



市 建筑工程施工及验收规范 培 训 班 讲 义

第六册 木结构工程

J(综) 0017

本手册中引用的标准、规范仅作“参考资料”使用，如需采用，必须以现行有效版本的标准、规范为准。

院总工程师办公室 1997.10

1983 北 京

✓ 490 29

建筑工程施工及验收规范 培 训 班 讲 义

第六册 木结构工程



1 9 8 3 北 京

前 言

一九七九年以來，由原國家建築工程總局負責修編的國家標準“建築工程施工及驗收規範”共十二本，已於一九八二年全部開完審定會議，城鄉建設環境保護部從一九八二年七月開始陸續批准頒發。

為了使建築工程管理和施工方面的人員，做到“有法必學、有法必遵”，全面瞭解修編後的施工規範內容，以利正確貫徹執行，確保工程質量，我們擬分期分批開辦培訓班，由修編人員負責編寫講義和授課。講義共分十二本，將於今年內出版，內部發行。

這次修編是建國以來第一次根據我國國情和參考現行國內、國外有關先進標準進行的，內容尚不完善。同時編寫講義的經驗也不足，希望大家提出改進意見，共同搞好這項工作。

本講義由“木結構工程施工及驗收規範修訂組”的樊承謀同志編寫，我局楊崇永同志校審定稿。

城鄉建設環境保護部科技局規範處

一九八三年十月

目 录

前 言

一、在木结构中扩大树种利用的范围.....	1
二、木结构和木构件.....	3
2.1 材 料.....	3
2.1.1 建筑用木材的特性.....	3
2.1.1.1 木材构造.....	3
2.1.1.2 木材缺陷.....	5
2.1.1.3 木材中的水分.....	7
2.1.2 承重结构构件的选材标准.....	11
2.1.3 承重结构构件用材对含水率的要求.....	16
2.2 桁架和梁.....	18
2.2.1 齿连接的构造.....	18
2.2.2 受拉螺栓和圆钢拉杆.....	22
2.2.3 受剪螺栓.....	24
2.2.4 系紧螺栓.....	25
2.2.5 制作、装配和安装偏差与结构安全度的 关系.....	25
2.2.6 屋架的吊装加固.....	26
2.2.7 木屋盖的支撑.....	29
三、胶 合 木 结 构.....	36
3.1 胶合木结构在国内外的应用和发展.....	36
3.2 胶合木构件的选材和配料.....	39

3.3 木结构用胶	41
3.3.1 结构用胶的基本要求	41
3.3.2 胶的选择	41
3.3.3 脲醛树脂胶的性能	42
3.3.3.1 树脂原材料和合成工艺对胶缝强度的影响	42
3.3.3.2 固化剂掺量对强度的影响	42
3.3.3.3 胶缝的耐水性能	43
3.3.3.4 松脂对粘合力的影响	45
3.3.3.5 木材含水率对胶缝强度的影响	46
3.3.3.6 固化时的压力对胶缝强度的影响	48
3.3.4 酚醛树脂胶的性能	48
3.3.4.1 酚醛树脂的原材料和催化剂的影响	48
3.3.4.2 溶剂、固化剂的影响	49
3.3.4.3 松脂对胶缝强度的影响	51
3.3.4.4 胶缝的耐水性能	51
3.3.4.5 木材含水率对胶缝强度的影响	51
3.3.4.6 固化时压力对胶缝强度的影响	53
3.4 胶合木结构的制作	53
3.4.1 胶合木结构的制作工艺和条件	53
3.4.2 调胶和胶结	54
3.4.3 木板的尺寸及其制作	55
3.4.4 胶合构件的木板接头	57
四、门 窗	61
4.1 概 况	61
4.2 提高门窗施工质量的措施	61
五、木结构及木制品的防腐、防虫和防火	67

5.1 木结构及木制品的防腐	67
5.1.1 木材的腐朽	67
5.1.2 构造上的防腐措施	67
5.1.3 化学药剂防腐	68
5.2 木结构及木制品的防虫	70
5.2.1 木材的虫害	70
5.2.2 木结构及木构件的防虫措施	70
5.3 木结构及木制品的防火	71
5.3.1 木构件的耐火性	71
5.3.2 木结构及木制品的防火措施	72

一、在木结构中扩大树种利用的范围

这次修订规范最重要的改革是从我国木材资源的现状及其发展远景出发，在建筑中扩大树种利用的范围。

我国过去在建筑中常用的皆为优质针叶树材，如红松、杉木、云杉、冷杉等。这些树种树干长直、纹理平顺、材质均匀，木质较软而易加工，一般干燥较易而少开裂、变形，耐腐蚀性也较强，适于作建筑用材。但是这些树种长期以来采、育失调，目前所剩的资源有限，且为社会主义建设各方面所亟需的原材料，因此，国家调拨给建筑部门的木材中，这些树种所占的比例很小。

我国森林的覆盖率仅为全国面积的12%。且分布在次寒带、温带、亚热带以及部分的热带地区，因此树种很多，而每一树种的蕴藏量皆不大。木材资源这一现状迫使我们扩大现有树种的利用范围。从我国木材资源的长远发展来看，主要是培植速生树种，并且解放后种植的速生阔叶树材（例如木麻黄、桉树和杨木）也已成林。所以扩大树种利用范围一个重要方面就是利用速生树种。

近年来根据各地基本建设的需要，首先是对一些蓄积量较大但有某些缺点的针叶树材（例如易开裂的云南松、东北落叶松和易受白蚁蛀害和腐朽的马尾松）开展了研究。原西南建筑科研所（现名四川省建工局科研所）结合攀枝花钢铁厂的建设，研究了云南松的防裂问题，并获得成果，而列入《木结构设计规范》（GBJ5—73）之中。

哈尔滨建筑工程学院对落叶松屋架的防裂问题进行了系统

的研究，黑龙江建委根据这项研究成果，制订并颁布了《落叶松屋架暂行技术措施》。

福建省建筑科研所为了将蓄积量达该省的50%以上的马尾松用于建筑以代替杉木，系统地研究了马尾松的防白蚁、防腐及防变形的问题。福建省建委据此而颁布了《马尾松木材在建筑中的应用暂行技术规程》

属于硬质阔叶树材的桦木，其蓄积量在黑龙江省就达2.06亿立方米，过去由于易腐朽变形而从未用于建筑。木结构施工规范组进行了桦木胶合结构和桦木门窗的试验研究，先后两项试点工程和胶合梁的载荷试验结果证明，采用窑干法将桦木的含水率干燥到12%以内，并经防腐药剂处理以后，确能检制变形和防止腐朽，桦木胶合构件也具有很高的承载能力。

广东省建筑科研所对速生的阔叶树种木麻黄进行了较为系统的试验研究，其结果说明经过防虫防腐合剂用冷槽处理的木麻黄构件，确实能够防止家天牛的蛀害以及腐朽。广东省建委在这项研究项目成果的基础上制订并颁布了《木麻黄木材建筑应用暂行技术规程》。

为了进一步扩大树种利用的范围，目前正在进行速生的桉树和杨木在建筑中的应用的研究。

正由于进行了上述一系列的试验研究，取得了可靠的数据，使有可能在修订《木结构工程施工及验收规范》（GBJ 206—83）时，扩大了树种利用的范围，补充了采用这些树种时应采取的防裂、防变形、防腐和防虫的有效措施。

二、木结构和木构件

2.1 材 料

2.1.1 建筑用木材的特性

2.1.1.1 木材构造 树干的主部分为树皮、木质部和髓心。在树皮和木质部中间为肉眼看不见的形成层(图2.1.1.1—1)，它是生长木材的母细胞组织。

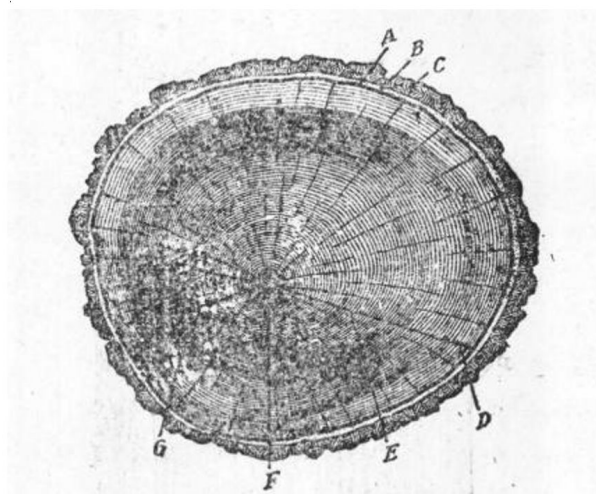


图2.1.1.1—1 树木的横切面

A—形成层，B—内树皮，C—外树皮，D—边材，E—心材，
F—髓心，G—木射线。

心材和边材 某些树种木质部靠近树皮部分材色较浅，且在树木伐倒时，含水率较大，称边材；在髓心周围材色较深，

含水率较小的部分，称心材。心材系边材老化而成。二者强度几乎无差别，但心材的耐腐性较强。

有些树种的木质部材色一致，但中心部分含水率较小，称隐心材树种，如云杉、冷杉。还有些树种木质部的材色和含水率都一致，称边材树种，如桦木、白杨等。

年轮、早材和晚材 木材的生长季节初期形成的，色浅而质松，称早材（图2·1·1·1—2 C）；后期形成的，色深而质密，称晚材（2·1·1·1—2 B）。每一生长季节在横截面上增加一个深浅相间的圆环，称生长轮。在热带、亚热带树木的生长期与雨季和旱季相适应，一年之内能形成数轮；而在温带、寒带的生长期则与一年相符，每年形成一轮，通称年轮。

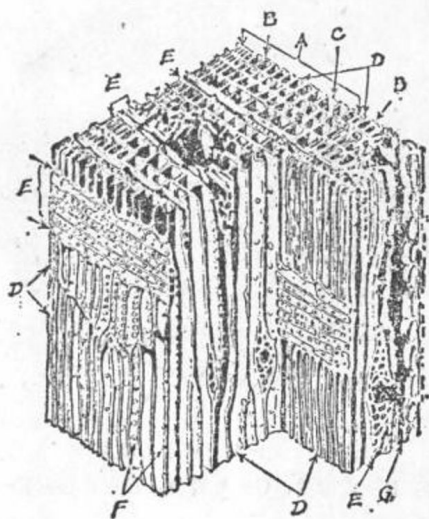


图2·1·1·1—2 针叶树材的显微构造

A—年轮，B—晚材，C—早材，D—假导管，E—木射线，
F—纹孔，G—纵向树脂道

髓心 呈褐色或淡褐色的髓心位于树干中央，为第一年的初生木质，由薄壁细胞组成，质软而强度低，易与周围的木质脱离。

木射线 从髓心向树皮断续穿过数个年轮而呈辐射状的条纹称木射线（图2·1·1·1—1 G），在木材的显微构造图中可以看到，这是在树木生长时起横向输送和贮藏养分的作用的薄壁细胞（图2·1·1·1—2 E），质软而强度低，木材干燥时常沿木射线开裂。

木材的细胞 以占针叶树材总体积90%以上的纵向管胞为例，其形状细长，两端呈尖削形，平均长度为3~5毫米，其长度为宽度的75~200倍。早材管胞细胞壁薄而腔大呈正方形（图2·1·1·1—2，C）；晚材细胞壁比早材厚约一倍而腔小呈矩形（图2·1·1·1—2 B）。从图2·1·1·1—2中可见，木材是由大量纵长而中空的细胞所组成的蜂窝状结构，这一特征决定了木材的一系列属性，特别是各向异性这一重要特性。

木材细胞壁的纹孔 不论是纵向或横向生长的木材细胞，其细胞壁上均散布不少纹孔（图2·1·1·1—2 F）。这是木材细胞之间水分和养料的通道，也是木材干燥、防腐、防虫、防火的药剂处理以及胶合时，水分、药剂或胶液渗透的通道。应当指出，在边材部分的纹孔一般皆通畅无阻；但在已经老化的心材中，有部分纹孔闭塞不通。

2·1·1·2 木材缺陷

对建筑用木材影响较大的缺陷为腐朽、虫蛀、木节、斜纹和裂缝。

木节系树干上的分枝在生长过程中逐渐被包藏而形成，因此在节旁构成涡纹（图2·1·1·2, a）。当活枝条被包藏则形成活节，其材质坚硬，构造正常，与周围木材全部紧密相连。当

枯枝被包藏则形成死节，它与周围木材部分甚至全部脱离。其中材质坚硬的称死硬节，干枯后容易脱落，故又称脱落节；材质松软变质，但周围木质是健全的，称松软节。当死节本身已腐朽，但尚未透入树干内部的，称腐朽节；若已透入树干内部，且本身已形成筛孔状、粉末状或成空洞，则称漏节。

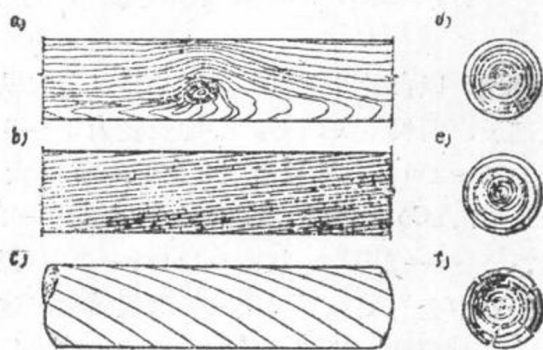


图2·1·1·2 木节、斜纹和裂缝

斜纹有天然和人为的两种。天然斜纹包括节旁的涡纹（图2·1·1·2a），原木的扭纹（图2·1·1·2c）以及从这种原木锯得的板方材所呈现的斜纹。人为斜纹是由于锯解面与木纹方向不平行所致（图2·1·1·2b）。

树木在生长期间或伐倒后受外力作用或温度、湿度变化的影响，致使木材纤维间发生脱离现象，称为裂缝。天然裂缝有径裂（图2·1·1·2d）和轮裂（图2·1·1·2e）两种，二者皆为内部裂缝。树木伐倒后的裂缝是在干燥过程中形成的外部裂缝（图2·1·1·2f）。

2.1.1.3 木材中的水分

依其存在的状态可分为两种：呈游离状态存在于细胞腔和细胞间隙中的称自由水（或游离水）；呈吸附状态存在于细胞壁内的称吸附水。

含水率 木材中所含水分的多寡用其所含水重与绝对干重的比值表示，称含水率：

$$W = \frac{G_g - G_h}{G_h} \times 100$$

式中：G_g—木材试件烘干前的重量（以克计），
G_h—木材试件烘干后的重量（以克计）。

测定木材含水率通常采用重量法（见本规范附录三、一）和电测法（见本规范附录三、二）。重量法精确可靠，但只能在实验室内进行；电测法比较简捷且不破坏木材，适于工地和贮木场大批测定，但只能测得表层1—2厘米的含水率。

木材的平衡含水率 木材中的水分不断地随其周围空气的相对湿度及温度的变化而增减。在一定的相对湿度下形成空气中的蒸汽压力大于木材表面水分的蒸汽压力时，木材向内吸收水分，称吸湿；反之，则木材中的水分向外蒸发，称解吸。木材的这种特性叫做吸湿性。

当木材长时间暴露在一定的相对湿度及温度的空气中，会达到相对稳定的含水率，即水分的蒸发或吸收趋于停止，这时的含水率，称平衡含水率（图2.1.1.3—1）。

空气的相对湿度和温度因地域和季候而异，因此木材的平衡含水率亦随之有所不同。我们可根据当地的年平均空气相对湿度和温度，按图2.1.1.3—1求得该地的年平均平衡含水率。我国各地的年平均平衡含水率一般在10~18%之间。异常干燥的拉萨市则仅为8%，很潮湿的海口市则达19%。

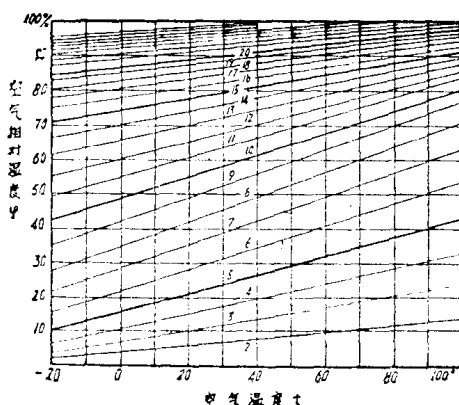


图2·1·1·3—1 木材的平衡含水率

木材的纤维饱和点 湿木材的干燥过程中，自由水首先蒸发。当自由水蒸发完毕而吸附水处于饱和状态时，其含水率称纤维饱和点。

当空气相对湿度为100%空气温度约为20℃时，多种木材纤维饱和点的含水率平均值约为30%，其变化范围约在23—33%之间。

木材的纤维饱和点是木材的一些属性发生变化的转折点。当木材含水率在纤维饱和点以上变化时，所反映的自由水的增减，这时除了重量随水分增减而变化外，木材的强度、体积及导电性皆不变化。当木材含水率在纤维饱和点以下变化时，反映了吸附水的变化。含水率降低，体积随之收缩，而强度提高，导电性减弱；反之则体积膨胀，强度降低，导电性增强。木材含水率电测仪就是根据导电性的变化规律而设计的。

木材的干缩 木材含水率在纤维饱和点以下减小时，引起干缩。其数值通常以含水率从纤维饱和点到达绝干状态时所减

小的尺寸（或体积）与绝干状态时的尺寸（或体积）的比值表示，称为干缩率；

$$Y = \frac{S_g - S_h}{S_h} \times 100$$

式中：S_g—试件含水率相当于或高于纤维饱和点时的尺寸（或体积），

S_h—试件烘干后的尺寸（或体积）

正常的木材顺纹方向的干缩率为0.1%，由于其数值很小，在工程实用中可忽略不计；径向干缩率为3～6%，弦向干缩率为6～12%，约为径向的一倍。

干缩率除以引起收缩的含水率W，称干缩系数，

$$K = \frac{Y}{W}$$

这就是在纤维饱和点以下，吸附水每减少1%含水率所引起的干缩数值。例如鱼鳞云杉的径向干缩系数为0.171%，弦向为0.349%。

木材干燥过程中的开裂和翘曲 原木或带髓心的方木在干燥过程中开裂的原因，主要有两种：一是弦向的收缩变形受到径向的约束，沿年轮产生环向拉应力；二是木料外层的水分蒸发速度比内层快，当外层的含水率降到纤维饱和点以下，其收缩变形受到内层的阻碍时，亦产生环向拉应力，干燥的速度越快，截面越大，则所产生的环向拉应力越大。当上述两种原因产生的拉应力之和超过木材横纹抗拉强度时，即由外向内发生开裂。一般皆在沿径向分布的木射线外拉开，所以原木的干缩裂缝均呈辐射分布（图2·1·1·3—2a）；带髓心的方木其主裂缝发生在宽面上，而位于髓心的两侧（图2·1·1·3—2b）。

木料端部水分蒸发较快，常形成严重的端裂，且往往因此只好将端部开裂过于严重的部分锯去。为了节约木材，应在施

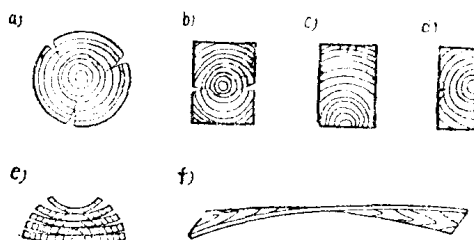


图2·1·1·3-2 木材干燥过程中开裂和翘曲的特点

工过程中，采取措施防止产生端裂。

云南松、东北落叶松等易于开裂的树种，在干燥过程中开裂的程度远远超过选材标准中规定的限值。为了将这些蓄积量较大的树种安全地应用于承重结构，原西南建筑科研所根据对云南松的研究，提出了“破心下料”的措施（参见本规范图2·1·5a）。由于年轮被切断，消除了由于弦、径两个方向收缩不一致所形成的沿年轮的环向拉应力，可以相当大地减小方木的开裂程度。西南建筑科研所采用截面相同的沿底边破心下料的方木（图2·1·1·3—2 c）、沿侧边破心下料的方木（图2·1·1·3—2 d）和带髓心的方木（图2·1·1·3—2 b）共三组试件进行对比试验，其结果说明，沿底边破心的方木开裂轻微，全部裂缝的深度却小于选材标准的限值，而沿侧边破心的方木尚有约30%的裂缝深度超过选材标准的限值。实践说明，若要获得能满足屋架下弦截面尺寸的沿底边破心的方木，则原本直径一般皆需大于40厘米。这只有云南松等径级较大的树种才能达到要求。

哈尔滨建工学院研究东北落叶松的防裂问题时，针对东北落针松的径级一般在30厘米以下，故采取沿侧边破心下料的扁方（参见本规范图2·1·5b）经干燥后髓心朝外用直径 $d=10\sim$

12毫米的螺栓拼合（参见本规范图2·1·5c），用作屋架下弦。试验证明，由于每块扁方的厚度一般皆在10厘米以内，截面较小，内外层木材干燥较均匀，消除了因内外蒸发水分的速度不一致形成的内应力，全部裂缝深度也都未超过选材标准规定的限值。

对于厚度仅为宽度三分之一以内的板材来说，既已破心且厚度又小，因此在干燥过程中，弦、径两个方向干缩率不同不致开裂，若任其自由变形，则将发生翘曲（图2·1·1·3—2，e、f）。板材横向翘曲的方向恰与年轮的弧线相反，离髓心越远，翘曲的程度就越大。

2·1·2 承重结构构件的选材标准

木纹平直无缺陷的木材具有很高的强度，但是在木构件中不可避免地存在木节、斜纹、裂缝等缺陷。它们对木材各种受力的情况，具有程度不同的影响，这种影响还因原木、方木或板材而异。

木材缺陷对顺纹抗拉强度的影响最大。当有斜纹时，由于木纹方向与拉力方向不一致，产生横纹方向的分力，而木材横纹抗拉强度仅为顺纹抗拉强度的1/40到1/10，使木拉杆的强度降低。木纹斜率愈大，降低也愈多。干缩裂缝沿斜率颇大的木纹开展时，对木拉杆的危害很大，工程实践中曾因此导致木下弦的断裂。因此，对受拉构件应严格限制木纹的斜率。

木节对受拉拉构件的承载能力影响很大，有以下三方面的原因：

1. 木节系包藏在周围木材中的枝条，相互联系较弱，几乎不能传递拉力，而削弱了截面，且木节一般很少位于构件的正中，所以还使所在截面偏心受力；

2. 木节旁存在涡纹，使该处形成斜纹受拉；