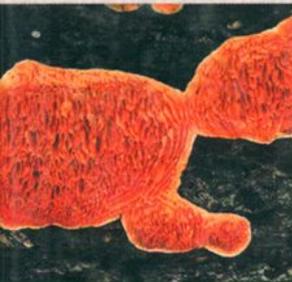


中国

储木及建筑木材
腐朽菌图志

戴玉成
主编



科学出版社
www.sciencep.com

国家自然科学基金项目(30425042, 30670009, 30500003, 30499340) 资助

中国储木及建筑木材 腐朽菌图志

戴玉成 主编



科学出版社

北京

ILLUSTRATIONS OF WOOD-DECAYING
FUNGI ON STORED WOOD OR
STRUCTURAL TIMBER IN CHINA

By
Dai Yu-Cheng

SCIENCE PRESS

Beijing

《中国储木及建筑木材腐朽菌图志》

编辑委员会名单

主 编 戴玉成

参编人员 (按姓氏汉语拼音排序)

崔宝凯 李 娟 秦问敏 魏玉莲

熊红霞 徐梅卿 余长军 袁海生

周绪申

前 言

生物学和生态学

木材在储藏和使用过程中，常常受到真菌的危害，而发生不同程度的分解变质或腐朽。木材腐朽菌能够将木材细胞壁的高分子聚合物分解成低分子的物质，并摄取这些物质作为养分和能源，供其生长和繁殖。

木材腐朽菌是以木材为生长基质的一类大型真菌，它们能将木材中的木质素、纤维素和半纤维素全部降解。木材腐朽菌包括立木腐朽菌和木材腐朽菌两大类，前者是指生长于活立木的基部或根部和树干的腐朽菌，它们主要营寄生生活，引起严重的树木病害，影响树木正常生长，引起风折、风倒（戴玉成，2005）；后者是指生长在倒木、枯立木、储木及一切木制品上的腐朽菌，它们全部营腐生生活。本书所包括的种类主要是后者的种类，即生长在储木和建筑木材上的腐朽菌。有些木材腐朽菌是兼性腐生或兼性寄生，这些种类既能生长在活立木上，也能腐生在储木和建筑木材上，因此本书中所包括的有些种类也能寄生在活立木上，引起立木腐朽病害，但绝大部分种类是腐生菌。储木主要包括林区贮木场的原木（图I、图II）和其他地方销售的木材。建筑木材主要包括木质房屋、桥梁、坑木、桩木、仓库、车辆、堤坝、栅栏等木质结构材料。贮木场原木、薪炭木、木制房屋、家具、栈道和桥梁上木材腐朽菌的发生情况见图III~图XII。



图I 贮木场针叶树原木



图 II 贮木场阔叶树原木



图 III 贮木厂储木及其腐朽菌



图 IV 薪炭木及其腐朽菌



图 V 香泊氏孔菌引起的原木褐色腐朽



图 VI 异担子菌引起的原木白色腐朽



图 VII 木质房屋上的腐朽菌



图 VIII 木质建筑上的腐朽菌



图 IX 木质家具上的腐朽菌



图 X 木质栈道及其腐朽菌



图 XI 木质桩木及其腐朽菌

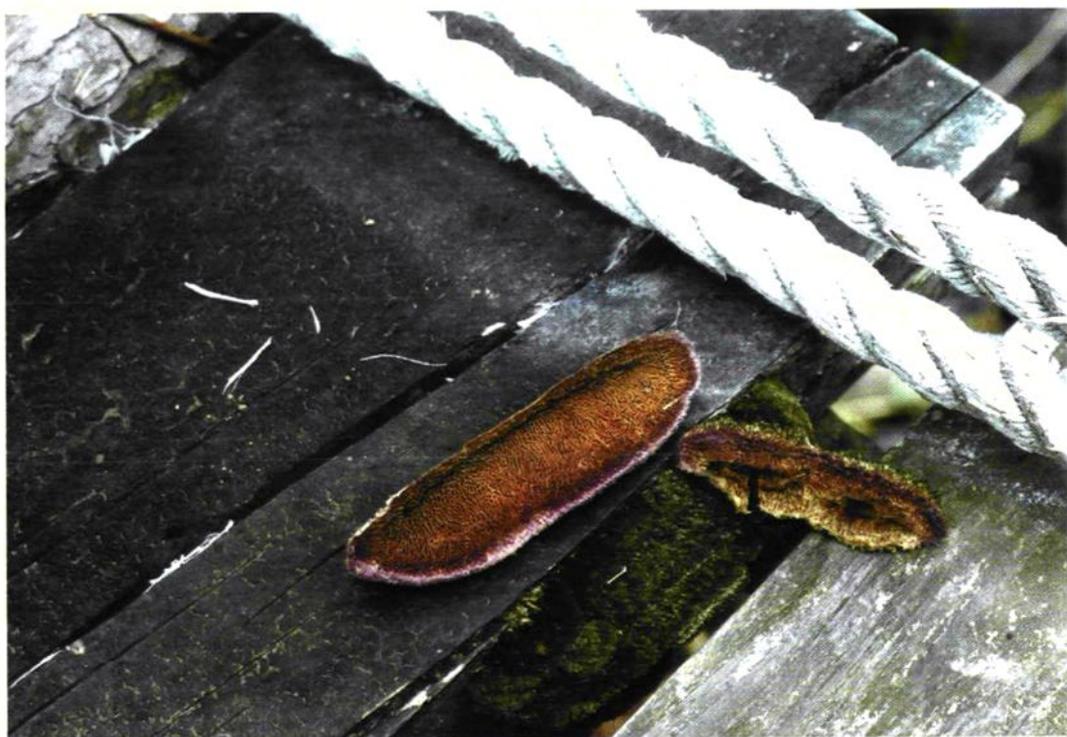


图 XII 木质桥梁及其腐朽菌

木质建筑物有时已经腐朽，但由于生长环境的特殊，很难生长出子实体，这给种类的鉴定造成了困难，因此，木质建筑物上实际存在的种类比目前发现的要多。另外，造成木质建筑物腐朽的真菌除了担子菌以外，还有半知菌、子囊菌和细菌等，但这些种类不是本书所涉及的范围。在木质建筑物中，枕木、矿柱、电杆等由于做防腐处理，所以生长在这些木材上的腐朽菌很少，本书只涉及了少数生长在这类特殊木材上的腐朽菌。

经济重要性

木材腐朽菌可以造成木材从采伐、运输、储藏、加工、建筑的全过程腐朽，它们能够严重影响木材的质量，造成巨大经济损失。例如，在英国，木材腐朽菌造成木质建筑的损失每周达3百万英镑 (Rayner and Boddy, 1988)，美国每年由于木质框架的腐朽所造成的经济损失达2亿美元 (周慧明, 1991)，木材腐朽菌给我国的储木和建筑木也造成严重损失，但目前还没有确切的统计数据。

国外研究现状

国外近年对储木及建筑木材上的腐朽菌进行了一定的研究，如美国在木制品上共发现了152种主要的木材腐朽菌 (Duncan and Lombard, 1965)，德国北部的木质建筑木上报道了80种腐朽菌 (Huckfeldt and Schmidt, 2006a)，挪威仅在栅栏木上就发现了97种腐朽菌 (Aandstad and Ryvarden, 1987)。国外除了对储木及建筑木材上的腐朽菌种类的研究外，还对每个种的发生频率进行了调查研究，在北美洲钥形产丝齿菌 *Hyphodontia spathulata*，深

褐褶菌 *Gloeophyllum sepiarium*, 密褐褶菌 *Gloeophyllum trabeum* 和黄薄孔菌 *Antrodia xantha* 最为常见 (Silverborg, 1953)。在欧洲中部的波兰、比利时和德国东部, 木质结构上最常见的腐朽菌为伏果干腐菌 *Serpula lacrymans*, 凹痕粉孢革菌 *Coniophora puteana*, 威兰薄孔菌 *Antrodia vaillantii* (Wazny and Czajnik, 1963; Schultze-Dewitz, 1985; Guillitte, 1992), 而在欧洲北部的挪威, 薄孔菌属 *Antridia* 的种类最常见 (Alfredsen *et al.*, 2005)。

国内研究现状

国内在过去的研究中, 对立木腐朽菌的报道较多 (刘正南, 1982; 周仲铭, 1990; 赵桂华和宋楨, 1992; 任伟, 1993; 尚衍重和姜俊清, 1996; 袁嗣令, 1997), 特别是近年来又发现了很多新的立木腐朽病害 (戴玉成等, 2000; 戴玉成等, 2002, 2004a, 2004b; 戴玉成, 2005; 戴玉成和高强, 2005; 包晴忠等, 2006; 李娟等, 2006; 崔宝凯等, 2007), 但对储木及建筑木材上的腐朽菌的报道不多, 如时玉龙和孟斌 (1989) 介绍了 6 种原木腐朽菌, 周慧明 (1991) 报道了我国常见的 12 种白色和褐色腐朽菌, 陈允适 (2007) 报道了我国木材上常见的 13 种腐朽菌。近年来在多项国家自然科学基金的资助下, 国内对木材腐朽菌进行了深入系统的研究, 报道了近 600 种木材腐朽菌 (Dai, 1996; Wei *et al.* 2003, 2005; Wei and Dai, 2004; Cui *et al.*, 2005, 2006; Huang and Dai, 2005; Yuan *et al.*, 2006; Dai *et al.*, 2007a, 2007b, 2007c; Li *et al.*, 2007; Xiong and Dai, 2007; Xiong *et al.*, 2007; Yu *et al.*, 2008), 其中的很多种类发生在储木和建筑木上。最近, 戴玉成等 (2008) 报道了生长在原木和建筑木上的木材腐朽菌 107 种。本书作者在过去 15 年对我国原木和建筑木上的腐朽菌进行了调查、拍照、采集和鉴定研究, 共发现 140 种木材腐朽菌生长在原木、木质房屋和桥梁、坑木、仓库木、栅栏木等木质结构材料上。鉴于准确鉴定这些种类对木质结构材料的木材防腐, 特别是对房屋和古木建筑的必要性, 而以前国内尚无此类专著, 因此, 拟出版《中国储木及建筑木材腐朽菌图志》。目的是将这些种类进行详细描述, 提供生态彩色照片, 并简单记述每个种的生长基质等, 希望本书能对林木病理学、木材学和建筑科学工作者提供有益的参考。

腐朽菌类型及种类分布

木材腐朽菌的腐朽类型有白色腐朽、褐色腐朽、木材软腐、木材变色和木材发霉等。就腐朽而言, 白色腐朽和褐色腐朽是最主要的两类, 因此本书所涉及的种类全部都是白色腐朽或褐色腐朽的种类。

白色腐朽菌产生纤维素酶和木质素酶, 因此理论上它们能够将木材细胞壁的所有成分降解, 大部分白色腐朽菌将木材中的木质素、纤维素和其他多糖以同样的速度降解, 因此, 在腐朽的中期和后期木材组成成分的比例与原木基本相同。但有些白色腐朽菌能够以较快的速度降解木质素, 因此被腐朽的木材保留了更多的纤维素 (图 XIII, 图 XIV)。木材被白色腐朽菌降解后, 通常表现为木材逐渐丧失韧性呈纤维质。白色腐朽菌产生细胞间酚氧化酶, 这种酶在丹宁酸和五倍子酸以及树脂和愈疮树脂试剂中呈正氧化反应。由于白色腐朽的本质是产生纤维素酶和木质素酶, 白色腐朽菌所造成的木材腐朽不一定呈白色, 有时甚至呈褐色, 例如, 沙棘嗜蓝孢孔菌 *Fomitiporia hippophaeicola* 和杨生锐孔菌 *Oxyporus populinus* 都是白色腐朽菌, 但它们通常造成腐朽的木材为褐色 (图 XV, 图 XVI)。木腐朽

中90%的种类造成白色腐朽，白色腐朽菌不但能够生长在针叶树木材上，更主要的是生长在阔叶树木材上。

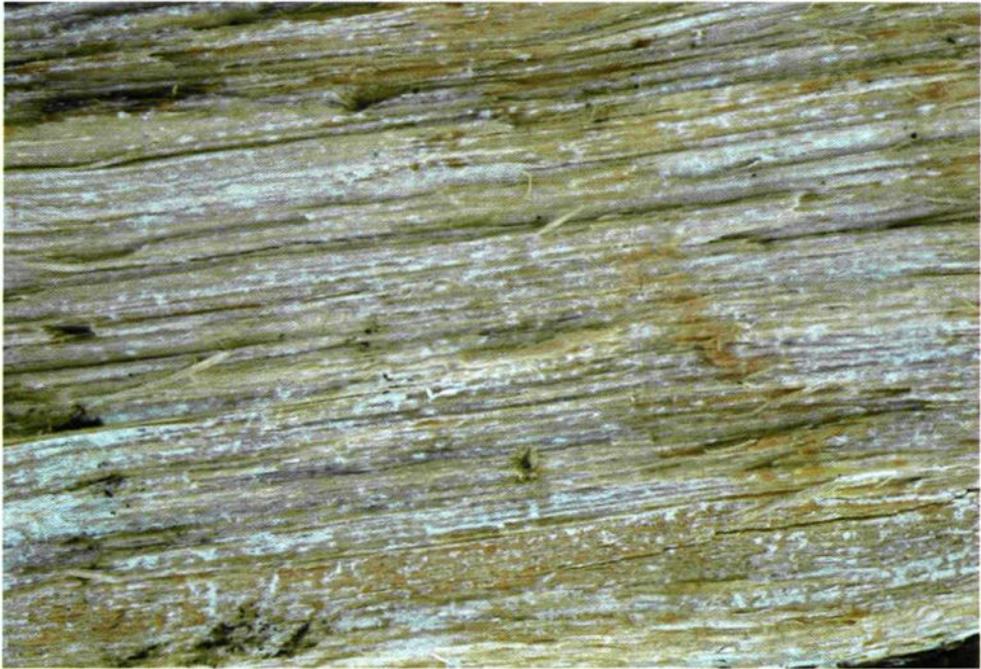


图 XIII 多年卧孔属种类引起的白色腐朽



图 XIV 小针层孔菌属种类引起的白色腐朽



图 XV 沙棘嗜蓝孢孔菌引起木材变为褐色的白色腐朽



图 XVI 杨生锐孔菌引起木材变为褐色的白色腐朽

褐色腐朽菌有选择地将木材中的纤维素和半纤维素降解，而不能降解木质素，所以褐色腐朽的木材最大的损失率只能达到65%~70%。与白色腐朽不同，木材发生褐色腐朽时，由于保留了木质素的框架，所以细胞的形状变化不大，直至细胞壁崩溃之后，其木材才不能保持原来的形状和强度。褐色腐朽通常表现为木材很快失去韧性，强烈收缩，呈破裂或颗粒状，最后阶段表现为残留木材变形、易碎、块状、褐色，主要成分为木质素(图 XVII~XVIII)。褐色腐朽菌主要生长在针叶树木材上，个别种类也能生长在阔叶树木材上。由于褐色腐朽菌不产生细胞间酚氧化酶，因此在丹宁酸、五倍子酸中，以及树脂和愈疮树脂试剂中呈负氧化反应。



图 XVII 薄孔菌属种类引起的褐色腐朽

由于木材腐朽菌各自的生物学特性不同，因此发生在不同种类的木材上。在140种储木及建筑木材腐朽菌中，有29种引起褐色腐朽，111种引起白色腐朽。这一比例与这类真菌发生在森林树木上的相似(戴玉成, 2005)，即褐色腐朽的种类主要发生在针叶树上，如松属、云杉属、落叶树属等木材上，但偶尔也发生在阔叶树木材上。白色腐朽的种类在针叶树和阔叶树上都常见，但在阔叶树木材上更普遍。然而，个别白色腐朽菌，如浅黄产丝齿菌 *Hyphodontia flavipora* 和皮生锐孔菌 *Oxyporus corticola* 等在针叶树和阔叶树木材上几乎同等常见。

在针叶树储木和建筑木上常见的木材腐朽菌有兴安薄孔菌 *Antrodia hingganensis*，狭檐薄孔菌 *Antrodia serialis*，黄薄孔菌 *Antrodia xantha*，橄榄粉孢革菌 *Coniophora olivacea*，凹痕粉孢革菌 *Coniophora puteana*，污叉丝孔菌 *Dichomitus squalens*，红缘拟层孔菌 *Fomitopsis pinicola*，深褐褶菌 *Gloeophyllum sepiarium*，硫磺菌 *Laetiporus sulphureus*，柔丝干酪孔菌 *Oligoporus sericeomollis*，香泊氏孔菌 *Postia balsamea* 和冷杉附毛孔菌 *Trichaptum abietinum*。在阔叶树储木和建筑木上常见的木材腐朽菌有黑管孔菌 *Bjerkandera adusta*，一色齿毛菌 *Cerrena unicolor*，膨大革孔菌 *Coriolopsis strumosa*，干环褶孔菌 *Cyclomyces xeranticus*，三



图 XVIII 褐褶菌属种类引起的褐色腐朽

色拟迷孔菌 *Daedaleopsis tricolor*, 红贝俄氏孔菌 *Earliella scabrosa*, 硬毛粗毛盖孔菌 *Funalia trogii*, 树舌灵芝 *Ganoderma applanatum*, 浅黄产丝齿菌 *Hyphodontia flavipora*, 白囊耙齿菌 *Irpex lacteus*, 桦褶孔菌 *Lenzites betulinus*, 近缘小孔菌 *Microporus affinis*, 皮生锐孔菌 *Oxyporus corticola*, 黄白多年卧孔菌 *Perenniporia subacida*, 灰孔多年卧孔菌 *Perenniporia tephropora*, 淡黄针层孔菌 *Phellinus gilvus*, 血红密孔菌 *Pycnoporus cinnabarnius*, 裂褶菌 *Schizophyllum commune*, 白干皮孔菌 *Skeletocutis nivea*, 扁韧革菌 *Stereum ostrea*, 绒毛韧革菌 *Stereum subtomentosum*, 红木色孔菌 *Tinctoporellus epimiltinus*, 毛栓孔菌 *Trametes hirsuta*, 赭栓孔菌 *Trametes ochracea*, 香栓孔菌 *Trametes suaveolens*, 云芝栓孔菌 *Trametes versicolor* 和桦附毛孔菌 *Trichaptum pargamenum*。

鉴定和研究方法

准确鉴定木材腐朽菌的种类对木材防腐极为重要, 因为不同种类的真菌引起的腐朽类型不同, 对木材的防腐处理方法也随之而异。而且, 不同的真菌对同一防腐剂的耐药量也不相同。传统的子实体鉴定仍然是非常实用和最快速的方法, 并出版过多部常用的工具书 (Eriksson and Ryvarden, 1973, 1975, 1976; Eriksson *et al.*, 1978, 1981, 1984; Breitenbach and Kränzlin, 1986; Hjortstam *et al.*, 1987; Ryvarden and Gilbertson 1993, 1994; Bravery *et al.*, 2003; Huckfeldt and Schmidt, 2006b)。现代分子生物学技术的发展为准确鉴定木材腐朽菌提供了新的手段, 在不出现真菌子实体, 但能够分离到真菌菌丝的情况下, 也可基于蛋白质和 DNA 技术进行鉴定 (Schmidt and Moreth, 1995; Theodore *et al.*, 1995)。目前已经有 18 种最常见的腐朽菌的序列提交到了基因库 (Schmidt, 2007)。

本书中所有种类均是根据腐朽真菌的子实体在光学显微镜下进行鉴定的。显微研究方法主要利用 Melzer 试剂、棉蓝试剂和 5% 的氢氧化钾试剂作为切片浮载剂，显微测量和绘图均在棉蓝试剂的切片中进行，所有显微研究均在 Nikon 80i 相差显微镜下进行。显微结构中的担孢子、菌丝、囊状体等在 Melzer 试剂中如果变黑色称之为淀粉质反应，如果变黄褐色称之为拟糊精反应，如果不变色称为无变色反应；在棉蓝试剂中如果菌丝壁或孢子壁变蓝色称为嗜蓝反应，无变色称为无变色反应。每种木材腐朽菌的担孢子至少在一个标本中测量 30 个以上，以“ $n = 30/1$ ”表示（有很多种测量两个或 3 个标本的 60 或 90 个担孢子，以“ $n = 30/2$ 或 $n = 90/3$ ”表示，极个别种类由于所研究的材料孢子很少或不育，其孢子只测量了少数或引用其他文献数据），并给出了每种担孢子的平均长、平均宽及其比值。担子、拟担子、囊状体、拟囊状体、子实层刚毛、菌丝状刚毛等的宽度测量于这些结构的最宽部位，长度测量于其顶端至基部分隔处。本书中储木及建筑木材上腐朽菌的排列按其拉丁属名字母顺序，同属的种类按种加词首字母序排列，真菌定名人名称的缩写基于国际最新的缩写标准《Authors of plant names》(Brummit and Powell, 1992)；有关子实体的颜色术语根据 Petersen (1996) 和 Rayner (1970) 的真菌颜色图谱。

防治方法

几乎所有的木材腐朽菌都需要水分才能生长，因此，减少木材中的水分，使原木和木材尽量干燥是防治腐朽最重要的方法。发现木材腐朽后，准确地鉴定腐朽菌的种类，对科学地防治是非常必要的，例如，干朽菌是房屋建筑的重要腐朽菌，该菌在欧洲造成最严重的建筑木材腐朽，目前已经有多种切实可行的方法防治该菌 (Sutter, 2003; Bravery *et al.*, 2003; Sallmann, 2005)，主要是去湿、通风、清除腐朽木、并用硼或季铵化合物进行化学处理。另外，溴甲烷和氧化乙烯可以用于防治多种木材腐朽菌 (Unger *et al.*, 2001)。乙二胺四乙酸 EDTA 可以防治由密褐褶菌 (*Gloeophyllum trabeum*) 造成的褐色腐朽 (Viikari and Ritschkoff, 1992)，硝酸也可以防止褐色腐朽 (Lloyd and Dickinson, 1992)。我国是木材生产和消费大国，因此对木材的防腐研究取得了重要进展，已经有比较成熟的木材化学防腐技术 (周慧明, 1991; 李坚, 2006; 陈允适, 2007)，但化学防腐的药剂通常对人、畜有毒，还会造成环境污染。因此，生物防治是最有发展前途的方法，目前已经可以用木霉 (*Trichoderma*) 作为拮抗菌防治木材腐朽 (Doi and Yamada, 1991; Rattray *et al.*, 1996; Bruce, 2000; Phillips-Laing *et al.*, 2003)。

研究材料来源

本书的材料来自作者和参编人员在过去 15 年内对我国的 34 个省市区 150 多个地点进行的多次考察和采样，考察研究地点见图 XIX，所有研究标本保存在中国科学院沈阳应用生态研究所和北京林业大学微生物研究所标本馆。本书是这些研究结果的总结。本书形态学描述部分主要由戴玉成完成，李娟、周绪申、秦问敏、袁海生、崔宝凯、熊红霞、魏玉莲和余长军参加了野外考察、室内显微研究及部分种类的描述，戴玉成对全书进行统稿。照片由戴玉成、袁海生和李娟拍摄，崔宝凯和徐梅卿对全书进行了校对。本书中橄榄粉孢革菌 *Coniophora olivacea* 和凹痕粉孢革菌 *Coniophora puteana* 的两张照片由芬兰赫尔辛基大学的 Tuomo Niemelä 教授提供，在此表示衷心的感谢！