

目 录

第一篇 木材的居住性

第一章 木材的视觉特性	(2)
一、木材的反射特性	(2)
二、木材的视觉物理量与感觉特性	(3)
三、室内空间木材率与感觉	(8)
第二章 木材的触觉特性	(10)
一、木材表面的冷暖感	(10)
二、木材表面的粗滑感	(15)
三、木材表面的软硬感	(16)
四、木材触觉特性的综合分析	(17)
第三章 木材的调湿特性	(18)
一、湿度与居住性	(18)
二、木材调湿性能的评定方法	(19)
三、木材厚度与调湿效果	(23)
四、居室的调湿性能	(23)
第四章 木材的隔声特性	(27)
一、人耳的听觉特性	(27)
二、单层板的隔声性能	(27)
三、双层板的隔声性能	(30)
四、楼板的隔声性能	(30)

第二篇 木材无损检测

第五章 木材物理性质和生长特性的无损检测	(35)
一、射线检测	(35)
二、电学法检测	(42)
三、红外线检测	(44)
四、在线称量法检测	(45)
第六章 木材力学性质的无损检测	(46)
一、超声波检测	(46)
二、机械应力无损检测 (应力分级)	(52)
三、振动法 (共振法) 检测	(54)
四、冲击应力波检测	(55)
五、FFT 分析无损检测	(56)
第七章 木材缺陷的无损检测	(58)

一、射线法检测	(58)
二、超声波检测	(64)
三、光学法检测	(68)
四、电化学检测	(70)
五、几种近代无损检测方法	(71)
 第三篇 木材物理力学性质系统分析	
第八章 主成分分析——将多项木材性质参数化为几个独立综合指标	(76)
一、主成分分析的方法和步骤	(76)
二、木材物理力学性质的主成分分析	(78)
第九章 聚类分析和判别分析	
——根据木材性质进行树种分类并判别新树种	(84)
一、聚类分析及判别分析的方法和步骤	(84)
二、木材物理力学性质的聚类分析和判别分析	(86)
第十章 相关分析——木材物理力学性质之间的相互关系	(91)
一、相关分析的方法和步骤	(91)
二、木材物理力学性质的相关分析	(92)
第十一章 变异性分析——木材试件数的决定和物理力学指标的分级	(101)
一、各项指标的均值和级值	(101)
二、总体变异系数	(104)
三、试件数量的决定方法	(105)
四、物理力学指标的分级	(106)
五、小结	(110)
第十二章 用途综合分析——木材用途与物理力学性质的关系	(111)
一、模糊聚类分析和 X^2 检验分析——木材用途的分类及其与材性的关系	(111)
二、主成分分析和判别分析——木材用途与树种间互选关系的探索	(117)
 第四篇 木材功能性改良	
第十三章 木材阻燃	(122)
一、木材在火焰中的性状	(122)
二、木材的阻燃处理	(131)
三、阻燃机理	(135)
四、阻燃处理对材性和加工性的影响	(138)
第十四章 木材的尺寸稳定化	(139)
一、木材与水分	(139)
二、尺寸稳定性的评定	(140)
三、尺寸稳定化的方法	(142)
四、木质人造板的尺寸稳定化	(150)
第十五章 木塑复合材料	(155)

一、WPC 的制造方法	(155)
二、WPC 的性质	(163)
三、WPC 的用途	(165)
四、WPC 化的新探索	(165)
第十六章 木材软化	(169)
一、木材软化机理	(169)
二、木材软化处理	(171)
三、木材塑化展望	(179)
第十七章 木材的塑料化与溶液化	(180)
一、木材的热可塑性	(180)
二、与塑料化有关的木材成分的特性	(181)
三、木材的塑料化	(181)
四、木材获得热流动性的应用	(183)
五、木材的溶液化	(184)
第十八章 木材的电晕处理	(189)
一、放电现象与等离离子体化学	(189)
二、木材的电晕处理方法	(191)
三、木材电晕处理结果的表面分析	(192)

第五篇 木材科学知识考究

一、小小树籽是怎样长成参天大树的?	(196)
二、树木受伤之后	(196)
三、木材的味道哪里来	(197)
四、木材花纹之谜	(197)
五、木材的各向异性	(198)
六、边材和心材为什么颜色不同?	(199)
七、在边材与心材之间——“移行材”	(199)
八、怎样识别木材的边、心材?	(200)
九、为什么边材容易发生“蓝变”?	(201)
十、白桦木制筷子好在哪里	(201)
十一、木材变形是怎么回事	(202)
十二、“应力木”为什么容易开裂翘曲	(202)
十三、白桦原木放久了，为什么先从里而腐朽?	(202)
十四、松散的纸浆怎样变成了结实的纸张?	(203)
十五、落叶松木材为什么难干燥?	(203)
十六、木材为什么会出现“干心子”?	(204)
十七、为什么云杉泡桐宜于作乐器材?	(204)
十八、“无胶也成板”是何道理	(205)
十九、立柱为什么能顶千斤?	(205)

二十、木材为什么易受生物危害	(206)
二十一、在木材干燥中为什么水分愈少愈难蒸发	(207)
二十二、长期暴露的木材表面为什么会变粗变灰	(207)
二十三、榫接合日久变松是怎么回事	(208)
二十四、木材为什么能弯曲?	(208)
二十五、木材为什么适于用微波干燥	(209)
二十六、木材抽提物的惟妙惟肖	(209)
二十七、树脂与木材的缓冲容量	(212)
二十八、针叶阔叶木材碎料能识别吗?	(213)
二十九、树木生长应力与木材利用	(214)
三十、电杆腐朽与声波检测	(215)
三十一、木材的压电效应与考古	(216)
三十二、木质基材料的力学松弛与木制品的质量	(217)
三十三、木材的低湿膨胀与冷冻收缩	(219)
三十四、木素的玻璃态转变与木材纤维分离	(219)
三十五、纤维表面的动电电势与应用	(221)
三十六、木材的耐候性与表面涂饰	(222)
三十七、尿素与木材工业	(223)
三十八、木材窑干中的声音监测	(224)
三十九、树叶与树皮的新用途——制造胶粘剂	(224)
四十、新型的树皮纤维剥离机	(225)
四十一、改良木材的品质	(226)
四十二、增湿能降低木制品的返工率	(226)
四十三、木材防腐的新途径	(227)
四十四、激光雕刻木材	(227)
四十五、木塑复合材料	(228)

第一篇 木材的居住性

人类生活离不开室内环境。室外环境系指区域气候、地质、水质、城市交通、空气污染、环境噪声等大环境；而室内环境系指居住房间牢固程度、居室生活是否舒适、居室生活是否方便等内容。牢固与方便的需要主要由建筑师、室内设计师、家具设计师等设计完成，而居室生活的舒适性决定于多种因素。本篇从木质学角度阐述木材与室内环境的关系，以木质材料居住性的观点，探讨木材为什么能从多方面满足人类生活的需要，从而进一步认识木材居住特性的妙用以及推动合理地、科学地利用木材和寻求代替木材途径等方面的研究工作跨入新的台阶。

第一章 木材的视觉特性

木材是构成室内环境的主要材料，人们习惯于用木材装点室内环境，制作室内用具，这就与木材的视觉特性有着密切的联系。

一、木材的反射特性^[1]

当一束光照射到木林纸、塑料、漆膜等非金属物表面之后，其反射光有一部分是在空气与物体的界面上反射，这部分称为表面反射；还有一部分光会通过界面进入到内层，在内部微细粒子间形成漫反射，最后再经过界面层形成反射光，这部分称为内层反射。

表面反射遵循菲涅耳关于透明体边界层的反射理论，其反射率决定于折光指数，反射光的颜色几乎与入射光相同，与物体的固有色无关。纸、塑料、漆膜等的折光指数基本上为 1.5~1.6，垂直入射时的表面反射率 (ρ_0) 为 4.0%~5.3%，随着入射角的变大，反射率也变大，物体表面越光滑，表面的光泽感越强。

内层反射实际上是极靠近表面层内部微细粒状物质间的扩散反射，与表面反射相比，更加接近于均匀扩散。由于选择吸收的原因，能显示物体的固有色。

物体的反射性可用反射特性函数表示，图 1-1 为几种材料的反射特性函数，未涂饰的扁柏及桐木的径切面反射特性基本类似，两个方向 ($\rho_{\parallel}$ 与 $\rho_{\perp}$) 之间的差别非常明显；内层反射呈扩散性，特别是与纤维方向垂直的 $\rho_{D\perp}$ ，呈球面状，近似于均匀扩散；表面反射的 $\rho_{M\perp}$ 也呈现扩散性，而 $\rho_{M\parallel}$ 则呈现方向性较强的正反射性。

印刷木纹纸贴面胶合板的反射特性差异较小，由表面反射成分的 $\rho_{M\parallel}$ 和 $\rho_{M\perp}$ 可知，木纹纸的表面与真实木材表面的差别是很大的，没有木材表面反射中 $\rho_{M\perp}$ 的扩散性。

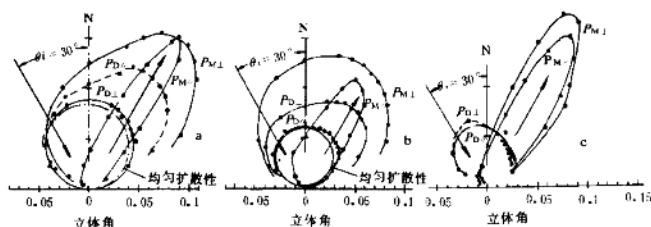


图 1-1 反射特性函数

a. 扁柏径切面，刨光，未涂饰； b. 桐木 径切面，刨光，未涂饰； c. 印刷木纹纸贴面胶合板，涂饰氨基醇酸树脂涂料； ρ 为反射特性函数； $\parallel$ 为入射平行于纤维方向； $\perp$ 为入射光垂直于纤维方向； M 为表面； d. 内层； sr 为球面度

如将上述反射特性函数 ρ 在 2π 立体角内积分, 就可得到反射率 R 。几种树种表面的反射率如表 1-1 所示。

表 1-1 木质材料的反射率

树 种	$R_{M\perp}$	$R_{D\perp}$	$R_{\perp}$	$R_{M\parallel}$	$R_{D\parallel}$	$R_{\parallel}$	R	$R_{M\perp}/R_{\perp}$	$R_{M\parallel}/R_{\parallel}$
麻 柏	0.471	0.277	0.748	0.117	0.381	0.498	0.623	0.630	0.235
桐 木	0.456	0.204	0.660	0.146	0.312	0.458	0.559	0.691	0.319
柳 杉	0.576	0.084	0.660	0.095	0.188	0.283	0.471	0.873	0.336
柚 木	0.183	0.083	0.266	0.043	0.057	0.100	0.183	0.688	0.430
柚木(涂饰)	0.237	0.029	0.266	0.099	0.038	0.137	0.201	0.891	0.723
木纹纸	0.169	0.154	0.363	0.151	0.178	0.329	0.346	0.466	0.459

注: $\theta_i = 30^\circ$, $R = (R_{\perp} + R_{\parallel}) / 2$ 。

由表 1-1 可知, 未涂饰木材表面反射成分的反射率, 其与木纹方向垂直的 $R_{M\perp}$ 要比通常漆膜大得多; 而与木纹平行方向的 $R_{M\parallel}$ 则较低。总而言之, 未涂饰木材具有独特的光泽感。

另外还可以用反射光扩散能 δ 来表征正反射光的强弱, δ 越接近于 1, 正反射的方向性越差, δ 越小, 正反射的方向性越强。由表 1-2 可知, 未涂饰木材在垂直于纤维方向的内层反射呈均匀扩散性, 而涂饰木材的表面呈现很强的正反射性。

表 1-2 木质材料的反射光扩散能

树 种	$\delta_{M\perp}$	$\delta_{D\perp}$	$\delta_{M\parallel}$	$\delta_{D\parallel}$
麻 柏	0.746	0.978	0.182	0.837
桐 木	0.954	0.984	0.355	0.944
柳 杉	0.753	1.022	0.174	0.822
柚 木	0.883	0.438	1.127	1.017
柚木(涂饰)	0.201	1.008	0.101	1.210
木 纹 纸	0.247	1.188	0.241	1.184

注: $\theta_i = 30^\circ$ 。

综上所述, 未涂饰木材表面不同方向的反射特性差别明显, 其表面反射的反射率比一般漆膜表面要大得多, 由此可以鉴定木材素材的表面有其独特的光泽感。另外, 涂饰木材的表面反射成分与木纹方向无关, 有很强的方向性; 印刷木纹纸的表面, 如未经特殊处理, 其表面很难出现素材表面的反射特性, 但能达到涂饰木材的表面特性。

二、木材的视觉物理量与感觉特性

(一) 木材颜色

木材颜色的分布范围如图 1-2 所示。色相主要分布在 2.5Y~9.0R(浅橙黄~灰褐色), 以 5YR~10YR(橙黄色)居多; 明度主要集中在 5~8 之间; 纯度主要位于 3~6 之间。为了测定木纹颜色与人感觉的关系, 采用红、黄、橙、蓝、绿、紫等不同颜色印制一系列木纹, 用民意测验的方法测得木纹颜色与温暖感的关系(图 1-3)。

另外, 木材的明度及纯度也会产生不同的感觉。明度越高, 明快、华丽、整洁、高雅的感觉越强; 明度低则有深沉、重厚、沉静、素雅、豪华的感觉。纯度低的木材有素雅、重厚、沉静的感觉; 纯度高则有华丽、刺激、豪华的感觉。木材颜色与感觉的关系

如表 1-3 所示。

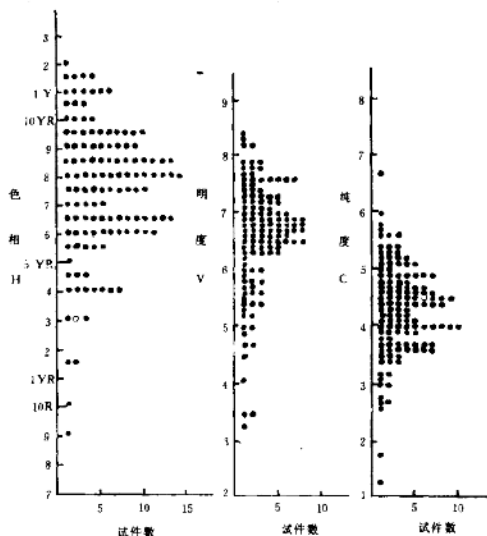


图 1-2 木材的色相、明度及纯度

(二) 木材光泽

物体的颜色决定于反射光的波长。木材的光泽与木材的反射特性有直接联系。图 1-4 为几种材料的光泽特性。当入射光与木纤维方向平行时，正反射量较大，而当相互垂直时，则正反射量较小，因此从不同方向所呈现的木材颜色也不一样。家具表面粘贴不同纹理方向的薄木后呈现不同颜色，就是这个道理。当用木纹纸贴面后，表面就不存在着这种方向性，但当表面有压纹时，也会呈现真实木材的光泽特性，这种情况下单凭肉眼就很难判别真假木材。

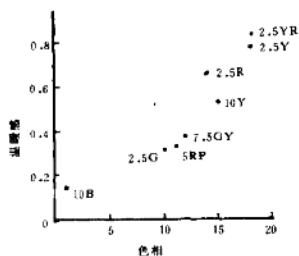


图 1-3 温暖感与色相 材。

表 1-3

木材颜色与感觉

感 觉	明 度	纯 度	色 相
最 亮	+++		
明 快	+++++		+ +(7.5R)
舒 畅	+++		+ +(5Y)
现 代	++	+	+ +(7.5R)
洋 气	++		+ +(5R)
华 丽	++	+++	+ (5R)
上 乘	+		+ (5YR)
刺 激		++	- (10YR)
尊 爱		+ -	+ +(5YR)
舒 适		+	+ +(5YR)
温 暖		++	+ + + + +(7.5YR)
稳 静	---	---	+ +(7.5YR)
素 雅	---	---	- (7.5YR)
深 沉	----	---	- (10R)
重 厚	----	---	
豪 华	---	++	+ + +(10R)

注：“+”为正相关，“-”为负相关，“+”或“-”越多相关性越高。

尽管如此，仿制品仍然代替不了真实木材的表面效果。木材表面是由无数个微小的细胞构成，细胞切断后就是无数个微小的凹面镜，凹面镜内反射的光泽有着丝绸表面的

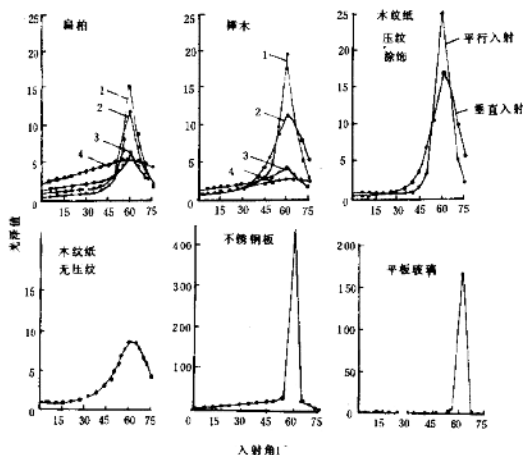


图 1-4 几种材料的光泽特性

1—平行于纤维方向入射，除饰；2—垂直入射，除饰；3—平行入射，未除饰；4—垂直入射，未除饰

视觉效果,这一点是仿制品很难模拟的。

另外,从图1-4的光泽度曲线来看,最大峰值都出现在反射角为 60° 时,但不同材料的波峰大小有很大差别,大理石、不锈钢板、玻璃的峰值较大,且分布范围很集中;木材及印刷木纹的表面光泽度的分布范围较广,峰值也较低。

在日常生活中,人们可以靠光泽的高低判别物体的光滑、软硬、冷暖,其相关性如表1-4所示。光泽高且光滑的材料,硬、冷的感觉较强,冷暖感的相关性略差一些;当光泽度曲线平坦时,温暖感就强一些,由此可知温暖感不但与颜色有关,而且也与质地有关。

表1-4 木材光泽度与感觉

感觉	$G_{\parallel 60^\circ}$	$G_{\perp 60^\circ}$	$\log G_{\parallel 60^\circ}$	$\log G_{\perp 60^\circ}$
光滑—粗糙	0.53	0.52	0.83	0.81
硬—软	0.49	0.49	0.68	0.57
冷—暖	0.42	0.44	0.26	0.28

注: G 光泽度; 60° 反射角; $\parallel$ 平行于纤维方向; $\perp$ 垂直于纤维方向。

图1-5、6、7是室内装修材料的测试结果,光滑感与光泽度对数值 $\log G_{\parallel 60^\circ}$ 的相关系数为0.90,与 $\log G_{\perp 60^\circ}$ 的相关系数为0.83。另外,光滑感与表面粗糙度对数值 $\log R_z$ 的相关系数为-0.88, $\log R_z$ 与 $\log G_{\parallel 60^\circ}$ 的相关系数为-0.90。由此可知,人并不是用两只眼的立体视觉来判断表面粗糙度的,很大程度上是靠光泽度来判断的。

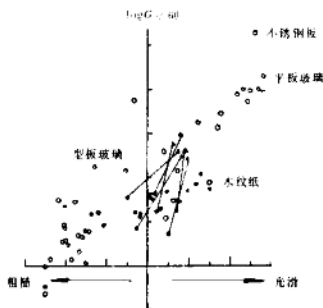


图1-5 光滑感与光泽度(I)

●——未涂饰木材; ▲——涂饰木材;
○——其它材料

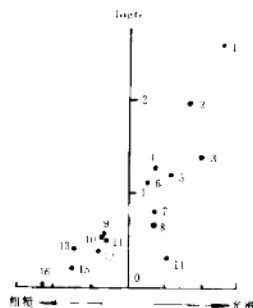


图1-6 光滑感与光泽度(II)X₁₁

1—铝板; 2—抽象图案印刷纸黏面; 3—光叶桦图案纸;
4—胡桃木图案纸; 5—松木图案纸; 6—柚木图案纸;
7—柳杉图案纸; 8—花旗松; 9—榉木; 10—穿孔胶合板;
11—水曲柳; 12—布贴面胶合板; 13—桉木; 14—石膏板;
15—软质纤维板; 16—水泥木片板

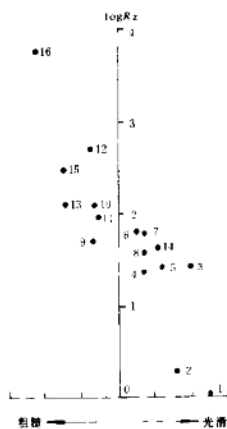


图 1-7 光滑感与表面粗糙度

厌，其原因就在于此。

(五) 节子

节子是木材表面自然存在的东西，但东西方人对节子有不同的感觉。东方人一般对节子有缺陷、廉价的感觉；西方人则有自然、亲切的感觉。因此，东方人要想尽一切办法清除材面的节子，而西方人则设法寻找有节子的表面。当然，并不是所有节子都能给人以美感，节子的颜色应与木材颜色有一定的对比度。

(六) 木材对紫外线的吸收性与对红外线的反射性

图 1-8 是几种室

(三) 透明涂饰

如图 1-5 所示，透明涂饰可提高光泽度，使光滑感增强，但同时也会引起其它方面的变化。由于清漆本身都不同程度地带有颜色，涂在木材表面会使木材颜色加深，阔叶材的变化幅度高于针叶材。另外，涂饰可提高阔叶材颜色的对比度，使木纹有漂浮感。总之，涂饰后会使木材的豪华、华丽、光滑、寒冷、沉静等感觉增强。

(四) 木纹图案

木纹是天然生成的图案，人们对其有一种自然的亲切感。

木纹给人以良好感觉有多方面的原因，其中有两点是非常重要的：第一，木纹是由一些大体平行但又不交叉的图案构成的，给人以流畅、井然、轻松、自如的感觉；第二，木纹图案由于受长度、年代、气候、立地条件等因素的影响，在不同部位有不同的变化，在这种周期中又有变化的图案，给人以多变、起伏、运动、生命的感觉。可以说木纹图案充分体现于造型规律中变化与统一的规律，统一中有变化，变化中求统一，自然界奉献给人类的是美好的图案。木纹图案用于装饰室内环境，经久不衰、百看不

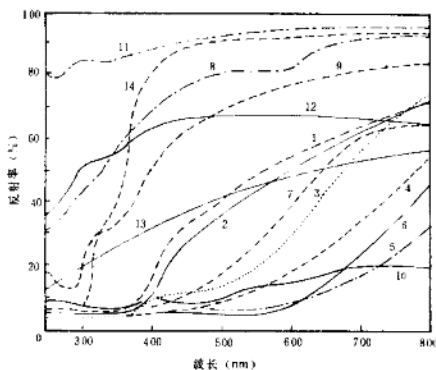


图 1-8 室内装修材料的分光反射曲线

1—未涂饰扁柏径切面；2—涂饰扁柏径切面；3—未涂饰红柳枝；4—未涂饰柚木；5—未涂饰花梨木；6—大漆涂饰；7—木塑复合林；8—白纸；9—石膏；10—人造革；11—石膏；12—大理石；13—不锈钢

内装修材料的光反射曲线。虽然紫外线(380 nm 以下)和红外线(780 nm 以上)是眼看不见的,但对人体的影响是不能忽视的。强紫外线刺激人眼会产生雪盲病;人体皮肤对紫外线的敏感程度高于眼睛。从图 1-8 可知,木材可以吸收阳光中的紫外线,减轻紫外线对人体的危害;同时木材又能反射红外线,这一点与人对木材有温暖感有直接联系。

三、室内空间木材率与感觉

住宅、办公室、商店、旅馆、体育馆、饭店等场所室内装修所用的木材量(简称木材率),对人的心理感觉有直接影响。

(一) 木材率与温暖感

木材率与温暖感的关系如图 1-9 所示,随木材率增加温暖感的下限值逐渐上升。当木材率低于 43% 时,温暖感随木材率的上升而变强;当高于 43% 时反而会下降。由此可知,温暖感不只是与木材率有关,还涉及其它因素。图 1-10 是室内空间平均色相与温暖感的关系,当平均色相在 2.5YR 附近时,温暖感最强。

(二) 木材率与稳静感

图 1-11 是木材率与稳静感的关系,稳静感的下限值随木材率上升而提高,但其上限值与木材率无明显关系。因此,不能说室内木材率越高稳静感越强。

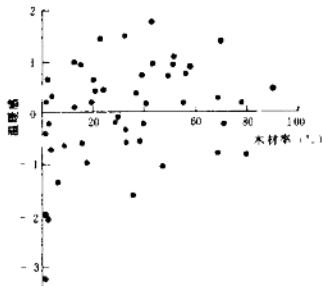


图 1-9 木材率与温暖感

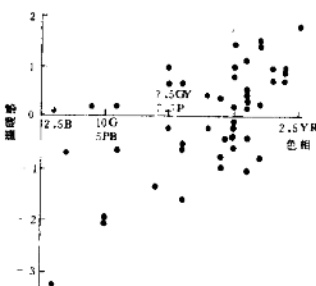


图 1-10 室内色相与温暖感

(三) 木材率与舒畅感

舒畅感与木材率的关系如图 1-12 所示,两者之间的相关性较低,其原因是受室内的布料质地、布料图案、观赏植物、家具等多方面因素的影响。此外,也受人的性别、年龄、职业等方面的差别的影响。

木材的视觉特性是多方面因素在人眼中的综合反映。关于这方面的研究目前尚处于起步阶段。特别是模仿木材视觉特性制造人造板表面装饰材料,现又成为一个新兴行业,装饰材料的发展直接制约着人造板行业的发展。由此可见,研究木材的视觉特性有着重要意义。

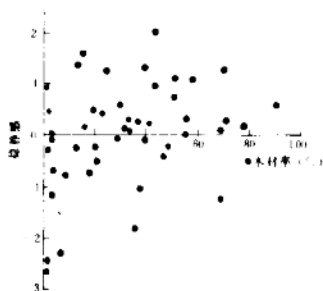


图 1-11 木材率与静寂感

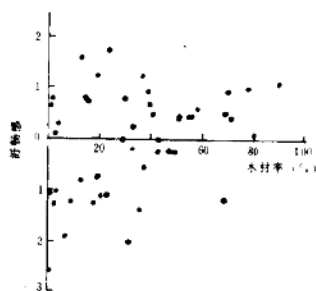


图 1-12 木材率与舒适感

第二章 木材的触觉特性

以木材作为建筑内装饰材料以及由其制造的家具、器具和日常用具等，长期置于人类居住和生活环境之中，人们常用手接触它们的某些部位，给人以某种感觉，包括冷暖感、粗滑感、软硬感、干湿感、轻重感、快与不快感等。这些感觉特性发生在木材表面，反映了木材表面的非常重要的物理性质。木材的触觉特性与木材的组织构造，特别是与表面组织构造的表现方式密切相关，因此不同树种的木材，其触觉特性也不相同，木材的这些特性使其成为人们非常喜爱的特殊材料。

目前，在西方一些国家非常流行显孔亚光装饰，我国的人造板装饰业也出现了很多压有木材导管孔的装饰材料，这里不但有其视觉作用，也有获得良好触觉的功能。这体现出人们对木材这种具有特殊触感特性材料的珍爱。在世界上久负盛名的明代家具，其表面一般都采用擦蜡而不涂漆，其道理就在于要保持木材的特殊质感。

一、木材表面的冷暖感^[1,3]

用手触摸材料表面时，界面间温度的变化会刺激人的感觉器官，使人感到温暖或凉冷。

(一) 皮肤与木材界面间的热效应与人的冷暖感

人接触材料时获得的冷暖感，是由于皮肤与材料界面间的温度变化以及垂直于该界面的热流量对人体感觉器官的刺激结果来决定的。

如果用手掌触摸放置于室温中(20℃)的木材，由于木材的温度低于体温，热量就会通过皮肤和木材界面而向木材方向流动，此时，垂直于界面的热流量(Q)随时间(t)变化的关系式为 $Q = qt^k$ 。

式中： q 和 k 是由材料种类所决定的。材料本身所固有的特性常数，热流量将随着时间的延长而减小。在进行感觉试验时，用热电偶测量皮肤—木材界面间的温度变化，用热流传感器测定热流速度。图1-13表明手接触试件后界面温度增加。其温度在手温以下迅速增加，达到手温后温度以不同方式变化着，并因所用材料不同而异。对于聚苯乙烯泡沫和轻木，其温度极为缓慢地增加；而对于混凝土和密度高的木材如栎木其温度在缓慢地降低；对于中等密度的木材如落叶松其温度保持相对稳定。

穿过皮肤—木材界面间的热流速度随时间而变化。当手刚一接触材料表面时，热量开始流动。起初，热流速度非常快，以后呈指数规律下降。

铃木正治测定了手指与木材、木质人造板等多种材料接触时的热流量密度（如表

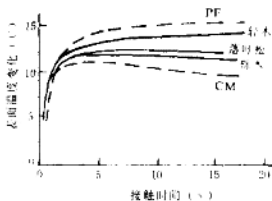


图1-13 皮肤—木材界面间的温度变化

PF为聚苯乙烯泡沫；CM为混凝土

表 1-5

手指与材料接触时的热流量密度

材料名称	热流量密度(W/m^2)	导热系数($W/(m \cdot K)$)
钢板	238.23	38.4
铝板	317.78	216
玻璃	204.32	0.816
陶瓷器	181.71	1.08
混凝土	204.32	1.92
砖	164.54	0.564
硬质氯乙烯	147.8	0.31
聚氨酯树脂	136.1	0.3
酚醛树脂	170.4	0.3
聚苯乙烯	113.46	0.042
扁柏	124.77	0.084
白栎	141.93	0.168
氨基甲酸酯涂饰的梓木	130.63	0.164
聚酯涂饰的胶合板	158.68	0.11
三聚氰胺贴面板	193.01	0.3
硬质纤维板	141.93	0.126
软质纤维板	124.77	0.06
刨花板	136.07	0.12
纸	147.8	0.18
羊毛	113.46	0.045

1-6) 以及接触部位手指温度的变化过程(如图 1-14) 由图、表可见, 金属类的热流量密度(单位: W/m^2) 为 209.34~293.07; 混凝土、玻璃、陶瓷等为 167.47; 塑料、木质材料等为 125.6; 羊毛、泡沫等为 83.74。在 20℃ 环境下, 成人的基本代谢量为 $41.868 W/m^2$; 静坐为 $58.62 W/m^2$; 步行为 $108.48 W/m^2$, 急走为 $251.2 W/m^2$ 以上。由此可见木材及塑料适于人类活动时的使用; 羊毛等柔软物质适于休息时使用。

(二) 木材的热学性质与冷暖感

皮肤—木材界面的热交换效应受木材的表面构造和木材热学性质的支配。图 1-15 表明材料表面上的冷暖感觉和导热系数的线性关系。试验发现它们之间在半对数坐标上的相互关系与手指接触 10 s 后冷暖感觉和热流速度间的关系相似。以上述试验结果可以得出这样的结论: 人对木材的冷暖感觉主要受皮肤—木材界面间的温度、温度变化或热流速度的影响, 实际上归根结底受材料的导热系数控制。

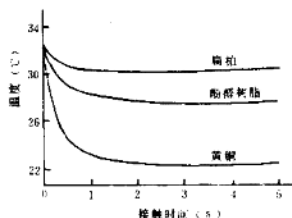


图 1-14 手指和材料接触时指尖温度的变化过程

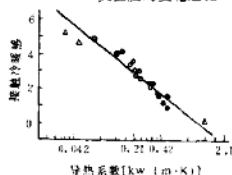


图 1-15 木材冷暖感与导热系数之间的关系

○——木材横断面; ●——木材纵断面;
+——其它材料

木材（包括其它材料）的冷暖感心理量与热流方向的导热系数的对数基本呈直线关系，导热系数小的材料如聚苯乙烯泡沫和轻木等，其触觉特性呈温暖感，导热系数大的材料如混凝土构件和木等则呈凉冷感觉。由于木材顺纹方向的导热系数一般为横纹方向的2~2.5倍，所以木材的纵切面比横断面的温暖感略强一些。

表 1-6

各种材料的热学性质与冷暖感

材 料	测定面	密度 ρ (g/cm ³)	比热 C [kJ/(kg·℃)]	单位体 积重量 C_p MJ/ m ³ · (℃)	导热等 数 λ 10 ⁻² [W/ m· ℃]	热扩散 率 a 10 ⁻⁷ m ² /s	冷暖感 心理量 S	系数 q	系数 K_0	接触 10s 时的热 流密度 度(W/ m ²)	平均温度 变化速率 $\Delta Q/\Delta t$ (1℃/s)
A 轻 木	bastard	0.13	0.39	0.051	0.167	3.31	5.92	0.191	-0.706	1570.05	10.6 × 10 ⁻³
B 毛泡桐	flat	0.33	0.38	0.125	0.319	2.53	4.98	0.228	-0.521	2872.14	-36.9 × 10 ⁻³
C 扁 柏	edge	0.38	0.39	0.148	0.369	2.51	5.06	0.229	-0.489	3114.98	-17.2 × 10 ⁻³
D 落叶松	bastard	0.49	0.39	0.191	0.486	2.56	4.60	0.220	-0.440	3336.88	-28.3 × 10 ⁻³
D 落叶松	end	0.51	0.40	0.204	0.747	3.64	3.33	0.170	-0.318	3428.99	-60.2 × 10 ⁻³
E 白桦皮	bastard	0.56	0.39	0.218	0.453	2.09	4.36	0.086	-0.380	3617.39	-40.6 × 10 ⁻³
E 白桦皮	end	0.57	0.39	0.222	0.836	3.74	3.25	0.167	-0.311	3420.6	-74.3 × 10 ⁻³
F 山毛榉	bastard	0.70	0.39	0.273	0.550	2.03	3.92	0.194	-0.345	3663.45	-51.8 × 10 ⁻³
G 水曲柳	bastard	0.71	0.39	0.279	0.547	1.97	3.81	0.221	-0.396	3709.5	-47.2 × 10 ⁻³
G 水曲柳	end	0.71	0.40	0.284	1.181	4.14	2.52	0.177	-0.257	4094.69	-82.6 × 10 ⁻³
H 龙脑香	bastard	0.73	0.39	0.285	0.581	2.06	4.00	0.194	-0.346	3663.45	-51.0 × 10 ⁻³
H 龙脑香	end	0.74	0.40	0.296	0.942	3.22	2.6	0.168	-0.282	4697.58	-81.6 × 10 ⁻³
I 地榆槭	flat	0.76	0.39	0.296	0.625	2.10	3.61	0.191	-0.337	3676.01	-57.6 × 10 ⁻³
I 地榆槭	end	0.71	0.40	0.284	1.064	3.76	2.21	0.214	-0.290	4580.36	-78.7 × 10 ⁻³
J 小叶青冈	flat	1.02	0.39	0.398	0.789	1.99	3.09	0.191	-0.299	4010.95	-61.4 × 10 ⁻³
J 小叶青冈	end	0.94	0.40	0.376	1.161	3.12	1.88	0.219	-0.249	5174.88	-100.0 × 10 ⁻³
K 聚苯乙烯泡沫		0.012	0.32	0.0038	0.081	23.14	6.28	0.161	-0.750	757.8	29.3 × 10 ⁻³
L 聚氨酯泡沫		0.027	0.43	0.0116	0.114	9.81	5.67	0.248	-0.812	1603.5	23.7 × 10 ⁻³
M 环氧树脂		1.18	0.25	0.295	0.922	3.13	2.79	0.212	-0.300	4442.2	-76.3 × 10 ⁻³
N 混凝土		2.05	0.22	0.451	3.389	7.70	0.00	0.201	-0.198	5325.6	-112.5 × 10 ⁻³

原田等人的研究表明，木材的各种热学性质或其对数值都与冷暖感心理量 S 之间有相关性（表 1-6、表 1-7）。据表及其它研究可见，木材的比热与树种和密度没有很大关系，与温度的关系大体为 $C = 0.266T + 0.0116t$ ，而比热与心理量 S 之间的相关性不大，另外，当比热一定时，密度与导热系数之间成一定的比例关系，因此木材的密度就与心理量 S 之间有很强的相关性。

冈岛达雄对住宅内装材和家具表面材料的冷暖感进行了定量化研究，表明物体冷暖的心里感觉量与实测的热传导速度之间有直线关系，对 11 种常用材料的研究结果如图 1-16 所示，其中：

表 1-7

木材的各种热学性质与冷暖感间的相关系数

木材的各种 热物理参数	对所有材料 的试样	对木材试样
ρ	-0.897	-0.807
C	0.390	-0.747
$C\rho$	-0.900	-0.824
$\log C\rho$	-0.745	-0.817
λ	-0.883	-0.972
$\log \lambda$	-0.960	-0.972
a	0.307	-0.397
$\log a$	0.136	-0.365
q	0.016	0.061
$\log q$	-0.030	0.003
k	-0.858	-0.920
Q_{10}	-0.921	-0.914
$\log Q_{10}$	-0.825	-0.870
$\Delta\theta/\Delta t$	0.952	0.970

初期(测定开始 3S 内)热移动速度 V_1 与冷暖感心理量 Z 的关系为

$$Z = -3.97 \log V_1 + 5.38$$

$$8.85 < V_1 < 45.8 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$$

• min)

长期热量移动速度 V_2 与 Z 的关系为

$$Z = -2.15 \log V_2 - 1.7d$$

$$0.02 < V_2 < 1.18 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$$

• min)

3. 涂饰与贴面对材料冷暖感的影响

一般认为,木材经涂饰后,接触面的热学性质会产生微小的变化。但是,对 10mm 和 20mm 厚的日本柳杉经切板用丙烯酸清漆多次涂刷,每次涂刷后均测定其接触冷暖感,其结果并未出现因涂饰所引起的冷暖感觉的差异,测定结果表明,当涂层厚度达到 40~50 μm 时,才略能测出涂饰前后冷暖感的差别,因此,可以说木材表面采用涂饰装饰之所以千百年来一直博得人们的欢迎与其具有适宜的接触冷暖感有直接关系,这与玻璃、塑料、金属等有明显不同。

在使用时,木材常常被加工成单板作为贴面材料覆盖于其它材料的表面上,从而对基底材料的冷暖感产生影响。用不同厚度的柳杉单板覆盖在 5cm 厚的金属板上,在 20℃ 的室内测定其接触冷暖感,结果表明,即使厚度仅为 1mm 的单板也对改变基底材

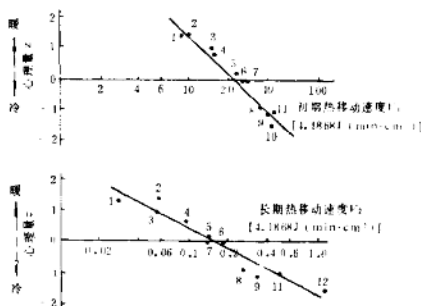


图 1-16 热量移动速度与冷暖感心理量间的关系

1—聚苯乙烯泡沫; 2—轻木; 3—软质纤维板; 4—
柳杉; 5—碳酸镁板; 6—硬质纤维板; 7—聚氯乙
烯板; 8—安山岩; 9—玻璃; 10—不锈钢; 11—花岗岩