

T/CECS XXX-20XX



**中国工程建设标准化协会标准**

大跨度木结构技术规程

Technical specification for design of large-span timber structures

**（征求意见稿）**

**中国XXXX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

大跨度木结构技术规程

Technical specification for design of large-span timber structures

**T/CECS XXX-20XX**

主编单位：中国建筑西南设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20\*\*年\*月\*日

中国XXXX出版社

**20\*\*** 北　　京

前　　言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕23号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分9章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、结构计算、连接设计、防火设计、防护设计、制作、安装与验收和使用和维护等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会木材及复合材结构专业委员会归口管理，由中国建筑西南设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈至中国建筑西南设计研究院有限公司（地址：四川省成都市高新区天府大道北段866号，邮编：610041）。

主编单位：中国建筑西南设计研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目　　次

[1　总　　则 4](#_Toc171602985)

[2　术语和符号 5](#_Toc171602986)

[2.1　术语 5](#_Toc171602987)

[2.2　符号 7](#_Toc171602988)

[3　基本规定 11](#_Toc171602989)

[3.1　结构选型 11](#_Toc171602990)

[3.2　梁、拱、桁架、张弦结构设计的基本规定 11](#_Toc171602991)

[3.3　网壳结构、网架结构设计的基本规定 12](#_Toc171602992)

[3.4　结构挠度容许值 12](#_Toc171602993)

[4　结构计算 13](#_Toc171602994)

[4.1　一般规定 13](#_Toc171602995)

[4.2　静力计算 15](#_Toc171602996)

[4.3　抗震计算 16](#_Toc171602997)

[5　连接设计 18](#_Toc171602998)

[5.1　一般规定 18](#_Toc171602999)

[5.2　销轴类紧固件连接 19](#_Toc171603000)

[5.3　自攻螺钉连接 19](#_Toc171603001)

[5.4　植筋连接 23](#_Toc171603002)

[5.5　滑移刚度 27](#_Toc171603003)

[6　防火设计 30](#_Toc171603004)

[7　防护设计 32](#_Toc171603005)

[7.1　一般规定 32](#_Toc171603006)

[7.2　防水、防潮和防腐 32](#_Toc171603007)

[7.3　防生物危害 33](#_Toc171603008)

[8　制作、安装与验收 34](#_Toc171603009)

[8.1　制作 34](#_Toc171603010)

[8.2　安装 35](#_Toc171603011)

[8.3　验收 36](#_Toc171603012)

[9　使用与维护 38](#_Toc171603013)

[9.1 一般规定 38](#_Toc171603014)

[9.2 检查和监测 38](#_Toc171603015)

[9.3 维护要求 39](#_Toc171603016)

[用词说明 40](#_Toc171603017)

[引用标准名录 41](#_Toc171603018)

[条文说明 43](#_Toc171603019)

Contents

**1　General provisions..............................................................................................（4）**

**2　Terms and symbols.............................................................................................（5）**

2.1　Terms.............................................................................................................................（5）

2.2　Symbols.........................................................................................................................（7）

**3　Basic requirements...........................................................................................（11）**

3.1　Structural Types...........................................................................................................（11）

3.2　General Design Requirements for beams, arches, trusses and tension chord structures......................................................................................................................（11）

3.3　General Design Requirements for Space Trusses and Latticed Shells..........................（12）

3.4　Allowable Deflection...................................................................................................（12）

**4　Structural Analysis...........................................................................................（13）**

4.1　General Principles of Analysis.....................................................................................（13）

4.2　Static Analysis.............................................................................................................（15）

4.3　Calculation due to Earthquake.....................................................................................（16）

**5　Connection design............................................................................................（18）**

5.1　General requirements...................................................................................................（18）

5.2　Dowel-type fasteners..................................................................................................（19）

5.3　Self-tapping connections.............................................................................................（19）

5.4　Glued-in-rod connections............................................................................................（23）

5.5　Slip stiffness................................................................................................................（27）

**6　Fire protection design......................................................................................（30）**

**7　Protection design..............................................................................................（32）**

7.1　General requirements..................................................................................................（32）

7.2　Waterproof and moisture dampproof..........................................................................（32）

7.3　Preservation and insect treatments..............................................................................（33）

**8　Fabrication and Erection .................................................................................（34）**

8.1　Fabrication.................................................................................................................（34）

8.2　Erection......................................................................................................................（35）

8.3　Acceptance..................................................................................................................（36）

**9　Operation and Maintenance ............................................................................（38）**

9.1　 General requirements .................................................................................................（38）

9.2　 Inspection and monitoring.........................................................................................（38）

9.3　 Maintenance requirements..........................................................................................（39）

**Explanation of wording.........................................................................................（40）**

**List of quoted standards........................................................................................（41）**

**Addition: Explanation of provisions……………………….……………………（43）**

# 1　总　　则

**1.0.1**　为在大跨度木结构的应用中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2**　本规程适用于建筑工程中大跨度木结构的设计与施工。

**1.0.3**　建筑工程中大跨度木结构的设计与施工，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关规范及标准的规定。

# 2　术语和符号

2.1　术语

**2.1.1**大跨度木结构 large-span timber structure

单跨跨度不小于24m的木结构。

**2.1.2**胶合木结构 glued laminated timber structures

承重构件主要采用胶合木制作的建筑结构。

**2.1.3**层板胶合木 glued laminated timber

以厚度不大于45mm的胶合木层板沿顺纹方向叠层胶合而成的木制品。也称胶合木或结构用集成材。

**2.1.4**正交胶合木 cross laminated timber

以厚度为15mm～45mm的层板相互叠层正交组坯后胶合而成的木制品。也称正交层板胶合木。

**2.1.5**结构复合木材 structural composite lumber

采用木质的单板、单板条或木片等，沿构件长度方向排列组坯，并采用结构用胶粘剂叠层胶合而成，专门用于承重结构的复合材料。包括单板层积材、旋切板胶合木、平行木片胶合木、层叠木片胶合木和定向木片胶合木等，以及其他具有类似特征的复合木产品。

**2.1.5**木基结构板 wood-based structural panel

以木质单板或木片为原料，采用结构胶粘剂热压制成的承重板材，包括结构胶合板和定向木片板。

**2.1.6**规格材 dimension lumber

木材截面的宽度和高度按规定尺寸加工的规格化木材。

**2.1.7**顺纹 parallel to grain

木构件木纹方向与构件长度方向一致。

**2.1.8**横纹 perpendicular to grain

木构件木纹方向与构件长度方向相垂直。

**2.1.9**斜纹 an angle to grain

木构件木纹方向与构件长度方向形成某一角度。

**2.1.10**桁架 truss

由上弦杆、腹杆与下弦杆构成的平面桁架或立体桁架。

**2.1.11**张弦梁 beam string structure

一种由刚性构件上弦、柔性拉索、中间连以撑杆形成的混合结构体系。

**2.1.12**网壳 latticed shell, reticulated shell

按一定规律布置的杆件通过节点连接而形成的曲面状空间杆系或梁系结构，主要承受整体薄膜内力。

**2.1.13**网架 space truss, space grid

按一定规律布置的杆件通过节点连接而形成的平板型或微曲面型空间杆系结构，主要承受整体弯曲内力。

**2.1.14**折板结构 folded plate structure

由若干薄板以一定倾斜角度相交连成折线形的空间薄壁结构。

图片包含 照片, 桌子, 旧

描述已自动生成

图2.1.15 折板结构基本单元示意

**2.1.15**编织结构 braided structure

由两层或多层构件以一定规律通过交叉、层叠、咬合或互承等方式连接组成的空间结构。

文本, 白板

描述已自动生成

多层

两层

图2.1.14 编织结构基本单元示意

**2.1.16**垂悬结构 Suspended structures

由具有下凹曲线形式的梁或板组成，利用端部锚固，主要承受拉力。

图片包含 矩形

描述已自动生成

木构件

锚固端

锚固端

锚固端

木构件

图2.1.14 垂悬结构示意

**2.1.17**销轴类紧固件连接 dowel-type fastener connections

采用销轴类紧固件将被连接的构件联成一体的连接方式。也称为销轴类连接。销轴类紧固件包括螺栓、销、六角头木螺钉、圆钉和螺纹钉。

**2.1.18**自攻螺钉连接 self-tapping screw connections

主要利用自攻螺钉的抗拔承载力将被连接的构件联成一体的连接方式。当主要利用自攻螺钉的抗剪承载力时，属于销轴类紧固件连接。

**2.1.19**植筋连接 glued-in-rod connections

在构件连接处，采用灌注高强度胶粘剂并植入钢筋的方式将被连接的构件联成一体的连接方式。

2.2　符号

**2.2.1**材料力学性能指标和结构设计指标

*E*d ——销轴类紧固件的端距；

*E*——筋材弹性模量；

*f*g ——植筋用胶粘结抗剪强度设计值；

*f*g,k ——植筋用胶粘结抗剪强度标准值；

*f*r ——筋材抗拉强度设计值；

*f*t ——木材抗拉强度设计值；

——自攻螺钉抗拉强度标准值

*ε*u,tim ——木材顺纹破坏应变；

**2.2.2**作用和作用效应

—— 破坏模式分别为I、Ⅱ、Ⅲ时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值

—— 单个自攻螺钉的抗拔承载力基准设计值；

—— 自攻螺钉的抗拔承载力设计值

—— 单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值

—— 自攻螺钉拔出强度标准值

*F*ax,s —— 最不利破坏模式下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值；

*F*ax,I、*F*ax,II、*F*ax,III ——破坏模式分别为I、II、III下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值；

*F*v,d ——植筋的抗剪承载力设计值；

*F*ax,si ——节点中第*i*个植筋的顺纹植筋的抗拔承载力设计值

*F*ax,s ——整体抗拔破坏下的顺纹植筋抗拉承载力设计值；

*N* ——轴向力设计值；

*F*ax,d ——顺纹植筋群的抗拔承载力；

*V* ——侧向力设计值；

*k*m ——单剪连接中的较厚构件或双剪连接中的中部构件的销槽承压弹性刚度；

*ks* ——单剪连接中的较薄构件或双剪连接中的边部构件的销槽承压弹性刚度；

*k*S ——正常使用极限状态下的滑移刚度。

*Sk ——*火灾发生后验算受损木构件的荷载偶然拼合的效应设计值，永久荷载和可变荷载均应采用标准值；

*R*f ——按耐火极限燃烧后残余木构件的承载力设计值。

*k*e,0 ——销轴类紧固件销槽顺纹承压弹性刚度

*k*e,90 ——销轴类紧固件销槽横纹承压弹性刚度

*k*e,α *——*当销轴类紧固件作用在构件上的荷载与木纹呈夹角α时的销槽承压弹性刚度

*k*S,A ——轴向滑移刚度

**2.2.3**几何参数

*e*1 ——销轴类紧固件的端距；

*e*2 ——销轴类紧固件的边距；

*r*——销轴类紧固件的行距；

*s*——销轴类紧固件的间距；

*d*  —— 螺纹外径

*d*1 —— 螺纹内径

*d*  —— 筋材直径

*d*0  —— 植筋孔直径

*l*w  —— 筋材有效粘结长度

*h*d  —— 木构件中螺纹贯入有效长度

A ——自攻螺钉螺杆有效截面积

*A*r ——筋材有效横截面积；

*l*g ——筋材抗拔计算粘结长度

*A*et ——筋材端部从属木材抗拉计算面积。

*A*gt ——筋材端部从属木材抗拉计算面积之和

*tm* ——单剪连接中的较厚构件或双剪连接中的中部构件的厚度；

*ts* ——单剪连接中的较薄构件或双剪连接中的边部构件的厚度；

*I*d ——销轴类紧固件的惯性矩（mm4）。

*Α* ——销轴类紧固件作用在构件上的荷载与木纹的夹角。

**2.2.4**计算系数及其他

**r —— 构件材料的全干相对密度；

*γ*0 ——结构重要性系数；

K——安全系数

*k*e ——端面调整系数

Cm —— 含水率调整系数

Ct —— 温度环境调整系数

# 3　基本规定

3.1　结构选型

**3.1.1**大跨度木结构可采用梁、拱、桁架、张弦结构、网壳结构、网架结构、折板结构、编织结构、垂悬结构等结构体系。

**3.1.2**梁结构和拱结构可采用实腹或开孔的梁式构件，截面形状可为矩形、工字形或其他截面效率高且易于加工的形状。

**3.1.3**桁架结构可采用平面桁架或空间桁架，可采用直线或曲线的形式。

**3.1.4**张弦结构的上弦构件可采用梁、拱、桁架或者板式构件。采用不同布置方式时，可分为单向张弦结构、双向张弦结构和多向张弦结构。

**3.1.5**网架结构可采用由四角锥体系、三角锥体系或交叉桁架体系组成的网架形式。

**3.1.6**网壳结构可采用球面、圆柱面、双曲抛物面、椭圆抛物面等曲面形式。

**3.1.7**大跨度木结构的选型应结合工程的建筑功能、平面形状、跨度大小、支承情况、荷载条件、环境条件、材料供应、制作安装等要求综合分析确定。构件布置及支承设置应保证结构的整体刚度和稳定性。

**3.1.8**大跨度木结构的主要受力构件宜采用层板胶合木、正交胶合木和结构复合木材。

3.2　梁、拱、桁架、张弦结构设计的基本规定

**3.2.1**楼面梁的高跨比不宜小于1/15，屋面梁的高跨比不宜小于1/20。梁的接长不宜超过两处，拼接节点应具有足够的承载力和刚度。

**3.2.2**拱的矢高宜为跨度的1/6~1/3，拱脚支承结构应能可靠传递竖向反力，并应能提供抵抗水平位移的约束条件。

**3.2.3**桁架不宜采用空腹形式。桁架中的受拉杆件和内力较大杆件可采用钢构件替代。当腹杆采用只受拉杆件时，应注意不同工况轴力是否变号。

**3.2.4**张弦结构的矢高宜为结构跨度的1/8~1/12，上弦宜具为上凸型。当上弦为直线型或下凹型时，应保证索撑系统的面外稳定。

**3.2.5**当张弦结构在非对称荷载作用下的内力起控制作用时，撑杆在面内宜采用V形布置。

**3.2.6**平面拱、桁架、张弦结构应设置可靠的面外稳定支撑系统。

3.3　网壳结构、网架结构设计的基本规定

**3.3.1**球面网壳和柱面网壳的矢跨比宜为1/6~1/3。

**3.3.2**单层网壳应采用刚接或半刚接节点。网架或双层网壳可采用铰接节点。

**3.3.3**网壳或网架的基本组成单元宜具有几何稳定性，相邻杆件间的夹角宜大于35°。

3.4　结构挠度容许值

**3.4.1**结构或构件变形的容许值宜符合本规程表3.4.1的规定。当有实践经验或有特殊要求时，可根据不影响正常使用和观感的原则，对表3.4.1规定的构件变形容许值进行调整。

表3.4.1 大跨度木结构或构件容许挠度值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 结构类型 | 跨中区域 | 悬挑区域 |
| 受弯为主  的结构 | 梁、桁架、张弦结构、网架结构、折板结构 | L/250（屋盖）  L/300（楼盖） | L/125（屋盖）  L/150（楼盖） |
| 受压为主  的结构 | 双层网壳 | L/250 | L/125 |
| 拱、单层网壳 | L/400 | - |

注：表中L为短向跨度或者悬挑跨度。

**3.4.2**梁、桁架与网架类结构在施工时可预先起拱，起拱值可取为不大于短向跨度的1/300。当仅为改善外观要求时，结构挠度可取永久荷载与可变荷载标准值作用下的挠度计算值减去起拱值，但结构在可变荷载下的挠度不宜大于结构跨度的1/400。

**3.4.3**计算结构或构件的变形时，可不考虑销轴类紧固件打孔引起的截面削弱。

**3.4.4**楼盖结构应具有适宜的舒适度，其竖向振动频率不宜小于8.0Hz。

# 4　结构计算

4.1　一般规定

**4.1.1**结构分析模型应根据结构实际情况确定，采用的分析模型应准确反映结构构件的实际受力状态，连接的假定应符合结构实际采用的连接形式。

**4.1.2**结构体型复杂、布置复杂以及特别不规则的大跨度木结构，应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算。对结构分析软件的计算结果应进行分析判断，确认其合理后，可作为工程设计依据。当无可靠的理论和依据时，宜采用试验分析方法确定。

**4.1.3**结构整体分析中应考虑构件连接节点、构件端部节点和构件拼接节点的半刚性，并应符合下列规定：

**1**  对于构件以弯曲变形为主的结构，应考虑节点的弯曲半刚性。

**2** 对于构件轴向变形影响不可忽略的结构，尚应考虑节点的轴向半刚性。

**3**节点的弯矩-转角关系或轴力-滑移关系可由理论、试验或经试验验证的数值模拟确定。

**4.1.4**大跨度木结构计算分析时，边界约束条件应根据结构形式、支座节点的位置、数量和构造情况，以及支承结构的刚度进行确定。

**4.1.5**对于由下部钢筋混凝土结构或钢结构支承的上部大跨度木结构，应考虑各部分结构之间的协同工作，并宜进行整体建模分析。

**4.1.6**结构模型应按实际情况考虑构件偏心和构件交汇于节点处的偏心。当未考虑偏心时，应采用在构件端部附加弯矩的方法进行验算。

**4.1.7**结构整体分析时，应根据楼面板和屋面板的构造，合理考虑其对结构面内刚度的贡献。当无法确定时，可按有楼（屋）面板或无楼（屋）面板两种情况分别进行包络计算。

**4.1.8**结构计算中不应计入非结构构件对结构承载力和刚度的有利作用。

**4.1.9**复杂结构应先进行施工模拟分析，并应以施工全过程完成后的状态作为后续分析的初始状态。

**4.1.10**大跨度木结构按承载能力极限状态设计时，应符合下列规定：

1应进行结构构件和连接的承载力验算；

2结构构件和连接的承载力验算应考虑不同的使用条件 ；

3有抗震设防要求时，应进行抗震设计；

4对于可能出现整体失稳或局部失稳的结构，应进行稳定性验算；

5对于可能遭受偶然作用导致结构倒塌的重要结构，应进行抗连续倒塌设计。

**4.1.11**大跨度木结构按正常使用极限状态设计时，应符合下列规定：

1应进行静力工况下的构件变形验算；

2应进行静力工况和地震工况下的结构变形验算；

3对舒适度有要求的楼盖结构，应进行振动舒适度验算。

**4.1.12**在结构整体分析中，应考虑木材各向异性非均质材料的特性，可按照下列规定执行：

**1** 以顺纹方向受力为主的层板胶合木梁（杆）单元，可按顺纹方向材料特性简化为各向同性材料；

**2** 正交胶合木板（墙）单元应考虑正交异性；

**3** 节点分析应考虑木材各向异性。

**4.1.13**大跨度木结构应进行重力荷载、风荷载作用下的位移和内力计算，并应根据实际承受的作用状况，对地震、温度变化、支座沉降及施工安装荷载等作用下的位移和内力进行计算。

**4.1.14**大跨度木结构的作用及作用组合效应的计算应符合下列规定：

**1** 荷载及作用组合的效应应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009进行计算；

**2**  在杆件截面及节点设计中，应按作用基本组合的效应确定内力设计值；

**3**抗震设计时，地震组合的效应应按现行国家标准 《建筑抗震设计规范》GB50011计算；

**4** 在位移验算中，应按作用标准组合的效应确定其挠度。

**4.1.15**当大跨度木结构施工阶段与使用阶段支承情况不一致时，应分别按施工阶段和使用阶段的支承条件，对结构在相应荷载作用下的位移和内力进行分析计算。

**4.1.16**大跨度木结构应经位移和内力计算后，再进行杆件截面设计。当杆件截面需要调整时，应重新按截面设计要求进行位移和内力计算。

**4.1.17**构件经设计确定后，构件不宜进行替换。当必须替换时，应符合截面及刚度等效的原则，并应经设计单位审核同意。

**4.1.18**结构设计时应考虑木材干缩湿胀和蠕变对结构或构件产生的不利影响。

**4.1.19**大跨度木结构宜设置多道抗倒塌防线，应采取防止部分结构或构件的破坏导致整个结构体系丧失承载能力的技术措施。

**4.1.20**大跨度木结构中采用的拉索不应在永久荷载控制的荷载组合下出现松弛，并且在其余荷载组合下不应因局部拉索的松弛而导致结构失效。

**4.1.21**空间弧形构件在计算中可采用多段直线梁单元模拟构件的圆弧段。分段模拟后应满足各段弯弧矢高小于该段直线长度的1/1000，并应按杆件实际弧长调整个分段的计算长度系数。对重要的杆件宜按实体有限元进行验算。

**4.1.22**大跨度木结构中的木构件应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005进行强度和稳定性计算，钢构件应按现行国家标准 《钢结构设计标准》GB50017 进行强度和稳定性计算。

4.2　静力计算

**4.2.1**结构自重应计入节点连接件重量的影响。

**4.2.2**当永久荷载效应对结构承载力或变形有利时，应在荷载组合中对其进行折减，折减后的永久荷载效应应能包络实际使用中可能出现的最不利情况。

**4.2.3**大跨度木结构的风荷载效应计算应符合下列规定：

**1** 结构的风荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定取值；

**2** 体型复杂或位于复杂风环境下的结构宜采用风洞试验方法来确定其风荷载；

**3** 结构进行风荷载效应计算时，应考虑不利风向角；

**4** 对于基本自振周期大于0.25s的结构，尚宜进行风振计算。

**4.2.4**当屋盖面积较大或体型复杂时，应考虑风致积雪漂移可能产生的积雪堆积荷载，同时宜考虑积雪融化后可能产生的积冰荷载。当存在下凹曲面或挠曲变形较大时，应根据建筑排水组织情况施当考虑积水荷载。

**4.2.5**结构计算时，应考虑荷载不均匀分布对结构产生的不利影响。

**4.2.6**使用阶段温度作用取值应考虑结构所处大气温度、围护结构热工性能、室内暖通设施、太阳辐射等实际工作环境影响。

**4.2.7**当体系中有较多金属材料构件共同工作时，除应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009规定的基本气温及荷载分项系数进行温度作用计算外，尚宜按年极端最高气温与年极端最低气温进行温度作用校核，分项系数均取1.0。

**4.2.8**单层网壳、张弦梁、拱等容易失稳的结构应进行整体稳定性分析。

**4.2.9**整体稳定分析应考虑荷载不均匀分布，并可按以下荷载工况进行验算：

1 自重+恒荷载+活荷载；

2 自重+恒荷载+雪荷载；

3 自重+恒荷载+不均匀分布活荷载；

4 对风荷载或温度荷载敏感的结构应选取相对应的荷载工况。

**4.2.10**大跨度木结构进行初始缺陷的稳定分析时，可采用一致缺陷模态法或随机缺陷模态法，并应符合下列规定：

**1** 当采用一致缺陷模态法时，可采用结构的最低阶整体屈曲模态；对复杂的结构，应考虑不同整体屈曲模态作为初始缺陷进行计算包络。

**2**  当采用随机缺陷模态法时，进行验算的初始缺陷模型数量不应少于20个。结构缺陷最大计算值可按结构跨度的1/300取值。

**4.2.11**整体稳定分析宜同时考虑几何非线性和材料非线性，且应考虑节点半刚性。荷载标准组合下的结构稳定容许承载力应等于网壳稳定极限承载力除以安全系数K。当按弹塑性全过程分析时，安全系数K可取为 2.4。

**4.2.12**设置拉索的木结构应分别进行初始预拉力及荷载作用下的计算分析，计算中均应考虑几何非线性影响。

**4.2.13**大跨度木结构作为楼盖或上人屋面结构时，应进行人体舒适度验算。

4.3　抗震计算

**4.3.1**大跨度木结构可采用振型分解反应谱法或时程分析法计算结构的地震响应。当采用时程分析法时应在初始态完成之后进行，初始态为重力荷载代表值下的结构响应。初始态计算时，对于具有明显几何非线性的结构应计入几何非线性的影响。

**4.3.2**采用振型分解反应谱法时应确保足够振型数。

**4.3.3**对于纯木结构，在抗震验算时结构的阻尼比可取为0.05，对于混合木结构可根据位能等效原则计算结构阻尼比。

**4.3.4**大跨度木结构地震作用效应组合，除应符合常规结构的规定外，尚应增加下列荷载效应组合：

1 抗震设防烈度7度及7度以上时，应增加以竖向地震为主的地震作用效应组合。

2 应进行三向地震作用效应组合。三向地震作用峰值加速度比例应符合表4.3.4的规定。

3 应进行重力荷载与地震、风和温度效应的适当组合。风荷载组合系数取0.2，温度作用组合系数小震和中震时取0.6，大震时取0.2。

4 关键构件及节点应按满足结构抗震性能要求的内力进行设计。

表4.3.4 三向地震作用峰值加速度比例表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 地震作用方向 | 水平向1 | 水平向2 | 竖向 |
| 效应组合1 | 1 | 0.85 | 0.65 |
| 效应组合2 | 0.85 | 0.65 | 1 |

**4.3.5**大跨度木结构进行抗震验算时，承载力抗震调整系数γRE可按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的规定取值。

**4.3.6**对于体型复杂或较大跨度木结构，宜进行多维地震作用下的效应分析。当进行多维地震效应计算时，可采用多维随机振动分析方法、多维反应谱法或时程分析法。

# 5　连接设计

5.1　一般规定

**5.1.1**大跨度木结构连接节点的安全等级不应低于连接节点所处的建筑物或构筑物的建筑结构安全等级。

**5.1.2**大跨度木结构连接节点设计刚度应与整体结构分析中的连接节点刚度一致，连接节点的承载力应根据整体结构分析获得的相应内结果来进行验算。

**5.1.3**大跨度木结构与其他结构的连接节点，除应满足承载力要求外，尚应满足两者之间的变形协调相关要求。

**5.1.4**大跨度木结构连接可分为销轴类紧固件连接、螺钉类紧固件连接、植筋连接等形式。连接节点的设计除应符合本规程第5章的规定外，还应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的有关规定。

**5.1.5**大跨度木结构连接节点设计应遵守下列原则：

1受力简单、传力明确、便于标准化制作、满足结构整体性要求；

2靠摩擦传力的节点，当紧固件安装完成后，构件面与面之间应紧密接触；

3连接中应计入含水率变化可能产生的收缩变形；

4同一连接节点中不得有两种或两种以上不同刚度连接的共同作用，不得同时采用直接传力和间接传力两种传力方式；

5应避免连接部位的木材出现横纹受拉破坏；当横纹拉应力无法避免时，应通过试验验证。

**5.1.6**大跨度木结构连接节点外露的预埋件和连接件，应按不同环境类别进行封闭或防腐、防锈、防火处理，并应满足耐久性要求。

**5.1.7**木材在节点处不应出现胶缝开裂、斜纹、腐朽、木节、虫蛀、裂缝及翘曲等缺陷。

**5.1.8**当采用可靠措施使节点处木构件端面与其相互作用的接触面紧密接触时，可在受压、受弯或受剪设计时考虑接触面传递压力或压力分量，但不应考虑接触面摩擦力的有利作用。

5.2　销轴类紧固件连接

**5.2.1**销轴类紧固件的端距、边距、间距和行距的最小值，以及销轴类连接节点的抗剪承载力设计值，应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的规定确定。

**5.2.2**当紧固件头部有螺帽时，螺帽与胶合木表面之间应安装垫圈。当紧固件受拉时，垫圈的面积应按胶合木表面局部承压强度值进行计算。采用钢垫圈时，圆形垫圈的厚度不得小于直径的1/10，矩形垫圈的厚度不得小于长边的1/10。

5.3　自攻螺钉连接

**5.3.1**当自攻螺钉在木构件的端部平行于木纹方向钉入时，单根自攻螺钉的抗拔承载力设计值应乘以端面调整系数*k*e，取*k*e=0.75。

**5.3.2**自攻螺钉的端距、边距、间距、行距和夹角最小值（图5.3.2）应符合表5.3.2的规定。

表5.3.2自攻螺钉的端距、边距、间距、行距和夹角最小值

|  |  |
| --- | --- |
| 距离名称 | 最小值 |
| 顺纹方向间距*s* | 7d |
| 横纹方向行距*r* | 5d |
| 螺纹段的重心1或重心2到构件端部的端距*e*1 | 10d |
| 螺纹段的重心1或重心2到构件边缘的边距*e*2 | 4d |
| 螺钉与构件木材顺纹方向夹角*α* | 30° |
| 螺钉与构件木材横纹方向夹角*β* | 30° |

注：1重心1为自攻螺钉钉头侧在木构件1中螺纹段的重心位置（图6.2.3A）；

2重心2为自攻螺钉钉尖侧在木构件2中螺纹段的重心位置（图6.2.3A）。



（a）螺钉顺纹单向倾斜

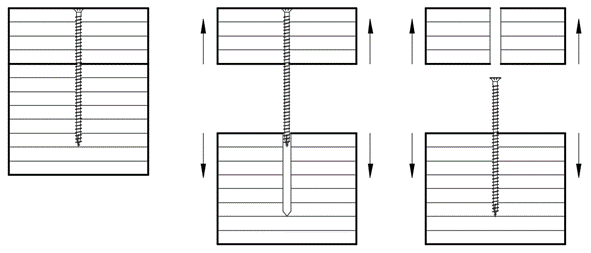


（b）螺钉双向倾斜

图5.3.2自攻螺钉连接的端距、边距、间距和行距示意图

1——重心1；2——重心2；3——木构件1；4——木构件2

**5.3.3**自攻螺钉的抗拔承载能力极限状态可分为钉尖侧拔出和顶帽拉穿两种情况（图5.3.3）。



(*a*)被连接的木构件 (*b*)钉尖侧拔出情况 (*c*)钉帽拉穿情况

图5.3.4 自攻螺钉的抗拔承载能力极限状态示意

**5.3.4**单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值的确定应符合下列规定：

1当自攻螺钉为钉尖侧拔出时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值应按下式确定：

 （5.3.4-1）

2当自攻螺钉为顶帽拉穿时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值应按下式确定：

 （5.3.4-2）

式中： —— 破坏模式I时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值（N），应按本规程第5.3.5条确定；

—— 破坏模式Ⅱ时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值（N），应按本规程第5.3.6条确定；

—— 破坏模式Ⅲ时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值（N），按本规范第5.3.7条确定。

**5.3.5**自攻螺钉由螺纹抗拔提供的抗拔承载力标准值应按下列规定进行确定：

1当自攻螺钉螺纹外径*d*与螺纹内径*d*1满足6mm≤*d*≤12mm，且 0.6≤*d*1/*d*≤0.75时，应按下列公式计算：

 （5.3.5-1）

 （5.3.5-2）

 （5.3.5-3）

式中：——自攻螺钉拔出强度标准值(N/mm2)，应按国家现行标准《木结构用自攻螺钉》 LY/T 3219确定；当有经第三方认证机构认证的产品认证技术报告时，可按产品认证技术报告选择相应参数。

*d* —— 螺纹外径（mm）;

*h*d —— 木构件中螺纹贯入有效长度（mm）;

r —— 构件材料的全干相对密度；

𝛼 —— 自攻螺钉与木材顺纹方向夹角。

2当自攻螺钉螺纹外径*d*与螺纹内径*d*1不满足本条第1款要求时，应按下式计算：

 （5.3.5-4）

3自攻螺钉的螺纹贯入有效长度*h*d应取自攻螺钉发生破坏一侧的木构件中螺纹有效长度，并不应考虑钉尖部分的长度。

**5.3.6** 当自攻螺钉钉头拉穿破坏时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值应按下式计算：

 （5.3.6）

式中：——自攻螺钉钉帽拉穿强度标准值(N/mm2)，应按国家现行标准《木结构用自攻螺钉》 LY/T 3219确定；当有经第三方认证机构认证的产品认证技术报告时，可按产品认证技术报告选择相应参数；

—— 钉帽直径（mm）。

**5.3.7**当自攻螺钉的螺杆自身抗拉破坏时，单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值应按下式计算：

 （5.3.7）

式中：——自攻螺钉抗拉强度标准值(N/mm2)，应按国家现行标准《木结构用自攻螺钉》 LY/T 3219进行确定；当有经第三方认证机构认证的产品认证技术报告时，可按产品认证技术报选择相应参数；

A——自攻螺钉螺杆有效截面积(mm2)。

**5.3.8**自攻螺钉的抗拔承载力设计值应按下列公式计算：

 （5.3.8-1）

 （5.3.8-2）

式中：*n* —— 同一节点中共同作用的自攻螺钉数量；

Cm —— 含水率调整系数，按表5.3.8的规定采用；

Ct —— 温度环境调整系数，按表5.3.8的规定采用。

—— 单个自攻螺钉的抗拔承载力标准值（N），按本规范第5.3.4条确定；

—— 单个自攻螺钉的抗拔承载力基准设计值（N）；

—— 自攻螺钉的抗拔承载力设计值（N）。

表5.3.6木螺钉使用条件调整系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 调整系数 | 采用条件 | 取值 |
| 1 | 含水率调整系数*C*m | 使用中木构件含水率大于15%时 | 0.8 |
| 使用中木构件含水率小于15%时； | 1.0 |
| 2 | 温度调整系数*C*t | 长期生产性高温环境，木材表面温度达40~50°C时 | 0.8 |
| 其他温度环境时 | 1.0 |

5.4　植筋连接

**5.4.1**筋材轴向受力时的间距、边距和端距的最小尺寸应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1筋材轴向受力时的间距、边距和端距的最小尺寸

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 距离名称 | 顺纹植筋 | 横纹植筋 |
| 最小间距 | *e*1=5*d* | *e*1=4*d*  *e*3=4*d* |
| 最小边距/端距 | *e*2=2.5*d* | *e*2=2.5*d*  *e*4 =2.5*d* |
| 最小植筋孔长度 | *l*g0=max(0.5*d*2, 10*d*) | |
| 几何位置  示意 |  |  |

注：*d*为筋材直径。

**5.4.2**筋材侧向受力时的端距、边距和间距的最小尺寸应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 筋材侧向受力时的间距、边距和端距的最小尺寸

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离名称 | 顺纹植筋 | | 横纹植筋 | |
| 最小间距 | *e*1=5*d* | | *e*3=(3+2|cos*α*|)*d*  *e*5=3*d* | |
| 最小边距  /端距 | 受力边 | *e*2t=4*d* | 受力边 | *e*4t=max(7*d*, 80mm)  *e*6t=max[(2+2 sin*α*)*d*, 3*d*] |
| 非受力边 | *e*2c=2.5*d* | 非受力边 | 当150°<*α*<210°时，*e*4c=3*d*  其余角度，*e*4c=max(*e*4t|sin*α*|, 3*d*)  *e*6c=3*d* |
| 最小植筋孔长度 | *l*g0=max(0.5*d*2, 10*d*) | | | |
| 几何位置  示意 | 图示, 工程绘图  描述已自动生成 | | 图示  描述已自动生成 | |

注：1角度*α*为指向端头木纹方向按逆时针旋转至筋材侧向荷载方向的夹角。

2下标中*t*表示受力边，下标中*c*表示非受力边。

**5.4.3**植筋孔直径*d*0应根据植筋胶、筋材直径*d*及筋材的产品技术要求确定，且*d*0不应小于d+2mm。植筋时应采用有效措施使筋材中心位于植筋孔中心位置，胶层厚度不宜小于 2mm，植筋胶应与筋材所有螺纹完全接触。

**5.4.4**筋材有效粘结长度*l*w应满足下列要求：

（5.4.4）

图示, 示意图

描述已自动生成

图5.4.4 植筋长度

**5.4.5**单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值*F*ax,s应按下列公式确定：

（5.4.5-1）

（5.4.5-2）

（5.4.5-3）

（5.4.5-4）

式中： *F*ax,s —— 最不利破坏模式下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值（N）；

*F*ax,I —— 筋材抗拉破坏时，即破坏模式I下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值（N）；

*F*ax,II —— 植筋胶粘结面破坏时，即破坏模式II下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值（N）；

*F*ax,III —— 木材受拉破坏时，即破坏模式III下的单根顺纹植筋的抗拔承载力设计值（N）；

*f* r —— 筋材抗拉强度设计值（MPa）；

*A*r —— 筋材有效横截面积（mm2）；

*f*g —— 植筋用胶粘结抗剪强度设计值（MPa）；

*l*g —— 筋材抗拔计算粘结长度（mm），应取筋材有效粘结长度*l*w、40*d*及1000mm的较小值；

*E*r —— 筋材弹性模量（MPa）；

*ε*u,tim ——木材顺纹破坏应变，对于软木可取为0.0024；

*f*t ——木材抗拉强度设计值（MPa）；

*A*et —— 筋材端部从属木材抗拉计算面积（mm2），应按本规程第5.4.6条的规定确定。

**5.4.6**筋材端部从属木材抗拉计算面积*A*et，可按与筋材同中心的边长为3*d*的正方形面积取值。当筋材的边距小于3*d*时，计算面积*A*et应扣除在木材截面以外部分的面积（图5.4.6）。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 图示, 工程绘图  描述已自动生成  （*a*） | 图示, 工程绘图  描述已自动生成  （*b*） | | 图示, 工程绘图  描述已自动生成  （*c*） |
| 图示, 工程绘图  描述已自动生成  （*d*） | | 图示, 工程绘图  描述已自动生成  （*e*） | |

图5.4.6筋材端部从属木材抗拉计算面积示意

**5.4.****7**植筋用胶的粘结抗剪强度设计值*f*g，应由植筋用胶产品生产商提供。粘结抗剪强度设计值*f*g应通过试验确定，且应考虑使用环境、工作年限及耐久性对*f*g值的影响。

**5.4.8**当同一节点中多根顺纹植筋共同受轴向力，且筋材中心距大于6*d*时，顺纹植筋群的抗拔承载力应按下式验算：

（5.4.8）

式中： *N* —— 轴向力设计值（N）；

*F*ax,d —— 顺纹植筋群的抗拔承载力（N）；

*n* —— 同一节点中共同受力的筋材总数量；对于抗弯型节点，受拉区和受压区应分别统计；

*F*ax,si —— 节点中第*i*个植筋的顺纹植筋的抗拔承载力设计值（N）。当各个植筋承载力不同时，应采取措施保证延性避免注意破坏，如不能保证时，各个植筋承载力均取为最小值。

**5.4.9**当同一节点中多根顺纹植筋共同受轴向力，且筋材中心距小于6*d*时，顺纹植筋群的抗拔承载力应按下式验算：

（5.4.9）

式中： *F*ax,s—— 整体抗拔破坏下的顺纹植筋抗拉承载力设计值（N）；

*A*gt —— 筋群的筋材端部从属木材抗拉计算面积（mm2）；为取单根筋材端部从属木材抗拉计算面积*A*et之和，并扣除各单筋计算面积相互重叠部分的剩余面积。

**5.4.10**当横纹植筋时，应采取防止含水率变化导致木材劈裂和木构件横纹拉裂的技术措施。当横纹植筋受拉时，尚应按本规程第5.4.5条的规定进行破坏模式I和破坏模式II的抗拉承载力验算。

**5.4.11**当筋材受侧向力作用，且剪切面与构件紧密接触时，植筋的抗剪承载力设计值*F*v,d可按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005中对销轴类紧固件剪面承载力设计值的相关规定计算，并应符合下列规定：

**1**  当计算横纹筋材在木材中的销槽承压强度时，等效销轴直径可取为植筋孔的直径*d*0；

**2** 顺纹筋材在木材中的销槽承压强度可取为横纹筋材的10%；

**3** 当筋材与木纹方向呈一定角度时，按角度在本条第1款、第2款两种情况中进行线性插值；

**4**  植筋抗剪群栓组合系数可取为。

**5.4.12**当植筋连接承受侧向力和轴向力共同作用时，其承载力应按下式验算：

（5.4.12）

式中： *V*——侧向力设计值（N）；

**5.4.13**木构件在植筋制作时，木材含水率与木构件使用环境中的木材平衡含水率相差不应大于5%。当木构件在使用环境中含水率可能超过20%时，不应采用植筋连接。

**5.4.14** 植筋应在工厂中进行，施工工艺及加工环境应符合植筋胶及筋材产品的技术要求。

**5.4.15**植筋用胶的耐久性应符合结构的设计使用要求和设计工作年限的规定。

5.5　滑移刚度

**5.5.1**大跨度木结构中的节点或紧固件的滑移刚度宜采用试验确定。当不具备试验条件时，可采用精细化有限元分析或按本节规定计算。

**5.5.2**对采用销轴类紧固件的连接，正常使用极限状态下每个紧固件每个剪切面的侧向滑移刚度*k*S,L，应根据销轴类紧固件按现行国家标准《木结构设计标准》GB50005承载力计算的控制屈服模式，按下列规定计算：

1承载力计算的控制屈服模式为Im或Is时，应按下列规定计算侧向滑移刚度*k*S,L（N/mm）：

1）对于单剪连接应按下式计算：

（5.5.2-1）

式中：*t*m —— 单剪连接中的较厚构件或双剪连接中的中部构件的厚度（mm）；

*t*s —— 单剪连接中的较薄构件或双剪连接中的边部构件的厚度（mm）；

*k*m—— 单剪连接中的较厚构件或双剪连接中的中部构件的销槽承压弹性刚度（MPa），应按本规程第5.5.3条的规定确定；

*k*s —— 单剪连接中的较薄构件或双剪连接中的边部构件的销槽承压弹性刚度（MPa），应按本规程第5.5.3条的规定确定。

2）对于双剪连接应按下式计算：

（5.5.2-2）

2承载力计算的控制屈服模式为II时，对于单剪连接，应按下式计算侧向滑移刚度*k*S,L（N/mm）：

（5.5.2-3）

3承载力计算的控制屈服模式为IIIm、IIIs或IV时，对于单剪连接或双剪连接，应按下列公式计算侧向滑移刚度*k*S,L（N/mm）：

（5.5.2-4）

（5.5.2-5）

（5.5.2-6）

式中：*E*d——销轴类紧固件的弹性模量（MPa）；

*I*d——销轴类紧固件的惯性矩（mm4）。

**5.5.3**销槽承压弹性刚度宜根据试验确定，当不具备试验条件时，可按下列规定取值：

1销轴类紧固件销槽顺纹承压弹性刚度*k*e,0（MPa）可按下式确定：

（5.5.3-1）

式中：*ρ*r——木构件的全干相对密度；

*d——*销轴类紧固件直径（mm）*。*

2　销轴类紧固件销槽横纹承压弹性刚度*k*e,90可按下式确定：

（5.5.3-2）

3　当销轴类紧固件作用在构件上的荷载与木纹呈夹角α时，销槽承压弹性刚度*k*e,α可按下式确定：

（5.5.3-3）

式中：*α*——销轴类紧固件作用在构件上的荷载与木纹的夹角。

4　钢连接板的销槽承压弹性刚度可按下式确定：

 （5.5.3-4）

式中：*n*——平行于外力方向的螺栓行数；

*kb*——端距和螺栓间距的影响因子，取*kb1*、*kb2*和1.25中的最小值，*kb*1=0.25*e*/*d+*0.5，*kb*2=0.25*p*1/*d+*0.375，*e*为螺栓端距，*p*1为平行于受力方向的螺栓间距；

*d*——螺栓直径；

*kt*——与构件厚度有关的折减系数，*k*t =1.5*t*j/*d*M16且≤2.5，*t*j为构件厚度，dM16为M16螺栓的直径；

*fu*——钢板的抗压强度；

**5.5.4**　采用螺钉类紧固件的连接，在正常使用极限状态下每个紧固件的轴向滑移刚度*k*S,A，应按下列规定计算：

1　带有木螺纹的螺钉或螺杆，应按下式计算轴向滑移刚度*k*S,A（N/mm）：

（5.5.4-1）

式中： *ρ*r——木构件的全干相对密度；

*d——*螺钉或螺杆的直径（mm）；

*hd——*螺钉或螺杆的螺纹贯入有效长度（mm）,当大于20d时取为20d。

2　植筋连接，应按下式计算轴向滑移刚度*k*S,A（N/mm）：

（5.5.4-2）

式中：*l*w——筋材有效粘结长度（mm）；当大于20d时取为20d。

**5.5.5**　当植筋连接受到轴向荷载和侧向荷载共同作用时，有效滑移模量应由紧固件在荷载作用下的变形形态来确定。

**5.5.6**　对于承载能力极限状态，销轴类紧固件侧向滑移刚度*k*U,L和螺钉类紧固件轴向滑移刚度*k*U,A应按下式计算：

（5.5.6）

（5.5.6）

# 6　防火设计

**6.0.1**　大跨度木结构中构件的燃烧性能和耐火极限、防火墙间允许建筑长度和每层最大允许建筑面积等防火设计相关规定，除应符合本章的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016和《木结构设计标准》GB 50005的有关规定。

**6.0.2**　大跨度木结构的主要受力构件以及为结构提供稳定支撑的措施，均应该进行防火设计。防火设计应采用下列表达式：

 （6.0.2）

式中：*S*k——火灾发生后验算受损木构件的荷载偶然拼合的效应设计值，永久荷载和可变荷载均应采用标准值；

*R*f——按耐火极限燃烧后残余木构件的承载力设计值。

**6.0.3**　残余木构件的承载力设计值计算方法应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005中的相关规定执行。

**6.0.4**　构件连接的耐火极限不应低于所连接构件的耐火极限。

**6.0.5**　大跨度木结构节点的金属连接件宜采用嵌入木构件内的连接方式，节点紧固件的孔洞可采用木塞封堵，节点连接缝可采用防火封堵材料封填。当金属连接件暴露在火中时，可采用满足相应耐火极限的防火涂料或防火隔离层进行保护。

**6.0.6**　当采用厚度不小于50mm的锯材或胶合木作为大跨度木结构的楼面板或屋面板时，楼面板或屋面板端部应搁置在支座上，并且防火验算时应符合下列规定：

**1** 当楼面板或屋面板采用单舌或双舌企口板连接时，楼面板或屋面板可作为仅有底面一面受火的受弯构件进行设计；

**2** 当楼面板或屋面板采用直边拼接时，楼面板或屋面板可作为两侧部分受火，而底面完全受火的受弯构件，可按三面受火构件进行防火设计。此时，两侧部分受火的炭化率应为有效炭化率的1/3。

**6.0.7**　大跨度木结构采用的建筑材料，其燃烧性能的技术指标应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624的规定。

**6.0.8**　大跨度木结构的各个构件或空间内需填充吸音、隔热、保温材料时，其材料的燃烧性能不应低于B1级。

**6.0.9**　管道、电气线路敷设在墙体内，或穿过楼板和墙体时，应采取防火保护措施。管道、电气线与墙体、楼板之间的缝隙应采用防火封堵材料填塞密实。

**6.0.10**　大跨度木结构的防雷设计应满足现行国家标准《建筑防雷设计规范》 GB 50057和《木结构设计规范》GB 50005的相关规定。

# 7　防护设计

7.1　一般规定

**7.1.1**　大跨度木结构的防护设计除应满足本章的相关规定外，还应满足现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005中的相关规定。

**7.1.2**　大跨度木结构应根据当地气候条件、白蚁危害程度及建筑物特征采取有效的防水、防潮和防白蚁措施，应保证结构和构件在设计工作年限内正常工作，并应满足力学性能和耐久性能的要求。

7**.1.3**　大跨度木结构在设计时应根据项目具体情况应制定维护计划，明确检查和维护的要求。

**7.1.4**　对于设计工作年限为50年或100年的大跨度木结构，因耐久性因素的影响而无法满足设计工作年限要求的木构件，应设计为可被替换构件，并应符合下列规定：

**1** 结构主要承重构件不应被设计成可替换构件；

**2** 可替换构件的使用年限不应低于25年，且应满足替换施工的可行性；

**3** 替换构件的部位、采用材料、相关尺寸、需替换年限和注意事项应在设计文件中注明，相关设计文件应交业主存档，并由业主负责执行。

**7.1.5**当大跨度木结构的构件需作防护处理时，构件的防护处理应在加工厂完成，并应有防护处理合格检验报告。

**7.1.6**　在位于易腐朽或易遭虫害的地区，应避免在大跨度木结构中使用马尾松、云南松、湿地松和桦木等木材制作构件。

7.2　防水、防潮和防腐

**7.2.1**大跨度木结构使用的木材含水率应符合设计文件和现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的相关规定，并应防止木材在运输、存放和施工过程中遭受雨淋和潮气。

**7.2.2**　当大跨度木结构在室外环境使用，或在室内木材的平衡含水率连续四周大于20%的潮湿环境中使用时，木构件必须经过耐候型处理或加压防腐处理。

7**.2.3**　大跨度木结构的室外侧木构件应有效利用悬挑屋面、雨篷和泛水覆盖等设施进行保护。木构件底部宜高于室外地坪或露天平台表面，其高差不宜小于300mm，或可采取防止雨水溅射至木构件表面的措施。

**7.2.4**　在不易干燥的木结构隐蔽部位应设置通风孔洞。

**7.2.5**　木构件不应与混凝土或砌体结构的构件直接接触，接触面应设置防潮层或采用经防腐处理的木构件。

**7.2.6**　需要防腐防虫处理的木构件的切割和钻孔加工，应在防腐防虫处理前进行。木构件经防腐防虫处理后，应避免在施工现场重新切割或钻孔。当施工现场确有必要作局部修整时，应对木材新暴露的表面，涂刷足够的同品牌或同品种药剂。

**7.2.7**　当金属连接件及紧固件与含铜防腐剂处理的木材接触时，金属连接件及紧固件应避免防腐剂引起的腐蚀，并应采用热浸镀锌或不锈钢产品。

**7.2.8**　防腐防虫药剂配方及技术指标应符合现行国家标准《木材防腐剂》GB/T 27654的相关规定，并不应使用未经鉴定合格的药剂。防腐木材的使用分类和要求应满足现行国家标准《防腐木材的使用分类和要求》GB/T 27651的相关规定。

**7.2.9**　木结构的防腐防虫采用药剂加压处理时，该药剂在木材中的保持量和透入度应达到设计文件规定的要求，并应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的相关规定。

7.3　防生物危害

**7.3.1**　大跨度木结构~~建筑~~的防生物危害措施应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005中的相关规定执行。

**7.3.2**　大跨度木结构应采取防止鸟类在结构内部筑巢的技术措施。

# 8　制作、安装与验收

8.1　制作

**8.1.1**　大跨度木结构主要的承重构件宜采用针叶材制作。当采用阔叶材、速生材以及功能改性木材等新利用木材做承重构件时，应通过试验验证其安全可靠性。

**8.1.2**　制作构件时，木材含水率应符合设计文件的规定。

**8.1.3**　大跨度木结构的构件在加工制作时，对加工区、胶合区以及储存区的空气温度和相对湿度应采用自动记录仪进行连续监测。构件生产区域的最低温度不应低于15℃，相对湿度应满足所使用胶粘剂的技术要求。

**8.1.4**　构件在加工完成后，端部与切口处均应采取密封措施 。

**8.1.5**　工程中使用的承重结构用材应按现行国家标准《木结构设计规范》GB 50005、《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 和《结构用集成材》GB/T 26899 的规定进行材料强度、层板指接强度和胶缝完整性检验。

**8.1.6**　层板胶合木的制作应符合现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 和《结构用集成材》GB/T 26899 的规定。正交胶合木构件制作应符合设计文件的规定。

**8.1.7**　大跨度木结构组件的制作误差应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》 GB50206的规定 。在制作过程中宜采用建筑信息模型校正，制作完成后宜采用建筑信息模型进行组件预拼装。

**8.1.8**　大跨度木结构组件宜采用数控加工设备进行制作。槽的深度余量不应大于+5mm，槽的宽度余量不应大于+1.5mm，销轴类紧固件预钻孔的直径余量不应大于+2mm，钉类引孔直径应根据产品要求确定。

**8.1.9**　层板胶合木、正交胶合木的最外层层板表面不应有松软节子，拼宽时拼缝应紧密。当外观等级较高时，对直径大于 30mm 的孔洞、宽度大于 3mm且长度 40mm~ 100mm 的裂缝等缺陷，应采用同质木料进行修补。

**8.1.10**　大跨度木结构在进行涂装前，必须对构件表面进行处理，清除毛刺、污物等。经过处理的表面应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

**8.1.11**　木构件运输和存放过程中，应采用使其符合含水率要求的措施，并应有防止碰损的保护层包装 。

**8.1.12**　构件存放场地应避雨、遮阳，且通风良好；对于板材和规格材，应纵向平行堆垛、顶部压重存放 。

8.2　安装

**8.2.1**大跨度木结构施工除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准《木结构工程施工规范》GB/T 50772 的规定。

**8.2.2**大跨度木结构施工前应编制施工组织设计，制定专项施工方案；施 工组织设计的内容应符合现行国家标准《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502的规定；专项施工方案的内容应包括安装及连接方案、安装的质量管理及安全措施等项目。

**8.2.3**　大跨度木结构安装前，应根据定位轴线、标高基准点复核和验收支座预埋件、预埋锚栓的平面位置及标高。预埋件、预埋锚栓的施工偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定。

**8.2.4**　分块或分条的大跨度木结构单元长度不大于 20m时，拼接边长度允许偏差应为±10mm；当条或块单元长度大于 20m时，拼接边长度允许偏差应为±20mm。高空总拼时应有保证安装精度的技术措施。

**8.2.5**　大跨度木结构在总拼前应精确放线，放线的允许偏差应为边长的 1/10000。总拼所用的支承点应防止下沉。拼装顺序应从中间向两端或四周发展。对于网壳结构总拼完成后应检查曲面形状，其局部凹陷的允许偏差应为跨度的1/150，且不应大于40mm。

**8.2.6**　大跨度木结构的安装可采用现场高空分散组装拼接施工，或采用预先在地面分块分条组装成结构单元，再依次将结构单元分别吊装拼接就位。

**8.2.7**　在结构单元的组装或整体吊装时，应根据其不同的边界条件，验算在自重和施工荷载作用下各构件与节点的安全性。验算时，构件的工作应力不应超过木材设计强度的1.2倍，否则，应做临时性加固处理。

**8.2.8**　施工验算应计入动力放大系数。吊装时，动力放大系数宜取1.5，翻转、就位、临时固定时，动力放大系数可取1.2。

**8.2.9**　大跨度木结构不得在六级及六级以上的大风天气中进行安装。

**8.2.10**　大跨度木结构宜在整体结构安装完成，并形成整体稳定后，再进行楼面板、屋面板及吊挂构件的安装。

**8.2.11**　当构件为平面结构或平面组合结构单元时，在吊装就位过程中应有保证其平面外稳定的措施，安装就位后应设置防止失稳或倾覆的临时支撑。

**8.2.12**　大跨度木结构工程应在干作业环境下施工。施工质量应符合设计文件的要求，并应符合现行国家标准 《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 的规定。

**8.2.13**安装工作宜在工厂或施工现场地面进行，以尽量减少高空作业。安装施工人员应经过相应项目的安装工艺考核合格后，方可上岗。

**8.2.14**　对安装工艺复杂的大跨度木结构，宜选择有代表性的结构单元，在工厂或现场平地进行试拼装，并宜按试拼装结果调整施工方案。

**8.2.15**　现场安装时，未经设计允许不应对预制木结构组件进行切割、开洞等影响组件整体性的行为。

**8.2.16**　经防腐处理的木构件应保证在运输、存放和安装过程中防护层不被损坏。经防腐处理的木构件需重新开口或钻孔时，应采用相同防腐剂喷涂修补防护层。

8.3　验收

**8.3.1**　大跨度木结构工程施工质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206和国家现行相关标准的规定。当国家现行标准中未对工程的个别特殊项目做出验收规定时，可由建设单位组织设计、施工、监理等相关单位制定验收的具体规定。

**8.3.2**　大跨度木结构中混凝土结构子分部工程和钢结构子分部工程的验收应符合现行国家标准《 混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

**8.3.3**　大跨度木结构子分部工程应由木结构制作安装与木结构防护两分项工程组成，并应在分项工程皆验收合格后，再进行子分部工程的验收 。

**8.3.4**　施工现场的材料、配件，应按现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》 GB 50206 的规定做进场验收和见证检验，并应在检验合格后方可使用。 施工过程中工序交接时尚应进行交接检验。

**8.3.5**　交工验收时，应检查大跨度木结构的跨度尺寸、结构平面边长、支座的中心偏移和高度偏差，各允许偏差应符合下列规定：

1 跨度尺寸允许偏差为±15mm；

2 结构平面边长的允许偏差为边长的1/2000且不应大于40mm；

3 支座中心偏移的允许偏差为偏移方向空间网格结构边长或跨度的1/3000，且不应大于30mm；

4 周边支承的空间网格结构，相邻支座高差的允许偏差为相邻间距的1/400，且不大于15mm；对多点支承的大跨度结构，相邻支座高差的允许偏差为相邻间距的1/80，且不应大于30mm；支座最大高差的允许偏差不应大于30mm。

**8.3.6**　大跨度木结构安装完成后，应对其挠度进行测量。测量点的位置和挠度值，除应符合设计文件的规定外，尚应符合下列规定：

**1** 当跨度不大于24m时，应测量跨中的挠度；

**2**  当跨度大于24m时，应测量跨中及跨度方向四等分点的挠度；

**3** 测得的挠度值不应超过现荷载条件下挠度计算值的1.15倍。

**8.3.7**　竣工验收应提供下列文件：

1 已注明修改内容的结构竣工图和设计变更文件；

2 结构建造过程中，业主、设计单位、构件制作单位和施工安装单位等协商形成的技术文件；

3 结构中采用的工程木构件、金属连接件的产品合格证，以及符合验收要求的检测报告等质量证明文件；

4 结构安装时的测量检查记录和变形监测记录；

5 与本结构相关的试验报告和技术资料；

6 隐蔽工程分段验收记录 。

# 9　使用与维护

9.1 一般规定

**9.1.1**大跨度木结构使用前应制定明确的检查与维护制度。

**9.1.2**使用过程中应详细准确记录检查与维修的情况，并应建立检查与维修的技术档案。

**9.1.3**木构件内部腐朽、虫蛀或损伤的检测可根据现行行业标准《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488的规定进行。

**9.1.4**当发现木构件存在腐朽、虫蛀或损伤时，应根据构件腐朽的程度、虫害的性质和损伤程度制定处理方案，并应及时进行补强加固或更换。

**9.1.5**当发现金属连接件存在破损或锈蚀时，应根据损伤程度和锈蚀程度制定处理方案，并应及时进行补强加固或更换。

**9.1.6**当发现固定螺钉出现脱落、破损或锈蚀时，应及时进行更换。

**9.1.7**大跨度木结构的日常使用应符合下列规定：

**1** 木构件应避免受到猛烈撞击和与钝器接触；

**2** 木构件、金属连接件和固定螺钉应避免受水的浸泡；

**3** 室内外的消防设备不得随意更改或取消。

**9.1.8**大跨度木结构设计时应采取方便使用期间检测与维护的措施。

9.2 检查和监测

**9.2.1**大跨度木结构应定期对屋面防水系统和屋面排水系统进行检查。

**9.2.2**大跨度木结构的常规检查宜采用非破坏性检查方法进行。常规检查应符合下列规定：

**1** 工程竣工使用1年时，应对正交胶合木结构进行一次全面检查；此后，应根据当地气候特点，宜每隔3年~5年进行一次常规检查。

**2** 常规检查应包括下列项目：

**1）**大跨度木构件的变形、开裂和损伤情况；

**2）**金属连接件的松动情况、破损情况和锈蚀情况；

**3）**固定螺钉的脱落情况、破损情况和锈蚀情况；

**4）**消防设备有效性和可操作性。

**9.2.3**对于目测观察或手动检查无法完成的部位或检查项目，宜组织专业检测单位进行检测。

**9.2.4**对大跨度木结构进行短期测试时，测试项目宜包括下列内容：

1 门窗组件的气密性测试；

2 墙体、楼屋面的隔声性能测试：

3 楼屋面的振动性能测试；

4 建筑围护结构的传热系数测试。

**9.2.5**　对大跨度木结构进行长期监测时，测试项目宜包括下列内容：

1 环境相对湿度、环境温度和木材含水率等正交胶合木构件耐久性测试；

2 结构和关键构件水平位移、竖向位移和长期蠕变测试；

3 结构和关键构件应变和应力测试。

**9.2.6**当连续监测的结果与设计差异较大时，应评估鉴定结构的安全性，并采取保证结构正常使用的措施。

9.3 维护要求

**9.3.1**对于常规检查项目中不符合要求的内容，应负责组织实施一般维修。一般维修应包括下列内容：

**1** 修复异常金属连接件；

**2** 修复受损大跨度木结构屋面板，并清理屋面排水系统；

**3** 修复受损墙面、顶棚；

**4** 修复外围护结构渗水；

**5** 更换或修复已损坏或已老化零部件；

**6** 处理和修复室内卫生间、厨房的渗漏水和受潮；

**7** 更换异常消防设备。

**9.3.2**对于一般维修无法完成的项目，宜组织专业维修单位进行维修、加固和修复。

**用词说明**

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，非这样做不可的：

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做的：

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做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

《木结构设计标准》GB50005

《胶合木结构技术规范》GB/T 50708

《木结构通用规范》GB 55005

《建筑抗震设计规范》GB50011

《建筑设计防火规范》GB50016

《建筑防雷设计规范》GB50057

《钢结构设计标准》GB50017

《建筑结构荷载规范》GB50009

《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300

《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502

《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206

《木结构工程施工规范》GB/T 50772

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205

《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488

《碳素结构钢》GB/T700

《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T1228

《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T1229

《钢结构用高强度垫圈》GB/T1230

《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T1231

《低合金高强度结构钢》GB/T1591

《木结构用自攻螺钉》LY/T3219

《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T3098.1

《紧固件公差螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T3103.1

《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T3632

《六角头螺栓C级》GB/T5780

《六角头螺栓》GB/T5782

《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624

《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T8923.1

《钢结构防火涂料》GB14907

《环境标志产品技术要求胶粘剂》HJ2541

《结构用集成材》GB/T 26899

《木材防腐剂》LY/T1635

《防腐木材的使用分类和要求》LY/T1636

**中国工程建设标准化协会标准**

大跨度木结构技术规程

**T/CECSXXX-20XX**

**条文说明**

**制定说明**

本标准制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，参考了国内外工程竹结构设计相关的已有研究成果和技术标准，并通过试验和工程实践取得了关于材料设计指标、构件设计、连接设计、防火设计、防护设计的支撑成果。

本标准以提供设计方法为主，主要适用于采用胶合竹和重组竹作为主要结构材料的工程竹结构设计，对于其他工程竹材料的适用性尚需开展进一步研究。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《工程竹结构设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　　次

# 3　基本规定

3.1　结构选型

**3.1.2**条文中的常见结构形式并非完全固定，可以产生衍生组合，例如拱桁架、张弦拱、拱壳、编织网壳等，应关注起关键作用的结构特征。

**3.1.2**梁式构件可以是直线或曲线形式，但不宜为双曲构件，特别是构件加工难度高损耗大。当跨度较大时，采用多块板件组合成或直接整体胶合的工字梁能提高抗弯效率、减少木材用量，但应注意防火验算，如不能通过则需要外覆防火包裹。

**3.1.8**相比原木、方木和锯材等天然木产品，工程木产品的力学性能更优秀且稳定，木材利用率高，容易加工成大截面构件，适合大跨度木结构使用。

3.2　梁、拱、桁架、张弦结构设计的基本规定

**3.2.1**简支梁为静定结构，拼接过多以及节点承载力或刚度不足易导致变形过大甚至结构破坏。本条中的跨高比规定是根据常规工程经验提出，当受荷较小时，可以根据计算超过上述限值。除承载力外，应注意挠度及楼面舒适度。

**3.2.3**空腹桁架对竖腹杆与弦杆连接节点的抗弯刚度要求较高，木结构半刚性节点不易实现，且对非对称荷载敏感。采用强抗弯节点，空腹桁架可以在一些轻屋面中使用。

**3.2.4**张弦结构可以按上弦形态分为三类，即上凸型、直线型和下凹型。假设索撑发生微小偏移（图3.2.4），上凸型张弦梁拉索拉力能提供与偏移方向相反的恢复力，迫使索撑回复原位处于稳定状态。下凹型则产生与偏移方向相同的背离力，导致索撑侧移失稳。直线型则处于中间的随遇平衡状态。平屋面再叠加结构在荷载作用下的变形，会导致索撑系统的不稳定。

图示

中度可信度描述已自动生成

图3.2.4.1　张弦结构按上弦形态的分类

图示

中度可信度描述已自动生成

图3.2.4.2 张弦结构索撑系统稳定分析

对于上弦为直线型或下凹型的张弦结构，可以采用木梁双拼，利用面外的V形撑杆或双肢撑杆解决稳定性问题。

**3.2.5**一字撑杆张弦结构对非对称荷载较敏感。

**3.2.6**当采用立体桁架时（包括拱或桁架上弦），可以利用其自有的面外稳定性能通过验算，但应注意确保支座能够提供稳定抗力。

3.3　网壳结构、网架结构设计的基本规定

**3.3.1**当单层网壳无法满足刚接或半刚接节点时，可采用编织形式或互承形式形成结构。

**3.3.3**网壳或网架的基本组成单元宜为三角形或四角锥。

3.4　结构挠度容许值

**3.4.2**起拱大小应视实际需要而定，可取恒载标准值加1/2活载标准值所产生的挠度值。当实际荷载可能远小于设计荷载时，应适当减小平面结构的起拱值，避免结构在恒载作用下仍有较大的反向挠度从而影响外观或者正常使用。

**3.4.3**当实际荷载可能远小于设计荷载时，应适当减小平面结构的起拱值，避免结构在恒载作用下仍有较大的反向挠度从而影响外观或者正常使用。

**3.4.4**竖向振动频率要求参考了现行EC5标准，叠加我国规范对容许挠度值的规定，大体上可以保证舒适度。

一般情况下，楼盖结构的竖向振动频率不应小于4.5Hz时。竖向振动频率小于8.0Hz的楼盖结构，以及预起拱后才满足容许挠度值的楼盖结构，应进行使用舒适度动态验算，验算时阻尼比可取为0.02。对于住宅与办公建筑，较高要求情况下，加速度不应大于0.06m/s2，常规要求情况下，加速度不应大于0.12m/s2。

# 4　结构计算

4.1　一般计算原则

**4.1.12**当缺乏试验数据时，顺纹弹性模量可近似按静力弯曲弹性模量的数值提高10%取值，弦向模量，径向弹性模量，对应的剪切模量为、、。胶合木等经过重组的工程木制品已无法区分弦向和径向，可简化为横观各向同性。

**4.1.13**木材的线膨胀系数资料较少，参考EN1991-1-5: 2003表C.1，顺纹方向可按，约为钢材的42%，受温度影响小。木结构较多与钢结构搭配使用，应注意钢结构的温度作用对木结构产生的影响。

**4.1.18**大跨度木结构在使用过程中，受木材干缩湿胀、蠕变特性的影响，对结构或构件将产生不均匀变形、构件尺寸变化、受力偏心和应力集中等不利作用，从而造成结构或构件的局部破坏。因此，在大跨木结构设计过程中要考虑干缩湿胀和蠕变的影响，适当采取避免结构或构件局部破坏的技术措施。

**4.1.21**分段的数量应保证偏心距导致的结构内力计算误差在5%以内，一般情况下，直段单元与弯弧杆件之间的矢高小于L/1000（L为该直段的长度）可满足要求，但须依据实际情况复核验证。

4.2　静力计算

**4.2.4**对于冰雪共存情况较严重的屋面，必要时宜进行试验。借鉴ASCE/SEI规范考虑雪荷载放大系数，不采暖屋面最不利可取到1.3，采暖建筑一般取1.0，不采暖与露天建筑取1.2，温度要求保持在0度以下的建筑取1.3。

**4.2.5**根据已有工程经验，木结构拱、张弦结构、网壳、垂悬结构等都是非均匀荷载敏感结构。

**4.2.1**当为单层球面网壳时，结构整体稳定可按弹性全过程分析，安全系数K可取为7.2。

# 5　连接设计

5.1　一般规定

**5.1.4**对于由多类紧固件组成的连接，应考虑紧固件的不同荷载变形行为。作为简化，滑移模量较小的紧固件类型的承载力可降低1/3。由于其载荷变形行为的显著差异，胶粘剂和非胶粘剂紧固件不应被视为在连接中共同作用。

5.2　销轴类紧固件连接

**5.2.2**常规连接中，销轴类紧固件不承受轴向力作用，仅在连接破坏时，承受不大的拉力作用，因此垫板尺寸无需验算木材横纹局压承载力。

5.4　植筋连接

**5.4.1**参考了《EOTA TR 070: 2019-10 Design of glued-in rods for timber connections》。

**5.4.2**参考了《EOTA TR 070: 2019-10 Design of glued-in rods for timber connections》。

**5.4.3**植筋孔直径至少比筋材直径大2mm是为了保证最小胶层厚度。在软木中，筋材强度等级宜为4.6级或5.6级，8.8级只应用于低延性要求的情况。筋材直径宜为6mm至30mm。

**5.4.4**当无胶长度不小于5d时，孔端劈裂风险降低。

**5.4.5**胶粘结面破坏模式比较复杂，破坏模式II延性大幅度优于其他破坏模式。因此在工程中建议按完全发挥筋材强度进行设计，即破坏模式II的承载力宜大于破坏模式I的承载力，有条件时可按超强50%设计。

**5.4.7**植筋用胶的粘结抗剪强度设计值*f*g可取为0.5*f*g,k。植筋用胶的粘结抗剪强度标准值*f*g,k不应小于下表数值。

表5.4.7 植筋用胶的粘结抗剪强度标准值*f*g,k取值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 筋材抗拔计算粘结长度*l*g (mm) | | |
|  | *l*g≤250mm | 250mm＜*l*g≤500mm | 500mm＜*l*g≤1000mm |
| *f*g,k(N/mm2) | 4.0 | 5.25-0.005 *l*g | 3.5-0.0015 *l*g |

粘结抗剪强度不是越高越好，过高的粘结强度需要匹配比表5.3.1中更大的最小构造距离，一般要求所选用产品的粘结抗剪强度标准值不大于上表的150%。

植筋用胶与筋材之间的抗剪强度应通过螺纹等构造的机械咬合实现，不应考虑光滑表面粘结强度。

**5.4.10**当横纹植筋时，筋材拉力通过胶粘界面剪力逐渐传递至木构件，使木构件横纹受拉，可以通过自攻螺钉等方式进行补强。

**5.4.11**顺纹筋材不宜受侧向力。

**5.4.13**木构件在植筋时的含水率宜尽可能接近使用中的平衡含水率。当上述含水率变化大于5%是，会导致植筋胶粘结强度下降。含水率的变化会导致胶合界面的剪应力增大，在节点区产生裂痕。当木构件含水率超过20%时，筋材与木材的粘结强度不能保证。通常，露天木构件的含水率均超过了20%。

**5.4.15**在结构的设计工作年限内，植筋用胶及其粘结性能应在设计指定的温度和含水率范围内保持可靠。

5.5　滑移刚度

**5.5.1**国际上对紧固件的滑移刚度已有较多研究，并且已用于规范。但实际工程中的多数节点具有紧固件数量多、内力分布复杂、安装精度不一、木材材性变异性大等特点，很难用公示直接算出节点刚度，特别是抗弯曲刚度。对于影响结构安全的关键性复杂节点，其刚度应采用试验确定。

**5.5.2**此条采用了哈尔滨工业大学祝恩淳教授团队研究成果，细节可参考2021年其发表在《Construction and Building Materials》上的论文《Analysis and test of stiffness of bolted connections in timber structures》。

《木结构设计标准》GB50005-2017计算销轴类紧固件承载力是采用了欧洲屈服模式（图5.5.2-1）。其中，屈服模式Im、Is、II只发生了木材屈服，屈服模式IIIm，IIIs，IV则木材和紧固件都发生了屈服。



图5.5.2-1 用于销轴类紧固件承载力计算的欧洲屈服模式

与承载力计算类似，销轴类紧固件的弹性滑移刚度计算被分为A、B、C共3种变形模式（图5.5.2-2）。在变形模式A和B中，销轴相对较强并未屈服，木材发生弹性变形。变形模式A为销轴刚体平动而无转动，对应承载力计算中的屈服模式Im或Is。变形模式B为销轴刚体转动而无平动，对应承载力计算中的屈服模式II。在变形模式C中，销轴相对较弱，与木材均发生了变形，对应承载力计算中的屈服模式IIIm、IIIs或IV。

图示

描述已自动生成

（a）模式A （b）模式B （c）模式C

图5.5.2-2 用于销轴类紧固件弹性滑移刚度计算的变形模式

在设计中，一般会先计算承载力，就可以确定控制承载力计算的屈服模式，然后按屈服模式对应的变形模式（表5.5.2）计算弹性滑移刚度。

表5.5.2 承载力计算的屈服模式与变形模式的对应表

|  |  |
| --- | --- |
| 屈服模式 | 变形模式 |
| Im或Is | A |
| II | B |
| IIIm、IIIs或IV | C |

**5.5.3**此条采用了哈尔滨工业大学祝恩淳教授团队研究成果，细节可参考2021年其发表在《Construction and Building Materials》上的论文《Analysis and test of stiffness of bolted connections in timber structures》。文中对试验中采用的欧洲赤松和东北落叶松的销槽承压弹性刚度进行了经验公式拟合。5.5.3-4钢连接板的销槽承压弹性刚度计算方法参考了欧洲规范EN1993-1-8的规定。

**5.5.4**此条参考了第二代欧洲EC5规范（征求意见稿）公式，并将平均密度替换为全干相对密度，后者可按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的规定取值。

根据欧洲EN338规范，结构材的平均密度*ρ*m大致为特征密度*ρ*k的1.2倍。根据欧洲EN14080规范，胶合木的平均密度*ρ*m大致为特征密度*ρ*k的1.1倍。以上密度数据一般是在温度为20℃、相对湿度为65%时测得，此时大多数木材的含水率为12%，根据欧洲EN338规范，推算平均密度*ρ*m大致为全干密度*ρ*0的1.038~1.132倍。偏保守地，在公式中用全干密度*ρ*0（=1000*ρ*r，*ρ*r为全干相对密度）替代平均密度。

# 6　防火设计

**6.0.1**木材燃烧性能可经过涂刷相应防火涂料由可燃变为难燃（B1级）。

**6.0.2**为结构提供稳定支撑的措施，其耐火极限不应低于被支撑构件的耐火极限。

**6.0.9**当与木构件直接或间接接触的管道、线缆或设备设施长期产生超过40度的高温时，应根据运行温度采用不燃材料或难燃材料对接触表面进行降温隔离。

# 7　防护设计

7.1　一般规定

**7.1.2**近年来我国建设了一批大跨度木结构建筑，个别建筑因为防护设计存在不合理的地方，需要进行频繁维护，不能保证在其设计工作年限内不重大翻新。这既包括概念设计上的不合理，比如在完全露天环境中使用的木构件未经防腐处理或者未涂刷耐候型涂料，也包括防护构造上的不合理，比如存在易积水难干燥的狭缝。一般来说，室内木结构的全面维护年限不宜短于10年，有遮盖的半室外木结构的全面维护年限不宜短于3年，完全露天环境中木结构应采用防腐处理或者涂刷耐候型涂料的木构件。此外，木材的天然耐久性能也有区别，常用木材中的欧洲落叶松和北美花旗松的天然耐久性要高于欧洲云杉。

**7.1.4**此条针对无法满足耐久性要求的局部木构件，应尽量避免。结构关键构件一般指柱、剪力墙、支座杆件、悬挑杆件等，但如果受力较小且易于替换（即非关键构件），上述构件也可以被设计成可替换构件。

7.2　防水、防潮、防腐

**7.2.2**木腐菌对木材产品的损害程度取决于木材纤维高于饱和含水率的持续时间、温度和真菌类别。根据温度不同，这个持续时间超过几个月时，木腐菌会开始感染木材。纤维饱和含水率一般在24%~32%之间。本条文中给出的平衡含水率20%的限值，已考虑了构件测量含水率的不确定度，包括含水率在横截面上的变化、测定仪器公差等。如果上述高含水率的持续时间不超过3个月，木腐菌通常不会造成构件的强度和刚度损失，但会影响外观。此外，在低于0℃时木腐菌不会繁殖。

当木构件处于室外环境但有建筑屋面覆盖、表面物理遮盖等保护措施时，或处于经常潮湿环境但通风条件良好时，应根据木材的平衡含水率的来判断。以屋面覆盖为例，当考虑当地的雨水倾角后（取决于降雨时的风速），木构件可能不直接与雨水接触或仅部分接触，介于室内与室外环境之间。

在设计时，木材的平衡含水率与温度、湿度的关系可按照现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T 50708的规定确定，也可通过测定相近使用环境下既有木结构建筑的构件含水率，或者通过模拟实验、技术文件获得。

防腐木的制作是通过高压浸渍将防腐剂压入距表面一定深度的木纤维内。因为木纤维细胞结构原因，防腐剂难以被压入欧洲落叶松、北美花旗松和欧洲云杉的木纤维中较大深度，所以一般采用松木。此外，胶合木的胶层会进一步阻止防腐剂的压入，应在胶合前对层板进行处理，待含水率达到要求后再胶合，防腐剂不应与胶粘剂产生化学反应。一般不推荐在大跨度胶合木的主要结构构件中采用防腐木，宜尽量采用增强防护措施使木材平衡含水率低于前述标准。

**7.2.4**不易干燥的木结构隐蔽部位较多出现在外围护结构内表面、密闭节点缝隙位置。

# 8　制作、安装与交验

8.1　制作

**8.1.2**木材含水率变化会导致木材干缩湿胀，干缩裂缝和湿胀应力对结构不利。木构件安装时的含水率宜与使用阶段的平衡含水率接近，相差宜不超过±3%。设计师或施工商宜提前考虑在构件出场后（运输、存放和安装等过程中）的含水率变化，确定制作构件时的木材含水率要求。

**8.1.9**当设计对木构件有外观要求时，构件的外观质量应满足现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》 GB50206的有关规定。

8.2　安装

**8.2.2**当大跨度木结构施工需要采用国家现行有关标准尚未列入的新技术（新材料、新结构、新工艺）时，建设单位应征得当地建筑工程质量行政主管部门同意，并应组织专家组，会同设计、监理、施工单位进行论证，同时应确定施工质量验收方法和检验标准，并应依此作为相关木结构工程施工的主控项目。

**8.2.6**大跨度木结构的安装方法，应根据结构的类型、受力和构造特点，在确保质量、安全的前提下，结合进度、经济及施工现场技术条件综合确定。与钢结构类似，大跨度木结构的安装还可以选用滑移法、整体提升法、整体顶升法等。安装方法确定后，还应对安装过程中下部支承结构进行验算。

**8.2.7**验算时，应将木构件自重标准值乘以动力放大系数后作为等效静力荷载标准值。当有可靠经验时，动力放大系数可按实际受力情况和安全要求适当增减。

# 9　使用与维护

9.1 一般规定

**9.1.1**检查与维护制度能避免大跨度木结构在人为和环境因素作用下的提前老化和破坏，确保结构在设计工作年限内正常工作。

**9.1.2**检查与维修的情况对于大跨度木结构的安全性评估和抗震鉴定至关重要，因此需要针对其建立相应的技术档案。