

工程建设标准全文信息系统

中华人民共和国国家标准

木结构设计规范

GBJ 5—88



1989 北京

工程建设标准全文信息系统

中华人民共和国国家标准

木结构设计规范

GBJ 5—88

主编部门：中华人民共和国原城乡建设环境保护部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1989年7月1日

1989 北京

关于发布国家标准《木结构设计规范》的通知

(88) 建标字第 272 号

根据原国家建委 (81) 建发设字第 546 号文的要求, 由中国建筑西南设计院、四川省建筑科学研究院及哈尔滨建筑工程学院会同有关单位共同修订的《木结构设计规范》, 已经有关部门会审, 现批准修订后的《木结构设计规范》**GBJ5—88** 为国家标准, 自一九八九年七月一日起施行。原《木结构设计规范》**GBJ5—73** 自一九九一年一月一日起废止。

本规范由建设部管理, 具体解释工作由中国建筑西南设计院负责。出版发行由中国建筑工业出版社负责。

中华人民共和国建设部

一九八八年十月十四日

修 订 说 明

本规范是根据原国家建委(81)建发设字第546号文的要求,由中国建筑西南设计院、四川省建筑科学研究院及哈尔滨建筑工程学院会同国内有关科研、设计、施工单位和高等院校对《木结构设计规范》(GBJ5—73)修订而成。

本规范在修订过程中,修订组组织了全国有关设计、科研和高等院校,按统一的计划要求,进行了大量的调查研究和科学试验;总结了近年来国内工程实践经验和科研成果;参考了有关的国际标准和国外先进标准,在广泛征求全国有关单位的意见后,经反复修改,最后由我部会同有关部门审查定稿。

本规范共分八章和十一个附录。这次修订的主要内容有:根据国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84的规定,采用以概率理论为基础的极限状态设计;全面校准可靠度指标 β 值,改进材料强度分级方法;轴心受压构件稳定系数改用两条曲线;改进压弯构件承载能力的计算公式;修正齿连接计算系数 ψ_e 值;增加胶合木结构内容;增加木结构设计对施工质量要求的内容,以及完善木结构防腐、防虫药剂和增加木结构防火措施等内容。

本规范必须与按1984年国家批准发布的《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84制订、修订的《建筑结构荷载规范》GBJ9—87等各种建筑结构设计标准规范配套使用,不得与未按《建筑结构设计统一标准》GBJ68—84制订、修订的国家各种建筑结构设计标准规范混用。

为了进一步提高本规范的修订水平,请各单位在执行本规范过程中,注意积累资料,总结经验,如有需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄交中国建筑西南设计院(四川成都金华街)以供今后修订时参考。

中华人民共和国建设部

一九八八年七月

目 录

第一章 总则	1
第二章 材料	2
第一节 木材	2
第二节 钢材	4
第三节 结构用胶	5
第三章 基本设计规定	6
第一节 设计原则	6
第二节 设计指标和容许值	7
第四章 木结构构件的计算	12
第一节 轴心受拉和轴心受压构件	12
第二节 受弯构件	14
第三节 拉弯和压弯构件	16
第五章 木结构连接的计算	17
第一节 齿连接	17
第二节 螺栓连接和钉连接	20
第六章 木结构的设计和构造	25
第一节 一般规定	25
第二节 屋面木基层和木梁	27
第三节 桁架	27
第四节 天窗	29
第五节 支撑	31
第六节 锚固	33
第七节 胶合木结构	33
第七章 设计对施工的质量要求	37
第一节 一般规定	37
第二节 构件制作	38
第三节 结构连接的制作和装配	38

第四节	木结构的运输和安装	40
第八章	木结构的防腐防虫和防火	41
第一节	木结构的防腐防虫	41
第二节	木结构的防火	43
附录一	在承重结构中使用新利用树种木材的设计要求	45
附录二	承重结构木材的材质标准	47
附录三	木结构检查与维护要求	51
附录四	胶粘能力检验标准	52
附录五	本规范采用的木材名称及常用树种木材 的主要特性	56
附录六	轴心受压构件的稳定系数	58
附录七	木材强度检验标准	60
附录八	胶合工艺要求	61
附录九	木材防腐防虫处理要求	63
附录十	非法定计量单位与法定计量单位的换算关系	66
附录十一	本规范用词说明	67
附加说明	68

主要符号

作用效应

- M ——弯矩设计值；
- N ——轴心力设计值；
- N_b ——保险螺栓承受的拉力设计值；
- V ——剪力设计值；
- σ_t ——轴心受拉应力设计值；
- σ_c ——轴心受压应力设计值；
- σ_m ——受弯应力设计值；
- τ ——受剪应力设计值；
- ω ——受弯构件的挠度。

材料性能和抗力

- E ——木材顺纹弹性模量；
- f_t ——木材顺纹抗拉强度设计值；
- f_c ——木材顺纹抗压及承压强度设计值；
- $f_{c,90}$ ——木材横纹承压强度设计值；
- f_{α} ——木材斜纹承压强度设计值；
- f_m ——木材抗弯强度设计值；
- f_v ——木材顺纹抗剪强度设计值；
- N_v ——连接物每一剪面的设计承载力；
- $[\omega]$ ——受弯构件的容许挠度值。

几何参数

- A ——毛截面面积；
- A_n ——净截面面积；

- A_0 ——截面的计算面积；
- A_c ——承压面面积；
- A_v ——剪面面积；
- I ——毛截面惯性矩；
- S ——毛截面面积矩；
- W ——毛截面抵抗矩；
- W_n ——净截面抵抗矩；
- b ——截面宽度；
- b_v ——剪面宽度；
- d ——直径；
- h ——截面高度；
- i ——回转半径；
- l ——长度或跨度；
- l_0 ——受压构件计算长度；
- l_v ——剪面长度；
- r ——半径；
- r_c ——弧形构件的曲率半径；
- s ——螺栓、钉等的间距；
- t ——钢板、层板的厚度；
- α ——夹角；
- η ——坡度；
- λ ——长细比；

计 算 系 数

- φ ——轴心受压构件稳定系数；
- k_v ——螺栓或钉连接设计承载力的计算系数；
- ψ_a ——螺栓连接中考虑木材斜纹承压的降低系数；
- ψ_v ——考虑沿剪面长度剪应力分布不匀的强度降低系数；
- ψ_m ——弧形木构件抗弯强度修正系数。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为使木结构的设计贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量和节约木材，特制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于工业与民用房屋和一般构筑物的承重木结构（包括由木板组成的承重胶合木结构）的设计。

第 1.0.3 条 本规范的设计原则是根据国家标准《建筑设计统一标准》**GBJ68—84** 制订的。

第 1.0.4 条 承重木结构应在正常温度和湿度环境中的房屋结构和构筑物中使用。

凡处于下列生产、使用条件的房屋和构筑物不应采用木结构：

- 一、极易引起火灾；
- 二、受生产性高温影响，木材表面温度高于 50℃；
- 三、经常受潮且不易通风。

第 1.0.5 条 木结构的设计，除应遵守本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

第二章 材 料

第一节 木 材

第 2.1.1 条 承重结构用的木材，应从本规范表 3.2.1—1 所列的树种中选用。主要的承重构件宜采用针叶材；重要的木制连接件应采用细密、直纹、无节和无其他缺陷的耐腐的硬质阔叶材。

在确保工程质量的前提下，可逐步扩大树种的利用。当采用新利用树种木材作承重结构时，可按本规范附录一的要求进行设计。

第 2.1.2 条 承重结构用的木材，其材质可分为三级。设计时，应根据构件的受力种类按表 2.1.2—1 的要求选用适当等级的木材。

承重结构木构件材质等级

表 2.1.2—1

项 次	构 件 类 别	材 质 等 级
1	受拉或拉弯构件	I
2	受弯或压弯构件	II
3	受压构件及次要受弯构件（如吊顶小龙骨等）	III

注：1. 屋面板、挂瓦条等次要构件可根据各地习惯选材，本规范不统一规定其材质等级。

2. 本表中木材材质等级系按承重结构的受力要求分级，其选材应符合本规范附录二材质标准的规定，不得用一般商品材的等级标准代替。

胶合木结构用的木材材质，亦分为三级。设计时，应根据胶合木构件的受力种类和部位，按表 2.1.2—2 的要求选用适当等级的木材。

胶合木构件的材质等级表

表 2.1.2-2

项次	构件类别	材质等级	木材等级配置图
1	受拉或拉弯构件	I _g	
2	受压构件（不包括拱和桁架的上弦）	III _g	
3	拱或桁架的上弦以及高度不大于 500mm 的胶合梁 (1) 构件上下边缘各 0.1h 的区域，且不少于两层板 (2) 其余部分	I _g III _g	
4	高度大于 500mm 的胶合梁 (1) 梁的受拉边缘 0.1h 区域，且不少于两层板 (2) 距梁的产边缘 0.1h 至 0.2h (3) 梁的受压边缘 0.1h 区域，且不少于两层板 (4) 其余部份	I _g II _g I _g III _g	
5	侧立腹板工字梁 (1) 受拉翼缘板 (2) 受压翼缘板 (3) 腹板	I _g II _g III _g	

注：1.h——截面高度。

2. 同表 2.1.2-1 注 2。

选用的各等级木材的材质标准，应符合本规范附录二的规定。

第 2.1.3 条 在制作构件时，木材含水率应符合下列要求：

- 一、对于原木或方木结构不应大于 25%；
- 二、对于板材结构及受拉构件的连接板不应大于 18%；

三、对于木制连接件不应大于 15%；

四、对于胶合木结构不应大于 15%，且同一构件各木板间的含水率差别不应大于 5%。

第 2.1.4 条 当受条件限制需直接使用湿材制作原木或方木结构时，应符合下列规定：

一、桁架下弦宜选用型钢或圆钢。当采用木下弦时，宜采用原木或“破心下料”（图 2.1.4）的方木。

二、桁架受拉腹杆应采用圆钢，以便于调整。

三、在计算和构造上应符合本规范有关湿材的规定。

四、板材结构及受拉构件的连接板等，不应使用湿材制作。

五、在房屋或构筑物建成后，应加强结构的检查和维护，结构的检查和维护可按本规范附录三的规定进行。

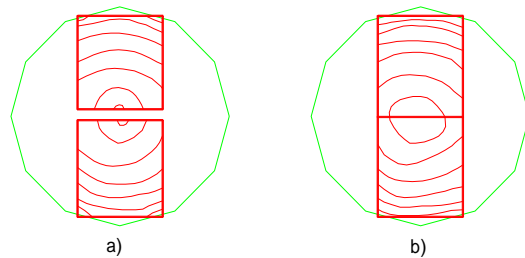


图 2.1.4 “破心下料”的方木

第二节 钢 材

第 2.2.1 条 承重木结构中用的钢材，宜采用符合国家现行的《普通碳素结构钢技术条件》规定的平炉或氧气转炉 3 号钢。对于承受振动荷载或计算温度低于 -30°C 的结构，宜采用 3 号镇静钢。

第 2.2.2 条 螺栓材料应采用符合国家现行《普通碳素结构钢技术条件》规定的 3 号钢。

第 2.2.3 条 钢构件焊接用的焊条，应符合国家现行《低碳钢及低合金高强度钢焊条》规定的要求。焊条的型号应与主体金属强度相适应。

第 2.2.4 条 用于承重木结构中的钢材，应具有抗拉强度、伸长率、屈服点和硫、磷含量的合格保证。对焊接的构件尚应具有碳含量的合格保证。

钢木桁架的圆钢下弦，直径 d 不小于 20mm 的拉杆或计算温度低于 -30°C 条件下的钢构件，尚应具有冷弯试验的合格保证。

第三节 结 构 用 胶

第 2.3.1 条 承重结构使用的胶，应保证其胶合强度不低于木材顺纹抗剪和横纹抗拉的强度。胶连接的耐水性和耐久性，应与结构的用途和使用年限相适应。

第 2.3.2 条 对于在使用中有可能受潮的结构以及重要的建筑物，应采用耐水胶（如苯酚甲醛树脂胶等）；对于在室内正常温、湿度环境中使用的一般胶合木结构，可采用中等耐水性胶（如尿酚醛树脂胶或尿素甲醛树脂胶等）。

承重结构用胶，除应具有出厂合格证明外，尚应在使用前按本规范附录四的规定检验其胶粘能力。

第三章 基本设计规定

第一节 设计原则

第 3.1.1 条 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以分项系数设计表达式进行计算。

第 3.1.2 条 木结构的计算，应考虑下列两种极限状态：

一、承载能力极限状态。这种极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载能力；

二、正常使用极限状态。这种极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用的某项规定容许值。

对于所有结构均应按承载能力极限状态计算其强度及稳定性。

对于在使用时变形值须受限制的结构，应按正常使用极限状态的要求验算其变形。

第 3.1.3 条 设计木结构时，荷载应按国家标准《建筑结构荷载规范》GBJ9—87 的规定执行。

对于承载能力极限状态，应采用荷载效应的基本组合进行设计；对正常使用极限状态，应采用荷载的短期效应组合进行设计。

第 3.1.4 条 设计木结构时，应根据结构破坏产生的后果，采用不同的安全等级。在一般情况下，工业与民用房屋和一般构筑物的木结构，其安全等级可取为二级。对于特殊建筑物的木结构，其安全等级可根据具体要求另行确定。

本规范所有设计指标均按安全等级为二级确定。

第 3.1.5 条 木结构中的钢构件设计，应遵守国家现行《钢结构设计规范》的规定。

第二节 设计指标和容许值

第 3.2.1 条 在正常情况下,木材的强度设计值及弹性模量,应按表 3.2.1-1 采用。

对于下列情况,表 3.2.1-1 中的设计指标,尚应按下列规定予以调整:

常用树种木材的强度设计值和弹性模量 (N/mm²) 表 3.2.1-1

强度等级	组别	适用树种	抗弯 f_m	顺纹抗压及承压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E
							全表面	局部表面及齿面	拉力螺栓垫板下面	
TC ₁₇	A	柏木	17	16	10	1.7	2.3	3.5	4.6	10000
	B	东北落叶松		15	9.5	1.6				
TC ₁₅	A	铁杉、油杉	15	13	9	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
	B	鱼鳞云杉、西南云杉		12	9	1.5				
TC ₁₃	A	油松、新疆落叶松、云南松、马尾松	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
	B	红皮云杉、丽江云杉、红松、樟子松		10	8.0	1.4				9000
TC ₁₁	A	西北云杉、新疆云杉	11	10	7.5	1.4	1.8	2.7	3.6	9000
	B	杉木、冷杉		10	7.0	1.2				
TB ₂₀	—	栎木、青冈、木	20	18	12	2.8	4.2	6.3	7.4	12000
TB ₁₇	—	水曲柳	17	16	11	2.4	3.8	5.7	7.6	11000
TB ₁₅	—	锥栗(栲木)、桦木	15	14	10	2.0	3.1	4.7	6.2	10000

注: 1. 对位于木构件端部(如接头处)的拉力螺栓垫板,其计算中所取的木材横纹承压强度设计值,应按“局部表面及齿面”一栏的数值采用。

2. 木材树种归类说明见本规范附录五。

一、在本规范表 3.2.1—2 所列的使用条件下，木材的强度设计值和弹性模量，应乘以该表的调整系数。

木材强度设计值和弹性模量的调整系数 表 3.2.1—2

项次	使用条件	调整系数	
		强度设计值	弹性模量
1	露天结构	0.9	0.85
2	在生产性高温影响下，木材表面温度达 40~50℃	0.8	0.8
3	恒荷载验算（注 1）	0.8	0.8
4	木构筑物	0.9	1.0
5	施工荷载	1.3	1.0

注：1. 仅有恒荷载或恒荷载所产生的内力超过全部荷载所产生的内力的 80% 时，应单独以恒荷载进行验算。

2. 当若干条件同时出现，表列各系数应连乘。

二、当采用原木时，若验算部位未经切削，其顺纹抗压和抗弯强度设计值和弹性模量可提高 15%。

三、当构件矩形截面的短边尺寸不小于 150mm 时，其抗弯强度设计值可提高 10%。

四、当采用湿材时，各种木材的横纹承压强度设计值和弹性模量，以及落叶松木材的抗弯强度设计值宜降低 10%。

第 3.2.2 条 木材斜纹承压的强度设计值，可按下列公式确定：

当 $\alpha \leq 10^\circ$ 时，

$$f_{\alpha} = f_c \quad (3.2.2-1)$$

当 $10^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 时，

$$f_{\alpha} = \frac{f_c}{1 + \left(\frac{f_c}{f_{c,90}} - 1 \right) \frac{\alpha - 10^\circ}{80^\circ} \sin \alpha} \quad (3.2.2-2)$$

式中 f_{α} ——木材斜纹承压的强度设计值 (N/mm²)；

α ——作用力方向与木纹方向的夹角 (°)。

木材斜纹承压强度设计值亦可根据 f_c 、 $f_{c,90}$ 和 α 数值从图 3.2.2 查得。

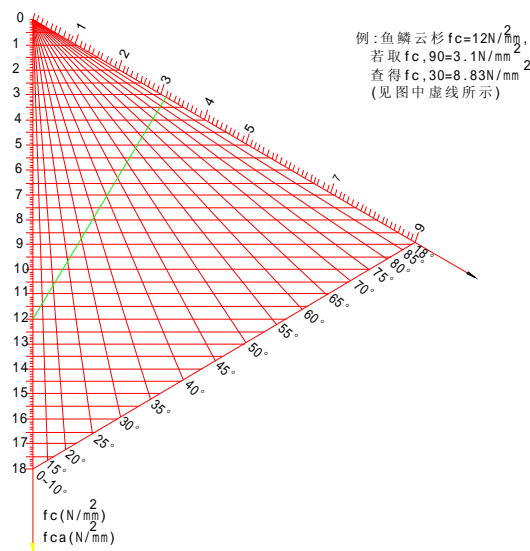


图 3.2.2 木材斜纹承压强度设计值

第 3.2.3 条 受弯构件的计算挠度，不应超过表 3.2.3 的容许挠度值。

受弯构件的容许挠度值 表 3.2.3

项次	构件类别	容许挠度值 [ω]
1	檩条	$l \leq 3.3m$
		$l > 3.3m$
2	缘条	$l/150$
3	抹灰吊顶中的受弯构件	$l/250$
4	楼板梁和搁栅	$l/250$

注：表中 l ——受弯构件的计算跨度。

第 3.2.4 条 验算桁架受压构件的稳定时，其计算长度 l_0 应按下列规定采用：

- 一、平面内：取节点中心间的距离；
- 二、平面外：屋架上弦取锚固檩条间的距离；腹杆取节点中心间的距离；在杆系、框架及类似结构中的受压下弦，取侧向支撑点间的距离。

第 3.2.5 条 受压构件的长细比，不应超过表 3.2.5 的容许长细比。

受压构件的容许长细比 表 3.2.5

项次	构件类别	容许长细比 [λ]
1	结构的主要构件（包括桁架的弦杆、支座处的竖杆或斜杆以及承重柱等）	120
2	一般构件	150
3	支撑	200

第 3.2.6 条 原木构件沿其长度的直径变化率，可按每米 9mm（或当地经验数值）采用。验算挠度和稳定时，可取构件的中央截面；验算抗弯强度时，可取最大弯矩处的截面。

注：标注原木直径时，应以小头为准。

第 3.2.7 条 承重木结构中的钢构件部分，其强度设计值和设计容许值应按国家现行《钢结构设计规范》采用。

第 3.2.8 条 当采用两根圆钢共同受拉时，宜将钢材的强度设计值乘以 **0.85** 的调整系数。

对圆钢拉杆应验算螺纹部分的净截面受拉，其强度设计值应按国家现行《钢结构设计规范》粗制螺栓的数值采用。

第四章 木结构构件的计算

第一节 轴心受拉和轴心受压构件

第 4.1.1 条 轴心受拉构件的承载能力，应按下式验算：

$$\sigma_t = \frac{N}{A_n} \leq f_t \quad (4.1.1)$$

式中 f_t ——木材顺纹抗拉强度设计值 (N/mm^2)；

σ_t ——轴心受拉应力设计值 (N/mm^2)；

N ——轴心拉力设计值 (N)；

A_n ——受拉构件的净截面面积 (mm^2)。计算 A_n 时应将分布在 150mm 长度上的缺孔投影在同一截面上扣除。

第 4.1.2 条 轴心受压构件的承载能力，应按下列公式验算：

一、按强度验算

$$\sigma_c = \frac{N}{A_n} \leq f_c \quad (4.1.2-1)$$

二、按稳定验算

$$\frac{N}{\varphi A_0} \leq f_c \quad (4.1.2-2)$$

式中 f_c ——木材顺纹抗压强度设计值 (N/mm^2)；

σ_c ——轴心受压应力设计值 (N/mm^2)；

N ——轴心压力设计值 (N)；

A_n ——受压构件的净截面面积 (mm^2)；

A_0 ——受压构件截面的计算面积 (mm^2)，按本规范第 4.1.3 条确定；

φ ——轴心受压构件稳定系数，按本规范第 4.1.4 条确定。

第 4.1.3 条 受压构件截面的计算面积,应按下列规定采用:

一、无缺口时,取

$$A_o = A$$

式中 A ——受压构件的毛截面面积 (mm^2)。

二、缺口不在边缘时

(图 4.1.3a), 取

$$A_o = 0.9A$$

三、缺口在边缘且为对称时 (图 4.1.3b), 取

$$A_o = An$$

四、缺口在边缘但不
对称时 (图 4.1.3c), 应按
偏心受压构件计算

五、验算稳定时,螺
栓孔可不作为缺口考虑。

第 4.1.4 条 轴心受
压构件的稳定系数, 应根
据不同树种的强度等级按
下列公式计算:

一、树种强度等级为

TC₁₇、TC₁₅、及

TB₂₀:

当 $\lambda \leq 75$ 时

$$\varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{\lambda}{80}\right)^2} \quad (4.1.4-1)$$

当 $\lambda > 75$ 时

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} \quad (4.1.4-2)$$

二、树种强度等级为 TC₁₃、TC₁₁、TB₁₇ 及 TB₁₅:

当 $\lambda \leq 91$ 时

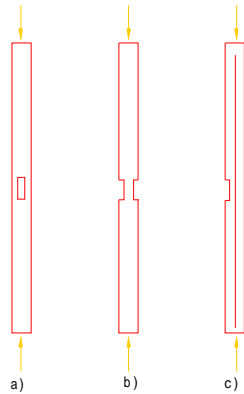


图 4.1.3 受压构件缺口示意图

$$\varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{\lambda}{65}\right)^2} \quad (4.1.4-3)$$

当 $\lambda > 91$ 时

$$\varphi = \frac{2800}{\lambda^2} \quad (4.1.4-4)$$

式中 φ ——轴心受压构件稳定系数；

λ ——构件的长细比，按本规范第 4.1.5 条确定。

轴心受压构件稳定系数亦可根据不同的树种强度等级与木构件的长细比从附录六的附表中查得。

第 4.1.5 条 构件的长细比，不论构件截面上有无缺口，均应按下列公式计算：

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (4.1.5-1)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (4.1.5-2)$$

式中 l_0 ——受压构件的计算长度 (mm)；

i ——构件截面的回转半径 (mm)；

I ——构件的毛截面惯性矩 (mm²)；

A ——构件的毛截面面积 (mm²)。

受压构件的计算长度，应按实际长度乘以下列系数：

两端铰接	1.0
一端固定，一端自由	2.0
一端固定，一端铰接	0.8

第二节 受弯构件

第 4.2.1 条 受弯构件的抗弯承载能力，应按下列式验算：

$$\sigma_m = \frac{M}{W_n} \leq f_m \quad (4.2.1)$$

式中 f_m ——木材抗弯强度设计值 (N/mm²)；

σ_m ——受弯应力设计值 (N/mm²)；

M ——弯矩设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$);
 W_n ——构件的净截面抵抗矩 (mm^3)。

第 4.2.2 条 受弯构件的抗剪承载能力, 应按下式验算:

$$\tau = \frac{VS}{Ib} \leq f_v \quad (4.2.2)$$

式中 f_v ——木材顺纹抗剪强度设计值 (N/mm^2);
 τ ——受剪应力设计值 (N/mm^2);
 V ——剪力设计值 (N);
 I ——构件的毛截面惯性矩 (mm^4);
 b ——构件的截面宽度 (mm);
 S ——剪切面以上的毛截面面积对中和轴的面积矩 (mm^3)。

第 4.2.3 条 受弯构件的挠度, 应按下式验算:

$$\omega \leq [\omega] \quad (4.2.3)$$

式中 $[\omega]$ ——受弯构件的容许挠度值 (mm), 应按本规范表 3.2.3 采用;

ω ——构件按荷载短期效应组合计算的挠度 (mm)。

第 4.2.4 条 双向受弯构件, 应按下列公式验算:

一、按承载能力验算

$$\sigma_{mx} + \sigma_{my} \leq f_m \quad (4.2.4-1)$$

二、按挠度验算

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2} \leq [\omega] \quad (4.2.4-2)$$

式中 σ_{mx} 和 σ_{my} ——对构件截面 x 轴和 y 轴的受弯应力设计值 (N/mm^2);

ω_x 和 ω_y ——按荷载短期效应组合计算的沿构件截面 x 轴和 y 轴方向的挠度 (mm)。

对构件截面 x 轴和 y 轴的受弯应力设计值按下列公式计算:

$$\sigma_{mx} = \frac{M_x}{W_{nx}} \quad (4.2.4-3)$$

$$\sigma_{my} = \frac{M_y}{W_{ny}} \quad (4.2.4-4)$$

式中 M_x 和 M_y ——对构件截面 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 ($\text{N} \cdot \text{mm}$);

W_{nx} 和 W_{ny} ——对构件截面 x 轴和 y 轴的净截面抵抗矩 (mm^3)。

第三节 拉弯和压弯构件

第 4.3.1 条 拉弯构件的承载能力, 应按下列公式验算:

$$\frac{N}{A_n} + \frac{Mf_t}{W_n f_m} \leq f_t \quad (4.3.1)$$

第 4.3.2 条 压弯构件的承载能力, 应按下列公式验算:

$$\frac{N}{\varphi_n A_o} \leq f_t \quad (4.3.2-1)$$

$$\varphi_n = \left[1 - \frac{\sigma_m}{f_m \left(1 + \sqrt{\frac{\sigma_c}{f_c}} \right)} \right]^2 \quad (4.3.2-2)$$

式中 φ_n ——考虑轴心力和横向弯矩共同作用的折减系数。

当验算垂直于弯矩作用平面的稳定时, 可按本规范公式 (4.1.2-2) 验算, 不考虑弯矩的影响。

当仅验算压弯构件的截面强度, 不考虑轴心受压构件稳定系数 φ 值的影响时, 可按下列公式验算:

$$\frac{N}{A_n} + \frac{Mf_c}{W_n f_m} \leq f_c \quad (4.3.2-3)$$

第五章 木结构连接的计算

第一节 齿 连 接

第 5.1.1 条 齿连接可采用单齿（图 5.1.1—1）或双齿（图 5.1.1—2）的形式，并应符合下列规定：

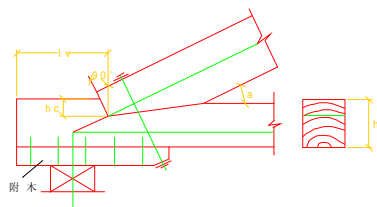


图 5.1.1—1 单齿连接

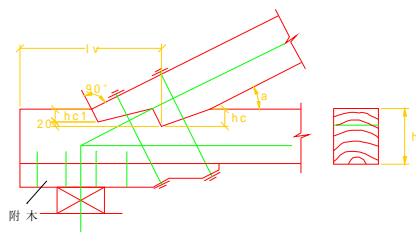


图 5.1.1—2 双齿连接

一、齿连接的承压面，应与所连接的压杆轴线垂直。

二、单齿连接应使压杆轴线通过承压面中心。

三、木桁架支座节点的上弦轴线和支座反力的作用线，当采用方木或板材时，宜与下弦净截面的中心线交汇于一点；当采用原木时，可与下弦毛截面的中心线交汇于一点。此时，刻齿处的截面可按轴心受拉验算。

四、齿连接的齿深，对于方木不应小于 20mm；对于原木不应小于 30mm。

桁架支座节点齿深不应大于 $h/3$ (h 为沿齿深方向的构件截面高度)。中间节点的齿深不应大于 $h/4$ 。

双齿连接中，第二齿的齿深 h_o 应比第一齿的齿深 h_{o1} 至少大 20mm。单齿和双齿第一齿的剪面长度不应小于 4.5 倍齿深。

当采用湿材制作时，水桁架支座节点齿连接的剪面长度应比计算值加长 50mm。

第 5.1.2 条 单齿连接应按下列公式验算：

一、按木材承压

$$\sigma_c = \frac{N}{A_c} \leq f_{\alpha} \quad (5.1.2-1)$$

式中 f_{α} ——木材斜纹承压强度设计值 (N/mm²)，按本规范第 3.2.2 条确定；

σ_c ——承压应力设计值 (N/mm²)；

N ——轴心压力设计值 (N)；

A_c ——齿的承压面积 (mm²)。

二、按木材受剪

$$\tau = \frac{V}{l_o b_o} \leq \psi_o f_o \quad (5.1.2-2)$$

式中 f_o ——木材顺纹抗剪强度设计值 (N/mm²)；

τ ——受剪应力设计值 (N/mm²)；

V ——剪力设计值 (N)；

l_o ——剪面计算长度，其取值不得大于 8 倍齿深 h_o ；

b_v ——剪面宽度；

ψ_v ——考虑沿剪面长度剪应力分布不匀的强度降低系数，可按表 5.1.2 采用。

单齿连接的强度降低系数 表 5.1.2

l_v/h_c	4.5	5	6	7	8
ψ_v	0.95	0.89	0.77	0.70	0.64

第 5.1.3 条 双齿连接的承压，应按本规范公式 5.1.2—1 验算，但其承压面面积应取两个齿承压面面积之和。

双齿连接的受剪，仅考虑第二齿剪面的工作。验算时，仍应采用本规范公式 5.1.2—2，并符合下列规定：

- 一、受剪应力设计值 τ ，应按连接中全部剪力设计值 V 计算。
- 二、剪面计算长度 l_v 的取值不得大于 10 倍齿深 h_c 。

三、双齿连接考虑沿剪面长度剪应力分布不匀的强度降低系数 ψ_v ，值应按表 5.1.3 采用。

双齿连接的强度降低系数 表 5.1.3

l_v/h_c	6	7	8	10
ψ_v	1.00	0.93	0.85	0.71

第 5.1.4 条 桁架支座节点采用齿连接时，必须设置保险螺栓。保险螺栓应与上弦轴线垂直。保险螺栓所承受的拉力设计值，应按下式确定：

$$N_b = N \operatorname{tg} (60^\circ - \alpha) \quad (5.1.4)$$

式中 N_b ——保险螺栓所承受的拉力设计值 (N)；

N ——上弦的轴心压力设计值 (N)；

α ——上弦与下弦的夹角 (°)。

保险螺栓宜选用 3 号钢制作，其强度设计值尚应乘以 1.25 的调整系数。

设计齿连接时，不应考虑保险螺栓与齿共同作用。双齿连接宜选用两个直径相同的保险螺栓（图 5.1.1—2），但不应考虑本规范第 3.2.8 条的调整系数。

附木应与下弦钉牢，钉子数量可按构造布置确定。

第二节 螺栓连接和钉连接

第 5.2.1 条 螺栓连接和钉连接中可采用双剪连接（图 5.2.1—1）或单剪连接（图 5.2.1—2）。连接木构件的最小厚度，应符合表 5.2.1 的要求。

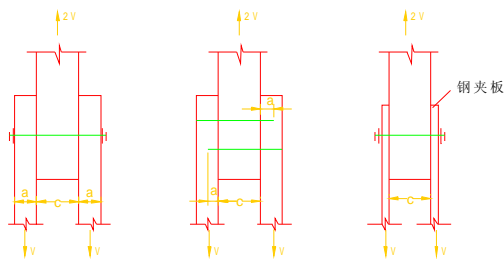


图 5.2.1—1 双剪连接

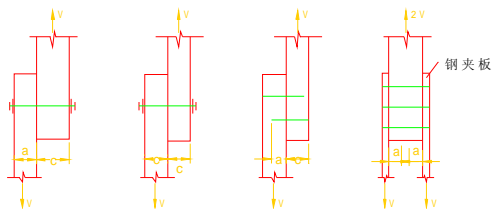


图 5.2.1—2 单剪连接

螺栓连接和钉连接中木构件的最小厚度 表 5.2.1

连接形式	螺 栓 连 接		钉 连 接
	$d < 18\text{mm}$	$d \geq 18\text{mm}$	
双剪连接 (图 5.2.1-1)	$c \geq 5d$ $a \geq 2.5d$	$c \geq 5d$ $a \geq 4d$	$c \geq 8d$ $a \geq 4d$
单剪连接 (图 5.2.1-2)	$a \geq 7d$ $a \geq 2.5d$	$c \geq 7d$ $a \geq 4d$	$c \geq 10d$ $a \geq 4d$

注：表中 c ——中部构件的厚度或单剪连接中较厚构件的厚度；
 a ——边部构件的厚度或单剪连接中较薄构件的厚度；
 d ——螺栓或钉的直径。

对于钉连接，表 5.2.1 中木构件厚度 a 或 c 值，应取钉在该构件中的实际有效长度。在未被钉穿的构件中，计算钉的实际有效长度时，应扣去钉尖长度（按 $1.5d$ 计）。若钉尖穿出最后构件的表面，则该构件计算厚度也应减少 $1.5d$ 。

第 5.2.2 条 当木构件最小厚度符合本规范表 5.2.1 的要求时，螺栓连接或钉连接每一剪面的设计承载力应按下式确定：

$$N_v = k_v d^2 \sqrt{f_c} \quad (5.2.2)$$

式中 N_v ——每一剪面的设计承载力 (N)；
 f_c ——木材顺纹承压强度设计值 (N/mm²)；
 d ——螺栓或钉的直径 (mm)；
 k_v ——螺栓或钉连接设计承载力的计算系数，按表 5.2.2 采用。

螺栓或钉连接承载力的计算系数 表 5.2.2

连接形式	螺 栓 连 接				钉 连 接				
	a/d	k_v							
	2.5~3	4	5	≥ 6	4	6	8	10	≥ 11
		5.5	6.1	6.7	7.5	7.6	8.4	9.1	10.2
									11.1

采用钢夹板时，计算系数 k_v 取表中螺栓或钉的最大值。当木构件采用湿材制作时，螺栓连接计算系数 k_v 的取值不应大于

6.7。

第 5.2.3 条 在单剪连接中，若受条件限制，木构件厚度 c 不能满足本规范表 5.2.1 的规定时，则每一剪面的承载力设计值 N_v ，除应按本规范公式 5.2.2 计算外，尚不得大于 $0.3cd\psi_a^2f_c$ 。（式中 ψ_a 值按本规范表 5.2.4 确定）。

第 5.2.4 条 若螺栓的传力方向与构件木纹成 α 角时，按公式 5.2.2 计算的每一剪面的设计承载力 N_v 值应乘以木材斜纹承压的降低系数 ψ_a （表 5.2.4）

斜纹承压的降低系数 ψ_a 值 表 5.2.4

角度 α (°)	螺 栓 直 径 (mm)					
	12	14	16	18	20	22
≤ 10	1	1	1	1	1	1
$10 < \alpha < 80$	1~0.84	1~0.81	1~0.78	1~0.75	1~0.73	1~0.71
≥ 80	0.84	0.81	0.78	0.75	0.73	0.71

第 5.2.5 条 螺栓的排列，应按两纵行齐列（图 5.2.5—1）或错列（图 5.2.5—2）布置，并应符合下列规定：

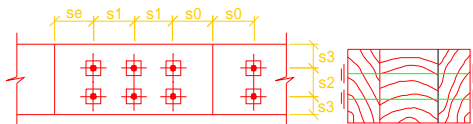


图 5.2.5—1 两纵行齐列

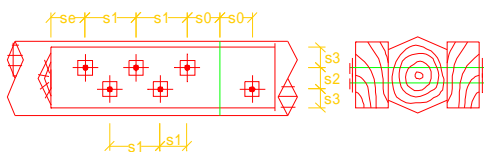


图 5.2.5—2 两纵行错列

- 一、螺栓排列的最小间距，应符合表 5.2.5 的要求。
- 二、当木构件采用湿材制作时，木构件顺纹端距 s_e 应加长 70mm。
- 三、当采用钢夹板时，钢板上的端距 s_e 取螺栓直径的 2 倍；边距 s_3 取螺栓直径的 1.5 倍。

螺栓排列的最小间距 表 5.2.5

构造特点	顺 纹		横 纹		
	端 距		中 距	边 距	中 距
	s_e	s_e	s_1	s_3	s_2
两纵行齐列	$7d$		$7d$	$3d$	$3.5d$
两纵行错列			$10d$		$2.5d$

注： d ——螺栓直径。

第 5.2.6 条 钉的排列，可采用齐列、错列或斜列（图 5.2.6）布置，其最小间距应符合表 5.2.6 的要求，对于软质阔叶材，其顺纹中距和端距应按表中规定增加 25%；对于硬质阔叶材和落叶松，若无法预先钻孔，不应采用钉连接。

在一个节点中，不得少于两颗钉。

钉排列的最小间距 表 5.2.6

a	顺 纹		横 纹		
	中 距 s_1	端 距 s_0	中 距 s_2		边 距 s_3
			齐 列	错列或斜列	
$a \geq 10d$	$15d$	$15d$	$4d$	$3d$	$4d$
$10d > a > 4d$	取插入值				
$a = 4d$	$25d$				

注： d ——钉的直径；

a ——构件被钉穿的厚度（本规范图 5.2.1-1 和图 5.2.1-2）。

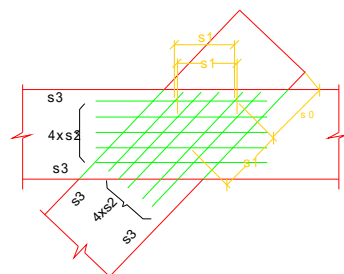


图 5.2.6 钉连接的斜列布置

第六章 木结构的设计和构造

第一节 一般规定

第 6.1.1 条 设计木结构时，应符合下列要求：

一、宜选用以木材为受压或受弯构件的结构型式，如钢木桁架或撑托式结构。对于在干燥过程中容易翘裂的落叶松、云南松等树种木材，当用作桁架时，宜采用钢下弦；若采用木下弦，对于原木，其跨度不宜大于 **15m**；对于方木不应大于 **12m**，且应采取有效的防止裂缝危害的措施。

二、为了尽量利用短小木材和低等级木材，宜积极创造条件采用胶合木构件或胶合木结构。

三、木屋盖宜采用外排水。若必须采用内排水时，不应采用木制天沟。

四、必须采取通风和防潮措施，以防木材腐朽和虫蛀。

五、合理地减少构件截面的规格，以符合工业化的要求。

六、应保证木结构特别是钢木桁架在运输和安装过程中的强度、刚度和稳定性，必要时应在施工图中提出注意事项。

第 6.1.2 条 在可能造成风灾的台风地区和山区风口地段，木结构的设计，应从构造上采取有效措施，以加强建筑物的抗风能力。如：尽量减小天窗的高度和跨度；做成短出檐或封闭出檐；瓦面（特别在檐口处）宜加压砖或座灰；两端山墙宜作成硬山；节点处檩条与桁架（或山墙）、桁架与墙（或柱）、门窗框与墙体等均应锚固。

第 6.1.3 条 在结构的同一节点或接头中有两种或多种不同刚度的连接时，计算上只考虑一种连接传递内力，不应考虑几种连接的共同作用。

第 6.1.4 条 杆系结构中的主要木构件,当有对称削弱时,其净截面面积不应小于毛截面面积的 50%;当有不对称削弱时,其净截面面积不应小于毛截面面积的 60%。

第 6.1.5 条 木结构中钢拉杆和拉力螺栓及其钢垫板,宜用 3 号钢制作。

圆钢拉杆和拉力螺栓的直径,应按计算确定。但不宜小于 12mm。

钢拉杆和拉力螺栓方形钢垫板的尺寸,可按下列公式计算:

一、垫板面积 (mm^2)

$$A = \frac{N}{f_{\alpha}} \quad (6.1.5-1)$$

二、垫板厚度 (mm)

$$t = \sqrt{\frac{N}{2f}} \quad (6.1.5-2)$$

式中 N ——轴心拉力设计值 (N);

f_{α} ——木材斜纹承压强度设计值 (N/mm^2)。按轴心拉力设计值 N 与垫板下木构件木纹方向的夹角,由本规范第 3.2.2 条的公式确定;

f ——钢材抗弯强度设计值 (N/mm^2)。

系紧螺栓钢垫板的尺寸可按构造要求确定,但其厚度不宜小于 0.3 倍螺栓直径,其边长不应小于 3.5 倍螺栓直径。当为圆形垫板,其直径不应小于 4 倍螺栓直径。

第 6.1.6 条 桁架的圆钢下弦、三角形桁架的钢中拉杆、受振动荷载影响的钢拉杆以及直径等于或大于 20mm 的钢拉杆和拉力螺栓,都必须采用双螺帽。

木结构的钢材部分,应有防锈措施。

第 6.1.7 条 在房屋或构筑物建成后,应按本规范附录三进行木结构的检查和维护。对于用湿材或新利用树种木材制作的木结构,必须注意工程交付使用前和使用后的第一、二年内的检查和维护工作。

第二节 屋面木基层和木梁

第 6.2.1 条 屋面木基层中的主要受弯构件，其强度应按下列两种荷载组合进行验算，而挠度应按第一种荷载组合验算。

- 一、恒荷载和活荷载（或恒荷载和雪荷载）；
- 二、恒荷载和一个 800N 施工集中荷载。

在第二种荷载作用下，木材强度设计值应乘以本规范表 3.2.1—2 中施工荷载的调整系数。

注：密铺屋面板，其计算宽度可按 300mm 考虑。

第 6.2.2 条 凡设有锻锤或其他较大振动设备的房屋，宜设置屋面板。

第 6.2.3 条 方木檩条宜正放，其截面高宽比不宜大于 2.5。当方木檩条斜放时，其截面高宽比不宜大于 2，并应按本规范第 4.2.4 条的规定进行验算。若有可靠措施以消除或减少沿屋面方向的弯矩和挠度时，可根据采取措施后的情况进行验算。

当采用钢木檩条时，应采取措施保证受拉钢筋下弦折点处的侧向稳定。

椽条在屋脊处应相互连接牢固。

第 6.2.4 条 木梁宜用原木、方木或胶合木制作。若有设计经验，也可采用其他连接方式的组合梁。

当采用方木梁时，其截面高宽比不宜大于 4。当采用胶合木梁时，其设计应符合本章第七节的要求。

木梁在支座处应有可靠的锚固。对于楼盖中的木搁栅，应沿其跨度每隔 1~1.5m 设置一道剪刀撑。

第三节 桁 架

第 6.3.1 条 桁架选型可根据具体条件确定，并宜采用静定的结构体系。当桁架跨度较大或使用湿材时，应选用钢木桁架；对跨度较小的纵墙承重房屋宜采用密置桁架；对跨度较大的三角形原木桁架宜采用不等节间的桁架形式。

当采用木檩条时，桁架间距不宜大于 4m；当采用钢木檩条或胶合木檩条时，桁架间距不宜大于 6m。

第 6.3.2 条 桁架中央高度与跨度之比，不应小于表 6.3.2 规定的数值。

序 号	桁 架 类 型	h/l
1	三角形木桁架	1/5
2	三角形钢木桁架；平行弦木桁架；弧形、多边形和梯形木桁架	1/6
3	弧形、多边形和梯形钢木桁架	1/7

注： h ——桁架中央高度；
 l ——桁架跨度。

第 6.3.3 条 桁架应有约为跨度 1/200 的起拱。

第 6.3.4 条 设计木桁架时，其构造应符合下列要求：

一、受拉下弦接头应保证轴心传递拉力。下弦接头不宜多于两个。接头应锯平对接，并宜采用螺栓和木夹板连接。

当采用螺栓夹板连接时，接头每端的螺栓不宜少于 6 个，且不应排列成单行。当采用木夹板时，应选用优质的气干木材制作，其厚度不应小于下弦宽度的 1/2。若桁架跨度较大，木夹板的厚度尚不宜小于 100mm。当采用钢夹板时，其厚度不应小于 6mm。

二、桁架上弦的受压接头应设在节点附近，并不宜设在支座节间和脊节间内。受压接头应锯平对接，并应用木夹板连接；在接缝每侧至少应用两个螺栓系紧。木夹板的厚度宜取上弦宽度的 1/2，长度宜取上弦宽度的 5 倍。

三、若桁架支座节点采用齿连接，应使下弦的受剪面避开木材髓心（图 6.3.4），并应在施工图中注明。

第 6.3.5 条 钢木桁架的下弦，可采用圆钢制作。当跨度较大或有振动影响时，宜采用型钢。

圆钢的下弦，应设有调整松紧的装置。

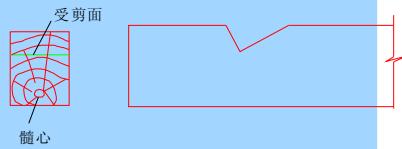


图 6.3.4 受剪面避开髓心示意图

当下弦节点间的距离大于 $250d$ (d 为圆钢直径) 时, 应加设吊杆。

杆端有螺纹的圆钢拉杆, 当直径大于 22mm 时, 宜将杆端加粗 (如焊接一段较粗的短圆钢), 其螺纹应由车床加工。

圆钢应经调直, 需接长时宜采用双帮条焊, 不应采用搭接焊。当采用闪光接触对焊时, 对焊接头应经过冷拉检验。

第 6.3.6 条 当桁架上设有悬挂吊车时, 吊点应设在桁架节点处; 腹杆与弦杆应采用螺栓或其他连接件扣紧; 支撑杆件与桁架弦杆应采用螺栓连接; 当为钢木桁架时, 应采用型钢下弦。

第 6.3.7 条 当有吊顶时, 桁架下弦与吊顶构件间应保持不小于 100mm 的净距。

第四节 天 窗

第 6.4.1 条 天窗架的跨度, 不宜大于屋架跨度的 $1/3$ 。

天窗架的荷载宜由屋架脊节点及其相邻的上弦节点共同承担, 并应设置斜杆与屋架上弦连接, 以保证其平面内的稳定, 在房屋两端开间内不宜设置天窗。

天窗架的立柱, 应与桁架上弦牢固连接。当采用通长木夹板时, 夹板不宜与桁架下弦直接连接 (图 6.4.1)。

第 6.4.2 条 为防止天窗边柱受潮腐朽, 边柱处屋架的檩条, 宜放在边柱内侧 (图 6.4.2)。天窗的窗檯和窗肩宜设在天窗边柱外侧, 并应加设有效的挡雨设施。开敞式天窗应加设有效的挡雨板, 并应作好泛水处理。

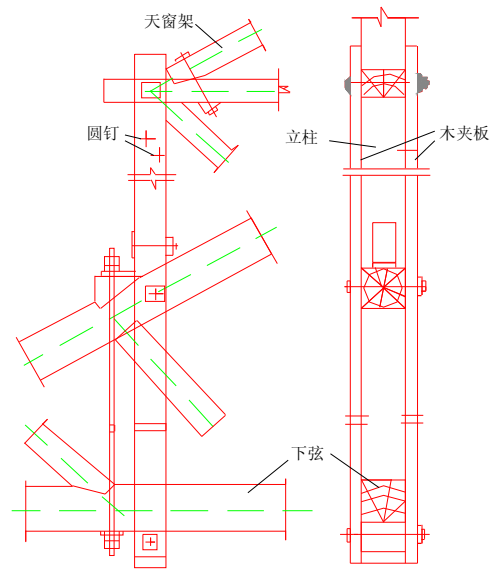


图 6.4.1 天窗立柱的木夹板示意图

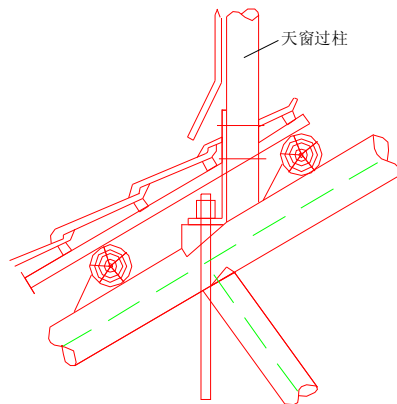


图 6.4.2 天窗边柱柱脚构造示意图

第五节 支 撑

第 6.5.1 条 为防止桁架的侧倾,保证受压弦杆的侧向稳定,承担和传递纵向水平力,应采取有效措施保证结构在施工和使用期间的空间稳定。

第 6.5.2 条 屋盖中的支撑,应根据结构的型式和跨度、屋面构造及荷载等情况选用上弦横向支撑或垂直支撑。但当房屋跨度较大或有锻锤、吊车等振动影响时,除应选用上弦横向支撑外,尚应加设垂直支撑。

支撑构件的截面尺寸,可按构造要求确定。

注:垂直支撑系指在两榀屋架的上、下弦间设置交叉腹杆(或人字腹杆),并在下弦平面设置纵向水平系杆,用螺栓连接,与上部锚固的檩条构成一个不变的竖向桁架体系。

第 6.5.3 条 当采用上弦横向支撑时,若房屋端部为山墙,则应在房屋端部第二开间内设置(图 6.5.3);若房屋端部为轻型挡风板,则在第一开间内设置,若房屋纵向很长,对于冷摊瓦屋面或大跨度房屋尚应沿纵向每隔 20~30m 设置一道。

上弦横向支撑的斜杆如选用圆钢,应设有调整松紧的装置。

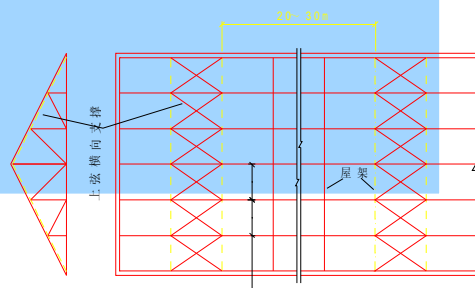


图 6.5.3 上弦横向支撑

第 6.5.4 条 当采用垂直支撑时，在跨度方向可根据屋架跨度大小设置一道或两道，沿房屋纵向应隔间设置并在垂直支撑的下端设置通长的纵向水平系杆。

在有上弦横向支撑的屋盖中，加设垂直支撑时，可在有上弦横向支撑的开间中设置，但应在其他开间设置通长的纵向水平系杆。

第 6.5.5 条 在下列部位，均应设垂直支撑：

- 一、在梯形屋架的支座竖杆处；
- 二、屋架下弦低于支座呈折线形式，在下弦的折点处；
- 三、当设有悬挂吊车时，在吊轨处；
- 四、在杆系拱、框架及类似结构的受压下弦部份节点处；
- 五、在屋盖承重胶合大梁的支座处。

以上各项垂直支撑的设置方法，除第三项应按本规范第 6.5.4 条的规定设置外，其余各项可在房屋两端第一开间（无山墙时）或第二开间（有山墙时）设置，但应在其他开间设置通长的水平系杆。

第 6.5.6 条 在木柱承重的房屋中，若柱间无刚性墙，除应在柱顶设置通长的水平系杆外，尚应在房屋两端及沿房屋纵向每隔 20~30m 设置柱间支撑。

木柱与桁架之间应设抗风斜撑，斜撑上端应连在桁架上弦节点处，斜撑与木柱的夹角不应小于 30°。

第 6.5.7 条 对于下列非开敞式的房屋，可不设置支撑，但若房屋纵向很长，则应沿纵向每隔 20~30m 设置一道支撑：

- 一、当有密铺屋面板和山墙，且跨度不大于 9m 时；
- 二、当房屋为四坡顶，且半屋架与主屋架有可靠连接时；
- 三、当房屋的屋盖两端与其他刚度较大的建筑物相连时。

第 6.5.8 条 当屋架设有天窗时，可按本规范第 6.5.3 条和第 6.5.4 条的规定设置天窗架支撑。天窗架的两边柱处，应按本规范第 6.5.6 条的规定设置柱间支撑。在天窗范围内沿主屋架脊节点和支撑节点，应设通长的纵向水平系杆。

第六节 锚 固

第 6.6.1 条 为加强木结构的整体性，保证支撑系统的正常工作，设计时应采取必要的锚固措施。

第 6.6.2 条 下列部位的檩条应与桁架上弦锚固：

一、支撑的节点处（包括参加支撑工作的檩条，见本规范图 6.5.3）；

二、为保证桁架上弦侧向稳定所需的支承点；

三、屋架的脊节点处。

若有山墙时，上述檩条尚应与山墙锚固。

檩条的锚固可根据房屋跨度、支撑方式及其使用条件选用螺栓、卡板（图 6.6.2）、暗销或其他可靠方法。

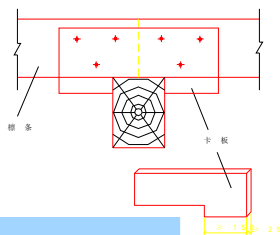


图 6.6.2 卡板锚固示意图

上弦横向支撑的斜杆应用螺栓与桁架上弦锚固。

第 6.6.3 条 当桁架跨度大于或等于 9m 时，桁架支座应用螺栓与墙、柱锚固。

第 6.6.4 条 设计轻屋面（如油毡、石棉瓦屋面等）或开敞式建筑的木屋盖时，不论桁架跨度大小，均应将上弦节点处的檩条与桁架、桁架与柱、木柱与基础等予以锚固。

第七节 胶合木结构

第 6.7.1 条 本节的规定适用于由木板组成的一般胶合木结构的设计，不适用于胶合板与木板组成的胶合板结构。

第 6.7.2 条 胶合木结构设计，应充分利用其胶合功能，做成外形美观、受力合理、用料经济的结构和构件。

在一般情况下，直线形的梁宜采用工字形截面（图 6.7.2a）；弧形构件和变截面构件宜采用矩形截面（图 6.7.2b 及 c）；胶合檩条，可采用侧立腹板工字梁（图 6.7.2d）。

胶合梁的高跨比宜取 $1/8 \sim 1/25$ 。

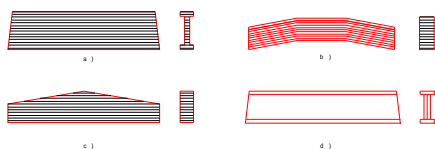


图 6.7.2 胶合构件

第 6.7.3 条 制造胶合构件用的木板，当采用一般针叶材和软质阔叶材时，其刨光后的厚度不宜大于 40mm ；当采用硬木松或硬质阔叶材时，不宜大于 30mm 。木板的宽度不应大于 180mm 。

对于弧形构件，其木板厚度不应大于构件曲率半径的 $1/300$ ，并不应大于 30mm 。

第 6.7.4 条 木板的接长宜采用指接（图 6.7.4a）。在一般情况下，用于承重构件的指接，其指边坡度 η 不应大于 $1/10$ ；指长 l 不宜小于 20mm ；指端宽度 b_f 宜取 0.2mm 。

当不具备指接条件时，可采用斜搭接（图 6.7.4b）。用于承重构件的斜搭接，其搭接长度不应小于 $10t$ （ t 为板厚）。

为减少胶接工作量和材料消耗，木板的接长还可采用对接（图 6.7.4c）代替部分斜搭接，但应遵守本规范第 6.7.6 条的规定。

木板的拼宽可采用平接（图 6.7.4d），相邻两层木板间的平接接头距离不应小于 40mm 。

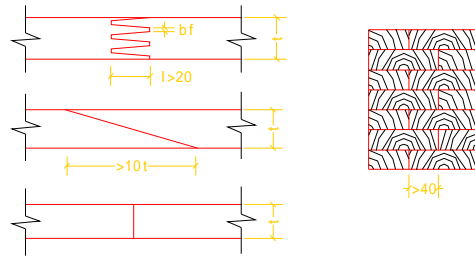


图 6.7.4 木板拼接方式

第 6.7.5 条 当胶合构件的木板接头完全采用指接或斜搭接时，其布置应符合下列要求：

一、指接：同层木板的接头间距不应小于 **1.5m**，相邻两层木板间的接头距离不应小于 **10t** (t 为板厚)。

二、斜搭接：同层木板的接头间距不应小于 **1.5m**，相邻两层木板间的接头距离不应小于 **20t**。

三、在构件同一截面上，木材接头的数目不应多于木板层数的 **1/4**。

四、应避免将各层木板的接头布置成阶梯形。

第 6.7.6 条 在木板胶合构件中，木板的接长若需采用对接接头代替部分斜搭接时，应在施工图中标明可以使用对接的部位。

下列部位的斜搭接不得采用对接代替：

一、受弯构件，其受拉边缘的 **0.1** 倍截面高度且不少于两层板的范围内；

二、受压或压弯构件以及 $r_0/t \geq 300$ 的弧形构件 (r_0 为构件曲率半径)，其上、下边缘，各 **0.1** 倍截面高度，且不少于两层板的范围内；

三、 $r_0/t < 300$ 的弧形构件中的全部木板。

第 6.7.7 条 木板胶合构件可不设置加劲肋，但为保证其侧向稳定，应符合下列规定：

一、木板胶合工字形截面的腹板厚度不应小于 **80mm**，且不应小于翼板宽度的一半；

二、矩形或工字形截面的高度 h 与其宽度 b 之比值，对于梁不应大于 **6**；对于直线形受压或压弯构件不应大于 **5**；对于弧形构件不应大于 **4**。

第 6.7.8 条 符合本规范构造要求的胶合构件，在计算时可视为整截面构件，不考虑胶缝的松弛性。

第 6.7.9 条 当设计受弯、拉弯或压弯的胶合构件时，其抗弯强度设计值 f_m 除应按表 3.2.1—1 采用外，尚应乘以表 6.7.9 的修正系数。对于工字形和 T 形截面的胶合构件，抗弯强度设计值 f_m 除乘以表 6.7.9 的修正系数外，尚应乘以截面形状的修正系数 **0.9**。

对于弧形构件：如 $r_c/t < 240$ ，抗弯强度设计值 f_m 尚应乘以按下式计算的修正系数：

$$\psi_m = 0.76 + 0.001 \frac{r_c}{t} \quad (6.7.9)$$

式中 ψ_m ——弧形木构件抗弯强度修正系数；

r_c ——弧形构件的曲率半径 (mm)；

t ——每层木板的厚度 (mm)。

胶合木构件抗弯强度设计值修正系数 表 6.7.9

截面宽度 b (mm)	当截面高度 h 为下列数值 (mm) 时的修正系数							
	<150	150~500	600	700	800	900	1000	1200
$b < 150$	1.0	1.0	0.87	0.82	0.78	0.74	—	—
$b \geq 150$	1.0	1.1	0.96	0.89	0.83	0.79	0.77	0.73

第七章 设计对施工的质量要求

第一节 一般规定

第 7.1.1 条 木结构的施工，除应遵守国家现行《木结构工程施工及验收规范》外，尚应符合本章规定的质量要求。

第 7.1.2 条 制作承重结构的木材，应按设计要求的等级和树种采用。各等级木材的材质，应符合本规范承重结构木材的材质标准（附录二）的规定。

第 7.1.3 条 制作承重结构的木材，宜提前备料，使木材有一段干燥时间，制作时应检测其含水率是否符合设计要求。现场检测木材含水率可采用电测法。但对截面较大的原木和方木，应要求其表层 20mm 深处含水率的电测值不超过 18%。

第 7.1.4 条 当需要对承重结构木材的强度进行检验时，应按本规范附录七的检验标准进行。

第 7.1.5 条 用于承重结构的胶合木，其胶合工艺应符合本规范附录八的要求。

第 7.1.6 条 承重木结构中使用的钢材，除应具有出厂质量合格证明和标牌外，还应按国家现行《钢结构工程施工及验收规范》的要求进行检验。

在任何情况下，均不得在承重构件及其连接中使用钢号不明的钢材。

第 7.1.7 条 在木结构施工过程中，每一主要工序交接时（或隐蔽工程覆盖前），均应进行质量检查并做好施工记录，经认定合格后才能进行下一工序。木材加工厂成批生产的构配件，也应附有质量合格证明方可交付现场使用。

第二节 构件制作

第 7.2.1 条 木构件的制作，应保证制成构件的平直度符合下列要求：

一、沿受压和压弯构件长度的单向弯曲，对于方木，不应大于构件全长的 $1/500$ ；对于原木，不应大于构件全长的 $1/300$ 。

二、当木梁的跨度较大时，沿梁长的侧向弯曲不应大于梁长的 $1/200$ 。

三、以锯材制成的构件，其截面的翘弯不得大于构件宽度的 1.5% ；其平面上的扭曲，每米长度内不得大于 2mm 。

第 7.2.2 条 制成的木构件，其实际尺寸对设计尺寸的偏差不应超出表 7.2.2 规定的容许值。

木构件制作的容许偏差值 表 7.2.2

项次	构件名称	检查的尺寸	容许偏差 (mm)
1	方木的梁、柱和桁架构件	截面宽度与高度	±3
2	板材构件、方木的檩条和椽条	截面宽度与高度	±2
3	原木构件	小头直径	±5
4	所有木构件	构件长度	+10 -5

注：原木截面如呈椭圆形，其直径可按长、短径的平均值确定。检查时，构件上若留有树皮应予剥去，不得计算在内。

第三节 结构连接的制作和装配

第 7.3.1 条 制作和装配齿连接时，应遵守下列规定：

一、压杆端面和齿槽承压面应加工平整，装配后的压杆轴线应与齿槽承压面保持垂直。

二、齿槽深度的偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

三、支座节点齿的受剪面长度的负偏差，不应超过 10mm 。

四、抵承面未贴紧的局部缝隙，其宽度不应大于 1mm ，任何情况下，均不容许有穿透构件宽度的缝隙，也不容许用楔或薄片

填补缝隙。

第 7.3.2 条 制作和装配螺栓连接时，应遵守下列规定：

一、受力螺栓的孔径，不得大于螺栓直径 **1mm**。构造螺栓的孔径，可比螺栓直径大 **2mm**。

二、受力螺栓间距的容许偏差为：

1. 进孔处： $\pm 0.2d$ ，且不大于 **2mm** (d 为螺栓直径)。

2. 出孔处：顺纹方向 $\pm 1.0d$ ；
横纹方向 $\pm 0.5d$ ，且不大于板束总厚度的 **4%**。

第 7.3.3 条 钉连接施工时，应遵守下列规定：

一、钉进孔处间距的偏差不应超过 $\pm 1.0d$ (d 为钉的直径)。

二、当钉的直径大于 **6mm** 或采用落叶松、硬质阔叶材等做构件时，应预先钻孔。孔径取钉径的 **0.8~0.9** 倍，孔深约为钉入深度的 **0.6** 倍。

第 7.3.4 条 木结构中钢件的焊接应采用电焊，不应采用气焊或锻接。

所有钢件均应除锈，并涂刷防锈漆。

第 7.3.5 条 木结构装配的偏差，不应超出表 **7.3.5** 规定的容许偏差值。

木结构装配的容许偏差值 表 7.3.5

项次	检 查 项 目	容许偏差 (mm)
1	结构长度	
	(1) 跨度 $\leq 15\text{m}$ (2) 跨度 $> 15\text{m}$	± 10 ± 15
2	结构高度	
	(1) 跨度 $\leq 15\text{m}$ (2) 跨度 $> 15\text{m}$	± 10 ± 15
3	节点间距	± 5

第四节 木结构的运输和安装

第 7.4.1 条 在木结构的运输和贮放过程中应遵守下列规定：

- 一、防止结构受潮和长时间的日晒雨淋。
- 二、结构竖直放置时，其临时支承点应与结构在建筑物中的支承相同，并设可靠的临时支撑，以防侧倾。水平放置时，应加垫木置平，防止构件变形和连接松动。
- 三、经过长途运输和长期贮放的结构，在安装前应再检查一次其构件和连接是否完好。如发现霉变、破损等情况，应予更换或修理。

第 7.4.2 条 木结构吊装前应做好下列工作：

- 一、拧紧所有螺栓（包括圆钢拉杆）的螺帽；
- 二、采取防止构件错位和连接松动的措施；
- 三、根据结构的型式和跨度合理确定吊装方法，并按从地面竖起和提升结构的受力情况进行加固和试吊，以检验结构的刚度；
- 四、校正支座标高、跨度和间距等。

第 7.4.3 条 为防止木结构在安装过程中发生失稳或侧倾、应在安装结构的同时，安装其支撑系统。如属无支撑的结构，则应采取临时固定措施，以保证结构在施工阶段的安全。

第 7.4.4 条 结构安装后的位置对设计位置的偏差，不应超过表 7.4.4 规定的容许偏差值。

木结构安装位置的容许偏差值 表 7.4.4

项 次	检 查 项 目	容 许 偏 差
1	结构中心线的间距	±20mm
2	结构的垂直度	结构高度的 0.5%
3	受压或压弯构件对设计外形	构件长度的 1/300
4	支座轴线对支承面中心	±10mm
5	支座标高	± 5mm
6	吊顶四周水平线标高	± 5mm

第八章 木结构的防腐防虫和防火

第一节 木结构的防腐防虫

第 8.1.1 条 为防止木结构受潮而引起木材腐朽，设计时必须从构造上采取下列防潮和通风措施：

一、应在桁架和大梁的支座下设置防潮层，在木柱下设置柱墩，并严禁将木柱直接埋入土中。

二、为保证木结构有适当的通风条件，不应将桁架支座节点或木构件封闭在墙、保温层或其他通风不良的环境中（图 8.1.1—1 和图 8.1.1—2）。

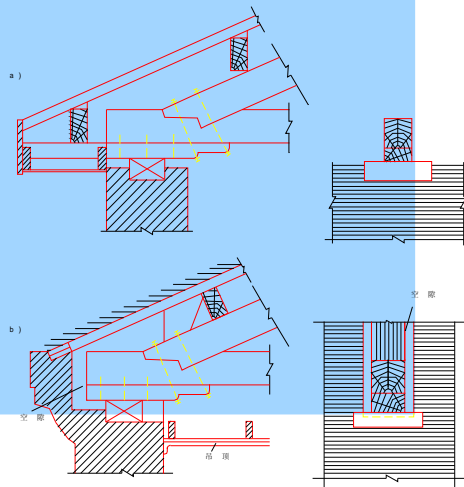


图 8.1.1—1 外排水屋盖支座节点通风构造示意图

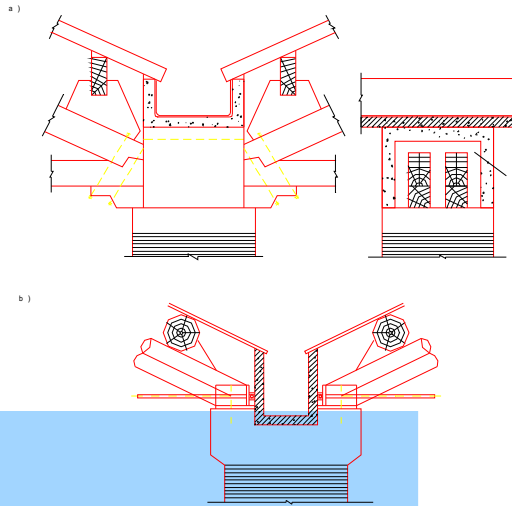


图 8.1.1—2 内排水屋盖支座节点通风构造示意图

处于房屋隐蔽部分的木结构，应设通风孔洞。

对露天结构在构造上应避免任何部分有积水的可能，并应在构件之间留有空隙（连接部位除外），使木材易于通风干燥。

三、为防止木材表面产生水气凝结，当室内外温差很大时，房屋的围护结构（包括保温吊顶），应采取有效的保温和隔气措施。

第 8.1.2 条 木结构构造上的防腐、防虫措施，除应在设计图纸中加以说明外，尚应要求在施工的有关工序交接时，检查其施工质量，如发现问题应立即纠正。

第 8.1.3 条 对下列情况，除从结构上采取通风防潮措施外，尚应采用药剂处理。

- 一、露天结构；
- 二、内排水桁架的支座节点处；

三、檩条、搁栅等木构件直接与砌体接触的部位；

四、在白蚁容易繁殖的潮湿环境附近使用木构件；

五、虫害严重地区使用马尾松、云南松以及新利用树种中易感染虫害的木材；

六、在主要承重结构中使用不耐腐的树种木材。

常用的药剂配方及处理方法，可按本规范附录九采用。

注：虫害主要指白蚁、长蠹虫、粉蠹虫及天牛等的蛀蚀。

实践证明，沥青只能防潮，防腐效果很差，不宜单独使用。

第 8.1.4 条 当以防腐、防虫药剂处理木构件时，应按设计指定的药剂成分、配方及处理方法采用。若受条件限制而需改变药剂或处理方法时，应征得设计单位同意，并从本规范附录九中选择代用的方案。

在任何情况下，均不得使用未经鉴定合格的药剂。

第 8.1.5 条 木构件（包括胶合木构件）的机械加工应在药剂处理前进行。木构件经防腐防虫处理后，应避免重新切割或钻孔。若由于技术上的原因，确有必要作局部修整时，必须对木材暴露的表面，涂刷足够的药剂。

第 8.1.6 条 木材应先胶合后进行药剂处理。当采用耐水性胶时，可选用浸渍法或涂刷法处理。若为中等耐水性胶，则宜采用涂刷法。

第 8.1.7 条 在使用药剂处理木构件的前后，应作下列检查和施工记录：

一、木构件处理前的含水率及木材表面清理的情况；

二、药剂出厂的质量合格证明或检验记录；

三、药剂调制时间、溶解情况及用完时间；

四、药液透入木材的深度和均匀性；

五、木材每单位体积（对涂刷法以每单位面积计）吸收的药量。

第二节 木结构的防火

第 8.2.1 条 为了防止木结构遭受火灾的危险，在设计上除

应遵守国家现行《建筑设计防火规范》的规定外，尚应采取下列构造措施：

一、在有火源的房屋内，须设置防止火焰、火星及辐射热危害的防火设施（如防火隔墙、防火幕、石棉隔板等），使木结构与火源隔开，被隔开的木结构仍应具有通风条件，不得将结构包裹在防火层内。

二、当房屋中有采暖或炊事的砖烟囱时，与水构件相邻部位的烟囱壁厚度应加厚至 240mm。

烟囱外表面与木构件之间的净距，不应小于下列规定：

对于砖或混凝土烟囱 120mm

对于金属烟囱 240mm

当烟囱穿过木屋盖的吊顶时，在烟囱周围 500mm 范围内，不得采用可燃材料作保温层。

三、当房屋有采暖管道通过木构件时，其管壁表面应与木构件保持不小于 50mm 的净距（若采暖管道的温度超过 100℃，此净距尚应适当加大）或用非燃烧材料隔热。

四、木屋盖吊顶内的电线，应采用金属管配线，或使用带金属保护层的绝缘导线。白炽灯、卤钨灯、荧光高汞灯及其镇流器等不应直接安装在木构件上。

五、有可能遭受火灾危险的木结构，宜采用刨光的方木（包括胶合木）或原木制作；木屋盖的吊顶及木隔墙等应采用抹灰或设置水泥石棉板、石膏板等防火措施；保温和隔音材料宜采用非燃烧材料（如矿棉、炉渣等）制作。

第 8.2.2 条 对有可能遭受火灾危险的建筑物以及对防火要求较高的木结构，除应在构造上采取防火措施外，尚宜用防火涂料进行处理。

承重木结构使用的防火涂料，应是对人畜无毒，且经消防部门鉴定合格、批准生产的产品。

附录一 在承重结构中使用新 利用树种木材的设计要求

(一) 木材的主要特性

1. 槐木 干燥困难，耐腐性强，易受虫蛀。
2. 乌墨（密脉蒲桃） 干燥较慢，耐腐性强。
3. 木麻黄 木材硬而重，干燥易，易受虫蛀，不耐腐。
4. 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。
5. 檫木 干燥较易，干燥后不易变色，耐腐性较强。
6. 榆木 干燥困难，易翘裂，收缩颇大，耐腐性中等，易受虫蛀。
7. 臭椿 干燥易，不耐腐，易呈蓝变色，木材轻软。
8. 枹木 干燥颇易，不耐腐。
9. 杨木 干燥易，不耐腐，易受虫蛀。
10. 拟赤杨 木材轻、质软、收缩小，强度低，易干燥，不耐腐。

注：木材的干燥难易系指板材而言，耐腐性系指心材部份在室外条件下而言，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，耐腐性并非是最重要的考虑条件。

(二) 应用范围

1. 宜先在木柱、搁栅、檩条和较小跨度的钢木桁架中使用，在取得成熟经验后，再逐步扩大其应用范围。
2. 不耐腐的树种木材，若无可靠的防腐处理措施，不宜用作露天结构。

(三) 设计指标

1. 当材质和含水率符合本规范第 2.1.2 和第 2.1.3 条的要求时, 木材的强度设计值及弹性模量可按附表 1.1 采用。

新利用树种木材的强度设计值和弹性模量 (N/mm²) 附表 1.1

强度等级	树种名称	抗弯 f_m	顺纹抗压 及承压 f_c	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E
					全表面	局部表面 及齿面	拉力螺栓 垫板下面	
TB15	槐木、乌墨	15	13	1.8	2.8	4.2	5.6	9000
	木麻黄			1.6				
TB13	柠檬桉 隆缘桉 蓝桉	13	12	1.5	2.4	3.6	4.8	8000
	樟木			1.2				
TB11	榆木臭椿柃木	11	10	1.3	2.1	3.2	4.1	7000

注: 杨木和拟赤扬的顺强度设计值和弹性模量可按 TB11 级数值乘以 0.9 采用; 横纹强度设计值可按 TB11 级数值乘以 0.6 采用。若当地有使用经验, 也可在此基础上作适当调整。

2. 当计算轴心受压和压弯木构件时, 其稳定系数 φ 值应按公式 4.1.4—3 及 4.1.4—4 确定。

(四) 构造要求

设计新利用树种木材的承重结构时, 除应遵守本规范第六章有关设计和构造的规定外, 尚应符合下列要求:

1. 当以新利用树种木材作屋盖的承重结构时, 宜采用外部排水和无天窗的构造方式。若用于桁架, 宜采用钢木桁架。

2. 应按本规范第八章的要求, 注意做好防虫防腐处理。对于木麻黄等易虫蛀不耐腐的木材宜用于露明部位。若需置入墙内时, 除做好构件本身的防虫防腐处理外, 尚应对人墙部位加涂防腐油二次。

3. 桁架上弦采用方木时，其截面宽度不宜小于 **120mm**；采用原木时，其小头直径不宜小于 **110mm**。木构件的净截面面积不宜小于 **5000mm²**。若有条件，宜直接使用原木。

附录二 承重结构木材的材质标准

(一) 方 木

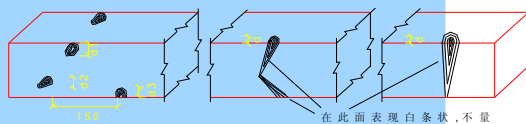
承重结构方木材质标准

附表 2.1

项次	缺陷名称	材 质 等 级		
		I	II	III
1	腐 朽	不容许	不容许	不容许
2	木 节 在构件任一面任何 150mm 长度上所有木节尺寸的总和, 不得大于所在面宽的	1/3 (连接部位为 1/4)	2/5	1/2
3	斜 纹 任何 1m 材长上平均倾斜高度, 不得大于	50mm	80mm	120mm
4	髓 心	应避免受剪面	不 限	不 限
5	裂 缝 (1) 在连接的受剪面上 (2) 在连接部位的受剪面附近, 其裂缝深度 (有对面裂缝时用两者之和) 不得大于材宽的	不容许 1/4	不容许 1/3	不容许 不 限
6	虫 蛀	允许有表面虫沟, 不得有虫眼		

注: 1. 对于死节 (包括松软节和腐朽节), 除按一般木节测量外, 必要时尚应按缺孔验算。若死节有腐朽迹象, 则应经局部防腐处理后使用。

2. 木节尺寸按垂直于构件长度方向测量。木节表现为条状时, 在条状的一面不量 (附图 2.1), 直径小于 100mm 的活节不量。



附图 2.1 木节量法

(二) 板 材

承重结构板材材质标准

附表 2.2

项次	缺陷名称	材 质 等 级		
		I	II	III
1	腐 朽	不容许	不容许	不容许
2	木 节 在构件任一面任何 150mm 长度上所有木节尺寸的总和不得大于所在面宽的	1/4 (连接部位为 1/5)	1/3	2/5
3	斜 纹 任何 1m 材长上平均倾斜高度,不得大于	50mm	80mm	120mm
4	髓 心	不容许	不容许	不容许
5	裂 缝 在连接部位的受剪面及其附近	不容许	不容许	不容许
6	虫 蛀	容许有表面虫沟,不得有虫眼		

注: 同附表 2.1 注。

(三) 原木

承重结构原木材质标准

附表 2.3

项次	缺陷名称	材质等级		
		I	II	III
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 (1) 在构件任一面任何 150mm 长度上沿周长所有木节尺寸的总和, 不得大于所测部位原木周长的 (2) 每个木节的最大尺寸, 不得大于所测部位原木周长的	1/4 1/10 (连接部位为 1/12)	1/3 1/6	不限 1/6
3	扭纹 小头 1m 材长上倾斜高度不得大于	80mm	120mm	150mm
4	髓心	应避免受剪面	不限	不限
5	虫蛀	容许有表面虫沟, 不得有虫眼		

注:1. 同附表 2.1 注“1”。

2. 木节尺寸按垂直于构件长度方向测量, 直径小于 10mm 的活节不量。

3. 对于原木的裂缝, 可通过调整其方位(使裂缝尽量垂直于构件的受剪面)予使用。

(四) 胶合材

胶合木结构板材材质标准

附表 2.4

项次	缺陷名称	材质等级		
		I _g	II _g	III _g
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 (1) 在木板任一面任何 150mm 长度上所有木节尺寸的总和, 不得大于所在面宽的 (2) 在木板指接及其两端各 100mm 范围内	1/3 容许	2/5 容许	1/2 容许

续表

项次	缺陷名称	材 质 等 级		
		I _g	II _g	III _g
3	斜 纹 任何 1m 材长上平均倾斜高度,不得大于	50mm	80mm	150mm
4	髓 心	不容许	不容许	不容许
5	裂 缝 (1) 木板窄面上的裂缝,其深度(有对面裂缝用两者之和)不得大于板宽的 (2) 木板宽面上的裂缝,其深度(有对面裂缝用两者之和)不得大于板厚的	1/4 不 限	1/3 不 限	1/2 对侧立腹板工字梁的腹板: 1/3 对其他板材不限
6	虫 蛀	容许有表面虫沟,不得有虫眼		
7	涡 纹 在木板指接及其两端各 100mm 范围内	不容许	不容许	不容许

注: 1. 同附表 2.1 注。

2. 按本标准选材配料时,尚应注意避免在制成的胶合构件的连接受剪面上有裂缝。
3. 对于有过大缺陷的木材,可截去缺陷部份,经重新接长后按所定级别使用。

附录三 木结构检查与维护要求

1. 木结构工程在交付使用前应进行一次全面的检查，凡属要害部位（如支座节点和受拉接头等）均应逐个检查。凡是松动的钢拉杆和螺栓均应拧紧。

2. 在工程交付使用后的两年内，使用单位（或房管部门），应根据当地气候特点（如雪季、雨季和季风前后）每年安排一次检查。两年以后的检查，可视具体情况予以安排。

检查内容包括：屋架支座节点有无受潮、腐蚀或虫蛀；天沟和天窗有无漏水或排水不畅；下弦接头处有无拉开，夹板的螺孔附近有无裂缝；屋架有无明显的下垂或倾斜；拉杆有无锈蚀，螺帽有无松动，垫板有无变形或陷入木材；支撑系统有无松脱；木构件有无虫蛀和严重的翘曲、斜裂或变形等等。

凡有条件的单位，应对木结构（特别是公共建筑和厂房建筑）建立检查和维护的技术档案。

3. 当发现有可能危及木结构安全的情况时，应及时进行加固。

注：采用铅丝捆的方法对防止木材裂缝的发展无明显效果。

附录四 胶粘能力检验标准

(一) 方法概要

胶的胶粘能力，可根据木材胶缝顺纹抗剪强度试验结果进行判定。对于承重结构用胶，其胶缝抗剪强度不应低于附表 4.1 规定的数值。

对承重结构用胶胶粘能力的最低要求 附表 4.1

试 件 状 态	胶缝顺纹抗剪强度值 (N/mm ²)	
	红松等软木松	栎木或水曲柳
干 态	5.9	7.8
湿 态	3.9	5.4

(二) 材 料 要 求

1. 胶合用的木材，应采用软木松（如红松等，详见本规范附录五）或栎木、水曲柳制作。若需采用其他树种木材，应有经鉴定通过的技术报告。

2. 胶液的工作活性，在 20 ± 2 °C 室温下测定时，不应少于 2h。

3. 胶合时木材的含水率，不应大于 15%。

(三) 试 件 制 备

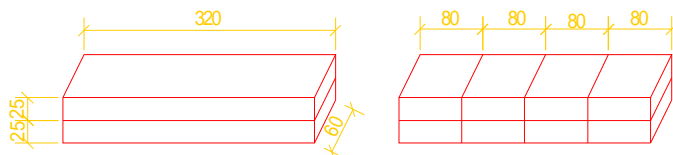
1. 试条由两块 $25 \times 60 \times 320$ mm 的木板组成（附图 4.1a）。

木纹应与木板长度方向平行，年轮与胶合面成 $40^\circ \sim 90^\circ$ 角。不得采用有树脂溢出的木材。

试条胶合前应经刨光，胶合面应密合，边角应完整。胶合面

应在刨光后 2h 内涂胶。涂胶前，应清除胶合面的木屑和污垢。涂胶后应放置 15min 再叠合加压，压力可取 $0.4\sim 0.6\text{N/mm}^2$ 。在胶合过程中，室温宜为 $20\sim 25^\circ\text{C}$ 。

试条在加压状态下放置 24h，卸压后再养护 24h，方可加工试件。

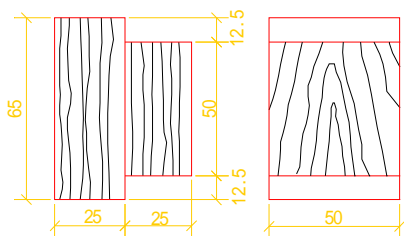


附图 4.1 试条的尺寸

2. 试件加工

将试条截成四块(附图 4.1b)，按附图 4.2 所示的形式和尺寸制成四个剪切试件。

试件刨光后应采用钢角尺检查，两端必须与侧面垂直，端面必须平整。试件受剪面尺寸的允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

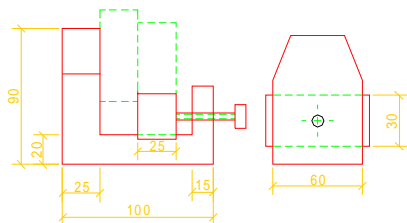


附图 4.2 胶缝顺纹剪切试件

(四) 试验装置与设备

试件应置于专门的剪切装置(附图 4.3)中，在小吨位(一般为 10kN)的木材试验机上进行试验。试验机测力盘的读数精度，

应达到估计破坏荷载的 1% 或以下。



附图 4.3 胶缝剪切试验装置

(五) 试验条件

1. 干态试验应在胶合后的 3~5d 内进行。
2. 湿态试验应在浸水 24h 后立即进行。

(六) 试验要求

试验时,应先用游标卡尺测量剪切面尺寸,准确至 0.1mm。试件放在夹具上应保证胶合面与加荷方向一致,加荷应均匀,加荷速度应控制试件 3~5min 内破坏。

试件破坏后,记录荷载最大值;测量试件受剪面上沿木材破坏的面积,精确至 3%。

(七) 试验结果的整理与计算

剪切强度极限值按下式计算,精确至 0.1N/mm²:

$$f_{vu} = \frac{Q_u}{A_v}$$

- 式中 f_{vu} ——剪切强度极限值 (N/mm²);
 Q_u ——荷载最大值 (N);
 A_v ——剪切面积 (mm²)。

试验记录应包括:强度极限及破坏特征,并应算出沿木材破坏面积与胶合面总面积之比,以百分率计。

(八) 取样方法及判定规则

1. 检验一批胶应至少用两个试条制成八个试件，每一试条各取两个试件作干态试验，两个作湿态试验。若试验结果符合附表 4.1 的要求，即认为该试件合格。若有一个试件不合格，须以加倍数量的试件重新试验，若仍有一个试件不合格，则该批胶应被判为不能用于承重结构。

2. 若试件强度低于附表 4.1 所列数值，但其沿木材部分剪坏的面积不少于试件剪面的 75%，则仍可认为该试件合格。

3. 对常用的耐水胶，可仅作干态试验。

附录五 本规范采用的木材名称及常用树种木材的主要特性

(一) 本规范采用的木材名称

本规范除部分不便归类的木材仍采用原树种名称外，对同属而材性又相近的树种作了归类，并给予相应的木材名称，以利本规范的施行。

1. 经归类的木材名称

东北落叶松包括兴安落叶松和黄花落叶松（长白落叶松）二种。

铁杉包括铁杉、云南铁杉及丽江铁杉。

西南云杉包括麦吊云杉、油麦吊云杉、巴秦云杉及产于四川西部的紫果云杉和云杉。

红松包括红松、华山松、广东松、台湾及海南五针松。

西北云杉包括产于甘肃、青海的紫果云杉和云杉。

冷杉包括各地区产的冷杉属木材，有苍山冷杉、冷杉、岷江冷杉、杉松冷杉、臭冷杉、长苞冷杉等。

栎木包括麻栎、栎、柞木、小叶栎、辽东栎、抱栎、栓皮栎等。

青冈包括青冈、小叶青冈、竹叶青冈、细叶青冈、盘克青冈、滇青冈、福建青冈、黄青冈等。

木包括柄果、脚板、包、石栎、茸毛（猪栎）等。

锥栗包括红锥、米槠、苦槠、罗浮锥、大叶锥（钩栗）、栲树、南岭锥、高山锥、吊成锥、甜槠等。

桦木包括白桦、硕桦、西南桦、红桦、棘皮桦等。

2. 东北一般称为白松的木材，实际上包括鱼鳞云杉、红皮云杉、沙松冷杉及臭冷杉四种，由于各树种的材性差异颇大，因此本规范不采用白松的统称而分别列出。

3. 为了简化叙述，在部分条文和表格中还采用了“软木松”和“硬木松”两个名称，以概括某些树种。软木松系指五针松类，如红松、华山松、广东松、台湾或海南五针松等。硬木松系指二针或三针松类，如马尾松、云南松、赤松、樟子松、油松等。

(二) 常用木材的主要特性

1. 落叶松 干燥较慢、易开裂，早晚材硬度及干缩差异均大，在干燥过程中容易轮裂，耐腐性强。

2. 铁杉 干燥较易，干缩小至中，耐腐性中等。

3. 云杉 干燥易，干后不易变形，干缩较大，不耐腐。

4. 马尾松、云南松、赤松、樟子松、油松等 干燥时可能翘裂，不耐腐，最易受白蚁危害，边材蓝变色最常见。

5. 红松、华山松、广东松、海南五针松、新疆红松等 干燥易，不易开裂或变形，干缩小，耐腐性中等，边材蓝变色最常见。

6. 栎木及 木 干燥困难，易开裂，干缩甚大，强度高，甚重甚硬，耐腐性强。

7. 青冈 干燥难，较易开裂，可能劈裂，干缩甚大，耐腐性强。

8. 水曲柳 干燥难，易翘裂，耐腐性较强。

9. 桦木 干燥较易，不翘裂，但不耐腐。

注：干燥难易，耐腐性的解释同本规范附录一注。

附录六 轴心受压构件的稳定系数

TC17、TC15 及 TB20 级木材的 φ 值表 附表 6.1

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	1.000	0.999	0.998	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.988
10	0.985	0.981	0.978	0.974	0.970	0.966	0.862	0.957	0.952	0.947
20	0.941	0.936	0.930	0.924	0.917	0.911	0.904	0.898	0.891	0.884
30	0.877	0.869	0.862	0.854	0.847	0.839	0.832	0.824	0.816	0.808
40	0.800	0.792	0.784	0.776	0.768	0.760	0.752	0.743	0.735	0.727
50	0.719	0.711	0.703	0.695	0.687	0.679	0.671	0.663	0.655	0.648
60	0.640	0.632	0.625	0.617	0.610	0.602	0.595	0.588	0.580	0.573
70	0.566	0.559	0.552	0.546	0.539	0.532	0.519	0.506	0.493	0.481
80	0.469	0.457	0.446	0.435	0.425	0.415	0.406	0.396	0.387	0.379
90	0.370	0.362	0.354	0.347	0.340	0.332	0.326	0.319	0.312	0.306
100	0.300	0.294	0.288	0.283	0.277	0.272	0.267	0.262	0.257	0.252
110	0.248	0.243	0.239	0.235	0.231	0.227	0.223	0.219	0.215	0.212
120	0.208	0.205	0.202	0.198	0.195	0.192	0.189	0.186	0.183	0.180
130	0.178	0.175	0.172	0.170	0.167	0.165	0.162	0.160	0.158	0.155
140	0.153	0.151	0.149	0.147	0.145	0.143	0.141	0.139	0.137	0.135
150	0.133	0.132	0.130	0.128	0.126	0.125	0.123	0.122	0.120	0.119
160	0.117	0.116	0.114	0.113	0.112	0.110	0.109	0.108	0.106	0.105
170	0.104	0.102	0.101	0.100	0.0991	0.0980	0.0968	0.0958	0.0947	0.0936
180	0.0926	0.0916	0.0906	0.0896	0.0886	0.0876	0.0867	0.0858	0.0849	0.0840
190	0.0831	0.0822	0.0814	0.0805	0.0797	0.0789	0.0781	0.0773	0.0765	0.0758
200	0.0750									

表中的 φ 值系按下列公式算得：

$$\begin{aligned} \text{当 } \lambda \leq 75 \text{ 时} \quad \varphi &= \frac{1}{1 + \left(\frac{\lambda}{80}\right)^2} \\ \text{当 } \lambda > 75 \text{ 时} \quad \varphi &= \frac{3000}{\lambda^2} \end{aligned}$$

TC13、TC11、TB17 及 TB15 级木材的 φ 值表 附表 6.2

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	1.000	0.999	0.998	0.996	0.994	0.992	0.988	0.985	0.981
10	0.977	0.972	0.967	0.962	0.956	0.949	0.943	0.936	0.929	0.921
20	0.914	0.905	0.897	0.889	0.880	0.871	0.862	0.863	0.843	0.834
30	0.824	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775	0.765	0.755	0.745	0.835
40	0.725	0.715	0.705	0.696	0.686	0.676	0.666	0.657	0.647	0.637
50	0.628	0.619	0.610	0.601	0.592	0.583	0.574	0.565	0.557	0.548
60	0.540	0.532	0.524	0.516	0.508	0.500	0.492	0.485	0.477	0.470
70	0.463	0.456	0.449	0.442	0.436	0.429	0.422	0.416	0.410	0.404
80	0.398	0.392	0.386	0.380	0.374	0.369	0.364	0.358	0.353	0.348
90	0.343	0.338	0.331	0.324	0.317	0.310	0.304	0.298	0.292	0.286
100	0.280	0.274	0.269	0.264	0.259	0.254	0.249	0.244	0.240	0.236
110	0.231	0.227	0.223	0.219	0.215	0.212	0.208	0.204	0.201	0.198
120	0.194	0.191	0.188	0.185	0.182	0.179	0.176	0.174	0.171	0.168
130	0.166	0.163	0.161	0.158	0.156	0.154	0.151	0.149	0.147	0.145
140	0.143	0.141	0.139	0.137	0.135	0.133	0.131	0.130	0.128	0.126
150	0.124	0.123	0.121	0.120	0.118	0.116	0.115	0.114	0.112	0.111
160	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104	0.103	0.102	0.100	0.09920	0.0980
170	0.09690	0.09580	0.09460	0.09360	0.09250	0.09140	0.09040	0.08940	0.08840	0.0874
180	0.08640	0.08550	0.08450	0.08360	0.08270	0.08180	0.08090	0.08010	0.07920	0.0784
190	0.07760	0.07680	0.07600	0.07520	0.07440	0.07360	0.07290	0.07210	0.07140	0.0707
200	0.0700									

表中的 φ 值系按下列公式算得：

$$\text{当 } \lambda \leq 91 \text{ 时 } \quad \varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{\lambda}{65}\right)^2}$$

$$\text{当 } \lambda > 91 \text{ 时 } \quad \varphi = \frac{2800}{\lambda^2}$$

附录七 木材强度检验标准

(一) 方法概要

当取样检验一批木材的强度等级时，可根据其弦向静曲强度的检验结果进行判定。对于承重结构用材，应要求其检验结果的最低强度不得低于本标准附表 7.1 规定的数值。

木材强度检验标准 附表 7.1

木材种类	针 叶 材				阔 叶 材				
	TC ₁₁	TC ₁₃	TC ₁₅	TC ₁₇	TB ₁₁	TB ₁₃	TB ₁₅	TB ₁₇	TB ₂₀
检验结果的最低强度值 (N/mm ²) 不得低于	45	54	60	74	58	68	81	92	104

(二) 试验方法

按国家现行标准《木材物理力学性能试验方法》进行，并将试验结果换算到含水率为 12% 的数值。

(三) 取样方法及判定规则

1. 应从每批木材的总根数中随机抽取三根为试材，在每根试材髓心以外部分切取三个试件为一组。根据各组平均值中最低的一个值确定该批木材的强度等级。

2. 按检验结果确定的木材等级，不得高于表 3.2.1—1 中同树种木材的强度等级。对于树名不详的木材，应按检验结果确定的等级，采用该等级 B 组的设计指标。

附录八 胶合工艺要求

1. 胶合构件的胶合应在室内进行，在整个胶合和养护过程中，室温不应低于 16℃。

2. 为保证指接接头的质量，制作时，应在专门的铣床上加工；所采用的刀具应经技术鉴定合格；所铣的指头应完整，不得有缺损。

3. 木板接头铣、刨后，应在 12 h 内胶合。胶合时应对胶合面均匀加压，斜搭接的压力为 $0.5 \sim 0.7 \text{ N/mm}^2$ ，指接的压力为 $0.6 \sim 1.0 \text{ N/mm}^2$ 。指接加压时，应在指的两侧用卡具卡紧，然后从板端施压。接头胶合后，应在加压状态下养护 24 h（若用高频电热加速胶的固化，则可免除养护，但电热温度及时间应经试验确定）。

4. 木板应在完成其指接或斜搭接的胶合工序后，方可刨光胶合面，刨光的质量应满足下列要求：

(1) 上、下胶合面应密合，无局部透光。个别部位因刀口缺损造成的凸痕，不应高出板面 0.2mm。

(2) 在刨光的木板中，靠近木节处的粗糙面长度不应大于 100mm。

(3) 采用对接接头的两木板，其厚度偏差不应超过 $\pm 0.1 \text{ mm}$ 。

5. 木板刨光后，宜在 12h 内胶合，至多不超过 24h，木材上胶前，还应清除胶合面上的污垢。

6. 木板上胶叠合后应对整个胶合面均匀加压。对于直线形构件压力应为 $0.3 \sim 0.5 \text{ N/mm}^2$ 。对于曲线形构件，压力应为 $0.5 \sim 0.6 \text{ N/mm}^2$ 。

7. 为保证胶合构件在进入下一工序前胶缝有足够的强度，构

件胶合的加压和养护时间应符合附表 8.1 的要求。当采用高频电热或微波加热时，胶合加压及养护时间应按试验确定。

胶合构件加压及养护的最短时间 附表 8.1

构件类别	室内温度 (°C)		
	16~20	21~25	26~30
	加压持续时间 (h)		
不起拱的构件	8	6	4
起拱的构件	18	8	6
曲线形构件	24	18	12
所有构件	加压及卸压后养护的总时间 (h)		
	32	30	24

8. 胶合构件的制造质量应符合下列要求：

(1) 胶缝局部未粘结段的长度，在构件剪力最大的部位，不应大于 75mm；在其他部位，不应大于 150mm。所有的未粘结处，均不得有贯穿构件宽度的通缝。相邻两个未粘结段的净距，应不小于 600mm。

在指接或斜搭接的胶缝中，不得有未胶合处。

(2) 胶缝的厚度应控制在 0.1~0.3mm 之间，如局部有厚度超过 0.3mm 的胶缝，其长度应小于 300mm，且最大的厚度不应超过 1mm。

(3) 以底层木板为准，各层板在宽度方向凸出或凹进不应超过 2mm。

(4) 制成的胶合构件，其实际尺寸对设计尺寸的偏差不应超过 ±5mm，且不应超过设计尺寸的 ±3%。

附录九 木材防腐防虫处理要求

(一) 药 剂

木材常用的防腐防虫药剂 附表 9.1

药剂类别	药剂代号	药剂名称	配方组成 (%) (按质量计)	处理液浓度 (%)	药剂特点及适用范围
水	W-1	硼酚合剂	硼酸 30 硼砂 35 五氯酚钠 35	5~6	不耐水；仅适用于室内条件下的防腐防虫处理
	W-2	氟酚合剂	五氯酚钠 60 氟化钠 35 碳酸钠 5	4~5	较耐水，对白蚁的效力较大，适用范围同上
	W-3	铜铬硼合剂	硫酸铜 35 重铬酸钠 40 硼酸 25	5~6	耐水；对木腐菌的效力较大，但处理的木材呈褐色，适用于室内外条件
	W-4A	铜铬砷合剂 (A型)	硫酸铜 33 重铬酸钠 56 五氧化二砷 11	4~5	耐水；具有持久而稳定的防腐防虫效力，适用于室内外条件
	W-4B	铜铬砷合剂 (B型)	硫酸铜 22 重铬酸钠 33 五氧化二砷 45		同上。更适用于白蚁危害严重的地区
油	OS-1	五氯酚	五氯酚 5	—	耐水；防腐防虫效力可靠而持久。可用于处理与砌体接触的木构件。若采用葱油为溶剂，则仅可用于室外
		林丹	林丹 1		
剂	OS-2	柴油或葱油	柴油或葱油 94	—	耐水；防腐防虫效力稳定而持久，但有恶臭，仅限于室外使用
		木材防腐油或葱油	煤焦油的蒸馏物		

续表

药剂类别	药剂代号	药剂名称	配方组成 (%) (按质量计)	处理液浓度 (%)	药剂特点及适用范围
乳剂	E-1	二氯苯醚菊酯	二氯苯醚菊酯 10 溶剂及乳化剂 90	0.1	为低毒高效杀虫剂。对昆虫有强烈触杀效力，但对真菌无效
浆膏	P-1	氟化钠	氟化钠 40 砷酸钠或亚砷酸钠 10 3号石油沥青 22 柴油 28	—	药剂借扩散作用渗入木材。适用于局部的防腐防虫处理，如柱脚、屋架支座节、构件与砌体接触面等，效果十分显著

- 注：1. 装饰用材如仅为预防粉蠹虫类为害，W-1配方中可不加五氯酚钠。
 2. W-3、W-4A和W-4B配方中的重铬酸钠也可改用重铬酸钾。
 3. 如仅为防治虫害，除E-1外，还可试用溴氰菊酯、氯氰菊酯和杀灭菊酯等低毒高效的新型杀虫剂。
 4. 市售的其他药剂，如具有主管部门颁发的许可证，也可采用。
 5. 药剂和油类的运输、装卸、储存和使用。均应严格遵守有关部门颁发的技术安全规定，做好防护工作，以确保安全。

(二) 处 理 方 法

防腐防虫药剂及其处理方法选用表 附表 9.2

木材的耐腐性等级	环境分类	药 剂 及 其 处 理 方 法					
		加 压 浸 渍		热冷槽或常温常压浸渍		喷 或 涂	
		药剂代号	吸收量 (kg/m ³)	药剂代号	吸收量 (kg/m ³)	药剂代号	用 量 (kg/m ²)
不耐腐	I	OS-2	130~160	OS-2	100~160	P-1	0.7~1.0
		W-3	10~12	OS-1	80~120	OS-1	0.3~0.4
		W-4A, W-4B	6~8	W-3	10~14	—	—
	II	W-1, W-2	6~8	W-1, W-2	4~6	OS-1	0.3~0.4
		W-3	8~10	W-3	6~10	—	—
		W-4A	4~6	—	—	—	—

续表

木材的耐腐性等级	环境分类	药剂及其处理方法					
		加压浸渍		热冷槽或常温常压浸渍		喷或涂	
		药剂代号	吸收量 (kg/m ³)	药剂代号	吸收量 (kg/m ³)	药剂代号	用量 (kg/m ²)
不耐腐	Ⅲ	W-1, W-2	6~8	W-1, W-2	4~6	—	—
		W-3	6~8	W-3	6~8	—	—
中等耐腐及耐腐	I	OS-2	100~130	OS-1	80~120	OS-1	0.3~0.4
		W-3	8~10	OS-2	100~160	P-1	0.7~1.0
		W-4A, W-4B	4~6	W-3	8~12	—	—
	II	W-1, W-2	4~6	W-1, W-2	4~6	OS-1	0.3~0.4
		W-3	6~8	W-3	4~6	—	—
		W-4A	3~4	—	—	—	—
易虫蛀	I	OS-2	130~160	OS-1	80~120	P-1	0.7~1.0
		W-4B	6~8	W-3	10~14	—	—
	II	W-1, W-2	6~8	W-1, W-2	4~6	OS-1	0.3~0.4
		W-4B	4~6	—	—	E-1	0.1
	III	W-1, W-2	6~8	W-1, W-2	4~6	E-1	0.1

注:1. 环境分为三类:

I 类为露天及室内不露明的潮湿环境,如与地面或砌体接触的木构件。

II 类为室内露明但易受潮的环境,如厕所、浴室及某些生产性房屋。

III 类为室内通风干燥的环境。

2. 当采用中等耐腐木材时,位于三类环境中的木构件,一般建筑物可不用防腐剂处理;但对重要建筑物仍应按表中 II 类环境要求进行防腐处理;在 III 类环境中使用耐腐木材时,可不用防腐剂处理。

3. 水剂吸收量指干盐量,油剂吸收量包括溶剂在内。

4. 由于承重构件使用的木材种类及截面尺寸较多,防腐、防虫药剂的渗透深度未作统一规定,但在 I、II 类环境中要求边材渗透 90% 以上。

5. 当采用 W-1 药剂并用热冷槽法处理时,热槽中只用硼砂溶液,不加硼酸和五氯酚钠,以免其中某些成分挥发,影响车间卫生。

附录十 非法定计量单位与法定计量单位的换算关系

非法定计量单位与法定计量单位换算表

附表 10

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		单位换算关系
	名称	符号	名称	符号	
力、重力	千克力	kgf	牛 顿	N	$1\text{kgf}=9.80665\text{N}$
	吨 力	tf	千 牛 顿	kN	$1\text{tf}=9.80665\text{kN}$
力矩、弯矩扭矩	千克力米	kgf·m	牛 顿 米	N·m	$1\text{kgf}\cdot\text{m}=9.80665\text{N}\cdot\text{m}$
	吨 力 米	tf·m	千 牛 顿 米	kN·m	$1\text{tf}\cdot\text{m}=9.80665\text{kN}\cdot\text{m}$
应力、材料强度	千克力每平方毫米	kgf/mm²	牛 顿 每 平 方 毫 米 (兆帕斯卡)	N/mm²(MPa)	$\frac{1\text{kgf}}{\text{mm}^2}=9.80665\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}(\text{MPa})$
	千克力每平方厘米	kgf/cm²	牛 顿 每 平 方 毫 米 (兆帕斯卡)	N/mm²(MPa)	$\frac{1\text{kgf}}{\text{cm}^2}=0.0980665\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}(\text{MPa})$
弹性模量 变形模量	千克力每平方厘米	kgf/cm²	牛 顿 每 平 方 毫 米 (兆帕斯卡)	N/mm²(MPa)	$\frac{1\text{kgf}}{\text{cm}^2}=0.0980665\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}(\text{MPa})$

注：非法定计量单位与法定计量单位的换算，本规范允许采用近似的整数换算值。例如： $1\text{kgf}\approx 10\text{N}$ ； $1\text{kgf}/\text{cm}^2\approx 0.1\text{N}/\text{m}^2(\text{MPa})$ 。

附录十一 本规范用词说明

一、为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样作不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准、规范或其它规定执行时，写法为“可参照……”。

附加说明 本规范主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主编单位： 中国建筑西南设计院、四川省建筑科学研究院、哈尔滨建筑工程学院

参加单位： 重庆建筑工程学院、中国建筑科学研究院、中国林业科学研究院木材工业研究所及热带林业研究所、广东省建筑科学研究所、湖南省建筑设计院、福建省建筑设计院、福建省建筑科学研究所、福州大学、湖南大学

主要起草人： 许政谐、古天纯、黄美灿、王永维、梁 坦、倪士珠、樊承谋、王振家、黄绍胤、季直仓、李源哲、施振华、黄焯俊。