

木材漂白与染色

■ 陈玉和 吴再兴 编著

中国林业出版社

木材漂白与染色

陈玉和 吴再兴 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材漂白与染色/陈玉和, 吴再兴编著. - 北京: 中国林业出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-5038-8252-4

I. ①木… II. ①陈…②吴… III. ①木材涂装 - 漂白②木材涂装 - 染色技术
IV. ①TS654

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 272862 号

责任编辑: 李 伟

出版 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

http: //lycb. forestry. gov. cn 电话: (010) 83143544

发行 中国林业出版社

印刷 北京中科印刷有限公司

版次 2015 年 11 月第 1 版

印次 2015 年 11 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 17

字数 380 千字

印数 1 ~ 1000 册

定价 45.00 元

前 言

木材是一种用途广泛、可再生的天然材料，是人类生存和发展的重要生物质材料。我国是一个缺林少绿、生态脆弱的国家，森林覆盖率远低于全球 31% 的平均水平，第八次全国森林资源清查结果表明，我国人均森林面积仅为世界人均水平的 $1/4$ ，人均森林蓄积只有世界人均水平的 $1/7$ 。随着社会经济的发展，木材消费量不断增加，2013 年，我国消耗木材 5.2 亿 m^3 。我国天然林和珍贵木材严重不足，因此，我国开展了大规模人工造林。目前，人工林面积居世界首位，人工林采伐量占森林采伐量的比重不断上升，已达 46%。人工林特别是速生人工林生长较快，但木材质量不高，特别是视觉特性较差，难以完全满足使用的需要。

建筑装饰是木材应用的重要领域，这与木材的视觉特性、装饰特性有密切关系，而颜色是木材视觉特性和装饰特性的重要方面。通过漂白、染色等颜色调控技术，结合重组、纹理再造等工艺，将低质量的人工林木材制造成色彩丰富、纹理多样的高质量产品，对缓解我国木材资源特别是珍贵木材资源短缺具有重要意义，对林业提质增效创新发展具有重要意义。

自古以来人们就用天然动植物色素作染料对衣物和家具进行染色。靛蓝、茜素、五倍子、胭脂红等是我国古代最早应用的植物和动物染料。现代有机染料在木材加工领域的使用起源于 1913 年苯胺紫的立木染色。1936 年西田博太郎介绍了日本的染色木材家具、木质玩具和细木工制品的情况。1964 年大川勇等使用自然浸渍的方法染木材。1968 年横田德郎对化学药剂在木材中的扩散机理进行了研究。1971 年基太村洋子对木材的染色工艺和机理进行了较为系统的研究。1987 年平林靖彦就壳聚糖对水溶性染料染色均匀性的改善，染色材在氙灯和自然光等老化条件下的耐光性进行了研究。1990 年饭田生穗等对 58 种阔叶材和 3 种针叶材进行了立木染色试验，分析了染色后木材横切面的染色情况。1991 年松浦力介绍了染色木材的性能评价方法，对染色性及其影响因素和染色剂的耐光性进行了研究。1992 年添野丰对木材浸渍染色和染色工艺进行了介绍，列举了浸渍染色的种类和条件。1995 年武井升等用木材光吸收系数 (K) 与散射系数 (S) 之比 K/S 作为染料吸收速度方程的主要参数，并用测色仪对理论进行了验证。1996 年樱川智史从木材漂白到木材染色及染色材光变色防止技术进行了研究。

我国 20 世纪 80 年代末开始重视和探索木材染色。陈云英等对加拿大杨、椴木和柳桉单板深度染色与染料溶液的浓度、温度及时间的关系, 染液 pH 值对染色单板的胶合强度、材质和材色的影响, 助剂对单板染色的影响进行了研究。张广仁、李坚等对国外在木材染色领域的研究成果作了介绍。赵广杰等对染料在木材中的渗透性作过一定研究。刘亚兰也在文章中对木材染色进行不同程度的介绍。刘元介绍了木材染色剂及其特征, 木材染色性, 染色方式和影响因素。作者从 1990 年代开始木材漂白与染色研究, 从木材防变色、污染木材处理、木材漂白、染色、渗透性改善、表面活性剂在染色中的作用机理、染色材料耐久性等方面进行了系统研究, 并研发、推广了仿珍贵木材刨切单板染色、杨木单板科技木、多种仿珍贵木材生产技术和产品, 取得良好社会经济效益。近年来, 为利用我国丰富的竹材资源, 丰富竹产品的色彩和品种, 作者又将染色对象拓展至竹材染色, 并对染色废水回用、环保处理技术等开展了研究, 取得多项成果和专利。

针对木材漂白与染色的市场需求, 作者总结了国内外在木材漂白和染色方面的科技成果和多年的研究成果以及生产经验。本书涵盖了木材颜色、木材化学性质、木材润湿和渗透知识、木材漂白、木材染色剂、染色基本原理、木材染色工艺、染色产品制造技术、表面活性剂对木材染色的作用机理、颜色稳定性以及环境保护等方面的内容, 基本覆盖了木材漂白与染色从理论到实践, 从技术到产品等各个环节, 对木材漂白与染色生产、教学与科研领域有一定借鉴与参考作用。

本书中的研究成果得到了国家“863”计划(2010AA101701)、林业部攻关课题(1990-05-05)、国家林业局(2005-4-75、2014 [17] 号)、浙江省科技厅(2006F12048、2012R10023)等项目的资助, 本书的出版得到了浙江省科技厅项目(2012F20001)的资助, 以及中国林业出版社的大力支持。感谢我的导师陆仁书教授对我研究方向性的指导, 感谢国家林业局泡桐研究开发中心同事、国家林业局竹子研究开发中心同事、东北林业大学方桂珍教授对我实验工作的指导和支持, 感谢国家林业局竹家居工程技术研究中心、浙江省竹子高效加工重点实验室等平台对相关内容的研究开发提供的支持, 感谢我的妻子郭瑞霞对我科研工作的支持!

由于笔者水平有限, 对现有理论和成果的总结难免挂一漏万, 实验数据的疏漏之处在所难免, 恳请读者批评指正。

陈玉和

2014 年 10 月

目 录

前言

第一章 木材颜色	(1)
1.1 木材颜色的产生	(1)
1.2 影响木材颜色的物理因素	(3)
1.3 颜色的表现力	(4)
1.4 颜色表征与测量	(5)
第二章 木材性质基础	(9)
2.1 木材的化学组成	(9)
2.2 纤维素的结构及化学性质	(14)
2.3 润湿理论基础	(29)
2.4 木材润湿性	(32)
2.5 木材的渗透性	(34)
2.6 木材的表面特性	(54)
第三章 木材漂白	(62)
3.1 木材漂白用水	(62)
3.2 木材漂白概述	(66)
3.3 次氯酸钠漂白	(67)
3.4 过氧化氢漂白	(71)
3.5 亚氯酸钠漂白	(85)
3.6 硫代硫酸钠漂白	(88)
3.7 其他漂白剂漂白	(92)
3.8 污染木材的漂白	(92)
3.9 泡桐材色斑的消除	(93)
第四章 木材染色剂	(98)
4.1 染料基本构成和分类	(98)
4.2 木材染色剂	(105)
4.3 木材染色常用分析手段	(106)
4.4 适染染料试验	(109)

第五章 染色基本原理	(126)
5.1 染料的溶液和分散液	(126)
5.2 木材在水溶液中的状态	(129)
5.3 染色平衡和染色热力学	(132)
5.4 吸附等温线及其意义	(134)
5.5 染色热和染色熵	(137)
5.6 染料的扩散	(139)
5.7 染色速率和上染速率曲线	(143)
5.8 促染和缓染	(144)
5.9 匀染和透染	(146)
第六章 木材染色工艺	(148)
6.1 木材上染率的影响因素	(148)
6.2 单板染色工艺的研究	(157)
6.3 刨切薄竹染色工艺	(162)
6.4 实木染色技术	(165)
6.5 木材的表层着色	(166)
第七章 木材染色产品制造技术	(168)
7.1 仿黑胡桃单板层积材制造技术	(168)
7.2 薄木染色与贴面技术	(171)
7.3 彩色刨切薄竹生产关键技术	(174)
第八章 表面活性剂对木材染色作用机理	(179)
8.1 表面活性剂的作用原理	(179)
8.2 表面活性剂对染液表面张力和木材浸润高度的影响	(184)
8.3 表面活性剂对上染速率的影响	(192)
8.4 表面活性剂对木材染色作用的波谱分析	(194)
第九章 木材颜色的稳定性	(205)
9.1 木材的变色	(205)
9.2 竹木材料耐紫外光老化性能	(212)
9.3 木材变色的预防与控制	(215)
9.4 紫外辐照下染色竹材的色彩稳定性	(233)
第十章 木材染色的环境保护	(240)
10.1 脱色废液处理	(240)
10.2 木材染色废水处理	(242)
附录 22 种常用染料的可见光吸收光谱曲线	(248)
参考文献	(254)

第一章 木材颜色

大部分木材本身无明显的颜色，但因细胞内含有各种色素、树脂、单宁、树胶及油脂等物质，所以木材也具有各种不同的颜色。

木材颜色的深浅，与木材的密度、腐朽及干湿等有关。在一般情况下，边材为白色或浅色，心材色深；晚材密度较大，其颜色亦较早材为暗；长久暴露于空气中的木材，常因氧化作用而使材色加深，也因风化使木材退色而变为灰色；由于菌类的寄生，也可使木材腐朽退色或变色，呈现杂色斑点或条纹。

不同木材表面表现出不同颜色，如乌木(*Diospyros ebenum*)、柿树、核桃的木材为黑色或浅黑色，紫檀(*Pterocarpus indicus*)、圆柏、红豆杉的木材为红褐色，刺槐、桑树、柘树、黄连木的木材为黄褐色，侧柏、柏木为橘黄色，香椿为红色，黄檀为黄色，火力楠(*Michelia macclurei* var. *sublanea*)、梧桐为绿色，白杨、冷杉为白色等。

木材的颜色可以确定木材品质的优劣，凡木材失去固有颜色，即为开始老化、腐朽的象征。有些木材的色素还是染料来源，如毛叶黄栌(*Cotinus coggygia* var. *pubescens*)可提取黄色染料，青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)可提取蓝色染料。

1.1 木材颜色的产生

木材能够吸收可见光，因而能看到木材红、棕、黄、绿等色彩的颜色。木材的颜色因树种而异，即使是同一树种，也会因分布地域、立地条件、树龄及其他因素的不同而异。就是同一株树木，也会因不同的部位而有差别，如心材与边材的颜色就不一样，在不同的木材切面木材颜色也有变化。

1.1.1 木材的发色物质

1.1.1.1 木素

构成木材细胞壁的主要成分是纤维素、半纤维素和木素。纤维素和半纤维素不吸收可见光。作为基质存在于纤维素微细纤维之中的木素，能够吸收 500nm 以下的光。木素是具有芳香族特性的、非结晶性的并具有三度空间结构的高聚物，基本结构单元是苯基丙烷，单元之间以醚键(—C—O—C—)和碳—碳键(—C—C—)连接。作为针叶材木素的基本结构单元松柏醛基是由羰基(=C=O)、乙烯基(R—C=C—R)和苯环三个发色基团组成，是一种含有 C=O 和 C=C 共轭双键结构的发色基团；共轭结构中的 π 电子具有很大活性，跃迁时所

需要的激发能最小，吸收光谱的波长可从紫外光区移到可见光区，而呈现颜色。因此，木素是木材产生颜色的重要来源。由木材中分离而得到的天然木素，尽管分离过程尽量避免可能发生的物理变化和化学变化，但天然木素的颜色仍为淡黄色。在针叶材中，木素的颜色主要是由取代苯酚的苯醌和松柏醛基的脱氢共聚物所造成的。

木素能与酚类化合物、芳香族胺类化合物和无机化合物发生特殊的颜色反应，而使木材显色，见表 1-1、表 1-2、表 1-3。

表 1-1 木素与酚类和芳香族胺类化合物的颜色反应

酚 酸	显 色	芳香族胺类	显 色
苯酚	蓝绿	苯胺	黄
邻-、间-甲酚	蓝	邻-硝基苯胺	黄
对-甲酚	橙绿	间-、对-硝基苯胺	橙
邻-、间-硝基苯酚	黄	邻-、间-、对-氯苯胺	橙黄
对-硝基苯酚	橙黄	对-氨基苯磺酸	黄橙
氢醌	橙	邻-、间-苯二胺	橙褐
间苯三酚	紫红	对-苯二胺	橙红
均苯三酚	红紫	联苯胺	橙
α-萘酚	绿蓝	喹啉	黄

表 1-2 木素与杂环化合物颜色反应

杂环化合物	反应颜色	杂环化合物	颜色反应
鼠李醛	绿色	N-苯基吡咯	紫罗兰色
呋喃	绿色	吲哚	樱桃红
甲基呋喃	绿色	N-甲基吲哚	红紫色
吡咯	红色	N-烯丙基吲哚	黑红色
N-乙基吡咯	深红	N-苯基吲哚	蓝紫色
α-甲基吡咯	樱桃红		

表 1-3 木素与无机化合物的颜色反应

试剂	显色
浓硫酸、浓盐酸	绿
硫酸亚铁—赤血盐	深蓝
氯—亚硫酸钠	黄褐、红紫
高锰酸钾—盐酸—氨水	黄褐、红紫
五氧化二钒—磷酸	黄褐
硫氰化钴	深蓝
硫化氢—浓硫酸	红

1.1.1.2 木材抽提物

木材抽提物是一组不构成细胞壁、胞间层等基本木材构造单元的游离的、可溶于水或有机溶剂的一类物质。抽提物的种类繁多、成分复杂。可以认为抽提物包括了从树木生理活动中间体或营养源到它的最终代谢产物。不同树种,其抽提物的成分和数量均有不同。即便是同一树种,同一株树木,其不同部位的木材(如心材和边材)抽提物的成分和含量常有很大的差别。抽提物中的酚类物质(如黄酮类、芪、木酚素、单宁和醌类)和色素能够吸收500nm以上的光,从而使木材产生颜色。抽提物中的有色物质是高分子量的色素和低分子量的酚类化合物。

1.1.1.3 灰分

灰分是木材燃烧后的无机物质。热带材中的灰分含量较高,主要以二氧化硅和草酸钙、碳酸钙的形式积聚在细胞中,呈斑点状分布,使材面出现色斑。

1.1.2 木材的心材化过程

木材分边材和心材,一般心材色深,边材色浅。心材是由边材转变而来,木材的心材化过程是一个十分复杂的生物化学过程。在该过程中,生活细胞逐渐缺氧而死亡,导管中形成侵填体,水分输导系统阻塞,胞腔内含有树胶、碳酸钙、色素、单宁等沉积物,致使心材形成各种颜色。心材颜色的变深主要是色素的沉积所致,而使颜色变深的原始物质——心材酚,大多在心边材交界处的内侧产生。

1.2 影响木材颜色的物理因素

1.2.1 光照方向

当光照射到木材表面时,一部分被直接反射回来,另一部分则进入能够吸收某些波长入射光的色素和细胞间隙中。没有被吸收进细胞的光,通过散射、反射和传导而再次发射。木材的颜色,是未被木材吸收的光在人的视网膜上所产生的印象。

木材细胞形状纤细,在某一方向呈层状排列。所以,光的照射方向不同,木材颜色会产生一定的差别。当以直角方向照射木材纤维时,明度最高,彩度最低。原因在于当入射光以直角方向照射木材时,在木材表面反射和散射的、未渗入细胞的光量可能会增大,从而引起明度提高,彩度下降。

1.2.2 木材含水率

未气干的木材细胞中含有大量的自由水。当细胞内部被水充满时,光可透射进入细胞,但只有少量在细胞壁中轻微散射。这种木材颜色称为湿色。未气干木材的明度低于气干木材。人工干燥材的湿色类似于涂过清漆的木材材色。

1.2.3 材面粗糙度

如果木材表面不平,那么在材面的反射和散射就会增大,引起明度增高。

1.3 颜色的表现力

我们对于任何物体的识别总是离不开形状和颜色。从心理学的角度来看,这两种视知觉现象都能传递感情。但是那落日的余辉和旭日的霞光所蕴含的情感却是任何形状也难以表达的。人们对于形状的描绘往往都比较准确,而对于颜色的描述则经常带有浪漫的色彩,因此人们常把对形状的感觉比喻成富有气魄的男子,而把色彩比喻为富有魅力的女性。

颜色的表现力,即颜色刺激引起人类某些特定情感的能力,它包括颜色的冷暖、颜色的和谐、颜色的动感及颜色的喜爱等。由于染色木制品与人们的生活息息相关,迷人的地板,漂亮的家具以及雅致的装修,都需要木材的着色,颜色的表现力是我们在木材染色调色过程中必须注意的。

1.3.1 颜色的冷与暖

习惯上人们常把红色或黄色称为暖色,而把蓝色或绿色称为冷色,因为它们能给人一种暖或冷的感觉。为什么产生这样的感觉呢?也许人的联想在这里起了作用,例如红色的火焰给人以热的感觉,而蓝色的天空或海水给人以冷的感觉。

但是仅仅依据颜色呈现的基本色调来判断冷暖是不完全可靠的,对于混合色,例如略带红的蓝色会给人以暖的感觉,略带蓝的红色会给人以冷的感觉;而对于等量红色与蓝色的混合产生的紫色给人的感觉却是不冷不暖。因此对于两种色彩的混合所产生的感觉平衡看来是不稳定的,甚至不同的观察者会得出不同的感觉。例如对于橘红色,如果把它看成是略带黄的红色,则看到的色彩给人以冷的感觉,但是如果把它看成是略带红的黄,则会产生暖的感觉;如果把紫色看成是略带蓝色的红色时,会引起冷的感觉,而把紫色看成是略带红的蓝色时,却又给人以暖的感觉。

明度和饱和度对于颜色的表现力会产生影响。试验表明,明度越高的颜色看上去会越冷,明度较低的颜色会显得变暖。饱和度的影响较为复杂,某些颜色的不饱和程度可能会使暖色变得更暖,而冷色变得更冷。因此对颜色表现力进行比较时,必须在相同的明度和饱和度条件下进行。

在考察颜色产生的冷、暖感觉时还必须考虑到周围色彩的影响,例如同化现象会消除视知觉的不稳定性而使某些颜色的“体温”上升。

1.3.2 颜色的和谐

所谓颜色的和谐是指用什么样的颜色搭配能使产品的效果显得自然和谐。奥斯瓦尔德(Ostwald)和孟塞尔都认为利用互补色构成的东西是和谐的,但是影响颜色和谐的因素并非

如此简单，它是错综复杂的。

颜色表面的大小是影响和谐的一个因素，例如在大面积的表面上应使用柔和一些的颜色，如使用饱和度过高的颜色则会令人不快。但是这种标准会随时间的变迁而变化，奥斯瓦尔德在1919年曾断言在庞贝壁画上的大面积朱红色是拙劣的，但是当今天人们欣赏法国名画家马蒂斯(Matisse, 1869 ~ 1954)那幅涂满饱和红色的近 4.5m^2 的名画《红色中的和谐》时，却又觉得非常完美，它比印象主义画派显得更奇特神秘。

色彩的表现力还会因题材而改变。例如用某种红色表现鲜血时可能显得太淡，但是如果用它来表现发红的面孔时又可能会显得太红了，对于音乐家来说，音阶可以说是他的“调色板”，一首完美的乐曲不仅在于它能产生悦耳的和谐音，而且它还能产生大量的不和谐音。对于颜色的和谐理论也是如此，不仅要研究颜色之间的和谐，而且要研究颜色之间的不和谐。

1.3.3 人对颜色喜爱

白色在不同的国家，对不同的民族会产生不同的情感。白色的服装、花朵在西方国家象征着爱情的美好与纯洁，因此结婚时常穿白色礼服；但是在东方国家，白色往往出现在办丧事的场合，它象征着心理上的虚无和失落。从色光的加法混合角度来看，五颜六色的光混合在一起能形成白光，这正是象征着生活的五彩缤纷，但是当我们注目于白这一无彩色时，又会联想到冷漠与终结。因此可以说白色既呈现圆满状态，又呈现虚无状态。

对于颜色的喜好还与人的经历和个性联系在一起。毕加索在他的绘画生涯中经历过“蓝色时期”和“玫瑰色时期”，这与他生活环境和性情的改变有着密切的关系。在1901 ~ 1904年之间，毕加索的绘画以冷色调蓝色为主，他表现的是饥饿与寒冷，这正是他本人这一时期贫困生活的写照；此后毕加索的绘画随着他的生活境遇的改变也发生了变化，画的主题不再是盲人、老人和乞丐，而是舞蹈演员、女性和马戏小丑等，这时期他经常使用的颜色是以暖色调为主的粉红色。

1.3.4 颜色的前进后退感和膨胀收缩感

暖色看上去似乎是在邀请我们，而冷色往往使人望而生畏、避而远之，因此前者使我们感到距离拉近了，而后者则产生距离变远的感觉。这和人们日常生活中的行为也很相似，对于一个热心人大家总是愿意接近他，而对于一个冷漠的人则总是躲避他。

视亮度也是产生上述现象的原因之一。一个黑色的物体看上去总要比相同大小的白色物体显得小一些。在日常生活中，一个人穿黑色衣服时总是比穿淡色衣服显得苗条。

1.4 颜色表征与测量

颜色是人类视觉系统对光波刺激的反映，因此，受到光波、人眼的生理结构和人脑等的影响。人类见到颜色，是在一定条件下才出现的，这些条件主要有3个：光线、物体反射和

眼睛。所谓颜色，就是光线经物体反射到眼睛中产生的知觉。

颜色的测量和表征方法有多种，如 CIE 颜色系统、孟塞尔系统、自然色系统、德国 DIN 系统等，其中作为色刺激混合系统的 CIE 系统在颜色测量中获得了广泛应用，也是木材颜色表征中常用的方法，下面简要介绍 CIE 色度系统相关知识。

1.4.1 CIE 色度系统

为了规范颜色表征及测量方法，国际照明委员会(CIE)于 1931 年推荐了 CIE - RGB 色度系统。但是该系统在计算颜色的三刺激值时会出现负值，为了消除使用负数表示的不便，CIE 采用假想三原色的方法建立起一个新的色品图——CIE1931XYZ 标准色度系统。实践表明，CIE1931XYZ 色度系统只适用于 $1^\circ \sim 4^\circ$ 的观察视场范围，因此 1964 年 CIE 又推荐了适用于 $4^\circ \sim 10^\circ$ 视场条件的 CIE1964 补充标准色度系统。

为了计算颜色的三刺激值和色品坐标，首先必须知道光源发出(光源色)或者光源经物体反射或透射后(物体色)进入人眼产生颜色感觉的光谱能量，并称之为颜色刺激函数，以符号表示。根据 CIE 的规定，由该颜色刺激函数引起的 CIE 三刺激值为：

$$\left. \begin{aligned} X &= k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} X_{10} &= k_{10} \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \\ Y_{10} &= k_{10} \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \\ Z_{10} &= k_{10} \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}$$

上式中， X 、 Y 、 Z 为 CIE 1931 标准色度系统的三刺激值， X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 为 CIE 1964 补充标准色度系统的三刺激值， k 、 k_{10} 分别为两个色度系统的调整因数， $\varphi(\lambda)$ 为色刺激函数， $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 和 $\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ 分别为两个色度系统的光谱三刺激值。

在实用中可以用求和的方法来近似，如下所示：

$$\left. \begin{aligned} X &= k \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} X_{10} &= k_{10} \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \\ Y_{10} &= k_{10} \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \\ Z_{10} &= k_{10} \sum_{\lambda=380}^{780} \varphi(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\}$$

1.4.2 颜色的测量

(一) CIE 标准施照体

由于物体的感知色往往随观察时的照明条件而改变，所以一般我们都愿意在日光下进行颜色比较。对于颜色的标注和测量必须准确地模拟日光的光谱分布，因而建立为国际上普遍接受的代表典型日光、白天光和人造光源的标准是必要的。CIE 用相对光谱功率分布定义的标准施照体有 A，B(已废弃)，C， D_{65} 及另一些 D 施照体(施照体也称为照明体)。

CIE 标准施照体 A 定义为工作于绝对温度 2856K 的普朗克辐射体。钨丝白炽灯的发射率与具有相同色温的完全辐射体的发射率仅有很小的差别,在光谱的可见辐射区这个差别小于 1%,只是在长波红外区接近 2%。在实验工作中使用经老化的钨丝白炽灯作为标准 A 光源。

CIE 标准施照体 C(相关色温约为 6774K)具有特殊的重要性,因为它的光谱成分非常接近平均昼光,过去许多的颜色刺激测量都是在 C 光源条件下进行的。CIE 标准施照体 D₆₅(相关色温约为 6504K)代表包括紫外辐射在内的昼光。

请注意, CIE 标准施照体是按照特定的光谱功率分布定义的,因而只有辐射近似 CIE 标准施照体的人造光源才能称为标准光源,例如标准光源 A。

各种 CIE 标准光源如下:

标准光源 A: 分布温度为 2856K 的透明玻壳充气钨丝灯。

标准光源 C: 由标准光源 A 和一组戴维斯-吉伯逊(Davis Gibson)液体滤光器组成,其相关色温为 6774K。

CIE 还没有规定实现标准施照体 D65 和其他标准施照体 D 的人工光源。

(二) CIE 标准照明与观察几何条件

除了施照体影响颜色测量结果,还有其他因素也会影响颜色测量。

由于样品表面的结构特性,同样的物体在不同方向上具有不同的反射或透射,因此,照明的几何状态对测色结果会有很大的影响。同时,照明光束的孔径和测量光束的孔径大小对颜色测量的结果也有影响,这些几何参数称为照明与观察条件。为了交流、比较颜色测量的结果,必须严格规定照明与观察几何条件。CIE 推荐了 4 种用于反射样品、3 种用于透射样品颜色测量的照明与观察几何条件,具体可参考相关文献,此处不详述。

(三) 颜色测量

所谓颜色测量,准确地说是颜色刺激的测量。可以说人眼是一种古老的测色仪器,但是由于存在色彩适应、不同人眼的光谱响应不同及其他因素的影响,因此不完全适于对颜色特性作定量的分析。颜色测量作为一种心理物理测量,它首先是由接收光辐射的人眼的光谱三刺激值来决定的,因此用于颜色测量的仪器必须工作在与人眼观察颜色样品时相似的照明观测条件下,并且仪器的接收器应该模拟正常人眼的光谱响应特性。

颜色测量方法基本上可以分为两大类:

(1) 光谱光度测色法这是用光谱光度计对样品进行光谱光度测量,测得光源的相对光谱功率分布或物体的光谱反射因数(或光谱透射比)。由此获得光源或物体色的三刺激值和色品坐标。

(2) 刺激值直读测色法使用光电积分式测色仪器,用相对色度学原理进行颜色测量。测色仪器的探测器利用三片或四片滤光片来模拟 CIE 标准观察者。

在颜色测量的基础上,可以计算出色差,在木材染色工业中,要求产品的颜色与标准样品的颜色比较应在一定的容差(即色差)范围内,容差越小,生产起来就越困难。在漂白、染色木材的老化过程中,色差变化大小也是老化程度的一个衡量指标。1976 年 CIE 推荐了两个近似均匀的色空间及相应的色差公式,以便在实用中进一步统一色差评价的方法,这两

个色空间是 $CIE(L^*, u^*, v^*)$ (或 $CIE\ LUV$) 色空间和 $CIE(L^*, a^*, b^*)$ (或 $CIE\ LAB$) 色空间。

1.4.3 白度与黄度测量

除了颜色和色差,本书中还涉及白度、黄度等概念,以下对白度与黄度的测量作一简要介绍。

(一) 白度测量

白度,顾名思义是物体表面含白色的程度。白度的概念只能用于白色或近白色表面。定义光谱反射比为 100% 的理想表面的白度为 100 度,光谱反射比为零的绝对黑表面白度为零度。由于人对白色的感知与物体的光谱漫反射比的大小不是简单的线性关系,而和许多其他因素有关,因此在不同的领域有不同的白度评价公式,例如甘茨(Ganz)白度、亨特白度、蓝光白度及平均辐亮度因数白度等。在木材漂白领域,主要使用的是甘茨白度。 CIE 于 1982 年推荐使用甘茨白度,并希望能普遍推广。

计算公式如下:

$$\text{对中性色调, } W = Y + 800(x_0 - x) + 1700(y_0 - y)$$

$$\text{对偏绿色调, } W = Y + 1700(x_0 - x) + 900(y_0 - y)$$

$$\text{对偏红色调, } W = Y - 800(x_0 - x) + 3000(y_0 - y)$$

式中: W ——样品的白度; Y ——样品的三刺激值 Y ; x_0, y_0 ——标准样品的色品坐标; x, y ——被测样品的色品坐标。

甘茨白度需采用 D_{65} 光源照明。

上述公式的有效范围是: $40 < W < 5Y - 280$

这说明测试白度太低的物体是不必要的。同时,对于表面的偏色也有限制,由此引入关于色泽 T_w 的公式:

$$T_w = 1000(x_0 - x) - 650(y_0 - y) - 3 < T_w < +3$$

它说明白偏向何种颜色,当 T_w 为正值时,越大表示越偏绿;当 T_w 为负值时,越小表示越偏红。

(二) 黄度指数 YI

对于近白物体表面色的描述,引入黄度指数 YI 来表示其表面近黄的程度,它可以表征由老化效应引起的物体色的变化。按照下列方程估计物体色:

$$YI = 100 \frac{(1.28X - 1.06Z)}{Y}$$

式中, X, Y, Z ——样品的三刺激值(在 $CIE\ C$ 光源条件下)。

用黄度指数差 ΔYI 表征老化效应引起的物体色变化

$$\Delta YI = YI - YI_0$$

式中, YI ——物体老化后的黄度; YI_0 ——物体老化前的黄度。

第二章 木材性质基础

木材是一多孔性生物物质材料，主要组成物质是纤维素、半纤维素和木素，液体在其上会有不同程度的吸附、润湿和渗透行为。木材的润湿和渗透性，表征溶液与木材接触时在木材表面上润湿、扩展、粘附及渗透的难易程度和效果。液体润湿和渗透性既与木材界面的物理化学特性相关，又与液体的自由能和表面张力，及液体在固体表面的接触角相关。木材润湿性和渗透性对木材漂白和染色工艺极为重要。

2.1 木材的化学组成

2.1.1 元素组成

木材主要由碳、氢、氧三元素组成。一般认为氮是残存在细胞生长期初期的原生质内的蛋白质，通常为0.1%~0.2%。但是，生物碱含量很高的木材含氮量也高。此外，硫、磷、氯、镁、钾、钠、钙、硅、氟、锰、铝等元素含量很少，以有机或无机化合物的形式存在。

木材的元素组成随树种和部位的不同而变动很少。温带树种的木材大约是碳49%、氢6%、氧44%、氮和灰分合起来为1%。在心材和边材之间，除了边材的氮含量较高外，两者差别不大。

2.1.2 木材的化学组成

木材由不均匀分布的多种化学成分组成，是由各种各样高分子聚合物复杂地组合而成的物质。难以把这些聚合物以其在木材内存在的状态单独分离出来。一般存在于木材内的化学成分，分类如下：

(1) 碳水化合物。碳水化合物主要是占木材实质3/4的高聚糖。高聚糖除了是木材细胞壁主要成分的纤维素和半纤维素以外，还有少量的淀粉、果胶等。

(2) 芳香族化合物。芳香族化合物的大部分是木素，它是木材细胞壁的主要成分之一，其分子量很高，在木材内约占20%~30%。此外，还有少量的单宁、色素等。

(3) 萜烯。萜烯和萜类化合物是指包括松脂类挥发性的成分和树脂类的物质。针叶材约含5%以下，但是阔叶材含量极少或者几乎没有。

(4) 脂肪族酸。所有木材都含有高级脂肪酸，多数以酯的形式存在，在木材内占1%~

5%。

(5)醇。醇包括脂肪族的醇和甾醇。

(6)蛋白质。在不断发育成长的未成熟的木质部内集中存在相当数量(10%以内)的蛋白质，但在成熟的木质部内估计存在约1%以下。

(7)无机质。无机质即灰分，其所占的量在温带材中一般为0.3%~0.5%，少数的木材，特别是热带材具有1%~5%或更多的灰分。特别是在桑科(Moraceae)、木犀科(Oleaceae)的木材中含4%~5%，马钱子科(Loganiaceae)的马钱子属(*Strychnos*)竟含有7.5%~8.3%。

除上述以外，在木材内还发现有各种醛、生物碱等有机物，但是数量少，往往只存在于特定树种的木材内。

按照上述分类，分离木材的成分一般是不可能的。因此，把根据常用木材分析法求得的木材各成分的概况表示如图2-1。

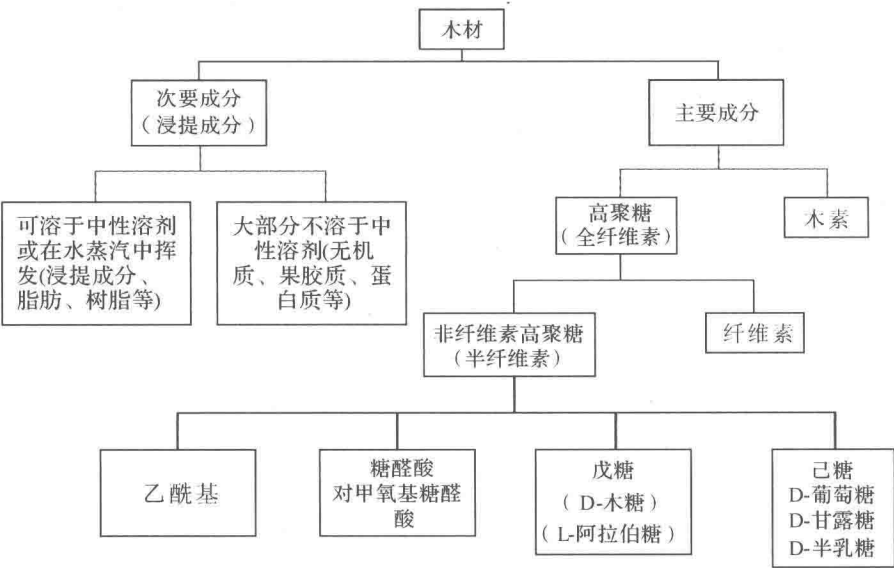


图 2-1 木材组成成分的概略图

纤维素、半纤维素、木素是构成木材细胞壁主要成分的聚合物，直接参与木材的形成。这三种成分大量存在于所有的木材中，其总量在90%以上。油脂、树脂、精油、单宁、色素、果胶质、蛋白质、灰分等次要成分有时沉积在细胞壁内，但多数存在于细胞腔或特殊组织内，直接或间接地与树木的生理作用有关。木材次要成分的含量因树种的不同而有明显的差异，另外，某种成分仅在特定的树种内才发现。

次要成分中，把溶于中性有机溶剂和冷水的，或用水蒸汽蒸馏进行挥发的成分称为浸提成分。属于次要成分的蛋白质、果胶质、无机质等各种成分在不断发育的木质部内进行生理的沉积，但是，在成熟的木质部内只留下微量的不重要的成分。这种成分在浸提成分用的溶剂中溶解一部分或完全不溶解，为了方便起见有时就把它包括在浸提成分内了。