

秃杉

Taiwania flousiana Gaussen

杉科 Taxodiaceae

一、形态特征

秃杉别称香杉，常绿高大乔木，树高可达 70m，胸径 3 m。树皮褐灰色，不规则长条形版状开裂，内皮带红褐色。树冠圆锥形，大枝平展，小枝小垂，芽小。叶砧形，螺旋状排列，大树叶长 2~5 mm，横切面四棱形，四面有指气孔，先端锐尖；幼树叶及萌芽枝叶镰状锥形，长 0.6~1.5cm，直伸或微向内弯。两面有气孔线。雌雄同株异花，雄球花 2~7 个簇生小枝顶端，花药 2~4；雌球花单生枝项，直立。球果圆柱形或椭圆形，长 1.5~2.2 cm，径维 1 cm，褐色，种鳞 21~39 片，种子长椭圆形，两侧具膜质翅，边翅长 4~7 mm，宽 3~4 mm。花期 4~5 月，果熟期 10~11 月。

二、分布与生长特性

1. 分布特性

秃杉起源古老，在中生代分布很广，经过新生长第三纪、第四纪冰川之后，而大量绝灭，仅存于我国云南、贵州、湖北和缅甸北部山区。呈间断块状分布或单株散生。而成为孑遗植物，被列为国家一级保护植物。

秃杉在云南省的主要分布区是：怒江、澜沧江流域的福贡、贡山、腾冲、龙陵、兰坪、维西、云龙等县。地处北纬 25° 07' ~28° 03' ，东经 98° 29' ~98° 45' ，海拔高度 1600~2700m 的地段。现在贡山县其期乡沙拉垭口，海拔高度 2200m 的山地，尚存比较完整的以秃杉为优势种的针阔叶混交林天然林分，树种组成是 7 秃杉 1 青冈 1 落叶松 1 木莲+润楠-木荷，林分郁闭度至均高 39.1m。在腾冲县的大罗绮坪及马占乡、云龙县槽枕乡、维西白济讯乡，存有古秃杉单株。此外，怒江流域的福贡、贡山、龙陵、泸水；澜沧江流域的兰坪、维西等县，也散生有少量的秃杉。

在贵州省黔东南自治州雷公山一带自然分布的秃杉，多生长在海拔高度 500~1100m 的雷山，剑山等县。此外，在湖北省西部了，北纬 30° 20' ，东经 108° 55' 的利川县海拔高度 300 m 的山地，沟谷也残存少量的秃杉散生木。

据此，秃杉在我国的现代天然分布范围是北纬 25° 07' ~30° 20' ，东经 98° 29' ~108° 55' ；海拔高度为 500~2700m。

云南省为保护秃杉这一珍稀濒危特种，除历史上曾有人工小片种植外（1933 年在腾冲县公头乡有小片栽培），近年来，在省内开展了大面积的秃杉人工造林。人工栽培，大大扩展了秃杉在云南的分布范围。除原产地腾冲、昌宁县造林外，1975 年开始，通过迁地栽培，秃杉已人工种植到北纬 25° 01' ，东经 102° 45' ，海拔高度 1970~2000m 滇中地区的昆明；北纬 23° 27' ，东经 104° 40' ，海拔高度 370~1450m 滇东南的西畴、麻栗坡、屏边县；北纬 24° 59' ，东经 104° 19' ，海拔高度 1482m 滇东地区罗平县；直至北纬 21° 50' ，东经 101° 04' ，地处北热带的西双版纳普文林场。省外，秃杉已引种栽培到湖南省的安北，江苏省的吴县，浙江省，海拔高度 70m 具岛屿海洋性气候的舟山。还引种到北纬 32° 左右四川西部的邛崃山脉。

通过人工迁地栽培和引种，秃杉的水平分布范围已扩大至 21° 50' ~32° ，东经 98° 28' ~123° 08' ，其上分布范围为海拔高度 70~3000m。在其迁地种植地，秃杉林木生长均为良好，可见秃杉是一种适应性强，适生范围广的珍稀树种。

(1) 云南秃杉自然分布和人工栽培区的气候环境

有关气象资料表明，云南秃杉自然分布区的年平均气温为 11.4℃~16.9℃，最冷月平均气温 3.6℃~10.8℃，绝对最低温-1.3℃~-8.9℃，≥10℃年积温 3079~6063℃，处于暖温带至亚热带的温凉气候环境，表明秃杉对温度的适应范围较广。

云南秃杉自然分布区的年降水量 879~2000mm。在云南的秃杉自然分布地除少数几个地方，如维西、福贡、贡山等县旱季（11月~翌年4月）的降水量在 300 mm 以上，占全年降水量的 34%~50%以上，其余分布地，旱季的降水量都在 300 mm 以下，仅占全年降水量的 11%~15%。旱季的 2~4 月，正值秃杉的萌发生长期，其林木消耗的水分较多，然而在秃杉的自然分布区，春旱期间，植株仍能正常萌发生长，表明秃杉具有一定的耐旱能力。然而，秃杉的自然分布区多为降水量多、湿度大的湿润、半湿润环境，雨季（5~10月）降水充沛，热量充足，水热同季，十分有利于秃杉林木的生长发育。

在云南的秃杉的人工栽培区，气温和水分条件变化很大，超过了自然分布区。年平均气温 13.2℃~20.1℃，最冷月平均气温-3.0℃~-1.5℃，绝对最低温-13.5℃~-2.7℃，≥10℃年积温 3100~6500℃，年降水量 900~1665mm，干湿季节明显，11月~翌年4月为旱季，降水量仅占全年的 11%~15%，从暖温带跨越到热带北缘的半湿润和湿润气候。在威信县（年平均气温 13.2℃，绝对最低气温-9.8℃）及罗平县（年平均气温 15.1℃，绝对最低气温-13.5℃）秃杉人工栽培区，冬季都出现冰凌，但所栽培的秃杉林木无折枝及冻害发生。在昆明的秃杉人工栽培地，1986年3月出现多年不遇的偶发性倒春寒低温天气过程，日平均气温-0.2℃~-2.3℃，持续时间 72 小时，当地的 145 种树木遭受不同程度的冻害，而正值萌发生期的秃杉林木，却无冻害发生。1992 年，昆明遭遇多年不遇的偶发性特大干旱，全年降水量仅 600mm 左右，旱季的 3~4 月份，降水量仅 7.9 mm，日平均相对湿度为 50.1%~47.3%；而正值萌发生长期的秃杉林木，在如此大气大旱的状况下，仅推迟了其萌发生长，而影响了当年林木的生长量，以及少数植株出现叶发黄掉落，枝梢枯损外，多数林木并无旱害发生，也未出现生理病害。

而普文人工秃杉种植地，已地处北纬 21° 50'，海拔高度 800m，年平均气温 20.1℃，年均降水量 1655mm，年相对湿度 83%，已属北热带边缘气候类型，但秃杉也能生长，且长势旺盛。

秃杉自然分布区的年日照时数为：1312~2122h，其中雨季（5~10月）的日照时数为 604.7~919.9h，占全年日照时数的 36%~48%。秃杉林木的不同生长阶段对光照条件有不同的需求。秃杉的种子萌发成苗是在林下荫蔽环境条件下完成的；表明秃杉幼苗生长阶段适应蔽荫微弱的光照环境。随幼苗的成长穿出林下地被物层达幼树期后随光照条件的逐步改善；而成长为幼龄木，中龄木，直至成熟龄木。秃杉林木的这一生长过程，反映了各个不同的生长阶段，对光照条件不同需求的生长习性，也是从幼苗期耐荫蔽，发展到大树时，需求全光照的历程。而秃杉人工栽培区，年日照时数已扩展为 1000~2400 h，在全年日照时数较多的地方，5~10 月份秃杉主要生长季节的日照时数为全年的 40%~50%，而在全年日照较少的地方，如威信年日照 1000h 左右，其 5~10 月份的日照时数为 600 多 h，占全年日照时数 60%以上，均能满足秃杉林木主要生长季节对光照的需要。综上所述，秃杉在云南人工栽培区的生长表现表明，该树种适应气候环境的能力较强。

（2）云南秃杉自然分布和人工栽培区的植被与土壤环境

云南秃杉自然分布和人工栽培区的植被与土壤状况见表 2-1。

表 2-1 云南秃杉自然分布和人工栽培区的植被与土壤状况

	地点	海拔高度/m	土壤			秃杉分布状况	森林植被类型	主要伴生树种
			类别	pH 值	有机质含量/%			
自然分布区	云南福贡	1600~2200	红壤	5~5.5	2~3	单株散生	常绿阔叶林	木姜子、青冈、山茶、木荷
	云南腾冲	1700~2200	黄红壤	4.8~5.0	2~5	单株散生	常绿落叶阔叶林	青冈、栲、栎、柃木
	云南贡山	2000~2700	黄棕壤	4.5~5.0	2~5	林分	针阔叶阔叶林	7 秃杉 1 青冈 1 落叶松 1 木莲
	云南维西	2300~2500	棕壤	4.5~5.5	4~8	散生	针阔叶阔叶林	铁杉、青冈、石栎

人工栽培区	云南昆明	1970~2000	红壤	5~6	1~2	块状栽培	云南松栎类混交林	杉木、柳杉、雪松、山桐子
	云南西畴	1340~1550	黄壤	4.9~5.5	7	块状栽培	杉木针阔叶混交林	杉木、木莲、木兰、含笑
	云南普文	800	砖红壤	5.0	5	单株栽培	热带山地雨林	
	云南威信	1200	黄壤	2~4	5.2	块状栽培	杉木针阔叶混交林	杉木、柳杉
	云南屏边	1470	黄壤	6~6.5	6~6.5	块状栽培	常绿阔叶林	杉木、圆柏

表 2-1 材料表明秃杉自然分布和人工栽培地区的森林植被主要是亚热带常绿落叶阔叶林和针阔叶混交林，个别地方为热带山地雨林。土壤为黄壤、红壤和棕壤，个别地方为砖红壤。云南幸存的秃杉天然林，生长在贡山县海拔高度 2200m 的山地，为以秃杉为优势的针阔叶混交林，林地土壤为黄棕壤，呈酸性反映，土壤的有机质含量为 20%~5%，比较肥沃深厚，其林木生长旺盛，虽然是百年以上的秃杉过熟林，但林相完整，林分郁闭度达 0.7，林木的平均高 39.1m，胸径 61.4cm，每公顷秃杉活立木的木材蓄积量 553m³。仍然是一个生长稳定的林分。云南其他自然分布的秃杉，多单株或呈群状散生于针阔叶混交林中，其林木的树冠高出林冠层之上，林地土壤类型多为红壤、黄红壤、黄壤、棕壤、黄棕壤，一般都呈酸性，弱酸性，土壤有机质含量 2%~7%，亦较肥沃深厚。其中普文秃杉栽培点的土壤则为赤红壤，秃杉林木，生长良好；昆明秃杉栽培点的 III 号试验地，为浅层石砾红壤，其秃杉林木生长不良；而 I、II 号试验地，为土层深厚（土层厚度超过 2 m）的红壤，种植的秃杉林木则生长良好。

2. 林木的生长开花结实特性

秃杉寿命长。有记载腾冲县罗琦坪的一株秃杉古树，为唐代。南诏时期种植，树龄 1200 年，树高 21m（树干几经雷击折断且中空），胸径 2.71m，冠幅 26.6m×13.4m，云龙县漕涧乡庙丹的一株秃杉古树，树龄约 300 年，树高 20m（主干折断），胸径 1.13m，仍能开花结果；腾冲县马占乡的一株秃杉，树龄 90 年，高 33.5m，胸径 84.1cm，冠幅 21m×12m，正值结果盛期。

此外，据资料记载，云南省昌宁、龙陵、维西、贡山、临沧、福贡等县以及湖北省利川县尚存秃杉的单株活立木，树龄 76~2250 年。而贵州雷公山一带的秃杉古树群，胸径 1.0~1.5m，生长仍较旺盛。由此说明秃杉生活周期长，生命力旺盛。

(1) 林木的生长及分化过程

据秃杉树干解析资料，秃杉天然林木在 1~4 年生的苗期，生长较慢；5 年生以后，生长逐渐增快，树高年平均生长量达 0.6m，直径年平均生长量达 1cm。7~15 年生为其林木的快速生长期，树高年平均生长量 1~1.2m，胸径年平均生长量 1.4~2.0cm，单株立木材积 0.0358m³。16 年生林木的树高年平均生长量 1.0~1.1m，胸径年平均生长量 1.6~1.8cm，高、径生长虽然开始下降，但仍保持有较高的水平，此间林木的材积生长量上升，单株材积达 0.11 m³。

在云南的秃杉自然分布区，人工营造的秃杉林其林木的生长过程与天然林林木相似。如 1933 年在腾冲县，海拔高度 2300m 的天台山营造的一片人工秃杉林，初植密度 3m×3m，每公顷 1044 株，5 年生的幼林期，林木生长较慢，树高年平均生长量 0.5m，直径年平均生长量 0.9cm；6~12 年生，林木的生长速度增快，树高年平均生长量达 0.6~1.0m，胸径年平均生长量为 2.0~2.2cm；14~18 年生，林木的树高年平均生长量 1.0m，胸径年平均生长量为 1.0~1.5cm；20~26 年生，林木的树高年平均生长量 0.7m，胸径年平均生长量为 1.0cm，生长速度开始减慢；53 年生时，林木的树高年平均生长量 0.3~0.5m，胸径年平均生长量为 0.3~0.4cm。54 年生林分中林木的平均高 32.4m，最大树高 38.5m，平均胸径 38.5cm，最大胸径 55cm，形数 0.39。林分郁闭度 0.9，每公顷立木蓄积量 1340m³。林下很少有灌木，仅有一些冷木（*Pilea* sp.）花等草类。没有天然更新的秃杉幼苗。

在秃杉的迁地栽培区，其环境条件与秃杉自然分布区相比，变化较大，如秃杉的昆明迁地栽培地，属北亚热带山地，半湿润季风气候；秃杉的西畴迁地栽培地，属南亚热带湿润气候，省外的舟山秃杉迁地栽培地，属海洋性湿润岛屿气候。但是这些迁地秃杉人工林林木的生长

过程与秃杉自然分布区的天然林和人工林林木的生长过程基本一致，均在 5 年生的幼林期内，林木生长较慢，5 年生以后，生长增快，10~20 年生为秃杉林木的快速生长阶段，25 年生以后，林木的生长速度逐渐减慢，到 34 年生左右，生长速度迅速减慢。说明秃杉林木的生长习性相当稳定。

秃杉人工林林木的自然整枝，林木分化的自然稀疏进程，与初植密度和环境条件有密切关系。初植密度大（株行距 2m×2m），环境条件好（气候、土壤适合）的秃杉人工林，郁闭快，郁闭度大，林木的自然整枝年龄早，较强。

秃杉人工林林木的分化与其林分郁闭度的大小亦关系密切。郁闭度较大的林分，林木分化更为明显。一般按林木在林分中生长状况的差别，将秃杉林木分为五级，一级木是粗壮高大，树冠伸出主林冠之上的林木，二级木次之，三级木是组成林分的主体，其林木的树高、胸径值处于林分的平均值区间，四、五级木则是处于林冠下层，甚至枝、干受损，生长衰退的被压木。秃杉林分因林木的分化，而产生林木的自然稀疏的现象，其林木的自然稀疏过程从林分郁闭、林木分化开始，而贯穿于整个林分发育的全过程。由于秃杉多为以秃杉为优势种的林分，自然分布区 54 年生的秃杉林以及迁地栽培区（昆明）34 年生的秃杉人工林，虽然出现了林木分化，但尚未产生林木的自然稀疏现象，究其原因是秃杉具有既耐荫又喜光的特性，林分中出现的五级木，在林冠下仍能生活较长时间。为提高秃杉林分的总体生长力，采取人工间伐抚育促成，林分的自然稀疏，而伐除被压木的 4、5 级木及清除部分生长差的 3 级木。

（2）林木的年生长节律

秃杉人工林林木的年生长节律列如表 2-2

迁地栽培区	一季度生长量		二季度生长量		三季度生长量		四季度生长量		全年生长量	
	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm	树高 /cm
昆明	3.0	1.3	32.0	2.9	40.8	8.6	6.0	0.0	77.0	12.5
西畴	11.0	2.2	58.0	8.6	48.0	6.3	7.0	1.6	123.0	17.9

在昆明迁地栽培区秃杉人工林林木的树高、直径的年生长高峰期都出现在三季度，而在西畴迁地栽培区，秃杉人工林林木的树高和直径的生长高峰期出现在二季度。这与两迁地栽培区的气候条件密切相关。西畴迁地栽培区气温高，湿度较大，其林木从一季度开始就有一定的生长量；1990~1992 年，三年二季度的平均气温在 20℃ 以上，降水量在 700mm 以上，具有较佳的湿温环境条件，所以此期间秃杉林木的生长量最高。三季度虽是雨季，但降水量减少至 250mm，平均气温下降到 19℃ 左右，故此期间的秃杉林木生长量略有下降。林木二、三季度的树高、直径生长量之和，分别占其林木全年树高、直径生长量的 80%~90%。在昆明迁地寺区，一季度的降水少，气温低，秃杉林木仍处于休眠期，至二季度四月份林木才展叶抽梢，仅有微弱生长，至 5 月后气温上升到 18℃ 左右，降水增加（二季度降水量 400mm 左右），秃杉林木的生长速度增快，而昆明迁地栽培区三季度平均的气温达 17℃ 以上，降水量高于 400mm，此期间秃杉林木的生长量略高于二季度，成为生长时期，二、三季度秃杉林木树高、直径生长量之和，也占其林木全年树高、直径生长量的 90%。从两迁地栽培区秃杉人工林林木的年生长节律看出，秃杉喜温暖、湿润的环境。相比较，西畴迁地栽培区的环境条件，更适合于秃杉的生长。

（3）林木主干与侧枝的生长特性

在昆明迁地栽培区，秃杉人工林林木主干的年生长量达 81cm，为侧枝年生长量 15.6cm 的 5 倍多，形成主干突出，顶端优势明显的树势，而林木各方位侧枝生长量较为一致，因而形成整齐圆满的塔形树冠，显现出秃杉林木出材率高的特性。

在西畴迁地栽培区，秃杉人工林林木主干与侧枝生长都很旺盛。主干年平均生长量达 122.7cm，为侧枝年生长量 36.8cm 的 3 倍多，其林木主干仍较突出，顶端优势也较明显，林木各方位生长整齐发达的侧枝形成庞大的树冠，而聚集成为浓郁的林冠。使其林分显得浓密郁闭。由此看来，在环境条件较好的地方，秃杉人工林的初植密度应当放小。

在不同生境的秃杉迁地栽培区，秃杉人工林主干与侧枝的生长有一定差异，但主干突出，但顶端优势明显，树冠整齐，是秃杉林木稳定的生长特性。

(4) 林木的根系生长特性

在昆明迁地栽培我区，1.5 年生的秃杉幼苗，苗高 0.7m，根颈直径 1.44cm；其苗木的主根长达 43.6cm，径 1.32cm；具长 8.6~31.4cm，径 0.32~0.67cm 的一级侧根 8 条；具长 3.4~18.8cm，径 0.08~0.2cm 的二级侧根 24 条；而具须根 36 条，长 2.3~7.8cm，径 0.03~0.08cm。其苗木的根系生长发育良好。

而该迁地栽培区 6 年生的秃杉人工林，其幼树的树高 2.7m，胸径 2.6cm，主根不明显，从其幼树根颈部的四个方向分生出四条粗根，根粗分别为 0.7cm，1.0cm，2.0cm；其中 1.0cm 的粗根，在 20~60cm 的土层中，斜下延伸，长达 1.5m，并着生二级侧根 6 条，须根 30 条，其侧根、须根多分布在 30~60cm 的土层中，其的二级侧根和须根分布在 20~60cm 的土层中。显现出人工栽培的秃杉幼树具有生长良好的健壮根系。

另据资料，44 年生的秃杉林木，其树高 16.3m，胸径 15.4cm，根颈直径 19.7cm，在其根颈 15cm 深处生有 4 条直径为 11cm 的侧根，垂直根 3 条，组成一级根系；在土层 15~25cm 处，由一级根分生出 10 条侧根和 3 条垂直根，级成二级根系，二级根系所分布的土层 25~40cm 处，又分生出 20 条以上的根系组成三级根系。春各级根系互相交错，形成根群网。秃杉林木的根系有连生现象，有 4 处具连生根系的根幅达 290cm。秃杉林木根系密集的范围 140cm。在坡地上生长的秃杉，其林木的根系生长不对称，坡上方及两侧，各具一级根两条；坡下方有两条二级侧根和两条二级垂直根；直下方的根系比上方发达。秃杉林木的粗度小于 1cm 的根系 83% 分布在土层 20~40cm 处，其交织成网状；而 1~3cm 粗的根系有 90% 分布在 60~80cm 的土层中。秃杉林木的根系具菌根菌，。

在林地腐殖层中生长较多。

秃杉林木根系的生物量占其全株生物量的 1/8，为主干生物量的 1/7（《秃杉》陶国祥）。

(5) 林木的萌孽特性

秃杉林木最大的萌孽特性是主梢明蘖。昆明栽培的秃杉林木，树高 4~5m 时，被蛀梢害虫蛀断主梢的植株，一次年春，在其主梢蛀断处会萌生 2~4 条萌生条，直立生长，其中一条生长较快，替代为主梢，其余萌条生长为侧枝，植株主梢几经蛀断，侧会几次萌生萌蘖条代替主梢，成长主干。这种主梢萌孽特性，对于秃杉林木形成单一主干，保持顶端优势，起到很大作用。此外，秃杉林木主干基部，也有不定芽萌孽成条，但生长微弱，偶尔形成双权枝，能形成短侧枝，但未见双权以上的多干（头）分生现象，保持了主干的单一性。

(6) 物候期及林木的开花结果性

根据 1990~1992 年连续 3 年对昆明、西畴迁地栽培区的人工秃杉林林木的物候观测，其物候期如表 2-3。

表 2-3

迁地 栽培 区	芽萌初期		展叶期		抽梢期		顶芽形成期	
	时间	平均气温/cm	时间	平均气温/cm	时间	平均气温/cm	时间	平均气温/cm
昆明	2 月 11 日~ 3 月 13 日	10.5~14.0	3 月 18 日~ 4 月 3 日	14.4 ~ 16.7	4 月 9 日~ 4 月 23 日	17.0~18.0	10 月 23 日~ 11 月 9 日	13.3 ~ 11.5

西畴	2月11日~ 3月9日	10.3~12.9	3月4日~ 3月24日	14.7~ 14.9	3月28日~ 4月9日	17.3~17.5	11月4日~ 11月23日	12.7~ 11.3
----	----------------	-----------	----------------	---------------	----------------	-----------	------------------	---------------

注：林木尚未开花，未观察到花期。

在昆明迁地栽培区，秃杉人工林林木的芽萌动期比西畴迁地栽培区晚7~10天，展叶期晚7天，而顶芽形成期（停止生长期），却比西畴迁地栽培区早10天左右。昆明迁地栽培区的秃杉人工林林木，一年之中，约有8个月的生长期，而在西畴迁地栽培区，秃杉林木的生长期约9个月，比昆明长约1个月。但其林木各物候期所经历的平均气温，基本一致。在同一种植地，受不同年度气象因素变化的影响，秃杉的物候期在年度上也有一定的差异。另据资料，在云南自然分布的秃杉，雌、雄花期为3月中旬~下旬，幼果形成和发育期4~9月，果实成熟期10月下旬~11月。但在滇西南低海拔地带和黔东南低海拔地带，秃杉果实9~10月即已成熟，比高海拔地带生长的秃杉稍早。

秃杉雌雄同株异花。对人工栽培的秃杉林木开花发育成熟的年龄，记述不一。据记载，腾冲县天台山秃杉人工林，54年其林木尚未开花，而在海拔高度1740m的腾冲县林科所所在地栽培的秃杉林木（近似行道树），1956年栽培者，1982年开始开花结果。1961年栽培者1986年开始开花结果，按此，再加育苗期2~3年，其秃杉林木的开始开花、发育或成熟年龄应是30年生左右。但在昆明迁地栽培区，种植在海拔高度1970~2000m山地的34年生秃杉林木，仍未见开花结果。

据资料记载，自然分布的天然秃杉林木开始开花的年龄为30~50年，稳定结果期为50~150年。500~1000年生的古秃杉尚有结果能力。

（7）林木的天然更新特性

秃杉的天然更新能力很强，更新效果亦佳，所以繁衍至今。

自然分布区的秃杉，林木30~50年生时开花结实发育成熟，其结实能力直延到300年生以上。进入发育成熟期的秃杉林木所结球果的量，每一球果可产种子21~70粒。幼苗在上层林木的适当庇荫下，获得所需光照和营养物质的需求而继续成长为幼树、大树。进而替代上一代林分，完成秃杉世代更迭而生生不息。

但由于人为强烈的干扰破坏，使秃杉天然分布区的生境恶化，所以在现今的秃杉天然林分散生木下，没有发现秃杉的幼苗、幼树。而无天然更新效果。

三、经济及生态价值

1. 经济价值评价

秃杉的经济价值，主要是在用材上。

秃杉木材，边材、心材明显，边材浅黄色，心材紫红褐色，色泽美观。具光泽，有香气，年轮明晰。纹理通直，结构细致、均匀，材质较轻软。干缩小，强度较低，冲击韧性较低。易干燥，天然耐腐力很强；切削容易，切面光滑，油漆及粘胶性能良好。握钉力中等，不劈裂。木材力学强度：气干密度0.3589g/cm³；干缩系数径向0.106%，弦向0.277%，体积0.417%；抗弯强度480kg·f/cm²，顺纹抗压强度262kg·f/cm²，冲击韧性0.281kgf·m/cm²；硬度径面125kg·f/cm²，弦面137kg·f/cm²，端面238kg·f/cm²。（云南经济木材志·罗良才）

耐腐性强，主要做高档器具，棺槨，装修用材。

秃杉生长快，单株材积生长量高，单位面积立木蓄积量大、出材率高。在其适生区（腾冲）人工营造的秃杉林54年生时，每公顷的立木蓄积量可达1340m³。其经济效益可观。

秃杉树形优美，树冠塔形，常绿枝叶繁茂，小枝轻柔下垂，无严重病虫害、适应性强。为我国特有，很具乡土特色。用于城乡绿化，园林栽培，营建高大浓绿的城市植被景观，既改善环境，又具观赏价值。

2. 生态价值评价

(1) 秃杉林具有较强的涵养水源及国土增肥能力。天然秃杉林，多为针阔叶混交林，郁闭度大，一般是 0.7~0.9，林冠稠密，截留降水的能力强；通过林木的枝叶、树皮吸水降水，并使之沿枝、干渗入林地土壤，增加土壤含水率并潜流为地下水。一般秃杉林林冠截留的降水量为潜水总量的 20%；林内枯落物，也能吸收部分降水。而郁闭的林冠减少了林地的水分蒸发，其所减少的水分蒸发量可为该地全年降水量的 34%。龙陵县龙山水库面积 35hm²，林龄 44 年的一片秃杉林，其平均高 16.7m，平均胸径 15.5cm，每公顷 2220 株，其林分林冠截留降水量达 419.4 吨/年·hm²，林地储水量每公顷 1733t，林地枯落物储水量达 11t。起到了很好的水源涵养作用。

秃杉林郁闭度较大，遮蔽林地，降水经林冠截留而不能直接冲击林地土壤，形不成强劲的地表径流，不致冲刷表土，产生水土流失，据观测 15~20 年的生秃杉林，平均每公顷根系重 15~20t，其庞大的根系有较强的固持林地土壤的能力。每亩秃杉林木根系的固土量约 385.5 t，而林分林木的枯落物，林下地被物以及林内动物、菌类残体经分解后回归于土壤，而增肥了林地的地力。此外，秃杉林木的根系具菌根，也能增肥土壤。

(2) 秃杉林具有较好的固碳、调节大气氧含量及净化空气的能力。秃杉林分生产量高，在其林木的生长过程中通过光合作用吸收了大量的 CO₂，减少大气中的 CO₂ 含量，有利于减少大气的温室效应。秃杉林木在莖光合作用同时，一方面吸收二氧化碳(CO₂)。一方面释放氧气(O₂)，而增加了大气中的 O₂ 含量，有利于人体健康。

此外，秃杉林还有减少风速，增加空气温度的屏障作用，其林木枝叶滞留了大气中的尘埃，净化了空气，改善了环境。

四、良种选育技术

1. 种源选择

秃杉在我国的自然分布分成三大片，也就是分三大种源区。一是以怒江流域为中心的滇西分布(种源)区，二是以雷公山为中心的黔东南分布(种源)区，三是以利川为中心的鄂西分布(种源)区。在此三大分布(种源)区内，秃杉的生长环境、生长状况不一，经度、纬度，特别是海拔高度的变化，引起气候、土壤的变化更大。因此，应根据这些特点，进一步划分区，作为采种种源。如果没有天然林分，也可以选取不同环境存留的天然散生林木或单株，也能代表一定环境条件下的秃杉种质资源。

根据造林实践，云南的秃杉人工林，一直是以滇西种源区采种造林，在自然分布区腾冲、龙陵、昌宁等地，获得显著造林成效，其中腾冲已造林 26 万亩，3900 万株。在滇中地区昆明造林，23 年生，平均树高 15.5m，树高平均生长量 0.67m，连年生长量 1.0m，连年生长量仍大于平均生长量；平均胸径 18.7cm，胸径平均生长量 0.8cm，连年生长量 0.7cm，林分郁闭 0.70。在滇东南西畴造林，7 年生，平均树高 5.5m，树高平均生长量 0.8m，连年生长量 1.4m；平均胸径 6.2cm，胸径平均生长量 0.9cm，连年生长量 1.8cm，树高和胸径的连年生长量都大大超过平均生长量而处于快速生长期，林分郁闭 1.0。生长繁茂。此外在滇东南的麻栗坡、屏边造林，滇东的罗平和滇东北的威信造林，也获得良好的效果，甚至在滇南的北热带边缘的普文栽种，生长也较良好。据江西乐安县实验林场报道，在全国的秃杉种源试验结果中，表现最好的秃杉种源是云南龙陵，贵州台江、剑河三个种源，其 12 年生，平均树高 8.12m，树高平均生长量 0.67m，平均胸径 12.49cm，胸径平均生长量 1.04cm，平均单株材积 0.0552 m³，材积平均生长量 0.0046m³。另据资料，经 rapd 分子标记技术结果表明：秃杉天然种群内存在较丰富的遗传多样性，三个秃杉种源区遗传多样性变异明显，19.5%的遗传变异存在于种源间。说明选择优良种源，有较大的造林增益。

(1) 滇西种源区

该秃杉种源区地处云南省西部的怒江流域，以高黎贡山为分布中心。其地理位置为北纬 23° 50' ~27° 41'，东经 98° 50' ~99° 50'，海拔高度 1600~2700m；年平均气温 11.3~

18.9℃，最冷月平均气温 3.3~12.2℃，平均降水量 878~2096mm，年平均相对温度 70%~84%。森林植被有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林，直至亚高山暗针叶林。滇西秃杉种源区的地形、地势复杂，海拔高度、气候、土壤植被变化很大。其适应范围应有所不同，因此，应根据不同的生态环境类型，再划分为三个秃杉种源，供不同的生态环境的秃杉造林选择。

① 腾冲、龙陵亚区（包括怒江、陵川、梁河）。本秃杉种源亚区地处高黎贡山南坡（西坡），海拔高度 827~1648m（秃杉实际分布在 1850~2000m 的地段），年平均气温 14.8~19.3℃，最冷月平均气温 7.4~12.2℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4690~6812℃。年降水量 1366~2096mm，11~4 月的降水量为全年的 8.9%~13.8%。干、湿季节明显。年平均相对温度 78%~84%。为北亚热带至南亚热带湿润气候类型。土壤多为赤红壤、红壤和黄红壤。森林植被为季风常绿阔叶林，秃杉常生长在其中，伴生树种有滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucoides*)，银木荷 (*Schima argentea*)，银叶栲 (*Cestanopsis argyrophylla*)，中缅木莲 (*Manglietia hookeri*) 等，林分平均高 26m。林分中的秃杉林木可高出林冠 20~30m。

本种源亚区所产的秃杉种子，可供滇东南、滇西南海拔高度 1600~2000m 的温暖湿润环境造林。

② 福贡、泸水亚区（包括碧江）。本秃杉种源亚区地处高黎贡山北段（东坡），海拔高度 1195~1992m（秃杉实际分布在海拔高度 2000~2300m 地段），年均温 13.8~17.0℃，最冷月平均气温 7.5~9.5℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3940~4335℃。年降水量 1146~1545mm，11~4 月降水占全年的 14%~49%。年平均相对温度 78%~79%。属暖湿带至北亚热带湿润气候。森林植被为中山半湿润常绿阔叶林和针阔叶混交林，土壤多红壤、黄红壤、黄壤。此间，秃杉与多种树种形成混交林，为林分的优势种，占林分组成的 70%。其秃杉林木的平均高 56m，平均胸径 112cm，处于林冠上层，其混交树种有青冈栎、木荷、白克木、木莲等，平均高 24~26m，平均胸径 30~65cm，是秃杉生长较好地段。

本秃杉种源亚区的种源，可供滇中海拔高度 2000m 左右的半湿润地区造林。

③ 怒江亚区（包括维西、兰坪、云龙）。本秃杉种源亚区的海拔高度 2000~2318m（秃杉林木实际分布到海拔高度 2700m），年平均气温 11.3~13.4℃，最冷月平均气温 3.3~5.3℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3079.5~3941.2℃。年降水量 818~1008mm，11~4 月降水占全年的 13.9%~32.2%。年平均相对温度 70%~74%。属温带半湿润气候，土壤为黄壤、黄棕壤。森林植被为针阔叶混交林。秃杉常和云南油杉 (*keteleeria evelyniana*)、乔松 (*Pinus griffithii*)、旱冬瓜、高山栲 (*Castanopsis delavayi*) 等形成混交林。平均高 20~26m，平均胸径 40~50cm，秃杉居于林冠上层，而高出林冠。

本秃杉种源亚区的种源，可供滇东、滇东北温暖至温凉半湿润气候区造林。

(2) 贵州雷公山种源区，海拔高度 600~1100m，年平均气温 14~16℃，最冷月平均气温 9~10℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 5100~6000℃。年降水量 1310mm，其中 11~4 月降水为全年的 25.1%。年平均相对温度 81%。为中亚热带湿润气候。森林植被为常绿阔叶林和针阔叶混交林。土壤为黄壤。本种源区共保存秃杉约 5000 株，分为 35 片。面积约 15 hm^2 ，最大的 1 片约 2 hm^2 。本种源区的秃杉林木多生长在村旁、溪沟两侧的湿润环境；常与甜槠 (*Castanopsis eyrei*)，米槠 (*Castanopsis carlesii*) 形成常绿阔叶林，伴生树种有细柄木莲 (*Manglietia tenuipes*)、木荷 (*Schima superba*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 等组成混交林。秃杉高出林冠 20m。

其种源试验表明：用雷公山秃杉种源所营建的秃杉林木生长快、抗性强，适应性广。其秃杉种源可供海拔高度 1200m 以下的温暖湿润区造林。

(3) 鄂西利川种源区。该秃杉种源区地处北纬 30° 20'，东经 108° 55'，海拔高度 740~900m。年平均气温 13~14℃，最冷月平均气温 7~8℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 4300~5000℃。年降

水量 1256mm，其中 11~4 月降水量为全年降水量的 21.3%；年平均相对温度 80%。属北亚热带湿润气候。森林植被为常绿落叶阔叶林、针阔叶混交林，土壤为黄壤、黄红壤。秃杉与杉木、棕榈 (*Trachycarpus fortunei*)、钩栗 (*Castanopsis tibetana*)、甜槠、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*) 等混生。

本种源可供低海拔 (1000m 以下) 温暖湿润环境秃杉造林。

2. 优良林分选择

秃杉的天然林已很少保存，散生木及孤立木也很少，且多是百年生以上的古树。因此，在秃杉天然林中选择其的优良林分困难很大。而最早的一片秃杉人工林为 1933 年所营造，但其 54 年生的林木尚未开花结果。以后营造的大面积秃杉林，均片于幼、中龄林阶段，距有记载的秃杉开花结果年龄 20~60 年生，尚属遥远。故难于在秃杉人工林中作优良林分选择和子代鉴定，增加不少困难。

按腾冲天台山秃杉人工林的生长状况，我们可将优良林分的标准拟定为：林分年龄 30~60 年生，接近开花结实年龄；林分的林木平均高 21~34m，平均胸径 30~55cm；林分郁闭度 0.7~0.9。林木主干通直圆满，自然整枝良好，无严重病虫害。

3. 优树选择

(1) 树龄 所选的秃杉优树最好是正值开花结果或接近开花结果年龄的林木。以选择 30~60 年生或 100 年生以内的大树较好 (100 年生的秃杉大树仍能大量结实)。选定之后，即可采种繁殖。

(2) 秃杉优株宜在 II、III 地位级林地的林分中评选 (云南森林林地平均地位级是 2.5)。选择优株时，必须比较立木所占的土壤营养面积和空间。

(3) 秃杉优株的生长与结实性状。其优株 30~40 年生时，树高年生长量大于 0.8~1.0m，胸径平均生长量大于 0.7~0.8cm、林木的枝下高 2/3 以上。干形圆满通直，尖削度小，分枝细，分枝角 65° 以内。树冠完整，尖塔形，生长旺盛，枝叶翠绿。无严重病虫害。如果已经结果，其果实的出种率要求 30% 以上，种子千粒重达 1.5g 以上。可用 5 株优势木片，小标准地片选优。

广东林科院王明怀在《秃杉优树自由授粉子代测定研究》一文中报道，其所选的秃杉优树，种子的平均场回发芽率为 9.1%。1 年生苗平均高 25.1cm；自由授粉家系的胸径，树高和单株材料的遗传力分别为 0.88, 0.87, 0.91。据此，从 19 个家系中选择 6 个优良家系，单株材积遗传增益达 52.6%，现实增益为 58.1%。

五、采种育苗技术

1. 种子的采收与处理

(1) 结实调查 为及时采到所需数量的秃杉种子，应对秃杉林分及散木的开花结实情况进行调查。按不同地区对秃杉林及散生木 (秃杉为雌雄同株异花植物，多为本株授粉，故孤立木也能结实产籽)。于花期的 3~4 月及果实发育期的 5~9 月进行植株的开花数量及果实发育状况的调查。以此判定是否是其产种丰年 (秃杉种子丰产年间隔期 2~3 年)，并估计果实 (种子) 产量。而在果实成熟的 10~11 月，更要经常观察秃杉植株的果实成熟情况。其果实由绿色转变为红褐色或黄褐色，少数果鳞张开，即为成熟。趁其果鳞未全部张开，种子尚未飞散时，组织人员采收。

(2) 种子的采收，调制与贮存

秃杉林木树体高大，果实生长在小枝顶端，采果时可人工上树剪取。事先应准备好攀登工具，采种人员的安全保护措施及高枝剪、盛装果实的布袋等器具。并注意上树安全培训和采果操作培训；采果时勿剪取大枝桠，以免影响林木次年结果。

采取秃杉果实时，先在采种树的树冠下铺设布垫或塑料膜，使掉落的果实、种子不致散失，也便于收集。分株采收果实，装袋，并记录地点，采收时间，采收果实的重量。

果实采收后，运到指定地摊晾，切勿曝晒。在果实摊晾期间，经常翻动果实，促成果鳞全部张开。待果鳞张开时，用木棍轻击果实使其种子脱出。种子自然干燥后，用布袋装盛放在阴凉通风干燥处贮存。贮存期间防止种子受潮霉变，或遭鼠虫危害。经自然干燥的秃杉种子，在室温条件下保存，种子发芽力可保持1年，发芽率保持在20%左右。而秃杉种子在贮存2年之后即丧失发芽力。

(3) 种子检验

采收的秃杉果实及贮存的种子取样进行检验。检验项目为：果实出种率、种子纯净度、种子饱满度、种子千粒重，种子发芽率（室内发芽率，场圃发芽率）、发芽势等。

秃杉球果的出种率，一般为2%~4%；种子纯净度90%~97%；种子的千粒重1.2~1.6g（最高可达2g），每千克种子64万~66万粒；室内发芽率25%~31%，场圃发芽率20%~26%。发芽15~20天发芽20%。

种子发芽率是种子质量的关键性检验指标。现介绍检测秃杉种子发芽率的基本方法。用40℃左右的温水浸泡秃杉种子24h，或用0.5%的高锰酸钾溶液浸种30min，取出种子用清水冲洗干净，均匀置于培养皿中的纱布或滤纸上（一般每个培养皿放置100粒，便于计数），将放置有秃杉种子的培养皿施入25℃的恒温箱（培养箱）中进行种子发芽培养。其种子一般在8~9天或6~7天开始发芽，每观察记录种子的发芽数，并将已发芽的种子从培养皿中拣出，植入容器培养成苗，而不浪费秃杉种子。培养皿内的秃杉种子20~30天达发芽高峰。约40天左右发芽结束。种子发芽结束后计算每个培养皿的秃杉种子的发芽率，以此综合计算出秃杉种子的发芽率及发芽势。新采的秃杉种子发芽率较高，可达50%，一般是30%左右。

2. 田间育苗技术

发育的秃杉果实，其果实的每枝鳞片内具2粒种胚，有时只有一粒发育成种子，有时2粒种胚同时发育成种子。发育成熟的种子表面光滑，扁平，黄褐色。种子出土萌发长出2枝线性的子叶，种子下胚轴延伸成幼根，而形成幼苗。秃杉幼苗生长较慢，半年生幼苗高6~10cm，其中无分枝，其真叶呈不规则螺旋形排列。半年生以后苗干有2~3分枝，生长增快。

(1) 实生苗繁育

用植物的种子播种育苗叫实生苗繁育。

①苗圃地选择 要求在交通方便，坡度不超过6°，地势平缓，疏松的砂壤土或壤土，有灌溉条件、排水方便的地方设置秃杉育苗用的苗圃。蔬菜地不宜做苗圃。

②苗床设置与土壤消毒 对选好的苗圃地行全面细致的整地后，设置苗床。平坦地方，苗床长边呈东西向，缓坡地上的圃地沿等高线筑苗床。在地下水位高、湿度大的地方，筑苗床；地下水位低，较干燥的地方，筑低床。一般是筑平床。苗床宽90cm，长度视地势决定。平地苗床长4~5m，缓坡地苗床沿等高线长3m左右。苗床与苗床之间设通道。主通道宽1~1.5m，便于推车和其他育苗工具通行；次要通过宽0.5m左右，便于管理人员工作往来。苗床之上用竹篾遮荫网或草蓆搭遮荫篷，透光度50%左右。

苗床平整之后，进行土壤消毒，用500倍的高锰酸钾溶液或800倍的福尔马林（甲醛）溶液，喷洒苗床土壤，浸透深度20cm。用高锰酸钾溶液作土壤消毒的苗床，24h之后即可播种，用福尔马林作土壤消毒的苗床，还需用塑料薄膜覆盖7天后，才能播种。

③播种 秃杉种子播种前需用清水浸泡24h，再用0.5%的高锰酸钾溶液浸泡种了10~20min。可提高发芽率，减少苗期病害。

播种方式分条播及撒播2种。

条播：先在经土壤消毒的苗床上开出播种沟。播种沟深0.5cm，宽0.5cm，沟间隔6~8cm，每米苗床开播种沟12~16条。将种子均匀地播入播种沟内，每平方米苗床沟播的播种量为2~3g。播种后，覆盖细土，轻压。覆土厚度为0.2~0.3cm，约为秃杉种子直径的2~2.5倍。盖上松针或稻草，浇透水。播后25~35天秃杉种子开始出苗，45天左右为出苗盛期，

70天左右出苗结束。在其出苗期间，分批揭去苗床上的松针等覆盖物，出苗结束后，全部揭去覆盖物，保留荫棚。

撒播 苗床细致整地、并行土壤消毒后，勿需开播种沟，直接将秃杉种子均匀地撒播在苗床，每平方米苗床播种量2~3g。撒播后，盖细土，厚度0.2~0.3cm，轻压，再盖松针或稻草。浇透水。

(2) 扦插苗的繁育

用植物的枝、干、叶作繁殖材料，进行扦插育苗叫无性苗繁育，也叫扦插苗繁育。

①扦插床的设置 培育秃杉扦插苗的扦插床分永久性和临时性两种。

永久性扦插床：可用砖砌成扦插床，便于较长时间使用。其插床高30cm，宽90cm，长度视地形而定，一般长3~5m，扦插床砌好之后，在其底部铺垫上厚5~8cm、均匀平整的公分石层，而便于透水，并在其上开设2~3条盲沟，便于排水。再用红土、河砂、细碳渣各1/3配制成插壤填满插床。

临时性扦插床：可在苗圃内，选择排水较好的平床作秃杉扦插育苗用的临时性扦插床。拌和1/2的河砂，填回苗床做为插壤。

永久性扦插床和临时性扦插床，都应在床上面搭建荫棚。透光度50%。

具自动喷灌设备的扦插床，可应用蛭石或珍珠岩粉作插壤。

在秃杉扦插育苗前，需对铺平的插壤进行消毒（方法如苗床土壤消毒）。

②插穗准备 秃杉的扦插育苗分春插及秋插两个时期。春插在早春2~3月进行，在芽萌动前剪取秃杉林木一年生健壮枝条作插穗。而秋插在8月份进行。而剪取秃杉林木当年生半木质化的枝条作插穗，选择林木树干中部，粗0.3~0.5cm的侧枝，或树干基部的萌生条做插穗，纤细下垂小枝不宜做插穗。宜分段剪取插穗，所剪成的插穗长8~10cm，将基部剪削平整。勿伤韧皮，并保留插穗1/3以上的叶片。为便于用药剂处理和计数，每20条插穗捆扎成一束。

为提高秃杉扦插育苗的成活率，一般用浓度为200~300mg/L的奈乙酸、吲哚丁酸（每1000mL水加入200~250mg药剂）溶液浸泡处理秃杉插穗。亦可用ABT生根粉溶液浸泡处理秃杉插穗。将其药液置于搪瓷盆、陶器、塑料盆、木盒等容器内，然后将要处理的秃杉插穗直立放入，使溶液浸泡至插穗基部1~2cm长处。浸泡时间24h。

③扦插 在扦插床的插壤上开扦插沟，沟间距10cm，沟深5cm左右。将经药液处理的秃杉插穗按3cm左右的株距斜置于沟壁，使插穗入土1/2~1/3。然后覆土、压紧。这种开沟扦插方法使插穗入土的深度比较均匀，方便快捷，而又不损伤插穗基部的韧皮，也可用竹棍或木棍，在插穗上戳洞，将插穗插入洞内，然后压紧插条周围的插壤。这种扦插就去，容易损伤插穗基部韧皮，插穗插入深度多不一致。且扦插行常不整齐。一个插床扦插完之后，浇透水。插床上用竹箴或铁杆做成拱形支架，盖上塑料薄膜，以保持插床的温度和湿度。

④扦插床管理 插床温度、湿度是秃杉扦插育苗成活的重要因素，可在插床内放置干、湿球温度计掌控温、湿度变化，干球温度计的直接读数即为插床温度，用干球与湿球温度计读数之差，查湿度表，即为插床的湿度。要求插床温度保持在22℃~25℃，湿度保持80%左右，插床温度超过28℃则需采取降温措施，揭开薄膜或在薄膜上浇水降温。插床湿度低于70%，则及时浇水，高85%则停止浇水，高于90%则揭开薄膜通风。

(3) 容器苗繁育

用苗床培育出的秃杉实生苗或用扦插苗培育出的秃杉扦插苗，移栽入容器以继续培育秃杉大苗的育苗方式为秃杉的容器苗繁育。用所培育成的秃杉容器苗，上山造林或绿化定植，成活率高。

秃杉实生苗生长到4~6cm高时可移栽至事前准备好的容器内培育容器苗；也可以用芽苗移栽至容器，即幼苗刚出土，展现子叶时移栽。秃杉扦插苗移栽，在其插穗生根成苗、翻床、

起苗移栽。秃杉实生苗或扦插苗移植入容器时，要求快捷熟练，并事先准备好容器，配制好营养土（由腐殖质、红土、河砂各 1/3，再加矢量的复合肥配制而成）。若作芽苗移栽可在容器内装好营养土。在营养土上用小竹棍戳一个洞，深度与芽苗的幼根相应，将从苗床取出的芽苗放入洞内轻轻压紧，使芽苗的幼根与容器内的营养土坚实结合，立即浇水。勿使曝晒，勿损伤幼根。操作适当，成活率很高。

3. 田间育苗管理

(1) 苗间管理

主要管理工作是浇水、除草、施肥、防治病虫害、修剪、间苗等。苗木的正常生长。

①浇水 以保持苗地土壤湿度适当为目的。视天气状况对秃杉苗木行人工浇水。天旱时期，应准备必须的灌溉水源，勿使缺水。圃地浇水时间，一般是上午 8:00~10:00，下午 14:00~16:00，干旱时需多浇水一次。浇水时，用带喷头的管壶等容器作喷洒或浇溉。勿用水管强水流直接冲击苗床土壤或幼苗，以免造成土壤板结，或圃地水土流失。

给秃杉容器苗浇水更应注意，最好用带细喷头的容器浇水。以免空容器中的营养土被冲击流失，而使苗木的根系裸露，或使容器的营养土板结。

②除草 苗圃或容器内土壤较肥沃湿润，杂草容易生长，应随时注意除去其内的幼不杂草，特别是容器内的小杂草。如用除草剂除草，应特别注意所用除草剂对秃杉幼苗有无杀伤力。选择适当的除草剂十分重要。

③施肥 为促秃杉苗木的生长，其育苗期给苗木适当施肥十分重要。在秃杉的育苗期给苗木配合施肥氮肥和钾肥，可促进苗木生长，提高苗木的木质化程度。如果过多施用氮肥，则幼苗生长纤弱，柔嫩、质量差。所用的肥种最好是农家肥、化肥、人粪尿加清水稀释后施用。施肥时，应尽量将肥料施在苗木根颈处，切勿将肥料浇在幼苗的枝梢和叶片上，更不能使化肥颗粒直接接触到幼苗的根颈，以免烧伤苗木。肥料的施用量视秃杉苗木年龄的大小而定。

④间苗 用条播或撒播的方式培育秃杉实生苗，当其苗龄 2~3 年月时，即可间苗，拔去生长纤弱或边密的幼苗，使床内苗木均称生长，以后视秃杉苗木的生长情况，凡过密或有纤弱的苗木出现时，即应间苗，直到苗木出圃。间出的秃杉幼苗，可移栽入备用苗床或容器继续培育。

⑤修剪 秃杉幼苗期若水、肥充足，其苗木侧枝生长较旺。特别是扦插苗，多数形不成主干，必须选取直立枝，剪去侧枝培育成主干或支撑主干径直生长。修剪时，剪去苗木基部横生的较粗侧枝或下垂枝。对无主干或主干不明显的扦插苗，用竹（木）棍支撑较粗壮的一枝，且绳索捆扎，促其成长为主干。

⑥防治病虫害 在秃杉的育苗期间，出苗 5 天左右，其苗木开始出现猝倒病（*Fusarium solani*）。苗木猝倒病的发病期一直延续到出苗 1 个月左右。病发生严重量，苗床上的幼苗会全部染病倒伏死亡。特别是出苗后的 7~8 天内，发病较重。秃杉幼苗猝倒病的病因由镰孢菌侵染苗木引起。其病状是幼苗根颈处腐烂软化，而使苗木侧伏。导致该病发生的原因是播种前苗床土壤消毒不彻底；其次是苗圃土壤湿度过大，浇水过多。秃杉幼苗对该病菌的抗病力较弱，容易感染。防治方法是：播种前认真进行苗床土壤消毒，出苗后喷洒多菌灵溶液预防。注意浇水量，经常检查苗床土壤的湿度，勿浇水过多。苗木发病时，用多菌灵粉剂直接撒在播种行间或容器内，然后浇不，让药液浸入土壤杀灭病菌。

秃杉育苗期苗木的主要害虫是金龟子（*Autoserica* sp.）幼虫。金龟子幼虫啃吃苗木根系，可用杀虫药剂如肤哨丹赏光溶液，浇滤苗床土壤防治该虫害。

⑦切根 在秃杉苗木出圃造林前 2~3 个月，要对苗木进行苕根的管护处理，以促进秃杉苗木须根的发育。方法是用切刀在距苗木根颈 15cm 左右的地方，斜向苗木根部以 45° 角向下切，以切断秃杉苗木的粗根，即可促进须根发育，有利于提高造林成活率。

4. 起苗、包装及运输

秃杉育苗到造林或是绿化种植的用苗季节，就要起苗运用。起苗时从苗床最边一行开始，须播种行逐行斜向下挖起秃杉苗木。若用秃杉裸根苗造林时，则勿需带土。但若苗木运距较远，为保持秃杉裸根苗根系水分，需用泥浆浆根。即将泥土加水拌和成泥浆，将苗木根系蘸满泥浆，根系不致干缩翘萎焉。就近造林，则勿需浆根。

所起用的秃杉苗木需挂牌，标明树种名称（中文名及学名），数量、起苗时间、苗木等级，产地，生产单位等。

起苗之后根据运输远近，和秃杉苗木的大小，分别用纸箱、草蓆、稻草或竹器、木器、塑料容器包装，使苗木不致在运输途中散失混淆及受到损伤。裸根小苗可成捆包装；带土大苗，可单株包装，用草蓆、稻草等材料固定其苗木根部的土团，而不使之散落。包装必须牢固，并标明运输到达地点，收苗单位或人名。苗木如需运至省外或运出国境，必须按规定提供样品，到国家或省级植物检疫机构进行检疫，获得检疫许可证件之后，方能放运。

运输秃杉苗木 不论采用何种运输方式，必须保证苗木在运输过程中，不丢失、散落，苗木砂干枯萎焉。冬季长途运输，要考虑采取预防苗木受低温冻害的措施，以防患于未然。

5. 苗木分级

根据所培育的秃杉苗木类型（实生苗、扦插苗）和培育时间。在苗木出圃前，以提高秃杉植苗造林的成活率，保存率以及秃杉幼龄期林木的生长量。

秃杉实生苗可根据抽样调查的苗木平均高、平均地径，苗高和地径的比值，苗木顶梢（顶芽）生长以及苗木根系的发育状况，作为其分级定的指标。

据调查，秃杉1年生实生苗，苗木的平均高为20cm，平均地径0.25cm，苗高与地径之比约1/80；顶梢（芽）生长正常，苗木根系长度与苗高相似，并具1级侧根8~10条。故将大于其平均高5cm，平均地径达0.5cm，苗高与地径之比为1/80~1/100的1年生秃杉实生苗订为I级苗。等于其平均高和小于平均高5cm，等于平均直径和小于平均直径0.05cm的秃杉1年生实生苗定为II级苗，而苗高小于其平均高10cm，苗木地径小于平均值0.1cm，苗高与地径之比小于1/120的1年生秃杉纤细瘦弱实生苗定为III级苗，不宜出圃，应该留圃继续培育。

秃杉扦插苗因尚未大量培育，待能批量生产后，根据具体情况拟订苗木的等级标准。

六、植苗造林技术

1. 造林地的选择

自然分布状况和多年的迁地栽培试验表明，秃杉的适应能力较强，适生范围较广。其水平分布范围为：从北纬21°50'~32°，不经92°~132°的地区，垂直分布地带为海拔高度70~3000m；其适应的气候区主暖湿带到北热带。从我国西部的横断山高山峡谷到东部的海疆岛屿都能生长。

据此选作秃杉造林地适宜的气候条件是：年平均气温13~20℃，最冷月平均气温不低于3.2℃，绝对最低温不低于-9.8℃，年降水量900~2000mm，其中11~4月降水量占全年的15%~25%，年平均相对72%~85%的半干旱，半湿润至湿润气候适宜的土壤类型是：红壤、黄壤、黄红壤、黄棕壤、棕壤。其土壤的pH值为5~7，有机质含量2%以上，土层厚度80cm以上的疏松、湿润的壤土或沙质壤土。浅薄的石砾土、粘重板结的粘土，地下水位过高或低凹水涝地不宜作为秃杉的种植地。

2. 用苗标准

在冬、春季湿润的地方造林，用的秃杉当年生裸根苗或容器苗，其苗高为15~25cm，宜于雨季造林的地方的地方用1.5年生的秃杉裸根苗或1.5~2年生的秃杉容器苗，其苗高20~40cm。用秃杉小苗（高20cm左右）造林易成活，特别是裸根苗。无论是用秃杉的裸根苗或容器苗造林，都必须选用其的I、II级苗。

3. 造林方法

(1) 造林密度（初植密度）

秃杉人工林（纯林）常用的造林密度有 1.5m×1.5m, 1m×3m, 2m×2m, 2m×3m, 3m×3m, 3m×4m, 各造林密度的秃杉人工林生长情况不同。

在昆明迁地栽培区, 造林密度为 3m×4m, 的秃杉人工林, 34 年生时才出现林木分化, 林木的自然整枝不良, 尚未开花。而造林密度为 2m×2m 的昆明 2 号试验地秃杉人工林, 28 年生时出现林木分化现象, 林木的自然整枝良好, 但尚未出现自然稀疏, 林木也未开花。在腾冲天台山自然分布区, 营造的秃杉人工林, 54 年生出现林木分化, 林木的自然整枝良好, 但未出现自然稀疏, 也未出现开花。而种植于西畴的造林密度为 2m×2m 的秃杉人工林, 5 年生即郁闭, 林木枝叶繁茂, 但出现了蚧壳虫 (*Grescoccus* sp.) 和烟煤病 (*Capuodium* sp.) 危害。

因此, 秃杉人工林造林密度, 应视其造林地的生境而定。在温暖湿润区, 土壤肥沃的造林地, 造林密度可用 3m×3m 或 3m×4m。在温凉半湿润或温凉湿润区, 造林密度可用 2m×2m 或 2m×3m。在半干旱地区, 造林密度可用 1m×3m 或 2m×2m。

(2) 整地方法 对地势平坦的造林地, 可进行全面整地, 翻耕土壤 30cm 深, 耙平整细林地后, 挖定植塘; 在缓坡 (坡度 20° 以内) 造林地, 沿等高线作带状整地, 翻挖土壤, 消除杂灌木、草根、石块, 而挖定植塘; 在陡坡造林地 (坡度 25° 以上), 可进行块状整地。块状整地的规格为 1m×1m, 翻挖土壤消除杂物。整地最好在造林前 1 年或半年进行, 使土壤曝晒疏松。

挖定植塘, 其塘的规格为 40cm×40cm×40cm 或 50cm×50cm×50cm。挖塘时, 将表土放置在两侧, 底土放置在塘的下方。

(3) 种植时间及方法

在冬春季湿润的造林地, 可在冬春季种植秃杉; 在干旱的造林地, 应在雨季种植秃杉, 选择雨季中的阴雨天种植, 避免曝晒及减少蒸发。

种植时先将表土和基肥放置在预先挖好的定植塘内, 拌和均匀后, 将秃杉苗木置于塘中央 (如为容器苗, 应先除去容器), 扶正覆土, 覆土一半之后, 轻提苗干, 让苗木根系舒展, 再轻压土壤, 使苗木根系与土壤紧密结合, 再覆土至塘沿, 踩紧土壤。有条件的地方, 植苗后浇上定根水。若种植高 0.8m 以上的秃杉大苗, 需于塘内, 插置木棍捆绑苗干作支撑, 以免风摇动苗根, 而影响成活。

(4) 成活率调查及补植

秃杉植苗造林一个后, 可用对角线或标准地调查法观测秃杉植苗成活的情况, 计算植苗成活率。对于缺塘、枯死者, 予以补植。植苗造林半年后, 特别是雨季后, 检查苗木的保存率, 秃杉苗木的保存率在 90% 以上, 不再补植, 保存率在 50%~85%, 应及时补植, 保存率低于 50% 的林地应重造。

4. 不同经营模式林的营造

(1) 混交林

天然分布的秃杉, 多与其他针、阔吉树种混生, 形成混交林。其林分繁茂, 生长稳定, 生态效益良好。人工营造秃杉林, 可以仿效自然, 营造秃杉与其他针、阔叶树种混交林。

①混交树种选择 根据不同的造林地区, 选择当地自然分布的具有速生特性、经济和生态效益高的优良乡土树种与秃杉混交。常见的与秃杉自然混生的树种有木兰科的木莲 (*Manglietia fordiana*)、滇藏木兰 (*Magnolia campbellii*)、红花木莲 (*Manglietia insignis*)、多花含笑 (*Michelia floribunda*); 山茶科的木荷 (*Schima Superba*); 樟科的云南樟 (*Cinnamomum glanduliferum*)、木姜子 (*Litsea monantha*)、滇润楠 (*Machilus yunnanensis*); 杜英科的杜英 (*Elaeocarpus ideciapiens*); 壳斗科的青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、栲 (*Castanopsis fargesii*)、石栎 (*Lithocarpus glabra*); 金缕梅科的枫香 (*Liquidambar*

formosana), 针叶树种有落叶松 (*Larix speciosa*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、红豆杉 (*Taxus yunnanensis*)、华山松 (*Pinus armandii*) 等。根据各种植地的环境条件, 可选用这些树种与秃杉营造混交林。

此外, 西畴营造的秃杉混交林, 混交树种为云南拟单性木兰 (*Parakmeria yunnanensis*)、杉木。在昆明营造的是秃杉与山桐子 (*Idesia polycarpa*) (大风子科) 的混交林。

根据不同的立地条件, 还可选择毛果含笑 (*Michelia sphaerantha*)、西南桦 (*Betula alnoides*)、香樟 (*Cinnamomum camphora*)、檫木 (*Sassafras tzumu*)、白克木 (*Exbucklandia populnea*)、华榛 (*Corylus chinensis*)、旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*)、光叶拟单性木兰 (*Parakmeria nitida*) 等为与秃杉的混交树种。

②混交方式 营造秃杉与各树种混交林的混交方式, 以块状混交或带状混交为主, 其造林比较方便, 主伐利用也较容易; 也可行间混交。其混交林中, 秃杉应占造林面积或株数的 60%~70%, 使秃杉成为混交林的优势种。

在较平缓的造林地, 秃杉与各树种的混交方式以块状混交为宜。分树种设置种植块, 如为两个树种混交, 则按树种作块状间隔种植。若与三个及以上的树种混交, 则按树种编号, 排序作各树种的块状交替种植。种植块的大小, 视造林地面积而定, 一般以 5~10 亩为一种植块, 大面积造林, 也可以 1 公顷为一种植块。

在坡度较大的造林地, 秃杉与各树种的混交方式以带状混交为宜。分树种沿等高线调协间隔或交替的种植带。其种植带的宽窄视坡面而定。可以 3~5 行为一种植带, 也可以 10 行为一种植带。如进行行间混交, 则按不同种间隔种植。

当营造秃杉与种树种混交林的混交方式 (块状、带状、行间) 确定之后, 由技术人员在其各造林地作插牌标记。标明混交块或带的范围, 各块、带的种植树种、株数。并在现场进行种植指导, 以避免混杂错乱。

为营造好秃杉与各树种的混交林, 需在造林前做出计划, 在确定混交树种之后, 从采种育苗开始, 就要协调安排, 根据各树种种子的生育率, 生长情况, 达到, 达到出圃造林的苗龄、苗高、苗木质量而综合考虑。各树种的用种量、播种育苗的面积、播种量、播种时间、出苗量、合格用苗量 (包括补植)。其苗木出圃的时间与造林时间吻合, 且要求各树种造林苗木的苗龄, 规格基本一致, 才有利于混交林的稳定正常生长。这是一项复杂的系统工程。需要全盘考虑, 统一计划, 按步骤切实实施。

(2) 混农林

造林后的 1~4 年内, 秃杉幼林尚未郁闭, 此期间可在其幼树的株行距间种植农作物, 以提高土地的利用率, 减少林地松土除草的管理工作, 而增进林地土壤肥力, 并获得短期的经济效益。在秃杉人工林地可根据不同的气候、土壤条件, 选择既有经济价值, 又能培肥地力, 且没有对秃杉幼林造成感病虫威胁的低矮型短藤蔓的蝶形花科农作物, 如花生、绿豆、黄豆, 或十字花科的蔓菁油料作物, 以及绿肥紫花苕等作为混作的作物。

秃杉幼林成长后, 可在林下种植而荫性较强的花卉, 药材以及森林蔬菜植物, 菌类等。

七、育林期营林技术

1. 林地管理

(1) 林地植被管理 秃杉人工林的初植林地, 其幼树的树冠根系不发达, 尚未形成林冠荫蔽林地的环境, 林地中的杂草, 灌木容易生长, 与秃杉幼树争水争肥, 抑制其的光合作用。以影响秃杉幼树地上部分及根系的生长。因此, 在秃杉人工林的幼林期, 对林地的管理工作是铲除林地的杂草和灌木, 且应在其萌发生长初期进行清理。除草铲灌的时间一年两次。第一次在春夏之交; 第二次在杂草种子尚未成熟传播之时。铲除的林地杂草灌木, 就地埋入林地土壤, 起到施绿肥的作用。

(2) 林地土壤管理 林地土壤是供给秃杉幼林生长所需水分、养料的场所, 也是其根系固

着和生长发育的基础。林地土壤管理不善，将直接影响秃杉林木的生长发育。秃杉人工林的初植林地因刚经过整地，地表缺乏覆盖，林地土壤水分蒸发量较大，所以要进行松土，以切断土壤的毛细管，减少土壤水分蒸发。同时亦使土壤疏松，改善其的物理性状，有利于林地土壤微生物活动与有机质的分解，而增肥地力，供秃杉幼树根系吸收利用，在雨季，林地土壤疏松，可以吸收更多的水分，渗透深层土壤储备。疏松的土壤为秃杉幼树根系的延伸生长创造了良好条件，而有利于其幼林的成长。林地松土时间，一年两次，第一次在春早期，土壤水分蒸发很强，松土可减少蒸发，第二次在雨季，松土增加土壤水分吸收。

2. 林木的间伐抚育

秃杉人工林固林地环境和初植密度的不同，而出现林木分化时间的差异。在自然分布区，腾冲天台山的人工秃杉林，初植密度 $3\text{m} \times 3\text{m}$ ，54 年生时出现林木分化；迁地栽培区昆明的人工秃杉林，初植密度 $3\text{m} \times 4\text{m}$ ，34 年生时出现林木分化；而初植密度 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 的秃杉人工林 28 年生时出现林木分化现象。西畴种植的秃杉人工林，初植密度 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，5 年生林冠完全郁闭（1.0），出现林木分化的时间更早。所以，秃杉人工林间伐抚育时间，应视该林分郁闭度 0.9~1.0 时是否出现林木的分化现象而定。若当林分郁闭度达 0.9~1.0，出现林木分化现象时，即为该秃杉人工林的第一次间伐抚育的时间。

间伐抚育的目的，是促进林分中林木的继续健康生长，以获取更大的林分生长量。所以，间伐抚育的对象是林分中 IV、V 级立木，即所谓的被压木。其间伐抚育的原则是砍坏留好、砍小留大，调节林分中林木的密度，改善立木和林地的光照条件，通过间伐抚育，促进林分更好的生长发育。

秃杉人工林经第一次间伐抚育，调整了林木密度，使林木间保持了相对的平衡关系。林木继续生长。当林冠层又出现了新的郁闭状态，也出现了新的林木分化时，又需要进行第二次间伐抚育。两次间伐抚育的间隔期为 5~10 年，初植密度大，立地条件好的秃杉林其林木再分化出现的时间较短，即间伐的间隔期较短，初植密度小，立地条件较差的秃杉林，出现林木再次分化的时间较长，即间伐抚育间隔期较长。

秃杉人工林间伐抚育的强度有两种计算方法，其一是以林分郁闭度计算，当林分的郁闭度达 0.9~1.0 时，对林木进行间伐抚育，间伐抚育应使林分的郁闭度保持为 0.8~0.7。另一计算方法是间伐立木株数计算，所间伐抚育的林木株数为林分林木株数的 10% 左右，最多不超过林木株数的 15%。

进行秃杉人工林的间伐抚育时，先由技术人员确定林分的间伐木，做出标志，即可实施。

3. 病虫害控制

秃杉天然林，病、虫很少，具有较强的抗病、虫能力。

在迁地栽培区昆明的秃杉人工林，当幼林生长 4~5m 高时，即出现蛀梢害虫。其林分中有的植株的当年生主梢被害虫蛀食，因梢顶受蛀，不易发现蛀孔，直至秋末，主梢受蛀枯萎折断时，才发现，而为时已晚，难于防治。但受害林木在其主梢蛀折断处，次年春，会萌生出 3~4 萌条，其中一条直立生长，且生长快，迅速替代主梢向上生长，当秃杉林的林木高度超过 6m 时，再未发现虫蛀主梢，对这一蛀梢害虫的种类、生活史危害特性以及防治方法有待研究。

在迁地栽培区西畴，5 年生的秃杉人工幼林，其林分已完全郁闭，在暖湿郁闭的林分环境条件下，出现了受蚧壳虫危害继而产生烟煤病的状况。经修剪疏枝，通风透气后，其病虫害消退。故在暖湿环境营造秃杉林时，初植密度不宜过大，应为 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 或是 $3\text{m} \times 4\text{m}$ ，避免林分郁闭过早，不通风而引发蚧壳虫及烟煤病危害秃杉林木。

八、主伐与更新技术

1. 主伐林龄的确定

同于各树种的人工林秃杉人工林的林木主伐龄是以林木的数量成熟年龄为依据而确定的，所

谓林木的数量成熟，即是林分中林木的年平均生长量与连年生长量相等时的林龄。并将自然分布区秃杉人工林，单株立木生长过程列如表 8-1 供确定秃杉人工林的主伐林龄时参考。

表 8-1 秃杉人工林立木单株生长过程 摘自《云南森林》

树龄/a	树高/m			胸径/cm			材积/m ³			形数
	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	
18	13.6	0.75	1.25	26.9	1.5	1.5	0.2871	0.0163	0.0383	0.37
20	14.93	0.75	0.77	28.9	1.4	1.0	0.3670	0.0183	0.0400	0.37
24	18.10	0.75	0.75	32.2	1.3	0.9	0.5312	0.0222	0.0413	0.36
30	20.8	0.69	0.40	35.5	1.2	0.4	0.7929	0.0264	0.0414	0.39
40	25.2	0.63	0.40	38.6	1.0	0.3	1.2006	0.0300	0.0433	0.41
50	28.6	0.57	0.34	41.5	0.8	0.3	1.6246	0.0329	0.0470	0.42

表 8 数据表明，秃杉人工林林木胸径的平均生长量与连年生长量相等的林龄出现在 18 年生；树高的平均生长量与连年生长量相等的林龄出现在 24 年生；而林木单株材积连年生长量直到 50 年生时仍大于材积平均生长量，且形数仍在增大。所以，秃杉人工林宜培育大径级用材林。但秃杉人工林能达到常规用材的林木直径 20~40cm 的要求，又能充分利用林木较大的树高直径生长量，而获取较高的出材经济效益的目的，其主伐林龄确定为 30 年较为合理。30 年生的秃杉人工林其林木的平均树高可达 20m 以上，树高的年平均生长量达 0.69m；林木的平均胸径可达 35.5cm，林木胸径的年平均生长量达 1.2cm。自此以后，林木的树高、胸径的年均生长量都迅速下降，特别是连年生长量下降更为明显。30 年生时采伐既能保证获得相当粗度的秃杉用材，而又不损失林木的较大生长量。经营者对此培育期也易接受。

此外，如秃杉人工林以培育其他工艺用材为目的，依其工艺材的规格要求为依据，当林分中的林木平均胸径达到其规格要求时，即可采伐。此采伐年龄为所谓的工艺成熟龄。

2. 采伐方式

(1) 块状皆伐 此种采伐方式适用于秃杉纯林和秃杉与其他树种的块状混交林。其优点是一次性获得较高的木材采伐量。集材方便；集、运材道一次性使用之后，勿需年年维修保养。采伐迹地便于全面更新。缺点是林地裸露，易产生水土流失。必须在其块状采伐迹地更新的秃杉幼林郁闭（约 5 年生左右）之后，才能轮换采伐相邻的林块。

(2) 带状皆伐 此种采伐方式适用于秃杉带状混交林。按混交林带隔带设置采伐带。当采伐迹地带更新的秃杉幼林郁闭之后，才能轮换采伐相邻的林带。其优点是保持森林环境，减少水土冲刷，有利于更新幼林的成长。

(3) 择伐 秃杉具有较强的耐阴性，其天然林多为异龄复层林，林分郁闭度较大，因此，可采用择伐方式，即依秩择伐林分中达到一定径级的秃杉立木，其余林木继续培育，达到一定的径级标准时再采伐。其优点是能使青山常在，永续利用，基本不出现采伐迹地。其缺点是单位林地面积内的当年木材采伐量较小，集材比较困难，运材通必须常年维修保养，而且运材林道密度要求较大。更新只能在采伐林中进行。

3. 更新方法

秃杉结实年龄较晚，若其人工林的采伐龄定为 30 年，此时，多数秃杉林木尚未开花结果，林地内多无天然更新幼苗、幼树。因此，其采伐迹地的更新必须采用人工更新。在采伐前，按照采伐量计算秃杉林采伐迹地面积，而培育其迹地更新造林所需用的苗量。在其采伐作业结束之后，清理采伐迹地上的采伐剩余物——枝杈梢头，并清除伐桩、杂草，随即挖塘植苗更新。其秃杉的植苗更新方法见“植苗造林技术”一节。采伐迹地植苗造林后，到时应检查成活率及保存率，未达更新标准时，仍需补植或重造。

九、产业化规模经营前景

1. 秃杉实现产业化规模经营后所显示的经合价值

秃杉人工林，具有造林容易，生长快，立木材积蓄量大，出材率高、材质优良，经济收益回报率高等特点。大面积的秃杉人工林，实行轮伐，伐后人工更新，以达到可持续利用的目的。秃杉人工幼林 5 年生左右郁闭，很快形成森林环境，起到保持水土，调节气候，改善生态环境的作用，其经济、生态效益十分明显。产业化规模经营的秃杉人工林是通过资金、劳力的投入而经营可产出商品木材的森林。木材商品与其他商品一样，通过市场流通和交换，而获取经济效益。木材成为商品，出产木材的森林和生长森林的土地——林地，也是商品，所以秃杉人工林林地，以及所产出的木材也同样进入了商品市场，这就大大地开拓了山区林业经济的局面。成为资本的投资取向，进而促进山区经济社会的发展，产生巨大的社会效益。

2. 秃杉产业化规模经营水平的标准和种植区划

(1) 达产业化规模经营水平的标准

达秃杉人工林产业化规模经营水平的标准，至少应具备一个轮伐期的秃杉人工林的经营面积。秃杉人工林的数量成熟年龄为 30 年，其采伐林龄拟定为 30 年，亦即其的一个轮伐期为 30 年。每年采伐的林地面积，至少不低于 7hm^2 ，30 年轮伐，需至少经营 210hm^2 （3000 亩）的秃杉人工林；且要求林地相对集中连片，便于造林、经营、管护、采伐利用。其采伐迹地在林木采伐的当年或次年，通过人工植苗更新逐步恢复为秃杉人工林，而实现秃杉人工林规模化可持续经营的理念。

产业化规模种植的秃杉人工林，其每年的造林面积不低于 7hm^2 （100 亩），连续经营 30 年，第一年营造的秃杉林，达到数量成熟，可供采伐，30 年生的秃杉林分林木的平均高 21m，其树高年平均生长量达 0.7m；林木的平均胸径达 36cm，其胸径的年平均生长量为 1.2cm；林木单株平均材积 0.793m^3 ，单株材积年平均生长量 0.0264m^3 ；以每亩立木 90 株计，其每亩的材积蓄量为 71.37m^3 ，按立木出材率 70% 计，30 年秃杉人工林每亩的木材产量达 49.96m^3 ，年伐 100 亩，可出产秃杉木材 4996m^3 ，已具相当规模。

达到此产业化规模经营标准，其的投入产出比可以达到 1: 5.3。

达此秃杉人工林的产业化经济效益显著规模经营水平的林分的轮伐仅使局部地段失去森林，且伐后当年及次年人工更新即可使此局部地段逐渐恢复森林。而所生产的秃杉优质木材，既满足了经济建设和人民生活、生活的需要；同时亦促进了山区经济社会的发展，其社会效益也很显著。

(2) 云南省的秃杉产业化规模种植区划

根据秃杉的自然分布与人工栽培试验，在云南省可区划出秃杉的最适宜生长区和适宜生长区。在其取适宜生长区及适宜生长区内发展秃杉用材林，实现产业化规模种植很有前途。

①最适生长区 云南省的腾冲、龙陵、贡山、福贡、临沧、昌宁、盈江、泸水、陇川、西畴、马关、麻栗坡等县，海拔高度 1500~2200m，年平均气温 14~16℃，最冷月平均气温 7~10℃。年降水量 1500~1300mm，年平均相对湿度 80% 左右，属中、北亚热带湿润气候。土壤为深厚湿润肥沃的黄壤、黄红壤、黄棕壤，为沙质壤土。pH5~7。土壤有机质含量 20% 以上的地区为产业化规模种植秃杉的最适生长区。

②适宜生长区 云南省的罗平、师宗、屏边、威信、梁河、云龙等县，海拔高度 1700~2300m，年平均气温 13~15℃，年降水量 1000mm 左右，年平均相对湿度 75%左右的深厚湿润肥沃的黄壤、黄红壤地区为产业化规模种植秃杉的适宜生长区。

3. 实现秃杉产业化规模种植的关键技术

①选用立地条件最适宜或适宜种植秃杉的林地营造秃杉人工林是实现秃杉产业化规模种植区获得秃杉林木高产材量的基础。在云南省应以秃杉最适生区或适生区中土壤深厚肥沃湿润的地段作为秃杉造林地。其造林地要求集中连片，便于经营管理。

②对秃杉人工林采取集约经营的方式。其采取的经营措施是：细致整地，精心植苗，合理施肥，适时灌溉，防治病虫害，适时间伐抚育，杜绝林火。

③营造以秃杉为优势种的与当地各乡土针、阔叶树种混交的混交林。混交方式为带状或块状混交，混交比例：秃杉占 70%，其他树种不超过 30%。

④林农混作。在秃杉幼林未郁闭前，林地间种矮秆短藤的豆科农作物或绿肥植物，幼林郁闭后，种植耐阴性花卉、药材、森林蔬菜。

⑤按云南省的秃杉种源区划，使用种子及其他繁殖材料。当前云南省的秃杉天然林分稀少，且多已老化，而秃杉人工林多未结实，其林分及林木个体的选优工作未进行。所以可依据秃杉种源的区划在其各种源区的秃杉天然林或人工林中，采伐生长比较好林木作为采种或采条母树，以求获取较为优良的培育秃杉人工林的繁殖材料。并选用生长优良植株作离体组织培育苗木的实验，以求获得品质优良的秃杉组培苗而用于造林。