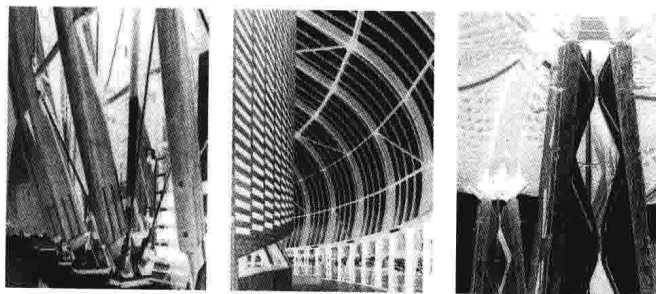
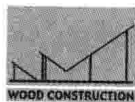


木结构建筑结构学

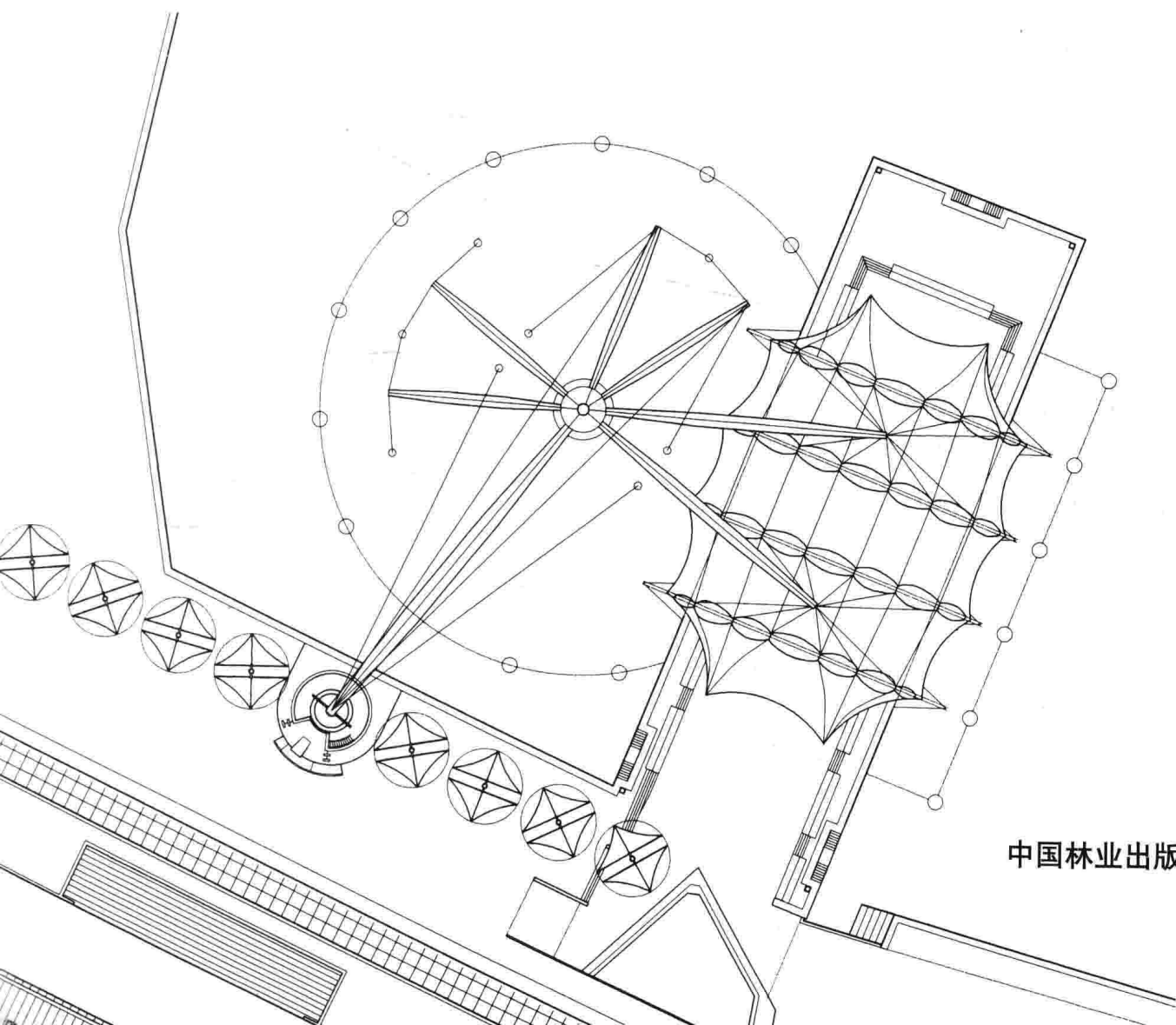
刘 雁 刁海林 杨 庚 主编
倪 春 卢文胜 主审





木结构建筑结构学

刘 雁 刁海林 杨 庚 主编
倪 春 卢文胜 主审



中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木结构建筑学/刘雁, 刁海林, 杨庚主编. —北京: 中国林业出版社, 2013. 4
(木结构建筑教学丛书)

ISBN 978-7-5038-7023-1

I. 木… II. ①刘… ②刁… ③杨… III. ①木结构—建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU366.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 072772 号

策划、责任编辑: 杜娟

电话、传真: 010-83280473 83220109

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: 010-83224477

经 销 新华书店

印 刷 北京中科印刷有限公司

版 次 2013 年 8 月第 1 版

印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷

开 本 889mm × 1194mm 1/16

印 张 14.75

字 数 415 千字

定 价 42.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

木材科学及设计艺术学科教材

编写指导委员会

顾问	江泽慧	张齐生	李 坚	胡景初		
主任	周定国					
副主任	赵广杰	王逢瑚	吴智慧	向仕龙	杜官本	费本华

“木结构建筑”学科组

组长委员 周定国 费本华

副组长委员 谢拥群 王喜明 王 清

委 员 (以姓氏笔画为序)

刁海林	王 戈	王传贵	申世杰	刘 雁	孙友富
许 民	何礼平	吴玉章	张宏健	张建新	张明辉
张青萍	杨 庚	林金国	俞友明	胡传双	胡英成
赵荣军	高金贵	黄维彦	董春雷	覃道春	谢力生

秘 书 阙泽利

前言

在现代中国,由于20世纪50年代国家大规模建设方面的原因,木材需求量大,造成大量砍伐森林,以致木材来源枯竭,影响了木结构在建筑业中的应用,木结构也逐步被排除在主流建筑之外。20世纪70年代,木结构在中国处于停滞状态,各高等学校教学计划中,都鲜见有关木结构建筑的相关课程。1998年,我国实施了天然林保护工程后,国家在保护国内森林资源的同时,为保证木材用量的供需平衡,制定了一系列鼓励木材进口的政策和措施。随后,我国进口木材总量呈阶梯式上升,国外成熟的轻型木结构技术也逐渐在我国部分城市得到应用。木结构建筑有利于保护环境和社会的可持续性发展,在建筑市场中将具有很强的竞争力。

本教材是根据我国最新颁布的相关规范如GB 50068—2001《建筑结构可靠度设计统一标准》、GB50009—2012《建筑结构荷载规范》、GB50005—2003《木结构设计规范》、GB50011—2010《建筑抗震设计规范》和GB50007—2011《建筑地基基础设计规范》等编写的。全书共九章,主要内容包括:绪论、木结构主要建筑材料、木结构的基本计算原则、木结构基本构件的计算、木结构构件的连接设计、普通木结构、胶合木结构、轻型木结构、地基与基础和建筑抗震设计基础知识。本书在编写时以材料、设计原则、基本构件、连接和结构体系为主线展开,力求做到较系统地介绍木结构。在结构体系部分除了介绍我国传统的普通木结构外,对于现代轻型木结构的设计计算、构造措施及相关产品也作了重点介绍,同时还介绍了胶合木结构的具体构造及相关产品。

我国是一个地震多发国家,为减轻地震灾害造成的损失,本书介绍了建筑抗震设计的基础知识以及普通木结构、轻型木结构的抗震构造措施。

另外,本书还介绍了木结构建筑的基础设计。

本书在编写中力求讲清概念并介绍实用的计算方法,并配有典型的例题和习题。书中标注“*”的章节属于选学的内容,可根据具体教学情况选讲或安排学生自学。

本书由刘雁、刁海林、杨庚任主编,胡传双、王朝晖任副主编,加拿大国家林产科学研究院(Forintek Canada Corp.)倪春博士和同济大学卢文胜教授任主审。本书编写分工为:扬州大学刘雁编写绪论第1、3节,第2、8、9章和附录;北华大学杨庚编写绪论第2节、第6章;广西大学刁海林编写第1、3、5章;华南农业大学胡传双编写第4章;中国林业科学研究院王朝晖编写第7章。

本书在编写过程中参阅、借鉴和引用了一些文献资料的内容,在此向相关作者致谢。

由于编者水平有限,加之参考资料不多、成书时间仓促,书中难免有不妥甚至谬误之处,我们诚恳地希望读者多提宝贵意见和建议,以便进一步修改完善。

刘 雁
2013年4月

目 录

前 言

绪 论	1
1 建筑结构的概念以及木结构的特点	2
2 木结构的发展概况	2
3 本课程的主要内容任务和学习方法	6
第 1 章 木结构主要建筑材料	7
1.1 木材	8
1.1.1 木材的特点与分类	8
1.1.2 木材的基本组织构造 *	8
1.1.3 木材的物理力学性质	10
1.1.4 木材树种及其选择	14
1.1.5 承重结构木材的强度测试 *	18
1.1.6 木材含水率要求及含水率超过限值时的使用要求	19
1.1.7 新利用树种的使用要求	19
1.2 钢材	20
1.2.1 建筑结构用钢材	20
1.2.2 Q235 钢的力学性能	21
1.2.3 硬钢的力学性能 *	22
1.3 混凝土	22
1.3.1 混凝土的强度	22
1.3.2 混凝土的变形	24
第 2 章 木结构的基本计算原则	28
2.1 建筑结构的性能要求和极限状态	29
2.1.1 建筑结构的性能要求	29
2.1.2 结构的极限状态	29
2.1.3 四种设计状况	30
2.1.4 设计使用年限	30
2.2 结构上的作用与荷载效应	30
2.2.1 结构上的作用与荷载	30

2.2.2	结构上的荷载效应	31
2.2.3	荷载代表值	31
2.3	结构抗力	32
2.3.1	结构抗力的概念	32
2.3.2	木材强度及木材弹性模量设计值的确定	32
2.3.3	木材强度设计指标	32
2.3.4	机械分级规格材设计指标	33
2.3.5	木材斜纹承压计算	33
2.3.6	挠度及长细比限值	34
2.4	结构用胶及其胶粘能力的检验规定	34
2.4.1	方法概要	34
2.4.2	材料要求	34
2.4.3	试件制备	35
2.4.4	试验装置与设备	35
2.4.5	试验条件	35
2.4.6	试验要求	35
2.4.7	试验结果的整理与计算	35
2.4.8	取样方法及判定规则	35
2.5	概率极限状态设计法	35
2.5.1	功能函数与极限状态方程	36
2.5.2	结构的可靠度与失效概率	36
2.5.3	建筑结构的安全等级和目标可靠指标	36
2.5.4	实用设计表达式	37
2.6	木结构的耐久性*	39
2.6.1	建筑物的潮湿来源	39
2.6.2	普通木结构耐久性基本构造要求	39
2.6.3	轻型木结构耐久性基本构造要求	40
第3章	木结构基本构件的计算	42
3.1	轴心受拉构件和轴心受压构件	43
3.1.1	轴心受拉构件的承载能力计算	43
3.1.2	轴心受压构件的承载能力计算	43
3.2	受弯构件	46
3.2.1	单向受弯构件的强度验算和挠度验算	46
3.2.2	双向受弯构件的强度验算和挠度验算	47
3.2.3	受弯构件侧向稳定计算	49
3.3	拉弯构件和压弯构件	50
3.3.1	拉弯及偏心受拉构件的承载力计算	50
3.3.2	压弯及偏心受压构件的承载力计算	50
第4章	木结构构件的连接设计	54
4.1	概述	55
4.2	钉和螺栓连接	55

4.2.1 钉和螺栓连接的构造	55
4.2.2 钉和螺栓连接侧向抗剪设计承载力	56
4.2.3 钉和螺栓连接屈服破坏机制	57
4.2.4 影响连接件承载力的因素	60
4.2.5 螺栓连接计算中的几种特殊情况	62
4.2.6 螺栓和钉连接的例题	63
4.3 齿板连接	66
4.3.1 概述	66
4.3.2 齿板连接强度计算	67
4.3.3 齿板连接设计案例	69
4.4 齿连接的设计与构造要求	73
4.4.1 齿连接的构造规定	73
4.4.2 齿连接的计算	74
第5章 普通木结构	78
5.1 普通木结构的结构形式及组成	79
5.1.1 普通木结构的承重结构形式	79
5.1.2 普通木结构的组成	79
5.1.3 普通木结构的排架计算简介	79
5.2 普通木结构设计的一般要求	80
5.3 木屋盖的组成和各部分的作用	81
5.4 屋面木基层设计	81
5.4.1 屋面的构造形式	81
5.4.2 屋面设计要求	82
5.4.3 屋面荷载及屋面构件计算的一般规定	84
5.4.4 屋面承重构件的设计计算	85
5.4.5 挂瓦条、屋面板、椽条截面的选用	90
5.5 木梁和吊顶	90
5.5.1 木梁	90
5.5.2 吊顶	90
5.6 屋盖木桁架	91
5.6.1 屋盖木桁架形式及其选择	91
5.6.2 屋盖木桁架结构设计要求	92
5.6.3 屋盖木桁架设计的基本原则	94
5.6.4 木桁架设计	96
5.6.5 木桁架的制作及吊装	100
5.7 天窗	102
5.8 支撑	103
5.9 锚固	106
第6章 胶合木结构	109
6.1 概述	110
6.1.1 胶合木	110

6.1.2 胶合木结构的分类	110
6.1.3 胶合木结构的特点与应用	111
6.2 胶合木结构的技术要求	113
6.2.1 锯材技术要求	113
6.2.2 锯材的拼接	116
6.2.3 组合	118
6.2.4 层板胶合木构件制作工艺简介	119
6.2.5 胶合板结构要求	120
6.3 胶合木结构构件的设计	120
6.3.1 胶合木结构构件的设计值	120
6.3.2 胶合木构件变形控制	124
6.3.3 胶合木结构构件设计中切口与钻孔要求	125
6.4 胶合木结构构件的连接	126
6.4.1 影响连接设计的因素	127
6.4.2 胶合木结构几种常用的连接件	128
第7章 轻型木结构	133
7.1 概述	134
7.2 木框架剪力墙的抗剪性能	134
7.2.1 抗剪性能	135
7.2.2 理论分析	137
7.3 轻型木结构的设计原则	138
7.3.1 一般规定	138
7.3.2 设计要求和方法	138
7.4 轻型木结构的构造要求	140
7.4.1 墙体骨架	140
7.4.2 楼盖	143
7.4.3 屋盖骨架	145
7.4.4 柱	149
7.4.5 梁	150
7.5 轻型木结构的构件设计	151
7.5.1 剪力墙设计	151
7.5.2 楼盖设计	153
7.5.3 屋盖设计	154
7.5.4 抗侧向力的楼屋盖	157
7.6 轻型木结构的连接件	161
7.6.1 钉连接	161
7.6.2 其他连接构造	161
7.7 轻型木结构算例	162
7.7.1 荷载计算	162
7.7.2 结构构件设计	165

第 8 章 地基与基础	171
8.1 概述	172
8.1.1 地基与基础的关系	172
8.1.2 地基和基础设计应满足的基本条件	172
8.1.3 设计地基和基础应掌握的资料	173
8.2 地基	174
8.2.1 天然地基	174
8.2.2 人工地基	176
8.2.3 桩基础	176
8.3 基础	177
8.3.1 基础埋深	177
8.3.2 基础的类型	177
8.3.3 按地基承载力确定基础底面积	179
8.3.4 基础高度	181
8.4 木结构与基础的连接	182
8.4.1 普通木结构	182
8.4.2 轻型木结构	182
第 9 章 房屋抗震设计基础知识	186
9.1 概述	187
9.1.1 地震及其危害	187
9.1.2 抗震设计的基本概念	187
9.1.3 抗震设防目标和设计方法	189
9.1.4 木结构房屋的地震震害	191
9.1.5 结构抗震的概念设计	192
9.2 地震作用的计算	194
9.2.1 地震作用的计算简图	194
9.2.2 设计反应谱	195
9.2.3 底部剪力法计算地震作用	196
9.3 结构抗震验算	198
9.3.1 截面抗震验算	198
9.3.2 结构抗震变形验算	198
9.4 木结构抗震设计与抗震构造	201
9.4.1 普通木结构抗震设计的一般要求	201
9.4.2 轻型木结构抗震设计的一般要求	204
附录 木结构设计相关数据	206
附表 1 针叶树种木材适用的强度等级	206
附表 2 阔叶树种木材适用的强度等级	206
附表 3 轻型木结构用规格材材质标准	207
附表 4 木材的强度设计值和弹性模量	209
附表 5 不同使用条件下木材强度设计值和弹性模量的调整系数	209
附表 6 不同设计使用年限时木材强度设计值和弹性模量的调整系数	209

附表 7 目测分级进口规格材强度设计值和弹性模量 210

附表 8 尺寸调整系数 211

附表 9 GB 50005—2003《木结构设计规范》拟推荐采用的机械分级强度设计值 211

附表 10 强度等级对应关系 212

附表 11 常用材料与构件自重 212

附表 12 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数 ... 215

附表 13 TC17、TC15 及 TB20 级木材轴心受压构件稳定系数 φ 值表 216

附表 14 TC13、TC11、TB17、TB15、TB13 及 TB11 级木材轴心受压构件稳定系数 φ 值表
..... 217

附表 15 TC15B) 方木轴心受压构件容许压力表 218

附表 16 (TC13A) 方木轴心受压构件容许压力表 219

附表 17 (TC15B) 原木轴心受压构件容许压力表 220

附表 18 (TC13A) 原木轴心受压构件容许压力表 221

附表 19 挂瓦条容许恒荷载 g 222

附表 20 铺屋面板容许恒荷载 g 222

附表 21 瓦桶容许恒荷载 g 222

附表 22 椽条容许线荷载 223

附表 23 方木吊顶格栅容许线荷载 224

附表 24 方木吊顶主梁容许线荷载 225

绪 论

1 建筑结构的概念以及木结构的特点

(1) 建筑结构的概念

一个好的建筑,除应满足建筑功能与艺术要求外,必须安全、耐久,且施工先进可行。

无论是古代人为自己或家庭建造的简单掩蔽物,还是现代人建造的可以容纳成百上千人在其中进行生产、贸易、工作、娱乐的大空间建筑,都必须用一定的建筑材料,建造成具有足够强度或抵抗能力的空间骨架,抵御自然界可能发生的各种荷载与作用的冲击,为人类的需要服务。这种空间骨架就是建筑结构,一般可简称结构。

在土建工程中,结构主要有四个方面的作用:

① 形成人类活动的空间。这个作用可以由板(平板、曲面板)、梁(直梁、曲梁)、桁架、网架等水平方向的结构构件,以及柱、墙、框架等竖直方向的结构构件组成的建筑结构来实现。

② 为人群和车辆提供通道。这个作用可用以上构件组成的桥梁结构来实现。

③ 抵御自然界水、土、岩石等侧向压力的作用。这个作用可用水坝、护堤、挡土墙、隧道等水工结构和土工结构来实现。

④ 构成为其他专门用途服务的空间。这个作用可以用排除废气的烟囱、储存液体的油罐以及水池等特殊结构来实现。

建筑结构的类型主要有下述划分:

① 以组成建筑结构的主要建筑材料来划分:分为木结构、钢筋混凝土结构、钢结构、砌体(包括砖、砌块、石等)结构、塑料结构、薄膜充气结构等。

② 以组成建筑结构的主体结构形式来划分:分

为墙体结构、框架结构、剪力墙结构、筒体结构、拱结构、网架结构、空间薄壁(包括折板)结构、钢索结构、充气结构等。

③ 以组成建筑结构的体型来划分:分为单层结构(多用于单层工业厂房、食堂等)、多层结构(一般2~7层)、高层结构(一般8层以上)、大跨结构(跨度大约在40m以上)。

(2) 木结构的特点

木材作为建筑材料具有质量轻、强度高、美观、加工性好等特点,木结构建筑在世界上许多国家应用已很普遍。尤其随着现代科技和计算机产业的发展,木结构从取材、加工到设计、安装均融入了科技成分,现代木结构建筑已成为传统营造概念和现代科技的完美结合。在北美,木结构住宅处于市场的主导地位,美国每年新建的独户别墅,90%采用木结构,多层住宅80%采用木结构。在加拿大,木材工业是国家支柱产业之一,其中木结构住宅的工业化、标准化和配套安装技术非常成熟。在亚洲的日本,大量的住宅是利用木材、胶合木和水泥刨花板建造的。目前,日本新建的住宅房屋半数以上是木结构。在北欧的芬兰和瑞典,居住房屋的90%为一层或二层的木结构建筑。除大量的住宅建筑外,木结构建筑还被广泛应用于建造厂房、学校、旅馆、体育馆等公共建筑。木结构主要有以下特点:

① 结构安全。现代木结构建筑质量较轻,并且有很好的刚度、强度和稳定性,对于瞬间冲击荷载和周期性疲劳破坏具有良好的延性。当木结构房屋在地震中振动时,一般仍能保持结构的稳定和完整。如2003年12月美国加利福尼亚州大地震,地震区的房屋结构基本上为木结构,地震后几乎没有发生房屋整体倒塌的震害,也几乎没有造成人员伤亡,它与同年12月26日的伊朗巴姆地震的惨痛后果形成了鲜明的

对比。经过阻燃处理的木材还具有滞燃性能，能保证木材不在短时间内燃烧，为消防施救赢得时间。另外，木结构房屋经久耐用，一套良好维护的房屋可保持 70 年以上寿命。

② 节能保温。木材的细胞组织可以容留空气，使其具有良好的保温隔热性能，若达到同样的保温效果，木材需要的厚度是混凝土的 1/15，是钢材的 1/400。放置于木框架空腔内的保温材料，提供了高效的节能方式，在使用同样的保温材料时，木结构比钢结构的保温性能好 15% ~ 70%，可使建筑物的使用能耗大大降低。

③ 建造灵活。木结构建筑的施工周期只是同类砌体结构的 1/2 ~ 1/4。木结构技术具有很大的通用性，且形式多样、布局灵活，内部装修可以根据要求量身定制，为购房者提供多样化和个性化设计；木结构建筑一开始就可方便掌握全部的建造成本；在内墙板安装前，墙体框架内可以排设管线和安装保温材料，为用户创造一个节能和洁净的家居环境。

④ 环境友善。近年来，环境保护已成为国际社会最为关心和最迫切需要解决的问题。与其他源于矿产资源的材料相比，木材的突出优势在于它的可再生性，这是其他材料所不能比拟的。如今，世界上作为可利用的木材资源已发生重要变化，人工林资源正在替代天然林资源。从生物多样性和原料资源的角度考虑，人工林木材作为环境材料的优势更大。通过人工林的定向培育，木材成熟期将缩短，易于工业化利用，可以永续利用，是可持续发展的一个重要方面。早期的树木研究就已表明：随着 CO₂ 浓度的增加，树木的总生长量也在增加。通过光合作用，每生长 1t 木材可吸收 1.47t CO₂，产生 1.07t O₂，将碳元素固定在树木中形成纤维材料。这种固碳作用和造氧机能是其他材料所不能比拟的，对地球生物圈的生态平衡有着重要作用。

一个被称为“雅典计划”的科学研究项目，有建筑设计师、环境保护主义者、经济学家和工程技术人员参与，使用“生命周期分析”方法，经过 5 年的时间，将混凝土、钢材、木材对环境的影响进行了研究。“生命周期分析”是对产品寿命中的各个阶段的能源、材料消耗、气体和液体的排放、固体废物的产生进行量化，这些阶段包括：资源提取、生产过程、建设、服务、用后处置。这个方法被认为是最佳评估方法。表 1 为主要建材寿命周期对环境的影响系数。

表 1 主要建材寿命周期对环境的影响系数				
材料	水污染	温室效应	空气污染指数	固体废弃物
木材	1	1	1	1
钢材	120	1.47	1.44	1.37
水泥	0.9	1.88	1.69	1.95

⑤ 良好的视觉和触觉特性。木材的视觉特性一般以木材的颜色、光泽、纹理、节子等方面来表示。木材颜色通常以三种基本特征表示，即颜色类别(色调)、明亮程度(明度)和颜色的纯洁程度(纯度)。木材颜色给人以温暖感；明度高，则明快、华丽、整洁、高雅的感觉强，反之则有深沉、厚重、沉静、素雅、豪华的感觉；纯度高，有华丽、刺激、豪华的感觉，反之则有素雅、厚重、沉静的感觉。木材表面属纤维切断后表现出的无数个细胞凹槽，反射的光泽有着丝绸表面的视觉效果，其他材料的仿制品很难模拟。纹理和节子是木材天然形成的图案，人们对其有一种亲切感。木纹是由大体平行但又互不交叉的图案构成的，给人以流畅、井然、轻松、自如的感觉，充分体现了造型规律中的变化与统一。

⑥ 木材的调湿特性。调湿性是木材具备的独特性能之一，也是其作为室内装饰材料和家具材料的优点所在。材料的调湿特性是指靠材料自身的吸湿或解吸作用，直接缓和室内的湿度变化，使湿度稳定在一定的范围内，这对人体健康和物品保存都是非常有利的。

另外，使用木结构建筑还能大量保护宝贵的土地资源。据统计，我国每年建房需生产黏土砖 7 000 亿块，损毁耕地 0.67 万 hm² 以上，每年烧砖用煤约 7 000 万 t。而木材是可再生资源，只要坚持生长量大于采伐量，森林资源就可持续利用，循环利用。木结构建筑的维修、翻新方便，只要预留检修口，就不需要像砖墙要敲开墙面，破坏装修。最后，就房屋本身质量、建筑操作性和施工速度而言，木结构房屋的成本效益最好，若在室内地板、墙壁和屋顶部分采用预制的木质成型板材，则可获得更大的成本效益。

2 木结构的发展概况

上古时人们选用简单易得、加工方便的材料构筑建筑，建筑很早就伴随着人们的生活和社会活动。木材如同土石一样，是最原始的建筑材料之一。木材因

为取材容易、强重比高、加工方便等,是最早受到人们青睐的建筑材料之一。木材在建筑中应用的方式反映了不同地域的气候及文化特征,木建筑形态的演进则与自然资源的多少、经济状况的好坏及人类社会技术进步形态等息息相关。

东西方很早都有以木材作为主要材料的建筑,但其形制和发展却有较大的差异。

亚洲古老的木建筑以中国和日本为代表,在古代中国,木材一直是重要的建筑材料,建筑形式融合了社会的阶级形态、宗教和哲学文化等。在仰韶文化的西安半坡遗址中(公元前4800~前4300年)发现有木柱支撑的半覆土建筑物。此期的建筑以木材框架为主,辅以土石构成。战国时期,木建筑中已经明确地出现了柱梁式结构,并出现了斗拱结构雏形。之后中国的木建筑对远东地区产生了深远影响。到汉代,中国木建筑进入成熟期,建筑形制基本得到确定和统一,出现了抬梁式和穿斗式结构,而且斗拱结构形式得到普及(图1~图3)。汉末佛教的传入给中国古代建筑师们又提供了一个展示智慧的舞台,此时出现了木结构的高层佛塔。山西应县佛宫寺的释迦木塔建于辽代清宁二年(1056年),是令人赞叹的经典之作,至今巍然屹立(图4)。宋代的《营造法式》(1103年)是宋代以前木建筑结构的精髓、经验总结和以后一段相当长时间的建设规范。明清时期是我国封建社会的

鼎盛时期,在宋代的基础上建筑结构完全成熟定型,但细节仍然在进化和演变,其中,唐宋时期盛行的用料硕大、结构作用明显、布置疏朗的斗拱形式,演变成排列丛密、用料小巧、装饰与结构并重的形式。中国传统木建筑中将造型和结构很好地结合在一起,如斗拱,其作用是伸出悬臂梁承托出檐,同时也是精美的装饰件,很好地兼顾了结构和造型的关系。

我国南北方差异较大,建筑结构也有所不同。北方比较寒冷,为了防寒保温,建筑物的墙体较厚,屋面设保温层,再加上对雪荷载的考虑,建筑物的构件用料粗大。而南方气候炎热,墙体薄,屋面轻,用料细,出檐大,甚至有些建筑的墙体仅用竹席、稻草、芦苇围成。

日本木建筑受到中国的深度影响并逐渐发展成自己的特色。镰昌时期(1185—1333年)的东大寺为中国南宋时期的风格,但在构法和比例上却不同(图5)。江户中期(约1700年)以后,日本木建筑采用“坪”为模数,脱离了中国建筑模式,但仍然为柱梁结构。

柱与梁是柱梁结构的主要结构构件,柱与梁形成的受力框架,在相对应用较少材料的前提下,可以得到较大的建筑内部空间。柱梁结构体系能增加建筑空间的通透性,也能体现“墙倒屋不塌”的建筑特征,亚洲的木建筑以柱梁结构为主。

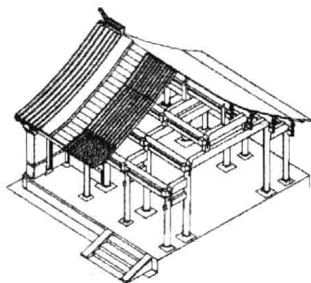


图1 抬梁式

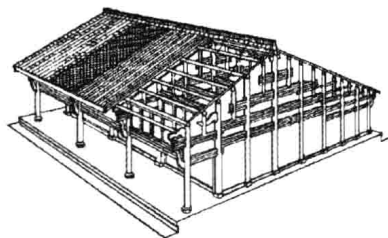


图2 穿斗式

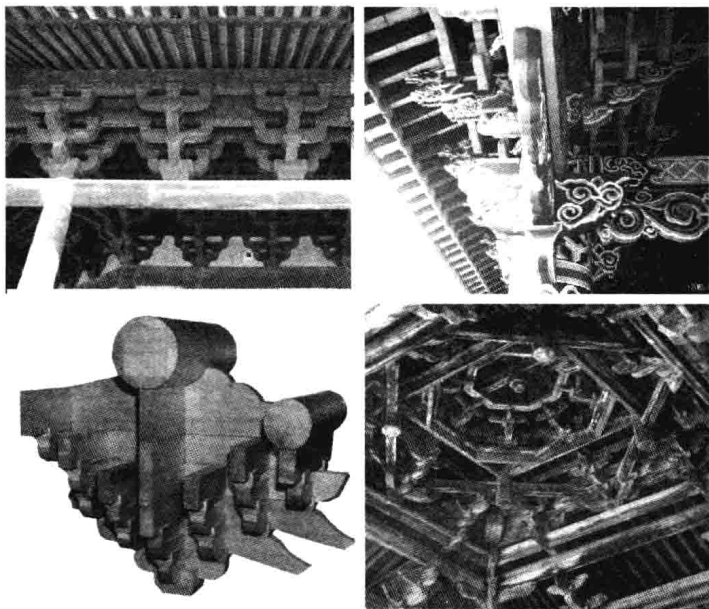


图3 中国古代木建筑中斗拱的构造



图4 建于11世纪的山西应县释迦木塔



图5 建于12世纪的日本奈良东大寺



图6 欧洲の木筋墙建筑

在西方，木建筑首先是在人烟稀少，树木茂盛的北欧地区大量应用，最早为用原木垒成墙体的“井干”式的传统建筑，后来因为森林资源急速减少，约在公元10世纪左右，此类建筑形态向木筋墙结构演变。目前确切可考的木筋墙建筑形态可上溯至13世纪末，在德国法兰克福的萨克豪森(Sachsenhausen)，有建于1291年至1292年间和Romer于1296年建造的木筋墙建筑。至15世纪后，西方已开始将力学计算应用于木筋墙建筑(图6)。

欧洲殖民者进入美洲后建造了北美最早的木筋墙结构建筑，且不同地区的殖民者建造了不同形态的建筑，也呈现了不同的结构形式。19世纪中期，建筑结构中开始使用小断面的垂直构件为主干，以此构成骨架，大量使用板材围成墙壁，即出现了轻型木结构(图7)。可考证的最早的轻型木建筑建造于1830~1840年间，分布在芝加哥地区。同时期也出现了另外一种沿用至今的平台式木框架剪力墙结构，即每一层楼板都可以作为上一层构造平台的结构形式(图8)。平台式木框架剪力墙是由截面较小的规格木材(名义 $2\text{in} \times 4\text{in}$ 或 $2\text{in} \times 6\text{in}$ ，实际 $38\text{mm} \times 89\text{mm}$ 或 $38\text{mm} \times 140\text{mm}$)按一定的间距等距离平行排列形成骨

架后外钉接结构用人造板的一种结构体系，是轻型木结构中重要的受力构件。在结构部分完成后，在外墙面会饰以人造板或其他装饰材料，内墙面会用防火石膏板来达到防火与装饰的目的，墙体内部空腔便于安装隔热材料从而达到良好的隔热节能效果。

木框架剪力墙结构有很高的强重比，墙中大量的钉节点非线性变形能消耗掉大量的地震能量，这使得木结构剪力墙在地震作用下表现出良好的抗震性能。因此，轻型木结构建筑在许多地震多发国家应用极为广泛。

19世纪末出现了将木材胶合拼接后组成构件的新型结构形式，即胶合木结构(图9)，但受工业技术和胶黏剂的限制，这种结构一直没有得到大范围的应用。到20世纪40年代，酚醛树脂胶的应用推动了胶合木结构的应用。胶合木结构在一定意义上改变了木建筑，使其在现代工业活动中占有了一席之地，使木建筑获得了生机。目前，常用层板胶合木梁来取代实木梁，这些体系的承载力和跨度范围比木框架体系大得多，叠层梁的高度可按照意愿任意增加，可将它做成较大的跨度。目前，世界跨度最大的胶合木结构为美国华盛顿州的塔可马体育馆的木结构穹顶，直径



图7 轻型木结构建筑

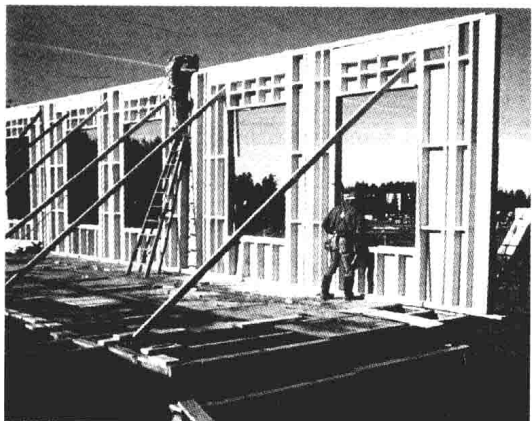
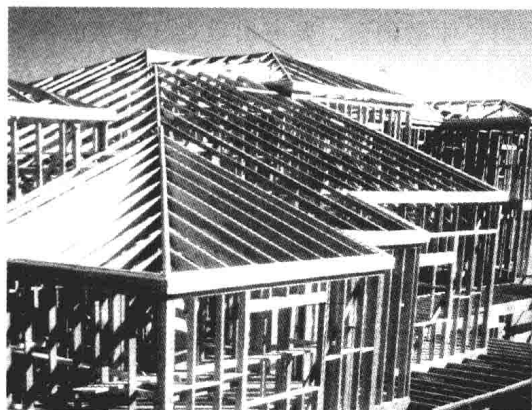


图8 轻型木框架剪力墙结构

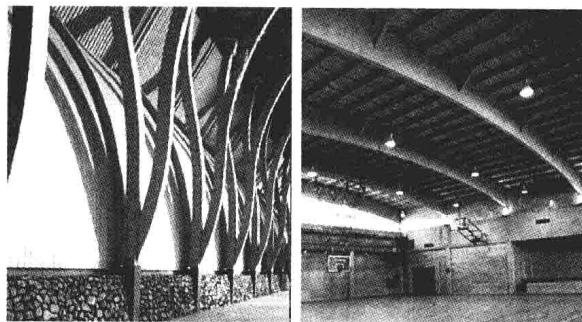


图9 胶合木结构

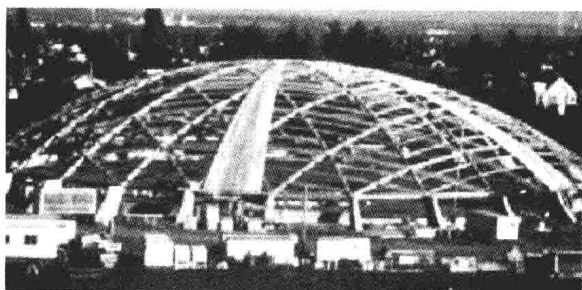


图10 层板胶合木结构

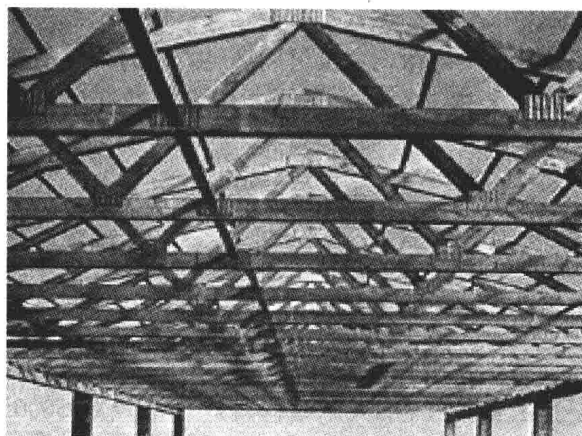


图11 木桁架结构



图12 瑞士卢塞恩的 Chapel 桥

162 m, 矢高 33.5 m, 穹顶顶部到地面的高度为 46.3 m (图 10)。这种结构的竖向支承体系一般为混凝土框架结构, 而水平荷载同样由下部框架结构来承受。

另外, 木桁架(图 11)也是最常用的可替代实木梁的单跨构件之一, 其几何形状和构件性能可以有很大的变化, 可用于木结构的屋盖和楼盖, 代替屋盖椽条和楼盖搁栅。根据屋面形状的不同, 屋盖桁架有不同的坡度; 而楼盖桁架为上下弦杆平行的桁架。特殊荷载或特殊跨度条件下的桁架可以专门制作; 而批量生产的木桁架一般应用于荷载较轻和中等跨度的情况。

木结构应用的另一个重要方面是桥梁的建造。在人类历史的早期, 木材一直是建造桥梁的主要材料。现存最古老木桥之一是坐落于瑞士卢塞恩的 Chapel 桥, 这座桥建于 1333 年, 全长有 222m, 是瑞士著名的旅游景点。不幸的是, 在 1993 年的一场大火中, 这座桥被烧毁了一部分, 但现在已修复(图 12)。

尽管木结构建筑的保存不及以石材为主的建筑, 但从上述的实例可以看出, 只要设计科学合理、正常使用并加以有效维护, 木结构建筑或桥梁依然可以具有较长的使用寿命, 完全可以满足人们的一般需要。

我国木建筑在清末动荡的历史时期开始呈现衰弱, 至新中国成立, 受到资源、经济、大量技艺失传和社会认识的影响, 木建筑的发展受到冷落, 几近停止。进入 21 世纪后, 随着我国经济、社会观念等的转变, 人们开始重新认识木建筑。2002 年 7 月 1 日建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布了《木结构工程施工质量验收规范》(GB50206—2002), 2004 年 1 月 1 日又颁布了《木结构设计规范》(GB50005—2003), 为中国木建筑的发展提供了科学依据和可靠保证。伴随木结构别墅的引进, 关于轻型木结构住宅的各项研究及对外技术合作也相继展开。2005 年 3 月 24 日, 由中国林科院木材工业研究所负责承担的加拿大轻型木结构示范房屋在北京门头沟落成。该项目的另一部分, 日式木结构示范住宅, 也于 2004 年正式启动, 在位于安徽省黄山风景区内的国家林业局国际竹藤网络中心黄山太平基地顺利落成。现在北京、上海、深圳、吉林、大连、苏州、杭州、武汉、宁波、沈阳、成都等地区木结构住宅已悄然兴起并有所发展。

3 本课程的主要内容、任务和学习方法

本课程属于学科基础课, 介绍木结构的基本知识, 内容主要包括: 木结构主要建筑材料的力学性能、木结构的基本计算原则、木结构基本构件的计算、木结构构件的连接、普通木结构、胶合木结构、轻型木结构、地基与基础、建筑抗震设计基础知识等。

本课程的教学目的是使学生通过学习, 熟知与木结构相关的基本概念, 掌握木结构构件的基本知识和理论, 学会结构设计计算的方法, 了解现行规范对木结构构件计算及构造的有关规定; 掌握木结构的基本构件、普通木结构以及轻型木结构等的设计计算; 能对木结构构件进行截面设计、承载力复核, 能对木构件组成的整体木结构进行材料选择、结构方案确定、内力计算、构件设计和构造等, 进而能运用所获得的基本理论知识解决一般工程中的木结构问题。

本课程的特点是内容多、符号多、公式多、构造规定多, 既有木结构基本构件的设计计算, 又有木结构整体的设计和构造。在学习中要注意理解概念, 忌死记硬背、生搬硬套, 要突出重点、难点的学习。特别要做好复习总结, 为此, 教材在每章末尾都附有“本章小结”, 以帮助复习。课程中还应用了力学等许多相关知识和内容。需要注意的是, 本课程研究的木结构不再是各向同性的弹性材料, 而且许多计算公式是在大量的实验与理论分析相结合的基础上建立起来的。另外, 由于木结构的设计计算受到方案、用材、截面尺寸以及连接等诸多因素的影响, 其结果不是唯一的, 这也是与力学、数学等课程的不同之处。此外, 本课程的知识还需要课后动手做练习来帮助巩固和加深理解。教材在每章最后提供了一定数量的习题, 可供选用。

最后, 本课程的学习还应注意与木结构规范的结合, 要认识到工程规范是约束工程技术行为的法律法规。同时要注意规范也不是一成不变的, 无论是计算方法还是构造要求, 都是一段时期研究成果的总结。随着科学技术的发展和木结构研究的进一步深入, 木结构设计规范也必然不断进行修订和补充。因此在学习过程中应该培养跟踪、了解规范的习惯, 做到与时俱进。