



LUOYESONG DANNING JIQI
SHUICHULIJI ZHIBEI JISHU

落叶松单宁 及其 水处理剂制备技术

● 黄占华 主编



化学工业出版社



LUOYESONG DANNING JIQI
SHUICHULIJI ZHIBEI JISHU

落叶松单宁 及其 水处理剂制备技术

◎ 黄占华 主编



化学工业出版社

· 北京 ·



本书在注重理论和实践相结合的基础上,系统介绍了落叶松木材的基本概况、落叶松树皮的基本性质和组成、落叶松单宁的生产工艺、落叶松单宁水处理剂的合成及在其他方面的应用,其中重点介绍了落叶松单宁系列水处理剂的合成、结构表征及水处理性能测定等内容。

本书适合从事落叶松单宁的精细化利用研究人员阅读,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

落叶松单宁及其水处理剂制备技术/黄占华主编. —北京:化学工业出版社, 2008.9

ISBN 978-7-122-03531-8

I. 落 II. 黄… III. 落叶松-植物单宁-处理剂-制备 IV. TQ941

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 126976 号

责任编辑:刘 军

装帧设计:韩 飞

责任校对:蒋 宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张6 字数160千字

2008年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

《落叶松单宁及其水处理剂制备技术》

编写人员名单

主 编 黄占华

参编人员 刘守新 张显权 李双月 吴陈亮

主 审 方桂珍

前言

近几年来,有关植物单宁的精细利用方面的研究工作甚为活跃,而粗放式应用方面的研究相对减少。目前,在国内市场上,落叶松单宁的商品化产品以胶黏剂和复鞣剂为主,产品不够精细化且附加值不高,主要是因为落叶松单宁组分复杂,深度加工时副反应多,严重影响主产物的收率;落叶松单宁的多酚羟基化学特征可以使其发生缩合等简单的化学反应,但参与化学反应的范围较窄。因此,为了适应精细化工发展的需要,有必要深入开展有关落叶松单宁的精细化和高附加值利用的研究。

落叶松单宁是具有来源丰富、价廉、无毒、易降解等优点的天然原料,其属于缩合类单宁,是羟基黄烷醇类单体以碳碳键相连缩合而成的化合物,最重要的组成单元是黄烷-3-醇和原花青定,数均分子量 2800 左右,在酸、碱或酶作用下易发生分子间的缩合,产生的大分子化合物不易被水解,使其应用受到了限制。但落叶松单宁分子中具有多酚羟基结构,适合用于天然水处理剂的开发。落叶松单宁虽具有制备天然水处理剂的优势,但是还存在分子量不够大、参与某些化学反应活性较低的劣势。本书通过化学改性的方法对落叶松单宁进行了磺化、胺甲基化、羧甲基化以及接枝聚合等化学反应,采用现代分析手段探讨了产物的化学结构,并对其絮凝、阻垢和抑菌等水处理性能进行了研究,拓宽了落叶松单宁的合成与应用范围。

本书在编写上结合落叶松单宁的结构和精细化学品的合成特

点,着重阐述了落叶松单宁的制备、工艺过程及其水处理剂的合成及性能等,以期提高落叶松单宁产品的市场竞争力,为落叶松单宁改性作为工业水处理剂的应用基础研究奠定理论基础,也为落叶松单宁的精细化利用探索出新途径。同时,也希望能够为广大技术人员和科研工作者从事落叶松单宁产品的生产和新品种的开发提供一定的理论和技术基础。

全书共分为五章,由黄占华任主编,参加编写的还有刘守新、张显权、李双月和吴陈亮。在编写过程中得到了方桂珍、张斌、陆文达、谭文英等同志的帮助和指导,其中方桂珍教授审读全稿,提出了很多宝贵的意见,在此一并致谢!

由于编者水平有限,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请广大读者给予批评指正。

编者

2008年6月

目 录

第 1 章 落叶松木材的概况	1
1.1 树种特征	1
1.1.1 各种落叶松属种的简述	1
1.1.2 落叶松属种的木材解剖特征	6
1.2 天然分布情况	13
1.2.1 世界森林的地理分布	13
1.2.2 中国森林地理条件的特点	15
1.2.3 中国森林地理分布	17
1.2.4 针叶林的分布情况	19
1.2.5 我国的落叶松资源	25
第 2 章 落叶松树皮的基本性质和组成	27
2.1 落叶松树皮的物理性质	27
2.1.1 落叶松树皮的形态特征	27
2.1.2 落叶松树皮的物理利用	28
2.1.3 落叶松树皮的化学利用	30
2.2 落叶松树皮的化学组成分析	33
2.2.1 树皮化学组成的特点	34
2.2.2 落叶松树皮的化学组成及结构	35
2.2.3 单宁的化学性质	45
2.2.4 单宁的测定方法	46
第 3 章 落叶松单宁的生产工艺	48
3.1 栲胶生产的主要原料	48
3.1.1 栲胶原料与含量	48

3.1.2	原料来源	53
3.1.3	栲胶产品品质	53
3.2	落叶松树皮的贮存和备料	54
3.2.1	原料的贮存	55
3.2.2	落叶松树皮的备料	57
3.3	落叶松栲胶的生产工艺	58
3.3.1	原料的粉碎	59
3.3.2	浸提工艺	63
3.3.3	浸提液的蒸发	74
3.3.4	干燥	77
第4章 落叶松单宁衍生物的合成及絮凝、阻垢和抑菌		
	作用研究	81
4.1	落叶松单宁胺甲基化、磺化反应	81
4.1.1	落叶松栲胶原料中单宁含量的分析	82
4.1.2	落叶松单宁胺甲基化反应	83
4.1.3	落叶松单宁的季铵盐化	89
4.1.4	落叶松单宁的磺化	94
4.1.5	落叶松单宁改性产物的水处理性能及表面张力测定	97
4.2	羧甲基落叶松单宁的合成	101
4.2.1	羧甲基落叶松单宁的合成条件优化	102
4.2.2	羧甲基落叶松单宁的化学结构	107
4.2.3	羧甲基落叶松单宁的水处理性能	109
4.2.4	羧甲基落叶松单宁的抑菌性能	116
4.2.5	羧甲基落叶松单宁的阻垢作用机制	124
4.3	阳离子落叶松单宁 TAD 的合成及絮凝和抑菌作用	128
4.3.1	TAD 的合成条件优化	129
4.3.2	TAD 的化学结构	135
4.3.3	TAD 的水处理性能	137
4.3.4	TAD 的絮凝作用机制	142
4.4	两性落叶松单宁 CLTAD 的合成及絮凝、阻垢和抑菌作用	
	研究	145
4.4.1	CLTAD 的合成	145
4.4.2	CLTAD 的化学结构	150

4.4.3	CLTAD 的水处理性能	152
4.4.4	CLTAD 的絮凝、阻垢作用机制	164
4.5	结论与展望	169
第 5 章 落叶松单宁的其他用途		170
5.1	落叶松单宁鞣革剂	170
5.1.1	落叶松单宁的鞣制作用	170
5.1.2	落叶松单宁鞣革剂的合成机理	171
5.1.3	落叶松单宁鞣革剂的技术特点	171
5.1.4	落叶松单宁鞣革剂的应用	171
5.2	落叶松单宁胶黏剂	172
5.2.1	落叶松单宁酚醛树脂胶黏剂的合成机理	172
5.2.2	落叶松单宁酚醛树脂胶黏剂的技术特点	173
5.2.3	落叶松单宁酚醛树脂胶黏剂的应用	173
5.3	其他用途	173
参考文献		175

第1章 落叶松木材的概况

落叶松属林木在我国有 10 余种,有林地较广,蓄积量较大,其中东北最多。据统计,在东北落叶松林木的蓄积量占林区针叶林总蓄积量的 39.4%;占黑龙江省用材林蓄积量的 23.6%,其中大兴安岭林区占用材林总蓄积量的 67%。落叶松具有对恶劣气候及病虫害的抵抗力强,成活率高,生长快,森林资源丰富等特点。

1.1 树种特征

1.1.1 各种落叶松属种的简述

落叶松 (*Larix gmelinii* Rupr.) 为松科落叶松属的落叶乔木,是我国东北、内蒙古林区以及华北、西南地区的高山针叶林的主要森林组成树种,是东北地区主要三大针叶用材林树种之一。落叶松的天然分布很广,它是一个寒温带及温带的树种,在针叶树种中是最耐寒的,其垂直分布达到森林分布的最上限。落叶松在我国北方地区天然分布和人工栽培的主要有兴安落叶松 (*Larix gmelinii*)、长白落叶松 (*Larix olgensis*)、华北落叶松 [*Larix principis-rupprechtii* (Mayr)]、日本落叶松 (*L. kaempferi*) 和朝鲜落叶松 (*L. olgensis* var. *koreana*)。

落叶松 (*Larix*) 是松科的一属。落叶乔木,树干通直;小枝规则互生,分长枝与短枝二型。叶、芽鳞、雄蕊、苞鳞、珠鳞与种鳞均呈螺旋状排列。叶在长枝上散生,在短枝上呈簇生状,倒披针状线形,柔软,上面中脉多少隆起,下面两侧有数条气孔线,叶内有两个通常边生的树脂道。雌雄同株,雌、雄球花均单生于短枝顶

端；雄球花具多数雄蕊，每雄蕊具两个花药，药室纵裂，花粉无气囊；雌球花直立，珠鳞小，腹面基部着生两个倒生胚珠，背面托一大而显著的苞鳞。球果直立向上，当年成熟，幼时通常紫红色；种鳞革质，宿存；苞鳞短窄，不露出或微露出，或苞鳞较种鳞为长，露出部分直伸，弯曲或反折；种子具膜质长翅，基底被种翅包裹，种皮无树脂囊。染色体基数 $x=12$ 。

落叶松树种寿命长，树干高大通直，高可达 30~40m，胸径达 0.8~1.0m，生长非常迅速。人工造林 5 年可郁闭成林，郁闭后年平均高生长达 80~100cm，径粗生长达 1cm，旺盛生长期延续 20 年左右。树冠尖塔形，一年生枝淡褐色，叶线形，球果卵形或卵圆形，每球果具种鳞 16~40 枚，种鳞排列较紧密，种子有翅，球果宿存。落叶松属根据球果的形状、苞鳞的长短和小枝是否下垂，分为两组：①红杉组球果圆柱形或卵状圆柱形，苞鳞长于种鳞或近等长，显著外露或露出，下枝下垂（国产西藏红杉、喜马拉雅山红杉、怒江红杉、红杉、大果红杉、四川红杉、太白红杉属于本组）；②落叶松组球果卵圆形或长卵圆形，苞鳞短于种鳞，不露出或尖头外露，小枝不下垂（国家落叶松、黄花落叶松、华北落叶松、西伯利亚落叶松与引入的日本落叶松、欧洲落叶松属于本组）。落叶松树干端直，节少，心材与边材区别显著，材质坚韧，结构略粗，纹理直，木材重而坚实，抗压及抗弯曲的强度大，而且耐腐蚀。木材工艺价值高，是松科植物中耐腐蚀性和力学性较强的木材，适宜作建筑、电杆、桥梁、舟车、枕木、矿柱、家具、器具及木纤维工业原料等材用。同时，由于落叶松树种高大挺拔，冠形美观，根系十分发达，抗烟能力强，所以，又是一个优良的园林绿化树种。

落叶松喜欢阳光充足而较干旱的环境，属耐寒、耐干旱瘠薄的浅根性树种，适应性强，是生活在最严酷环境中的林木。落叶松林常较稀疏而阳光直达林下，冬季落叶后林下更是充满阳光，因此落叶松林是典型的“明亮针叶林”。落叶松对土壤水分条件和土壤养分条件的适应范围很广，喜冷凉的气候，有一定的耐水湿能力，但其生长速度与土壤的水肥条件关系密切，在土壤水分不足或土壤水

分过多、通气不良的立地条件下,落叶松生长不好,甚至死亡,过酸过碱的土壤均不适于其生长。落叶松虽耐低温寒冷,一般在最低温度达 -50°C 的条件下也能正常生长,但同样生长不好。落叶松通常形成纯林,有时与冷杉、云杉和耐寒的松树或阔叶树形成混交林。在中国分布较广的落叶松有:兴安落叶松、华北落叶松、西伯利亚落叶松、红杉及其变种大果红杉等。我国大兴安岭森林就是东西伯利亚的兴安落叶松林的延伸。

落叶松属植物早在第三纪就已出现在欧亚大陆,到第四纪由于受气温下降的影响,落叶松的分布范围逐渐扩大,随着冰后期气温的回升,其分布区逐渐向北退缩和向山地抬升,繁衍至今,形成了目前的分布格局。落叶松分布于北半球,在欧亚及北美均超越北回归线,达北纬 $63^{\circ}\sim 72^{\circ}30'$,分布区的南线约在北纬 40° ,但在中国经北部的恒山、五台山、吕梁山、秦岭至横断山、喜马拉雅山,可达北纬 $20^{\circ}10'$,是北方和山地寒温带干燥寒冷气候条件下具有代表性的寒湿性针叶林的主要树种之一。国内约有10种落叶松属植物,主要分布于黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西、甘肃、新疆、西藏、四川及云南等省区。在中国东北及华北平原(如呼玛、哈尔滨、饶河及北京等地)的晚更新世地层中也发现了落叶松的花粉与球果。

产于我国的落叶松主要有以下几种。

① 华北落叶松 [*Larix principis-rupprechtii* (Mayr)] 松科落叶松属,乔木,树冠圆锥形,树皮暗灰褐色,呈不规则鳞状裂开,大枝平展,小枝不下垂,球果长卵形或卵圆形,长约 $2\sim 4\text{cm}$,径约 2cm ,种鳞 $26\sim 45$ 枚,背面光滑无毛,边缘不反曲,苞鳞短于种鳞,暗紫色;种子灰白色,有褐色斑纹,有长翅。产于北京百花山、灵山及河北小五台山海拔 $2000\sim 2500\text{m}$,河北围场、承德、雾灵山等海拔 $1400\sim 1800\text{m}$,山西五台山、恒山海拔 $1800\sim 2800\text{m}$ 等高山地带。此外,辽宁、内蒙古、山东、甘肃、宁夏、新疆等地区也有引种栽培。因为它的树冠整齐呈圆锥形,叶轻柔而潇洒,可形成美丽的风景区,因而它一般作为园林用途,且最适于较高海拔和较高纬度地区的配置应用。

② 长白松 [*Pinus sylvestris* (Takenouchi) T. Wang ex-cheny] 又名美人松, 为松科松属, 是欧洲赤松分布最东的一个地理变种。其形态特征: 常绿乔木, 高 25~32m, 胸径 25~100cm; 下部树皮淡黄褐色至暗灰褐色, 裂成不规则鳞片, 中上部树皮淡褐黄色至金黄色, 裂成薄鳞片状脱落; 冬芽卵圆形, 有树脂, 芽鳞红褐色; 一年生枝浅褐绿色或淡黄褐色, 无毛, 三年生枝灰褐色。针叶 2 针一束, 较粗硬, 稍扭曲, 微扁, 长 4~9cm, 宽 1~1.2mm, 边缘有细锯齿, 两面有气孔线, 树脂道 4~8 个, 边生, 稀 1~2 个中生, 基部有宿存的叶鞘。雌球花暗紫红色, 幼果淡褐色, 有梗, 下垂。球果锥状卵圆形, 长 4~5cm, 直径 3~4.5cm, 成熟时淡褐灰色, 鳞盾多少隆起, 鳞脐突起, 具短刺; 种子长卵圆形或倒卵圆形, 微扁, 灰褐色至灰黑色, 种翅有关节, 长 1.5~2cm。

长白松属于种子繁殖。长白松种子既可秋采春播, 也可在低温干燥条件下长期保存。播种前要消毒、催芽, 条播或散播, 播种后 7d 出土, 出苗后要预防立枯病, 在高生长速生期结束前, 要注意灌溉。两年即可出圃造林, 避免营造纯林。

长白松仅分布于长白山北坡, 分布区的气候温凉, 湿度大, 积雪时间长。年平均温 4.4℃, 1 月份平均温 -15~-18℃, 7 月份平均温 20~22℃以上, 极端最高温 37.5℃, 极端最低温 -40℃左右; 年降水量 600~1340mm, 相对湿度 70%以上, 无霜期 90~100d。土壤为发育在火山灰土上的山地暗棕色森林土及山地棕色针叶森林土, 二氧化硅 (SiO₂) 粉末含量大, 腐殖质含量少, 保水性能低而透水性能强, pH 值 4.7~6.2。长白松为阳性树种, 根系深长, 可耐一定干旱, 在海拔较低的地带常组成小块纯林, 在海拔 1300m 以上常与红松 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)、红皮云杉 (*Picea koraiensis* Nakai.)、长白鱼鳞云杉 [*Picea jezoensis* Carr. var. *komarovii* (V. Vassil.) Cheng et L. K. Fu.]、臭冷杉 [*Abies nephrolepis* (Trautv.) maxim.]、黄花落叶松 (*Larix olgensis* Henry.) 等树种组成混交林。花期 5 月下旬至 6 月上旬, 球果翌年 8 月中旬成熟, 结实间隔期 3~5 年。

长白松是长白山地区针叶树中较好的造林树种, 树态美观, 又

适宜作为城市绿化树。但是由于人类过度地采伐，长白松的树种濒临灭绝。长白山由于未严加保护，长白松天然分布区很狭窄，只见于吉林省安图县长白山北坡，海拔700~1600m的二道白河与三道白河沿岸的狭长地段，尚存小片纯林及散生林木。二道白河沿岸散生的小片纯林，也在逐年遭到破坏，分布日趋益缩小。现在人们正在积极的采取各种措施来保护长白松，如把长白松分布地区划分保护区，并列为重点保护树种。今后应促进天然更新，提高母树结实率，采种、育苗，扩大其造林面积。目前哈尔滨、白城、沈阳等地均已引种栽培，长势良好。

③ 黄花落叶松 (*Larix olgensis* Henry.) 别名为黄花松、白落叶松。属于杉科、落叶杉属。黄花落叶松树姿优美，果球中部的种鳞长宽近相等，广卵形、四方状广卵形或圆形。黄花落叶松喜光，耐严寒，喜湿润，适应性强，有一定的耐旱耐水湿能力，繁殖培育。主要分布在东北北部暖温带落叶阔叶林区（主要城市：沈阳、葫芦岛、大连、丹东、鞍山、辽阳、锦州、营口、盘锦、北京、天津、太原、临汾、长治、石家庄、秦皇岛、保定、唐山、邯郸、邢台、承德、济南、德州、延安、宝鸡、天水）。

④ 日本落叶松 [*Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc) Gord] 为松科、落叶松属。日本落叶松为针叶乔木，高达30m，干皮暗褐色纵裂，呈鳞片状剥落，冬芽紫褐色，近球形，枝平展，有长枝、短枝之分，长枝上叶螺旋状散生，短枝上叶簇生。当年生长枝淡红褐色或紫褐色，被白粉和褐色柔毛，后转为灰褐色，毛渐脱落，短枝环痕明显，叶扁平条形，长1.5~3.5cm，背面中脉隆起，有明显的气孔线5~8条，雌雄同株异花。球花均单生于短枝顶端，球果小，卵圆形，种鳞薄革质，种鳞上部边缘明显向外反曲，鳞背有小疣状突起，密被腺毛。种子倒卵圆形，具膜质种翅，花期4~5月，果熟于秋季。日本落叶松以种子繁育为主，种子的寿命短，以新鲜的种子发芽率最高，小苗怕曝晒，需要遮阳。日本落叶松喜光照充足、喜肥、喜水、喜温暖湿润的气候环境，抗风力差，不耐干旱也不耐积水；生长速度中等偏快。枝条萌芽力较强，有相当的耐碱性。

日本落叶松原产于日本,1909年前后引入山东,现河北、河南、江西以及北京、天津、西安等地均有栽培。因其树干端直,干皮暗褐色,树冠塔形,姿态优美,小枝淡红褐色或紫褐色,叶片扁平翠绿,是落叶松中一个良好的园林绿化点缀树种,在园林配置中应用较广泛。

⑤ 兴安落叶松 (*Larix gmelini*) 为杉科、落叶松属。兴安落叶松的树冠幼年呈塔状,老树则较开阔。叶在长枝上散生,在短枝上簇生,倒披针状条形长1.5~3cm,上面光滑绿色,下面灰绿色。雌雄同株,球花单生于短枝顶端,球果当年成熟,直立,卵圆形,长1.2~3cm,熟时黄褐色至紫色,种子三角形,花期5~6月,果熟期9~10月,播种繁殖,是一种强阳性,喜温凉湿润气候,较耐湿,适应性强但不耐海潮,忌大风的树种。

主要分布在东北寒温带针叶林区(主要城市:漠河、黑河)和温带针阔叶混交林区(主要城市:哈尔滨、牡丹江、鹤岗、鸡西、双鸭山、伊春、佳木斯、长春、四平、延吉、抚顺、铁岭、本溪)。

⑥ 西伯利亚落叶松 (*Sibirica Ledeb.*) 为松科、落叶松属。为落叶乔木。树皮多呈厚片状或长片状剥裂,枝分长枝和短枝,叶呈螺旋状散生于长枝,簇生于短枝,线形,扁平,柔软,淡绿色,表面平或中脉隆起,背面中脉隆起,两侧有气孔线。雌雄同株,花单性,单生于短枝上,雄球花黄色,雌球花近球形,苞鳞显著,绿紫色或红色,春季与叶同时开放。球果当年成熟,近球形或圆柱形,苞鳞露出或不露出。种子形小,具膜质长翅,当年成熟时散落。喜光不耐顶部庇荫,耐寒性强。需要湿润而通气良好的土壤。土壤水分不足(如干燥的南坡和干旱的砂地)或过剩(如沼泽化和泥炭质的重黏壤土)时生长不良;在山区河流沿岸、具有大粒结构的冲积土上,则生长良好。主要分布在新疆地区。

1.1.2 落叶松属种的木材解剖特征

(1) 落叶松属种的木材粗视特征 落叶松属种的木材粗视特征描述见表1-1。

(2) 落叶松属种的木材解剖特征 落叶松属种的木材解剖特征描述见表1-2。

表 1-1 中国落叶松属种的木材粗视特征

树种名称 粗视特征		怒江红杉	红杉	四川红杉	太白红杉	华北落叶松	日本落叶松	长白落叶松	兴安落叶松	新疆落叶松
生长轮	显明度	显明	显明	显明	显明	显明	显明	显明	显明	显明
	宽度 ^①	易变, 狭至略宽; 0.8~3.5mm	易变, 狭至略宽; 0.3~0.5mm	易变, 狭至略宽; 0.3~0.4mm	略均匀, 略狭至略宽; 0.7~3.6mm	易变, 狭至略宽; 0.6~5.8mm	很易变, 狭至很宽; 0.5~10.0mm	易变, 很狭至宽; 0.3~5.5mm	易变, 狭至略宽; 0.45~3mm	易变, 狭至略宽; 0.5~3.0mm
	早材至晚材的变化	渐变至略急变	渐变至略急变	略急变	多为渐变	略急变	略急变至渐变	急变	急变	急变或略急变
	早材带占生长轮宽	1/2~2/3或以上	1/2~2/3	1/2~2/3	1/3~1/5	1/2~3/4	1/3~4/5	1/2~2/3或以上	1/3~2/3	1/2~4/5
心边材	边材宽 ^②	较宽; 2.8cm左右;	较宽至略狭; 3.5~4.6cm	较宽; 2.5~3.5cm以上	较宽; 2.8cm左右	宽; 3.5~4.5cm	—	狭; 1.0~2.0cm左右	狭; 1.7~2.0cm	狭; 1.6~2.4cm
	颜色	边心材黄白色或浅黄褐色; 心材红褐色	边材浅黄褐色; 心材红褐色	边材浅黄褐色; 心材红褐色	边材黄褐色; 心材红褐色	边材黄褐色; 心材红褐色	边材黄褐色; 心材红褐色	边材浅黄褐色; 心材红褐色	边材浅黄褐色; 心材红褐色	边材黄白色至浅黄褐色至红褐色

续表

树种名称 粗视特征									
	怒江红杉	红杉	四川红杉	太白红杉	华北落叶松	日本落叶松	长白落叶松	兴安落叶松	新疆落叶松
正常 纵向 树脂道	分布	多散布在 晚材带；早 材带者色浅 不易看出	多散布在 晚材带；早 材带者色浅 不易看出	多散布在 晚材带	多散布在 晚材带；早 材带者色浅 不易看出	多散布在 晚材带；早 材带者色浅 不易看出	多散布在 晚材带	多散布在 晚材带	多散布在 晚材带
	大小 ^③	较小	较小	较小	较小，较 兴安、华北 落叶松为大	较小，较 兴安、华北 落叶松为大	较大，较 上述各种叶 松等为最大	除华北、 长白落叶松 外，为最大	较小
	排列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列	多数单 独；少数连 成2~3枚 短弦列
木射线	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显	在放大镜 下明显
	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀
	中	中	中	中	中	中	中至粗	中	中
纹理	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀	直，略均匀
结构 ^④	中	中	中	中	中	中	中至粗	中	中

①，②，③：这里所指的宽度或大小，系就是本属各种种之间的比较而论。

④：结构标准系根据管胞切向直径（Brown, etc., 1949）即结构细：30 μ m以下；结构中：30~45 μ m；结构粗45 μ m以上。