

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/ T 3914—2020

重型木结构技术标准

Technical standard of mass timber structures

2020-12-21 发布

2021-05-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅 发布

目 录

前 言.....	III
重型木结构技术标准.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 材料.....	5
4.1 木材.....	5
4.2 结构用胶.....	11
4.3 钢材与金属连接件.....	12
5 基本设计规定.....	15
5.1 设计原则.....	15
5.2 设计指标和允许值.....	16
5.3 设计方法.....	23
5.4 抗震设计.....	24
6 构件设计.....	30
6.1 一般规定.....	30
6.2 等截面直线形受弯构件.....	30
6.3 变截面直线形受弯构件.....	40
6.4 曲线形受弯构件.....	44
6.5 轴心受压和轴心受拉构件.....	48
6.6 拉弯和压弯构件.....	51
6.7 构件的局部承压.....	52
7 连接设计.....	54
7.1 一般规定.....	54
7.2 销连接.....	55
7.3 剪板连接.....	63
7.4 植筋连接.....	70
8 防火设计.....	73
8.1 一般规定.....	73
8.2 防火构造.....	75
9 施工与验收.....	78
9.1 一般规定.....	78
9.2 施工.....	78
9.3 验收.....	79

10 防护与维护	81
10.1 一般规定	81
10.2 防水防潮	81
10.3 防腐与防生物危害	81
10.4 检查和维护	82
附录 A	84
附录 B	85
附录 C	86

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由南京工业大学提出。

本标准由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本标准起草单位：南京工业大学、南京工业大学建筑设计研究院、南京工大建设工程有限公司、南京工大木结构科技有限公司、江苏省土木建筑学会。

本标准主要起草人：陆伟东、刘伟庆、杨会峰、岳孔、孙小鸾、刘杏杏、汤丽娟、王璐、程小武、袁亦敏。

重型木结构技术标准

1 范围

本规程规定了装配式混凝土结构工程施工监理服务的术语、基本规定、工程质量控制、工程进度控制、工程造价控制、工程安全生产管理的监理工作和工程监理文件资料管理。

本标准适用于建设工程中重型木结构的设计、制作、安装、验收、防火、防护与维护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50005木结构设计标准
GB 50009建筑结构荷载规范
GB 50011 建筑抗震设计规范
GB 50016建筑设计防火规范
GB 50017钢结构设计标准
GB 50068建筑结构可靠度统一设计标准
GB 50206木结构工程施工质量验收规范
GB/T 100开槽沉头木螺钉
GB/T 700碳素结构钢
GB/T 951十字槽沉头木螺钉
GB/T 5277紧固件螺栓和螺钉通孔
GB/T 5780六角头螺栓—C级
GB/T 5782六角头螺栓—A和B级
GB/T 13912金属覆盖层钢铁制品热镀锌层技术要求
GB/T 3098.1紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
GB/T 3098.5紧固件机械性能 自攻螺钉
GB/T 3098.11紧固件机械性能 自钻自攻螺钉
GB/T 51226多高层木结构建筑技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

木结构 timber structure

采用以木材为主制作的构件承重的结构。

3.2

重型木结构 mass timber structure

由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。简称装配整体式结构。

3.3

预制混凝土构件 precast concrete componet

在工厂或现场预先生产制作的混凝土构件。简称预制构件。

3.4

木材含水率 moisture content of wood

指木材内所含水分的质量占木材绝干质量的百分比。

3.5

顺纹 parallel to grain

木构件木纹方向与构件长度方向一致。

3.6

横纹 perpendicular to grain

木构件木纹方向与构件长度方向相垂直。

3.7

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。

3.8

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。

3.9

胶合木层板 glued lamina

用于制作层板胶合木的板材，接长时采用胶合指形接头。

3.10

层板胶合木 glued laminated timber (glulam)

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。

3.11

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。

3.12

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。

3.13

胶合原木 laminated log

以厚度大于30mm、层数不大于4层的锯材沿顺纹方向胶合而成的木制品。常用于井干式木结构或梁柱式木结构。

3.14

速生材 fast-growing wood

生长快、成材早、轮伐期短的木材。

3.15

目测分级木材 visually stress -graded lumber

采用肉眼观测方式来确定木材材质等级的木材。

3.16

机械应力分级木材 machine stress -rated lumber

采用机械应力测定设备对木材进行非破坏性试验,按测定的木材弯曲强度和弹性模量确定强度等级的木材。

3.17

同等组合 homogeneous glulam

层板胶合木构件只采用某一个材质等级的层板进行构件截面的组合。

3.18

异等组合 combined glulam

层板胶合木构件采用两个或两个以上的材质等级的层板进行构件截面的组合。

3.19

对称异等组合 balanced lay-up

层板胶合木构件采用异等组合时，不同等级的层板以构件截面中心线为对称轴对称布置的组合。

3.20

非对称异等组合 unbalanced lay-up

层板胶合木构件采用异等组合时，不同等级的层板在构件截面中心线两侧非对称布置的组合。

3.21

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。

3.22

指接节点 finger joint

在连接点处，采用胶粘剂连接的锯齿状的对接节点，简称指接。指接分为胶合木层板的指接和胶合木构件的指接。

3.23

胶合木结构 glued laminated timber structure

承重构件主要采用胶合木制作的建筑结构。也称层板胶合木结构。

3.24

正交胶合木结构 cross laminated timber structure

墙体、楼面板和屋面板等承重构件采用正交胶合木制作的建筑结构。其结构形式主要为箱型结构或板式结构。

3.25

复合木结构 structural composite timber structure

承重构件主要采用结构复合木材制作的建筑结构。

3.26

销连接 dowel-type connection

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

3.27

植筋连接 glued-in rod connection

是采用植筋方式将被连接的构件联成一体的连接方式。

4 材料

4.1 木材

4.1.1 重型木结构用木材可采用原木、方木、板材、规格材、层板胶合木、正交胶合木、结构复合木材和木基结构板。

4.1.2 方木、原木和板材可采用目测分级，选材标准应符合本标准表 1、表 2 和表 3 的规定。在工厂目测分级并加工的方木构件的材质等级应符合表 4 的规定，选材标准应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005-2017 附录 A.1.4 条的规定。不应采用商品材的等级标准替代本标准规定的材质等级。

表 1 现场目测方木材质标准

项次		缺陷名称	材质等级		
			I _a	II _a	III _a
1	腐朽		不允许	不允许	不允许
2	木节 在构件任一面任何150mm长度上所有木节尺寸的总和，不应大于所在面宽的		1/3 在连接部位为1/4	2/5	1/2
3	斜纹		50mm	80mm	120mm
4	髓心		应避开受剪面	不限	不限
5	裂缝	在连接部位的受剪面上	不允许	不允许	不允许
		在连接部位的受剪面附近，其裂缝深度(当有对面裂缝时，裂缝深度用两者之和)不应大于材宽的	1/4	1/3	不限
6	虫蛀		允许有表面虫沟，不应有虫眼		
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；对死节应采取树脂固着处理；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，在条状的一面不计，直径小于 10mm 的活节不计。					

表 2 现场目测原木材质标准

项次	缺陷名称		材质等级		
			I _a	II _a	III _a
1	腐朽		不允许	不允许	不允许
2	木节	在构件任一面任何150mm长度上沿周长所有木节尺寸的总和，不应大于所测部位原木周长的	1/4	1/3	不限
		每个木节的最大尺寸，不应大于所测部位原木周长的	1/10 在连接部位为1/12	1/6	1/6
3	扭纹		80mm	120mm	150mm

	小头1m材长上倾斜高度不应大于			
4	髓心	应避免受剪面	不限	不限
5	虫蛀	允许有表面虫沟，不应有虫眼		
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；对死节应采取树脂固着处理；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，直径小于10mm的活节不计； 3 对于原木的裂缝，可通过调整其方位(使裂缝机娘垂直于构件的受剪面)予以使用。				

表 3 现场目测分级板材材质标准

项次	缺陷名称	材质等级		
		I _a	II _a	III _a
1	腐朽	不允许	不允许	不允许
2	木节 在构件任一面任何150mm长度上所有木节尺寸的总和，不应大于所在面宽的	1/4 在连接部位为1/5	1/3	2/5
3	斜纹 任何1m材长上平均倾斜高度，不应大于	50mm	80mm	120mm
4	髓心	不允许	不允许	不允许
5	裂缝 在连接部位的受剪面及其附近	不允许	不允许	不允许
6	虫蛀	允许有表面虫沟，不应有虫眼		
注：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；对死节应采取树脂固着处理；若死节有腐朽迹象，则应经局部防腐处理后使用。				

表 4 工厂加工方木构件的材质等级

项次	构件用途	材质等级		
1	用于梁的构件	I _e	II _e	III _e
2	用于柱的构件	I _f	II _f	III _f

4.1.3 方木原木结构的构件设计时, 应根据构件的主要用途选用相应的材质等级。当采用目测分级木材时, 应不低于表 5 的要求; 当采用工厂加工的方木用于梁柱构件时, 应不低于表 6 的要求。

表 5 方木原木构件的材质等级要求

项次	主要用途	最低材质等级
1	受拉或拉弯构件	I _a
2	受弯或压弯构件	II _a
3	受压构件及次要受弯构件	III _a

表 6 工厂加工方木构件的材质等级要求

项次	主要用途	最低材质等级
----	------	--------

1	用于梁	III _e
2	用于柱	III _f

4.1.4 方木和原木应从本标准表 15 和表 16 所列的树种中选用。主要的承重构件应采用针叶材；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。

4.1.5 在木结构工程中使用进口木材时，宜符合下列规定：

- 1 应选择天然缺陷和干燥缺陷少、耐腐性较好的树种；
- 2 有经过认可的认证标识，认证等级应附有说明；
- 3 应符合国家对木材进口的动物植物检疫的相关规定；
- 4 应有中文标识，并按国别、等级、规格分批堆放，不应混淆。贮存期间应防止霉变、腐朽和虫蛀；
- 5 首次采用的树种应经试验确定物理力学性能后按本标准的要求使用。

4.1.6 进口北美地区目测分级规格材的强度设计值和弹性模量应按表 7 的规定取值，并应乘以本标准表 27 规定的尺寸调整系数。

表 7 进口北美地区目测分级规格材强度设计值和弹性模量

树种名称	材质等级	截面最大尺寸(mm)	强度设计值(N/mm ²)					弹性模量 E (N/mm ²)
			抗弯 f_b	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	
花旗松-落叶松类(美国)	I _c	285	18.1	16.1	8.7	1.8	7.2	13000
	II _c		12.1	13.8	5.7	1.8	7.2	12000
	III _c		9.4	12.3	4.1	1.8	7.2	11000
	IV _c 、IV _{c1}		5.4	7.1	2.4	1.8	7.2	9700
	II _{c1}	90	10.0	14.4	4.3	1.8	7.2	10000
	III _{c1}		5.6	12.7	2.4	1.8	7.2	9300
花旗松-落叶松类(加拿大)	I _c	285	14.8	17.0	6.7	1.8	7.2	13000
	II _c		10.0	14.6	4.5	1.8	7.2	12000
	III _c		8.0	13.0	3.4	1.8	7.2	11000
	IV _c 、IV _{c1}		4.6	7.5	1.9	1.8	7.2	10000
	II _{c1}	90	8.4	16.0	3.6	1.8	7.2	10000
	III _{c1}		4.7	13.0	2.0	1.8	7.2	9400
铁-冷杉类(美国)	I _c	285	15.9	14.3	7.9	1.5	4.7	11000
	II _c		10.7	12.6	5.2	1.5	4.7	10000
	III _c		8.4	12.0	3.9	1.5	4.7	9300
	IV _c 、IV _{c1}		4.9	6.7	2.2	1.5	4.7	8300
	II _{c1}	90	8.9	14.3	4.1	1.5	4.7	9000
	III _{c1}		5.0	12.0	2.3	1.5	4.7	8000
铁-冷杉类(加拿大)	I _c	285	14.8	15.7	6.3	1.5	4.7	12000
	II _c		10.8	14.0	4.5	1.5	4.7	11000

	III _c	90	9.6	13.0	3.7	1.5	4.7	11000
	IV _c 、IV _{c1}		5.6	7.7	2.2	1.5	4.7	10000
	II _{c1}		10.2	16.1	4.0	1.5	4.7	10000
	III _{c1}		5.7	13.7	2.2	1.5	4.7	9400
南方松	I _c	285	16.2	15.7	10.2	1.8	6.5	12000
	II _c		10.6	13.4	6.2	1.8	6.5	11000
	III _c		7.8	11.8	2.1	1.8	6.5	9700
	IV _c 、IV _{c1}		4.5	6.8	3.9	1.8	6.5	8700
	II _{c1}	90	8.3	14.8	3.9	1.8	6.5	9200
	III _{c1}		4.7	12.1	2.2	1.8	6.5	8300
云杉-松-冷杉类	I _c	285	13.4	13.0	5.7	1.4	4.9	10500
	II _c		9.8	11.5	4.0	1.4	4.9	10000
	III _c		8.7	10.9	3.2	1.4	4.9	9500
	IV _c 、IV _{c1}		5.0	6.3	1.9	1.4	4.9	8500
	II _{c1}	90	9.2	13.2	3.4	1.4	4.9	9000
	III _{c1}		5.1	11.2	1.9	1.4	4.9	8100
其他北美针叶材树种	I _c	285	10.0	14.5	3.7	1.4	4.9	8100
	II _c		7.2	12.1	2.7	1.4	4.9	7600
	III _c		6.1	10.1	2.2	1.4	4.9	7000
	IV _c 、IV _{c1}		3.5	5.9	1.3	1.4	4.9	6400
	II _{c1}	90	6.5	13.0	2.3	1.4	4.9	6700
	III _{c1}		3.6	10.4	1.3	1.4	4.9	6100

注：当荷载作用方向垂直于规格材宽面时，表中抗弯强度应乘以本标准表28规定的平放调整系数。

4.1.7 进口北美地区机械分级规格材的强度设计值和弹性模量应按表8的规定取值。

表8 进口北美地区机械分级规格材强度设计值和弹性模量

规格材产地	强度等级	强度设计值(N/mm ²)					弹性模量 E (N/mm ²)
		抗弯 f_m	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	
	2850Fb-2.3E	28.3	19.7	20.0	—	—	15900
	2700Fb-2.2E	26.8	19.2	18.7	—	—	15200
	2550Fb-2.1E	25.3	18.5	17.8	—	—	14500
	2400Fb-2.0E	23.8	18.1	16.7	—	—	13800
	2250Fb-1.9E	22.3	17.6	15.2	—	—	13100
	2100Fb-1.8E	20.8	17.2	13.7	—	—	12400

北美地区	1950Fb-1.7E	19.4	16.5	11.9	—	—	11700
	1800Fb-1.6E	17.9	16.0	10.2	—	—	11000
	1650Fb-1.5E	16.4	15.6	8.9	—	—	10200
	1500Fb-1.4E	14.5	15.3	7.4	—	—	9700
	1450Fb-1.3E	14.0	15.0	6.6	—	—	9000
	1350Fb-1.3E	13.0	14.8	6.2	—	—	9000
	1200Fb-1.2E	11.6	12.9	5.0	—	—	8300
	900Fb-1.0E	8.7	9.7	2.9	—	—	6900

注：1 表中机械分级规格材的横纹承压强度设计值 $f_{c,90}$ 和顺纹抗剪强度设计值 f_v ，应根据采用的树种或树种组合，按本标准表7中相同树种或树种组合的横纹承压和顺纹抗剪强度设计值确定。

2 当荷载作用方向垂直于规格材宽面时，表中抗弯强度应乘以本标准表28规定的平放调整系数。

4.1.8 进口北美地区目测分级规格材材质等级与本标准目测分级规格材材质等级对应关系应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005-2017 附录 D 中表 D.2.3 的规定采用。

4.1.9 进口欧洲地区结构材的强度设计值和弹性模量应按表 9 的规定取值。当符合本标准第 4.1.10 条的规定时，相关的强度设计值应乘以尺寸调整系数 k_h 。

表 9 进口欧洲地区结构材的强度设计值和弹性模量

强度等级	强度设计值(N/mm ²)					弹性模量 E (N/mm ²)
	抗弯 f_m	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	
C40	26.5	15.5	12.9	1.9	5.5	14000
C35	23.2	14.9	11.3	1.9	5.3	13000
C30	19.8	13.7	9.7	1.9	5.2	12000
C27	17.9	13.1	8.6	1.9	5.0	11500
C24	15.9	12.5	7.5	1.9	4.8	11000
C22	14.6	11.9	7.0	1.8	4.6	10000
C20	13.2	11.3	6.4	1.7	4.4	9500
C18	11.9	10.7	5.9	1.6	4.2	9000
C16	10.6	10.1	5.4	1.5	4.2	8000
C14	9.3	9.5	4.3	1.4	3.8	7000

4.1.10 进口新西兰结构材的强度设计值和弹性模量应按表 10 的规定取值。

表 10 进口新西兰结构材强度设计值和弹性模量

强度等级	强度设计值(N/mm ²)	弹性模量
------	---------------------------	------

	抗弯 f_m	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	E (N/mm ²)
SG15	23.6	23.4	9.3	1.8	6.0	15200
SG12	16.1	16.7	5.6	1.8	6.0	12000
SG10	11.5	13.4	3.2	1.8	6.0	10000
SG8	8.1	12.0	2.4	1.8	6.0	8000
SG6	5.8	10.0	1.6	1.8	6.0	6000

注：当荷载作用方向垂直于规格材宽面时，表中抗弯强度应乘以本标准表28规定的平放调整系数。

4.1.11 胶合木层板应采用目测分级或机械分级，并宜采用针叶材树种制作。除普通胶合木层板的材质等级标准应符合本标准表 11 的规定外，其他胶合木层板分级的选材标准应符合现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T 50708 及《结构用集成材》GB/T 26899 的相关规定。

表 11 普通胶合木层板材质等级标准

项次	缺陷名称		材质等级		
			I _b	II _b	III _b
1	腐朽		不允许	不允许	不允许
2	木节	在构件任一面任何200mm长度上所有木节尺寸的综合，不应大于所在面宽的	1/3	2/5	1/2
		在木板指接及其两端各100mm范围内	不允许	不允许	不允许
3	斜纹 任何1m材长上平均倾斜高度，不应大于		50mm	80mm	150mm
4	髓心		不允许	不允许	不允许
5	裂缝	在模板窄面上的裂缝，其深度（有对面裂缝用两者之和）不应大于板宽的	1/4	1/3	1/2
		在木板宽面上的裂缝，其深度（有对面裂缝用两者之和）不应大于板厚的	不限	不限	对侧立腹板工字梁的腹板：1/3，对其他板材不限
6	虫蛀		允许有表面虫沟，不应有虫眼		
7	涡纹 在木板指接及其两端各100mm范围内		不允许	不允许	不允许

注：1 同表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，可截去缺陷部分，经重新接长后按所定级别使用。

4.1.12 正交胶合木采用的层板应符合下列规定：

- 1 层板应采用针叶材树种制作，并应采用目测分级或机械分级的板材；
- 2 层板材质的等级标准应符合本标准第 4.1.11 条的规定，当层板直接采用规格材制作时，材质的等级标准应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 附录 A.3 的相关规定；
- 3 横向层板可采用由针叶材树种制作的结构复合材；
- 4 同层层板应采用相同的强度等级和相同的树种木材（图 1）。

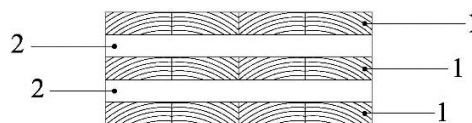


图 1 正交胶合木截面的层板组合示意图

1——层板长度方向与构件长度方向相同的顺向层板；

2——层板长度方向与构件宽度方向相同的横向层板

4.1.13 在木结构中使用木基结构板、结构复合木材和工字形木搁栅时，应符合下列规定：

1 用作屋面板、楼面板和墙面板的木基结构板应符合国家现行标准《木结构覆板用胶合板》GB/T 22349、《定向刨花板》LY/T 1580 的相关规定。

2 用作梁或柱的结构复合木材的强度应满足设计要求。

3 对于用作楼盖和屋盖的工字形木搁栅应符合现行国家标准《建筑结构用木工字梁》GB/T 28985 的相关规定。

4.1.14 制作构件时，木材含水率应符合下列规定：

1 板材、规格材和工厂加工的方木不应大于 19%。

2 方木、原木受拉构件的连接板不应大于 18%。

3 作为连接件，不应大于 15%。

4 胶合木层板和正交胶合木层板应为 8%~15%，且同一构件各层木板间的含水率差别不应大于 5%。

5 井干式木结构构件采用原木制作时不应大于 25%；采用方木制作时不应大于 20%；采用胶合原木木材制作时不应大于 18%。

4.1.15 现场制作的方木或原木构件的木材含水率不应大于 25%。当受条件限制，使用含水率大于 25% 的木材制作原木或方木结构时，应符合下列规定：

1 计算和构造应符合本标准有关湿材的规定；

2 桁架受拉腹杆宜采用可进行长短调整的圆钢；

3 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)的方木；

4 不应使用湿材制作板材结构及受拉构件的连接板；

5 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现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005-2017 附录 C 的规定进行。

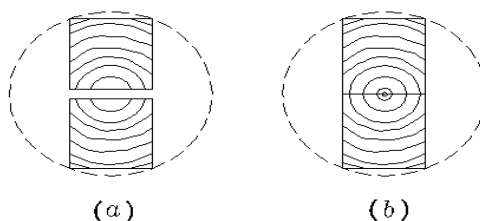


图 2 破心下料的方木

4.2 结构用胶

4.2.1 胶合木和正交胶合木用胶宜采用苯酚基胶粘剂和耐候型单组份聚氨酯胶粘剂；当采用新型胶粘剂时，应按现行国家标准《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

的规定进行指接强度、剪切强度及木破率和剥离性能试验。当采用含有甲醛的胶粘剂制作时,应进行甲醛释放的检测,满足设计文件相关规定,并应符合下列规定:

1 胶合木试件所有胶层的平均剪切强度不应低于 6.0 MPa, 剪切强度单值不应低于 4MPa, 平均木破率应符合表 12 的规定。对于针叶材或密度小于 0.5g/cm³ 的阔叶材, 如果木破率为 100%, 所有胶层的剪切强度不应低于 4.0 MPa。

2 胶合木试件两端面的总剥离率在 5%以下, 并且任一胶层的最大剥离长度不大于该胶层长度的 1/4。

表 12 胶合木胶缝剪切强度和木破率之间的对应关系

胶缝剪切强度 f_v /MPa	木破率
$\geq 6, < 8$	≥ 90
$\geq 8, < 11$	≥ 70
≥ 11	≥ 45

4.2.2 木结构室内用胶合木的甲醛释放量的平均值应不大于 1.5mg/L、甲醛释放量的最大值应不大于 2.1 mg/L; 木结构室内用正交胶合木、平行木片胶合木、层叠木片胶合木、旋切板胶合木和定向木片胶合木等结构复合材的甲醛释放量限值应不大于 0.124mg/m³。

4.2.3 植筋胶的物理力学性能和相关要求应满足设计文件的规定; 处于特殊环境的木结构采用植筋时, 除应按国家现行有关标准的规定采取防护措施外, 尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂。

4.3 钢材与金属连接件

4.3.1 重型木结构使用的钢材的相关要求和设计指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》的规定。

4.3.2 重型木结构中使用的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢, 并应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的有关规定。

4.3.3 对于重型木结构中的钢材, 当采用进口金属连接件时, 应提供产品质量合格证书, 其质量应符合设计要求且应对其性能指标进行复验。

4.3.4 用于承重膜结构中的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证, 对焊接构件或连接件尚应有含碳量的合格保证。钢木桁架的圆钢下弦直径 d 大于 20mm 的拉杆, 以及焊接承重结构或是重要的非焊接承重结构采用的钢材, 还应具有冷弯试验的合格证。

4.3.5 钢木混合结构中使用的钢材, 应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 中对钢材的有关规定。

4.3.6 用于植筋的钢筋应使用热轧带肋钢筋或全螺纹螺杆, 不得使用光圆钢筋和锚入部位无螺纹的螺杆。

4.3.7 用于植筋的热轧带肋钢筋宜采用 HRB 400 级和 HRB 335 级, 其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分: 热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的要求, 钢筋的强度指标应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用。

4.3.8 用于植筋的全螺纹螺杆钢材等级应为 Q345 级和 Q235 级, 其质量应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。

4.3.9 连接紧固件应符合下列规定:

1 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定;

2 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度

大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《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/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB / T 3632 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T3633 的有关规定。

3 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q345 钢制成。

4 木螺钉应符合现行国家标准《十字槽沉头木螺钉》GB 951 和《开槽沉头木螺钉》GB/T 100 的规定；

5 钢钉应符合现行国家标准《钢钉》GB 27704 的规定；

6 自钻自攻螺钉应符合现行国家标准《十字槽盘头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1 和《十字槽沉头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.2 的规定；

7 螺钉、螺栓应符合现行国家标准《紧固件螺栓和螺钉通孔》GB/T 5277、《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能自攻螺钉》GB/T 3098.5、《紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能自钻自攻螺钉》GB/T 3098.11 和《紧固件机械性能不锈钢螺母》GB/T 3098.15 等的规定；

8 预埋件、挂件、金属附件及其他金属连接件所用钢材及性能应满足设计要求。

4.3.10 金属齿板应由镀锌薄钢板制作。镀锌应在齿板制造前进行，镀锌层重量不低于 275g/m²。钢板可采用 Q235 碳素结构钢和 Q345 低合金高强度结构钢。

4.3.11 铸钢连接件的材质与性能应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 和《一般工程与结构用低合金钢铸件》GB/T 14408 的规定。

4.3.12 钉的材料性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能》GB/T3098 及其他相关现行国家标准的规定和要求。

4.3.13 钢构件焊接用的焊条，应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 及《热强钢焊条》GB/T 5118 的规定。焊条的型号应与主体金属的力学性能相适应。

4.3.14 木结构中使用的钢材、销轴类紧固件及金属连接件的防腐保护应满足设计文件要求及现行国家规范的规定，并应符合下列规定：

1 板厚小于 3mm 的钢构件及连接件应采用镀锌层重量不小于 275g/m² 的镀锌防锈层或采用不锈钢制作。

2 处于潮湿环境、或外露环境且对耐腐蚀有特殊要求的、或在腐蚀性气态和固态介质作用下工作的承重钢构件及连接件，应采用具有相应等级的防腐性能的不锈钢、耐候钢等材料制作或采取防腐性能相当的防腐措施。

3 与防腐处理木材或防火处理木材直接接触的钢构件及连接件，应进行镀锌处理或采用不锈钢、耐候钢等具有耐腐蚀性能的材料制作。镀锌层厚度或耐腐蚀性材料的等级应满足设计文件要求及相关标准的规定。

4.3.15 对于完全外露的金属连接件可采取涂刷防火涂料等防火措施，防火涂料的涂刷工艺应满足设计要求，以及国家现行相关标准的规定。

4.3.16 下列情况的承重构件或连接材料宜采用 D 级碳素结构钢或 D 级、E 级低合金高强度结构钢：

1 直接承受动力荷载或振动荷载的焊接构件或连接件；

2 工作温度等于或低于-30℃的构件或连接件。

4.3.17 重型木结构使用的铝合金的相关要求和设计指标应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 的规定。

4.3.18 重型木结构使用的不锈钢的相关要求和设计指标应符合现行国家标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410 的规定。

5 基本设计规定

5.1 设计原则

- 5.1.1 本标准采用以概率理论为基础的极限状态设计法。
- 5.1.2 本标准所采用的设计基准期为 50 年。
- 5.1.3 重型木结构设计使用年限应符合表 13 的规定。

表 13 设计使用年限

类别	设计使用年限	示例
1	5 年	临时性建筑结构
2	25 年	易于替换的结构构件
3	50 年	普通房屋和构筑物
4	100 年及以上	标志性建筑和特别重要的建筑结构

5.1.4 根据建筑结构破坏后果的严重程度，建筑结构划分为三个安全等级。设计时应根据具体情况，按表 14 规定选用相应的安全等级。

表 14 建筑结构的安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

注：对有特殊要求的建筑物、文物建筑和优秀历史建筑，其安全等级可根据具体情况另行确定。

- 5.1.5 建筑物中各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同，对其中部分结构构件的安全等级，可根据其重要程度适当调整，但不应低于三级。
- 5.1.6 当确定承重结构用材的强度设计值时，应计入荷载持续作用时间对木材强度的影响。
- 5.1.7 对于承载能力极限状态，结构构件应按荷载效应的基本组合，采用下列极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \dots\dots\dots(1)$$

式中： γ_0 —— 结构重要性系数；
 S_d —— 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值。按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 进行计算；
 R_d —— 结构或结构构件的抗力设计值。

- 5.1.8 结构重要性系数 γ_0 应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068 的相关规定。
- 5.1.9 结构构件的截面抗震验算应采用下列设计表达式：

$$S \leq R/\gamma_{RE} \dots\dots\dots(2)$$

式中： γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 S ——地震作用效应与其他作用效应的基本组合。按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB

50011 进行计算；
R——结构构件的承载力设计值。

5.1.10 对正常使用极限状态，结构构件应按荷载效应的标准组合，采用下列极限状态设计表达式：

$$S \leq C \dots\dots\dots(3)$$

式中：S——正常使用极限状态下作用组合的效应设计值；
C——设计对变形、振动等相应限值。

5.1.11 重型木结构建筑的楼层水平作用力宜按抗侧力构件的从属面积或从属面积上重力荷载代表值的比例进行分配。此时水平作用力的分配可不考虑扭转影响，但是对较长的墙体宜乘以 1.05~1.10 放大系数。

5.1.12 重型木结构应采取可靠措施，防止木构件腐朽或被虫蛀，应确保达到设计使用年限。

5.1.13 承重结构用胶必须满足结合部位的强度和耐久性的要求，木破率达到 100%，并应符合环境保护的要求。

5.1.14 重型木结构中的钢构件设计，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

5.2 设计指标和允许值

5.2.1 方木、原木、普通层板胶合木和胶合原木等木材的设计指标应按下列规定确定：

- 1 木材的强度等级应根据选用的树种按表15和表16的规定采用；

表 15 针叶树种木材适用的强度等级

强度等级	组别	适用树种
TC17	A	柏木长叶松湿地松粗皮落叶松
	B	东北落叶松欧洲赤松欧洲落叶松
TC15	A	铁杉油杉太平洋海岸黄柏花旗松—落叶松西部铁杉南方松
	B	鱼鳞云杉西南云杉南亚松
TC13	A	油松西伯利亚落叶松云南松马尾松扭叶松北美落叶松海岸松日本扁柏日本落叶松
	B	红皮云杉丽江云杉樟子松红松西加云杉欧洲云杉北美山地云杉北美短叶松
TC11	A	西北云杉西伯利亚云杉西黄松云杉—松—冷杉铁—冷杉加拿大铁杉杉木
	B	冷杉速生杉木速生马尾松新西兰辐射松日本柳杉

表 16 阔叶树种木材适用的强度等级

强度等级	适用树种
TB20	青冈櫟木甘巴豆冰片香重黄娑罗双重坡垒龙脑香绿心樟紫心木李叶苏木双龙瓣豆
TB17	栎木腺瘤豆筒状非洲楝蟹木楝深红默罗藤黄木

TB15	锥栗栎木黄娑罗双异翅香水曲柳红尼克樟
TB13	深红娑罗双浅红娑罗双白娑罗双海棠木
TB11	大叶椴心形椴
注：栎木包括麻栎、槲栎、柞木、小叶栎、辽东栎、抱栎、栓皮栎等；	

2 木材的强度设计值及弹性模量应按表17的规定采用；

表 17 方木、原木等木材的强度设计值和弹性模量(N/mm2)

强度等级	组别	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	局部表面和齿面	拉力螺栓垫板下	
TC17	A	17	16	10	1.7	2.3	3.5	4.6	10000
	B		15	9.5	1.6				
TC15	A	15	13	9.0	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
	B		12	9.0	1.5				
TC13	A	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
	B		10	8.0	1.4				9000
TC11	A	11	10	7.5	1.4	1.8	2.7	3.6	9000
	B		10	7.0	1.2				
TB20	—	20	18	12	2.8	4.2	6.3	8.4	12000
TB17	—	17	16	11	2.4	3.8	5.7	7.6	11000
TB15	—	15	14	10	2.0	3.1	4.7	6.2	10000
TB13	—	13	12	9.0	1.4	2.4	3.6	4.8	8000
TB11	—	11	10	8.0	1.3	2.1	3.2	4.1	7000

注：计算木构件端部的拉力螺栓垫板时，木材横纹承压强度设计值应按“局部表面和齿面”一栏的数值采用。

5.2.2 对于下列情况，本标准表 17 中的设计指标，尚应按下列规定进行调整：

- 1 当采用原木时，若验算部位未经切削，其顺纹抗压、抗弯强度设计值和弹性模量可提高 15%；
- 2 当构件矩形截面的短边尺寸不小于 150mm 时，其强度设计值可提高 10%；
- 3 当采用含水率大于 25%的湿材时，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%。

5.2.3 木材斜纹承压的强度设计值，可按下列公式确定：

当 $\alpha < 10^\circ$ 时

$$f_{c\alpha} = f_c \dots\dots\dots(4)$$

当 $10^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$ 时

$$f_{ca} = \left[\frac{f_c}{1 + \left(\frac{f_c}{f_{c,90}} - 1 \right) \frac{\alpha - 10^{\circ}}{80^{\circ}} \sin \alpha} \right] \dots\dots\dots (5)$$

式中：f_{ca}——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(°)；
f_c——木材的顺纹抗压强度设计值(N/mm²)；
f_{c,90}——木材的横纹承压强度设计值(N/mm²)。

5.2.4 已经确定的国产树种目测分级规格材的强度设计值和弹性模量应按表 18 的规定取值。

表 18 国产树种目测分级规格材强度设计值和弹性模量

树种名称	材质等级	截面最大尺寸 (mm)	强度设计值 (N/mm ²)					弹性模量 E (N/mm ²)
			抗弯 f _m	顺纹抗压 f _c	顺纹抗拉 f _t	顺纹抗剪 f _v	横纹承压 f _{c,90}	
杉木	I _c	285	9.5	11.0	6.5	1.2	4.0	10000
	II _c		8.0	10.5	6.0	1.2	4.0	9500
	III _c		8.0	10.0	5.0	1.2	4.0	9500
兴安落叶松	I _c	285	11.0	15.5	5.1	1.6	5.3	13000
	II _c		6.0	13.3	3.9	1.6	5.3	12000
	III _c		6.0	11.4	2.1	1.6	5.3	12000
	IV _c		5.0	9.0	2.0	1.6	5.3	11000

5.2.5 制作胶合木采用的木材树种级别、适用树种及树种组合应符合表 19 的规定。

表 19 胶合木适用树种分级表

树种级别	适用树种及树种组合名称
SZ1	南方松、花旗松——落叶松、欧州落叶松以及其它符合本强度等级的树种
SZ2	欧洲云杉、东北落叶松以及其它符合本强度等级的树种
SZ3	阿拉斯加黄扁柏、铁-冷杉、西部铁杉、欧洲赤松、樟子松以及其它符合本强度等级的树种
SZ4	鱼鳞云杉、云杉—松—冷杉以及其它符合本强度等级的树种

注：表中花旗松-落叶松、铁-冷杉产地为北美地区。南方松产地为美国。

5.2.6 采用目测分级和机械弹性模量分级层板制作的胶合木的强度设计指标值应按下列规定采用：

- 1 胶合木分为异等组合与同等组合二类。异等组合分为对称组合与非对称组合；
- 2 胶合木强度设计值及弹性模量应按表 20、表 21 和表 22 的规定取值；

表 20 对称异等组合胶合木的强度设计值和弹性模量（N/mm2）

强度等级	抗弯 f _m	顺纹抗压 f _c	顺纹抗拉 f _t	弹性模量 E
------	-------------------	---------------------	---------------------	--------

TC _{YD} 40	27.9	21.8	16.7	14000
TC _{YD} 36	25.1	19.7	14.8	12500
TC _{YD} 32	22.3	17.6	13.0	11000
TC _{YD} 28	19.5	15.5	11.1	9500
TC _{YD} 24	16.7	13.4	9.9	8000

注：当荷载的作用方向与层板窄边垂直时，抗弯强度设计值 f_m 应乘以 0.7 的系数，弹性模量 E 应乘以 0.9 的系数。

表 21 非对称异等组合胶合木的强度设计值和弹性模量 (N/mm²)

强度等级	抗弯 f_m		顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	弹性模量 E
	正弯曲	负弯曲			
TC _{YF} 38	26.5	19.5	21.1	15.5	13000
TC _{YF} 34	23.7	17.4	18.3	13.6	11500
TC _{YF} 31	21.6	16.0	16.9	12.4	10500
TC _{YF} 27	18.8	13.9	14.8	11.1	9000
TC _{YF} 23	16.0	11.8	12.0	9.3	6500

注：当荷载的作用方向与层板窄边垂直时，抗弯强度设计值 f_m 应采用正向弯曲强度设计值、并乘以 0.7 的系数，弹性模量 E 应乘以 0.9 的系数。

表 22 同等组合胶合木的强度设计值和弹性模量 (N/mm²)

强度等级	抗弯 f_m	顺纹抗压 f_c	顺纹抗拉 f_t	弹性模量 E
TC _T 40	27.9	23.2	17.9	12500
TC _T 36	25.1	21.1	16.1	11000
TC _T 32	22.3	19.0	14.2	9500
TC _T 28	19.5	16.9	12.4	8000
TC _T 24	16.7	14.8	10.5	6500

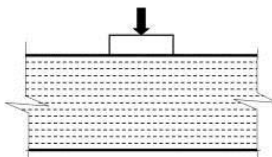
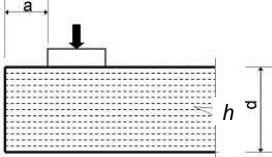
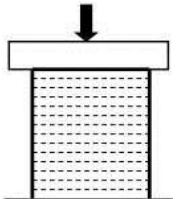
3 胶合木构件顺纹抗剪强度设计值应按表 23 的规定取值；

表 23 胶合木构件顺纹抗剪强度设计值 (N/mm²)

树种级别	顺纹抗剪强度设计值 f_v
SZ1	2.2
SZ2、SZ3	2.0
SZ4	1.8

4 胶合木构件横纹承压强度设计值应按表 24 的规定取值。

表 24 胶合木构件横纹承压强度设计值（N/mm²）

树种级别	局部横纹承压强度设计值 $f_{c,90}$		全表面横纹承压强度设计值 $f_{c,90}$
	构件中间承压	构件端部承压	
SZ1	7.5	6.0	3.0
SZ2、SZ3	6.2	5.0	2.5
SZ4	5.0	4.0	2.0
承压位置示意图		 1. 当 $h \geq 100\text{mm}$ 时, $a \leq 100\text{mm}$ 2. 当 $h < 100\text{mm}$ 时, $a \leq h$	

5.2.7 部分进口材力学性能的设计值应参考现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 中的附录 D 确定。

5.2.8 承重结构用材强度标准值及弹性模量标准值，应按本标准附录 A 确定。

5.2.9 对于承重结构用材的强度设计值和弹性模量应按下列规定进行调整：

- 1 在不同的使用条件下，强度设计值和弹性模量尚应乘以表 25 规定的调整系数；

表 25 不同使用条件下木材强度设计值和弹性模量的调整系数

使用条件	调整系数	
	强度设计值	弹性模量
露天环境	0.9	0.85
长期生产性高温环境，木材表面温度达 40~50℃	0.8	0.8
按恒荷载验算时	0.8	0.8
用于木构筑物时	0.9	1.0
施工和维修时的短暂情况	1.2	1.0

注：1 当仅有恒荷载或恒荷载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时，表列各系数应连乘。

2 对于不同的设计使用年限，强度设计值和弹性模量尚应乘以表 26 规定的调整系数。

表 26 不同设计使用年限时木材强度设计值和弹性模量的调整系数

设计使用年限	调整系数	
	强度设计值	弹性模量
5 年	1.10	1.10

设计使用年限	调整系数	
	强度设计值	弹性模量
25 年	1.05	1.05
50 年	1.00	1.00
100 年及以上	0.90	0.90

3 对于目测分级规格材，强度设计值和弹性模量应乘以表 27 规定的尺寸调整系数；

表 27 目测分级规格材尺寸调整系数

等级	截面高度 (mm)	抗弯强度		顺纹抗压 强度	顺纹抗拉 强度	其他强度
		截面宽度(mm)				
		40 和 65	90			
I _c 、II _c 、 III _c 、IV _c 、 IV _{c1}	≤90	1.5	1.5	1.15	1.5	1.0
	115	1.4	1.4	1.1	1.4	1.0
	140	1.3	1.3	1.1	1.3	1.0
	185	1.2	1.2	1.05	1.2	1.0
	235	1.1	1.2	1.0	1.1	1.0
	285	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0
II _{c1} 、III _{c1}	≤90	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

4 当荷载作用方向与规格材宽度方向垂直时，规格材的抗弯强度设计值 f_m 应乘以表 28 规定的平放调整系数；

表 28 平放调整系数

截面高度 h (mm)	截面宽度 b (mm)					
	40 和 65	90	115	140	185	≥235
$h \leq 65$	1.00	1.10	1.10	1.15	1.15	1.20
$65 \leq h \leq 90$	—	1.00	1.05	1.05	1.05	1.10

注：当截面宽度与表中尺寸不同时，可按插值法确定平放调整系数

5 当规格材作为搁栅，且数量大于 3 根，并与楼面板、屋面板或其他构件有可靠连接时，其抗弯强度设计值 f_m 应乘以 1.15 的共同作用系数。

5.2.10 对于规格材、胶合木和进口结构材的强度设计值和弹性模量，除应符合本标准第 5.2.9 条的规定外，尚应按下列规定进行调整：

1 当楼屋面可变荷载标准值与永久荷载标准值的比率 (Q_k/G_k) < 1.0 时，强度设计值应乘以调整系数 k_d ，调整系数 k_d 应按下式进行计算，且 k_d 不应大于 1.0：

$$k_d = 0.83 + 0.17\rho \quad \dots\dots\dots(6)$$

2 当有雪荷载、风荷载作用时，应乘以表 29 中规定的调整系数。

表 29 雪荷载、风荷载作用下强度设计值和弹性模量的调整系数

使用条件	调整系数	
	强度设计值	弹性模量
当雪荷载作用时	0.83	1.0
当风荷载作用时	0.91	1.0

5.2.11 对本标准尚未列入，并由工厂生产的结构复合木材、国产树种规格材、工字形搁栅、正交胶合木的强度标准值和设计指标，应依据现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 附录 F 和附录 G 的规定进行确定。

5.2.12 受弯构件的挠度限值应按表 30 的规定采用。

表 30 受弯构件挠度限值

项次	构件类别			挠度限值[w]
1	檩条	$l \leq 3.3\text{m}$		$l/200$
		$l > 3.3\text{m}$		$l/250$
2	椽条			$l/150$
3	吊顶中的受弯构件			$l/250$
4	楼盖梁和搁栅			$l/250$
5	墙骨柱	墙面为刚性贴面		$l/360$
		墙面为柔性贴面		$l/250$
6	屋盖大梁	工业建筑		$l/120$
		民用建筑	无粉刷吊顶	$l/180$
			有粉刷吊顶	$l/240$

注：表中， l ——受弯构件的计算跨度。

5.2.13 对于轻型木桁架的变形限值应符合现行的国家行业标准《轻型木桁架技术规范》JGJ/T 265 的规定。

5.2.14 受压构件的长细比限值应按表 31 规定采用。

表 31 受压构件长细比限值

项次	构件类别	长细比限值 $[\lambda]$
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

注：构件的长细比应按 $\lambda = l_0/i$ 计算，其中， l_0 为受压构件的计算长度(mm)； i 为构件截面的回转半径(mm)

5.3 设计方法

5.3.1 木结构设计应包括下列内容：

- 1 结构方案设计，应进行结构选型、构件布置及传力途径分析；
- 2 作用及作用效应分析；
- 3 结构极限状态设计；
- 4 结构及构件的连接和构造措施设计；
- 5 结构耐久性 & 施工要求；
- 6 当需满足特殊要求时，结构的性能化设计。

5.3.2 木结构设计时的作用应考虑永久荷载、可变荷载、施工荷载、风荷载、地震作用等，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载(效应)组合，并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

5.3.3 木结构承载能力极限状态验算应包括下列内容：

- 1 结构构件应进行承载力验算；
- 2 必要时应进行结构的倾覆、滑移、漂浮验算；
- 3 对于可能遭受偶然作用的结构，且倒塌将引起严重后果的重要结构，应进行防连续倒塌设计；

5.3.4 木结构正常使用极限状态验算应包括下列内容：

- 1 构件应进行变形验算，且长期作用下应考虑蠕变影响；
- 2 对楼面振动有要求的结构，应进行楼盖自振频率验算。

5.3.5 结构分析模型选取应符合以下规定：

1 结构分析模型、基本假定和边界条件，应能反映结构的实际受力状态，应基于力学原理和工程经验确定结构分析模型，如无法确定，应开展试验验证。

2 对于静力分析，结构分析模型应选取合适的构件间连接、结构与基础连接的力-变形关系。

3 结构分析模型应考虑节点、连接变形的影响。宜通过刚度折减（转动或平动）或一定的滑移值予以考虑，取值应根据连接形式而定，当缺乏数据时，可通过试验确定。

4 当构件平直度有偏移形成初始挠曲，或木料材质非均匀对结构分析结果影响较大时，结构分析模型应考虑其影响。

5 对于动力分析，应考虑相关结构构件及其质量、强度、刚度和阻尼性能，以及可能对动力分析结果产生影响的非结构构件。

5.3.6 对木组合结构和木混合结构，应考虑木材干缩、蠕变而产生的不均匀变形和受力偏心、应力集中对结构或构件的不利影响，并应考虑不同材料的温度变化、基础差异沉降等非荷载效应的不利影响。对于混凝土核心筒木结构，宜考虑木柱与钢筋混凝土核心筒之间的竖向变形差。

5.3.7 对于木结构抗侧力构件承受的剪力，对于柔性楼盖、屋盖，宜按面积分配法进行分配；对于刚性楼盖、屋盖，宜按抗侧力构件等效刚度的比例进行分配。

5.4 抗震设计

5.4.1 地震作用应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定，并应符合本节的相关规定。

5.4.2 重型木结构建筑的抗震设防类别应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 的规定。

5.4.3 重型木结构应具备必要的刚度和承载力、良好的变形能力和耗能能力，具有明确的计算简图和合理的荷载传递途径，构件之间应有可靠的连接，避免因部分结构或构件的破坏导致整个结构丧失承受地震作用的能力。

5.4.4 重型木结构平面布置宜简单、规则，减少偏心；竖向布置宜规则、均匀。结构的侧向刚度宜下大上小，逐渐均匀变化，结构竖向抗侧力构件宜上下对齐。重型木结构建筑形体及其构件布置的平面、竖向不规则性规定如下：

表 32 平面不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
扭转不规则	在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移或(层间位移)，大于该楼层两端弹性水平位移(或层间位移)平均值的 1.2 倍
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30%
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%，或较大的楼层错层

表 33 竖向不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的平面尺寸大于相邻下一层的 25%
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件(柱、抗震墙、抗震支撑)的内力由水平转换构件(梁、桁架等)向下传递
楼板承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%

5.4.5 重型木结构建筑按层数或高度的分类应符合下列规定：

1 住宅建筑按地面上层数分类时，4 层~6 层为多层重型木结构住宅建筑；7 层~9 层为中高层重型木结构住宅建筑；大于 9 层的为高层重型木结构住宅建筑；

2 按高度分类时，建筑高度大于 27m 的重型木结构住宅建筑、建筑高度大于 24m 的非单层重型木结构公共建筑和其他民用重型木结构建筑为高层重型木结构建筑。

5.4.6 重型木结构房屋应在结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用并进行抗震验算，各方向的水平地震作用应由该方向的抗侧力构件承担。有斜交抗侧力构件的结构，当相交角度大于 15° 时，应分

别计算各抗侧力构件方向的水平地震作用。质量和刚度分布明显不对称的结构，应计入双向水平地震作用下的扭转影响。当抗震设防烈度 9 度时，应计算竖向地震作用。当抗震设防烈度 7 度(0.15g)、8 度和 9 度时，重型木结构建筑中的大跨度、长悬臂结构应考虑竖向地震作用。其它情况，可采用调整地震作用效应的方法计入扭转影响。

5.4.7 除扭转特别不规则或楼层抗侧力突变外，重型木结构可按采用底部剪力法进行抗震计算。有扭转特别不规则或楼层抗侧力突变的重型木结构房屋，应采用振型分解反应谱法或时程分析法进行抗震计算，并应考虑双向地震作用下的扭转效应。当采用阵型分解反应谱法时，考虑组合所有模态的参与质量不应小于建筑两个正交水平方向 90% 的有效重质量。空间木结构可采用振型分解反应谱法。对于体型复杂或重要的大跨度结构，应用时程分析法进行补充计算。

5.4.8 重型木结构在多遇地震验算时结构的阻尼比可取 0.03，在罕遇地震验算时结构的阻尼比可取 0.05。

5.4.9 重型木结构建筑弹性状态下的层间位移角和弹塑性层间位移角应符合表 34 的规定。

表 34 重型木结构建筑层间位移角限值

结构体系		弹性层间位移角	弹塑性层间位移角
纯木结构	轻型木结构	$\leq 1/250$	$\leq 1/50$
	其他纯木结构	$\leq 1/350$	
上下混合木结构	上部纯木结构	按纯木结构采用	$\leq 1/50$
	下部的混凝土框架	$\leq 1/550$	
	下部的钢框架	$\leq 1/350$	
	下部的混凝土框架剪力墙	$\leq 1/800$	
混凝土核心筒结构		$\leq 1/800$	$\leq 1/50$

5.4.10 重型木结构抗震抗侧承载力设计和层间位移计算时，宜将节点按铰接节点考虑；结构体系应设置必要的支撑或抗震墙等抗侧力构件，以满足整体结构抗侧力要求。

5.4.11 当有可靠工程应用经验或试验验证时，重型木结构节点可采用半刚性或刚性节点考虑。

5.4.12 按半刚性节点设计的梁柱结构，在建筑物纵向的两端或中部，宜设置支撑或抗震墙以避免结构在罕遇地震下的整体倒塌。

5.4.13 对于平面不规则的结构，应采用空间结构计算模型。扭转不规则时，应计入扭转影响，且楼层竖向构件最大的弹性水平位移分别不宜大于楼层两端弹性水平位移和层间位移平均值的 1.5 倍；对于竖向不规则的结构，采用能反应结构实际刚度和质量分布的结构计算模型对水平荷载作用下的结构进行计算，并对薄弱层的地震剪力乘以 1.15 的增大系数，同时采取有效的构造措施。不规则结构须符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

5.4.14 重型木结构建筑竖向布置应符合下列规定：

1 结构的竖向布置宜规则、均匀。结构的侧向刚度宜下大上小，逐渐均匀变化，结构竖向抗侧力构件宜上下连续贯通。

2 相邻楼层的侧向刚度比可按公式 (7) 计算，且本层与相邻上层的比值不宜小于 0.7，与相邻上部三层刚度的平均值不宜小于 0.80；当本层层高大于相邻上层层高的 1.5 倍时，该比值不宜小于 1.1；底层结构与上层的比值不得小于 1.5。

$$\gamma_2 = \frac{V_i \Delta_{i+1} h_i}{V_{i+1} \Delta_i h_{i+1}} \dots\dots\dots (7)$$

式中： γ_2 ——考虑层高修正的楼层侧向刚度比；

V_i 、 V_{i+1} ——第 i 层和第 $i+1$ 层的地震剪力标准值(kN)；

Δ_i 、 Δ_{i+1} ——第 i 层和第 $i+1$ 层在地震作用标准值作用下的层间位移(m)；

h_i 、 h_{i+1} ——第 i 层和第 $i+1$ 层层高。

3 楼层抗侧力结构的层间受剪承载力不宜小于相邻上一层受剪承载力的 80%，不应小于 65%。

4 楼层质量沿高度宜均匀分布，楼层质量不宜大于相邻下一层楼层质量的 1.5 倍。

5 抗震设计时，当上部楼层收进部位距离室外地面的高度 H_1 与房屋总高度 H 之比大于 0.2 时，上部楼层收进后的宽度 B_1 不宜小于下部楼层宽度 B 的 75%（图 3a、b）；当上部楼层外挑时，上部楼层宽度 B_1 不宜大于下部楼层宽度 B 的 1.1 倍，且水平悬挑尺寸 a 不宜大于 3m（图 3c、d）。

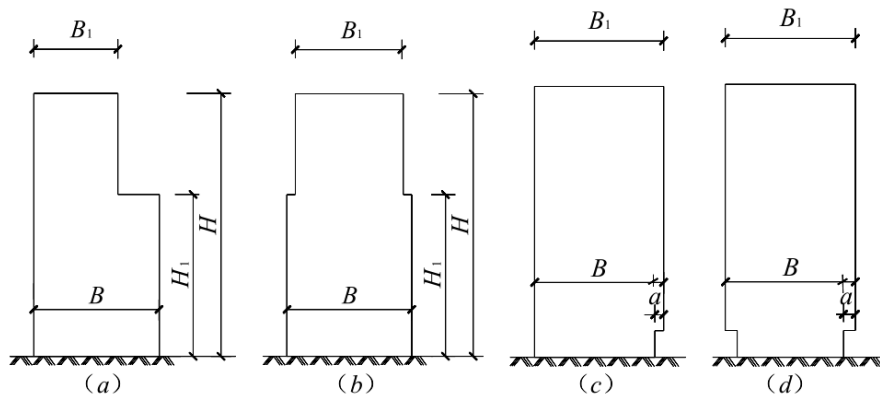


图 3 结构竖向收进和悬挑示意图

5.4.15 不规则重型木结构建筑应进行水平地震作用的计算和内力调整，应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施，并应符合下列规定：

1 平面不规则而竖向规则的建筑应采用空间结构计算模型，并应符合下列规定：

1) 扭转不规则时，应计入扭转影响；在具有偶然偏心的规定水平力作用下，楼层两端抗侧力构件弹性水平位移或层间位移的最大值与平均值的比值不宜大于 1.5；当最大层间位移远小于本标准第 5.4.10 条的规定时，该比值不宜大于 1.7；

2) 凹凸不规则或楼板局部不连续时，采用的计算模型应符合楼板平面内实际刚度的变化；抗震设防烈度 9 度或严重不规则的结构宜计入楼板局部变形的影响；

3) 平面不对称且凹凸不规则或局部不连续时，可根据实际情况分块计算扭转位移比；对扭转较大的部位应增大局部内力；

2 平面规则而竖向不规则的建筑，除应采用空间结构计算模型计算外，尚应进行弹塑性变形分析，并应符合下列规定：

1) 地震作用的剪力标准值应乘以不小于 1.3 的增大系数；

2) 竖向抗侧力构件不连续时，该构件传递给水平转换构件的地震内力应根据抗震设防烈度和水平转换构件的类型、受力情况和几何尺寸等，乘以 1.3~2.0 的增大系数；

3) 侧向刚度不规则时，相邻层的侧向刚度比应符合其结构类型的相关规定；

4) 楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一楼层的 65%；

3 平面、竖向均不规则的建筑，根据不规则类型的数量和程度，应采取不低于本条 1、2 款规定的加强措施。对于特别不规则的建筑，应进行专门分析研究，并应采取更有效的加强措施或对薄弱部位进

行抗震性能化设计。

5.4.16 结构平面布置应减少扭转的影响，以结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比不应大于 0.9。

5.4.17 重型木结构按空间整体工作计算分析时，应考虑下列变形：

- 1 梁的弯曲、剪切、扭转变形，必要时考虑轴向变形；
- 2 柱的弯曲、剪切、轴向、扭转变形；
- 3 支撑的弯曲、剪切、轴向、扭转变形；
- 4 墙的弯曲、剪切、轴向、扭转变形。

5.4.18 重型木结构进行弹塑性计算分析时，可根据实际工程情况采用静力或动力时程分析方法，并应符合下列规定：

- 1 梁、柱、斜撑、剪力墙、楼板等结构构件，应根据实际情况和分析精度要求采用合适的简化模型；
- 2 应合理采用木材、连接件的力学性能指标及本构关系；
- 3 应对计算结果的合理性进行分析和判断。

5.4.19 在预估的罕遇地震作用下，重型木结构建筑薄弱层或薄弱部位的弹塑性变形计算可采用下列方法进行计算：

- 1 各层侧向刚度无突变的木框架结构可采用简化计算方法；
- 2 除第 1 款规定的结构以外，其他结构可采用弹塑性静力或动力分析方法。

5.4.20 纯木结构体系中正交胶合木剪力墙结构的设计应符合下列规定：

- 1 正交胶合木结构的抗震设计，可采用底部剪力法，或采用直接位移法以及简化的直接位移法；
- 2 正交胶合木剪力墙的剪力的分配，可按刚性楼板或柔性楼板的假定进行分配；
- 3 正交胶合木剪力墙验算时，应进行剪力墙平面内的承载力验算，纵横剪力墙宜按两个方向单独进行验算；

5.4.21 重型纯木结构体系中木框架剪力墙结构的设计应符合下列规定：

- 1 抗震设计时，结构的两主轴方向均应布置剪力墙；
- 2 主体结构构件之间不应采用铰接，梁与柱或柱与剪力墙的中线宜重合；
- 3 在地震作用标准值作用下，各层框架所承担的地震剪力不得小于结构底部总剪力的 25% 与地震作用下的各层框架中地震剪力最大值的 1.8 倍两者之间的较小值。

5.4.22 重型木混合结构体系中，下部为混凝土结构，上部为木框架剪力墙结构或正交胶合木剪力墙结构进行地震力计算时，应按结构刚度比进行计算。对于该类平面规则的上下混合木结构，当下部为混凝土结构，上部为 4 层及 4 层以下的木结构时，应按下列规定计算地震作用：

1 下部平均抗侧刚度与相邻上部木结构的平均抗侧刚度之比不大于 4 时，上下混合木结构可按整体结构采用底部剪力法进行计算；

2 下部平均抗侧刚度与相邻上部木结构的平均抗侧刚度之比大于 4 时，上部木结构和下部混凝土结构可分开单独进行计算。当上下部分分开单独计算时，上部木结构可按底部剪力法计算，并应乘以增大系数 β ， β 应按下式计算：

$$\beta = 2.11 - 0.035\alpha \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中： α ——底层平均抗侧刚度与相邻上部木结构的平均抗侧刚度之比。

5.4.23 重型木混合结构体系中混凝土核心筒木结构设计应符合下列规定：

1 竖向荷载作用计算时，宜考虑木柱与钢筋混凝土核心筒之间的竖向变形差引起的结构附加内力；计算竖向变形差时，宜考虑混凝土收缩、徐变、沉降、施工调整以及木材蠕变等因素的影响；

2 对于预先施工的钢筋混凝土筒体,应验算施工阶段的混凝土筒体在风荷载及其他荷载作用下的不利状态的极限承载力;

3 钢筋混凝土核心筒体应承担 100%的水平荷载,木结构竖向构件应仅承受竖向荷载作用;

4 建筑平面外围的木结构竖向构件,验算承载力时应考虑风荷载的作用。

5.4.24 重型木结构建筑构件的承载力应采用下列公式验算:

1 持久设计状况、短暂设计状况:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad \dots\dots\dots(9)$$

2 地震设计状况:

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数;按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 相关规定确定;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数;按本标准第 5.4.26 条确定;

S_d ——承载能力极限状态的荷载组合的效应设计值。按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 进行计算;

R_d ——构件的承载力设计值。

5.4.25 对正常使用极限状态,结构构件应按荷载效应的标准组合,并应采用下式验算:

$$S \leq C \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: S ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值;

C ——根据结构构件正常使用要求规定的变形限值。

5.4.26 重型木结构建筑进行构件抗震验算时,承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应符合表 35 的规定。当仅计算竖向地震作用时,各类构件的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应取为 1.0。

表 35 承载力抗震调整系数

结构构件	受力状态	系数 γ_{RE}
柱、梁	受弯、受拉、受剪	0.90
	轴压和压弯	0.85
剪力墙		0.85

5.4.27 重型木结构采用的木构件、木楼盖、木屋盖以及木剪力墙,应按现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 的规定进行验算。

5.4.28 重型木结构的楼盖、屋盖以及剪力墙应按现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005 的规定进行抗侧力验算。

5.4.29 当剪力墙和楼屋盖采用正交胶合木时,板式构件在平面内可假定为刚性板。正交胶合木构件单位长度的抗侧承载力应根据试验论证确定。构件计算时应考虑板构件开孔的影响。正交胶合木剪力墙的高宽比不应大于 4;当高宽比小于 1 时,墙体宜分成两段,中间应用耗能金属件连接。当正交胶合木剪力墙自重不足以抵抗倾覆力矩时,应设置抗拔连接件。

5.4.30 重型木混合结构中的钢构件或混凝土构件的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 或《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

- 5.4.31 构件连接中应避免横纹受抗拉现象的产生。多个紧固件不宜沿顺纹方向布置成一排，以免产生横纹受拉。紧固件在连接中的边距、端距以及间距等应符合《胶合木结构技术规范》GB/T 50708-2012 第 6 章的有关规定。
- 5.4.32 悬臂连续梁与简支梁之间的连接可采用悬臂梁托，一般将简支梁作为被承载构件，简支梁的竖向荷载通过连接件传递到悬臂梁，由偏心荷载引起的构件的转动由螺栓承载。悬臂连续梁的抗拉承载力由附加扁钢承载，扁钢与悬臂梁托之间不宜焊接。当扁钢与悬臂梁托之间采用焊接时，扁钢与胶合梁之间则需通过槽孔采用连接。尚应符合《胶合木结构技术规范》GB/T 50708-2012 第 8.3.1、8.3.2 条的规定。
- 5.4.33 檩条的布置和固定方法应符合现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T50708-2012 第 8.3.6 条的规定。在设防烈度 8 度及 8 度以上地区，檩条应固定在山墙的卧梁埋件上。
- 5.4.34 拱和木梁之间的锚固以及拱与钢梁之间的连接应符合《胶合木结构技术规范》GB/T50708-2012 第 8.6.2 条的规定。
- 5.4.35 胶合门架的实心挑檐与空心挑檐的连接应符合现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T50708-2012 第 8.5.5 条的要求。实心挑檐中，六角头木螺丝应有足够的长度，以保证螺纹在主构件中的贯入长度的要求。
- 5.4.36 胶合木梁与砌体或混凝土结构的连接应符合《胶合木结构技术规范》GB/T50708-2012 第 8.2 节的规定。

6 构件设计

6.1 一般规定

6.1.1 结构分析宜考虑以下因素：

- 1 构件平直度偏差；
- 2 材料的不均匀性。

6.1.2 除了下述情形外，构件的强度验算中应考虑截面的折减。

- 1 直径小于或等于 6mm，且并非通过预钻孔钻入的钉子或螺钉。
- 2 构件受压区的孔，孔内填充有刚度超过木材的材料。

6.1.3 轴心受拉构件应进行强度验算；轴心受压构件除进行强度验算外，尚应进行稳定验算。

6.1.4 偏心受力构件应进行强度验算；构件截面存在受压情形的拉弯构件、压弯构件、偏心受压构件尚应进行稳定验算。

6.1.5 受弯构件应进行抗弯强度验算、抗剪强度验算、挠度验算；对有切口构件，应进行切口处的抗剪强度验算；对未采取可靠措施保证其侧向稳定的受弯构件应进行稳定验算。

6.1.6 应根据构件实际受力情况，对集中荷载作用处和端部支撑处的横纹受压区进行局部承压强度验算。

6.1.7 正交胶合木的抗弯强度设计值应乘以组合系数 k_c ，考虑最外侧层板并排配置层数的影响，其数值按下式计算，且不应大于 1.2。

$$k_c = 1 + 0.025n \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中： n ——最外侧层板并排配置的层板数量。

6.1.8 正交胶合木构件的应力和有效刚度应基于平面假设和各层板的刚度进行计算。计算时应只考虑顺纹方向的层板参与计算。

6.2 等截面直线形受弯构件

6.2.1 等截面直线形受弯构件设计时，应符合下列规定：

- 1 简支梁、连续梁和悬臂梁的计算跨度为梁的净跨加上每端支座的 1/2 支承长度。
- 2 受弯构件除靠近支座的端部外，不应在构件的其他位置开口。在支座处受拉侧的开口高度不应大于构件截面高度的 1/10 与 75mm 两者的较小者，开口长度不应大于跨度的 1/3；在端部受压侧的开口高度不应大于构件截面高度的 2/5，开口长度不应大于跨度的 1/3。
- 3 构件端部受压侧有斜切口时，斜切口的最大高度不应大于构件截面高度的 2/3，水平长度不宜大于构件截面高度的 3 倍。当水平长度大于构件截面高度的 3 倍时，应进行斜切口受剪承载能力的验算。
- 4 当在构件上开口时，宜将切口转角做倒角处理。
- 5 可能出现负弯矩的支座处及其附近区域不应设置切口；
- 6 应减小切口引起的应力集中，宜采用逐渐变化的锥形切口，不宜采用直角形切口。

6.2.2 计算构件承载力时，净截面面积 A_n 应符合下列规定：

- 1 净面积等于全截面积减去由钻孔、刻槽或其他因素削弱的面积；
- 2 荷载沿顺纹方向作用时，对于交错布置的销类紧固件（图 4），当相邻两排的紧固件在顺纹方向的间距小于 4 倍紧固件的直径时，则可认为相邻紧固件在同一截面上；
- 3 计算剪板连接的净面积(图 5)时，净面积等于全面积减去螺栓孔以从安装剪板的槽口的面积。剪

板交错布置时,当相邻两排剪板在顺纹方向的间距小于或等于一个剪板的直径时,则可认为相邻紧固件在同一截面上;

4 对顺纹受压柱,当削弱的截面位于柱子可能发生的屈曲区段以外时,可按毛截面计算柱子的受压承载力。

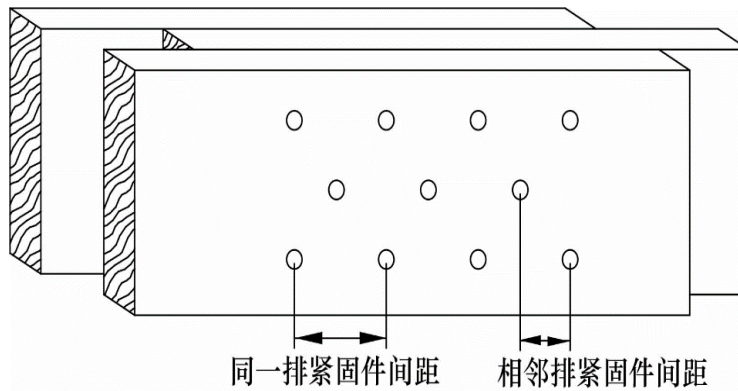


图 5 紧固件间距示意图

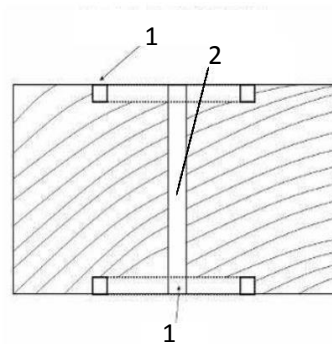


图 6 剪板连接中构件的截面净面积

1——用于安装剪板的刻槽; 2——螺栓孔

6.2.3 受弯构件的受弯承载能力应按下式验算:

1 按强度验算:

$$\frac{M}{W_n} \leq f_m \quad \dots\dots\dots(13)$$

2 按稳定验算:

当构件截面宽度小于截面高度、沿受压边长度方向没有侧向支撑并且构件在端部没有防止构件转动的支撑时,受弯构件的侧向稳定应按下式计算:

$$\frac{M}{\phi_l W_n} \leq f_m \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中： f_m ——胶合木抗弯强度设计值（N/mm²）；
 M ——受弯构件弯矩设计值（N·mm）；
 W_n ——受弯构件的净截面抵抗矩（mm³）；
 φ_l ——受弯构件的侧向稳定系数，按照6.2.4执行。

6.2.4 受弯构件的侧向稳定系数 φ_l 应按下列公式计算：

$$\lambda_m = 0.9 \sqrt{\frac{1.05 E_k}{f_{mk}}}$$

.....(15)

$$\lambda_B = \sqrt{\frac{l_e h}{b^2}}$$

.....(16)

当 $\lambda_B > \lambda_m$ 时 $\varphi_l = \frac{0.74 E_k}{\lambda_B^2 f_{mk}}$

.....(17)

当 $\lambda_B \leq \lambda_m$ 时 $\varphi_l = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_B^2 f_{mk}}{5.15 E_k}}$

.....(18)

式中： E_k ——木材弹性模量标准值，按本标准附录A的规定采用（N/mm²）；
 f_{mk} ——木材抗弯强度标准值，按本标准附录A的规定采用（N/mm²）；
 λ_B ——受弯构件长细比，不应大于50；
 b ——受弯构件的截面宽度（mm）；
 h ——受弯构件的截面高度（mm）；
 l_e ——受弯构件的计算长度（mm），应按表36的规定采用；

表 36 受弯构件的计算长度

梁的类型和荷载情况	荷载作用在梁的部位		
	顶部	中部	底部
简支梁，两端相等弯矩	$l_e=1.00l_u$		
简支梁，均匀分布荷载	$l_e=0.95l_u$	$l_e=0.90l_u$	$l_e=0.85l_u$
简支梁，跨中一个集中荷载	$l_e=0.80l_u$	$l_e=0.75l_u$	$l_e=0.70l_u$
悬臂梁，均匀分布荷载	$l_e=1.20l_u$		
悬臂梁，在悬端一个集中荷载	$l_e=1.70l_u$		
悬臂梁，在悬端作用弯矩	$l_e=2.00l_u$		

注：表中 l_0 为受弯构件两个支撑点之间的实际距离。当支座处有侧向支撑而沿构件长度方向无附加支撑时， l_0 为支座之间的距离；当受弯构件在构件中间点以及支座处有侧向支撑时， l_0 为中间支撑与端支座之间的距离。

6.2.5 当受弯构件的两个支座处设有防止其侧向位移和侧倾的侧向支承，并且截面的最大高度 h 对其截面宽度 b 之比以及侧向支承满足下列规定时，侧向稳定系数 φ_l 应取为 1：

- 1 $h/b \leq 4$ 时，中间未设侧向支承；
- 2 $4 < h/b \leq 5$ 时，在受弯构件长度上有类似檩条等构件作为侧向支承；
- 3 $5 < h/b \leq 6.5$ 时，受压边缘直接固定在密铺板上或直接固定在间距不大于 610mm 的搁栅上；
- 4 $6.5 < h/b \leq 7.5$ 时，受压边缘直接固定在密铺板上或直接固定在间距不大于 610mm 的搁栅上，并且受弯构件之间安装有横隔板，其间隔不超过受弯构件截面高度的 8 倍；
- 5 $7.5 < h/b \leq 9$ 时，受弯构件的上下边缘在长度方向上均有限制侧向位移的连续构件。

6.2.6 受弯构件的顺纹抗剪承载能力，应按下列式计算：

$$\frac{VS}{Ib} \leq f_v \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中： f_v ——胶合木顺纹抗剪强度设计值 (N/mm^2)；

V ——受弯构件剪力设计值(N)；按本标准第 6.2.7 条确定；

I ——构件的全截面惯性矩 (mm^4)；

b ——构件的截面宽度 (mm)；

S ——剪切面以上的截面面积对中和轴的面积矩 (mm^3)。

6.2.7 荷载作用在梁顶面，计算受弯构件的剪力设计值 V 时，应符合下列规定：

- 1 均布荷载、移动荷载以及多个相等或相近移动荷载作用时，可不考虑在距离支座等于梁截面高度 h 的范围内的荷载作用；
- 2 集中荷载作用时，在距离支座等于梁截面高度 h 的范围内的荷载，应考虑集中荷载值乘以 x/h (x 为荷载作用点距支座边的距离) 的荷载作用，图 6；
- 3 移动荷载作用时，最大荷载应布在距支座梁截面高度 h 处；
- 4 在多个相等或相近移动荷载的情况下，由影响线确定最大剪力 V 的位置。

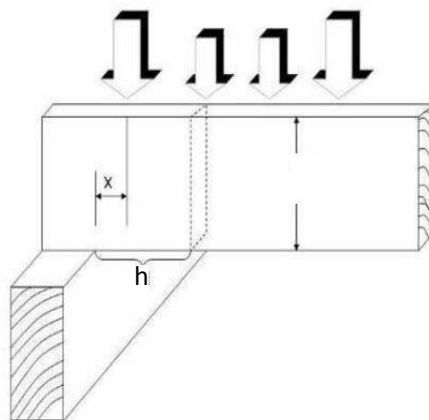


图 7 支座处剪力设计值计算示意图

6.2.8 受弯构件在受拉侧有切口时，抗剪承载能力设计值应按下列公式验算：

- 1 矩形截面构件：

$$\frac{3V}{2bh_n} \left(\frac{h}{h_n} \right)^2 \leq f_v \quad \dots\dots\dots(20)$$

2 圆形截面构件:

$$\frac{3V}{2A_n} \left(\frac{h}{h_n} \right)^2 \leq f_v \quad \dots\dots\dots(21)$$

式中: f_v ——胶合木顺纹抗剪强度设计值 (N/mm²);

V ——剪力设计值(N), 按本标准第 6.2.7 条确定;

b ——构件的截面宽度 (mm);

h ——构件的截面高度 (mm);

h_n ——受弯构件在切口处净截面高度 (mm);

A_n ——受切口处净截面面积 (mm²);

6.2.9 受弯构件在支座受压侧有缺口或斜切口时, 且 $y_n \leq h_n$ 时, 构件的抗剪承载力应按下列式计算:

$$\frac{3V}{2b \left[h - \frac{y_n(h-h_n)}{h_n} \right]} \leq f_v \quad \dots\dots\dots(22)$$

式中: f_v ——胶合木顺纹抗剪强度设计值 (N/mm²);

b ——受弯构件的截面宽度 (mm);

h ——受弯构件的截面高度 (mm);

h_n ——受弯构件在切口处净截面高度 (mm); 当端部为锥形切口时(图 7), h_n 取支座内侧边缘处的截面高度;

V ——考虑全跨内所有荷载作用的剪力设计值(N);

y_n ——支座内边缘到梁切口处距离 (图 7)。

当 $y_n > h_n$ 时, 构件的抗剪承载力应按本标准公式 (19) 进行计算, 截面高度取 h_n 。

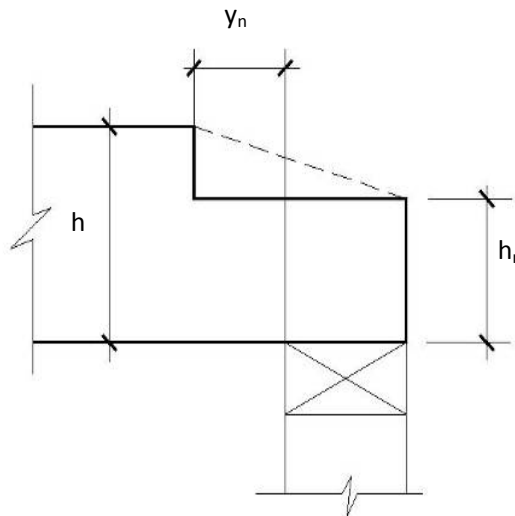


图 8 受弯构件端部受压边切口示意图

6.2.10 剪板、螺栓、销或六角头木螺钉连接时（图8），其连接处胶合木构件的抗剪承载能力应按下列公式验算：

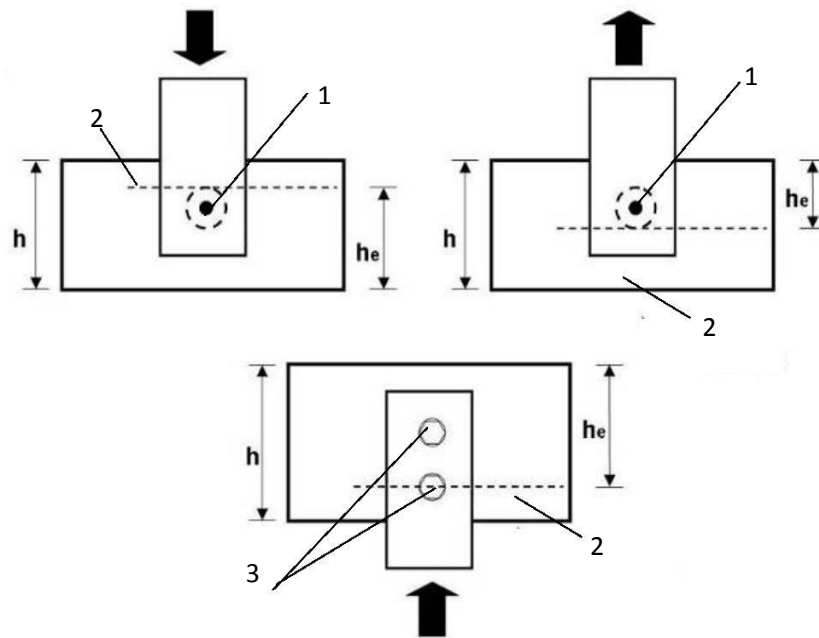


图9 受弯构件的连接件受力示意图

1——剪板；2——不受力边；3——螺栓、销或六角头木螺钉

1 当连接处与构件支座内边缘的距离小于 $5h$ 时：

$$\frac{3V}{2bh_e} \left(\frac{h}{h_e} \right)^2 \leq f_v \quad \dots\dots\dots(23)$$

2 当连接处与构件支座内边缘的距离大于或等于 $5h$ 时：

$$\frac{3V}{2bh_e} \leq f_v \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中： f_v ——胶合木顺纹抗剪强度设计值（ N/mm^2 ）；

V ——剪力设计值(N)；

b ——构件的截面宽度（mm）；

h_e ——构件的截面高度（mm）；取截面高度 h 减去构件不受力边到连接件的距离（图8）；对于剪板，取 h 减去不受力边至剪板最近边缘的距离；对于螺栓、销和六角头木螺钉，取 h 减去不受力边缘到螺栓、销和六角头木螺钉中心的距离。

6.2.11 受弯构件局部承压的承载能力应按式进行验算：

$$\frac{N_c}{bl_b K_B K_{zcp}} \leq f_{c,90} \quad \dots\dots\dots(25)$$

式中: N_c ——局部压力设计值 (N);

b ——局部承压面宽度 (mm);

l_b ——局部承压面长度 (mm);

$f_{c,90}$ ——构件材料的横纹承压强度设计值 (N/mm^2), 当承压面长度 $l_b \leq 150\text{mm}$, 且承压面外缘距构件端部不小于 75mm 时, $f_{c,90}$ 取局部表面横纹承压强度设计值, 否则应取全表面横纹承压强度设计值;

K_B ——局部受压长度调整系数, 应按表 37 的规定取值, 当局部受压区域内有较高弯曲应力时, $K_B = 1$;

K_{Zcp} ——局部受压尺寸调整系数, 应按表 38 的规定取值。

表 37 局部受压长度调整系数 K_B

顺纹测量承压长度 (mm)	修正系数 K_B	顺纹测量承压长度 (mm)	修正系数 K_B
≤ 12.5	1.75	75.0	1.13
25.0	1.38	100.0	1.10
38.0	1.25	≥ 150.0	1.00
50.0	1.19		
注: 1 当承压长度为中间值时, 可采用插入法求出 K_B 值; 2 局部受压的区域离构件端部不应小于 75mm 。			

表 38 局部受压尺寸调整系数 K_{Zcp}

构件截面宽度与构件截面高度的比值	K_{Zcp}
≤ 1.0	1.00
≥ 2.0	1.15
注: 比值在 $1.0 \sim 2.0$ 之间时, 可采用插入法求出 K_{Zcp} 值。	

6.2.12 受弯构件的挠度, 应按下列式验算:

$$\omega \leq [\omega] \quad \dots\dots\dots(26)$$

式中: $[\omega]$ —— 受弯构件的挠度限值(mm), 按表 30 采用;

ω —— 构件按荷载效应的标准组合计算的挠度(mm)。

6.2.13 长期荷载作用下, 受弯构件的最终净挠度 (见图 9) 应按下列式验算:

$$\omega_{net, fin} = \omega_{inst} + \omega_{creep} - \omega_c = \omega_{fin} - \omega_c \quad \dots\dots\dots(27)$$

$$\text{对于持久作用 } G, \quad \omega_{creep, G} = \omega_{inst, G} (1 + k_{def}) \quad (5.2.13-3a) \quad \dots\dots\dots(28)$$

$$\text{对于主要可变作用 } Q_1, \quad \omega_{creep, Q_1} = \omega_{inst, Q_1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad (5.2.13-3b) \quad \dots\dots\dots(29)$$

对于次要可变作用 $Q_i(i>1)$, $\omega_{creep,Q_i} = \omega_{inst,Q_i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$ (5.2.13-3c).....(30)

承受均布荷载的受弯构件的挠度应按下式计算:

$$\omega_{inst} = \frac{5ql^4}{384EI} \dots\dots\dots(31)$$

式中, ω_c ——反拱 (mm), 未设取0;

ω_{inst} ——瞬时挠度, 即为构件按荷载效应的标准组合计算的挠度 (mm);

ω_{creep} ——蠕变挠度 (mm);

ω_{fin} ——最终挠度 (mm);

$\omega_{creep,G}$, ω_{creep,Q_1} , ω_{creep,Q_i} ——分别是作用G,Q₁,Q_i的永久挠度 (mm);

$\omega_{inst,G}$, ω_{inst,Q_1} , ω_{inst,Q_i} ——分别是作用G,Q₁,Q_i的瞬时挠度, 线荷载q根据相应作用取值 (mm);

$\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ ——可变作用准永久值系数;

$\psi_{0,i}$ ——可变作用组合值系数;

q——作用于受弯构件的均布线荷载;

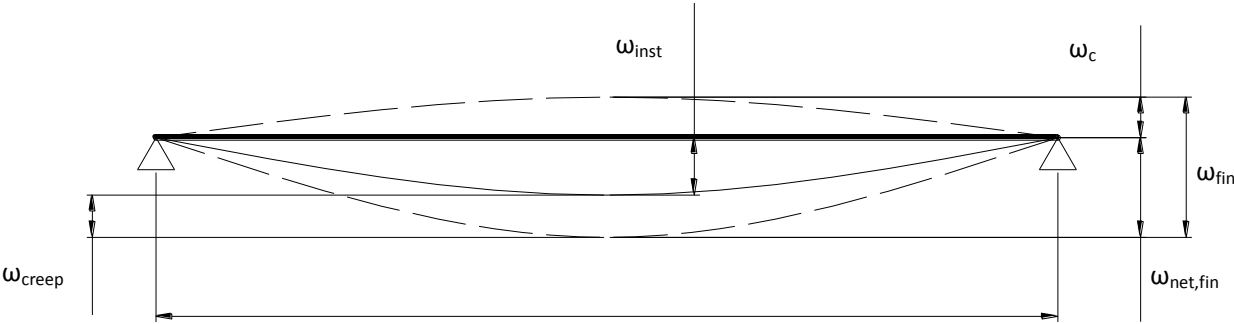


图 10 挠度分量示意图

k_{def} ——变形系数, 按表39取值。

表 39 木材的 kdef 值

材料	含水率		
	≤12%	12%-20%	>20%
层板胶合木	0.60	0.80	2.00
单板层积材	0.60	0.80	2.00
正交胶合木	0.80	1.00	-

注: 1 如果结构由两个特性根据时间而变化的木构件组成, k_{def} 的值应为其两倍。
2 当连接由两个特性根据时间发生不同变化木基构件组成时, 应当使用以下变形系数计算最终变

形值: $k_{def} = 2.0 \sqrt{k_{def,1} k_{def,2}}$

其中: $k_{def,1}$ 、 $k_{def,2}$ ——两个木构件各自的变形系数。

6.2.14 双向受弯构件的抗弯承载能力，应按下式验算：

$$\frac{M_x}{W_{nx} f_{mx}} + \frac{M_y}{W_{ny} f_{my}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(32)$$

式中： M_x 、 M_y ——相对于构件截面x轴和y轴产生的弯矩设计值(N·mm)；

f_{mx} 、 f_{my} ——调整后的胶合木正向弯曲或侧向弯曲的抗弯强度设计值 (N/mm²)；

W_{nx} 、 W_{ny} ——构件截面沿x轴y轴的净截面抵抗矩 (mm³)。

6.2.15 双向受弯构件的挠度，应按下式验算：

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2} \quad \dots\dots\dots(33)$$

式中： ω_x 、 ω_y ——相对于构件截面x轴和y轴产生的挠度 (mm)；并按6.2.13条考虑长期荷载作用下的最终挠度。

6.2.16 正交胶合木构件的有效抗弯刚度 EI_{CLT} 应按下列公式计算：

$$EI_{CLT} = \sum_{i=1}^{n_l} (E_i I_i + E_i A_i e_i^2) \quad \dots\dots\dots(34)$$

$$I_i = \frac{bt_i^3}{12} \quad \dots\dots\dots(35)$$

$$A_i = bt_i \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中： E_i ——参加计算的第i层顺纹层板的弹性模量 (N/mm²)；

I_i ——参加计算的第i层顺纹层板的截面惯性矩 (mm⁴)；

A_i ——参加计算的第i层顺纹层板的截面面积 (mm²)；

b ——构件的截面宽度 (mm)；

t_i ——参加计算的第i层顺纹层板的截面高度 (mm)；

n_l ——参加计算的顺纹层板的层数；

e_i ——参加计算的第i层顺纹层板的重心至截面重心的距离 (图10)。

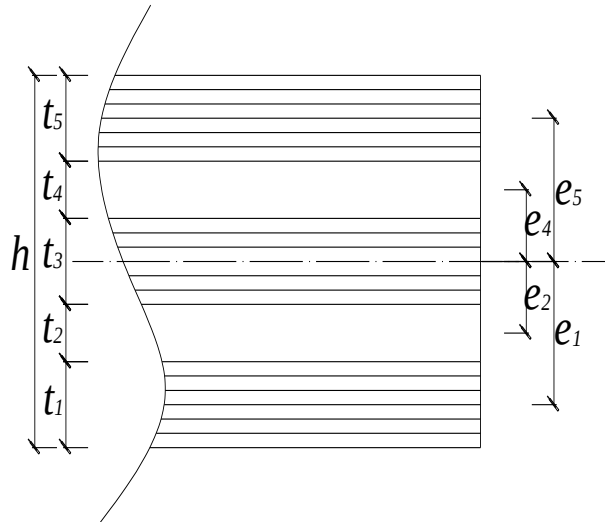


图 11 截面计算示意图

6.2.17 正交胶合木板的受弯承载力设计

当正交胶合木受弯构件的跨度大于构件截面高度的 10 倍时，构件的受弯承载力应按式验算：

$$\frac{ME_l h}{2EI_{CLT}} \leq f_m \quad \dots\dots\dots(37)$$

式中： E_l ——最外侧顺纹层板的弹性模量（N/mm²）；

f_m ——最外侧层板的平置抗弯强度设计值（N/mm²）；

M ——受弯构件弯矩设计值（N·mm）；

EI_{CLT} ——构件的有效抗弯刚度，按本标准第6.2.16条计算（N·mm²）；

h ——构件的截面高度（mm）。

6.2.18 正交胶合木受弯构件应按下列公式验算构件的滚剪承载力（图 11）应满足以下公式：

$$\frac{V \cdot \Delta S}{I_{ef} b} \leq f_r \quad \dots\dots\dots(38)$$

$$\Delta S = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{n_l}{2}} (E_i b t_i e_i)}{E_0} \quad \dots\dots\dots(39)$$

$$I_{ef} = \frac{EI_{CLT}}{E_0} \quad \dots\dots\dots(40)$$

$$E_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} b t_i E_i}{A} \quad \dots\dots\dots(41)$$

式中： V ——受弯构件剪力设计值（N）；

b ——构件的截面宽度（mm）；

n_l ——参加计算的顺纹层板层数；

E_0 ——构件的有效弹性模量 (N/mm²) ;
 f_r ——木材的滚剪强度设计值 (N/mm²) , 按本标准第6.2.19条规定取值;
 A ——参加计算的各层顺纹层板的截面总面积 (mm²) ;
 $nl/2$ ——表示仅计算构件截面对称轴以上部分或对称轴以下部分。

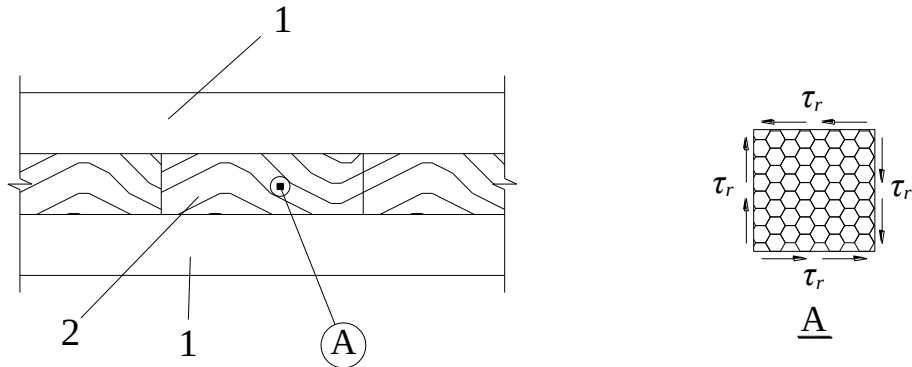


图 12 滚动剪切示意图

1——顺纹层板; 2——横纹层板; 3——顺纹层板剪力

6.2.19 正交胶合木受弯构件的滚剪强度设计值应按下列规定取值:

- 1 当构件施加的胶合压力不小于 0.3 N/mm², 构件截面宽度不小于 4 倍高度, 并且层板上无开槽时, 滚剪强度设计值应取最外侧层板的顺纹抗剪强度设计值的 0.38 倍;
- 2 当不满足本条第 1 款的规定, 且构件施加的胶合压力大于 0.07 N/mm² 时, 滚剪强度设计值应取最外侧层板的顺纹抗剪强度设计值的 0.22 倍。

6.2.20 承受均布荷载的正交胶合木受弯构件的挠度应按下列式计算:

$$\omega = \frac{5qbl^4}{384EI_{CLT}} \dots\dots\dots(42)$$

式中: q ——受弯构件单位面积上承受的均布荷载设计值 (N/mm²) ;
 b ——构件的截面宽度 (mm) ;
 l ——受弯构件计算跨度;
 EI_{CLT} ——构件的有效抗弯刚度, 按本标准第6.2.16条计算 (N mm²) 。

6.3 变截面直线形受弯构件

6.3.1 变截面直线形受弯构件包括单坡和双坡变截面构件。从构件斜面最低点到最高点的高度范围内, 应采用相同等级的层板。构件的斜面制作应在工厂完成, 严禁在现场切割制作。本标准仅对斜面在受压边的构件做出规定, 不考虑斜面在受拉边的构件。

6.3.2 均布荷载作用下，支座为简支的单坡或对称双坡变截面矩形受弯构件（图 12）应按以下规定对构件的抗弯（包括稳定）、抗剪以及横纹承压承载力进行验算：

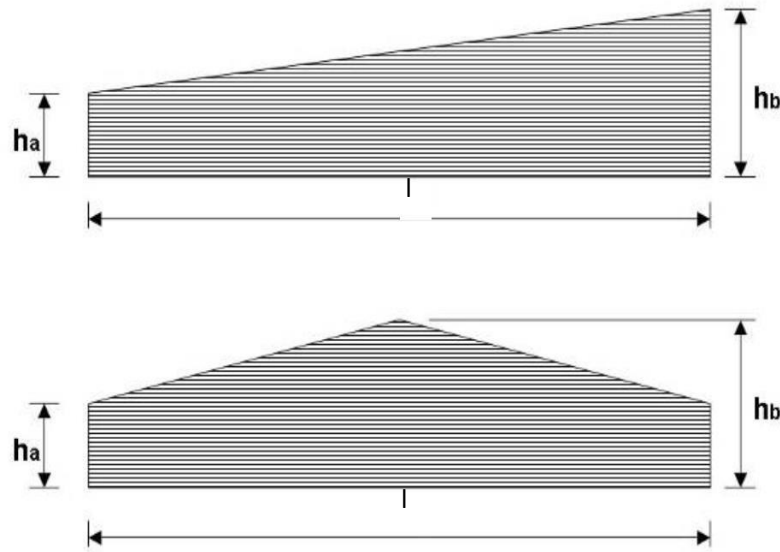


图 13 单坡或对称双坡变截面直线形受弯构件示意图

1 最大弯曲应力处离截面高度较小一端的距离 z 为：

$$z = \frac{l}{2h_a + l \tan \theta} h_a \quad \dots\dots\dots(43)$$

最大弯曲应力处截面的高度可按下式计算：

$$h_z = 2h_a \frac{h_a + l \tan \theta}{2h_a + l \tan \theta} \quad \dots\dots\dots(44)$$

最大弯曲应力处抗弯承载能力应按下列公式进行验算：

$$\sigma_m \leq \varphi_l k_i f'_m \quad \dots\dots\dots(45)$$

$$\sigma_m = \frac{3ql^2}{4bh_a(h_a + l \tan \theta)} \quad \dots\dots\dots(46)$$

式中： σ_m ——最大弯曲应力处的弯曲应力值（N/mm²）；

h_a ——构件最小端的截面高度(mm)；

l ——构件跨度（mm）；

θ ——构件斜面与水平面的夹角（°）；

q ——均布荷载设计值(N/mm)；

f'_m ——不考虑高度或体积调整系数的胶合木抗弯强度设计值（N/mm²）；

k_i ——变截面直线受弯构件设计强度相互作用调整系数，按本标准第 6.3.3 条规定采用；

φ_l ——受弯构件的侧向稳定系数，按本标准第 6.2.4 条规定采用。

2 最大弯曲应力处顺纹抗剪承载能力应按下列公式验算：

$$\sigma_m \tan \theta \leq f_v \quad \dots\dots\dots(47)$$

式中： f_v ——木材抗剪强度设计值（N/mm²）；

3 支座处顺纹抗剪承载能力应按本标准第 6.1.5 条规定进行验算；截面尺寸取支座处构件的截面尺寸；

4 最大弯曲应力处横纹受压承载能力应按下列公式验算：

$$\sigma_m \tan^2 \theta \leq f_{c,90} \quad \dots\dots\dots(48)$$

式中： $f_{c,90}$ ——木材横纹承压强度设计值（N/mm²）；

6.3.3 外部荷载作用下变截面矩形受弯构件的抗弯强度设计值，除考虑本标准第 5.2 节规定的调整系数外，还应乘以按下式计算的相互作用调整系数 k_i ：

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_m \tan^2 \theta}{f_v} \right)^2 + \left(\frac{f_m \tan^2 \theta}{f_{c,90}} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots(49)$$

式中： f_m ——木材抗弯强度设计值（N/mm²）；

$f_{c,90}$ ——木材横纹承压强度设计值（N/mm²）；

f_v ——木材抗剪强度设计值（N/mm²）；

θ ——构件斜面与水平面的夹角（°）；

6.3.4 单个集中荷载作用下，单坡或对称双坡变截面矩形受弯构件的最大承载力应按下列规定进行验算：

1 当集中荷载作用处截面高度大于最小端截面高度的 2 倍时，最大弯曲应力作用点位于截面高度为最小端截面高度的 2 倍处，即最大弯曲应力处离截面高度较小一端的距离 $z=ha/\tan\theta$ ；

2 当集中荷载作用处截面高度小于或等于最小端截面高度的 2 倍时，最大弯曲应力作用点位于集中荷载作用处；

3 最大弯曲应力处抗弯承载能力应按下列公式进行验算：

$$\sigma_m < \varphi_i k_i f'_m \quad \dots\dots\dots(50)$$

$$\sigma_m = \frac{6M}{bh_z^2} \quad \dots\dots\dots(51)$$

式中： σ_m ——最大弯曲应力处的弯曲应力值（N/mm²）；

M ——最大弯矩设计值（N·mm）；

b ——构件的截面宽度（mm）；

h_z ——最大弯曲应力处的截面高度（mm）；

φ_l ——受弯构件的侧向稳定系数，按本标准第6.2.4条规定采用；

k_i ——构件设计强度相互作用调整系数，按本标准第6.3.3条规定采用；

f'_m ——不考虑高度或体积调整系数的胶合木抗弯强度设计值（N/mm²）。

4 最大弯曲应力处顺纹抗剪承载能力和横纹受压承载能力应按公式（47）和式（48）进行验算。并且，支座处顺纹抗剪承载能力应按本标准第 6.2.6 条规定进行验算，截面尺寸取支座处构件的截面尺寸。

6.3.5 均布荷载或集中荷载作用下的单坡或对称双坡变截面矩形受弯构件的挠度 ω_m 可根据变截面构件的等效截面高度，按等截面直线型构件计算，并符合下列规定：

1 均布荷载作用下，等效截面高度 h_c 应按下列式计算：

$$h_c = k_c h_a \quad \dots\dots\dots(52)$$

式中： h_c ——等效截面高度；

h_a ——较小端截面高度；

k_c ——截面高度折算系数，按表40确定；

表 40 均布荷载作用下变截面梁截面高度折算系数 k_c 取值

对称双坡变截面梁		单坡变截面梁	
当 $0 < C_h \leq 1$ 时	当 $1 < C_h \leq 3$ 时	当 $0 < C_h \leq 1.1$ 时	当 $1.1 < C_h \leq 2$ 时
$k_c = 1 + 0.66C_h$	$k_c = 1 + 0.62C_h$	$k_c = 1 + 0.46C_h$	$k_c = 1 + 0.43C_h$

注：表中 $C_h = \frac{h_b - h_a}{h_a}$ ； h_b 为最高截面高度； h_a 为最小端的截面高度

2 集中荷载或其他荷载作用下，构件的挠度应按线弹性材料力学方法确定，长期荷载作用下的挠度要求应符合 6.2.13 的要求。

6.4 曲线形受弯构件

6.4.1 曲线形受弯构件包括等截面曲线形受弯构件和变截面曲线形受弯构件（图 13）。曲线形构件曲率半径 R 应大于 $125t$ （ t 为层板厚度）。

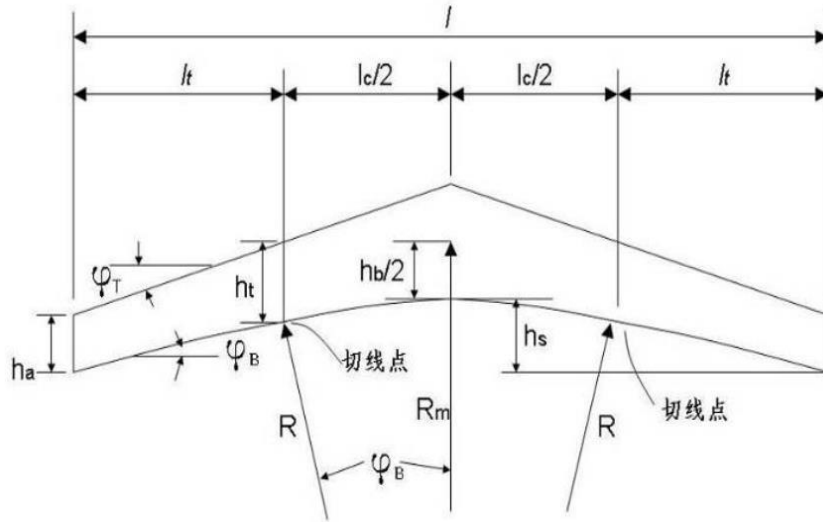


图 14 变截面曲线受弯构件示意图

6.4.2 曲线形矩形截面受弯构件的抗弯承载能力，应按下列规定验算：

1 对于等截面曲线形受弯构件，抗弯承载能力应按下列公式验算：

$$\frac{6M}{bh^2} \leq k_r f_m \quad \dots\dots\dots(53)$$

$$k_r = 1 - 2000 \left(\frac{t}{R} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(54)$$

式中： f_m ——胶合木抗弯强度设计值（ N/mm^2 ）；

M ——受弯构件弯矩设计值（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；

b ——构件的截面宽度（ mm ）；

h ——构件的截面高度（ mm ）；

k_r ——胶合木曲线形构件强度修正系数，按现行国家标准《胶合木结构技术规范》GB/T 50708-2012 中的第 4.2.1 条取值；

R ——胶合木曲线形构件内边的曲率半径（ mm ）；

t ——胶合木曲线形构件每层木板的厚度（ mm ）。

2 对于变截面曲线形受弯构件，抗弯承载能力的验算应将变截面直线部分按本标准第 6.3 节的规定验算，曲线部分应按下列公式验算：

$$K_\theta \frac{6M}{bh_b^2} \leq \phi_l k_r f'_m \quad \dots\dots\dots(55)$$

$$K_{\theta} = D + H \frac{h_b}{R_m} + F \left(\frac{h_b}{R_m} \right)^2 \dots\dots\dots(56)$$

式中: M ——曲线部分跨中弯矩设计值(N·mm);

b ——构件的截面宽度 (mm);

h_b ——构件在跨中的截面高度 (mm);

φ_l ——受弯构件的侧向稳定系数;

K_{θ} ——几何调整系数; 式中, D 、 H 和 F 为系数, 应按表 41 确定;

R_m ——构件中心线处的曲率半径;

f'_m ——不考虑高度或体积调整系数的胶合木抗弯强度设计值 (N/mm²)。

表 41 D 、 H 和 F 系数取值表

构件上部斜面夹角 φ_T (弧度)	D	H	F
2.5	1.042	4.247	-6.201
5.0	1.149	2.036	-1.825
10.0	1.330	0.0	0.927
15.0	1.738	0.0	0.0
20.0	1.961	0.0	0.0
25.0	2.625	-2.829	3.538
30.0	3.062	-2.594	2.440

注: 对于中间的角度, 可采取插值法得到 D 、 E 和 F 值

6.4.3 曲线形矩形截面受弯构件的抗剪承载能力应按下式验算:

$$\frac{3V}{2bh_a} \leq f_v \dots\dots\dots(57)$$

式中: f_v ——胶合木顺纹抗剪强度设计值 (N/mm²);

V ——受弯构件端部剪力设计值(N);

b ——构件的截面宽度 (mm);

h_a ——构件在端部的截面高度 (mm)。

6.4.4 变截面曲线形受弯构件受均布荷载作用时跨中的挠度应按下列公式进行验算:

$$\omega_c = \frac{5q_k l^4}{32Eb(h_{eq})^3} \dots\dots\dots(58)$$

$$h_{eq} = (h_a + h_b)(0.5 + 0.735 \tan \phi_T) - 1.41h_b \tan \phi_B \dots\dots\dots(59)$$

式中: θ_{cen} ——构件跨中挠度 (mm);

q_k ——均布荷载标准值(N/mm);

l ——跨度 (mm);

E ——弹性模量;

b ——构件的截面宽度 (mm);

h_b ——构件在跨中的截面高度 (mm);

h_a ——构件在端部的截面高度 (mm);

ϕ_B ——底部斜角度数;

ϕ_T ——顶部斜角度数;

支座处的水平滑移量应按下式进行验算:

$$\Delta_H = \frac{2h\Delta_c}{l} \dots\dots\dots(60)$$

$$h = h_m - h_b / 2 - h_a / 2 \dots\dots\dots(61)$$

$$h_m = \frac{l}{2} \tan \varphi_T + h_a \dots\dots\dots(62)$$

式中: Δ_H ——构件支座水平位移 (mm);

h_b ——构件在跨中的截面高度 (mm);

h_a ——构件在端部的截面高度 (mm);

φ_T ——顶部斜角度数。

6.4.5 对于曲线形矩形截面受弯构件, 其径向承载力应按下列规定计算:

1 等截面曲线形受弯构件的径向承载能力按下式验算:

$$\frac{3M}{2R_m b h} \leq f_r \dots\dots\dots(63)$$

式中: M ——跨中弯矩设计值 (N·mm);

b ——构件的截面宽度 (mm);

h ——构件的截面高度 (mm);

R_m ——构件中心线处的曲率半径 (mm);

f_r ——胶合木材径向抗拉 (frt) 或径向抗压 (frc) 强度设计值; 按本标准第 6.4.6 条的规定取值。

2 变截面曲线形受弯构件的径向承载能力按下式验算:

$$K_r C_r \frac{6M}{bh_b^2} \leq f_r \dots\dots\dots(64)$$

$$K_r = A + B \frac{h_b}{R_m} + C \left(\frac{h_b}{R_m} \right)^2 \dots\dots\dots(65)$$

$$C_r = \alpha + \beta \frac{h_b}{R_m} \dots\dots\dots(66)$$

式中 K_r ——径向应力系数; 公式中 A、B、C 系数由表 42 确定;

C_r ——构件形状折减系数; 集中荷载作用时按表 43 确定; 均布荷载作用时, 公式中 α 、 β 系数

由表 44 确定；
 hb ——构件在跨中的截面高度。

表 42 系数 A、B、C 取值表

构件上部斜面夹角 φ_T (弧度)	系数		
	A	B	C
2.5	0.0079	0.1747	0.1284
5.0	0.0174	0.1251	0.1939
7.5	0.0279	0.0937	0.2162
10.0	0.0391	0.0754	0.2119
15.0	0.0629	0.0619	0.1722
20.0	0.0893	0.0608	0.1393
25.0	0.1214	0.0605	0.1238
30.0	0.1649	0.0603	0.1115

注：对于中间角度，系数可以中间插值法。

表 43 集中荷载作用下变截面弯曲构件的形状折减系数 C_r

对于三分点上相同的集中荷载		对于跨中集中荷载	
l/l_c	C_r 值	l/l_c	C_r 值
任何值	1.05	1.0	0.75
		2.0	0.80
		3.0	0.85
		4.0	0.90

注：1 l/l_c 为其他值时， C_r 值可以通过线性插入的方法得到；
 2 表中 l_c 为构件曲线段跨度， l 为构件全长跨度。

表 44 均布荷载作用下对称变截面弯曲构件的形状折减系数计算取值表

屋面坡度	l/l_c	α	β
2:12	1	0.44	-0.55
	2	0.68	-0.65
	3	0.82	-0.70
	4	0.89	-0.68
	≥ 8	1.00	0.00
3:12	1	0.62	-0.85
	2	0.82	-0.87
	3	0.94	-0.83
	4	0.98	-0.63
	≥ 8	1.00	0.00
4:12	1	0.71	-0.87
	2	0.88	-0.82
	3	0.97	-0.82

	4	1.00	-0.23
	≥8	1.00	0.00
5:12	1	0.79	-0.88
	2	0.95	-0.78
	3	0.98	-0.68
	4	1.00	0.00
	≥8	1.00	0.00
6:12	1	0.85	-0.88
	2	1.00	-0.73
6:12	3	1.00	-0.43
	4	1.00	0.00
	≥8	1.00	0.00

注：1 l_c 为其他值时， α 和 β 值可以通过线性插入的方法得到；
2 表中 l_c 为构件曲线段跨度， l 为构件全长跨度。

6.4.6 胶合木构件径向抗压设计强度值和径向抗拉设计强度值应按下列规定采用：

- 1 当弯矩的作用使得构件呈变直的趋势，则为径向抗拉；否则为径向抗压；
- 2 构件的径向抗压设计强度值 f_{rc} 按胶合木横纹抗压强度设计值 $f_{c,90}$ 采用；
- 3 构件的径向抗拉强度设计值 f_{rt} 取顺纹抗剪强度设计值 f_v 的 1/3。

6.5 轴心受压和轴心受拉构件

6.5.1 轴心受拉构件的承载能力应按下列式验算：

$$\frac{N}{A_n} \leq f_t \quad \dots\dots\dots(67)$$

式中： f_t ——木材顺纹抗拉强度设计值 (N/mm²)；

N ——轴心受拉设计值(N)；

A_n ——净截面面积 (mm²)。

6.5.2 轴心受压构件的承载能力应按下列要求进行验算：

1 按强度验算：

$$\frac{N}{A_n} \leq f_c \quad \dots\dots\dots(68)$$

2 按稳定验算：

$$\frac{N}{\varphi A_0} \leq f_c \quad \dots\dots\dots(69)$$

式中： f_c ——木材顺纹抗压强度设计值 (N/mm²)；

N ——轴心受拉设计值(N)；

A_0 ——受压构件截面的计算面积 (mm²)，按本标准第 6.5.3 条确定；

φ ——轴心受压构件稳定系数,按本标准第 6.5.3 条确定。

6.5.3 按稳定验算时受压构件截面的计算面积 A_0 应按下列规定采用:

1 无缺口时,取 $A_0=A$,

式中 A ——受压构件的全截面面积 (mm^2);

2 缺口不在边缘时(图 14a),取 $A_0=0.9A$;

3 缺口在边缘且为对称时(图 14b),取 $A_0=A_n$;

4 缺口在边缘但不对称时(图 14 c),取 $A_0=A_n$,应按偏心受压构件计算;

5 验算稳定时,螺栓孔可不作为缺口考虑。

6.5.4 轴心受压构件稳定系数 φ 的取值应按下列公式确定:

$$\lambda_c = 3.45 \sqrt{\frac{1.05 E_k}{f_{ck}}} \dots\dots\dots(70)$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \dots\dots\dots(71)$$

$$\text{当 } \lambda > \lambda_c \text{ 时 } \varphi = \frac{0.96 \pi^2 E_k}{\lambda^2 f_{ck}} \dots\dots\dots(72)$$

$$\text{当 } \lambda \leq \lambda_c \text{ 时 } \varphi = \frac{1}{1 + \frac{\lambda^2 f_{ck}}{3.87 \pi^2 E_k}} \dots\dots\dots(73)$$

式中: λ ——受压构件长细比;

i ——构件截面的回转半径 (mm);

l_0 ——受压构件的计算长度 (mm),应按本标准第 6.5.5 条的规定确定;

6.5.5 受压构件(图 15)的计算长度应按下式确定:

$$l_0 = kl \dots\dots\dots(74)$$

式中: l_0 ——计算长度;

l ——构件实际长度;

k ——长度计算系数,应按表 45 的规定取值。

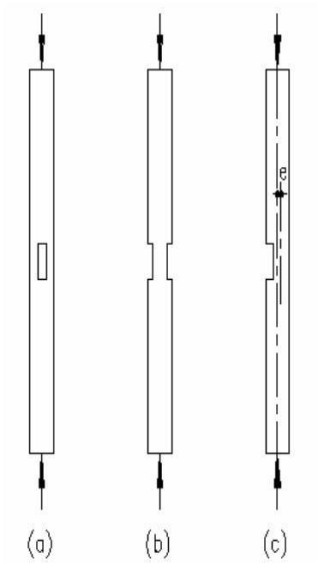


图 15 受压构件缺口

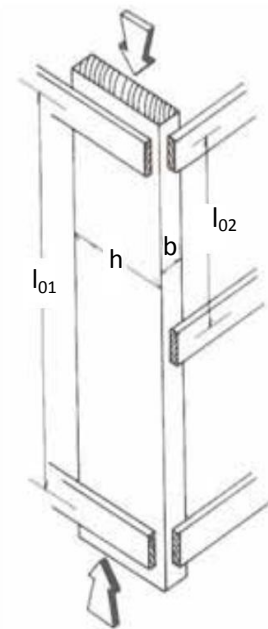


图 16 受压构件示意图

表 45 长度计算系数 k 的取值

失稳模式						
k_l	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.4
端部支座条件示意图		不能转动，不能移动			不能转动，自由移动	
		自由转动，不能移动			自由转动，自由移动	

6.5.6 矩形变截面轴心受压构件的承载能力应按下列规定进行验算：

1 按强度验算：

$$\frac{N}{A_n} \leq f_c \quad \dots\dots\dots(75)$$

2 按稳定验算：

$$\frac{N}{\varphi A_c} \leq f_c \quad \dots\dots\dots(76)$$

式中： f_c ——胶合木顺纹抗压强度设计值 (N/mm²)；

N ——轴向压力设计值(N)；

A_n ——构件的净截面面积 (mm²)；

A_c ——按有效边长 b_c 计算的截面面积 (mm²)， b_c 按本标准 6.5.7 条计算；

φ ——轴心受压构件稳定系数，按本标准第 6.5.4 条计算。

6.5.7 变截面受压构件计算长细比时，回转半径按照下面的换算有效长度 b_c 进行计算：

$$b_c = b_{\min} + (b_{\max} - b_{\min}) \left[a - 0.15 \left(1 - \frac{b_{\min}}{b_{\max}} \right) \right] \quad \dots\dots\dots(77)$$

式中： $b_{\min}$ ——受压构件计算边的最小边长；

$b_{\max}$ ——受压构件计算边的最大边长；

a ——支座条件计算系数，按表 46 取值。

表 46 计算系数 a 的取值

构件支座条件	a 值
截面较大端支座固定, 较小端无支座或简支	0.70
截面较小端支座固定, 较大端无支座或简支	0.30
两端简支, 构件尺寸朝一端缩小	0.50
两端简支, 构件尺寸朝两端缩小	0.70

当构件支座条件不符合表 46 中的规定时, 截面有效边长 b_c 按下式计算:

$$b_c = b_{\min} + \frac{b_{\max} - b_{\min}}{3} \dots\dots\dots(78)$$

6.6 拉弯和压弯构件

6.6.1 拉弯构件 (图 16) 的承载能力应按下列公式验算:

1 按强度验算:

$$\frac{N}{A_n f_t} + \frac{M}{W_n f_m} \leq 1 \dots\dots\dots(79)$$

2 按稳定验算:

$$\frac{1}{\varphi_1 f'_m} \left(\frac{M}{W_n} - \frac{N}{A_n} \right) \leq 1 \dots\dots\dots(80)$$

式中: N ——轴向拉力设计值(N);

M ——弯矩设计值 (N·mm);

A_n ——构件净截面面积 (mm²);

W_n ——构件净截面抵抗矩 (mm³);

φ_1 ——受弯构件稳定系数, 按本标准第 6.2.4 条确定;

f_t ——胶合木顺纹抗拉强度设计值 (N/mm²);

f_m ——胶合木抗弯强度设计值 (N/mm²);

f'_m ——不考虑高度或体积调整系数的胶合木抗弯强度设计值 (N/mm²);

6.6.2 压弯构件 (图 17) 及偏心受压构件的承载能力应按下列规定进行验算:

1 按强度验算时, 应按下式验算:

$$\frac{N}{A_n f_c} + \frac{M_0 + Ne_0}{W_n f_m} \leq 1 \dots\dots\dots(81)$$

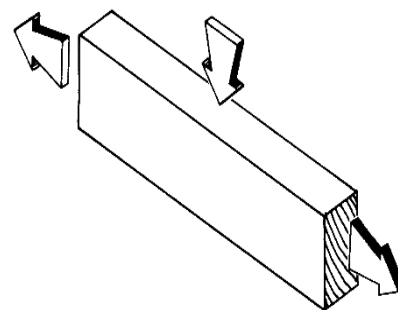


图 17 拉弯构件示意图

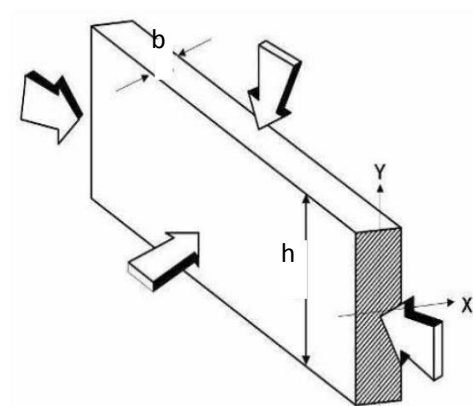


图 18 压弯构件示意图

2 按稳定验算时，应按下式验算：

$$\frac{N}{\varphi\varphi_m A_0} \leq f_c \quad \dots\dots\dots(82)$$

$$\varphi_m = (1-k)^2 (1-k_0) \quad \dots\dots\dots(83)$$

$$k = \frac{Ne_0 + M_0}{Wf_m \left(1 + \sqrt{\frac{N}{Af_c}}\right)} \quad (6.6.2-4) \quad \dots\dots\dots(84)$$

$$k_0 = \frac{Ne_0}{Wf_m \left(1 + \sqrt{\frac{N}{Af_c}}\right)} \quad \dots\dots\dots(85)$$

式中： φ ——轴心受压构件的稳定系数；

A_0 ——计算面积，按本标准第6.5.3条确定；

φ_m ——考虑轴向力和初始弯矩共同作用的折减系数；

N ——轴向压力设计值（N）；

M_0 ——横向荷载作用下跨中最大初始弯矩设计值（N mm）；

e_0 ——构件轴向压力的初始偏心距（mm），当不能确定时，可按0.05倍构件截面高度采用；

f_c 、 f_m ——考虑调整系数后的构件材料的顺纹抗压强度设计值、抗弯强度设计值（N/mm²）；

W ——构件全截面抵抗矩（mm³）。

6.6.3 压弯构件或偏心受压构件弯矩作用平面外的侧向稳定性按下式验算：

$$\frac{N}{\varphi_y A_0 f_c} + \left(\frac{M_0}{\varphi_l W f_m} \right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots(86)$$

式中： φ_y ——轴心压杆在垂直于弯矩作用平面y-y方向按长细比确定的轴心压杆稳定系数，按本标准第6.5.4条确定；

φ_l ——受弯构件的侧向稳定系数，按本标准第6.2.4条和第6.2.5条确定；

N 、 M ——轴向压力设计值（N）、弯曲平面内的弯矩设计值（N mm）；

W ——构件全截面抵抗矩（mm³）。

6.7 构件的局部承压

6.7.1 构件的顺纹局部承压承载能力，应按下列要求验算：

1 验算构件的顺纹局部承压时，按承压净面积计算。构件的顺纹局部承压强度设计值应采用顺纹抗压强度设计值；

2 当局部承压产生的压应力大于顺纹受压强度设计值的75%时，局部承压的荷载应作用在厚度不小于6mm的钢板上或其他具有相同刚度的材料上。

6.7.2 构件的横纹局部承压产生的压应力，不应大于木材横纹承压强度值。

6.7.3 当验算构件的斜面局部承压时，斜面局部承压强度设计值应按公式（87）计算。

$$f_{c,\theta} = \frac{f_c f_{c,90}}{f_c \sin^2 \theta + f_{c,90} \cos^2 \theta} \dots\dots\dots(87)$$

式中： f_c ——胶合木构件的顺纹抗压强度设计值（N/mm²）；

$f_{c,90}$ ——胶合木构件的横纹承压强度设计值（N/mm²）；

$f_{c,\theta}$ ——胶合木斜纹承压强度设计值（N/mm²）；

θ ——荷载与构件纵向顺纹方向的夹角（0°~90°）。

7 连接设计

7.1 一般规定

7.1.1 重型木结构的连接设计应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 的相关规定，并应符合本节的相关规定。

7.1.2 重型木结构构件一般采用螺栓、销、六角头木螺钉和剪板等紧固件进行连接（图 18），也可采用植筋方式进行连接，紧固件及植筋杆件的规格尺寸、植筋胶的技术指标等应符合国家相关的产品标准。当采用其他紧固件连接时应参照现行国家标准《木结构设计标准》GB50005 中的有关规定进行设计。

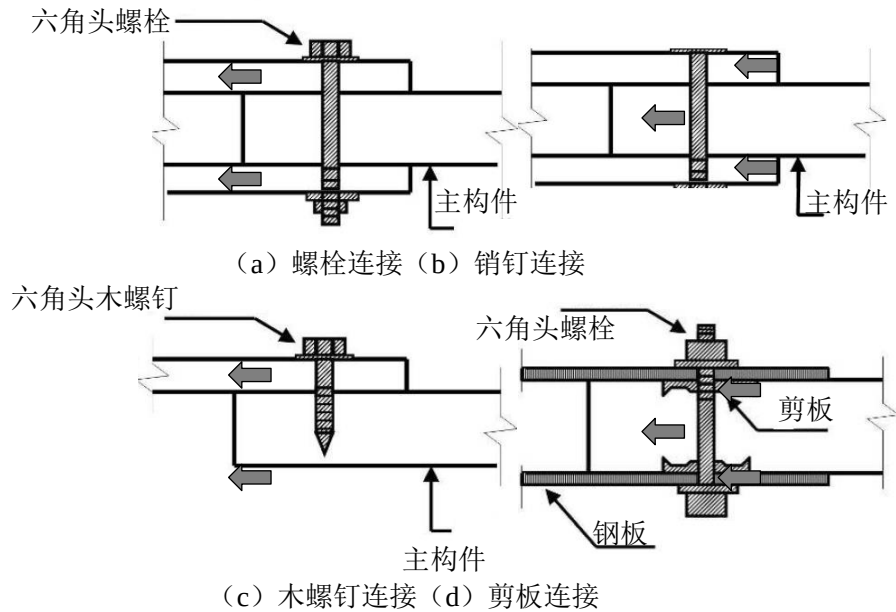


图 19 常用连接方式

7.1.3 木结构连接设计应遵循如下原则：

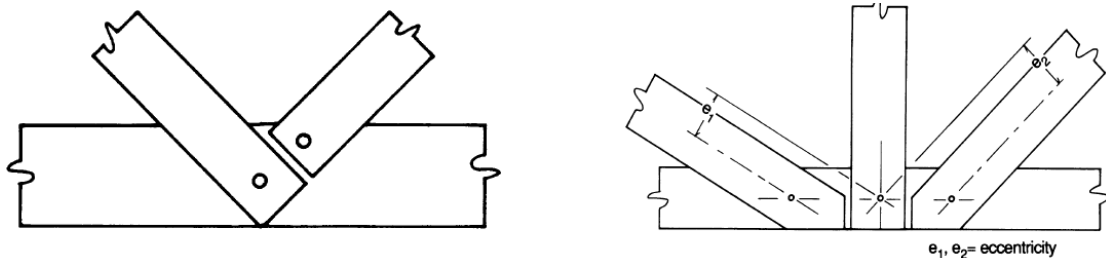


图 20 典型的偏心节点示例

- 1 木结构连接应受力简单、传力明确；
- 2 连接在设计计算时采用的计算模型应与实际情况相符，当不能明确连接的计算模型时，应提供试验验证或工程验证的技术文件；
- 3 在容易发生腐蚀的使用环境下，应对连接部位采取防护措施或直接采用耐腐蚀材料；
- 4 木结构连接应避免连接部位的木材出现横纹受拉破坏；在偏心连接中易产生横纹拉应力，除非其安全性已通过试验验证或工程验证，否则不应采用。

7.1.4 木结构连接的设计应满足如下要求：

- 1 连接承载力应采用由整体结构分析得到的节点部位的内力来计算；
- 2 节点的变形应与整体结构分析中的假定一致；
- 3 对于群栓连接，应考虑群栓效应下承载力的折减；
- 4 应对采用钢填板和钢夹板的螺栓连接进行木材剪切破坏的复核；
- 5 光圆钉不应用于承受永久荷载或长期荷载作用下的轴向作用力；
- 6 齿板连接不应用于传递压力。

7.1.5 木结构连接在加工制作和安装过程中，应满足如下要求：

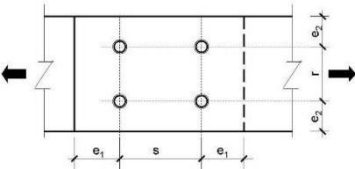
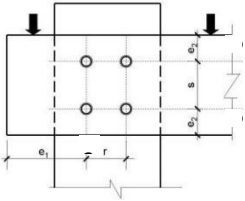
- 1 木构件中螺栓预钻孔直径应比螺栓直径大 1mm－2mm，圆钢销预钻孔直径不应大于圆钢销直径；
- 2 木结构连接在装配时，应保证构件连接面紧密接触；
- 3 对于销轴类紧固件的连接，荷载作用方向与销轴类紧固件轴线方向垂直。

7.1.6 木结构与其他结构如混凝土结构等的竖向连接，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。

7.2 销连接

7.2.1 销轴类紧固件的端距、边距、间距和行距最小尺寸应符合表 47 的规定。当采用螺栓、销或六角头木螺钉作为紧固件时，其直径不应小于 6mm。

表 47 销轴类紧固件的端距、边距、间距和行距的要求

距离名称	顺纹荷载作用时		横纹荷载作用时	
最小端距 e_1	受力端	$7d$	受力边	$4d$
	非受力端	$4d$	非受力边	$1.5d$
最小边距 e_2	当 $l/d \leq 6$	$1.5d$	$4d$	
	当 $l/d > 6$	取 $1.5d$ 与 $r/2$ 两者较大值		
最小间距 s	$4d$		$4d$	
最小行距 r	$2d$		当 $l/d \leq 2$	$2.5d$
			当 $2 < l/d < 6$	$(5l + 10d)/8$
			当 $l/d \geq 6$	$5d$
几何位置示意图				

- 注：1. 受力端为销槽受力指向端部；非受力端为销槽受力背离端部；受力边为销槽受力指向边部；非受力边为销槽受力背离端部；
2. 表中， l 为紧固件长度， d 为紧固件的直径；并且， l/d 应值取下列两者中的较小值；
- 1) 紧固件在主构件中的贯入深度 l_m 与直径 d 的比值 l_m/d ；
 - 2) 紧固件在侧构件中的总贯入深度 l_s 与直径 d 的比值 l_s/d ；
3. 当钉连接不预钻孔时，其端距、边距、间距和行距应为表中数值的 2 倍。

7.2.2 交错布置的销轴类紧固件(图 20)，其端距、边距、间距和行距的布置应符合下列规定：

- 1 对于顺纹荷载作用下交错布置的紧固件，当相邻行上的紧固件在顺纹方向的间距不大于 $4d$ 时，则可将相邻行的紧固件确认是位于同一截面上。 d 为紧固件的直径；
- 2 对于横纹荷载作用下交错布置的紧固件，当相邻行上的紧固件在横纹方向的间距不小于 $4d$ 时，则紧固件在顺纹方向的间距不受限制；当相邻行上的紧固件在横纹方向的间距小于 $4d$ 时，则紧固件在顺纹方向的间距应符合本标准表 47 的规定。 d 为紧固件的直径。

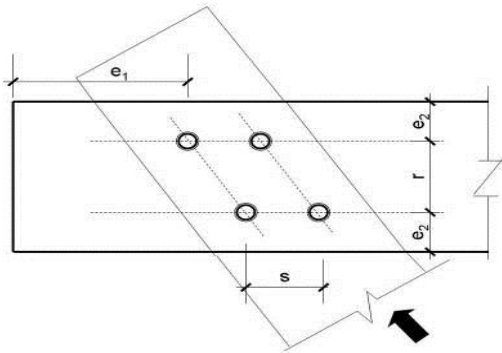


图 21 紧固件交错布置几何位置示意图

7.2.3 当六角头木螺钉承受轴向上拔荷载时，端距 e_1 、边距 e_2 、间距 s 及行距 r 应满足表 48 的规定。

表 48 六角头木螺钉承受轴向上拔荷载时的端距、边距、间距和行距的最小值

距离名称	最小值
端距 e_1	$4d$
边距 e_2	$1.5d$
行距 r 和间距 s	$4d$

注：表中 d 为六角头木螺钉的直径。

7.2.4 对于采用单剪或对称双剪的销轴类紧固件的连接(图 21)，当剪面承载力设计值按本标准第 7.2.5 条的规定进行计算时，应符合下列要求：

- 1 构件连接面应紧密接触；
- 2 荷载作用方向与销轴类紧固件轴线方向垂直；
- 3 紧固件在构件上的边距、端距以及间距应符合本标准表 47 或表 48 中的规定；
- 4 六角头木螺钉在单剪连接中的主构件上或双剪连接中侧构件上的最小贯入深度不应包括端尖部分的长度，并且，最小贯入深度不应小于六角头木螺钉直径的 4 倍。

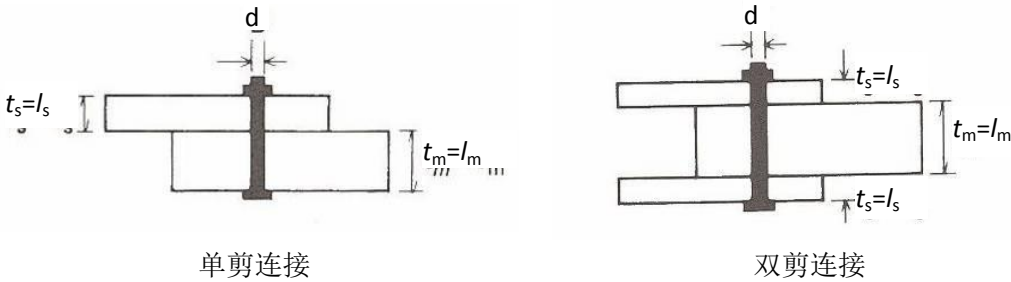


图 22 销轴类紧固件的连接方式

7.2.5 对于销连接的紧固件在木构件上的开孔及与木构件直接接触的垫圈，应符合下列要求：

- 1 木构件中螺栓孔直径比螺栓直径最大 1mm ，圆钢销在木构件中的预钻孔不应大于销直径，销

直径的允许偏差为 $-0/+0.1$;

2 对于光圆螺杆部分的直径不大于 6mm 的木螺钉连接,当连接针叶材木构件时,不需要预钻孔;

3 当阔叶材木构件采用木螺钉连接,以及对于光圆螺杆部分的直径大于 6mm 的木螺钉连接用于针叶材木构件时,所需预钻孔的孔径为:光圆螺杆部分与螺杆自身相同,螺纹部分约为光圆螺杆孔径的 0.7 倍;

4 当木材密度超过 500kg/m^3 时,木螺钉预钻孔直径应通过试手段获取;

5 螺帽或螺母下钢垫圈或钢垫板的边长或直径至少应取为 3 倍的螺栓直径,其厚度至少应取为 0.3 倍的螺栓直径,并且应具有足够的承压面积。

7.2.6 重型木结构木构件之间销连接的屈服模式可分为四大类:销槽承压破坏(I)、销槽局部挤压破坏(II)、单个塑性铰破坏(III)和两个塑性铰破坏(IV),对于单剪或对称双剪连接,分别如图 22 和图 23 所示。

7.2.7 当采用单剪或对称双剪连接的销轴类紧固件作为木构件之间的直接连接手段时(图 22 和图 23),

单个紧固件每个剪面的承载力设计值 $F_{v,d}$ 应按下式进行计算:

$$F_{v,d} = k_{ad,\min} f_{es,k} l_s d \quad \dots\dots\dots(88)$$

$$k_{ad,\min} = \min[k_{aI}/\gamma_1, k_{aII}/\gamma_2, k_{aIII}/\gamma_3, k_{aIV}/\gamma_4] \quad \dots\dots\dots(89)$$

式中: $k_{ad,\min}$ ——单剪连接时较薄木构件或双剪连接时边部木构件的销槽承压最小有效长度系数;

l_s ——较薄木构件或边部木构件的厚度 (mm);

d ——销轴类紧固件的直径 (mm);

$f_{es,k}$ ——较薄木构件或边部木构件的销槽承压强度标准值(N/mm^2),按本节前述方法确定;

k_{aI} , k_{aII} , k_{aIII} , k_{aIV} ——对应于各种屈服模式的较薄或边部构件的销槽承压有效长度系数,按公式(90)~公式(94)取值;

γ_I , γ_{II} , γ_{III} , γ_{IV} ——对应于各种屈服模式的抗力分项系数,按表 49 取值。

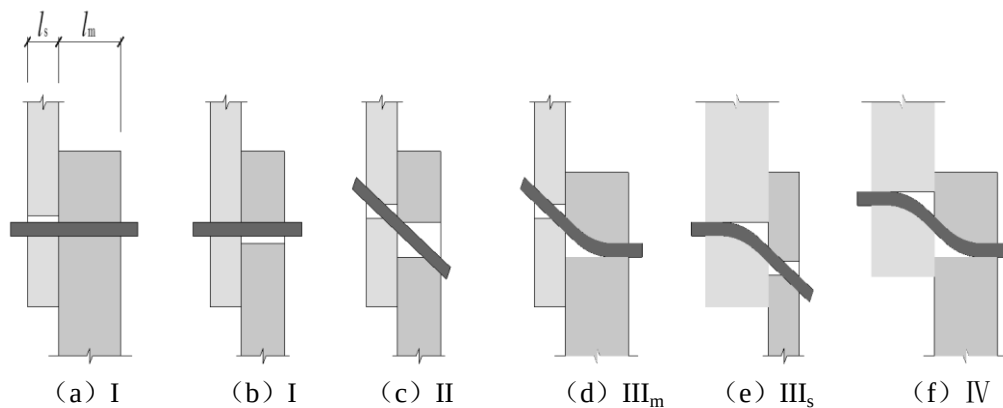


图 23 单剪连接屈服模式

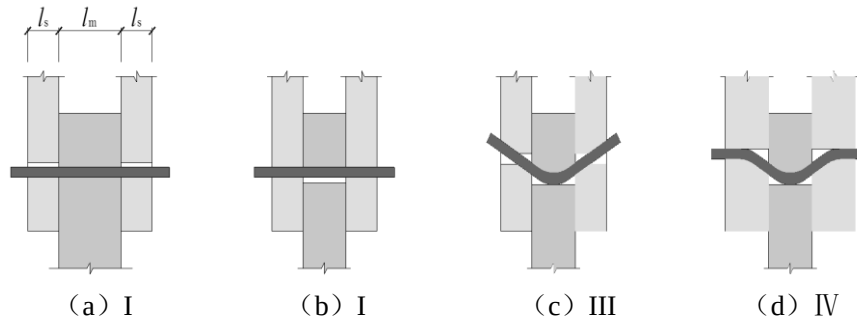


图 24 双剪连接屈服模式

表 49 构件连接时剪面承载力的抗力分项系数 γ 取值表

紧固件类型	各屈服模式的抗力分项系数			
	γ_I	γ_{II}	γ_{III}	γ_{IV}
螺栓、销或六角头木螺钉	4.38	3.63	2.22	1.88
圆钉	3.42	2.83	1.97	1.62

1 销槽承压破坏（破坏模式 I）

如图 22(a)、22(b)、23(a)和 23(b)所示的破坏模式下，销槽承压有效长度系数 k_{al} 为：

$$k_{al} = \begin{cases} \alpha\beta \leq 1.0, & \text{对于单剪连接} \dots\dots\dots(90) \\ \alpha\beta \leq 2.0, & \text{对于双剪连接} \end{cases}$$

2 销槽局部挤压破坏（破坏模式 II）

如图 22(c)所示的破坏模式下，销槽承压有效长度系数 k_{aII} 为：

$$k_{aII} = \frac{\sqrt{\beta + 2\beta^2(1 + \alpha + \alpha^2) + \alpha^2\beta^3} - \beta(1 + \alpha)}{1 + \beta} \dots\dots\dots(91)$$

3 单个塑性铰破坏（破坏模式 III）

1) 当单剪连接的屈服模式为 III_m（图 22(d)）时，销槽承压有效长度系数 $k_{aIII m}$ 的计算方法如下：

$$k_{aIII m} = \frac{\alpha\beta}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{1.647(1 + 2\beta)k_{ep} f_{yb,k}}{3\beta\alpha^2 f_{es,k} \eta^2}} - 1 \right] \dots\dots\dots(92)$$

2) 当屈服模式为 III_s（图 22(e)和图 23(c)）时，销槽承压有效长度系数 $k_{aIII s}$ 的计算方法如下：

$$k_{aIII s} = \frac{\beta}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{1.647(2 + \beta)k_{ep} f_{yb,k}}{3\beta f_{es,k} \eta^2}} - 1 \right] \dots\dots\dots(93)$$

4 两个塑性铰破坏（破坏模式 IV）

如图 22(f)和图 23(d)所示的破坏模式下，销槽承压有效长度系数 k_{aIV} 的计算方法如下：

$$k_{aIV} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{1.647 \beta k_{ep} f_{yb,k}}{3(1+\beta) f_{es,k}}} \dots\dots\dots(94)$$

在公式(90)~公式(94)中: $\beta=f_{em,k}/f_{es,k}$, $\alpha=l_m/l_s$, η 为销径比 l_s/d , l_m 为单剪连接时较厚木构件或双剪连接时中部木构件的厚度(mm), $f_{em,k}$ 为较厚木构件或中部木构件的销槽承压强度标准值(N/mm²), $f_{yb,k}$ 为销轴类紧固件抗弯强度标准值(N/mm²), k_{ep} 为弹塑性强化系数, 当采用 Q235 钢等具有明显屈服性能的钢材时, 取 $k_{ep}=1.0$; 当采用其他钢材时, 应按具体的弹塑性强化性能确定, 其强化性能无法确定时, 仍应取 $k_{ep}=1.0$ 。

5 由公式(88)~公式(94)所计算得到的单个紧固件在每个剪面上的承载力设计值尚应根据不同使用条件和使用环境等进行调整, 调整后的设计值 $F'_{v,d}$ 应按下式进行计算:

$$F'_{v,d} = C_m C_n C_t k_g F_{v,d} \dots\dots\dots(95)$$

式中: C_m —— 含水率调整系数, 按表 50 取值;

C_n —— 设计使用年限调整系数, 按表 51 取值;

C_t —— 温度环境调整系数, 按表 50 取值;

k_g —— 群栓组合系数, 应按现行国家标准 GB 50005 采用;

$F_{v,d}$ —— 销连接承载力设计值, 应按公式(88)~公式(94)确定。

表 50 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℃ 时	0.8
		其他温度环境时	1.0

表 51 不同设计使用年限时木材强度设计值和弹性模量的调整系数 C_n

设计使用年限	调整系数	
	强度设计值	弹性模量
5 年	1.10	1.10
25 年	1.05	1.05
50 年	1.00	1.00
100 年及以上	0.90	0.90

7.2.8 销槽承压强度标准值应按下列规定取值:

1 当 $6\text{mm} \leq d \leq 25\text{mm}$ 时, 销连接中木材的销槽顺纹承压强度标准值 $f_{e,0,k}$ (N/mm²) 为:

$$f_{e,0,k} = 77G \dots\dots\dots(96)$$

其中, G ——木构件材料的全干相对密度, 可根据规范取值。

2 销连接中木材的销槽横纹承压强度标准值 $f_{e,90,k}$ (N/mm²) 为:

$$f_{e,90,k} = \frac{212G^{1.45}}{\sqrt{d}} \dots\dots\dots(97)$$

其中, d ——销轴类紧固件直径 (mm)。

3 当 $d < 6\text{mm}$ 时, 销连接中木材的销槽承压强度标准值 $f_{e,k}$ (N/mm²) 为 $f_{e,k} = 114.5G^{1.84}$ 。

4 当作用在构件上的荷载与木纹呈夹角 θ 时, 销槽承压强度标准值 $f_{e,\theta,k}$ (N/mm²) 按下式确定:

$$f_{e,\theta,k} = \frac{f_{e,0,k} f_{e,90,k}}{f_{e,0,k} \sin^2 \theta + f_{e,90,k} \cos^2 \theta} \dots\dots\dots(98)$$

其中, θ ——荷载与木纹方向的夹角。

5 紧固件在钢材上的销槽承压强度 $f_{e,k}$ 应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的螺栓连接的构件销槽承压强度设计值的 1.1 倍计算。

6 紧固件在混凝土构件上的销槽承压强度按混凝土立方体抗压强度标准值的 1.57 倍计算。

7.2.9 当采用单剪或对称双剪连接的销轴类紧固件结合钢板连接件作为木构件之间的连接手段时 (图 24 和图 25), 每个剪面的承载力设计值 $F_{v,d}$ 仍可按公式 (88) 和公式 (95) 进行计算 (对于钢夹板双剪连接, 公式 (88) 中的 $f_{es,k}$ 和 l_s 应分别替换为 $f_{em,k}$ 和 l_m)。具体按下列规定计算:

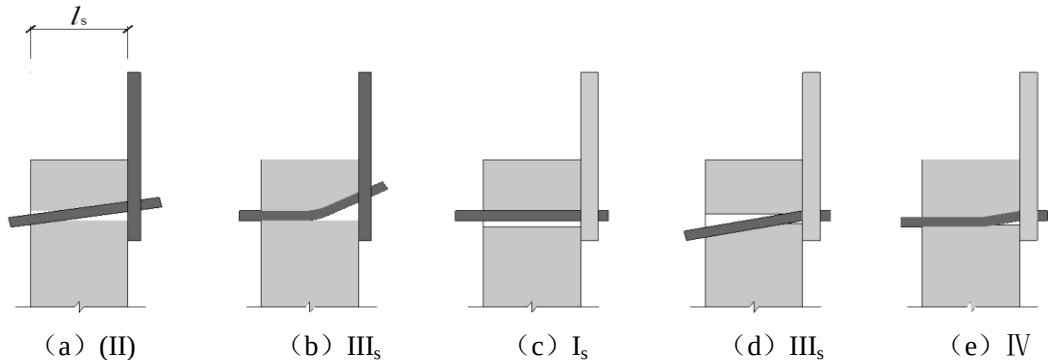


图 25 木-钢单剪连接破坏模式

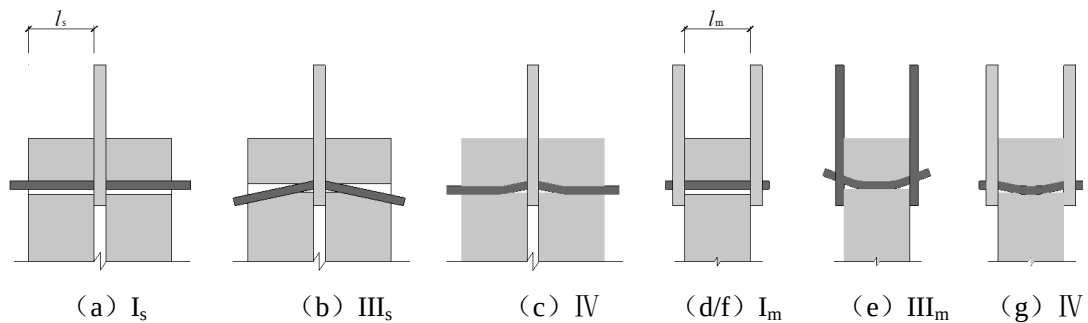


图 26 木-钢双剪连接破坏模式

1 假定钢板厚度为 t_{steel} 、紧固件直径为 d ，当钢板厚度 $t_{\text{steel}} \leq 0.5d$ 时，称之为薄钢板，当钢板厚度 $t_{\text{steel}} \geq d$ 且销孔直径偏差小于 $0.1d$ 时，称之为厚钢板；

2 由“绳索效应”贡献的连接承载力的取值方法如下：

$$F_{RE,k} = F_{ax,k} / 4 \leq \lambda_r \cdot F_{v,k}, \quad \text{其中 } \lambda_r = \begin{cases} 0.15, & \text{对于圆钉;} \\ 0.25, & \text{对于方钉和槽钉;} \\ 0.5, & \text{对于除上述两种的其他钉;} \\ 1.0, & \text{对于螺钉;} \\ 0.25, & \text{对于螺栓;} \\ 0, & \text{对于圆钢销。} \end{cases} \dots\dots\dots(99)$$

其中， $F_{RE,k}$ ——由绳索效应贡献的连接承载力标准值（N）；

$F_{ax,k}$ ——紧固件抗拔承载力标准值（N）；

λ_r ——绳索效应系数。

3 此类连接中单个紧固件每个抗剪面的销槽承压有效长度系数 k_{ai} （若为双剪连接形式，单个紧固件的销槽承压有效长度系数 k_{ai} 应在相应公式计算结果基础上乘以 2，按下列规定计算：

1) 对于薄钢夹板单剪连接：

$$\begin{cases} k_{aII} = 0.4 & \text{(破坏模式: 图24(a))} \\ k_{aIII_s} = \frac{1.6}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{es,k} d}} + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k} l_s d} \leq (1 + \lambda_r) \times \frac{1.6}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{es,k} d}} & \text{(破坏模式: 图24(b))} \end{cases} \dots\dots\dots(100)$$

$$k_{ad,min} = \min[k_{aII} / \gamma_2, k_{aIII_s} / \gamma_3] \dots\dots\dots(101)$$

2) 对于厚钢夹板单剪连接：

$$\begin{cases} k_{aI_s} = 1.0 & \text{(破坏模式: 图24(c))} \\ k_{aIII_s} = \sqrt{2 + \frac{4M_{yb,k}}{f_{es,k} d l_s^2}} - 1 + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k} l_s d} \leq (1 + \lambda_r) \times (\sqrt{2 + \frac{4M_{yb,k}}{f_{es,k} d l_s^2}} - 1) & \text{(破坏模式: 图24(d))} \\ k_{aIV} = \frac{2.3}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{ybes,k} d}} + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k} l_s d} \leq (1 + \lambda_r) \times \frac{2.3}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{ybes,k} d}} & \text{(破坏模式: 图24(e))} \end{cases} \dots\dots\dots(102)$$

$$k_{ad,min} = \min[k_{aI_s} / \gamma_1, k_{aIII_s} / \gamma_3, k_{aIV} / \gamma_4] \dots\dots\dots(103)$$

3) 对于采用任意厚度钢填板的双剪连接：

$$\left\{ \begin{array}{l} k_{aI_s} = 1.0 \quad (\text{破坏模式: 图25(a)}) \\ k_{aIII_s} = \sqrt{2 + \frac{4M_{yb,k}}{f_{es,k}dl_s^2}} - 1 + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k}l_s d} \leq (1+\lambda_r) \times \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{yb,k}}{f_{es,k}dl_s^2}} - 1 \right) \quad (\text{破坏模式: 图25(b)}) \\ k_{aIV} = \frac{2.3}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{ybes,k}d}} + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k}l_s d} \leq (1+\lambda_r) \times \frac{2.3}{l_s} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{ybes,k}d}} \quad (\text{破坏模式: 图25(c)}) \end{array} \right. \dots\dots\dots(104)$$

$$k_{ad,\min} = \min[k_{aI_s}/\gamma_1, k_{aIII_s}/\gamma_3, k_{aIV}/\gamma_4] \dots\dots\dots(105)$$

4) 对于采用薄钢夹板的双剪连接:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_{aIm} = 0.5 \quad (\text{破坏模式: 图25(d)}) \\ k_{aIII_m} = \frac{1.6}{l_m} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{em,k}d}} + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k}l_s d} \leq (1+\lambda_r) \times \frac{1.6}{l_m} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{em,k}d}} \quad (\text{破坏模式: 图25(e)}) \end{array} \right. \dots\dots\dots(106)$$

$$k_{ad,\min} = \min[k_{aIm}/\gamma_1, k_{aIII_m}/\gamma_3] \dots\dots\dots(107)$$

5) 对于采用厚钢夹板的双剪连接:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_{aIm} = 0.5 \quad (\text{破坏模式: 图25(f)}) \\ k_{aIV} = \frac{3.3}{l_m} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{em,k}d}} + \frac{F_{ax,k}}{4F_{es,k}l_s d} \leq (1+\lambda_r) \times \frac{3.3}{l_m} \sqrt{\frac{M_{yb,k}}{f_{em,k}d}} \quad (\text{破坏模式: 图25(g)}) \end{array} \right. \dots\dots\dots(108)$$

其中: $F_{v,k}$ ——抗剪承载力标准值 (N);

$M_{yb,k}$ ——销轴类紧固件屈服弯矩标准值 (Nmm), $M_{yb,k} = 0.3f_{ub,k}d^{2.6}$, 其中 $f_{ub,k}$ 为螺栓钢材的极限强度标准值 (N/mm²)。

$$k_{ad,\min} = \min[k_{aIm}/\gamma_1, k_{aIV}/\gamma_4] \dots\dots\dots(109)$$

6) 此部分关于顺纹方向销槽承压强度, 当螺栓直径 d 不超过 30mm 时, 其顺纹方向销槽承压强度标准值 ($f_{es,k}$ 或 $f_{em,k}$) 的计算公式如下:

$$f_{e,0,k} = 0.082(1-0.01d)\rho_k \dots\dots\dots(110)$$

其中, ρ_k ——木材密度标准值 (kg/m^3)。

7.2.10 对于在木构件端部采用木-钢销栓连接的情形, 当多个销轴类紧固件组成的连接在木材顺纹方向共同受力时, 应按下列规定验算块剪破坏 (图 26(a)) 和塞剪破坏 (图 26(b)) 等脆性破坏形式。

块剪或塞剪破坏情形下的连接承载力设计值 $F_{bs,d}$ 为:

$$F_{bs,d} = \max \begin{cases} 1.5A_{net,t} f_t \\ 0.7A_{net,v} f_v \end{cases} \dots\dots\dots(111)$$

其中, $A_{net,t}$ ——破坏面在横纹方向的净截面面积 (mm^2);

$A_{net,v}$ ——破坏面在顺纹方向的剪切面净面积 (mm^2);

f_t ——木材顺纹抗拉强度设计值 (N/mm^2);

f_v ——木材顺纹抗剪强度设计值 (N/mm^2)。

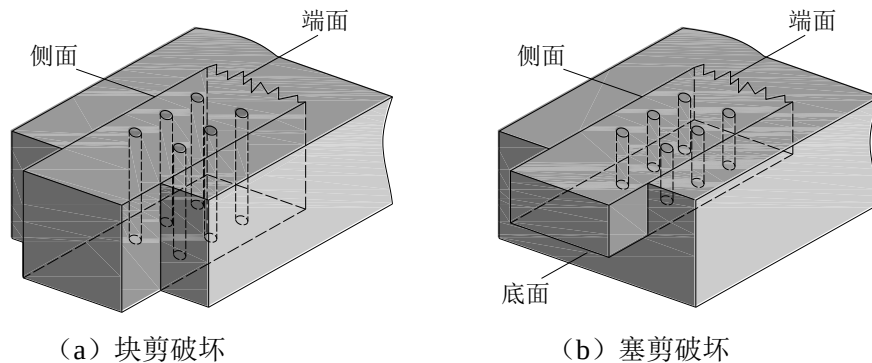


图 27 群栓连接脆性破坏形式

7.2.11 当销轴类紧固件的贯入深度小于 10 倍销轴直径时, 承压面的长度不应包括销轴尖端部分的长度。

7.2.12 互相不对称的三个构件连接时, 剪面承载力设计值 $F'_{v,d}$ 应按两个侧构件中销槽承压长度最小的侧构件作为计算标准, 按对称连接计算得到的最小剪面承载力设计值作为连接的剪面承载力设计值。

7.2.13 当四个或四个以上构件连接时, 每一剪面按单剪连接计算。连接的承载力设计值取最小的剪面承载力设计值乘以剪面个数和销的个数。

7.2.14 当单剪连接中的荷载与紧固件轴线呈除了 90° 外的一定角度时, 垂直于紧固件轴线方向作用的荷载分量不应超过紧固件剪面承载力设计值。平行于紧固件轴线方向的荷载分量, 应采取可靠的措施, 满足局部承压要求。

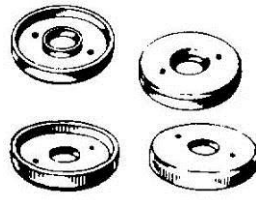
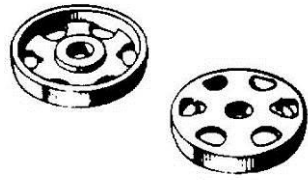
7.2.15 钉连接是销连接的一种特殊形式, 其承载力计算与销连接相同, 但其销槽承压强度应按下式计算:

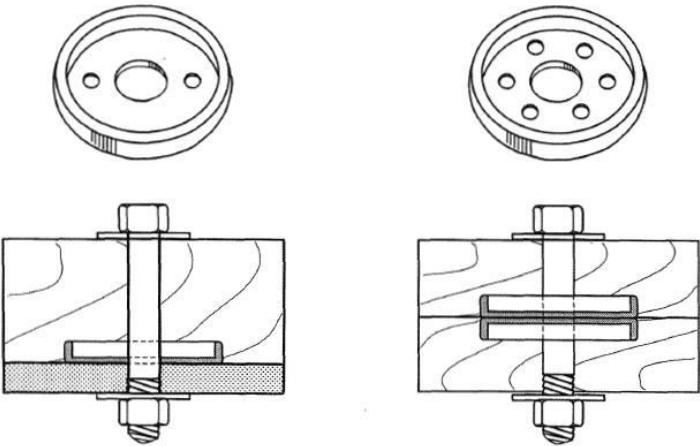
$$f_{e,k} = 114.5G^{1.84} \dots\dots\dots(112)$$

7.3 剪板连接

7.3.1 剪板材料可采用压制钢和可锻铸铁(玛钢)制作, 剪板种类和连接方式应符合表 52 的规定(图 27)。

表 52 剪板的种类和连接

材料	压制钢剪板	可锻铸铁（玛钢）剪板
形状		
连接方式	木—木连接中，两片剪板背对紧靠，采用螺栓或六角木螺钉连接，承载单剪。	木—钢连接中，采用螺栓或六角木螺钉连接剪板。



(a) 木-钢连接 (b) 木-木连接

图 28 剪板和裂环

7.3.2 剪板的强度设计值与木材的全干相对密度有关，木材按全干相对密度分组应符合表 53 的规定。单个剪板的受剪承载力设计值应符合表 54 的规定。

表 53 剪板连接中的树种的全干相对密度分组

全干相对密度分组	全干相对密度 G
J_1	$0.49 \leq G < 0.60$
J_2	$0.42 \leq G < 0.49$
J_3	$G < 0.42$

表 54 单个剪板连接件（剪板加螺栓）的受剪承载力设计值

剪板直径 (mm)	螺栓直径 (mm)	同根螺栓上构件接触剪板面数量	构件的净厚度 (mm)	荷载沿顺纹方向			荷载沿横纹方向		
				受剪承载力设计值 P (kN)			受剪承载力设计值 Q (kN)		
				J_1 组	J_2 组	J_3 组	J_1 组	J_2 组	J_3 组

67	19.0	1	≥38	18.5	15.4	13.9	12.9	10.7	9.2
		2	≥38	14.4	12.0	10.4	10.0	8.4	7.2
			51	18.9	15.7	13.6	13.2	10.9	9.5
			≥64	19.8	16.5	14.3	13.8	11.4	10.0
102	19.0 或 22.0	1	≥38	26.0	21.7	18.7	18.1	15.0	12.9
			≥44	30.2	25.2	21.7	21.0	17.5	15.2
		2	≥44	20.1	16.7	14.5	14.0	11.6	9.8
			51	22.4	18.7	16.1	15.6	13.0	11.3
			64	25.5	21.3	18.4	17.6	14.8	12.8
			76	28.6	23.9	20.6	19.9	16.6	14.3
			≥88	29.9	24.9	21.5	20.8	17.4	14.9

注：表中设计值应乘以本标准表 56 的调整系数。

7.3.3 当剪板采用六角头木螺钉作为紧固件时，六角头木螺钉在主构件中贯入深度不得小于表 55 的规定。

表 55 六角头木螺钉在构件中的最小贯入深度

剪板规格 (mm)	侧构件	六角头木螺钉在构件中的最小贯入深度 (d 为公称直径)		
		树种全干相对密度分组		
		J ₁ 组	J ₂ 组	J ₃ 组
67	木材	$5d$	$7d$	$8d$
	钢材	$3.5d$	$4d$	$4.5d$
102	木材或钢材	$8d$	$10d$	$11d$

注：贯入深度不包括钉端尖部分。

7.3.4 当侧构件采用钢板时，102mm 的剪板连接件在顺纹荷载作用下的受剪承载力设计值 P 应根据树种全干相对密度，按表 56 中规定的调整系数 k_s 进行调整。

表 56 剪板连接件的顺纹承载力调整系数

树种全干相对密度分组	J ₁ 组	J ₂ 组	J ₃ 组
k_s	1.11	1.05	1.00

7.3.5 当荷载作用方向与木纹成一定夹角时，剪板受剪承载力设计值 N_θ 按下式进行计算：

$$N_\theta = \frac{PQ}{P \sin^2 \theta + Q \cos^2 \theta} \dots\dots\dots(113)$$

式中： θ —— 荷载与木纹方向（构件纵轴方向）的夹角；

P —— 调整后的剪板顺纹受剪承载力设计值，按表 54 的规定取值；

Q —— 调整后的剪板横纹受剪承载力设计值，按表 54 的规定取值。

7.3.6 当剪板位于构件端部的垂直面或对称于构件轴线的斜切面上时，剪板受剪承载力设计值应按下列规定确定：

1 当构件端部截面为直角面 ($\alpha = 90^\circ$)，垂直面上的荷载沿任意方向作用时（图 28），受剪承载力设计值应按下列式计算：

$$Q_{90} = 0.60Q \quad \dots\dots\dots(114)$$

式中: Q_{90} ——剪板在端部垂直面上沿任意方向的受剪承载力设计值;

Q ——剪板在构件侧面上横纹受剪承载力设计值。

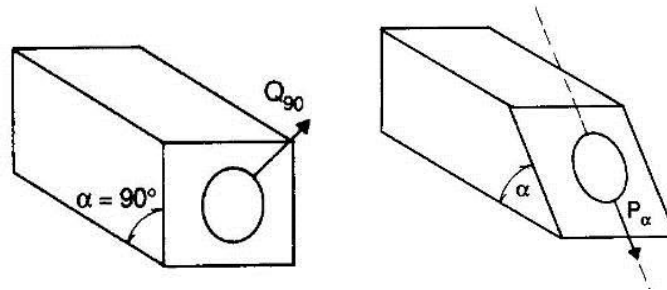


图 29 端部直角, 荷载任意图 30 端部斜角, 荷载平行于斜面主轴

(图中圆形为剪板示意)

2 当构件端部截面为斜面 ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$), 荷载作用方向与斜面主轴平行 ($\varphi = 0^\circ$) 时 (图 29), 受剪承载力设计值应按下式计算:

$$P_\alpha = \frac{PQ_{90}}{P \sin^2 \alpha + Q_{90} \cos^2 \alpha} \quad \dots\dots\dots(115)$$

式中: P_α ——斜面上与斜面轴线方向平行 ($\varphi = 0^\circ$) 的受剪承载力设计值;

P ——剪板在构件侧面上顺纹受剪承载力设计值。

3 当构件端部为斜面 ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$), 荷载作用方向与斜面主轴垂直 ($\varphi = 90^\circ$) 时 (图 30), 受剪承载力设计值应按下式计算:

$$Q_\alpha = \frac{QQ_{90}}{Q \sin^2 \alpha + Q_{90} \cos^2 \alpha} \quad \dots\dots\dots(116)$$

式中: Q_α ——斜面上与切割斜面轴线方向垂直 ($\varphi = 90^\circ$) 的受剪承载力设计值。

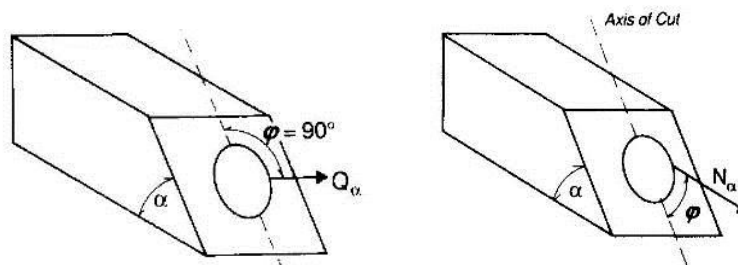


图 31 端部斜角荷载垂直图 32 端部斜角荷载成 φ 角

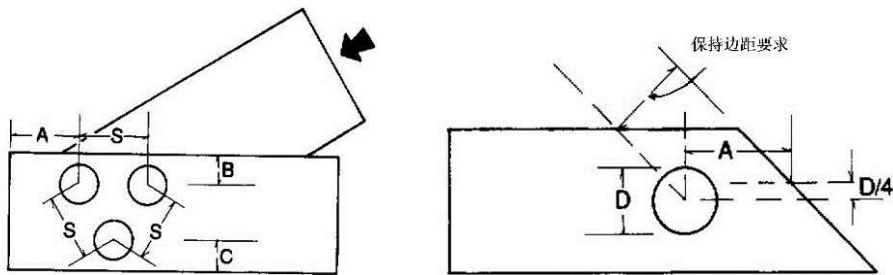
4 当构件端部为斜面 ($0^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$), 荷载作用方向与斜面主轴的夹角为 φ ($0^{\circ} < \varphi < 90^{\circ}$) 时 (图 31), 受剪承载力设计值应按下式计算:

$$N_{\alpha} = \frac{P_{\alpha} Q_{\alpha}}{P_{\alpha} \sin^2 \varphi + Q_{\alpha} \cos^2 \varphi} \dots\dots\dots(117)$$

式中: N_{α} —— 斜面上与切割斜面轴线方向呈斜角 ($0^{\circ} < \varphi < 90^{\circ}$) 的受剪承载力设计值;

φ ——斜面内荷载与斜面对称轴之间的夹角。

7.3.7 剪板在构件上安装时, 边距和端距 (图 32(a)) 应符合下列规定:



(a) 端部为直面时 (b) 端部为斜面时
A—端距; B—不受荷边距; C—受荷边距; D—剪板直径; S—剪板间距

图 33 剪板的几何位置示意图

1 剪板布置的间距应符合表 57 的规定。

表 57 剪板的最小边距 (mm)

剪板类型	荷载与构件纵轴线的夹角 θ			
	$\theta = 0^{\circ}$	$45^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$		
		不受荷边 C	受荷边 B	
			承载力折减 83%时	承载力不折减时 (100%)
67mm	45	45	45	70
102mm	70	70	70	95

注: 1 当荷载作用为横纹方向时, 构件受荷边为与荷载相邻的边缘, 不受力边与受力边相对应; 20°~45°之间的边距可采用直线插值法确定;
3 承载力折减值为 83%~100%之间时, 可按直线插值法确定最小边距。

2 剪板布置的端距应符合表 58 的规定。

表 58 剪板的最小端距 (mm)

剪板类型	荷载与构件纵轴线的夹角 θ			
	受压构件 $\theta = 0^\circ$		受拉构件 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ 受压构件 $\theta = 90^\circ$	
	承载力折减 63%时	承载力不折减时 (100%)	承载力折减 63%时	承载力不折减时 (100%)
67mm	65	100	70	140
102mm	85	140	60	180

注：1 0°~90°之间的端距可采用直线插值法确定；

2 承载力折减值为 63%~100%之间时，可按直线插值法确定最小端距。

7.3.8 剪板在构件上的间距（图 32(a)）应符合以下规定：

1 当两个剪板中心连线与顺纹方向的夹角 $\alpha = 0^\circ$ 或 $\alpha = 90^\circ$ 时，剪板间距应符合表 59 的规定。

表 59 剪板的最小间距（mm）

剪板类型	荷载与构件纵轴线的夹角 θ					
	$\theta = 0^\circ$			$\theta = 60^\circ \sim 90^\circ$		
	$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	
	承载力折减 50% 时	承载力不折减时 (100%)			承载力折减 50% 时	承载力不折减时 (100%)
67mm	90	170	90	90	90	110
102mm	130	230	130	130	130	150

注：1 0°~60°之间的间距可采用直线插值法确定；

2 承载力折减值为 50%~100%之间时，可按直线插值法确定最小间距。

2 当两个剪板中心连线与顺纹方向的夹角 α 为 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 时，剪板的最小间距应按下列规定确定。

1) 当剪板受剪承载力达到表 60 中规定的受剪承载力的 100%，剪板之间的连线与顺纹方向的夹

角为 α 时（图 33），剪板在顺纹方向的间距 S_0 与横纹方向的间距 S_{90} ，应分别按下列公式确定：

$$S_0 = \sqrt{\frac{x^2 y^2}{x^2 \tan^2 \alpha + y^2}} \dots\dots\dots(118)$$

$$S_{90} = S_0 \tan \alpha \dots\dots\dots(119)$$

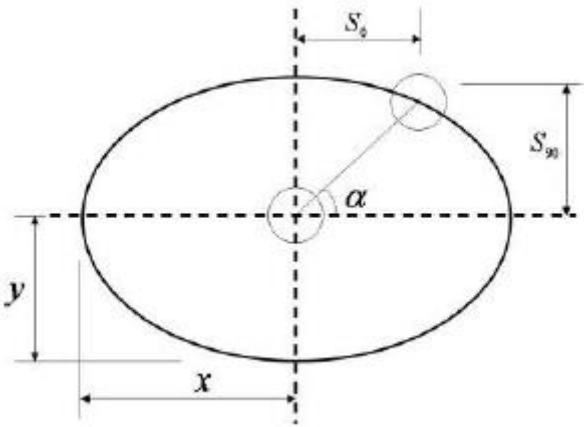


图 34 剪板连线与顺纹方向的夹角与间距之间的关系

式中：x 与 y 值应根据表 60 确定。

表 60 剪板之间的连线与顺纹方向的夹角 α 为 0° 和 90° 时的 x 与 y 值（mm）

剪板类型	剪板间连线与顺纹方向的夹角	荷载与构件纵轴线的夹角 θ	
		$0^\circ \leq \theta < 60^\circ$	$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$
67mm	$x(\alpha = 0^\circ)$	$170 - 1.33\theta$	90
	$y(\alpha = 90^\circ)$	$90 + 0.33\theta$	110
102mm	$x(\alpha = 0^\circ)$	$230 - 1.67\theta$	130
	$y(\alpha = 90^\circ)$	$130 + 0.33\theta$	150

2) 当剪板受剪承载力达到表 60 中规定的受剪承载力的 50% 时，对于 67mm 剪板，取 $x=y=90\text{mm}$ ；

对于 102mm 剪板，取 $x=y=130\text{mm}$ ，并均按式（118）和式（119）确定剪板在顺纹方向的间距 S_0 与横纹方向的间距 S_{90} 。

3) 当剪板受剪承载力为表 54 中规定的 50%~90% 之间时，剪板所需的最小间距 S_0 和 S_{90} ，应按受剪承载力达到 50% 和 100% 时计算所需的最小间距，由直线插值法确定。

7.3.9 构件垂直端面或斜切面上的剪板应根据下列规定对构件侧面上剪板的边距、端及间距等布置要求进行布置：

1 在垂直端面以及斜面（ $45^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ）上沿任意方向的荷载作用下，剪板布置应符合第 7.3.7 条和第 7.3.8 条中横纹荷载作用下剪板的布置要求；

2 在斜面（ $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ ）上平行于对称轴的荷载作用下，剪板布置应符合本标准第 7.3.7 条和第 7.3.8 条中顺纹荷载作用下剪板的布置要求；

3 在斜面（ $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ ）上垂直于对称轴的荷载作用下，剪板布置应符合本标准第 7.3.7 条和第 7.3.8

条中横纹荷载作用下的布置要求；

4 在斜面 ($0^\circ < \alpha < 45^\circ$) 上与对称轴呈任意夹角 (φ) 的荷载作用下, 剪板布置应符合本标准第 7.3.7 条和第 7.3.8 条中 $0^\circ \sim 90^\circ$ 荷载作用下的布置要求。

7.4 植筋连接

7.4.1 重型木结构植筋连接的边距和间距最小尺寸应符合图 43 的规定。

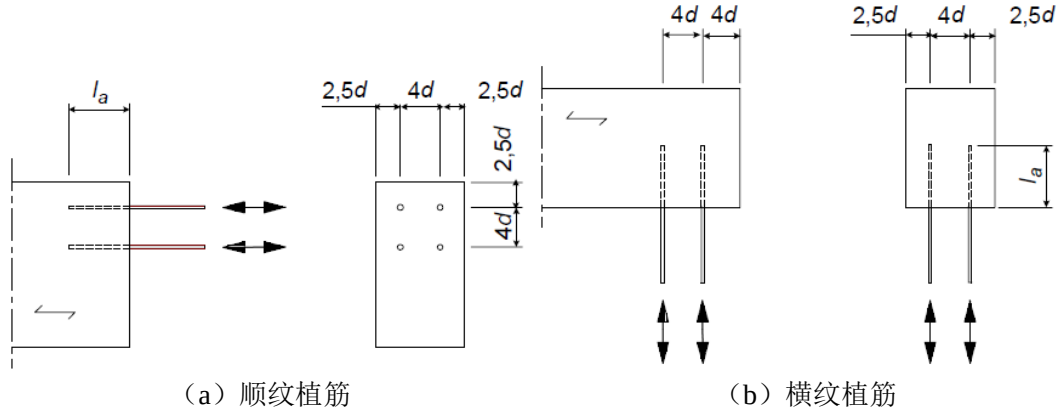


图 35 轴向受力植筋连接的最小间距和边距要求

7.4.2 对于重型木结构植筋连接的植筋锚固长度, 当顺纹受力时应不小于 15 倍的植筋直径, 横纹受力时应不小于 10 倍的植筋直径。

7.4.3 对于重型木结构植筋连接的材料: 植筋杆件应采用全螺纹螺杆, 其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定; 植筋胶应采用环氧树脂类或聚氨酯类专用植筋胶。

7.4.4 重型木结构植筋连接不应发生胶筋界面破坏和胶木界面破坏, 则其屈服模式可分为四大类: 植筋周围木材剪切破坏 (图 35(a))、木构件受拉破坏 (图 35(b))、木材劈裂破坏 (图 35(c)) 和植筋屈服破坏 (图 35(d))。木材劈裂破坏模式可采用构造措施消除, 其余破坏模式均需进行设计复核。

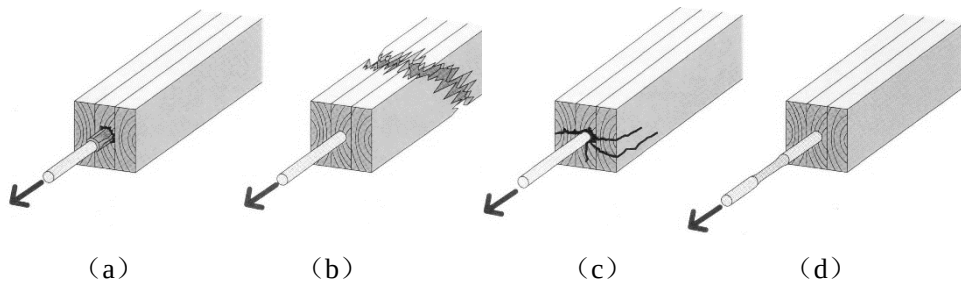


图 36 重型木结构植筋连接的屈服模式

7.4.5 重型木结构植筋连接应根据不同破坏模式选用相应的计算方法, 单根植筋连接的轴向抗拔承载力设计值 $F_{ax,gir}$ 应按下式进行计算:

$$F_{ax,gir} = \min \{ F_{v,w}, F_{t,w}, F_{y,r} \} \dots\dots\dots (120)$$

式中： $F_{ax,gir}$ ——植筋连接轴向抗拔承载力设计值（N）；

$F_{v,w}$ ——植筋周围木材剪切破坏时的承载力（N）；

$F_{t,w}$ ——被连接木构件受拉破坏时的承载力（N）；

$F_{y,r}$ ——植筋杆件屈服破坏时的承载力（N）。

1 植筋周围木材剪切破坏时的承载力，应按下式进行计算：

$$F_{v,w} = f_v \cdot \pi \cdot d_{equ} \cdot l_a \quad \dots\dots\dots(121)$$

式中： f_v ——木材顺纹抗剪强度设计值（N/mm²）；

d_{equ} ——植筋孔径与 1.25 倍植筋直径中的较小值（mm）；

l_a ——植筋锚固长度（mm）。

2 被连接木构件受拉破坏时的承载力，应按下式进行计算：

$$F_{t,w} = f_t \cdot A_n \quad \dots\dots\dots(122)$$

式中： f_t ——木材顺纹抗拉强度设计值（N/mm²）；

A_n ——被连接木构件的净截面面积（mm²）。

3 植筋周围木材剪切破坏时的承载力，应按下式进行计算：

$$F_{y,r} = f_{y,r} \pi d_r^2 / 4 \quad \dots\dots\dots(123)$$

式中： $f_{y,r}$ ——植筋杆件的屈服强度设计值（N/mm²）；

d_r ——植筋杆件的名义直径（mm）。

7.4.6 植筋连接的侧向承载力设计值 $F_{v,gir}$ 按照本标准 7.2 节进行计算取值。

7.4.7 对于群锚植筋连接，其轴向抗拔承载力设计值 $F_{ax,gir}$ 应考虑植筋杆件间的不均匀受力影响，此处取折减系数为 0.9；同时，尚需验算群锚连接的块剪破坏（图 36），验算方法应按本标准 7.2.10 条执行。

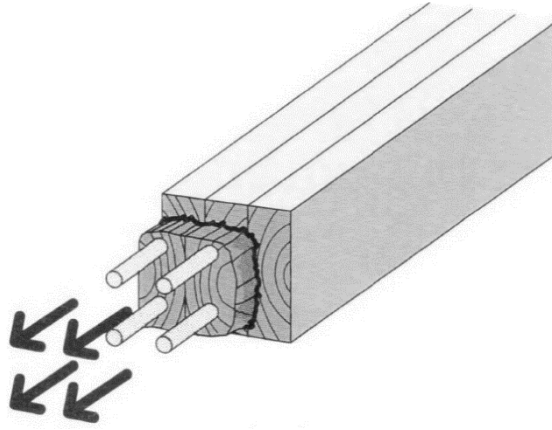


图 37 重型木结构植筋连接块剪破坏

7.4.8 植筋承载力应采用下列设计表达式进行验算：

$$\gamma_0 S_d \leq k F_{ax,gir} \quad \dots\dots\dots(124)$$

式中： γ_0 ——植筋连接重要性系数，对一级、二级锚固安全等级（表 61），应分别取不小于 1.2、1.1，
且不应小于被连接结构的重要性系数；对地震设计状况应取为 1.0；

S_d ——承载力极限状态下作用组合的效应设计值。按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 进行计算；

k ——地震作用下抗拔承载力降低系数：无地震作用组合时，取为 1.0；有地震作用组合时，取为 0.7。

表 61 植筋连接安全等级

安全等级	破坏后果	植筋类型
一级	很严重	重要的植筋
二级	严重	一般的植筋

7.4.9 当植筋连接承受轴向与侧向荷载的组合作用时，植筋承载力设计值应按下列表达式进行验算：

$$\left(\frac{N_d}{F_{ax,gir}} \right)^2 + \left(\frac{Q_d}{F_{la,gir}} \right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots(125)$$

式中： $F_{la,gir}$ ——植筋连接侧向承载力设计值（N）；

N_d ——轴向荷载设计值（N）；

Q_d ——侧向荷载设计值（N）；

8 防火设计

8.1 一般规定

8.1.1 木结构建筑的防火设计和防火构造除应遵守本章的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

8.1.2 本章规定的防火设计方法适用于耐火极限不超过 2.00h 的构件防火设计。防火设计应采用下列设计表达式：

$$S_k \leq R_f \cdots \cdots (126)$$

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。

8.1.3 残余木构件的承载力设计值计算时，构件材料的强度和弹性模量应采用平均值。材料强度平均值应为材料强度标准值乘以表 62 规定的调整系数。

表 62 防火设计强度调整系数

构件材料种类	抗弯强度	抗拉强度	抗压强度
目测分级木材	2.36	2.36	1.49
机械分级木材	1.49	1.49	1.20
胶合木	1.36	1.36	1.36

8.1.4 木构件燃烧 t 小时后，有效炭化层厚度应按下式计算：

$$d_{ef} = 1.2\beta_n t^{0.813} \cdots \cdots (127)$$

式中：d_{ef}——有效炭化层厚度（mm）；

β_n——木材燃烧 1.00h 的名义线性炭化速率（mm/h）；采用针叶材制作的木构件的名义线性炭化速率为 38mm/h；

t——耐火极限（h）；

8.1.5 当验算燃烧后的构件承载能力时，应按本规范第 6 章的各项相关规定进行验算，并应符合下列规定：

- 1 验算构件燃烧后的承载能力时，应采用构件燃烧后的剩余截面尺寸；
- 2 当确定构件强度值需要考虑尺寸调整系数或体积调整系数时，应按构件燃烧前的截面尺寸计算相应调整系数。

8.1.6 构件连接的耐火极限不应低于所连接构件的耐火极限。

8.1.7 三面受火和四面受火的木构件燃烧后剩余截面（图 37）的几何特征应根据构件实际受火面和有效炭化厚度进行计算。单面受火和相邻两面受火的木构件燃烧后剩余截面可按本标准第 8.1.4 条进行确定。

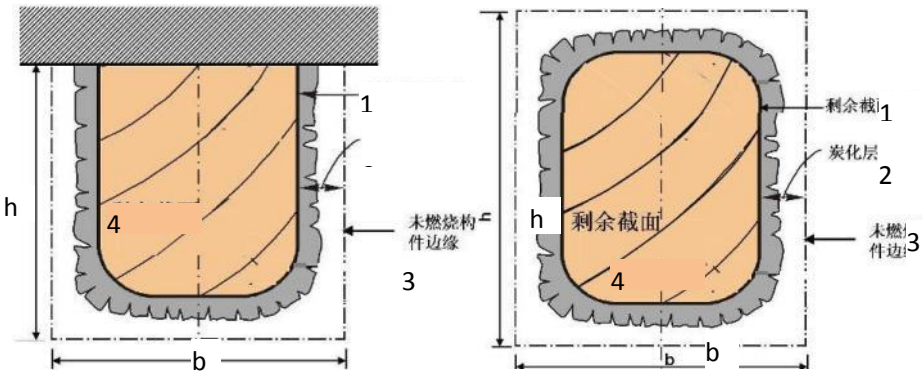


图 38 三面受火和四面受火构件截面简图

1——构件燃烧后剩余截面边缘；2——有效炭化厚度 d_{ef} ；3——构件燃烧前截面边缘；4——剩余截面；
 h ——燃烧前截面高度（mm）； b ——燃烧前截面宽度（mm）；

8.1.8 木结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表 63 的规定。常用木构件的燃烧性能和耐火极限可按本规范附录 C 的规定确定。

表 63 木结构建筑中构件的燃烧性能和耐火极限

构件名称	燃烧性能和耐火极限 (h)
防火墙	不燃性 3.00
电梯井墙体	不燃性 1.00
承重墙、住宅建筑单元之间的墙和分户墙、楼梯间的墙	难燃性 1.00
非承重外墙、疏散走道两侧的隔墙	难燃性 0.75
房间隔墙	难燃性 0.50
承重柱	可燃性 1.00
梁	可燃性 1.00
楼板	难燃性 0.75
屋顶承重构件	可燃性 0.50
疏散楼梯	难燃性 0.50
吊顶	难燃性 0.15

注：1 除国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 另有规定外，当同一座木结构建筑存在不同高度的屋顶时，较低部分的屋顶承重构件和屋面不应采用可燃性构件；当较低部分的屋顶承重构件采用难燃性时，其耐火极限不应小于 0.75h；

2 轻型木结构建筑的屋顶，除防水层、保温层和屋面板外，其他部分均应视为屋顶承重构件，且不应采用可燃性构件，耐火极限不应低于 0.50h；

3 当建筑的层数不超过 2 层、防火墙间的建筑面积小于 600m²，且防火墙间的建筑长度小于 60m 时，建筑构件的燃烧性能和耐火极限应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 中有关四级耐

火等级建筑的要求确定。

8.1.9 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。

8.2 防火构造

8.2.1 轻型木结构建筑中，下列存在密闭空间的部位应采用连续的防火分隔措施：

1 当层高大于 3m 时，除每层楼、屋盖处的顶梁板或底梁板可作为竖向防火分隔外，应沿墙高每隔 3m 在墙骨柱之间设置竖向防火分隔；当层高小于或等于 3m 时，每层楼、屋盖处的顶梁板或底梁板可作为竖向防火分隔；

2 楼盖和屋盖内应设置水平防火分隔，且水平分隔区的长度或宽度不应大于 20m，分隔的面积不应大于 300m²；

3 屋盖、楼盖和吊顶中的水平构件与墙体竖向构件的连接处应设置防火分隔；

4 楼梯上下第一步踏板与楼盖交接处应设置防火分隔。

8.2.2 轻型木结构设置防火分隔时，防火分隔可采用下列材料制作：

1 截面宽度不小于 40mm 的规格材；

2 厚度不小于 12mm 的石膏板；

3 厚度不小于 12mm 的胶合板或定向木片板；

4 厚度不小于 0.4mm 的钢板；

5 厚度不小于 6mm 的无机增强水泥板；

6 其它满足防火要求的材料。

8.2.3 当管道穿越木墙体时，应采用防火封堵材料对接触面和缝隙进行密实封堵；当管道穿越楼盖或屋盖时，应采用不燃性材料对接触面和缝隙进行密实封堵。

8.2.4 木结构建筑中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。

8.2.5 当采用厚度为 50mm 以上的锯材或胶合木作为屋面板或楼面板时（图 38a），楼面板或屋面板端部应坐落在支座上，其防火设计和构造应符合下列要求：

1 当屋面板或楼面板采用单舌或双舌企口板连接时（图 38b），屋面板或楼面板可作为仅有底面一面受火的受弯构件进行设计；

2 当屋面板或楼面板采用直边拼接时，屋面板或楼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。

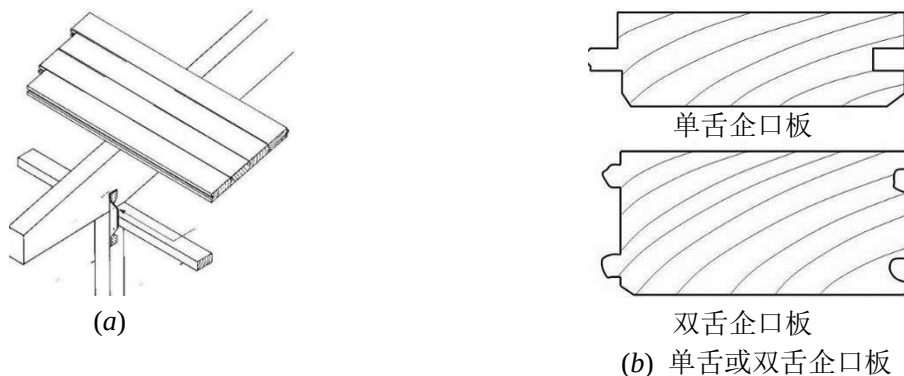


图 39 锯材或胶合木楼、屋面板示意图

8.2.6 当木梁与木柱、木梁与木梁采用金属连接件连接时，金属连接件的防火构造可采用下列方法：

- 1 可将金属连接件嵌入木构件内，固定用的螺栓孔可采用木塞封堵，所有的连接缝可采用防火封堵材料填缝；
- 2 金属连接件表面采用截面厚度不小于 40mm 的木材作为表面附加防火保护层；
- 3 将梁柱连接处包裹在耐火极限为 1.00h 的墙体中；
- 4 采用厚度大于 15mm 的耐火纸面石膏板在梁柱连接处进行分隔保护。

8.2.7 木结构建筑中配电线路的敷设应采用下列防火措施：

- 1 消防配电线路应采用阻燃和耐火电线、电缆或矿物绝缘电缆；
- 2 用于重要木结构公共建筑的电源主干线路应采用矿物绝缘线缆；
- 3 电线、电缆直接明敷时应穿金属管或金属线槽保护；当采用矿物绝缘线缆时可直接明敷；
- 4 电线、电缆穿越墙体、楼盖或屋盖时，应穿金属套管，并应采用防火封堵材料对其空隙进行封堵。

8.2.8 安装在木构件上的开关、插座及接线盒应符合下列规定：

- 1 当开关、插座及接线盒有金属套管保护时，应采用金属箱体；
- 2 当开关、插座及接线盒有矿棉保护时，可采用难燃性箱体；
- 3 安装在木骨架墙体上时，墙体中相邻两根木骨柱之间的两侧面板上，仅能在其中一侧设置开关、插座及接线盒；
- 4 当设计需要在墙体中相邻两根木骨柱之间的两侧面板上均设置开关、插座及接线盒时，应采取局部的防火分隔措施。

8.2.9 安装在木结构建筑楼盖、屋盖及吊顶上的照明灯具应采用金属箱体，且应采用不低于所在部位墙体或楼盖、屋盖耐火极限的石膏板对金属箱体进行分隔保护。

8.2.10 当管道内的流体造成管道外壁温度达到 120℃ 及以上时，管道及其包覆材料或内衬以及施工时使用的胶粘剂应为不燃材料；对于外壁温度低于 120℃ 的管道及其包覆材料或内衬，其燃烧性能不应低于 B₁ 级。

8.2.11 当采用非金属不燃材料制作烟道、烟囱、火炕等采暖或炊事管道时，应满足下列规定：

- 1 与木构件相邻部位的壁厚不应小于 240mm；
- 2 与木构件之间的净距不应小于 100mm；
- 3 与木构件之间的缝隙应具备良好的通风条件，或采用 70mm 的矿棉保护层隔热。

8.2.12 当采用金属材料制作烟道、烟囱、火炕等采暖或炊事管道时，应采用厚度为 70mm 的矿棉保护层隔热，并应在保护层外部包覆耐火极限不低于 1.00h 的防火保护。

8.2.13 木结构建筑中放置烹饪炉的平台应为不燃材料，烹饪炉上方 750mm 以及周围 400mm 的范围内不应有可燃装饰或可燃装置。

8.2.14 附设在木结构居住建筑内的机动车库应符合下列规定：

- 1 车库总面积不宜超过 60m²。
- 2 不宜设置与室内相通的窗洞，仅可设置一樘不直通卧室的单扇乙级防火门；
- 3 车库与室内的隔墙耐火极限不应低于 2.00h。

8.2.15 当木结构建筑需要进行防雷设计时，除应满足现行国家标准《建筑防雷设计规范》GB 50057 的相关规定外，还应满足下列要求：

- 1 木结构建筑的防雷等级可根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果划分；
- 2 木结构建筑宜采用装设在屋顶的避雷网或避雷带作为防直击雷的接闪器，突出屋面的所有金属构件均应与防雷装置可靠焊接；

3 引下线宜沿木结构建筑外墙明卡敷设，并应在距室外地面上 1.8m 处设置断接卡，连接板处应有明显标志。当引下线为墙内暗敷时，应采用绝缘套管进行保护；

4 地面上 1.7m 以下至地面下 0.3m 的一段接地线应采取改性塑料管或橡胶管等进行保护；

5 室内电缆、导线与防雷引下线之间的距离不应小于 2.0m。

8.2.16 当胶合木构件考虑耐火极限的要求时，其层板组坯除应符合构件强度设计的规定外，还应满足下列防火构造规定：

1 对于耐火极限为 1.00h 的胶合木构件，当构件为非对称异等组合时，应在受拉边减去一层中间层板，并增加一层表面抗拉层板。当构件为对称异等组合时，应在上下两边各减去一层中间层板，并各增加一层表面抗拉层板。构件设计时，强度设计值按未改变层板组合的情况进行；

2 对于耐火极限为 1.50h 或 2.00h 的胶合木构件，当构件为非对称异等组合时，应在受拉边减去二层中间层板，并增加二层表面抗拉层板。当构件为对称异等组合时，应在上下两边各减去二层中间层板，并各增加二层表面抗拉层板。构件设计时，强度设计值按未改变层板组合的情况进行。

9 施工与验收

9.1 一般规定

- 9.1.1 木结构工程施工分部工程应划分为木结构制作安装和木结构防护（防腐、防火）分项工程。当两个分项工程由两个或两个以上有相应资质的企业进行施工时，应以木结构制作安装施工企业为主承保企业，并应负责分部工程的施工安排和质量管理。
- 9.1.2 木结构工程施工前，应由建设单位组织监理、施工和设计单位进行设计文件会审和设计单位作技术交底，结果应记录在案。施工单位应制定完整的施工方案，并应经建设或监理单位审核确认后再进行施工。
- 9.1.3 当木结构施工需要采用国家现行标准尚未列入的新技术、新材料、新结构、新工艺时，建设单位应组织设计、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，并应作为相关木结构工程施工验收的主控项目。
- 9.1.4 木结构工程中木材的防护方案应按表 64 的规定选择。除允许采用表面涂刷工艺进行防护(包含防火)处理外，其他防护处理均应在木构件制作完成后和安装前进行。已作防护处理的木构件不宜再行锯解、刨削等加工。确需作局部加工处理而导致局部未被浸渍药剂的外露木材，应作妥善修补。

表 64 木结构的使用环境

使用分类	使用条件	应用环境	常用构件
C1	户内，且不接触土壤	在室内干燥环境中使用，能避免气候和水分的影响	木梁、木柱等
C2	户内，且不接触土壤	在室内环境中使用，有时受潮湿和水分的影响，但能避免气候的影响	木梁、木柱等
C3	户外，但不接触土壤	在室外环境中使用，暴露在各种气候中，包括淋湿，但不长期浸泡在水中	木梁等
C4A	户外，且接触土壤或浸在淡水中	在室外环境中使用，暴露在各种气候中，且与地面接触或长期浸泡在淡水中	木柱等

9.2 施工

- 9.2.1 结构主要受力构件、节点应在构件出厂前应进行预拼装，次要构件、节点宜进行预拼装。
- 9.2.2 木结构施工安装时，应根据不同的施工阶段，制定施工过程的结构整体稳定性方案，方案中应包含构件稳定性的措施、分项工程的稳定性措施。
- 9.2.3 大跨胶合木拱、胶合木刚架等结构安装时，每榀构件应按照施工顺序吊装，在每两榀构件吊装完成后，应及时增加构件间的联系，保证局部结构的稳定性。必要时应采用缆风绳、搭设脚手架等方式辅助局部结构的稳定。
- 9.2.4 构件吊装时应符合下列规定：
- 1 对于已进行拼装的构件，应根据结构形式和跨度确定吊点，经试吊证明结构具有足够的刚度方可开始吊装；
 - 2 对刚度较差的构件，应根据其在提升时的受力情况采用附加构件进行加固；
 - 3 构件吊装就位时，应使其拼装部位对准预设部位垂直落下；校正构件安装轴线位置后初步校正构件垂直并紧固连接节点；
 - 4 正交胶合木墙板吊装时，宜采用专用吊绳和固定装置，移动时采用锁扣扣紧。

9.2.5 柱的安装应先调整标高，再调整水平位移，最后调整垂直偏差，柱的标高、位移、垂直偏差应符合设计要求。调整柱垂直度的缆风绳或支撑夹板，应在柱起吊前在地面帮扎好。

9.2.6 木柱与基础连接施工前，应采用水平尺或水准仪对基础顶面连接件的水平进行测定，施工时应木柱侧面和基础柱墩顶面标出中心线，安装时按中心线对齐，偏差不宜超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

9.2.7 木结构螺栓节点连接，应符合下列规定：

1 木结构的各构件结合处应密合，未贴紧的局部间隙不得超过 5mm ，不得有通透缝隙，不得用木楔、金属板等塞填接头的密合处。

2 用木夹板连接的接头钻孔时应将各部分定位并临时固定一次钻通。当采用钢夹板不能一次钻通时应采取措施，保证各部件对应孔的位置大小一致。

3 螺栓中心位置在进孔处的偏差不应大于螺栓直径的 0.2 倍，出孔处顺木纹方形不应大于螺栓直径的 1.0 倍，垂直木纹方向不应大于螺栓直径的 0.5 倍，且不应大于连接板宽度的 $1/25$ 。螺帽拧紧后各构件应紧密结合，局部缝隙不应大于 1mm 。

4 钻头直径应与螺杆或拉杆的直径配套。受剪螺栓的孔径不应大于螺栓直径 1mm ，不受剪螺栓的孔径可较螺栓大 2mm 。

5 混凝土结构与木结构之间宜采用金属连接件过渡连接，施工时，混凝土中宜预埋定位螺杆便于安装位置调整。

9.2.8 金属连接件在构件上的固定位置应采取防止限制木构件因湿胀干缩和受力变形引起木材横纹受拉扯裂的措施。

9.2.9 木结构植筋节点连接，应符合下列规定：

1 植筋用钢筋或螺杆应进行除锈处理，除锈时不得使螺牙或者钢筋肋受损；

2 构件植筋孔宜比钢筋或螺杆大 $4\text{mm} \sim 6\text{mm}$ ，注胶时植筋孔内不应有气泡；

3 植筋锚固长度不宜小于 $20d$ 。

9.2.10 剪板连接所用的剪板的规格应符合设计文件的规定，螺栓或螺钉孔的直径与剪板螺栓孔之差不应大于 1.5mm 。

9.2.11 木构件防火涂层施工，可在木结构工程安装完成后进行。防火涂层应符合设计文件规定，木材含水率不应大于 15% ，构件表面应清洁，应无油性物质污染，木构件表面喷涂层应均匀，不应有遗漏，其干厚度应符合设计文件规定。

9.2.12 木结构工程施工应满足以下环保要求：

1 阻燃剂、防火涂料以及防腐、防虫等药剂，不得危及人畜安全，不得污染环境。

2 施工过程中剩余防腐木材及废弃物应回收并集中处理，严禁随意丢弃或焚烧。

9.2.13 木结构工程施工现场应满足以下安全规定：

1 木结构工程施工现场严禁明火操作。

2 施工现场堆放木材、木构件及其他木制品应远离火源，存放地点应在火源的上风向。可燃、易燃和有害药剂的运输、存储和使用应制定安全操作规程，并按安全操作规程规定的程序操作。

9.3 验收

9.3.1 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。

9.3.2 检验批应按材料、木产品和构配件的力学物理性能质量控制和结构构件质量制作安装质量控制分别划分。

9.3.3 进场木结构构件的类别、组坯方式、强度等级、截面尺寸和适用环境，应符合设计文件的规定，并应有产品质量合格证书和产品标识。产品标识主要信息应包含木材树种、规格尺寸、强度等级、构件编号、生产厂家名称和生产日期。

9.3.4 进场木材与木构件经见证检验合格后方可用于工程施工，见证检验包括以下项目：

- 1 方木与原木的弦向静曲强度、含水率；
- 2 层板胶合木强度等级、胶合性能、指接层板强度；
- 3 正交胶合木强度等级、胶合性能；
- 4 规格材抗弯强度见证检验；
- 5 木基结构板材的静曲强度和静曲弹性模量；
- 6 金属连接件强度等级、涂层厚度；
- 7 紧固件连接件强度等级；
- 8 防腐处理后木构件的药剂透入度、载药量；
- 9 承重胶合木构件的耐火极限。

9.3.5 当采用曲线异型胶合木梁、胶合木桁架、张弦梁等复合受弯构件时，除进行材料、构件的见证检验外，还应进行复合受弯构件荷载效应标准组合作用下的抗弯性能测试。

9.3.6 胶合木结构的结构形式、结构布置应符合设计文件的规定。

9.3.7 节点连接形式及其位置应符合设计文件规定，各连接节点的连接件类别、规格和数量应符合设计文件的规定。连接节点应设置合理的安装公差，应满足安装施工及精度控制。

9.3.8 木结构施工中植筋节点为隐蔽工程，应在施工完成后，对植筋节点进行现场拉拔测试，并完成隐蔽工程验收。

9.3.9 木结构建筑安装工程的安装允许偏差，应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB50206 的相关规定。

9.3.10 安装竣工验收应提供下列文件：

- 1 结构施工图和设计变更文件，应在施工图中注明修改内容；
- 2 结构安装过程中，业主、设计单位、构件制作单位、施工安装单位达成协议的各种技术文件；
- 3 结构中采用的工程木构件、金属连接件的产品合格证、检测报告等质量证明文件；
- 4 结构安装时的测量检查记录，变形监测记录；
- 5 试验报告和技术资料；
- 6 隐蔽工程分段验收记录。

10 防护与维护

10.1 一般规定

10.1.1 重型木结构建筑应根据江苏各地区的气候条件、白蚁危害程度及建筑物特征采取有效的防水防潮和防腐防生物危害措施，保证结构和构件在设计使用年限内正常工作。

10.1.2 木构件在运输、存放和施工过程中，应防止遭受雨淋和潮气。

10.2 防水防潮

10.2.1 重型木结构建筑应有效利用屋檐、雨棚等建筑部件对外墙面、门窗进行保护，宜尽量减少在围护结构上开窗开洞。

10.2.2 重型木结构建筑应采用防雨幕墙。在外墙防护板和外墙防水膜之间应设置排水通风空气层，其净厚度宜在 10mm 以上，有效空隙不应低于排水通风空气层总空隙的 70%；空隙开口处应设置连续的防虫网。

10.2.3 重型木结构建筑宜采用坡屋顶。屋顶空间宜安装通风孔。采用自然通风时，通风孔总面积应不小于保温吊顶面积的 1/300。通风孔应均匀设置，并应采取防止昆虫或雨水进入的措施。

10.2.4 在屋顶和外墙的交接处、门窗洞口、阳台等部位均应安装泛水板，并与内部的防水膜有效搭接，促进局部排水，防止外部水分渗入。

10.2.5 在混凝土地基周围、地下室和架空层内，应采取防止水分和潮气由地面入侵的排水、防水及防潮等有效措施。在木构件和混凝土构件之间应铺设防潮膜。建筑物室内外地坪高差不应小于 300mm。当建筑物底层采用木楼盖时，木构件的底部距离室外地坪的高度不应小于 300mm。

10.2.6 木结构建筑应采取有效措施提高整个建筑围护结构的气密性能。

10.2.7 未经防护处理的木梁支承在砖墙或混凝土构件上时，其接触面应设防潮层，且梁端不得埋入墙身或混凝土中，四周应留有宽度不小于 30mm 的空隙并于大气相通。

10.2.8 木构件应支承在混凝土、柱墩或基础上，柱墩顶标高应高于室外地面标高 300mm，虫害地区不得低于 450mm。未经防护处理的木柱不得接触或埋入土中。木柱与柱墩接触面间应设防潮层，防潮层可选用耐久性满足设计使用年限的防水卷材。

10.3 防腐与防生物危害

10.3.1 重型木结构建筑采用的防腐、防虫构造措施应在设计图纸中作出规定。

10.3.2 重型木结构建筑的施工应符合下列规定：

1 重型木结构建筑施工前，应由承担白蚁预防工程的专业单位，会同建设、施工单位，对施工场地进行检查，了解白蚁危害情况，灭治原有建筑、树木等遗留的蚁害，制定白蚁处理方案；

2 对地下深埋的诱使白蚁入侵的树根、木桩、木块、棺木等杂物，应由施工单位在开挖地基时负责清理干净，清除白蚁孳生隐患；

3 基础完成后，对外墙基槽回填土后（填平未经夯实），沿外墙面四周 50cm 宽度范围内喷洒防蚁药剂；

4 所有施工时产生的木模板、废木材、纸制品及其他有机垃圾，应在施工过程中或完工后及时清理干净；

5 所有进入现场的木材、其他林产品、土壤和绿化用树木，均应进行白蚁检疫。

6 应按设计要求做好防治白蚁的各项措施。

10.3.3 重型木结构建筑的防白蚁设计应符合下列规定：

- 1 直接与土壤接触的基础和外墙，应采用混凝土或砖石结构；基础和外墙中出现的缝隙宽度不应大于 0.3mm；
- 2 当无地下室时，底层地面应采用混凝土结构，并宜采用整浇的混凝土地面；
- 3 由地下通往室内的设备电缆缝隙、管道孔缝隙、基础顶面与底层混凝土地坪之间的接缝，应采用防白蚁物理屏障或土壤化学屏障进行局部处理；
- 4 外墙的排水通风空气层开口处应设置连续的防虫网，防虫网隔栅孔径应小于 1mm；
- 5 地基的外排水层或外保温绝热层不宜高出室外地坪，否则应作局部防白蚁处理。

10.3.4 木构件应根据设计的使用年限、使用环境及木材的渗透性等要求，确定构件是否需要防腐处理，并确定防腐处理所使用的防腐剂种类、处理质量要求及处理方法。

10.3.5 当重型木结构用在室外或木材的平衡含水率大于 20%的潮湿环境中时，木构件必须经过加压防腐处理。

10.3.6 木构件不应与混凝土或砌体结构构件直接接触，当无法避免时，应设置防潮层或采用经防腐处理的木构件。

10.3.7 当承重结构使用马尾松、云南松、湿地松、桉木，并位于易腐朽或易遭虫害的地方时，应经过加压防腐处理。

10.3.8 重型木结构使用环境可按现行国家标准《防腐木材的使用分类和要求》GB/T 27651 的有关规定进行分类。所使用的防腐防虫药剂应符合现行国家标准《木材防腐剂》GB/T 27654 的有关规定。木构件在各类条件下应达到的防腐处理透入度及载药量应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 的有关规定。

10.3.9 木构件的机械加工应在药剂处理前进行。木构件经防腐处理后，应避免重新切割或钻孔。当必须作局部修整时，必须对修整后的木材表面涂刷足够的同品牌药剂。

10.3.10 当金属连接件、齿板及螺钉与含铜防腐剂处理的木材接触时，金属连接件、齿板及螺钉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。

10.4 检查和维护

10.4.1 重型木结构建筑竣工使用 1 年时，应进行一次常规检查。使用 1 年后，至少每 2 年进行一次常规检查。常规检查可采用对重型木结构易损坏部位进行目测观察或手动检查的方法。常规检查项目应包括：

- 1 木构件表面防护涂层剥离；
- 2 木构件连接节点不应松动；
- 3 木构件不应有腐蚀和虫害的迹象；
- 4 金属连接件表面不应有严重的腐蚀。

对常规检查项目中不符合要求的内容，应及时维修。

10.4.2 当发现木构件有腐蚀和虫害的迹象时，应根据腐蚀的程度、虫害的性质和损坏程度制定处理方案，及时对构件进行补强加固或更换。

10.4.3 木拱或木柱应定期对拱靴或柱靴进行检查和维护。应重点检查直接暴露在室外的拱或柱的表面是否有开裂和腐朽。

10.4.4 木构件之间或木构件与建筑物其他构件之间的连接处，应检查隐藏面是否出现潮湿或腐朽。

10.4.5 对于易吸收水分产生开裂的构件端部应定期进行检查和维护。

10.4.6 当构件出现腐朽时,应及时找出腐朽的原因,隔绝潮湿源。对于木拱和超过屋面边缘的构件可采取延伸屋面或在拱体上加盖保护层等措施防止腐朽发生。当在拱体上加盖保护层时,应在拱截面四周固定厚度不小于 15mm 的木龙骨后,再采用防水胶合板封闭,并预留通风口。防水胶合板应延伸到拱支座以下。

10.4.7 已经腐朽的构件,可将悬挑明露部分切割成变截面梁。当构件去除腐朽部分剩下的截面仍能承载设计荷载时,可在现场对构件进行防腐处理,也可待构件干燥后,采用其他保护办法防止构件进一步腐朽。在去除腐朽部分时,腐朽材必须彻底清除干净,腐朽周围的木材必须完全干燥。

10.4.8 对构件进行非结构性破坏的维修时,应将腐朽部位清除并干燥,出现的空洞可采用木块或环氧树脂材料进行填充。采用的木质填充物必须经过加压防腐处理。采用环氧树脂时,应将树脂填充至构件的表面。

10.4.9 构件需进行结构性破坏的维修时,应经过专门设计才能进行。

10.4.10 重型木结构建筑竣工验收时,施工单位应向业主提供《重型木结构使用维护说明书》。《重型木结构使用维护说明书》应包括下列内容:

- 1 重型木结构的主要组成材料;
- 2 使用注意事项;
- 3 日常与定期的维护、保养要求;
- 4 保修责任。

10.4.11 在重型木结构建筑交付使用后,业主或物业管理部门根据检查和维修的情况,应对检查结果和维修过程作出详细、准确的记录,并建立检查和维修的技术档案。

附 录 A

(规范性附录)

胶合木的强度标准值和弹性模量标准值

A.1 胶合木的强度标准值和弹性模量标准值应按下列规定取值：

1 对称异等组合胶合木强度标准值和弹性模量标准值应按表 A.1 的规定取值：

表 A.1 对称异等组合胶合木的强度标准值和弹性模量标准值

强度等级	抗弯 f_{mk} (N/mm ²)	顺纹抗压 f_{ck} (N/mm ²)	顺纹抗拉 f_{ck} (N/mm ²)	弹性模量标准值 E_k (N/mm ²)
TC _{YD} 40	40	31	27	11700
TC _{YD} 36	36	28	24	10400
TC _{YD} 32	32	25	21	9200
TC _{YD} 28	28	22	18	7900
TC _{YD} 24	24	19	16	6700

2 非对称异等组合胶合木强度标准值和弹性模量标准值应按表 A.2 的规定取值：

表 A.2 非对称异等组合胶合木的强度标准值和弹性模量标准值

强度等级	抗弯 f_{mk} (N/mm ²)		顺纹抗压 f_{ck} (N/mm ²)	顺纹抗拉 f_{ck} (N/mm ²)	弹性模量标准值 E_k (N/mm ²)
	正弯曲	负弯曲			
TC _{YF} 38	38	28	30	25	10900
TC _{YF} 34	34	25	26	22	9600
TC _{YF} 31	31	23	24	20	8800
TC _{YF} 27	27	20	21	18	7500
TC _{YF} 23	23	17	17	15	5400

3 同等组合胶合木强度标准值和弹性模量标准值应按表 A.3 的规定取值：

表 A.3 同等组合胶合木的强度标准值和弹性模量标准值

强度等级	抗弯 f_{mk} (N/mm ²)	顺纹抗压 f_{ck} (N/mm ²)	顺纹抗拉 f_{ck} (N/mm ²)	弹性模量标准值 E_k (N/mm ²)
TC _T 40	40	33	29	10400
TC _T 36	36	30	26	9200
TC _T 32	32	27	23	7900
TC _T 28	28	24	20	6700
TC _T 24	24	21	17	5400

附 录 B
(资料性附录)

国内外常用用材树种的耐腐性

B.1 国内外常用用材树种的耐腐性见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 我国主要用材树种的耐腐性分类

类别	材别	用材树种名称
耐腐性强	针叶材	柏木、落叶松、杉木、陆均松、福建柏、桧柏
	阔叶材	青冈（櫟木）、栎木（柞木）、竹叶青冈、水曲柳、刺槐、密脉蒲桃、枫木、红栲赤桉、楠木
耐腐性中等	针叶材	红松、华山松、广东松、铁杉
	阔叶材	云南蓝桉、榆木、红椿、荷木、楝木
耐腐性差	针叶材	马尾松、云南松、赤松、樟子松、油松
	阔叶材	桦木、椴木、隆缘桉、木麻黄、杨木、桤木、枫香（边材）、拟赤杨、柳木

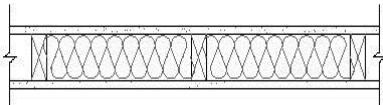
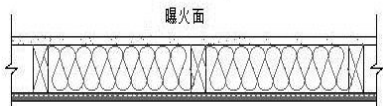
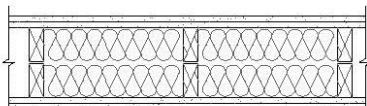
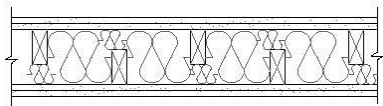
表 B.2 主要进口木材的耐腐性分类

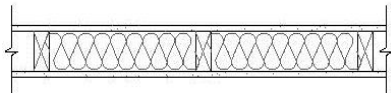
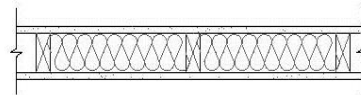
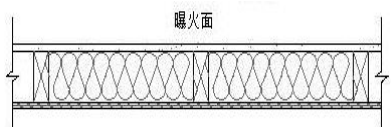
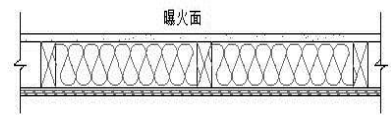
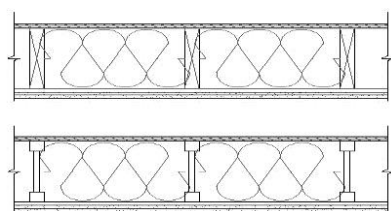
类别	材别	用材树种名称
耐腐性强	针叶材	俄罗斯落叶松、北美红崖柏、黄崖柏、加利福尼亚红杉
	阔叶材	门格里斯木、卡普木、沉水稍、绿心木、紫心木、李叶豆、塔特布木、达荷玛木、毛罗藤黄、红劳罗木、深红梅兰蒂、巴西红厚壳木
耐腐性中等	针叶材	南方松、西部落叶松、花旗松、北美落叶松、新西兰辐射松、欧洲赤松
	阔叶材	萨佩莱木、苦油树、黄梅兰蒂、浅红梅兰蒂、克隆木（心材）、梅萨瓦木（心材）
耐腐性差	针叶材	西部铁杉、太平洋银冷杉、欧洲云杉、海岸松、俄罗斯红松、东部云杉、东部铁杉
	阔叶材	白冷杉、西加云杉、北美黄松、巨冷杉、西伯利亚松、小干松、北美黑松克隆木（边材）、白梅兰蒂、小叶椴、大叶椴

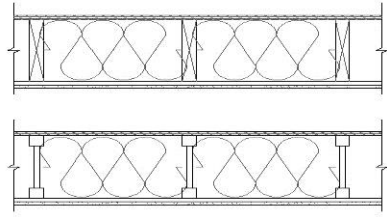
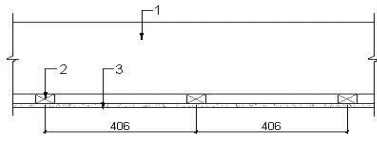
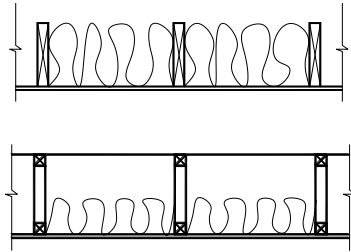
附录 C
(资料性附录)

木结构构件燃烧性能和耐火极限

表 C.1 木结构构件的燃烧性能和耐火极限

构件名称			截面图和结构厚度或截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
承重墙	两侧为耐火石膏板的承重内墙	1. 15mm 厚耐火石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 15mm 厚耐火石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 120mm 	1.00	难燃性
	曝火面为耐火石膏板, 另一侧为定向刨花板的承重外墙	1. 15mm 厚耐火石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 15mm 厚定向刨花板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 120mm 曝火面 	1.00	难燃性
非承重墙	两侧为石膏板的非承重内墙	1. 双层 15mm 厚耐火石膏板 2. 双排墙骨柱, 墙骨柱截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 双层 15mm 厚耐火石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	厚度 245mm 	2.00	难燃性
		1. 双层 15mm 厚耐火石膏板 2. 双排墙骨柱交错放置在 40mm×140mm 的底梁板上, 墙骨柱截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 双层 15mm 厚耐火石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	厚度 200mm 	2.00	难燃性
		1. 双层 12mm 厚耐火石膏板 2. 墙骨柱截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 双层 12mm 厚耐火石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	厚度 138mm 	1.00	难燃性

构件名称			截面图和结构厚度或截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
		610mm			
		1. 12mm 厚耐火石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 12mm 厚耐火石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 114mm 	0.75	难燃性
		1. 15mm 厚普通石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 15mm 厚普通石膏板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 120mm 	0.50	难燃性
非承重墙	一侧石膏板, 另一侧定向刨花板的非承重外墙	1. 12mm 厚耐火石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 12mm 厚定向刨花板 5. 墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 114mm 	0.75	难燃性
		1. 15mm 厚普通石膏板 2. 墙骨柱最小截面 40mm×90mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 15mm 厚定向刨花板 5.墙骨柱间距为 400mm 或 610mm	最小厚度 120mm 	0.75	难燃性
楼盖		1. 楼面板为 18mm 厚定向刨花板或胶合板 2. 实木搁栅或工字木搁栅, 间距 400mm 或 610mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 吊顶为双层 12mm 耐火石膏板		1.00	难燃性

构件名称		截面图和结构厚度或截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
	1. 楼面板为 15mm 厚定向刨花板或胶合板 2. 实木搁栅或工字木搁栅, 间距 400mm 或 610mm 3. 填充岩棉或玻璃棉 4. 13mm 隔声金属龙骨 5. 吊顶为 12mm 耐火石膏板		0.50	难燃性
吊顶	1. 木楼盖结构 2. 木板条 30mm×50mm, 间距 400mm 3. 吊顶为 12mm 耐火石膏板	独立吊顶, 厚度 34 mm 	0.25	难燃性
屋顶承重构件	1. 屋顶椽条或轻型木桁架, 间距 400mm 或 610mm 2. 填充保温材料 3. 吊顶为 12mm 耐火石膏板		0.50	难燃性