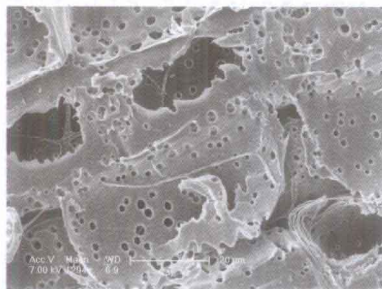
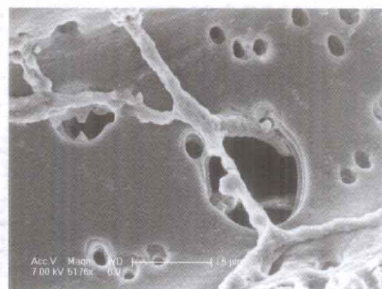
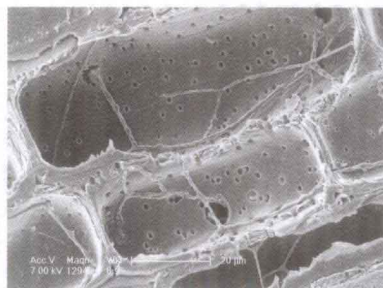


马星霞 蒋明亮 李志强 编著

木材 生物降解与保护



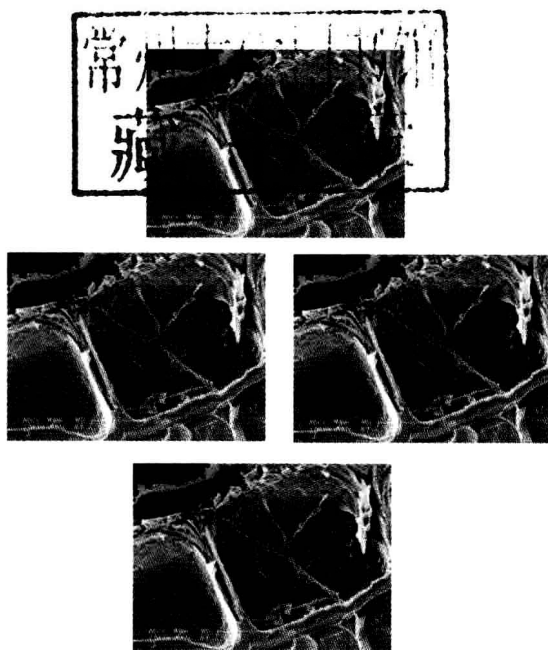
Wood Biodegradation
and Protection

中国林业出版社

木材生物降解与保护

Wood Biodegradation and Protection

马星霞 蒋明亮 李志强 编著



中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材生物降解与保护 / 马星霞, 蒋明亮等编著. -- 北京:
中国林业出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5038-5499-6

I. ①木… II. ①马… ②蒋… III. ①木材—生物降解②木材
保存 IV. ① S781

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 161858 号

出 版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)
网 址 www.cfph.com.cn
E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电 话 (010) 8322 5283
发 行 新华书店
印 刷 北京昌平百善印刷厂
版 次 2011 年 11 月第 1 版
印 次 2011 年 11 月第 1 次
开 本 185mm × 245mm, 1/16
印 张 14.5
字 数 220 千字
定 价 32.00 元

编委会名单

主要著者	马星霞	蒋明亮	李志强 ^①
各章分工	第一章	马星霞	
	第二章	陈允适	
	第三章	李志强	
	第四章	蒋明亮	
	第五章	蒋明亮	
	第六章	蒋明亮	
	第七章	蒋明亮	
	第八章	覃道春 ^①	
	第九章	李晓文 ^②	
	第十章	李志强	
	第十一章	吴玉章	马星霞
	第十二章	马星霞	

备注：工作单位^① 国际竹藤网络中心^②中国热带农业研究院；
其余为中国林业科学研究院木材工业研究所。

前 言

木材是一种可再生、节能、可生物降解、对环境友好的产品。随着人们的环保和可持续发展意识的不断增强，木材等生物质材料的可再生性和环境友好性的优势日益受到关注。

木材容易在各种生物因子作用下发生降解，木材降解在整个生物圈的碳氮循环中是必不可少的环节，但对于木材加工业和建筑业而言，微生物分解及害虫的蛀蚀影响木材的使用寿命，是木材加工利用中需要克服的问题。对木材进行有效的保护能提高木材及其产品的耐腐朽、防变色、抗虫、改良木材表面性能和物理力学性能，延长木材及其制品的使用年限，实现木材资源的高效利用。由于我国森林资源贫乏，无论森林覆盖率还是人均占有量都低于世界平均水平，木材资源的高效利用是缓解我国森林资源不足的一个重要手段。

世界发达国家都非常重视木材保护工作。防腐木材及其产品在室内外得到广泛应用，如枕木、电杆、木结构房屋及护栏、园林景观等室外用材、室内地板及家具等。

国家“九五”至“十一五”期间，中国林业科学研究院木材工业研究所、

国际竹藤网络中心等单位承担与木材保护相关的国内及国际合作项目有：木材防腐标准体系的构建、中英木材防腐技术合作研究、林产品标准体系构建研究——防腐木材产品质量标准研究、竹材防腐及防变色菌技术、环保型木材防腐技术、橡胶木及农木材防腐技术的开发与推广、防腐阻燃多效木材保护技术、室外抗流失硼防腐技术等，本书在引用以上项目部分产出及成果的基础上完成，汇集了多位专家和学者的智慧和劳动，是集体分工协作的结晶。其中第一章和第十二章由马星霞博士执笔，第二章由陈允适先生执笔，第三章和第十章由李志强博士执笔，第四、五、六、七章由蒋明亮研究员执笔，第八章由覃道春博士执笔，第九章由李晓文执笔，第十一章乙酰化部分由吴玉章研究员执笔，热处理部分由马星霞博士执笔。感谢科技部社会公益研究专项的经费“木材防腐产品检测技术及评价体系的构建”（2005DIB5J143）支持本书的出版。

在当今科学技术飞跃发展、对世界认识水平不断提高，尽管作者尽了最大努力，疏漏和不当之处仍在所难免，恳请广大读者和专家不吝指正。

著 者

2011年6月

于中国林业科学研究院木材工业研究所

目 录

第 1 章 木材的微生物降解

1.1 木材的降解因子·····	1
1.2 木材真菌的生物学和生理学·····	8
1.3 木材发霉与生物变色·····	20
1.4 木材腐朽·····	25
1.5 木材内部腐朽的探测·····	48
1.6 漆霉和其他表面微生物·····	53
1.7 木材微生物研究的发展方向和前景（生物技术）·····	57

第 2 章 木材害虫与海生钻孔动物

2.1 蛀木甲虫·····	71
2.2 白蚁·····	78
2.3 海生钻孔动物·····	81

第 3 章 木材的天然耐久性

3.1 木材的天然耐久性概况·····	83
---------------------	----

3.2 木材天然耐久性国内外分级标准.....84

3.3 国内外常用木材的天然耐久性.....87

第 4 章 木材防腐概况

4.1 国内木材防腐概况.....100

4.2 防腐木材的应用潜力.....102

4.3 国外木材防腐研究现状.....102

4.4 国内外木材防腐相关标准.....104

4.5 对木材防腐的建议.....105

第 5 章 木材防腐剂

5.1 常用木材防腐剂简介.....107

5.2 木材防腐剂的登记管理.....113

5.3 木材防腐剂相关标准.....114

第 6 章 木材防腐处理工艺及处理质量

6.1 木材防腐处理工艺.....116

6.2 防腐木材的使用分类及质量要求.....118

6.3 木材防腐处理需要注意的问题.....120

6.4 防腐木材的检验.....123

6.5 防腐木材的质量保证及认证系统.....123

6.6 国内木材防腐产业面临的主要问题.....124

6.7 防腐木材生产过程中废弃物的管理.....124

第 7 章 橡胶木防腐

7.1 橡胶木材劣化过程.....126

7.2 橡胶木防腐方法.....127

7.3 硼防腐剂的使用方法及质量控制.....128

7.4 条件建设及防腐处理时的其他注意事项	132
-----------------------	-----

第 8 章 竹材防腐

8.1 竹材的天然耐久性	134
8.2 竹材的生物降解	136
8.3 竹材防腐	139
8.4 竹材防腐的发展趋势	143

第 9 章 铜唑防腐剂的研究及应用概况

9.1 铜唑防腐剂的研发	150
9.2 防腐木材的耐久性	150
9.3 防腐剂的固着性	151
9.4 CuAz 防腐剂对木材力学性能的影响	152
9.5 防腐剂对环境的影响	153
9.6 防腐剂对金属的腐蚀性	154
9.7 铜唑防腐剂在国内外的应用及前景	154

第 10 章 新型环保硼类防腐技术

10.1 含硼木材防腐剂	158
10.2 无机硼类	159
10.3 有机硼类	160
10.4 硼酸酯类	161
10.5 木材表面处理	162
10.6 原位聚合	162
10.7 其他硼防腐处理技术	164
10.8 硼基化合物作为其他防腐剂配方的添加剂	164
10.9 硼基木材防腐剂的发展趋势	165

第 11 章 乙酰化及热处理木材

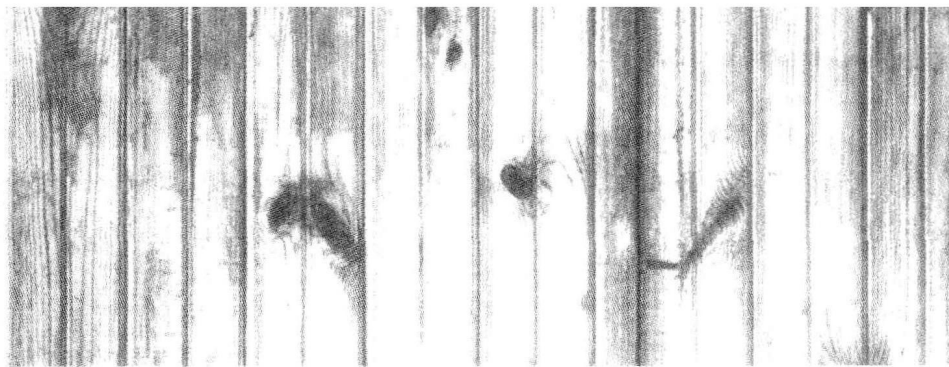
11.1 乙酰化木材168

11.2 热处理木材188

第 12 章 中国木材腐朽及白蚁危害区域图

12.1 Scheffer 气象指数213

12.2 中国陆地木材生物危害区域划分和地图绘制214



第 1 章 木材的微生物降解

前 言

在森林系统中，虽然木材容易在各种生物因子和非生物因子作用下发生降解和再循环，但如果合理使用和保养，木材仍然是一种非常耐久的有机材料。在美国东北部，至今仍有经历几百年风雨冲刷保持完好的木结构房屋。日本华丽的木制庙宇和挪威的木制教堂更是以长期的、有效的利用木材为人所共知。在埃及法老墓中也发现有木制品，据报道这些木制品没有发现明显的腐朽迹象（Zabel& Morrell, 1992）。

在极端使用环境中，尤其在潮湿的环境下，木材容易受生物因子、化学因子、或其他物理因子单独或综合作用发生迅速腐烂。

引起大多数木材降解的生物因子主要有三个：真菌、细菌和木材害虫。木材害虫中引起木材败坏的主要是白蚁和甲虫，尤其在热带地区。海生钻孔动物主要引起温带和热带地区浸入盐水和海水中的木材的败坏。

燃烧和气候因子是木材降解的主要非生物因子。由于木材暴露在自然条件下，所以方方面面不同因子的各种综合作用造成了木材的最终降解。白蚁、甲虫、黄蜂在木材的早期腐朽中入侵木材加速了木材降解，腐朽菌和变色菌随着昆虫成虫和幼虫侵入木材，并成为昆虫的一种食物来源，木材真菌和昆虫形成了共生。木材老化很显然是源于光降解、化学氧化剂和微生物降解的共同作用。

1.1 木材的降解因子

1.1.1 非生物学因子

1.1.1.1 风化

风化指木材初期由于紫外光和氧化剂造成的光降解。

如果不对木材进行涂饰等保护措施而使其直接遭受大气侵蚀和阳光直射,其表面便渐渐发生化学和物理的变化。这种变化一般不会影响木材强度,而仅仅影响外观。新鲜的木材放在户外,一般几个星期其表面就开始变色,首先变暗,逐渐发褐。而本身颜色发暗的木材首先被漂白,后仍变褐。风化木材一般具有灰暗的颜色,有的甚至显示漂亮的外观。因为它的讨人喜欢的颜色和纹理,风化木材具有很高的装饰价值,并用于内墙窗格等的装饰。

木材风化主要是因为长波紫外线和短波光照射木材表面引起的木材细胞壁光化学腐蚀、可降解成分的氧化、可溶解物的漂白以及由于木材表面不断潮湿与干燥交替引起木材不断膨胀收缩造成的机械破坏。

木材最初变褐是由于木质素和光解物形成自由基从而导致结构性碳水化合物和氧化酚类物质的进一步降解造成的。最初发现、鉴定并描述自由基特征的是 Hon 等人 (1980)。表面流失带走易溶解的分解物,暴露出稍具光化降解抵抗力的碳水化合物结构,使其再遭受光化降解,被降解物和大气因子进一步氧化破坏。木聚糖比纤维素和富含葡聚糖的半纤维素更易降解和流失,纤维素残基和分泌色素的真菌的表面生长使木材变灰。如果在木材表面涂上一层保护膜,可阻止光化降解,但由于持续的湿润干燥变换使木材不断膨胀收缩,从而导致保护膜起皮剥落,失去保护作用。风化造成的损失一般对大型木结构来说微不足道,但对长期使用的工具上的木质部分、薄胶合板表面和圆木,如插在电线杆上的绝缘子就显得比较重要了。不同地理位置、不同测试方法和不同树种的风化速率差异很大。Jamison (1937) 报道称:西方白松木制成的楔子的风化点约 5cm 宽, 45.7cm 长。在美国爱达荷长达 10 年之久的地上曝露试验表明:在阳光下、部分覆盖和完全覆盖情况造成的风化质量损失率分别为 48%、7.9% 和 2.3%。被阳光完全照射 7 年的小楔子的风化损害直径有 1.25cm, 质量损失率达到 16.4%。据估计,在温带每世纪造成的木材表面风化程度有 6 ~ 7mm 厚,而在北部气候条件下每世纪有 1mm 厚。风化木材的显微镜检查显示风化主要损失了细胞之间和木材径向壁层的木材组分,经过长时间紫外光暴露后仅在射线细胞残留有木材组分。光解造成细胞壁变脆,这也许更加剧了随着湿度变化表面断裂、剥落现象的发生。早材纤维比晚材纤维更容易受损,严重风化的木材表面粗糙有波痕。

涂层或覆膜可吸收和反射部分紫外线,减少表面湿度变化,是防治户外木材风化的传统方法。防水处理也减少了户外木材表面湿度的波动,木材用诸如 Cr_2O_3 的化学物质处理可减缓风化,双倍延长乳胶漆的使用寿命。

光化学降解和聚合物合成之间的关系也是一个令人感兴趣的问题。最初的研究是尝试一次性纸产品的加速光解来解决环境生态问题。

1.1.1.2 热解 (蒸馏和燃烧)

木材的热解,实际是碳水化合物的热解,大多发生在高温时期,大约 100℃ 开始逐渐发生变化。先是颜色发生变化,接着发生对木材影响较大的强度降低、吸湿性降低、质量损失,同时释放 CO 、 CO_2 、 CH_4 和水蒸气。这种变化随着温度升高和时间延长而加剧,在 275℃ 时燃烧并释放光和热。

1. 低温（低于 200℃）

低温对木材的影响非常重要，因为此阶段的木材强度损失比较明显。木材在 100℃ 时开始发生热解，颜色发褐，表面变脆，质量和力学强度开始缓慢损失。这种低温对木材的影响可以很容易地从放置在 104℃ 烘箱中数星期的木块或是在干燥窑的原木上观察到。表面的褐变和质脆变化类似于早期褐腐，但未见腐朽菌菌丝生长，并且颜色变化比较均一。

Maclean (1951) 列出了 11 种商业树种不同温度不同曝露时间的平均质量损失如表 1-1 所示。

表 1-1 木材在不同温度不同曝露时间的平均质量损失率

曝露时间	温度 (℃)	平均质量损失率 (%)
1 yr	93	2.7
470 d	121	26.8
400 hr	149	14.8
102 hr	167	21.4

随着温度升高，木材强度损失加剧。温度低于 200℃ 时，木材主要排放 CO_2 和水蒸气，一般不产生烟和热量。

2. 无氧条件下的高温（高于 200℃）

高温分解（在无氧条件下加热）是众所周知的木材蒸馏过程，其释放的可燃性气体包括 CH_4 和 CO ，以及醋酸、甲醇、蚁酸、糠醛、酚、甲酚等化合物。酸类物质引起眼睛酸痛，糠醛物质使木材烟雾气味难闻。高温最后形成具广泛工业用途的炭产品。

随着温度升高，细胞壁成分降解的顺序依次是：半纤维素、纤维素和木质素。半纤维素热稳性最差，在 225 ~ 235℃ 时降解；纤维素在 325 ~ 375℃ 降解，而木质素在 250 ~ 500℃ 时降解。烧焦的木材在分解的后阶段纹理上像方块状褐腐，与各种腐朽一样，木质素是最后被彻底消耗的成分。

3. 燃烧（高于 275℃）及阻燃化合物

木材在有氧条件下，温度高于 275℃ 就会燃烧。最有效的阻燃化合物是磷酸铵、硫酸铵、硼砂和氯化锌等。

1.1.1.3 化学降解（水解和氧化）

木材非生物因子造成的化学降解主要有以下几种：

1. 强酸环境下的降解

作为结构材料，木材具有很强的抵抗多数化学物质攻击的能力。因此，木材常用于修建贮槽、桶、冷却塔或者用于连接有可能发生冷凝、喷雾或飞溅的腐蚀性化合物的建筑结构。例如，许多硫酸盐浆磨房。由于木结构长时期处于高温和高湿、弱酸、有机碱环境下，发生恶化。木材是纸和纤维素衍生物的主要化工原料，所以对木材的化学降解和组成在木材工业、纤维素化

工业和造纸业都有多方面研究。此部分主要讲述接触腐蚀性化学物质引起的各种木结构的腐烂，有别于其他生物因子造成的腐朽。

Smith(1980) 列出了用于各种各样的腐蚀性环境的推荐性木材树种，例如盛放酸的容器用的树种，暴露在酸雾或者盛放温和腐蚀性液体的容器所用树种等。松柏科木材对腐蚀性物质的抵抗能力比其他多数针叶木材强。对化学腐蚀物质抗性强的树种一般纤维素和木质素含量高，木聚糖含量低。

木材首先发生酸解的是碳水化合物，木质素对强酸具有高抗性的一个例证是：当碳水化合物被 72% 硫酸作用后在过滤液中含有 klason 木质素。酸水解连接纤维素和半纤维素的 β (1 $\rightarrow$ 4) 糖苷键，造成抗拉强度的剧烈下降。木材经过初步水解颜色发褐，质地变脆、易碎。酸解作用机制和造成的木材强度早期损害类似于褐腐。

2. 强碱环境下的降解

在同样的浓度、处理时间和温度条件下，碱对木材腐蚀比酸更强烈。碱降解半纤维素并且使木质素形成可溶性木素碱复合体，但基本不对纤维素起作用。许多木材制浆过程利用此类碱性反应进行。

高浓度的强碱作用使木材变成纤维状，并被漂白，类似于白腐菌侵染造成的白腐，木材膨胀，强度急剧下降。

从 Wangaard (1966) 显示的数据说明了针叶材和阔叶材在强酸强碱的不同温度不同浓度作用下强度的变化 (表 1-2)。酸碱浓度越大，温度越高，针叶材阔叶材强度损失越大。

3. 强氧化剂和一些有机溶剂条件下的木材降解

Erickson 和 Reese (1940) 研究资料显示，木材在一系列的酒精、丙酮和苯作用下，随着其分子量的增加和这些有机化合物的结构趋于复杂，木材膨胀率下降，强度损失相应增加。氨水处理木材，使木材暂时降低弯曲强度，从而使木材弯曲形成各种各样的形状而不被折断。

据报道木材用盐处理可增加抗挤压强度。虽然用酸性盐例如 Na_2CrO_3 处理也可降低强度 (Ross, 1956)。但用酸性盐类防腐剂处理木材，例如铜氧化物或盐酸铜、铬和砷 (CCA)，除非木材随后在高温下被烘干，否则并不会严重影响其强度。

木材持久接触铁离子，引起局部脆化和抗拉强度损失 (Baker, 1974)。有报道称为减少木材被铁腐蚀从而减少了钉子的使用，或者用镀锌的钉子或干燥的木材。当铁被氧化 (生锈) 形

表1-2 花旗松和白栎木在强酸强碱的不同温度不同浓度作用下MOR的变化

树种	MOR (和对照材的百分比)							
	2%HCl		10%HCl		2%NaOH		10%NaOH	
	20℃	50℃	20℃	50℃	20℃	50℃	20℃	50℃
花旗松 (针叶材)	91	85	76	57	56	40	39	28
白栎木 (阔叶材)	70	51	39	30	26	22	20	15

成氢氧化铁，它催化纤维素的氧化作用和解聚作用形成氧化纤维素。而 Koenigs (1974) 在探讨褐腐机制中也提到了类似铁在纤维素分解中的催化作用。

1.1.1.4 机械磨损（表面裂片的断裂和侵蚀）

木材机械磨损是使木材恶化的次要原因，并且由于爆裂力量使木材表面裂开。表面容易发生严重摩擦或爆裂的木制品，例如台阶、冷却塔的隔板、重型机械工厂的地板或铁路轨道的钉和路轨，机械磨损比较突出。在沙漠地区 and 海滩沿岸，狂风驱动沙子微粒可能造成对杆、柱和未油漆的木材的严重的机械损伤。另一机械磨损严重的地方是装货的码头。重载与锋利的角磨蚀可分裂木材表面，随着时间的推移呈现纤维状纹理，类似于木材腐朽晚期。预防方法有，选择表面硬度大的木材，或者在高机械磨损区域选择金属板或表面被聚合物硬化的木材。

1.1.2 生物因子

木材降解的主要生物因子有微生物因子和木材害虫。

1.1.2.1 木材微生物

由真菌造成的腐朽和变色以及少量由细菌造成的败坏是木材加工利用中品质败坏和质量损失的主要原因。了解这些败坏因子的特性对制定预防或控制木材败坏措施至关重要。

由微生物引起的腐朽和变色明显不同于上文已列述的木材败坏因子。微生物，是一种在生物演替系统中，穿透、侵入、外在地消化复杂基体例如木材并吸收可溶性降解物质的独特的有机体。真菌和细菌在生态系统中的巨大作用是分解有机体，同时持续释放二氧化碳和其他植物光合作用所需的重要元素，从而保持生态系平衡循环。

木材败坏的微生物因子主要有引起木材细胞壁蚀刻和孔道的细菌以及引起木材发霉变色和腐朽的真菌因子。大部分真菌引起的腐朽和变色以及真菌的典型微观特征可以和其他因子造成的木材败坏区分开来。

1. 引起细胞壁蚀刻和孔道的细菌

细菌主要在木材表面生长，被微小动物、真菌和木材湿润干燥交替造成的弯月形横面带入木材内部，对木材的损伤较小。细菌主要导致木材细胞壁蚀刻和形成隧道空洞。当木材被存放在水中或保持湿润时，细菌会毁坏薄壁组织细胞和纹孔膜，导致木材渗透性增强 (Zabel & Morrell, 1992)。韩国全南国立大学 Kim (1998) 和新西兰森林研究所 Singh (1991; 1990) 对古木的腐朽机制研究发现：在缺氧或只能提供少量氧气的环境中，如在深泥土中、海中、深水中，木材首先被细菌腐蚀，甚至在某些条件下的古木只有细菌腐蚀。

细菌是单细胞原核生物，虽然有些种类如放射线菌类，细胞链呈丝状体，但一般形状简单。这些有机体大概代表最古老、最简单的生活形态，细胞直径平均仅为几 μm 。细胞形状一般为圆形（球菌），圆柱形（杆菌），棒状（棒杆菌）和螺旋形（螺旋状菌）。细胞壁含有肽聚糖（N-乙酰葡萄糖胺、N-乙酰葡萄糖胺酸和其他氨基酸的聚合物）。细菌以出芽生殖方式繁殖。在适宜的成长条件下，细胞在适宜的基质表面如根际周围每 20min 就可分裂生长一个周期，迅速大量累积。

伴随着它们巨大的繁殖能力,有些细菌对极端环境有很强的适应能力。一般实验室灭菌要求温度 121℃、时间 15min 的条件。大量的细菌在寄主上仅呈现小黏的一块,但有些可迅速的污染一大片。有些是能动的,但多数不能移动,需要空气、水、表面接触或者动物以媒介传染。败坏木头的细菌是异养生物。有些细菌如滑动细菌(噬细胞菌属的一些种类)是重要纤维素降解菌,而其他,包括圆柱形细菌(杆菌)和引起木材变色的梭菌属细菌一起或侵入或储存于水中破坏薄壁组织细胞和纹孔膜(如多黏芽孢杆菌)。许多细菌同木腐菌联系在一起,但它们确切的作用还未可知。有些细菌为无机营养菌,可以通过对各种无机化合物例如铁或硫磺的氧化作用中得到能量。有些细菌可进行光合作用,运用空气中的硫化氢作为氢来源。超过 1000 种的细菌被人类探知,但许多细菌人们还未认识。许多细菌是人、动物或者植物的病原生物,在医学、农业或者化工业有重要作用,但在木材败坏中的种类人们仍然知之甚少。

2. 真菌

(1) 引起木材表面发霉的霉菌(见图 1-1)

霉菌是在极端潮湿的木材表面生长的真菌,以简单碳水化合物为营养。霉菌菌丝和分泌物在木材表面形成黑、灰、绿、紫和红等颜色,散发霉味,在某些情况下,伴生的巨大数量孢子还可引起疾病。霉菌主要造成木材外观质量下降。

(2) 引起木材边材变色的变色菌(见图 1-2)

真菌变色主要是在原木储存和加工过程中变色菌侵入边材引起的。变色菌在边材中首先侵入薄壁组织,变色主要是因为木材细胞被大量菌丝分泌的色素着色引起。虽然变色菌对木材长轴组织细胞影响较小,除颜色之外,对其他特性如韧性和渗透性,也或多或少有些影响。

(3) 引起腐朽(软腐、褐腐和白腐)的真菌(见图 1-3)

真菌腐朽是木材利用中的主要败坏类型。朽烂根本是因为真菌消化木材的结果。木材的缓慢、持续消解导致表面和其物理化学性能的改变。但仅有限的一些真菌拥有直接分泌酶来消化木材的能力,另外一些真菌是靠各种不同方式攻击木材细胞壁组成部分而导致其他腐朽类

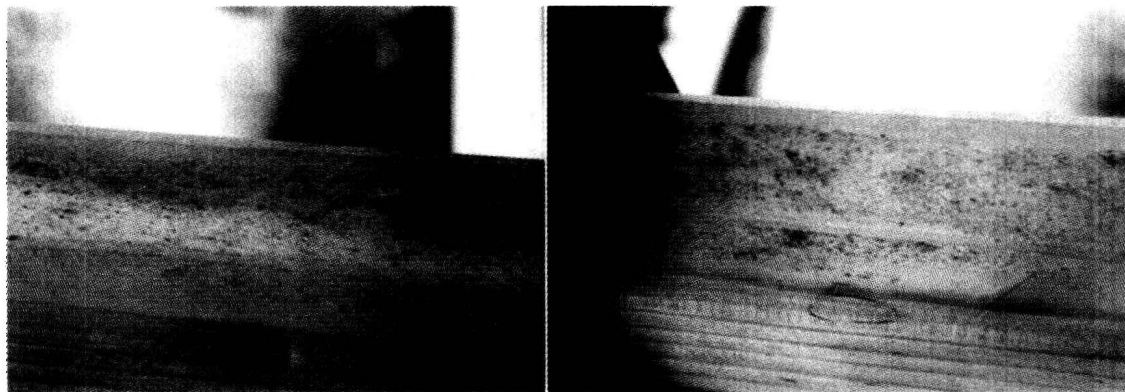


图1-1 发霉的扶手及廊柱

(2008年11月摄于广州珠江公园木结构亭子)

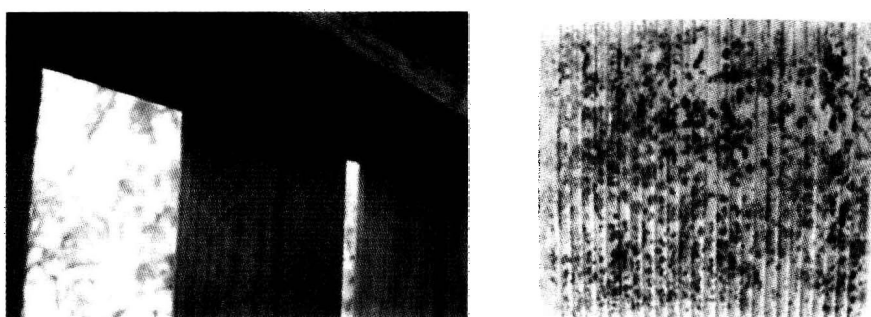


图1-2 变色菌引起的亭子廊柱的变色和竹地板变色

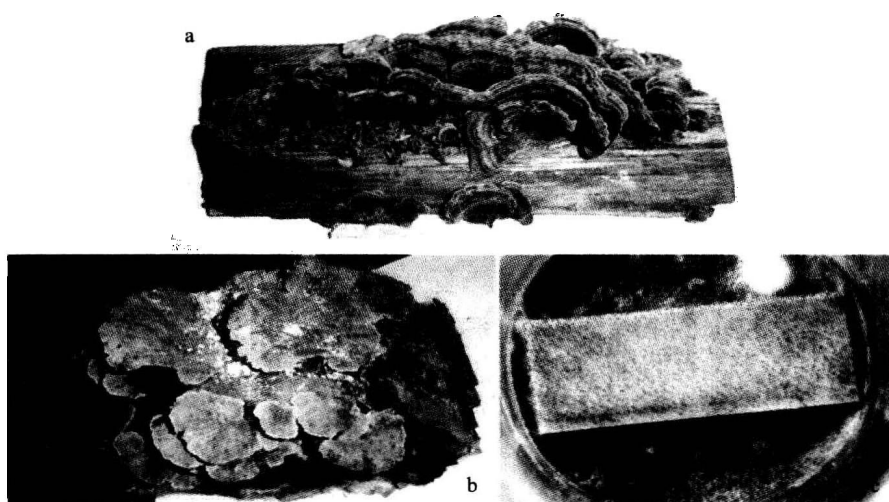


图1-3 木材腐朽菌

(a.为白腐菌云芝*Trametes versicolor* (L.ex Fr.) Pilát子实体; b.为褐腐菌萼边粘褶菌*Gloecophyllum saepiarium* (Wulf. ex Fr.) P. Karst.子实体; c.为软腐菌球毛壳菌*Chaetomium globosum* Kunze ex Fr.)孢子图

型。软腐就是由软腐菌有选择性地攻击细胞壁的 S_2 部分造成的。木材高湿和接触土壤有利于软腐发生。褐腐是由褐腐菌首先攻击细胞壁的碳水化合物造成的腐朽。而白腐则是由白腐菌同时攻击细胞壁的碳水化合物和木质素形成。白腐菌和褐腐菌主要是担子菌的一些种。所有腐朽在后期都造成了木材强度和其他加工利用性能的剧烈破坏。

本部分重点介绍引起木材降解的生物因子真菌，将从其生物学和生理学、对木材造成的危害和有效利用等方面予以详细的介绍。

1.1.2.2 木材害虫与海生钻木动物

造成木材降解的生物因子除了微生物因子引起的“腐朽”外，还有动物性因子，其对木材造成的损害被称作“虫蛀”。将在第二章中详细介绍。