

木结构材料 与设计基础

谢力生 编著



科学出版社

木结构材料与设计基础

谢力生 编著



淮阴师范学院图书馆 1510520

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以木材和木质材料的特性为主线,汲取以日本为主的国内外有关木结构材料与设计的研究成果,结合国家现行有关木结构的设计、施工和试验标准,对木质住宅的结构设计,强度性能,防腐、防虫、防火及防劣化等维护设计和温度、湿度、感觉与声音等室内环境设计进行论述,重点阐述木材和木质材料的特性与木结构强度、维护和环境设计的关系。全书共4章,分别为木材与木质材料、木质住宅的结构与强度性能、木材防护与木质住宅的耐久性和木质住宅的可居性。

本书可作为木结构建筑领域工程技术人员、土木工程专业木结构建筑方向师生参考用书,也可作为木材科学与工程专业木结构材料与工程方向的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

木结构材料与设计基础/谢力生编著. —北京:科学出版社,2013.2
ISBN 978-7-03-036651-1

I. ①木… II. ①谢… III. ①木材②木结构-结构设计 IV. ①S781
②TU366.204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 022359 号

责任编辑:牛宇锋 / 责任校对:张怡君
责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013年3月第一次印刷 印张:21

字数:413 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

木材是来自于树木的生物材料,材色和木纹自然而又富于变化,材质软硬适当,质轻而具有高的强度和隔热性能,并且容易加工,让人感到亲切、自然、安心和方便。自古以来木材就被广泛作为建筑、家具和工艺品用材使用。木质材料继承了木材的许多特性,在其生产、使用、再利用和废弃的整个生命周期中能源消耗少、无公害,是一种可再生、可持续生产的环境友好型材料(生态材料)。

过去人们大多认为木结构建筑强度不高,易腐朽、易燃烧,耐久性能差。其实,木结构建筑只要设计合理,切实采取科学的防腐/防蚁、防火和维护等措施,各种性能将十分优异。现代木结构建筑在日本经受住了 7 级强烈地震,木结构公路桥可以承载大型卡车通行,木结构房屋燃烧 1h 也不倒塌,建于公元 1056 年的山西应县木塔至今仍巍然屹立。正确认识、理解并正确运用有关木材、木质材料的保护与耐久性及木结构的知识,具有重要的意义。

我国木结构建筑研究停止了近 30 年,进入 21 世纪才开始复苏,木结构建筑设计理论、方法和建造、维护、保养等技术都已明显落后于世界先进国家,因此学习国外先进的技术和理论方法是非常有效的手段。日本是我国的近邻,地理、气候、环境相似,隋唐时期从我国学习了房屋建造技术,至今仍保留了传统的梁柱结构,并得到了改良与发展,同时也引进了西方的木结构构造技术,其木结构设计理论和构造研究都处于世界先进水平。特别是日本的生活习惯和审美观等与我国相同或相近,因此学习日本的木结构设计理论和构造技术非常符合我国的国情。

为此,本书参考了大量日本有关木结构的资料和研究成果,着眼于正确认识作为建筑材料的木材及木质材料的特性和木质住宅的特点,并反映于建筑设计与施工中。希望本书可以为从事相关木结构建筑方面工作的工程技术人员提供帮助,若能成为土木工程专业对木结构建筑有兴趣的学生或木材科学与工程专业木结构方向学生的参考书,将是作者的荣幸。

本书在撰写过程中得到了向仕龙教授和唐忠荣教授的指导与帮助,本书的出版得到了中南林业科技大学木材科学与技术学科的资助,在此深表感谢!

由于作者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

谢力生

2012 年 3 月 22 日

目 录

前言

第 1 章 木材与木质材料	1
1.1 作为建筑材料的木材特性	2
1.1.1 木质资源的现状	2
1.1.2 木质材料的环境友好性	11
1.1.3 木材的组织构造与材性	17
1.1.4 木材含水率管理	25
1.2 木质材料及其二次加工	33
1.2.1 木质材料的种类与制造	33
1.2.2 木质材料的性质	48
1.2.3 木质材料的二次加工	52
1.2.4 木质材料的胶合耐久性	62
1.3 结构用木材和木质材料的性质	70
1.3.1 结构用木材的分类及其力学特征	70
1.3.2 足尺材的强度和许用应力	81
1.3.3 木质材料的设计强度和强度保证	93
1.3.4 木质材料的许用应力	99
参考文献	102
第 2 章 木质住宅的结构强度性能	104
2.1 木质住宅的结构形式和建筑设计	104
2.1.1 木质住宅的结构形式	104
2.1.2 木质住宅的构造方法分类	111
2.1.3 木质住宅的结构设计体系	113
2.1.4 基于构造规定的木质住宅设计	116
2.2 木质结构构件的强度性能	129
2.2.1 木材及其构件的强度性能	130
2.2.2 木质结构构件的弯曲特性	136
2.3 连接性能与结构性能	141
2.3.1 木材的三大连接方法及连接性能特性	141
2.3.2 使用连接件的连接部位的承载性能	150

2.3.3 剪力墙的构件强度性能与连接强度性能	157
参考文献	163
第3章 木材防护与木质住宅的耐久性	165
3.1 木材劣化	166
3.1.1 木材腐朽	166
3.1.2 木材虫害	174
3.1.3 木材风化与耐候性	184
3.1.4 木质材料的耐久性	191
3.2 木材防护处理	198
3.2.1 木材防腐与防虫处理	198
3.2.2 木材防火处理	205
3.2.3 木材涂饰	214
3.3 木质住宅的劣化及其防止	221
3.3.1 木质住宅的劣化	221
3.3.2 木质住宅的耐久与耐火设计	229
3.3.3 木质住宅劣化诊断	239
3.3.4 木质住宅的维护管理	244
参考文献	252
第4章 木质住宅的可居性	254
4.1 木质住宅的室内气候	254
4.1.1 木质住宅与温度	254
4.1.2 木质住宅与湿度	262
4.1.3 木质住宅的隔热与防露设计	270
4.2 木材的感觉特征和冲击吸收性	279
4.2.1 木材的视觉特征	279
4.2.2 木材的触觉特征	287
4.2.3 木材的冲击吸收性	294
4.3 木质住宅的声环境	300
4.3.1 木材及木质材料的吸声与隔声	300
4.3.2 木质住宅的吸声与隔声	310
4.3.3 木质住宅楼盖冲击音隔声设计	315
参考文献	325

第 1 章 木材与木质材料

木材与其他结构材料相比,质量小,纤维方向强度大,容易加工,具有优良的保温、隔热性能,自然的木纹无与伦比,作为建筑材料具备许多优越的特性。但由于节子和斜纹等缺陷,材质不均,各向异性,干燥时易开裂和变形,管理不当时易遭虫害和腐蚀等问题,限制了木材在工程上的利用。

最近,人们已普遍认识到森林与地球环境保护问题密切相关,破坏森林就是破坏地球环境,节约木材资源已越来越引起人们的重视。世界各国都在谋求包含木材加工企业边角废料和废旧木结构房屋解体材再利用系统在内的木质资源的更有效利用。木材在制造时的资源和能源消耗小,废弃时易腐烂返回大自然或作为燃料利用,对环境的负荷小。在低碳经济的今天,木材作为环境友好材料(生态材料)受到了高度关注。

以小径材和废材为原料,加工成小单元体后对其进行重新组合、胶合成形为所需尺寸的板材或方材,这不仅是对资源的有效利用,而且由于分散或去除了节子和腐朽等缺陷,可以制造出整体强度偏差小、材质均匀的材料。现在已开发了不少以小径材为原料的各种高性能木质材料,有的已实现机械化和工业化生产。最近以人工速生林木材为原料的各种高性能木质材料正在开发之中。

随着木质材料的开发,其利用技术也取得了大的进展。在结构强度领域,木材和木质材料的强度分等和许用应力的确定工作已完成,木结构的强度计算已成为可能,现正在开展木质系材料强度特性的概率和统计工作。过去都采用“许用应力设计法”进行木结构设计,现正在探讨向“可靠性设计法”或“临界状态设计法”转移的可能性。

在装饰用途方面,除了以前的涂饰加工外,发展了后成形、包裹、真空成形、誊印和直接印刷等曲面立体表面装饰技术应用于家具和木结构构件。表面装饰材料,除以氯乙烯薄膜为代表的树脂薄膜外,装饰纸的印刷加工技术也得到了显著发展。

本章在概述作为木结构材料的木材的基础性质后,对最近得到了显著发展的木质材料建立其体系,并概述其制造工艺及二次加工工艺,然后阐述作为结构用材的木材和木质材料的强度特性,论述其许用应力的确定方法。

1.1 作为建筑材料的木材特性

1.1.1 木质资源的现状

1. 对地球环境问题和世界森林资源所做的努力

1992年在里约热内卢召开的“联合国环境开发会议（地球高峰会议）”，其目的是应对严峻的气候变暖、臭氧层破坏、酸雨、热带森林减少、野生物种减少和沙漠化等地球环境问题。关于应对森林的减少和老化，在《关于森林的原则声明》中就有关森林的保护和可持续经营达成了最初的世界性共识。Agenda 21总结了所有领域对地球环境问题的行动计划，在其第11章“森林减少对策”中记载了关于森林的行动计划，并被采纳。

以热带森林为首的森林减少和老化已处于极其严重的状态，面向可持续的森林经营活动非常活跃，即以各地区的森林为对象开展了把握和验证森林经营的可持续性的标准和指标的制定工作。特别是关于热带森林，国际热带木材组织（ITTO）在地球高峰会议以前就制定了面向“到公元2000年只以从可持续经营的森林生产的木材作为贸易对象”（公元2000年目标）的行动计划，1992年“为达成公元2000年目标的指标——可持续的热带森林经营的定义及标准和指标”达成了共识。

国际社会对森林吸收二氧化碳的汇聚作用越来越重视。2001年《波恩政治协议》和《马拉喀什协定》将造林、再造林等林业活动纳入了1997年签订的《京都议定书》确立的清洁发展机制（CDM），鼓励各国通过绿化、造林来抵消一部分工业源二氧化碳的排放；原则上同意将造林、再造林作为第一承诺期合格的清洁发展机制项目，这意味着发达国家可以通过在发展中国家实施林业碳汇（从大气中清除二氧化碳的过程、活动和机制称为碳汇）项目抵消其部分温室气体排放量。

清洁发展机制下的造林、再造林碳汇项目，是《京都议定书》框架下发达国家和发展中国家之间在林业领域内的唯一合作机制，是指通过森林固碳作用来充抵减排二氧化碳量的义务，通过市场实现森林生态效益价值的补偿。根据规定，发达国家通过向发展中国家提供资金和技术，帮助发展中国家实现可持续发展，同时发达国家通过从发展中国家购买“可核证的排放削减量”以履行《京都议定书》规定的义务。进入21世纪以来，造林、再造林碳汇项目得到了迅速开展，有力地推动了发展中国家森林的可持续发展。2005年我国东北地区内蒙古敖汉旗防治荒漠化青年造林项目，是在我国的第一个碳汇造林项目，分5年完成荒地造林3000hm²。

2. 世界森林和木质资源

世界各国的森林面积和森林覆盖率如表 1.1 所示。森林资源占有量居前十位的国家总共占据了全球森林面积的三分之二以上。这些森林资源相对丰富的国家和地区包括澳大利亚、巴西、加拿大、中国、刚果、印度、印度尼西亚、秘鲁、俄罗斯和美国（排名不分先后）。全球超过 50% 的森林资源集中分布在 5 个国家，分别为俄罗斯、巴西、加拿大、美国和中国。森林覆盖率最高的国家为芬兰，达 73.9%，其次为日本、瑞典和马来西亚，都在 60% 以上。人均森林面积最高的国家为加拿大，达 9.7hm²，其次为澳大利亚（8.1hm²）、俄罗斯（5.7hm²）和芬兰（4.2hm²），世界人均森林面积为 0.6hm²。

表 1.1 世界各国的森林面积和森林覆盖率

国 名	土地 面积 /× 10 ³ hm ²	森林 面积 /× 10 ³ hm ²	人工 林面 积/× 10 ³ hm ²	森林 覆盖率 /%	人均 森林 面积 /hm ²	国 名	土地 面积 /× 10 ³ hm ²	森林 面积 /× 10 ³ hm ²	人工 林面 积/× 10 ³ hm ²	森林 覆盖率 /%	人均 森林 面积 /hm ²
芬兰	30459	22500	0	73.9	4.2	安哥拉	124670	59104	131	47.4	4.2
法国	55010	15554	1968	28.3	0.3	刚果	226705	133610	—	58.9	2.4
德国	34895	11076	0	31.7	0.1	苏丹	237600	67546	5404	28.4	2.0
俄罗斯	1688850	808790	16962	47.9	5.7	赞比亚	74339	42452	75	57.1	4.0
西班牙	49944	17915	1471	35.9	0.4	非洲合计	2962656	635412	13171	21.4	0.7
瑞典	41162	27528	667	66.9	3.1	柬埔寨	17652	10447	59	59.2	0.8
欧洲合计	2260180	1001394	27641	44.3	1.4	中国	932742	197290	31369	21.2	0.1
阿根廷	273669	33021	1229	12.1	0.9	印度	297319	67701	3226	22.8	0.1
巴西	845942	477698	5384	57.2	2.7	印度尼西亚	181157	88495	3399	48.8	0.4
智利	74880	16121	2661	21.5	1.0	日本	36450	24868	10321	68.2	0.2
哥伦比亚	103870	60728	328	58.5	1.3	马来西亚	32855	20890	1573	63.6	0.8
厄瓜多尔	27684	10853	164	39.2	0.8	缅甸	65755	32222	849	49.0	0.6
秘鲁	128000	68742	754	53.7	2.5	亚洲合计	3097913	571577	64896	18.5	0.1
委内瑞拉	88205	47713	—	54.1	1.8	加拿大	922097	310134	—	33.6	9.7
南美洲合计	1753646	831540	11357	47.4	2.3	墨西哥	190869	64238	1058	33.7	0.6
澳大利亚	768230	163678	1766	21.3	8.1	美国	915896	303089	17061	33.1	1.0
新西兰	26799	8309	1852	31.0	2.0	北美洲合计	2143910	705849	18842	32.9	1.4
大洋洲合计	849116	206254	3865	24.3	6.3	世界共计	13067421	3952025	139772	30.3	0.6

资料来源：联合国粮农组织 The Global Forest Resources Assessment 2005。

注：1. 以经济合作与发展组织加盟国且森林面积和森林覆盖率较大的国家为对象。

2. 土地面积（除内部水面面积）和森林面积为 2005 年的数值，人口为 2004 年的数值，“—”表示无数据。

根据联合国粮农组织 (FAO) 2010 年发布的全球森林资源评估主要结果报告, 对全球 229 个国家和地区森林资源的权威调查评估显示, 到发布之日止, 全球陆地上平均森林覆盖率仅为 30%, 森林资源总面积约 40Ghm²。世界各国森林状况如表 1.2 所示。

表 1.2 世界各国森林状况

国家或地区	森林平均消失率/%		森林覆盖率/%		国家或地区	森林平均消失率/%		森林覆盖率/%	
	1990~2000 年	2000~2005 年	2000 年	2005 年		1990~2000 年	2000~2005 年	2000 年	2005 年
世界总计	0.2	0.2	30.7	30.4	埃及	-3.0	-2.6	0.1	0.1
高收入国家	-0.1	-0.1	28.8	28.9	尼日利亚	2.7	3.3	14.4	12.2
中等收入国家	0.2	0.2	32.7	32.4	南非			7.6	7.6
低收入国家	0.5	0.7	26.0	25.1	加拿大			34.1	34.1
中国	-1.2	-2.2	19.0	21.2	墨西哥	0.5	0.4	33.7	33.0
孟加拉国		0.3	6.8	6.7	美国	-0.1	-0.1	33.0	33.1
柬埔寨	1.1	2.0	65.4	59.2	阿根廷	0.4	0.4	12.3	12.1
印度	-0.6		22.7	22.8	巴西	0.5	0.6	58.3	56.5
印度尼西亚	1.7	2.0	54.0	48.8	委内瑞拉	0.6	0.6	55.7	54.1
伊朗			6.8	6.8	白俄罗斯	-0.5	-0.1	37.8	38.0
以色列	-0.6	-0.8	7.6	7.9	捷克		-0.1	34.1	34.3
日本			68.2	68.2	法国	-0.5	-0.3	27.9	28.3
朝鲜	1.8	1.9	56.6	51.4	德国	-0.3		31.8	31.8
韩国	0.1	0.1	63.8	63.5	意大利	-1.2	-1.1	32.1	33.9
老挝	0.5	0.5	71.6	69.9	荷兰	-0.4	-0.3	10.6	10.8
马来西亚	0.4	0.7	65.7	63.6	波兰	-0.2	-0.3	29.8	30.0
蒙古	0.7	0.8	6.8	6.5	俄罗斯			49.4	49.4
缅甸	1.3	1.4	52.5	49.0	西班牙	-2.0	-1.7	32.9	35.9
巴基斯坦	1.8	2.1	2.7	2.5	土耳其	-0.4	-0.2	13.1	13.2
菲律宾	2.8	2.1	26.7	24.0	乌克兰	-0.2	-0.1	16.4	16.5
新加坡			3.3	3.3	英国	-0.7	-0.4	11.5	11.8
斯里兰卡	1.2	1.5	32.2	29.9	澳大利亚	0.2	0.1	21.4	21.3
泰国	0.7	0.4	29.0	28.4	新西兰	-0.6	-0.2	30.7	31.0
越南	-2.3	-2.0	37.7	41.7					

资料来源: 世界银行《世界发展指标》2009 年。

注: 负值表示森林面积增长。

在 2000~2005 年的 6 年间, 全球年均因遭受破坏而减少的森林资源面积达 1300 万 hm², 全球范围内的森林资源在考虑人工造林和自然生长面积扩大等补偿因素之后, 森林面积年平均仍然减少将近 730 万 hm², 与 20 世纪 90 年代的年

均减少 890 万 hm^2 相比, 森林破坏程度略有降低。尽管在人工植树和自然生长的缓解下, 森林覆盖面积净减少量呈现下降趋势, 但全球森林资源仍处于十分危险的状态。

在 2000~2005 年, 南美洲和非洲地区的森林资源破坏情况最为严重, 相比较而言, 同期北美洲和大洋洲地区的森林损失较少, 而亚洲和欧洲地区则出现逐年增长的趋势。6 年间, 南美洲地区其森林资源年均净减少面积为 430 万 hm^2 , 非洲地区则以年均减少 400 万 hm^2 森林面积紧随其后。而亚洲的森林资源从 20 世纪 90 年代的年均净减少 80 万 hm^2 , 转而改善为目前的年均净增 100 万 hm^2 森林面积, 这其中主要得益于我国积极开展大规模植树造林计划。

联合国粮农组织在 2010 年全球森林资源评估主要结果报告中, 充分肯定了我国在造林绿化、林业发展和生态建设中取得的成就, 高度评价了我国在扭转全球森林资源持续减少中所做的重大贡献。1990~2010 年世界防护林面积增加了 5900 万 hm^2 , 主要归结于 20 世纪 90 年代以来, 我国大面积营造防风固沙林、水土保持林、水源涵养林和其他防护林。2005~2010 年世界人工林面积每年增加约 500 万 hm^2 , 主要原因是我国近年来在无林地上实施了大面积造林。2010 年全球森林碳储量达到 2890Gt。

1950 年世界人均森林面积达到 1.6 hm^2 , 2002 年下降到 0.6 hm^2 。全球森林面积减少, 特别是热带森林面积减少, 主要是由于无节制的砍伐和自然灾害导致损失的森林资源无法自主再生。其中, 砍伐森林转换农业用地而造成的森林破坏, 已经成为全球森林面积逐年减少的重要原因之一; 另外, 还有过度放牧、过度砍伐薪炭材和森林火灾及商业用采伐等原因。这些直接原因的背景除人口增加、贫困层扩大外, 还有森林和林业领域的信息、技术、资金和人才等不足, 管理制度和土地的利用计划不完备等。热带森林的减少不仅威胁当地居民的生活基础, 也将对地球气候变化、环境保护、生物多样性保护, 特别是遗传资源的消失产生重要影响。

表 1.3 为世界木材及其制品的生产量和贸易量。世界的原木消费量为 35.9Gm³。其中, 薪炭用材为 18.8 $\times 10^9\text{m}^3$, 占原木消费量的 52.5%, 特别是非洲, 其薪炭用材占原木消费量的 89.7%, 作为生活能源占有十分重要的位置。随着人口的增加, 这种状态将继续进行下去。全世界产业用材的消费量为 17Gm³, 北美洲、大洋洲和欧洲产业用材占原木消费量的比率分别为 91.6%、82.1%和 79.1%, 而亚洲和非洲只占 23.4%和 10.3%。随着经济的发展, 其比率将有所增加。全世界人造板产量达 2.7Gm³, 其中亚洲的产量最大, 超过 1 $\times 10^9\text{m}^3$, 其次为欧洲和北美洲。全世界木质纸浆产量超过 1.7 $\times 10^9\text{t}$, 其中北美洲的产量最大, 达 7451 万 t, 其次为欧洲和亚洲。

表 1.3 世界木材及其制品的生产量和贸易量

(单位: 木材纸浆为 10³t, 其他为 10³m³)

地区 (按大陆)	原 木			锯材	人造板 (占 木材及制品 的比例/%)	木质纸浆
	共计	薪炭用材 (占 原木比例/%)	产业用材 (占 原木比例/%)			
世界合计	3591409	1886182 (52. 52)	1705227 (47. 48)	431042	266170 (6. 206)	176986
生 产 量						
非洲	672063	603089 (89. 74)	68974 (10. 26)	9100	2728 (0. 399)	2926
北美洲	639910	53602 (8. 376)	586308 (91. 62)	136648	55736 (6. 697)	74512
中南美洲	462112	279198 (60. 42)	182914 (39. 58)	45116	15390 (4. 530)	18205
亚洲	1026646	786648 (76. 62)	239999 (23. 38)	81547	104508 (8. 618)	27486
欧洲	728885	152604 (20. 94)	576281 (79. 06)	149036	83713 (8. 705)	51147
大洋洲	61793	11041 (17. 87)	50752 (82. 13)	9595	4095 (5. 425)	2711
出 口 量						
世界合计	136067	4537 (3. 334)	131530 (96. 67)	131509	89212 (25. 00)	47421
非洲	4228	4 (0. 095)	4223 (99. 88)	1825	847 (12. 28)	1093
北美洲	13711	190 (1. 386)	13521 (98. 61)	37565	12912 (20. 12)	16816
中南美洲	3314	8 (0. 241)	3306 (99. 76)	7913	6206 (35. 60)	10663
亚洲	8063	14 (0. 174)	8048 (99. 81)	7406	29544 (65. 63)	3028
欧洲	96659	4318 (4. 467)	92341 (95. 53)	74537	38298 (18. 28)	14943
大洋洲	10093	2 (0. 020)	10092 (99. 99)	2264	1405 (10. 21)	877
进 口 量						
世界合计	137206	3688 (2. 688)	133518 (97. 31)	124282	79822 (23. 39)	46905
非洲	878	1 (0. 114)	877 (99. 87)	5355	1237 (16. 56)	449
北美洲	7667	271 (3. 535)	7397 (96. 48)	33857	19065 (31. 47)	6870
中南美洲	433	6 (0. 924)	426 (98. 38)	6077	2691 (29. 25)	2051
亚洲	62158	362 (0. 582)	61796 (99. 42)	28095	20303 (18. 36)	17487
欧洲	66053	3046 (4. 611)	63007 (95. 39)	50174	35889 (23. 59)	19674
大洋洲	17	2 (11. 76)	15 (88. 24)	725	637 (46. 19)	374

资料来源: 联合国粮农组织 “FAOSTAT 2009”。

注: 1. 进、出口量中的产业用材, 包含木片和枝桠材。

2. 锯材中含枕木。

3. 人造板为单板、胶合板、刨花板和纤维板, 占木材的比例 = 人造板 / (原木 + 锯材 + 人造板) × 100%。

4. 合计与内部数相加不一致是由于四舍五入的缘故。

5. 表中数据为 2007 年的数值。

全世界年进、出口原木超过 1.3×10⁹ m³, 其中欧洲的出口量最大, 达 9666 万 m³, 但进口量也很大, 达 6605 万 m³, 纯出口原木量为 3606 万 m³。亚洲的原木进口量接近欧洲, 但出口量很小, 纯进口原木量达 5410 万 m³。亚洲的木质纸浆进口量也很大, 纯进口木质纸浆达 1446 万 t, 而北美洲和中南美洲为主要木质纸浆出口地区, 纯出口木质纸浆分别为 9946 万 t 和 8612 万 t。

表 1.4 为世界产业用木材、锯材、人造板和木质纸浆的主要生产和进、出口国。美国为产业用木材、锯材和木质纸浆的最大生产国, 其次为加拿大, 巴西也是其生产大国之一; 我国为人造板生产最大国, 其次为美国、德国和加拿大; 俄罗斯是产业用木材的主要生产国之一, 同时是产业用木材的最大出口国; 加拿大

为锯材和木质纸浆的最大出口国；美国为锯材和人造板的最大进口国，我国为产业用木材和木质纸浆的最大进口国。

表 1.4 产业用木材、锯材、人造板和木质纸浆的主要生产和进、出口国

(单位：纸浆为 10^3t ，其他为 10^3m^3)

产品类型	主要生产国	生产量	主要出口国	出口量	主要进口国	进口量
产业用木材	美国	393313	俄罗斯	49100	中国	38669
	加拿大	192995	美国	9949	芬兰	12942
	俄罗斯	162000	德国	6661	日本	8973
	巴西	105131	新西兰	5979	奥地利	8722
	中国	94665	马来西亚	4909	瑞典	7364
	世界合计	1705227	世界合计	131530	世界合计	133518
锯材 (含枕木)	美国	84363	加拿大	33184	美国	32213
	加拿大	52284	俄罗斯	17277	英国	8403
	中国	29202	瑞典	11347	中国	8131
	德国	25170	德国	9565	意大利	8031
	巴西	24414	奥地利	7842	日本	7354
	世界合计	431042	世界合计	131509	世界合计	124282
人造板	中国	70955	中国	15166	美国	16213
	美国	41091	加拿大	10686	日本	4641
	德国	18185	马来西亚	7087	中国	4200
	加拿大	14645	德国	6313	德国	4114
	俄罗斯	9813	巴西	3770	英国	3891
	世界合计	266170	世界合计	89212	世界合计	79822
木质纸浆	美国	52277	加拿大	10619	中国	9283
	加拿大	22235	巴西	6577	美国	6163
	芬兰	12856	美国	6197	德国	5477
	瑞典	12588	智利	3859	意大利	3489
	巴西	12083	瑞典	3504	韩国	2569
	世界合计	176986	世界合计	47421	世界合计	46905

资料来源：联合国粮农组织“FAOSTAT 2009”。

注：1. 表中数据为 2007 年的数值。

2. 产业用木材的进、出口量中包含木片和枝桠材。

3. 人造板为单板、胶合板、刨花板和纤维板。

4. 生产量和进、出口量计入的分别为前 5 位的国家及世界合计。

木材被认为是可再生的资源或可持续供给的资源，但如何合理地利用是极其重要的。从过去的城市盛衰和森林消失的历史，我们可以得到很多经验和教训。地球环境问题是超越国境和地区的问题，并且日益深刻，木材资源的科学利用对保护全球环境有着十分重要的作用。

3. 我国的森林和木质资源

从表 1.4 可以看出，我国产业用木材生产量居世界第 5 位，但其进口量居世

界第 1 位；我国锯材产量居世界第 3 位，同时其进口量也居世界第 3 位；我国是人造板生产和出口大国，其生产和出口量居世界第 1 位，生产和出口量最大的品种是纤维板和胶合板，同时人造板进口量位居世界第 3，主要进口优质树种的单板等产品；我国木质纸浆进口量居世界第 1 位，同时每年还进口大量纸张和纸板。国内木质资源供不应求，进口总量逐年增加，进口木质资源占国内总供给的比例越来越大，现已达到或超过 60%。我国的森林资源状况、造林面积和木材生产量如表 1.5、图 1.1 和图 1.2 所示。我国近 20 年来的森林面积、森林覆盖率、活立木蓄积量和森林蓄积量都在稳步增加。根据第六次全国森林资源清查（1999~2003 年）与第七次清查（2004~2008 年）的结果，我国森林资源变化呈现以下几个主要特点。

表 1.5 全国森林资源状况

年 份	森林面积/万 hm^2		森林覆盖率/%	活立木总蓄积量/ Gm^3	森林蓄积量/ Gm^3
	总面积	其中人工林			
1989~1993	13370	—	13.92	117.85	101.37
1994~1998	15894	—	16.55	124.90	112.70
1999~2003	17491	5365	18.21	136.18	124.56
2004~2008	19545	6169	20.36	149.13	137.21

数据来源：国家统计局中国统计年鉴。

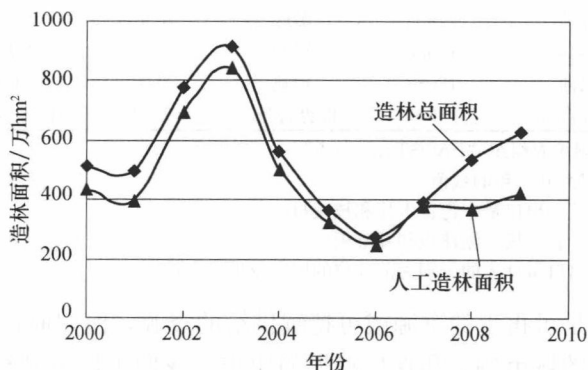


图 1.1 我国近年的造林面积（根据我国统计年鉴的数据做成）

一是森林面积蓄积持续增长，全国森林覆盖率稳步提高。森林面积净增 2054.30 万 hm^2 ，全国森林覆盖率由 18.21% 提高到 20.36%，上升了 2.15%。活立木总蓄积净增 11.28 Gm^3 ，森林蓄积量净增 11.23 Gm^3 。二是天然林面积蓄

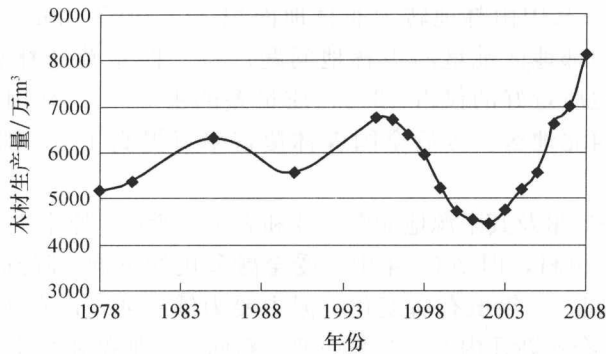


图 1.2 我国近年的木材生产量（数据来自我国统计年鉴的）

积量明显增加，天然林保护工程区增幅明显。天然林面积净增 393.05 万 hm^2 ，天然林蓄积量净增 6.76 Gm^3 。天然林保护工程区的天然林面积净增量比第六次清查多 26.37%，天然林蓄积净增量是第六次清查的 2.23 倍。三是人工林面积蓄积快速增长，后备森林资源呈增加趋势。人工林面积净增 843.11 万 hm^2 ，人工林蓄积净增 4.47 Gm^3 。未成林造林地面积 1046.18 万 hm^2 ，其中乔木树种面积 637.01 万 hm^2 ，比第六次清查增加 30.17%。四是林木蓄积生长量增幅较大，森林采伐逐步向人工林转移。林木蓄积年净生长量 5.72 Gm^3 ，年采伐消耗量 3.79 Gm^3 ，林木蓄积生长量继续大于消耗量，长消盈余进一步扩大。天然林采伐量下降，人工林采伐量上升，人工林采伐量占全国森林采伐量的 39.44%，上升 12.27%。

第七次全国森林资源清查结果表明，我国森林资源进入了快速发展时期。重点林业工程建设稳步推进，森林资源总量持续增长，森林的多功能、多效益逐步显现，木材等林产品、生态产品和生态文化产品的供给能力进一步增强，为发展现代林业、建设生态文明、推进科学发展奠定了坚实基础。但我国森林资源保护和发展依然面临着以下突出问题。

一是森林资源总量不足。我国森林覆盖率只有全球平均水平的 2/3，排在世界第 139 位。人均森林面积 0.145 hm^2 ，不足世界人均占有量的 1/4；人均森林蓄积 10.151 m^3 ，只有世界人均占有量的 1/7。全国乔木林生态功能指数 0.54，生态功能好的仅占 11.31%，生态脆弱状况没有根本扭转。二是森林资源质量不高。乔木林每公顷蓄积量 85.88 m^3 ，只有世界平均水平的 78%，平均胸径仅 13.3 cm ，人工乔木林每公顷蓄积量仅 49.01 m^3 ，龄组结构不尽合理，中幼龄林比例依然较大。森林可采资源少，木材供需矛盾加剧，森林资源的增长远不能满足经济社会发展对木材需求的增长。三是林地保护管理压力增加。清查间隔五年内林地转为非林地的面积虽比第六次清查有所减少，但依然有

831.73 万 hm^2 ，其中由林地转为非林地面积 377.00 万 hm^2 ，征（占）用林地有所增加，局部地区乱垦滥占林地问题严重。四是营造林难度越来越大。我国现有宜林地质量好的仅占 13%，质量差的占 52%；全国宜林地 60% 分布在内蒙古和西北地区。今后全国森林覆盖率每提高 1%，都需要付出更大的代价。

我国原木进口量及其来源地如图 1.3 和表 1.6 所示。原木进口量近年增长较快，特别是针叶树材，但 2008 年由于受金融危机的影响，降到了 2005 年的水平。原木进口地近 10 年虽有所变化，但主要为俄罗斯，占总进口量的 60% 以上，其余的为巴布亚新几内亚、马来西亚、新西兰、加蓬和所罗门群岛^[1]。我国锯材进口量近年逐步稳定上升（图 1.4），其中阔叶树材的进口量有所下降，针叶树材的进口量增长迅速，2008 年已超过阔叶树材的进口量。

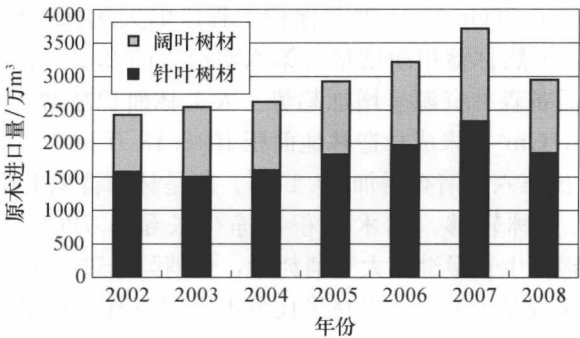


图 1.3 我国原木进口量

表 1.6 我国进口原木来源地

1997 年		2002 年		2005 年		2007 年		2008 年	
国别	占比/%	国别	占比/%	国别	占比/%	国别	占比/%	国别	占比/%
加蓬	22.95	俄罗斯	60.86	俄罗斯	68.25	俄罗斯	68.47	俄罗斯	63.12
俄罗斯	21.27	马来西亚	12.71	马来西亚	6.33	巴布亚新几内亚	6.31	巴布亚新几内亚	7.54
马来西亚	16.43	新西兰	11.45	巴布亚新几内亚	6.25	马来西亚	3.59	新西兰	6.54
朝鲜	7.97	巴布亚新几内亚	9.98	缅甸	3.86	新西兰	3.43	所罗门群岛	3.92
喀麦隆	5.10	刚果	5.32	加蓬	2.77	加蓬	3.10	加蓬	3.64

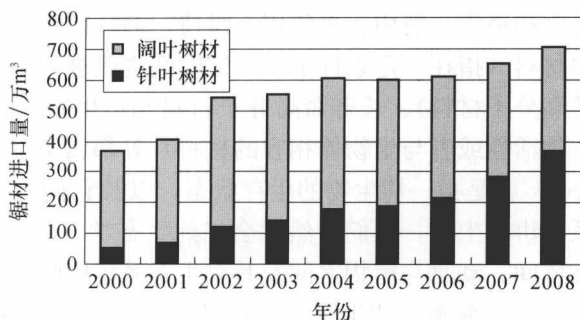


图 1.4 我国锯材进口量

1.1.2 木质材料的环境友好性

1. 生态环境材料的条件

生态环境材料 (environment conscious materials, ecomaterials)，是指那些具有良好的使用性能和优良的环境协调性的材料^[2]。良好的环境协调性是指资源、能源消耗少，环境污染小，再生循环利用率高。生态环境材料是人类主动考虑材料对生态环境的影响而开发的材料，是充分考虑人类、社会、自然三者相互关系的前提下提出的新概念，这一概念符合人与自然和谐发展的基本要求，是材料产业可持续发展的必由之路。生态环境材料是由日本学者山本良一教授于 20 世纪 90 年代初提出的一个新的概念，它代表了 21 世纪材料科学的一个新的发展方向。山本良一教授对开发生态环境材料的目的进行了总结：①发挥优越的性能（开拓性）；②对地球环境的负担低，对枯竭资源完全循环利用（环境友好性）；③适用于人类（舒适性）。

人类的生产过程，从材料的生产—使用—废弃的过程来看，可以说是将大量的资源提取出来，又将大量废弃物排回到自然环境的循环过程，人类在创造社会文明的同时，也在不断地破坏人类赖以生存的环境空间。传统的材料研究、开发与生产往往过多地追求良好的使用性能，而对材料的生产、使用和废弃过程中需消耗大量的能源和资源，并造成严重的环境污染、危害人类生存的严峻事实重视不够。

生态环境材料是在人类认识到生态环境保护的重要战略意义和世界各国纷纷走可持续发展道路的背景下提出来的，是国内外材料科学与工程研究发展的必然趋势。

生态环境材料的评价，目前通常采用生命周期评价 (LCA) 的基本概念、原则和方法对其进行环境行为评估。国际标准化组织 (ISO 14040) 对 LCA 的定义为：通过确定和量化与评估对象相关的能源消耗、物质消耗和废弃物排放等来评估某一产品、过程或时间的环境负荷。评价的过程包括产品原材料的提取与加