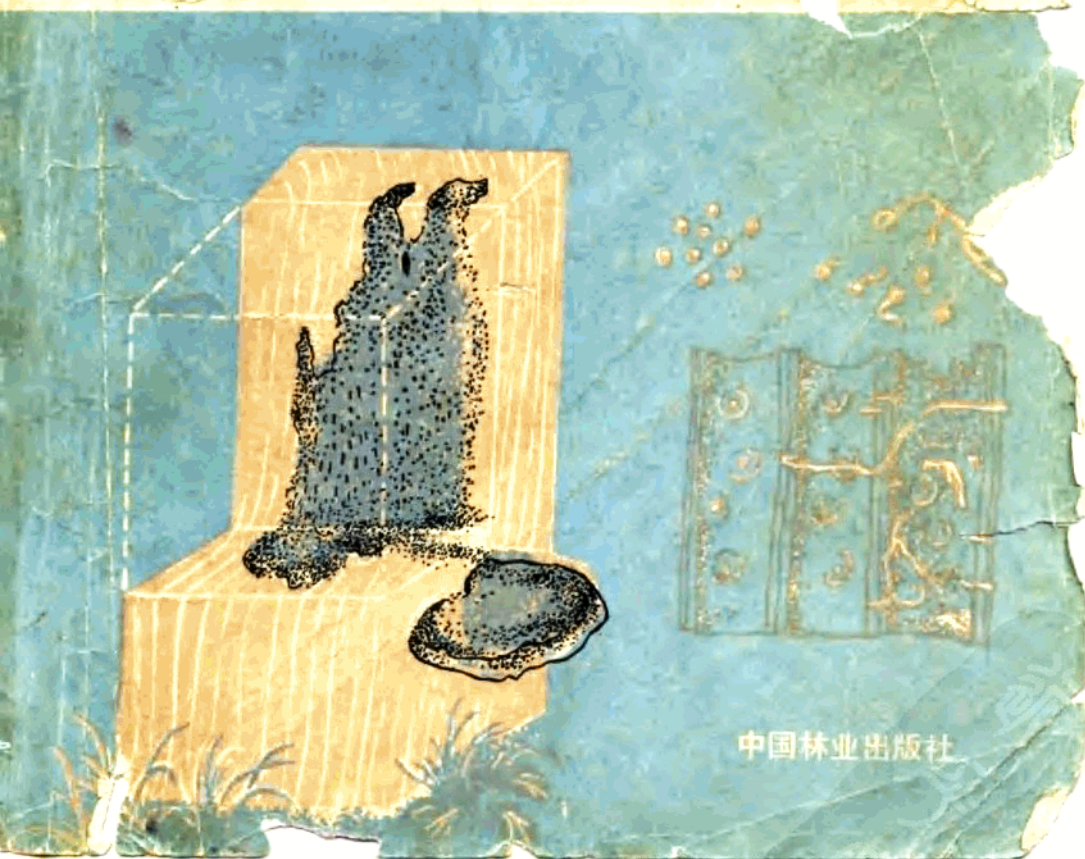


全国高等林业院校试用教材

木材防腐

周慧明 主编



中国林业出版社

全国高等林业院校试用教材

木材防腐

周慧明 主编

中国林业出版社

主 编 周慧明

编著者 周慧明 (第一章、第九章)

金重为 (第二章、第三章、第四章、第六章、第七章)

尤纪雪 (第五章、第八章)

全国高等林业院校试用教材

木 材 防 腐

周慧明 主编

中国林业出版社出版 (北京西城区刘海胡同7号)
新华书店北京发行所发行 国防科工委印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 19印张 459千字

1991年7月第一版 1991年7月第一次印刷

印数1—1,500册 定价: 4.95元

ISBN 7-5038-0697-4/TB·0177

前 言

木材防腐是一个技术比较复杂的工艺过程，但乍看起来，似乎是简单粗放的作坊式技艺，只要有了“黑臭油”，涂抹浸泡一下就完工，最多来个加压罐，白木头进黑木头出就算是“创优”了。所以，多少年来，我国除铁道运输业比较重视，兴办了几个枕木防腐厂外，其它行业在这一工艺技术方面进展还不够快，以致每年在木材保管和使用过程中因过早腐朽、变质而报废的无形浪费十分严重。有些加工厂忙于生产，却忽视了污水处理，影响了环境保护。因此，从理论到实践，加强对木材防腐工艺学的认识已刻不容缓。

编者有鉴于此，搜集了近10年来国内外有关科技进步的信息，加以综合分析，编写出本教材，基本上可满足本专业的教学要求，并可供科学研究人员参考。

第一章开头叙述了木材防腐的重要性，继而说明世界各国木材防腐工业发展与当时各个国家的国民经济状况的关系，从而推导归纳出今后木材防腐工业发展趋势中的几个科技方面的问题，最后对全书内容作了简单扼要的介绍。这样编写有利于加强大家对木材防腐的认识。

第二、三、四章为理论基础，若事先学过植物学、木材学、微生物学、昆虫学以及物理、化学，则更能加深印象。自从引用高倍电子显微镜技术之后，本专业的理论基础也增加了不少新概念。

第五、六章是本教材有关专业技术的核心部分，主要论述木材防腐剂、防虫剂和各种加工工艺处理方法，除传统的常用药剂和浸注方法之外，还较多地介绍了不少新药新法，有助于技术进步。

第七章则是在生产实践中遇到的理论问题的核心部分。每当加工处理不当，未能达标时，可从中找到原因，从启发中得到改进工艺的可能性，所以也是十分重要的。

第八章专门介绍了阻燃技术，是本专业的新课题，有发展前途。

最后一章介绍了木材防腐厂的污水处理技术问题。

本教材理论与实践相结合，系统地介绍了木材防腐的原理、工艺、环境保护，以及木材防腐的发展等，是一本难得的内容充实的教材。希望除院校师生外，能引起有关领导和科研生产部门对木材防腐技术的关注。

郭惠平

一九八九年七月

目 录

前言

第一章 绪言	1
第一节 木材防腐的重要性	1
第二节 木材防腐概况	5
一、木材防腐历史	5
二、木材防腐工业的发展	7
三、木材防腐工业现状与未来发展趋势	12
第三节 木材防腐的研究范围	20
第二章 木材的生物降解以及引起降解的生物	23
第一节 引言	23
一、木材生物降解的类型	23
二、木材的微生物降解	23
第二节 降解木材的微生物在木材中的蔓延	25
一、微生物的繁殖和传播过程	25
二、微生物感染木材的条件	26
第三节 降解木材的微生物的生长繁殖条件	26
一、降解木材的微生物生长所需的营养物质	26
二、降解木材的微生物生长所需的水分含量	28
三、温度对降解木材微生物生长的影响	29
四、空气对降解木材微生物生长的影响	30
五、pH值对降解木材微生物生长的影响	30
六、光线对降解木材微生物生长的影响	31
七、有毒化学药物对降解木材微生物生长的影响	31
第四节 木材的腐朽	32
一、木材腐朽的类型和特征	32
二、腐朽对木材物理性质的影响	34
三、引起木材腐朽的真菌	36
第五节 木材的软腐	41
一、木材软腐的识别	41
二、软腐对木材的影响	41
三、软腐木材的真菌	42
四、海水中木材降解的真菌	43
第六节 木材的变色	43
一、木材的真菌变色及其识别	43
二、蓝变对木材物理性质的影响	46
三、引起木材变色的真菌	46
四、木材的化学变色	47
第七节 木材的发霉	48

一、木材发霉及其识别	43
二、发霉对木材物理性质的影响	49
三、引起木材发霉的真菌	49
第八节 木材的细菌降解	51
一、细菌对木材的降解作用	51
二、细菌降解对木材物理性质的影响	52
三、降解木材的细菌	53
第九节 昆虫和海生钻孔动物对木材的危害	53
一、昆虫对木材的危害	53
二、海生钻孔动物对木材的危害	66
第三章 木材的构造及生物降解	70
第一节 引言	70
第二节 木材的构造及化学成分	70
一、概况	70
二、木材的细胞	71
三、木材细胞壁的构造	75
四、木材的化学成分及其在木材内的分布	82
第三节 木材的天然耐腐蚀性和抗蛀性	87
一、我国重要用材的天然耐久性	87
二、影响木材耐久性的因子	92
第四节 腐朽菌侵害针叶材和阔叶材的模式	94
一、菌丝的分布与穿透	95
二、腐朽木材的超微构造变化	96
三、木材细胞和细胞壁层对腐朽的抵抗力	99
第五节 软腐菌侵害针叶材和阔叶材的模式	99
一、软腐菌菌丝在木材中的分布与穿透	100
二、软腐木材的超微构造变化	101
第六节 霉菌和变色菌对针叶材和阔叶材的侵害模式	107
一、霉菌和变色菌菌丝在木材中的分布和穿透	109
二、发霉和变色木材的超微构造的变化	104
第七节 细菌侵害针叶材和阔叶材的模式	105
一、细菌在木材中的分布	105
二、细菌侵害后木材超微构造的变化	106
第四章 木材在腐朽过程中的物理和化学变化	109
第一节 引言	109
第二节 木材微生物降解过程中的化学变化	109
一、木材在白腐过程中的化学变化	109
二、木材在褐腐过程中的化学变化	110
三、木材在软腐过程中的化学变化	111
四、木材在变色和发霉过程中的化学变化	112
五、细菌侵害过程中木材的化学变化	112
第三节 木材腐朽的生物化学过程	112
一、酶的性质	112

二、酶的作用	113
三、酶合成的阻遏作用	113
四、木材性质对木材酶分解的影响	114
五、纤维素的微生物降解	116
六、半纤维素的微生物降解	117
七、木质素的微生物降解	118
第四节 木材腐朽过程中的物理变化	120
一、受白腐菌侵害的木材物理性质的变化	120
二、受褐腐菌侵害的木材物理性质的变化	121
三、软腐菌的侵害对木材物理性质的影响	122
四、变色菌的侵害对木材物理性质的影响	122
五、霉菌的侵害对木材物理性质的影响	123
第五章 木材防腐剂 and 木材防虫剂	125
第一节 概述	125
一、理想的木材防腐剂应具备的条件	125
二、木材防腐剂的类型	127
第二节 常用的木材防腐剂	128
一、油质防腐剂	128
二、有机溶剂防腐剂	134
三、水溶性防腐剂	141
第三节 影响各种防腐剂持久性的因素	160
一、油质防腐剂的持久性	160
二、有机溶剂防腐剂的持久性	162
三、水溶性防腐剂的持久性	162
第四节 常用的木材防虫剂	165
一 木材防虫剂的分类	165
二、对木材防虫剂的要求	166
三、影响防治效果的因素	166
四、防虫药剂的毒性与化学结构的关系	167
五、常用的木材防虫剂	197
第六章 木材防腐处理方法	171
第一节 木材防腐处理前的预处理	172
一、去树皮	172
二、干燥	173
三、刻痕	176
四、防裂	180
五、压缩	181
六、水存和喷水	181
第二节 木材防腐处理方法	181
一、用压力容器的处理方法	182
二、不用压力容器的方法	193
三、其它处理方法	198

第七章 影响木材防腐处理的因素	201
第一节 木材构造特性的影响	201
一、防腐剂在木材中的流动途径	201
二、木材特性的影响	203
第二节 防腐剂溶液性质的影响	211
一、粘度	212
二、溶解气体	213
三、颗粒物质	214
四、液体的类型	215
第三节 处理过程因素的影响	216
一、加压浸注	216
二、非加压浸注	218
第四节 提高木材处理性能的方法	219
一、改变木材特性	219
二、改变处理方法	222
三、改变处理溶液	223
第八章 木材阻燃处理	226
第一节 木材的燃烧特性	226
一、木材的燃烧性能	226
二、木材的燃烧特点	228
第二节 木材的阻燃理论及阻燃剂	228
一、木材阻燃理论	228
二、木材阻燃剂	229
第三节 阻燃处理后木材性能的变化	237
一、吸湿性	237
二、强度	237
三、尺寸稳定性	238
四、腐蚀性	238
五、耐候性	238
六、胶合和油漆性	238
七、烟雾和毒气	238
第九章 木材防腐厂的污水处理	240
第一节 引言	240
一、水与水体的概念	241
二、水的作用与水的特性	241
三、水资源与水质	242
四、工业废水的排放与处理方法	253
第二节 生物化学法处理污水的微生物基础	256
一、好气微生物的种类	256
二、好气微生物在污水净化中的作用	258
三、好气生物净化过程中需要控制的条件	259
四、厌氧微生物的种类及作用	260
第三节 木材防腐厂污水处理工艺设备	263

一、活性污泥法	263
二、生物转盘法	278
三、溶气浮选法	282
四、厌气处理法工艺与污泥利用	283

第一章 绪 言

第一节 木材防腐的重要性

木材是人民生活中不可缺少的物质,是近代工业建设与钢、水泥、塑料有同等地位的重要材料。国家工业愈发达,文化愈进步,生活水平愈提高,木材需要量愈大。我国建国以来木材产量是不断增长的。若以1950年木材生产量为100,则1951年为127,1952年为215,1953年为311。第一个五年计划最后一年(1957年)生产原木2787万 m³。五五时期1979年生产木材21654万 m³,1980年22215万 m³。六五时期的1985年,我国木材消耗量为26000万 m³(其中包括烧柴耗材量估计13000万 m³)。为此,可以说我国木材使用量也是随着国民经济的发展而增长的。

工业建设需要木材,根据资料:

表1-1 1979—1984年世界各国(地区)原木产量(1000m³)

年 份	1979	1980	1981	1982	1983	1984
世界	2861821	2915752	2904080	2905494	3013547	3050542
非洲	370394	383821	393613	403883	413953	423056
北美和中美	634324	629509	606687	580474		655658
美国	422134	418453	408953	396686		438058
南美	267459	282213	279782	283540	290999	296587
亚洲	875128	895141	896291	913436	933267	941389
中国	216548 F	222156 F	224305 F	227587 F	231650 F	231650 F
欧洲	329120	333637	333731	333519	337459	343213
大洋洲	31396	34832	35757	34742	33771	35039
苏联	354000	356600	358200	355900	355600	355600 F

注:1.本资料引自“1984年林产品年鉴”(联合国粮农组织1973—1984)。

2. F——粮农组织的估计数。

3.本表中的中国木材原木产量与中国林科院发表的木材消耗数量包括有燃料材在内者相同。

建筑:每平方米面积的房屋,因室内门柜增多,需要木材约0.04m³。据查,1985年全国城镇基本建设面积约4.19亿 m²,耗用木材约1678万 m³;农村基本建设约10.12亿 m²,耗用木材约4050万 m³。城市和农村的基本建设面积合计耗用木材共约5728万 m³。随着建筑住宅的发展,家具需要量也在激增,全国木家具和钢木家具目前年加工制作2亿件,每件耗用木材0.06m³,共需木材1200万 m³。

铁道:1km铁道,需约1840根枕木,每立方米原木在一般情况下,制工字型普枕5.5根左右,故铺设1km铁道,约需原木335m³。随着工农业高速发展,铁道运输十分紧张,特别在重载、繁忙运行中,营业线路上的木枕损耗加大,旧铁道也必须更新。从建国到六五计划,36年来,我国铁道新建速度年均约为900km,年需耗木材30万 m³以上。

煤炭矿业：开采万吨煤需要50—100m³坑木。平均约需70m³，即生产1亿t煤炭，需70万m³坑木。1980年我国生产煤炭6.20亿t，1985年增加产量到8.72亿t，跃居世界产煤国家第二位，仅次于美国，故坑木用木材85年为610.4万m³。据资料，1986年坑木耗木材1000万m³。

电杆：1km铁路，作为甲种工程，约需8—9m长、12—16cm直径的柱木电杆20根，合材积6.4m³。六五时期，铁路年均铺设900km，约需木材5760m³。还有千百万公里公路建设也要电杆，那么电杆一项耗木材约几十万立方米。

三板生产（胶合板、刨花板、纤维板）：我国刨花板生产增长率慢，纤维板次之，胶合板生产最快。1980年，三板生产为91.433万m³，1985年为165.93万m³。六五期间仅胶合板生产就达222.65万m³（每立方米胶合板折合原木2.5m³，每吨胶合板折合原木3.85m³），需原木为556.6万m³（平均每年需原木111.3万m³）。

造纸：世界各国的造纸原料，90%以上都用木材，只有中国造纸用木材仅占生产总纸量的1/5多，余80%用草、芦苇、破布等。单用草类造纸占纸总量的2/3以上，木屑也能供作造纸的原料。1t纸需要多少木材，视造纸方法的不同而不同。机器磨木浆，1t纸需2.9m³木材；用硫酸盐蒸煮木片成浆，1t纸需5.5m³木材；用亚硫酸盐来蒸煮，1t纸需5.9m³木材；用碱来煮，1t纸需6.2m³木材。纸的消耗量的增长代表人民文化水平的提高。我国1987年年产纸和纸板提高到1000万t，按人口平均，每人每年使用纸约10kg，但与世界平均每人每年使用39kg、美国每人每年使用280kg相比，仍落后许多。据资料介绍，我国1986年造纸用木材约600万m³。

此外，车辆、船舶、桥梁、码头、堤坝、桩木、集装箱、家具、各种包装材料、玩具、文具、火柴、纱锭、乐器、运动器具等等全部或一部分都是用木材造成，举不胜举。

综合上述情况，木材消耗近几年估计在13000到14000万m³，其中计划内生产6500万m³，计划外生产6500—7500万m³（不包括进口木材数量）。木材消耗结构分析见表1-2。

表1-2 我国1986年木材消耗结构估算

项	目	数量(万m ³)	%
1.	基建用材	5,728	44.2
2.	坑木	1,000	7.7
3.	包装	500	3.8
4.	造纸	1,600	4.6
5.	家具	1,200	9.2
6.	胶合板	153	1.1
7.	车、船材	210	1.6
8.	农业用材	300	2.3
9.	枕木、电杆、桩木	157	1.2
10.	火柴、铅笔、纺织、器材、文体用品	84	0.5
11.	生产维修用材	1,400	10.8
12.	市场用材及其它	1,668	13.0
总 计		13,000	100.0

我国木材生产主要由国有林区供应，包括东北如大、小兴安岭，长白山；西南如川西灌县、

青神, 川东华莹山, 川南乐山、峨嵋, 云南的文山、大理、昭通; 西北如白龙江、秦岭, 新疆的天山、阿尔泰山; 中南如湖北神农架等。其次由集体林供应的如中南地区的湖南、江西、安徽等省; 华东地区如浙江、福建两省; 华南地区如广东、广西两省、区等。

然而, 我国森林资源贫乏, 建国时, 森林覆盖率只占国土面积的5%强(后来的材料是8%)。建国38年来, 经林业系统艰苦造林、育林, 森林覆盖率由5%提高到现在的12.98%; 木材采伐量, 1950年生产300万 m^3 , 到六五时期计划采伐量约6500万 m^3 , 七五计划木材采伐量仍只是些微小增加, 约计划采伐6500—7000万 m^3 。历史上有过记载, 大量采伐森林, 在美国出现田纳西州的滚球灰尘(dust bowl); 在印度著名的娑罗双树的森林 Shorea robusta(柳桉)留下的是无雨的深谷; 在中国北部有八百里金沙湾, 把内蒙古自治区的伊克昭盟流沙吹入无定河; 西北有黄土高原, 地跨五省的沙土年流失10亿多吨, 倾入渭河、泾水、洛水、汾河; 在北非撒哈拉沙漠, 曾有过绿化与肥沃土地, 丰长桉木与柏木。法国作家 Dr. Francois Chateaubriand 曾半开玩笑地说:“森林地先于文明, 文明之后紧跟沙漠地”。此语是说过量采伐, 不但破坏森林, 还能影响水土流失, 改变河山面貌。

我国木材蓄积量仅95亿 m^3 , 按现有人口10.7亿分配, 每人不到9 m^3 。美国每人平均有91 m^3 , 加拿大有825 m^3 。如果我国采伐森林象世界工业发达国家那样, 如苏联1984年伐木约3.5亿 m^3 , 每人年平均约有木材1.4 m^3 , 那么我国的森林只五年的时间, 将通通砍光; 美国1984年伐木约4.3亿 m^3 , 每人平均年约有木材1.8 m^3 , 那么我国立木蓄积量只不过5—6年全部耗尽, 无林何处伐木, 巧妇难为无米之炊, 力不从心。且十年树木, 不象农业那样, 今年投资, 明年增产。国家预计到2000年, 木材年需要量约2亿多 m^3 , 如何解决供应呢? 有三个渠道, 一是使用代用品, 以钢、水泥、塑料代替木材使用, 二是进口木材, 三是林业系统自力更生, 开源节流, 增加木材产量。一、二办法可济燃眉之急, 第三办法需要一定时间, 唯它是最根本、最经济、最有效的措施, 既能振兴林业, 保护森林资源, 亦能补救目前木材短缺。

表1-3 1981—1985年木材进口数量(万 m^3)

年 份	原 木	锯 材
1981	187	7.5
1982	462	18.4
1983	629	34.7
1984	791	67.3
1985	971	41.8
总计	3040	169.7

使用代用品的代用材料, 曾被防腐处理的木材与之相抗衡而被扭转相反的趋势, 如1946年英国使用不防腐处理材料, 装配凉水塔, 结果很快都腐朽崩坏; 使用石棉、水泥或塑料代木材做车轨垫板, 经试验证明这些代用品比处理了的木材质量差, 不到几年就坏了, 而处理木材可用30年; 1950年美国安装了混凝土枕代木枕, 后来混凝土枕都破裂, 而木枕完好。由于木枕能承受载重负荷, 处理的木材又轻又无噪音, 价格便宜, 道碴也便宜, 故又把混凝土枕换成处理过的木枕。再则, 使用代用品, 须等容量(或等重量)挪用其它材料, 如水泥、钢筋等, 这些材料, 也是优质上品, 紧缺材料。且从合理运筹国家能源的角度去衡量却未必经济合算, 有时甚至还能造成能源浪费。据国外能源方面统计, 凡能用木结构、木构件的场合全部改用钢结构、钢构件代替, 则国家能耗将从100增为300, 若进而改用钢筋混凝土结构和构件, 则能耗将增为800。为此, “代用”乃治标之策, 非根治之本。至于进口木材, 涉及外汇资金, 木材又是笨重体积大的材料, 运输困难。我国进口木材, 1950年就已开始, 逐年都有些增加, 到六五计划, 进口的木材量增长为世界第二位。进口木材, 包括原木、锯材、胶

合板、纸和纸浆等，原木、锯材实际进口见表1-3，共3209万 m^3 ，加上胶合板、纸和纸浆，共合美元60多亿元。在今天经济刚起飞而外汇又少的情况下是万不得已的行为，值得慎重考虑研究。不过，世界上的国家如美国年砍伐量4.3亿 m^3 木材，进口木材3000万 m^3 ，出口2000万 m^3 ；又如日本年砍伐量3000万 m^3 ，进口5000万 m^3 ，进口的量比自己砍伐量还多。我国林少、人多，如不进口木材，顿时影响国家建设，也不容易调节市场，若市场木材涨价涨得反常，则更促进滥伐、乱伐、盗伐，造成许多疏林地。使用代用品也是紧缺，也要进口。为此，进口木材，还是进口其它物资，应该算一算。第三，开源节流的办法。世界各国基本一样，即从增加木材产量着手，包括有：

(1) 采伐木材时降低伐根，全株拔树提高树木利用率。

(2) 提高森林覆盖率，提高单位面积森林蓄积量和营造速生树种林等。

(3) 木材加工、木材综合利用，提高木材利用率。据资料介绍，国外先进国家，木材综合利用率达到80%，而我国木材利用率尚不到60%。故有很大潜力可挖。

(4) 防腐木材，延长木制品使用年限，以节约木材，减少采伐量，达到保护森林资源的目的。木材是一天然有机材料，其优点虽有加工易，耗电少（吨锯材耗电1500kW·h，而吨铝材需电67500kW·h），重量轻，强度大（以木材之重支持它物之重大于钢之重支持它物之重），细胞结构有布满空气的空隙，具有颜色、光泽、花纹、绝缘、绝热等性质，但仍有其缺点，如尺寸不稳定，易燃，易被菌、虫、海生钻孔虫侵袭等。木材尺寸不稳定性，在相对湿度变化时，发生胀缩（干缩和湿缩率，径向为4—8%，弦向为7—14%）、开裂、翘曲等弊病。近代以干燥法改进木材含水率的变化，工业上应用胶压木（compreg）、压缩木（staypak）、浸渍木（impreg）及塑合木（wood polymer composite，简称WPC）等，都有很好的稳定尺寸的性能。至于木材燃性、菌虫等危害的控制，采用阻燃剂和防腐剂的处理，使木材着火点降低，燃烧和蔓延速度缓慢，危害木材的微生物给予毒杀或抑制生长，从而处理后的木材可以抗燃抗腐抗虫蚀。

美国曾对交通道路旁的1亿根电杆作了统计，不防腐的使用5年败坏，经煤杂酚油加压浸注处理过的，使用寿命提高6倍，经过30年时间，节约5亿根电杆（长8—9m，直径12—16cm），相当每年节省采伐1650万株树。

我国铁道部门也有个类似统计数，1958年开始，铁道用枕木全部防腐处理，经过20年，节约木材1亿 m^3 ，合人民币300亿元，约相当于3.125亿株树（8—9m长，12—16cm直径）。

此外，美国还统计，1975年总结美国每年因菌害造成木材损失20亿美元，加上火烧、虫害年损失45亿美元，但由于防腐处理木材，每年少砍木材量相当于全国采伐量12%之多。又以1985年生产防腐处理的木制品，约有900多万 m^3 ，可节约木材至少在5000万 m^3 以上。我国七五计划年生产6500—7000万 m^3 原木，每年防腐材如占采伐量10%，延长使用年限4倍，则年可节约木材2600—2800万 m^3 ，除保护国家森林资源外，还可以减少木材进口，节约外汇，并能调节市场，制止乱砍滥伐；同时由于木材防腐，木材产量增加，争取出口商品材，还能换取外汇；更因木材防腐，延长使用年限，节约木材维修，节约劳力开支，提高木材质量，有规律地检查营业的周期性得以延长，从而又大量节约时间。如此等等，木材防腐的重要性，是不言而喻的。

第二节 木材防腐概况

一、木材防腐历史

木材防腐历史悠久,最近二个世纪成为重要工业,可分三段时期说明:1663年以前的历史,1663年到1830年的历史,1830年到1930年的历史。

(一)1663年以前的历史

据说,历史上最古老的木材防腐,是大约4000年前人们通过考古从坟墓中发掘出的建筑物,知道了烧焦木材可以防腐,如罗马国 Ephesus 的 Diana 雕像,是刻在烧焦防腐木材上造型的。随着文明进展,各国如缅甸、中国、埃及、希腊和意大利等国的人民试用各种动物油、植物油、矿物油涂刷木材以诸防腐。历史记载,最早使用防腐剂防腐木材见效者有 Noah 人,一家存身于油刷不漏水箱中,在洪水到来时幸免淹死。古罗马自然科学家 PLING 用橄榄油 (olive oil) 的副产品 (可能是焦油) 和桧油 (cedar oil)、落叶松油 (larch oil)、缬草油 (nardbush oil),分别涂刷神像、墓碑、乐器等亦不腐朽。缅甸附近 Prome 地方的石油井取得的石油用以处理造船和住宅的木料制造轮船、建筑房屋,埃及人用有名香料浸渍尸体,即木乃伊,保持干燥也都不腐。木乃伊的棺木是榕树 (*Ficus sycomorus*) 制成,棺木与木乃伊一并放在金字塔内,塔内所用的木钉全部用沥青防腐。它们存放在金字塔内保存良好达数千年之久。我国湖南省长沙市马王堆墓掘出的女尸和墓内所有的木器、木钉、竹乐器等至今已有2100多年之久,而且女尸皮有光泽,黑头发,全身衣服完整发出丝绸之光,尤如活人静睡平卧,其棺为梓木 (*Catalpa* sp.),其廓为杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)。

木乃伊制法,公元前一世纪,Herodotus 叙述:“人之尸体浸泡在倍半碳酸钠、氧化物与硫酸盐等混合溶液内 (称 Natrum 或 Natron, 是尼罗河洪水泛滥后渗透的物质) 70 天,取出,又浸在油质或沥青物体体内70天,取出,干燥即成”。19 世纪英防腐专家 Barry Richardson 说:“木乃伊制法不可能如此简单,因沥青物质很难渗透,但尸体的骨质确有沥青物质,这是因为尸体浸渍 Natrum 后取出,又浸入沥青,经加热到沸水沸腾的温度,使尸体内之水分沸腾蒸发,跟着由油取代其位置。”19 世纪中叶 Boulton 把木块放在金属盐防腐剂中浸渍,加热到水沸腾点,使木块中的水分蒸发,然后防腐剂代替其位置,保存在木材细胞内。人们称此方法处理防腐木材为 “Boultonizing method”,是一样道理。

使用金属盐作防腐剂防腐木材,不但埃及人采用浸渍法,公元一世纪前,我国建筑业建筑房屋的木材,也是先把木材浸泡在海水或盐湖后才使用。在 Cyprus 古罗马煤矿中,掘出了防腐良好的坑木,经检验含有金属铜,且均匀分布在木材的心材和边材。有人解释,可能是矿柱一端刚好插在含有铜的土壤中,另一端又插在另一种土壤中,因木材潮湿形成较复杂的电解池的缘故。我国晋朝葛洪在《抱朴子》书中记载“铜青涂水,入水不腐”,这也证明在1600年前各国早已实践使用铜盐金属作木材防腐剂防止木材腐朽。

公元500年前,希腊人将建筑圆木柱钻孔,倾油入孔使其渗透到圆柱木材细胞内,然后放在石板上干燥备用。罗马人还会用明矾处理木质金字塔,令其在一定范围内不会燃烧。阻燃剂可能就是罗马人首次发明。

约在公元450年,罗马皇帝退位,木材防腐知识经1000年没大进展,直到16世纪,英国和荷兰的商船都受干腐和海生钻孔虫危害,在欧洲设有商业贸易公司。1850年,西班牙有

100只船都坏了，它们不是被敌舰打坏，而是被海蛆虫 (*Terredo navalis*) 侵袭，钻洞孔伤船身。从此，寻找木材防腐剂有效防腐木材引起人们的重视。

(二) 1663—1830年的历史

1657年德化学家 Joham Glauber 有感海上大船受虫威胁，危害船材，损失巨款，积极研究防腐木材方法，将木材用火烧焦，再用焦油涂刷，然后浸入木醋液，取出干燥当作防腐处理材使用。这一结果维持了150年。在此期间，几乎人人都探索使用各种材料如油类、胶类、树脂类、橡胶类、盐类、焦油类以及工业加工利下的废料等试作木材防腐剂进行防腐木材观察效果。

1815年左右，英国皇家海军有强军舰1000艘，其中600—800艘必须作为战事使用，但在1817年，土木工程师Ulilliam Chapman估算，每艘军舰的平均使用寿命只有7—10年，证明英国当时海军情况困难而紧张。于是William Chapman工程师尽其所能在木材防腐论文上列出了所有防腐剂的名称，实际上除了今日的有机溶剂型的木材防腐剂外，其它水溶性防腐剂、油类防腐剂可供防腐木材者全部列上。

在发展这些防腐剂200年过程中，英国工业发生了许多变化。造船、煮皂、酿酒与开发煤矿等迅速发展。

1760年，James Watt工程师创造高效蒸汽机。1814年George Stephenson发明机车，为英国全部铺设铁路创造了条件，且普及到全世界。

总之，炼铁工业的发展，促进了煤矿工业开采与加工利用副产品，其中包括有可供木材防腐剂用的煤杂酚油。这种煤杂酚油从此被用作木材油质防腐剂。油质防腐剂是最主要最有效防腐木材的一种物质，在英国于1838年创立。

(三) 1830—1930年的历史

使用煤杂酚油防腐木材，用涂刷或浸渍法防腐效果不太好。法国人 Jean Robert Breant 于1831年把防腐剂在压力下注射入木材，提高了防腐材的使用效果，在木材防腐的方法上是一发明，取得了专利权。然而Breant只解决防腐剂注入木材问题，没有解决适合工业化生产设备问题，未能推广应用。

过了10年，又发明了三种防腐木材的方法，延用至少100年之久。

第一个方法名Kyanising法，发明者John Howard Kyan，1832年专利。将木材放入氯化汞溶液，在封闭木槽下施加压力使防腐剂注入木材，防腐效果较好但不理想。此法曾在德国南部用于防腐枕木。

第二个方法名满细胞法 (Full cell process)，是John Bethell于1838年发明。木材的细胞布满煤杂酚油防腐剂，其操作步骤曾建立一工厂试产，普遍推广各地，15年后，煤杂酚油工业跟着迅速发展，有人用Bethell法，一周内处理防腐枕木1万根。

第三个方法叫Burnettising法，由发明者本人William Burnett命名。用氯化锌溶液加压处理木材。Burnett于1847年在伦敦Woolwich码头设木材防腐厂，欧洲与美国的铁路当局广泛接受使用，因氯化锌药品便宜，产品成本低，获利多。

许多木材防腐方法在1838年前不久都兴起了，日盛一日。值得一提的有湿材处理的方法，一种是Auguste Boucherie博士发明的树液置换法，用硫酸铜做防腐剂；另一种是由Samuel Bagster Boulton于1880年发明，用热的煤杂酚油作防腐剂，满细胞法也能使用不干燥木材处理。

满细胞法处理木材, 防腐剂保持量高, 负荷量过大有浪费。1902年, Wasserman 发明了空细胞法, 使用煤杂酚油量比较经济。经 Max. Rueping 实践, 可回收煤杂酚油30%, 人们一般称此法为李宾法 (Rueping 法)。经过4年以后, Guthbert B. Lowry 又发明一空细胞法, 可回收煤杂酚油40%, 一般人称此法为劳氏法 (Lowry 法)。空细胞法须前真空, 处理后于结束时放压, 由细胞流出煤杂酚油, 而细胞壁被留下而未流出的煤杂酚油所涂盖, 故防腐木材产品能抗腐。

到1906年以后, 木材防腐工业的处理方法有满细胞法、Rueping 法、Lowry 法和其它数种不经干燥木材的处理方法。

二、木材防腐工业的发展

世界各国木材防腐工业发展和各个国家的主要经济活动有关, 比较并对照各国的木材防腐情况, 可知各国当时的经济情况。下分欧洲、美洲、非洲、亚洲、大洋洲 (澳大利亚) 加以说明。

(一) 欧洲

18至19世纪, 欧洲木材防腐厂约有1000个, 是各大陆最多的, 其中西欧与北欧木材防腐工业发展较早、较快, 叙述如下。

1. 西欧

包括英国、联邦德国、法国和一些小国如比利时、荷兰、卢森堡等。下仅介绍英国、联邦德国、法国之木材防腐情况。

英国的木材防腐, 是国家传统的工业之一, 世界 CCA (铜-铬-砷) 防腐剂产量, 英国的产量占了一半以上, 出口60多个国家。国内有300个处理木材工厂, 耗用约 3500t CCA, 除小量用于凉水塔、海防堤坝以及矿山用材外, 有65%处理建筑材, 25%作篱笆柱木防腐。阻燃剂约占总防腐剂的1%。枕木90%以上用混凝土枕, 900万根电讯杆和电杆柱木用煤杂酚油处理。晚近建立了250个双真空, 用有机溶剂型防腐剂处理已干燥的板材作细木工加工的原料。

联邦德国的木材防腐工业跟随英国之后, 木材防腐剂有 CCA、CCB (铜-铬-硼)、CCF (铜-铬-氟) 等。凡与人或牲口可能接触的, 不使用 CCA 作防腐剂处理, 而用 CCB 或 CCF 等处理。对难渗透的木材如云杉 (*Picea*), 使用频压法, 简称 OPM 法处理防腐材。全国共有300个木材防腐厂。

法国的木材防腐工业开展比联邦德国早, 跟随英国在联邦德国之先。木材防腐方法包括有 Augste Boucherie 博士法, 有35个工厂处理电杆和电讯杆, 年产130万根。法国铁路系统闻名全世界。主干线有4万 km, 1/4 电气化。铁道枕木多用混凝土枕, 年处理木枕只150万根。主要防腐剂有 CCA、CCB 和煤杂酚油, 还有硫酸铜防腐木枕, 有机溶剂型防腐剂处理建筑材。30个加压浸注防腐厂, 设在东南方白蚁多的地方。

2. 北欧

北欧木材防腐工业从19世纪下半期开始到现在发展得很好。包括瑞典、丹麦、挪威和芬兰四个国家。

瑞典是世界有名高度工业国, 有高、精、尖设备。1900年木材防腐工业一开始用煤杂酚油处理约 1 万 m³ 木材。1914 年第一次世界大战期间, 煤杂酚油停止进口, 使用国产 CCA 一

种 Boliden Salt ($\text{BiS}, \text{K}_{23}$) 防腐剂处理木材。1960年以后, 铁道线增地下电线及水泥枕, 防腐木枕数大减, 处理板材大量增加。1974年处理材74万 m^3 , 板材占72%, 柱木占20%, 枕木占8%。国内共有170个木材防腐厂、180个小厂(约65cm $\times$ 6m的罐)。水溶防腐剂占用3/4, 油类与有机溶剂型占1/4。1979年禁用五氯酚铜配方的防腐剂, 使用铜-铬-磷配方防腐剂(Boliden'P₃₀')替换之。

丹麦的木材防腐工业, 开始时只满足铁路枕木的防腐。1955年以后, 用水溶性防腐剂, CCA的一种, 叫 Tanalith C' 与 K_{23} , 加压处理建筑材、凉水塔、包装箱、温室用材和板条箱等商品材。共有30个真空加压厂, 每个厂年平均产量4800 m^3 , 比北欧其它国家都大(芬兰每个厂为3115 m^3 , 挪威为2320 m^3 , 瑞典只有1700 m^3)。

挪威的木材防腐工业晚近10—15年。住宅区用的柱木用水溶防腐剂处理, 处理加工厂35个, 小厂50个。双真空法防腐厂现也建立5—6个。1975年处理木材15万 m^3 , 板材占70%, 柱木28%, 枕木2%。

芬兰是世界有名的多林国家, 森林面积占国土面积的63%以上, 树种针叶树占80%以上, 如欧洲赤松、云杉、冷杉等, 阔叶树占约16%, 主为桦木。其木材防腐工业由国家各行业自己建立, 自己提出所需要的木材防腐商品材进行处理; 私人也可以建立木材防腐厂加工, 商品自由买卖。全国永久性木材加压处理厂120个, 流动式小厂30个, 还有用硼扩散法的防腐木材厂。

(二) 美洲

美洲木材防腐工业主要在北美的加拿大和美国, 南美国家的木材较少防腐。

加拿大19世纪铁路达到建设高潮, 政府管辖的铁路线路占全国铁道线路(65000km)的一半以上。铁道建设50年以后, 才用防腐枕木, 现已生产1.6亿根, 每根枕木都用50:50的煤杂酚油比石油来处理, 使用寿命达38—40年。加拿大森林资源占国土面积33%, 工业需要的各种木材原料都能买到。有50个加压防腐厂, 生产处理产品满足工业需要达98%强。处理商品用煤杂酚油防腐后再用焦油涂刷。商品材供房屋基础木桩、木撑柱、渠沟与海洋装置木、胶合木结构、矿山开采用材等。CCA、CZC(铜-锌-铬)和FCAP(氟-铜-砷-酚)推荐作矿山用材防腐剂。有16个无压防腐厂, 处理防腐材容量较少。

美国19世纪的後半世纪, 国家发展铁路网络, 因而要求生产防腐木材。在马萨诸塞州、佛蒙特州建立用 HgCl_2 与 ZnCl_2 的木材防腐厂, 其它的州也建设相似工厂。当时建厂防腐木材的目的不是因为木材不足需要节约, 而是因为木材不防腐, 败坏快, 更换木材需要高工资, 费用大。此外, 再生林树种, 其木材不一定适合使用的需要, 而实生林木材来源少, 价格高, 从而提高了成本, 这就显示出木材防腐工业发展的必要性。J.B Card发明用 ZnCl_2 与煤杂酚油混合广泛用于防腐枕木, 效果好, 成本低, 曾盛行一时, 但到1934年, 此方法放弃使用。

1920年, 美国枕木防腐占有防腐材80%。1930年以后, 发展建设农村电业需要防腐柱木, 给防腐木材工业带来了一个光辉前景。1940年以后每年处理柱木都超过400万根。由于柱木表面经防腐后保持干净, 使用五氯酚与石油代替煤杂酚油或用CCA做防腐剂, 现在全美柱木(如电话、电报、电灯和电源所使用的柱木)均需防腐。

1950年, 建筑材防腐处理比例增加, 占全部处理材30%, 与枕木、柱木处理量相当。

美国使用阻燃剂居全世界首位, 有20%防腐厂处理木材时用阻燃剂配合处理。