

木结构设计手册

《木结构设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

木结构设计手册

《木结构设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

本手册主要是根据《木结构设计规范》GBJ5-73编制的，内容包括材料、计算规定、设计实例以及计算图表等，并附有常用结构木材识别检索表以及有关结构构造图索引。

本书可供土建技术人员、大专院校土建专业教学人员，以及地县厂社基建人员参考。

木结构设计手册

《木结构设计手册》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：15³/₄，插页：8 字数：424 千字

1981年6月第一版 1981年6月第一次印刷

印数：1—38,600册 定价：2.15元

统一书号：15040·4051

前 言

为了适应社会主义建设的需要，配合《木结构设计规范》（GBJ5-73）的实施，提高设计质量，加快设计速度，我们编写了这本手册，供从事木结构设计工作的土建人员、特别是地、县、社、厂、矿的广大基建、设计人员参考。

这本手册的内容包括：设计计算原则、构造措施、设计计算实例和计算图表等部分。此外，考虑到木结构的特点和我国实际应用的情况，适当列入了有关木材的简易识别方法，防腐、防虫、防火，检查维护与加固，地震区和台风地区木结构的设计要点，以及新树种的利用等内容。至于一些新型木结构，因考虑本书属于配合规范的基本构件手册，故未予列入。

我国森林资源缺乏，目前，木结构主要用于工业与民用建筑的木屋盖中。基于这一现实，本手册内容以常用屋盖木结构为主，采用屋盖作为典型实例来阐明木结构的特点、设计计算和构造等有关问题。对于其它类型的木结构虽未一一罗列，但亦可参考使用。

木材是天然生长的材料，不可避免地具有木节、斜纹和裂缝等缺陷，在使用过程中还可能发生变形、开裂、翘曲，有时还会腐朽和虫蛀。为保证木结构的质量和延长使用年限，木结构设计必须遵循规范的有关规定。手册中在规范规定的基础上补充介绍了各地实践中有关质量问题的经验和教训，并提出了若干构造大样，供参考。

对于规范中的某些规定、公式、数据以及条文的具体理解，编者尽可能地根据自己的学习体会，结合各章节的编写，顺便附带介绍，用小号字排出，期望能对规范的进一步熟习、掌握和运用起一点促进作用。

对于计算用图表，则专列一章，作为一种计算工具，在一般工业与民用建筑的木结构设计中均可查用，从而避免繁琐计算和提高设计效率。

编写过程中，对手册所列数据力求准确。凡本手册中的数据 and 公式与其它有关书籍有差别的，都经过校核。

设计木结构时经常需要查阅其它有关现行规范，为方便起见，将其中常用部分尽量摘编，汇集在手册内。

本手册由国家建筑工程总局西南建筑设计院主持，会同哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院、湖南省建筑设计院、福建省国防工业设计院、中国林业科学研究院木材所和四川省林业科学研究所等单位共同参加编写。邀请了清华大学、福州大学、北京市建筑设计院、内蒙古呼盟设计院和黑龙江省逊克县设计室等单位参加讨论。各章、节编写的具体分工为：第一章和附录一～四——诸有谦；第二、四、九章和第一章第五、七节——黄绍胤；第三、五章和表 10-4~6、8、9——杨培根、任本琼；第六章——樊承谋；第七章——李湘、汤宜庄；第八章——方复；第十章和例9-2——李祖义、陈英才；第六章第八节——陈风岩；第六章第九节，第七章第四、五、九节，例9-5，表10-3-1~4、8~12、29~32，表10-15，附录五——吴佩方；例9-6，表10-7、10、13——黄美灿；例9-1、3、4、7，表10-3-13~28——樊承谋、王用信；第十章数值电算——徐成尧、张光全。书中插图由黄美灿绘制。全书由黄绍胤主编，并由西南建筑设计院胡德祥和许政谐审阅。

在编写过程中，曾得到许多单位和个人的支持和帮助，提供经验和资料，提出不少宝贵意见，仅此致谢。

《木结构设计手册》编写组

一九七九年十一月

基本符号

内力、外力和变形

- M ——弯矩；
 N ——轴向拉力或轴向压力；
 N_l ——保险螺栓所承受的拉力；
 R ——支座反力；
 Q ——剪力；
 f ——受弯构件的挠度。

计算指标

- E ——材料的弹性模量；
 $[T]$ ——联结物每一剪面的承载能力；
 $[f]$ ——受弯构件挠度控制值；
 $[\sigma]$ ——材料的容许应力；
 $[\sigma_a]$ ——木材顺纹受压和承压容许应力；
 $[\sigma_{ah}]$ ——木材横纹承压容许应力；
 $[\sigma_{aa}]$ ——木材斜纹承压容许应力；
 $[\sigma_t]$ ——木材顺纹受拉容许应力；
 $[\sigma_w]$ ——木材受弯容许应力；
 $[\sigma'_t]$ ——粗制螺栓净截面抗拉容许应力；
 $[\sigma'_c]$ ——粗制螺栓承压容许应力；
 $[\tau]$ ——钢材抗剪容许应力或木材顺纹受剪容许应力；
 $[\tau'_t]$ ——粗制螺栓抗剪容许应力；
 $[\tau'_c]$ ——贴角焊缝抗拉、抗压和抗剪容许应力。

几何特征

- A ——截面面积；
 A_m ——毛截面面积；

A_{jt} ——净截面面积；
 A_0 ——验算稳定时截面的计算面积；
 A_a ——承压面面积；
 A_j ——剪面面积；
 I ——截面惯性矩；
 S ——中和轴（或拼合缝）以上的截面面积对中和轴的面积矩；
 W ——截面抵抗矩；
 z ——中和轴至截面边缘的距离；
 b ——截面宽度；
 b_b ——板肖宽度；
 d ——直径；
 h ——截面高度或屋架高度；
 l ——构件长度或屋架跨度；
 l_0 ——受压构件的计算长度；
 l_b ——板肖的顺木纹长度；
 l_j ——剪面长度；
 r ——截面回转半径；
 t ——钢板厚度；
 α ——夹角；
 δ ——板肖厚度；
 λ ——构件长细比。

计 算 系 数

K_I ——截面惯性矩降低系数；
 K_W ——截面抵抗矩降低系数；
 K_j ——沿剪面长度剪应力分布不均的降低系数；
 K_s ——螺栓或钉联结承载能力的计算系数；
 K_a ——螺栓联结中考虑木材斜纹承压的换算系数；
 φ ——纵向弯曲系数；
 m ——调整系数。

目 录

基本符号

第一章 木材	1
第一节 建筑用材的主要树种	1
第二节 木材的构造	3
第三节 木结构常用木材的简易识别	10
第四节 木材的物理性质	11
第五节 木材的力学性质	17
第六节 木材缺陷	26
第七节 承重木结构对木材含水率的要求和选材标准	29
第二章 计算的基本规定	33
第一节 木结构按容许应力计算的基本方法	33
第二节 木材容许应力的确定方法	35
第三节 木材斜纹承压计算	39
第四节 钢材的计算指标及基本规定	41
第三章 木结构构件的计算	43
第一节 计算公式	43
第二节 轴心受拉和轴心受压构件	44
第三节 受弯构件	47
第四节 偏心受拉和偏心受压构件	48
第四章 木结构的联结	51
第一节 齿联结	51
第二节 螺栓联结和钉联结	54
第三节 斜键联结	66
第四节 承拉螺栓、贴角焊缝的计算和构造规定	67
第五节 联结设计中的注意事项	69
第五章 屋面木基层、吊顶及板肖梁	75
第一节 屋面构造	75
第二节 屋面构件的计算	78

第三节	木屋盖的吊顶	79
第四节	板肖梁	83
第六章	屋盖结构	89
第一节	承重木结构的设计原则	89
第二节	木屋架设计	98
第三节	钢木屋架设计	107
第四节	天窗	127
第五节	木屋盖的空间稳定	128
第六节	屋架在吊装时的验算和加固	134
第七节	新利用树种木材的设计要点	136
第八节	地震区木结构的设计要点	138
第九节	台风地区木结构的设计要点	144
第七章	木结构的防腐、防虫、防火	148
第一节	木霉菌对木结构的危害	148
第二节	昆虫对木结构的危害	150
第三节	木材的天然耐腐性和浸注性	157
第四节	木结构防腐、防虫的设计原则	158
第五节	木结构防腐、防虫的构造措施	159
第六节	木结构防腐、防虫的化学处理	164
第七节	木材的燃烧和木结构防火设计原则	170
第八节	木材防火剂及防火剂处理方法	172
第九节	木结构防火有关建筑设计的几项规定	174
第八章	木结构的检查、维护和加固	178
第一节	常见的损害	178
第二节	检查要点	182
第三节	维修和加固	184
第四节	维护和加固的若干实例	187
第九章	木屋盖设计计算实例	197
9-1	12m有吊顶三角形豪式方木屋架	197
9-2	15m不等节间豪式原木屋架	215
9-3	15m上弦偏心抵承的三角形豪式钢木屋架	231
9-4	15m有悬挂吊车的三角形豪式钢木屋架	240
9-5	15m带天窗芬克式钢木屋架	250

9-6	18m混合式钢木屋架	264
9-7	21m有吊顶梯形豪式钢木屋架	272
第十章 计算图表		282
10-1	常用材料和构件重量表	282
10-2	常用截面几何特征表	285
10-3	屋架杆件长度及内力系数表	314
10-4	挂瓦条、屋面板、椽条截面选用表	358
10-5	简支檩条截面选用表	361
10-6	楼层搁栅截面选用表	375
10-7	吊顶搁栅主梁截面选用表	377
10-8	方木、原木轴心受压构件截面选用表	386
10-9	方木、原木偏心受压构件截面选用表	389
10-10	方木、原木下弦支座节点齿联结容许拉力 及保险螺栓选用表	399
10-11	螺栓联结计算表	416
10-12	圆钢拉杆、拉力螺栓容许拉力 及钢垫板尺寸表	420
10-13	钢木屋架下弦节点抵承板选用表	421
10-14	木材、铁件规格表	423
10-15	原木解锯计算表	426
附录一	常用建筑用材树种名称对照表	429
附录二	木结构常用木材检索表	446
附录三	我国五十三个城市木材平衡含水 率估计值(%)	457
附录四	主要树种的木材物理力学性质	460
附录五	原木单齿联结承压面积 A_c 计算表	482
附录六	木材防腐处理前后技术措施	483
本书有关结构构造图索引		490

第一章 木 材

第一节 建筑用材的主要树种

建筑承重构件用材的要求，一般说来最好是：树干长，纹理直，木节少，扭纹少，能耐腐蚀和虫蛀，易干燥，少开裂，具有较好的力学性质并便于加工。但能完全符合这些条件的树种是有限的，在设计中，应按就地取材的原则，结合实际经验，在确保工程质量的前提下，以积极、慎重的态度，逐步扩大树种的利用。

结构用材可分两类：针叶材和阔叶材。结构中的承重构件多采用针叶材。阔叶材主要用作板肖、键块和受拉接头中的夹板等重要配件。

我国各地区可供选用的常用树种如下：

1. 黑龙江、吉林、辽宁、内蒙：红松、松木、落叶松、杨木、云杉、冷杉、水曲柳、桦木、槲栎、榆木。

2. 河北、山东、河南、山西：落叶松、云杉、冷杉、松木、华山松、槐树、刺槐、柳木、杨木、臭椿、桦木、榆木、水曲柳、槲栎。

3. 陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆：华山松、松木、落叶松、铁杉、云杉、冷杉、榆木、杨木、桦木、臭椿。

4. 广东、广西：杉木、松木、陆均松、鸡毛松、罗汉松、铁杉、白栎、红栎、红锥、黄锥、白锥、檫木、山枣、紫树、红桉、白桉、拟赤杨、木麻黄、乌墨、油楠。

5. 湖南、湖北、安徽、江西、福建、江苏、浙江：杉木、松木、油杉、柳杉、红栎、白栎、红锥、白锥、栗木、杨木、檫木、枫香、荷木、拟赤杨。

6.四川、云南、贵州、西藏：杉木、云杉、冷杉、红杉、铁杉、松木、柏木、红锥、黄锥、白锥、红桉、白桉、桉木、木莲、荷木、榆木、檫木、拟赤杨。

7.台湾：杉木、松木、台湾杉、扁柏、铁杉。

此外，各地往往对同一树种，有不同的称呼，在附录一中，将这些树种的标准名称、木结构设计规范用名、别名、拉丁名及产地作一对照，供选材时参考。

常用木材的主要特性简单介绍如下：

落叶松 干燥较慢，易开裂，早晚材硬度及收缩差异均大，在干燥过程中容易轮裂，耐腐蚀性强。

陆均松（泪杉） 干燥较慢，若干燥不当，可能翘曲，耐腐蚀性强，心材耐白蚁。

云杉类木材 干燥易，干后不易变形，收缩较大，耐腐蚀性中等。

软木松 系五针松类，如红松、华山松、广东松、台湾五针松、新疆松等。一般干燥易，不易开裂或变形，收缩小，耐腐蚀性中等，边材易呈蓝变色。

硬木松 系二针或三针松类，如马尾松、云南松、赤松、高山松、黄山松、樟子松、油松等。干燥时可能翘裂，不耐腐，最易受白蚁危害，边材经常呈蓝变色。

铁杉 干燥较易，耐腐蚀性中等。

青冈（栲木） 干燥困难，较易开裂，可能劈裂，收缩颇大，甚重甚硬，耐腐蚀性强。

栎木（柞木）及稠木 干燥困难，易开裂，收缩甚大，强度高，甚重甚硬，耐腐蚀性强。

水曲柳 干燥困难，易翘裂，耐腐蚀性较强。

桦木 干燥较易，不翘裂，但不耐腐。

槐木 干燥困难，耐腐蚀性强。

乌墨（密脉蒲桃） 干燥较慢，有开裂现象产生，耐腐蚀性强。

榆木 干燥困难，易翘裂，收缩颇大，耐腐蚀性中等。

檫木 干燥较易，干燥后不易变色，耐腐蚀性较强。

臭椿 干燥易，不耐腐，易呈蓝变色，木材轻软。

桉树（隆缘桉、柠檬桉和云南蓝桉） 干燥困难，易翘裂，云南蓝桉

能耐腐，隆缘桉和柠檬桉不耐腐。

木麻黄 木材硬而重，干燥易，易受虫蛀，不耐腐。

杨木 干燥易，不耐腐。

桉木 干燥颇易，不耐腐。

拟赤杨 木材轻，质软，收缩小，强度低，易干燥，不耐腐。

红椿 纹理直，质略软，干燥易，干燥时易开裂，能耐腐。

注：木材的干燥难易系指板材而言。耐腐性系指心材部分在室外条件下而言，边材一般均不耐腐。在正常的温湿度条件下，用作室内不接触地面的构件，耐腐性并非最重要的考虑条件。

第二节 木材的构造

组成针叶材的主要细胞和组织是管胞、木射线等。其中管胞占木材体积90%以上，是构成针叶材的最主要分子。

组成阔叶材的主要细胞和组织是木纤维、导管、木射线及轴向薄壁组织等，其中木纤维常占木材体积50%以上，是组成阔叶材的主要分子。

木材的微观构造：在显微镜下观察木材各组成分子的细微特征及其相互联系，是研究及鉴定木材的重要方法。

木材的宏观构造：在肉眼及放大镜下观察木材的各种构造及其特征，是生产上常用识别木材的主要方法。

以下所述主要是指木材的宏观构造而言。

一、木材的正交三向切面

木材各种分子的形态、大小和排列各不相同，例如管胞、木纤维、轴向薄壁组织和导管等为轴向排列，木射线则为横向排列，从而造成木材的各向异性；即在不同的切面上，木材各分子的特征各不相同，其物理性质、力学强度也因之而异。因此，常利用木材三个切面上的特征来识别木材，研究木材的性质和用途。

木材主要的切面是横切面、径切面和弦切面，如图1-1。

横切面是指与树干或木纹方向垂直锯割的切面，在这个切面

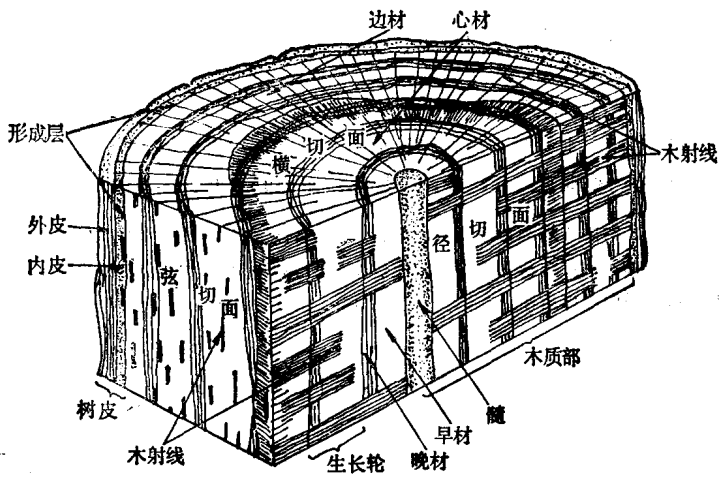


图 1-1 木材的正交三向切面图

上，木材的各种分子的形象和排列情况都清楚的反映出来，因此，它是观察和识别木材的主要切面。径切面是指平行于树干或纹理、沿木射线并与年轮成垂直方向切取的切面。弦切面是指平行于树干或纹理而与年轮相切的切面。径切面与弦切面统称为纵切面。

二、边材和心材

边材：指在生活树木中包含有生活细胞和储藏物质的木材部分，靠近树皮，材色一般较浅，含水率一般较大。

心材：指在生活树木中，不包含生活细胞，同时，其中轴向薄壁组织和射线薄壁组织内含的淀粉和糖类等已不存在，或者已经转化为心材物质的内部木材。心材靠近髓心，其材色通常较边材为深。

有些树种，心材和边材区别显著，如马尾松、云南松、落叶松、麻栎、刺槐、榆木等，称为心材树种。有的树种，木材外部和内部材色一致，但内部的水分较少，称为熟材树种或隐心材树种，如冷杉、云杉等。有的树种，外部和内部既没有颜色上的差

异，也没有含水量的差别，称为边材树种，如桦木、杨树等。

心材是由边材转变而成的。心材容重一般较大，材质较硬，天然防腐性也较高。

三、年轮、早材和晚材

年轮：指一年内木材的生长层。它在横切面围绕髓心呈环状，在径切面呈条状，在弦切面呈“V”字形（图 1-2）。年轮在许多针叶材和阔叶树环孔材中甚为明显。如松木、杉木、落叶松、栎木、水曲柳、槐木、榆木等，但在阔叶树散孔材、辐射孔材及部分针叶材中则不明显或较不明显。如杨木、桤木、桦木、青冈、拟赤杨、桉树等。

早材：指一个年轮中，朝向髓心部分的木材。在年轮显明的树种中，早材的材色较浅，一般材质较松软、细胞腔较大、细胞壁较薄、容重和强度都较低。

晚材：指一个年轮中，朝向树皮部分的木材、材色较深，一般材质较坚硬、结构较紧密、细胞腔较小、胞壁较厚、容重和强度都较高。

在年轮显明或较显明的树种中，在一个年轮内从早材过渡到晚材，有渐变和急变的区别。

渐变：指一个年轮中，早材和晚材界限不明显，从早材过渡到晚材颜色逐渐变化；如冷杉、云杉的木材中是。

急变：指一个年轮中，早材和晚材界限明显，从早材过渡到晚材颜色突然变化；如云南松、马尾松、铁杉、落叶松等的木材中是。

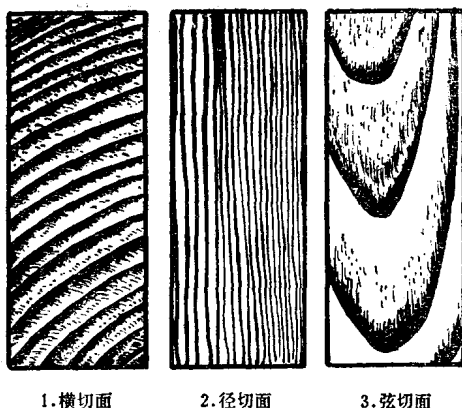


图 1-2 松树的横切面、径切面、弦切面

四、木射线

在木材的横切面上可以看见许多由髓心向树皮辐射的条纹，这些条纹称为髓线，在木质部中的髓线称为木射线，在韧皮部里的髓线称为韧皮射线。

木射线主要由薄壁细胞组成，它或断或续地横穿年轮，是木材中唯一横向排列的组织，在树木生长过程中起横向输导和贮存养料的作用。

木射线在木材的三个切面上表现出不同的形状：在横切面呈辐射的条纹，显露出它的宽度和长度；在径切面呈横行的窄带状或宽带状，显露其长度和高度；在弦切面上呈顺木纹方向的短线状或木梭形，显露其宽度和高度（图1-1）。

木射线按宽度可分为窄木射线和宽木射线两类（有的分为三类或五类），窄木射线在肉眼下看不清或完全看不见，宽木射线在肉眼下很明显。木射线宽度的变动范围在0.015~0.6 mm之间。

针叶材和一些阔叶材，如杨树、桦木等只有窄木射线，有的阔叶材如柾木、栎木、青冈、臭椿等有窄木射线，也有宽木射线。

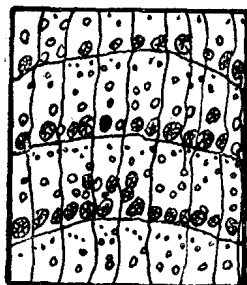
宽木射线是由许多窄木射线紧密地并列起来的，也称多列木射线，但有的宽木射线中，除窄木射线外，还夹杂有木纤维或其它细胞，在肉眼下看，结构较松，光泽较暗，这种宽木射线称为聚合木射线，又称假宽木射线，如柾木是。全部由窄木射线组成的宽木射线，简称宽木射线，又称复合木射线，也叫真宽木射线，其结构紧密，光泽发亮。如麻栎、栓皮栎，青冈等是。

木射线在木材中的体积因树种而异，一般针叶材的木射线占木材体积的5~10%，阔叶材占9~36%。

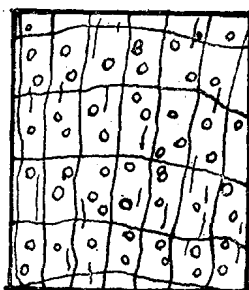
由于木射线是横向排列的，所以它的存在会影响木材力学强度和物理性质，例如，宽木射线会减低木材沿径面破坏时的顺纹抗劈、横纹抗拉及顺纹抗剪强度，但对径向横压及弦面剪力等的强度则会提高。在木材干燥时，沿木射线容易开裂。木射线有利于防腐剂的横向渗透。宽木射线在木材的径面上常表现为美丽的花纹。

五、导管

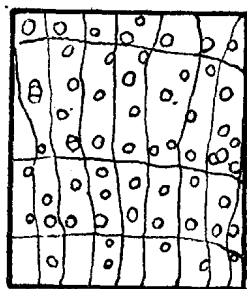
导管是轴向的细胞系列，形成节状的管子，在树木中起输导作用，它的细胞腔大，在肉眼或放大镜下，横切面呈孔状，称为管孔，是阔叶材（除水青树外）独有的特征，故阔叶材又称有孔材，针叶材没有导管，在横切面上看不出管孔，称无孔材。根据管孔排列形状，阔叶材可分为环孔材、散孔材、半环孔材（或半散孔材）、辐射孔材四类（图1-3）。



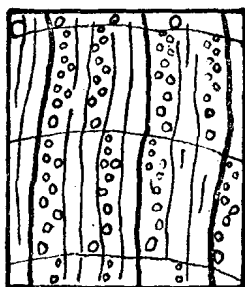
1. 环孔材



2. 散孔材



3. 半环孔材



4. 辐射孔材

图 1-3 阔叶材管孔的分布形态

环孔材：在一个年轮内，早材管孔比晚材管孔大许多，早材管孔沿年轮呈环状排列，有一列、二列或多列，如槐木、水曲柳、榆木等。

散孔材：指一个年轮内，早、晚材管孔的大小没有显著的差别，均匀地、星散地分布于全年轮内，如桦木等是。