弹性模					

2.生态价值评价

云南省现有的杉木林 95%以上为人工林，目前仅在富宁县的里达乡、牛尖乡、田蓬乡、昭通市的镇雄罗坎乡、母享镇有少量杉木天然林分布，杉木天然林大部分为疏林或混交林。大面积的杉木人工林在云南省约有 140 余万亩，其中，幼林占总面积的 68.5%，中龄林占总面积的 23.7%，成熟林占总面积的 7.8%。杉木人工林具有如下的生态效应。

①杉木人工林一般三年生开始郁闭，郁闭后的中幼林林木枝、叶浓密，蒸腾量较大，可提高林空气温度及氧气含量，改善人居生态环境，浓密的林木枝、叶能阻隔降水对林地土壤的直接冲刷，防止林区的水土流失。

②杉木人工林的种植密度较大，郁闭后的中幼林内透光度较小，可抗击恶性杂草的入侵，但同时也会影响林分的生物多样性能。随着对人工杉木林的抚育间伐及自然稀疏，其林分的生物多样性可获得逐步改善。

③杉木人工林的病虫害较少，无大面积的病虫害发生，较利于保护林区内的生态环境平衡，杉木林区湿度较大，少有森林火灾发生，林子的火险等级较低，也为林区的生态环境的平衡创造了有利条件。

④杉木人工林的经营初期，提倡林粮间作，林粮间作可改善林地的土壤理化性质，提高土壤温湿度，但杉木属浅根性树种，随着杉木林的年龄增长，林地土壤易板结，对杉木的连作带来不利。

四、良种选育技术

我国杉木良种繁育工作始于 20 世纪 60 年代初期。云南省杉木良种繁育于 1981 年在屏边县建立杉木无性系种子园 230 亩，是云南省建立林木良种基地最早的树种之一。随后云南省林业厅分别在芷村林场、威信县、马关县建立了杉木的无性系种子园共 1383 亩，杉木采穗圃 79.2 亩，杉木半同半子代测定林 260 亩，共用省内外的杉木无性系 514 个。并在西畴县建立了杉木采种基地 1.8 万亩；后备采种林分 5.2 万亩，为杉木的良种选育奠定了良好基础。

1.种源选择

杉木分布较广泛，由于分布区气候，土壤等的生态条件差异较大，种内随地理分布具明显的差异。20 世纪 80 年代初期的全国杉木地理种源试验表明，不同种源的杉木生长量差异较大。因此杉木种子的调动工作，与杉木的林木生长效应密切相关。广西省高峰林场的不同杉木种源造林试验表明，在相同立地条件下，种源间 19 年生杉木林的林木，材积生长量比本地种源同龄林木的材积生长量大 2.46 倍，浦北县六万山林场用福建莱州的杉木先鸣觉气雄造林，9.5 年生的杉木林蓄积量每亩比本地种源林大 53.6%，充分说明不同杉木种源的林木生长效益是不同的。一般情况下杉木种子的调运应考虑调运地与调入地气候、土壤的相似性，或尽量主张杉木种子的调运应从东往西，从南向北进行调运。以保障杉木人工林的速生丰产效应。根据 5 年的全国杉木地理种源试验的结果，大部分地区均以本地种源表现较好，各地种源在长期繁殖的过程中，已完全适应当地的自然气候及土壤条件，因此杉木的造林用种应尽量选调本省或本地的杉木优良种源区的种子。

云南省的杉木地理种源试验结果表明，文山州的西畴县的杉木为较好种源。可根据造林地的自然气候特点，以该杉木种源区调种。如需从省外调种，应根据造林地的自然气候条件与造

林地自然气候条件相近的杉木优良种源区调种。全国 14 省区杉木地理种源试验曾获得国家科学技术进步一等奖。现将其试验结果列表如下，以供选择优良种源和杉木种子调运工作参考。

福建两试验点杉木种源 3 年生幼林树高如表 4-1。

福建莱州试验点		福建桃源试验点	
种植地	平均树高/m	种源地	平均树高/m
南平	151	雅安	144
贺县	149	融水	140
浦北	147	浦北	139
信宜	144	锦屏	138
恩施	139	铜鼓	137
安福	137	乐昌	136
融水	136	贺县	132
锦屏	136	南平	132
雅安	135	江华	131
铜鼓	133	建甄	131
建甄	131	会同	123
江华	129	开化	122
龙泉	129	恩施	120
乐昌	127	通山	119
通山	124	安福	119
会同	120	龙泉	118
开化	118	霍山	117
休宁	112	西昌	115
南郑	110		
西昌	89		

根据云南省参加全国杉木地理种源试验的结果，特将排于前 10 位的杉木种源序位列表 4-2，供各地作杉木调种时参用。

2. 优良林分选择

云南杉木分布区的优良林分选择，可根据云南杉木立地类型评价进行，在删除立地因子的影响下，评选遗传基因型好的优良杉木林分建立杉木采种其地，是实地杉木人工林速生丰产的重要举措。

20 世纪 80 年代初期，云南省林业科学院对云南的杉木资源进行较全面的样地调查及林木的树干解析，根据调查材料，应用数理统计方法，对云南省的杉木立地质量进行了评价，获得了影响杉木林木生长的主要立地因子为土壤黑土层厚度、坡向、坡位、坡形、海拔。并根据影响云南杉木林林木生长的主导立地因子，建立了多元回归方程式，通过相关回归方程计算得到杉木的树高理论值（见表 4-3）。

根据 4-3 中每一项目中各类目的得分值，只需通过对杉木林地的各项目进行调查后，分别将调查结果代入相同的类目，确定得分值，然后将各类目的得分值进行相加，即可获得杉木林标准年龄（20 年）时的 10 株优势木平均树高理论值（ y ），再通过实测杉木林样地 10 株优势木平均树高值，当实测样地平均值大于该理论值时，即可确定所调查的杉木林为优良林分。因其理论值是在排除立地条件影响后的实际值，样地实测值大于理论值的差值，必然是遗传所获得的值。差值越大，说明该杉木林群体遗传性越好。而样地实测值小于理论值的林木林分，不能选作优良林分。

为方便杉木不同年龄的优良林分选择，现列出杉木不同年龄的立地指数表（见表 4-4）。调查样地的每公顷立木蓄积量，可按下式获得： $y = -181.0235 + 28.5825x$ ，式中 y 为每公顷蓄积量， x 为 1 株优势木平均树高

杉木样地的平均树高可通过下式获得。

$H = 0.233 + 0.828H_{\text{优}}$ ，式中 H 为样地平均树高， $H_{\text{优}}$ 为 10 株优势木平均树高。

各杉木种源区所评选出的杉木优良林分，可认为是该种源的杉木优良群体，其林木群体具有优良遗传品质，可作为该种源区首选的杉木采种林分。

3. 优良林木个体选择

优良林木个体选择即为优树选择。优树是指在相同年龄、相同立地条件下，其生长量、树形、抗性或其他性状显著优于周围林木的个体。

杉木的优树选择常用 5 株优势木对比法进行。5 株优势木对比法是以预选优树为中心，在立地条件相似的 15 米样圆半径范围内，选出 5 株优势木作为对比木，实测其胸径、树高，与预选优树进行比较，若预选优树的树高大于对比木平均树高的 50% 以上，胸径大于对比木平均胸径的 22% 以上，则入选为优树。5 株优势木对比法的优树选择，体现了优中选优的原则，较易选择到具优良遗传基因型的林木个体。

杉木林评选优树的条件是：①林龄：以 15~25 年生林分为宜，最高不超过 35 年生。②林分组成：以杉木人工林纯林为佳，混交林则杉木的成分必须占 70% 以上。③为实生人工林或插条林。④郁闭度：林分的郁闭度应在 0.7 以上。⑤林相：林相整齐，林木生长健壮。⑥不在择伐林分内选择杉木优树。⑦立地条件：林分的立地条件较好，以利林木个体遗传性状的充分发挥。所评选的杉木优树，除林木的树高、胸径生长具优势外，还应具备以下特点：①树干圆满通直，树皮薄，纹理直。②树冠窄而完整，枝叶浓密侧枝细，分枝角度小。自然整枝良好。③无病虫害及机械损伤。

杉木的优树评分标准如表 4-5。

按表 4-5 各项指标要求，总分必须达到 60 分以上方可入选优树。对下列情况的杉木植株应作特殊对待：①杉木林分中特别高大的单株，如树高大于 5 株优势木平均树高的 20% 以上者，即使林木材积只大 20%~30%，而其他指标为一般者也可入选优树；②在感病严重的杉木林分中，对抗性特强的单株，只要其他指标达中等以上也可入选优树。

优树选择的目的是获取良好遗传基因效应。为避免在劣质的杉木林分内选择优良个体，杉木的优树选择除按上述的评分标准进行控制外，还必须控制优树的绝对生长指标，杉木生长的绝对指标要求如表 4-6。

根据国内外报道，林木的树高遗传力大于胸径的遗传力，因此林木个体的高径比与林木的材积量密切相关，较大的高径比值的林木，具明显的经济效益，故要求可选杉木优树的高径比应在 60:1 以上。入选杉木优树应尽快采集中上部穗条，建立优树汇集区，以免遗传基因的流失。

杉木优树是按其表型特征进行选择的，林木的表型特征是遗传和环境共同作用的结果，因此所选杉木优树遗传效应的好坏，还须通过其林木个体的半同胞及全同胞子代测定方知。

4. 良种其地建立

(1) 种源区划

杉木在我国的分布十分广泛。根据我国极木分布区的气候特点，大体可分为杉木北带、杉木中带、杉木中西区及杉木南带。

杉木北带由华北平原逐步向南部山区过度。北带冬春寒冷，夏秋温湿，1 月份平均温度 1~2℃，极低温可达 -10~15℃，年降水量在 1000mm 左右。杉木林木的年平均生长偏小。

杉木中带包括武陵以西，南岭山地及长江流域以南，是我国杉木的主要产区。此带 1 月份平均温度 8~10℃，年降水量多在 1500mm 以上，杉木在一年内的生长期可达 260~360 天，

杉木林木的平均生长量较大。

杉木中带西区主要为云南省、贵州省、四川省及广西西部。此带气候特点为冬春无严寒，夏无炎热，年降水量 1000~1500mm，地形地貌以山地为主，因此杉木的平均生长量往往随海拔的升高而减小。

根据云南省的杉木分布状况，可将云南省的杉木分布区划分为滇东南区，滇东北区，滇南，滇西南区。以此作为杉木的种源区划。提供杉木种源调拨时参阅。

①滇东南省云南省杉木的主产区。主要包括曲靖地区、文山州、红河州。本区由于受东南季风的影响，冬春多雾、夏秋温湿。年平均气温 18~22℃，1 月份绝对低温-2~8℃，年降水量 1200~1600mm，本区杉木生长较好，林木平均生长量与我国杉木中带的林木生长量接近。

②滇东北区主要为昭通地区的威信县、镇雄县、绥江县、彝良县及曲靖地区的北部，本区主要的气候特点是，冬春受西伯利寒潮影响，是云南省冷空气的入侵通道。年平均气温 15~20℃，1 月份绝对低温 0~-4℃，年降水量 1000~1500mm，林木的平均生长量仅为滇南区一半左右。

③滇南、滇西南区，主要包括思茅地区、西双版纳、德宏州及保山地区，此区是云南省杉木栽培新区。其气候特点为受西南季风的影响，冬春旱情较重，是限制杉木大面积造林的主导因素，本区气候特点是冬春温暖少雨，夏秋温湿。年平均气温 18~22℃，1 月份绝对低温 2~4℃，年降水量 1000~1500mm，杉木林木的平均生长量中等。

(2) 种子园的营建

我国杉木种子园的营建始于 20 世纪 60 年代初期。云南省杉木种子园于 1980 年在屏边县开始营建。目前全国杉木种子园营建发展较快。部分已进入杉木第三代种子园。并获得了良好的遗传增益。第一代杉木种子园林木的平均遗传增益为 15%以上；第二代杉木种子园林木的平均遗传增益为 50%左右。现将杉木种子园的营建技术作如下介绍。

①园址选择及区划

营建杉木种子园的主要目的是为获得遗传品质优良的种子，是实现大面积营造杉木林速生丰产的基础保障。因此杉木种子园应建在杉木适生区，以有利于培育具优良遗传品质的杉木种子。选地势平缓，光照充足，土壤深厚肥沃，病虫害较少，交通方便，土址使用权明确，并有扩建余地的地段作为杉木种子园的园址。同时要求所选的园址与周边的杉木林地具备 500m 以上的隔离带，以免不良花粉入侵，降低杉木种子园所产种子的品质。

杉木种子园址确定后，以方便种子园的经营管理为原则，而进行种子园的区划，将种子园区划成若干大区，各大区的设置若干小区，每大区面积 3~10hm²，每小区面积 0.3~1hm²，大区界宽 4~6m，小区界宽 1~2m，大区可依自然地形进行区划，小区可按坡向、坡位、山脊等小地形特征作区划。

②杉木种子园面积的大小，可根据生产所需的用种量决定。杉木嫁接后一般 3~4 年开始开花结实，10 年左右进入正常结实期，每株可产种子 0.1~0.2kg，每亩可产种子 4~8kg，可产苗 4~6 万株，造林 200~300 亩（造林密度每亩 200 株计算）。根据国家林业部良种繁育规程，杉木种子园要求不小于 10 hm²。面积 10~30 hm² 的种子园应涵杉木无性系 50~100 个；面积 30~100 hm² 的杉木种子园应有杉木无性系 100~150 个。

根据需要，在园内较平缓地段设置杉木的优树汇集区，子代测定区，苗木培育区及速生丰产试验区等。同时确定种子园的整地方法，定植方法，株行距，无性系配置式及嫁接方法，还需对道路、屋舍、设施情况等作出规划，通过细致的规划设计，绘制出种子园的规划图，经审定后实施。

(3) 优树汇集区的建立

杉木优树汇集区建立的目的主要是为保存入选杉木优树的自然基因；为建立种子园提供各杉木无性系嫁接穗条；研究各入选杉木优树的结实及生长情况等，对入选杉木优树应尽快采集

优树中上部的穗条，通过嫁接繁殖，汇集于杉木种子园的优树汇集区内，优树汇集区面积的大小与所建的杉木种子园面积密切相关，以能满足杉木种子园嫁接所需穗条为原则。

杉木优树汇集区不需进行无性系配置，同一地点的优树，可在同一个大区内嫁接培育。以各无性系为一小区，行状或块状嫁接培育，株行距 2m×3m。建立 30~40hm² 的杉木种子园，一般培育各优树无性系植株 15~20 株即可。

(4) 子代测定区的建立

子代测定分半同胞子代测定及全同胞子代测定。第一代杉木种子园的子代测定为半同胞子代测定。采集各杉木优树的种子，分别各优树，进行家系育苗，通过田间半同胞子代测定试验，获取杉木优树的半同胞子代遗传信息。杉木优树的半同胞子代田间测定可分批进行。每批测定的杉木家系在 30~50 个之间，每一家系的半同胞子代株数不能少于 40 株，田间试验同区组内要求立地条件基本一致，并需设置保护行。其子代测定林于每年年终调查测定一次，分家系测定林木的树高、胸径、冠幅、枝下高、病虫害状况等作为分析，评定的资料待杉木子测林 8~12 年生林木生长基本稳定后，即可对杉木优树的遗传效应作出评估。

(5) 种子生产区的建立

种子生产区是杉木种子园的主体，种子生产区的面积应占该种子园总面积的 80% 以上。种子生产区建设的好坏，直接影响杉木种子园的质量和产量。

整地：为方便杉木种子园的经营管理及种子采集等工作，通过砍灌除草后，认真清理园地。对于坡地应沿等高线开挖成台地，分设小区，其占地宽 2~3m，台间距 3~4m，各小区分界处应埋设永久性的水泥桩，作好标志以便识别。定植砧木前在台地中央挖定植穴，定植穴规格 40cm×40cm×30cm，穴距 4~5m。有条件对穴内施 5kg 有机肥或施 200~300g 钙镁磷肥，所施肥料必须与塘土拌匀。

在地形平缓的地方，提倡全垦整地，进行林粮间种，可获得粮丰林茂的效果。

砧木苗定植：杉木种子生产区的杉木营造采用先定砧后嫁接育苗的方法，砧苗定植一般在 12 月~翌年 1 月进行，砧苗应选择 1 级苗，于土壤较湿润时定植，可采用裸根苗定植，以免增加造林成本。砧苗定植后应注意补植及抚育管理。杉木嫁接苗的培育提倡用大砧嫁接方式，以免嫁接植株产生偏冠，2 年生杉木砧苗一般树高可达 2m，胸径 3~4cm，即可进行嫁接。

无性系配置：杉木种子园生产区的无性系配置的主要目的是使杉木各无性系的林木间具有充分杂交的机会，以生产品质优良的种子。杉木无性系配置的方法有：随机配置法；错位配置法；指数配置法及特殊配置法等。一般常采用随机配置及错位配置法。采用随机配置法杉木各无性系间的林木，可获得充分杂交的机会。其方法简单易行，配置时可采用随机表或抽签方法，对杉木的各无性系进行配置。当抽到一无性系相邻时，应重新抽签。杉木无性系的错位配置法也较简单方便，缺点是同一个无性系相邻的无性系改变不大，不利于杉木各无性系植株间的充分杂交。杉木无性系错位配置如图 4-1。

杉木种子园生产区的无性系配置原则：

- a. 同一无性系的植株间隔 3 株以上或间距大于 20m。
- b. 尽量避免无性系间有固定的邻居。
- c. 要求配置无性系在 20 个以上；同一大区配置相同地点的无性系。

杉木砧苗定植 20~24 月后，胸径可达 2~4cm，苗高可达 1.5~2.0m，此时即可进行嫁接，嫁接时间 2~3 月为佳，要求接穗为杉木一级侧枝的一年生枝条，以免发生嫁接植株的偏冠情况。杉木嫁接苗培育嫁接方法可采用芽接法或枝接法。芽接法可节约大量接穗，但嫁接成活后当年生长量较小，枝接法消耗接穗量较大，但嫁接成活较高，嫁接成活后当年生长量较大。不论芽接或枝接，其嫁接成活率均可达 95% 以上。

杉木芽接方法常采用凹字形接穗或匚字形嫁接，枝接方法常采用髓心形成层对接法。

凹字形芽接的程序：凹字形芽接法其接芽取自杉木采穗母树的一年生一级侧枝，嫁接时间以树液开始流动时较好，一般为2~3月。每片杉木叶基部均有潜伏芽，因此接芽只需保留1片杉木叶即可，接片一般长2cm，宽1.5~2cm，砧苗的切削切至形成层，与接芽大小尽量相匹配，一般嫁接高度为50cm左右。砧木备制完后，把砧木的皮用刀挑开，将接芽细心全部嵌入，使接芽与砧木的形成层紧密接触，最后用宽2cm，长40~50cm的塑料条进行绑扎，为防止雨水流入接口，塑料条应从下往上绑扎，使之互相覆盖。最后剪除砧木顶端优势及大部分侧枝，侧枝保留2~3枝即可。嫁接操作如图2。

髓心形成层的接法：杉木的枝接法常髓心形成层对接法，髓心形成层对接法的成活率较高，而且当年嫁接植株的生长量较大。嫁接时间以每年2~3月为佳，嫁接高度一般为40~80cm。其嫁接穗条必须取采穗杉木母树的一年生一级侧枝，所取接穗长6~8cm，摘除接穗3/4以下的针叶，用单面刀片或嫁接刀从接穗保留针叶处沿髓心将接穗削弃一半，嫁接砧木苗沿形成层往下切，使之露出水白色形成层，砧木削面的长度略长于接穗，忌切伤木质部或切削过浅，然后将接穗与砧木形成层对齐，最后用宽2cm，长50~80cm的塑料条以下往上绑扎紧，以免雨水浸入接口内。嫁后砧木只需保留1~2个枝条，剪除多余枝条，并剪除砧木嫁接上部，以保证养分、水分供给接穗。

杉木髓心形成层枝接的技术关键：a.要求切面光滑，尽量少补刀。b.切削必须到位，不伤砧木的木质部。c.对准形成层，绑紧塑料条。

嫁接后50~60天，接穗开始成活生长，注意适时抹除砧木萌芽，待接穗完全成活稳定后，进行松绑，并对砧苗作断砧处理，松绑过迟影响接穗生长，松绑过早影响接穗的成活率，断砧时应在接口上方断去砧木苗的上部，其断面形成层与接口相反的斜面，以免雨水流入接口，通过认真管理及病虫害防治，当年接穗生长量可达0.8~1.2m。髓心形成层枝接程序如图1。

④种子园的管理

杉木种子园建成后，必须做好种子园的管理工作，以免降低种子园所产杉木种子的品质及产量。

a.杉木种子园嫁接完成后，在3~5年内应每年对园址进行1~2次砍草抚育及进行一次扩塘松土抚育。结合每年扩塘松土抚育，给每株林木施复合肥300g，以保证嫁接植株的健壮生长。

b.做好嫁接成活林木的树冠培养，不断扩大嫁接植株的结果面积及降低采种高度。

c.根据半同胞子代测定结果，6~8年后伐除个别不良无性系，疏伐后不能形成较大的园中空地。

d.做好杉木种子园的防腐防虫工作，保障该种子园杉木嫁接植株的迅速生长。

e.对遗传增益高的杉木无性系进行人工杂交研究，不断培育杉木全同胞工作，逐步完成杉木新品种的培育研究工作。

五、采种育苗技术

1.种子的采集与处理

杉木结实年龄的迟早与林分起源，立地条件及母树林木的性状有关。

插条造林的杉木林木结实较迟，一般在10~15年生才开始结实，实生苗造林的林木一般8~12年生开始结实，独立木或立地条件差的林分，林木一般6~8年生可结实。

在同一杉木林内，不同生长发育期的林木结实数量和质量不同。I级木的球果数量和质量均占优势。已开始结实的杉木林木，15年生以前结实较少，20~35年生期间结果取多，45年生以后林木种子产量逐步下降。

为保证杉木种子品质，应组织专业技术人员进行采种。尽量在杉木种子园、母树林及优良林分内采集杉木种子。

杉木种子一般在10~11月成熟，种子成熟期与林木生长的海拔高度、立地条件相关。当杉

木的球果由青绿色变为黄绿色，种鳞微微开裂时即可进行采种。可用采种剪刀采摘球果，严禁修枝采果。

杉木球果采回后，一般不需作特殊处理。只需将球摊晒于平坦晒场，经过2~3天曝晒球果即可开裂，种子不断脱出。为防止脱出的种子油化，于傍晚翻动球果时，收集当天脱出的种子。杉木球果经5~6天的曝晒后，种子即可全部脱出，经过挑选除杂后，将种子摊放于通风干燥处2~3天，以降低种子的含水量，以备贮存。

杉木种子作短期贮藏不需作特殊处理，其种子发芽率不会受较大的影响，每年11月采种，次年2~3月播种，种子发芽率可达38%~47%。进入5月以后，由于气温升高，湿度增大，杉木种子发芽率逐步下降，一般贮藏法贮藏杉木种子，贮藏一年后杉木种子基本丧失发芽率。杉木种子含水量的高低，是其贮藏的关键因素。种子含水量越高，发芽率降低越快。不同含水率的杉木种子，贮藏前后种子发芽率的变化状况如表5-1。

表5-1 不同含水率杉木种子贮藏前后发芽率变化状况

表5-1可以看出，杉木种子进行贮藏时，其种子的含水率应在8%以下。试验表明，含水率为7.7%的杉木种子，在温度10℃以下，进行密封贮藏，贮藏一年，其种子的发芽率基本不变。

林木种子的品质包括种孩子气遗传品质和播种品质。杉木种子好坏，决定播种量有造林后林木的速生丰产性能。种子品质的鉴定内容主要包括种子的纯度、优良度、千粒重、发芽率、场圃发芽率等。

纯度主要指种子的瘪粒，涩粒及杂质含量的多少。杉木种子的纯度一般在90%以上。

杉木种子的千粒重在5.9~9.7之间。杉木种子千粒重是评价种子质量的重要标准之一。千粒重决定其播种量的多少。

测定杉木的种子发芽率，是评价其种子品质的一项关键技术。杉木种子发芽率一般在38%~46%之间。发芽率与播种量呈负相关。

杉木种子的场圃发芽率是指种子田间播种的实际发芽能力。由于种子受播种后多因素的影响，杉木种子的场圃发芽率均低于其发芽率。

2.田间育苗技术

杉木的培育，目前均采用实生苗繁育。实生苗繁育成本低，易繁殖，单位面积产苗量高，可提供大面积造林所需苗木。

①圃地的选建：杉木提倡就地育苗，就地造林，杉苗喜湿润、怕旱、忌水湿。需一定蔽阴条件。因此，圃地应选于北坡或背风处。日照较短，易排灌的较平地的地段；交通干燥，土壤要求以深厚、肥沃的中壤土为佳。忌在低凹地山脊、山口建立杉木圃地。杉木幼苗期易感病，提供生地育苗。前作辣椒、红薯、蕃茄、马铃薯、烟叶、瓜类等的地，不宜造作杉木苗育苗的圃地。

圃地选好后，育苗前应做好整地工作。充分打碎土块，清除草根、石块等。在有条件时生亩施农家肥300~500kg。固定圃地应进行土壤消毒。待土壤熟化后作床。床高15~20cm，床宽1.2m，床长视地形而定。以方便管理为佳。

②播种：杉木的播种育苗可分撒播和条播种。撒播单位面积的产苗量较高；条播培育的苗木单位面积产量较低，但苗木较壮，且便于管理。

杉木种子播种前必须进行处理，由于杉木种子涩粒比重较大，经水浸种仍下沉与杉木的健粒种子相混，故应用不同比重的溶液进行选种，先把播种的杉木种子倒入7%的硫酸铵溶液内进行搅拌，捞弃上浮种子，再倒入25%的硫酸铜溶液内，此时好粒杉木种子上浮，捞出上浮杉木种子用清水洗净，即可播种。在无上述条件时，可用清水浸杉木种24h，捞弃上浮种子即可播种。但播种量应适当增大。

杉木种子育苗，每亩的播种量为20~30kg。播种时间一般为2~3月。

撒播，将种子均匀撒于床面，每 100cm² 约播种 40 粒。播种后用细土覆盖种子。覆土厚约 0.5cm，覆土后用新鲜稻草或茅草覆盖床面，浇透水即可，在有条件时，用塑料薄膜覆盖床面，可提早种子的发芽时间。杉木种子发芽期与播种期的温度密切相关。见表 5-2。

条播播沟宽 3~5cm，沟深 1cm，沟距 15cm，每 100m² 播种子 45 粒。

③苗木管理：杉木的育苗期，按其苗木的生长特点，可分为 5 个时期。各时期对苗木管理技术要求不同：**a.出苗期**：苗木出土后需要及时对苗木的管理分期分批于傍晚揭去盖草，注意保持床面湿润，使出苗整齐。**b.生长初期**：此时苗木幼嫩，注意防旱、防涝，以促进苗木的生长。**c.生长盛期**：苗木地上、地下部分生长较快，开始出现分化现象。必须及时间苗，除草松土。追施 2%~3%的复合肥液，每亩施复合肥液 100~150kg。间苗以间弱留强、间密留稀为原则。并注意做好防旱防涝、防病等工作。**d.生长后期**：注意勿使苗木产生徒长，应停止施肥，以提高苗木的木质化程度。**e.休眠期**：做好苗木调查，准备出圃。

能过对上述 5 项杉木育苗期的精细管理，每亩可产杉木实生壮苗 8~10 万株。

1 年生杉木实生壮苗标准是：**a.苗茎粗壮**，紫红色，木质化程度高。**b.顶芽饱满**，丛生如菊花状。**c.主根不明显**，侧枝较多，根幅 10~20cm，主要侧根 10 条以上，**d.苗高占地径比**在 60~80:1。一般苗高在 35cm 以上，地径 0.4cm 以上，二级苗高在 25~35 之间，地径在 0.25~0.4cm 之间。如图 5-1。

六、造林技术

杉木造林分为实生苗造林、插条造林及分蘖造林 3 种。

1. 实生苗造林

杉木造林大部分采用实生苗造林，实生苗造林成本较低，苗木来源充足，栽培技术较易，造林成活率高。

(1) 造林地选择

培育杉木速生丰产林，必须注意选择立地条件好的造林地。以获取较好的经济效益。大面积营造杉木林，由于林地地形地势的差异较大，存在较大困难。因此应根据杉木的生物学、生态学特性，选择杉木的造林地。根据云南省山地特点，杉木造林地应选择 800~2000m 的海拔高度。背风向阳、水分充足的山麓、山中下部。凹形坡或直线坡地带。避免在山顶、山脊及水湿洼山营造杉木林。杉木造林地要求较深厚肥沃土壤，其土层厚应在 1.0m 以上。黑土层厚 (A+AB 层) 在 30cm 以上，土壤有机质含量在 4% 以上的中壤土。

杉木宜林地的主要指示植物因地区环境条件的不同而异，滇东南地区主要有蔓生莠竹 (*Microstegium vagans*)；狗脊 (*Woodwardia japonica*)；乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)；中华里 (*Hicrioptenis giauca*) 等。滇东北地区有假冷 (*Pseudocytoteris subtriangularia*)；菜 (*Pteridium aquilium*) 等。滇南、滇西南地区有冷水花 (*Pilea sp.*)、山苍子 (*Litsea cubeba*)、榕木 (*Aralia chiensis*) 等。

根据云南省林业科学院对云南杉木立地类型调查的研究结果，营造杉木速生丰产林要求林地的立地指数必须在 16 级以上 (见表 4-4)。否则难以达到国家对杉木速生丰产林的要求。

(2) 造林地的整理

杉木为浅根性树种，大部分根系分布于土层 20~40cm 内，整地的目的是为定植的杉木植株创造良好的生长条件，以实现杉木林木的早期速生。通过造林地的整理，可提高土壤的温度，改变土壤的理化性质，增加土壤肥力。以免杂草与杉木酬韩质舟行阻冻是的强烈竞争。提高杉木植株的生长量。获得较好的经济效益。

①炼山：炼山是指将造林地的高草植被、灌草等全部砍倒覆盖于林地，待干燥一定时间后烧了除。一般要求在 1~2 月或 8~9 月进行，对坡地造林地应由下而上，从近地部位砍倒草、灌。炼山前要开防火线，尽量选择阴天或早晚进行。禁止在特别干燥天气炼山，炼山时应组织好人力、物力，分工负责。由外向内，由上坡向下逐步烧除砍倒的杂草、灌木。以确保炼

山的安全。

②整地：造林地的整地分为全垦整地、穴状整地、带状整地、撩壕整地、台状整地等。

杉木造林地提倡全垦整地，进行以豆类作物为佳的林粮间作。全垦整地及林粮间作可疏松林地土壤改变土壤的理化性质。达到粮丰林茂的效果。待幼林开始郁闭时，停止间种作物。

杉木造林的整地普遍腰身穴状整地。坡度较大的杉木造林地，可进行台状整地或钱鱼鳞坑状整地，以免造成水土流失。整地所挖杉木种植塘的规格为 30cm×30cm×30cm，株行距视林地条件而定。以 1.7m×1.7m 或 2.0m×2.0m，每亩定植 167~230 株为佳。

(3) 苗木定植

极木实生苗造林，多用一年生裸根苗定植。其定植用的杉木实生苗应选择 I~II 级的苗木，起苗时应尽量保持根系的完整，禁止用手拔苗。I、II 级苗木不但可提高造林成活率，幼林期杉木生长较快。郁闭早。可缩短幼林抚育年限。

杉木实生苗造林在滇东南、滇南、滇西南地区，提倡冬季造林（12 月至翌年 2 月份），冬季定植有利杉木幼林的生长发育；在滇东北地区，由于冬季霜雪严重，提倡 6~7 月定植。

杉苗定植前，将定植塘回满土，充分打碎土块，除去草根石块。表土回入塘底。有条件时每塘施钙镁磷肥 200~300g，充分与土拌均。定植苗木时要做到苗正、根舒。踏紧塘土后，再覆一层松土。覆土深度略高于苗木根径。杉木实生苗造林的成活率一般在 95%以上，定植当年苗木的高生长量可达 50~100cm。

2. 插条造林

插条造林能保持母树的遗传特性，取条母树的好坏，决定其造林成活率及林分的生长良莠。杉木插条造林，是用从伐桩上长出的萌条作为造林的材料进行造林。最好是采自杉木采伐迹地炼山后的伐桩萌条。年龄为 1 年生。选择条径 1cm 以上的健壮条，要求叶色青翠，顶芽饱满。采取时切口面浆多。

用于造林的杉木插条一般长为 30~50cm，条粗 1~2cm。保留插条上的 2~3 个短枝，剪除多余侧枝。取条时注意萌条的向光性，生于坡地的杉木伐桩萌条，一般应从上往下切取插条。杉木插条造林的时间以冬、春季为宜。插前应将插条削成长 1.5~2.5cm 斜面，要求切口斜面与顶芽方向相反。

杉木插条造林一般不需挖穴。只需用锄头挖入土深约 20~25cm，将锄头柄向下压使之露出穴缝，再将杉木插条插入穴缝内，然后抽出锄头，把缝土打紧。杉木插条造林的技术关键是：插条昔在帝城中的斜面必须与土壤紧密结合。以免干燥或积水腐烂，山地杉木插条造林时，其插条昔在帝城中的斜面必须面向山上部。造林时插条插入土的深度为条长的 1/2~1/3，不少于 20cm。造林地较好的阴坡，日照较短的地方，水湿条件较好的地段，可适当浅插，立地条件较差的地方及土壤较干燥的地段应适当深插。以保障插条造林的成活率。插条造林的成活率一般可达 90%以上。见图 6-1。

3. 分蘖造林

杉木的分蘖造林系采用杉木伐桩带有根系的分蘖苗进行造林的方法。又称劈马蹄造林方法。此造林方法，在云南省常被群众零星造林时采用。在广西省大面积的杉木造林仍采用此方法。此方法的优点是所造的杉木林较好地保持分蘖母株的特性。因此可采用杉木优良个体和无性系的繁殖。

造林用的杉木分蘖苗要求苗高达 30~50cm，地径达 0.8cm 以上。并且有根系健壮的杉苗植株。取分蘖苗时，先用锄头刨开杉木伐桩周围的土，再用刀切取带根系的萌蘖苗，然后将土填回，以利杉木伐桩再发新萌株。杉木的分蘖造林一般提倡随采随植，需假植时不要超过 15 天。采苗时间应选择在树液流动以前。采取的杉木分蘖苗仅保留 1~1.5cm 的“蹄”，以免伤及根颈皮。

杉木分蘖造林以冬季为佳。其造林方法与杉木实生苗造林相同。杉木的分蘖造林成活率在

98%以上。造林 2~3 年后可长出较多萌株，此时可再次分蘖，或保留 1~2 株，培育成林。杉木分蘖造林的林木生长情况见表 6-1。

4. 杉木混交林的营造

杉木混交林的营造始于 20 世纪 50 年代。在我国杉木主产区，分别进行过杉木与马尾松、柳杉、水杉、华山松、樟树、檫木、火力楠等的混交试验，获得了较好效果。云南省杉木混交林的营造研究较少，在西畴县香坪山林场曾进行过杉木与泡桐 (*Porlownia fortunei*)，云南拟单性木兰、秃杉等的混交试验。

杉木为常绿针叶树处，其针叶的寿命长达 2~5 年，落叶不易腐烂，而杉木林木的根系在土壤分布较浅，对表层土壤肥力的消耗较大，易形成土壤板结。因此营造杉木混交林更具重要意义。

杉木混交林具下述优点：①可充分利用空间、地力和改良土壤。杉木混交林可形成复层林，增加林地的土壤肥力。促进杉木林木的生长，提高林地单位面积林木的产材量。②有利改善林区小气候环境。杉木纯林由于林木的栽培密度较大，对其生态环境带来不利的影响，造成林内的生物多样性较单纯。因此杉木纯林的连作，使经济效益逐步降低。营造杉木混交林可提高林内透光度，改善林区小气候环境。③可减少病虫的大量发生，杉木纯林易发生黄化病、烟煤病、炭疽病、落针病等。杉木混交林很少发生此类病害。④可获得一定的阔叶材或其他材种，增加营林经济效益。

杉木混交林树种的选择原则是：①选用深根性树种。②选用落叶树种。③选用喜光性树种。④选用阔叶树种为次要树种，与促进杉木主要树种的林木生长为主的混交原则。

根据云南省的气候、地形特点，可分别进行杉木与秃杉 (*Taiwania cryptomerioides*)、杉木与柳杉 (*Cryptomeria fortunei*)、杉木与西南桦 (*Betula alnoides*)、杉木与云南拟单性木兰 (*Parakmeria yunnanensis*)、杉木与红木荷 (*Schima wallichii*)、杉木与旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*) 等的混交试验。

营造杉木与其他树种混交林的混交方式可进行株间混交、行状混交、带状混交及块状混交等。

七、育林期的营林技术

三分造七分管，杉木造林后管理的好坏决定杉木林分生长的良莠。因此必须做好造林后的林地管理工作。

1. 林地的管理：杉木林区夏季高温高湿，其幼林期林木与高草植物的竞争强烈。必须认真你很好杉木幼林地的管理工作。

杉木造林后一般需 3~5 年才能郁闭成林。因此造林后的第 1~2 年，每年需对林地砍草抚育 2 次，第 1 次在 4~5 月，第二次在 9~10 月。结合林地的砍草抚育进行一次扩塘松土工作。扩塘应使塘土略高于地面，以免塘内积水，影响幼林生长。造林后第三年杉木林的林木平均高可达 2~3m，对其林地只需 9~10 月砍草抚育一次即可，待林木完全郁闭后，只需做好护林防火防病虫害工作。

2. 林木的抚育间伐

(1) 抚育间伐时间

杉木林林木的间伐时间与林分年龄，造林密度、林地的立地条件及经营管理强度密切相关。拟定杉木林的合理间伐年龄对提高林分的生长量影响较大。过早间伐对促进林木的生长作用不大，过迟间伐导致林木生长量的减退。

杉木林一般 10~12 年生、树高、胸径连年生长量开始下降。因此杉木林的林木的首次抚育间伐，应在 10~12 年生时开始进行。但在相同的立地条件下，初植密度为每亩 167 株的杉木林分 12~14 年生林木的树训、胸径连年生长量才开始下降，故林分的第一次抚育间伐可推迟为 12~14 年生。

杉木林的林木首次抚育间伐时间应根据下述情况决定：①依杉木林的分化程度来确定。即根

据林分中出现的IV~V级的数量来确定。IV~V级木的比例占1/3时,可实施首次抚育间伐。
②按自然整枝的高度来确定,林木自然整枝高度占高度占杉木枝高的1/3时可实施首次抚育间伐。

(2) 间伐强度

抚育间伐强度决定杉木的生长量。间伐强度过小对林分对林分生长不利;间伐强度过大,虽对促进林木单株生长有利,但由于单位面积株数过少,不能充分利用地图资源。杉木的抚育间伐强度可分为4级(见表7-1)。

确定杉木林的抚育间伐强度的方法较多。可根据林木分级来确定林木的抚育间伐;可根据林分疏密来确定;可根据林木的林冠系数来确定;可根据其林分密度管理图来确定等。

为方便生产应用,现介绍一种较简单的确定方法,即林木的冠幅与平均胸高直径的相关度确定法。

杉木林分的林木平均胸径与平均冠幅存在密切的直线相关关系。只要测得杉木林的林木平均胸径高,就可通过下述方程获得其林木平均冠幅理论值,即 $y=1.0651+0.09498x$,式中 y 为冠幅平均理论值(m) x 为胸径平均值(cm),根据所获得的平均冠幅理论值,只需用 $666.67m^2/$ 平均冠幅投影面积(m^2),就可得到该杉木林每亩应保留的林木株数。即可确定需间伐的株数及计算间伐株数的间伐强度。

杉木林林木平均胸径及平均冠幅投影面积与其抚育间伐后的每亩保留林木株数如表7-2。

杉木林进行抚育间伐的原则是:伐小留大,伐劣保优,照顾到林分的林木稀密分布均匀。不形成较大的林窗,抚育间伐后必须认真清理林地,以免火灾及病虫的发生。杉木林的抚育间伐一般每隔5~6年进行一次。

3.病虫害防治

杉木的病害主要有立枯病、黄化病、炭疽病、叶斑病、叶枯病、赤枯病等;主要虫害有双条杉天牛、杉梢小卷蛾、雀茸毒蛾、中华象虫、日本黄脊蝗、白蚁、地老虎、金龟子等。

(1) 病虫害防治

①立枯病:主要危害杉木幼苗或幼林。杉木立枯病因发病时期不同,可出现5种症状。即种芽腐烂、叶茎腐烂、苗木猝倒、苗木立枯、幼树茎枯等。

杉木立枯病的主要侵染性病原是丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、镰孢菌(*Fusarium oxysporum*)、腐霉菌(*Pythium debaryarum*)。这些真菌以植物残体为营养,可大量繁殖,多次发病,易流行,造成较大面积的杉木苗死亡。

防治方法:**a.**选好育苗地:用土壤不粘重,排水良好的新垦山地育苗,育苗地不连作;不在前作辣椒、红薯、马铃薯、烟叶、瓜类等地段育苗;**b.**进行土壤消毒:结合整地每亩撒40~50kg生石灰;也可每平方米用2g的苏化911(硫化坤)对土壤消毒或用500倍退菌特液喷洒土壤消毒。**c.**药物防治:每10~15天喷洒等量式波尔多液一次。雨天用8:2的草木灰与生石灰混合后撒于床面,可收到良好防病效果。

②黄化病:杉木黄化病主非病菌侵染病,主要表现是杉木幼林针叶由下往上,由内向外逐渐变黄,进行雨季后,病况加重,严重影响极木幼林的生长。发生杉木幼林黄化病有多种原因,如林地土壤含水量过大,土壤母质不适宜,土壤贫瘠及恶劣生境等。

防治方法:由于杉木黄化病为非侵染性病害,只需采取相应的营林措施即可防治。

a.选好造林地,依据适地适树的原则,避免在土壤瘠薄,粘重的林地及风口、孤山等地营造杉木林。**b.**进行全垦或大穴造林,并注意林地的排水。营造杉木林最好采用林粮间作的造林模式。

③炭疽病:杉木炭疽病在顶芽以下10cm内的茎叶部发生,使嫩枝逐步枯死。并留有病斑,杉木炭疽病主要由子囊菌中的小丛壳菌(*Glomerella cingulata*)侵染所致。

防治方法:**a.**剪除病枝,集中烧毁,以免继续传播。**b.**在该病的发病初期,对感病植株每15

天喷洒等量式波尔多液一次。或喷洒 50%的托布津，50%的退菌特一次。

(2) 虫害防治

杉木林虫害在云南省的杉木种植区也时有发生，其种类有双条杉天牛，杉梢小卷蛾，白蚁等，但均未造成大面积危害。

①双条杉天牛 (*Semanots bifasciatus*) 在滇东南杉木种植区，该害虫较少见。主要危害滇东北区的杉木林。一般危害 6~7 年杉木树干，双条杉天牛每年发生一代，幼虫在杉木边材内越冬。是杉木的主要蛀干害虫。

防治方法：a.冬季伐除杉木林中的受害木、病腐木及被压木，以增加林内的光照及通风度。b.在双条天牛危害杉木树皮的幼虫期，用 50%的氧化乐果喷洒树干，可杀死树皮中双条杉天牛幼虫。c.于每年 3~4 月成虫离树活动期，可人工捕杀其成虫。d.在 5~6 月间放着肿腿蜂，使之寄主于双条杉天牛幼虫，减轻危害。

②杉梢小卷蛾 (*Polychrosis canninghamlacola*)：杉木小卷蛾主要危害杉木树的主、侧枝的顶芽。该虫在滇东南区杉木林中较常见，每年发生 2~5 代，以幼虫危害杉木树的主枝或侧枝的顶芽。严重影响杉木林木的树高生长。

防治方法：a.放养天敌松毛虫赤眼蜂 (*Trichogramma dendrolimi*) 对杉梢小卷蛾卵期防治效果较好。b.于杉梢小卷蛾的幼虫期喷洒 50%的杀螟松 300 倍液或 40%的氧化乐果乳剂 800 倍液，可杀死其幼虫。c.在老熟幼虫阶段，可使用 15%杀虫畏乳剂或 20%蔬果磷乳剂 300 倍液，40%久磷乳剂 400 倍液喷雾，效果较佳。

八、采伐与更新技术

1.主伐年龄的确定

杉木林的主伐年龄主要是根据杉木林的数量成熟期来确定。但在特殊情况下，如纸浆林等也有根据工艺成熟龄来确定主伐年龄。杉木林的数量成熟是以林分的林木材积的年平均生长量达到与连年生长量相等的最高点为标志。而工艺成熟龄则是根据经营目的，以杉木材种材积生长最佳品质出现期为标志。

杉木林的数量成熟期受林地立地条件，林密度及经营管理强度，林分起源等的影响。在林地立地条件较好，杉木林木生长的持续时间较长，林分的数量成熟在 25~30 年间。在立地条件较差，林分密度较大，经营强度较低条件下，杉木林木的数量成熟期在 18~20 年间。一般情况下杉木林木的数量成熟期在 20 年生左右。因此杉木林的主伐年龄应根据不同的林分状况来确定。一般主伐年龄为 20 年左右。

2.主伐方式

杉木林的主伐方式依林地的地形条件及经营方式而定。由于杉木林的郁闭度较大，加之种子较小，周围高草植物生长较茂盛，天然下种更新困难。为便于人工植苗更新，杉木林以采用小面积皆伐方式比较适合。

根据 1973 年农林部颁布的“森林采伐更新规程”中的有关小面积皆伐的规定，小面积皆伐的林木面积不超过 5hm²，在林地条件较好的地区，其小面积皆伐的面积不超过 10hm²。在地形崎岖的山地，杉木小面积皆伐的面积一般不超过 1hm²，在采伐前必须作好伐区的区划工作，对面积较大的杉木采伐林分，则每隔 150~200m 设置一采伐带，3~5 年待采伐迹地更新后，再采伐保留林带。

3.更新方法

①实生苗植苗更新：杉木林采伐迹地的杉木实生苗更新技术与杉木实生苗造林技术相同。根据全国杉木产区的经验，杉木连作一般提倡不超过三次。因杉木的连作往往会降低营林经济效益。在有条件时，应尽量更换树种进行人工造林。有利杉木林采伐迹地的恢复及生态环境的改善。在更换新树种时必须进行规划设计，经同行专家认证后逐步实施。为尽快恢复杉木林采伐迹地的水源涵养能力，更换用的树种应尽量以乡土树种为主，多选用较阔叶落叶或半

落叶树种，以保证杉木林采伐迹地的最快复兴。根据经验提出以下更换树种，供生产部门参考：a.西南桦（*Betula alnoides*）。b.鹅掌楸（*Liriodendron chinense*）。c.云南拟单性木兰（*Parakmeria yunnanensis*）；在山下部立地条件较好地地段可选造旱冬瓜（*Alnus nepalensis*）、五眼果（*Choerospondias axillaris*）、喜树（*Camptotheca acuminata*）、华山松（*Pinus armandii*）等作为采伐迹地更新的替换树种。

4.萌芽更新

杉木的萌芽力较强，1年生杉木苗在其茎基部就具较多的潜伏芽。30年生左右的杉木林木萌芽率最强。60年后林木的萌芽力逐步减退，杉木采伐后其每伐桩，在适宜条件下，一般有萌条20条以上，每个伐桩选留1~2株壮萌条培育杉木剪除多余植株，萌生的杉木生长快，3年即开始郁闭成林。集结经营的杉木萌芽林，一般15年即可采伐。但也不能多次连作，三代以后的杉木萌生林，22年生的杉木平均树高只有10.4m，平均胸径仅12.1cm。生长基本停滞。

杉木林的萌芽更新的效应与其采伐季节密切相关，若对杉木林的采伐迹地旅行萌芽更新时，应注意做到以下三点：a.在春季前后杉木林木顶芽未萌动时采伐林木，其根系养分较充足，光照充足，利伐桩萌条的迅速生长。b.对杉木林采伐迹地在萌芽进行炼山，有利伐桩萌条及降低萌条的生长部位。c.要尽量降低萌生杉条的部位，以免产生风倒伐桩面并要求平整稍有倾斜以免积水。确定进行萌芽更新的杉木林采伐迹地，伐后必须进行认真管理，必要时最好实行全垦深翻或林粮间作。在杉木采伐迹地，可能有少量伐桩的萌芽条长势较弱或萌芽力差等情况，因此必须作杉木大苗的人工补植，以保证杉木萌芽更新林的经济效益。杉木采伐迹地的萌芽更新具投资少，生长快，杉木的轮伐期短等特点。但难以培育大径材，木材质量较差，对林地的肥力消耗较快。

九、产业化规模经营前景

杉木栽培广泛，历史悠久，是我国的重要用材树种之一。由于杉木生长快，材质好，用途广泛等深受群众喜爱。贵州省锦屏的“女儿杉”世代相传。每户家庭在喜得女儿时，都要栽几年株杉木，待女儿长大出嫁时制作嫁妆。在我国众多的用材树种，对杉木栽培技术的研究最为深入广泛。植杉经验最为成熟。国家林业局为杉木速生丰产栽培制定了统一的标准。使全国的杉木产业化规模经营得到了迅速的发展。

1.杉木产业化规模经营现状

在新中国成立前，全国的杉木栽培多处于小面积和零星种植状况。20世纪50年代中期，随着社会经济的发展，木材供需矛盾越来越突出，从而推动了杉木造林业的发展。60年代初，国家林业局先后成立了多个公社林场，并提出了杉木造林“基地化”、林场化的口号，使杉木产业化规模经营得到迅速发展。20世纪70年代形成了部分杉木基地县，全国杉木林已达1亿余亩。

云南省的杉木产业化规模经营始于20世纪50年代中期，云南林业厅分别在文山州、红河州等地建立了杉木林场，使云南省杉木产业化经营初具规模。目前大部分杉木林场已开始主伐利用杉木株。并获得了较好的经济效益。随着滇东南、滇南、滇西南、滇东北杉木人工林的不扩大，目前云南省营建的杉木林面积达140余万亩，蓄积量达1000余万立方米。大大缓解了云南全省用材不足的供需矛盾。目前云南省的杉木林在产业化规模经营的基础上有了新的发展，部分杉木林场已逐步形成了杉木林培育，加工利用，运输销售等一体化的产业化规模经营模式，大大提高了杉木人工林的经济效益。为云南省种植业展示了壮丽美好的前景。

2.杉木产业化规模经营的关键技术

（1）实现良种化造林：杉木林产业化规模可持续经营的关键技术是实现良种化造林。目前云南省的杉木良种繁育工作尚处于杉木初级种子园的阶段，杉木初级种子园所生产的种子造

林后的林木，遗传增益仅为 15%左右。目前云南的杉木良种的初级应用率仅为 30%左右，远不能满足云南省杉木林规模种植杉木的用种需求。云南的杉木良种繁育工作任重道远，必须通过不断选育，尽快完成杉木第二代、第三代种子园建设工作，才能获得较大的遗传增益。应力争 2020 年实现云南省杉木造林的良种化，逐步向高级良种化发展。

（2）建立杉木速生丰产培育集约栽培模式

杉木的规模产业化经营，仍离不开良种，良法的共同实施。除不断提高良种的应用率外，其培育技术方法，经营模式等也应得到不断更新。因此根据云南的气候、地形特点，不断研究云南省杉木速生丰产栽培模式，仍具有重要意义。20 世纪 80 年代初期，云南林业科学院在屏边县对杉木速生丰产栽培技术措施进行过研究。采用数理统计正交试验方法，获得一定经验。8 年生杉木林每亩蓄积量可达 17.6m³，大大超过了国家林业局杉木速生丰产的指标要求。随着云南杉木产业化规模经营的发展，深入研究云南杉木林的栽培技术，经营模式更显必要。通过不断研究，不断总结的道路，建立云南省杉木林产业化经营模式，最后根据云南省各杉木区的气候特点，完成云南省杉木速生丰产产业化规模经营的技术规程。