

轻型木结构建筑设计

(结构设计分册)



高承勇 倪春 编著
张家华 郭苏夷

中国建筑工业出版社

QINGXING MUJIEGOU LIANZHU SHEJI

轻型木结构建筑设计

(结构设计分册)

高承勇 倪春 编著
张家华 郭苏夷

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轻型木结构建筑设计(结构设计分册)/高承勇等编著.
北京:中国建筑工业出版社, 2011.3
ISBN 978-7-112-12963-8

I. ①轻… II. ①高… III. ①木结构-结构设计-技术手册 IV. ①TU366.204-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 026903 号

本书主要以《木结构设计规范》GB 50005—2003 (2005 年版) 和《轻型木结构建筑技术规程》DG/T J08-2059—2009 为编制依据, 同时遵循其他现行设计规范的要求, 系统地介绍了轻型木结构的设计方法, 并提供了相应的各种设计跨度表和构件选用表。全书共八章, 内容包括: 概述, 搁栅、椽条、主梁和过梁设计, 墙骨柱和组合柱设计, 连接设计, 楼盖和屋盖平面内荷载设计, 剪力墙平面内荷载设计, 构造示意图, 设计实例。全书内容系统全面, 可操作性强。

本书既可作为结构工程师的必备参考书, 也可作为建筑结构研究人员及高等院校相关专业师生的参考书。

* * *

责任编辑: 范业庶
责任设计: 赵明霞
责任校对: 王金珠 张艳侠

轻型木结构建筑设计

(结构设计分册)

高承勇 倪春 编著
张家华 郭苏夷

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 290 千字
2011 年 5 月第一版 2011 年 6 月第二次印刷
定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-12963-8
(20169)

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本书编写人员名单

主编人员：高承勇 倪 春 张家华 郭苏夷

编写单位：上海现代建筑设计(集团)有限公司

加拿大木业协会(Canada Wood)

加拿大林产品创新研究院(FPIInnovations)

前 言

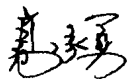
轻型木结构建筑是一种绿色建筑体系，该体系以木材为主要结构材料，具有节能、环保，抗震性能良好，建造速度快，施工便捷等许多优点，适应了我国建筑行业节能减排、绿色低碳发展的需求，因而在我国逐步得到推广普及。

为进一步丰富轻型木结构建筑应用的结构设计工具，我们编写了这本《轻型木结构建筑设计》（结构设计分册）。本书主要以《木结构设计规范》GB 50005—2003（2005年版）和《轻型木结构建筑技术规程》DG/T J08-2059—2009为编制依据，同时遵循其他现行设计规范的要求，系统地介绍了轻型木结构的设计方法，并提供相应的各种设计跨度表和构件选用表。

本书第一章介绍了轻型木结构建筑的结构体系和受力特点，以及常用的设计方法。第二章和第三章从基本构件开始，内容包括楼盖搁栅、洞口过梁、屋盖椽条、墙骨柱、组合柱等，这两章分别介绍了设计方法，并根据现行规范的要求提供了方便设计人员确定构件材料、尺寸和布置的各种跨度表和选用表。第四章则专门介绍了连接设计，主要包括钉连接、螺栓连接和常用的一些金属连接件的使用，以及木材与木材、木材与钢材和木材与混凝土等不同材料之间螺栓连接的选用表。第五章和第六章是关于木剪力墙和木楼盖、屋盖的设计。在轻型木结构建筑中，剪力墙和楼盖、屋盖是重要的承重和抗侧力构件，所以在这两章中给出了具体的设计方法和相应的设计强度表，设计人员只要乘以构件的相应尺寸就能很方便的求得构件的整体设计强度值。第七章给出了关于轻型木结构建筑的各种构造示意图。它不仅可以方便设计人员进行施工图纸的绘制，更可以直观地让设计人员理解构件之间的构造特点和要求。第八章则结合了前述各章的设计要点通过一个轻型木结构建筑的设计实例为读者提供了轻型木结构设计的一般步骤。在附录里，本书提供了常用单跨梁的内力图表和计算公式，可以方便设计人员进行结构设计和验算。在确定荷载时，设计人员可以通过查用附录中的常用材料自重和结构组件重量表方便地确定结构的自重。在附录中还摘选了北美最大的金属连接

件供应商 Simpson Strong Tie 的一些常用连接件及产品的设计值，以方便设计人员参考取用。因为用于轻型木结构建筑中的许多建筑材料仍采用英制体系，所以为了方便进行单位的转换，在附录中加入了公制和英制的转换表。另外，在附录中提供一份轻型木结构设计施工总说明示例。

对于绿色建筑结构而言，木结构是最好的选择之一。希望本书能够为广大设计人员在设计轻型木结构时提供有益的帮助。



《轻型木结构建筑技术规程》编制和管理组

2011年2月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 轻型木结构建筑简介	1
1.2 轻型木结构设计方法	3
1.3 常用的建筑材料和产品	6
1.3.1 规格材	6
1.3.2 木基结构板材	10
1.3.3 工程木产品	10
1.3.4 常用连接件	11
1.4 轻型木结构设计常用调整系数	13
第 2 章 搁栅、椽条、主梁和过梁设计	15
2.1 概述	15
2.2 设计要求和方法	15
2.2.1 设计要求	15
2.2.2 设计方法	17
2.3 规格材选用表	20
第 3 章 墙骨柱和组合柱设计	48
3.1 概述	48
3.2 墙骨柱和组合柱设计方法	48
3.2.1 内墙墙骨柱	48
3.2.2 外墙墙骨柱	50
3.2.3 规格材组合柱	51
3.3 墙骨柱和组合柱选用表	53
3.3.1 内墙墙骨柱	53
3.3.2 外墙墙骨柱	55
第 4 章 连接设计	108
4.1 概述	108
4.2 螺栓和钉连接设计方法	108
4.2.1 木构件与木构件、木构件与钢构件中螺栓和钉连接设计方法	108

4.2.2 木构件与混凝土螺栓连接设计方法	111
4.3 单个螺栓和钉抗剪承载力设计值选用表	113
第5章 楼盖和屋盖平面内荷载设计	132
5.1 概述	132
5.2 楼盖和屋盖设计	132
5.3 楼盖和屋盖设计选用表	140
第6章 剪力墙平面内荷载设计	146
6.1 概述	146
6.2 剪力墙设计	146
6.2.1 楼盖和屋盖水平荷载在剪力墙中的分配	146
6.2.2 剪力墙设计方法	147
6.3 剪力墙设计选用表	151
第7章 构造示意图	154
7.1 概述	154
7.2 楼盖构造示意图	154
7.2.1 搁栅与搁栅的连接	155
7.2.2 楼盖搁栅和墙体的连接	156
7.2.3 楼盖搁栅间支撑的设置	158
7.2.4 木搁栅搁置在钢筋混凝土结构上	159
7.2.5 楼盖洞口	161
7.2.6 楼盖悬挑	161
7.3 屋盖构造示意图	162
7.3.1 坡屋面椽条与屋脊梁的连接	162
7.3.2 椽条与外墙的连接	163
7.3.3 屋盖洞口	163
7.3.4 屋盖在山墙处悬挑	164
7.4 墙体构造示意图	166
7.4.1 墙体洞口上方过梁的做法	166
7.4.2 墙体转角处的布置	168
7.4.3 木剪力墙与钢筋混凝土基础或楼盖的连接	169
第8章 设计实例	170
8.1 结构设计总体介绍	170
8.2 结构计算过程	178
8.2.1 荷载计算	178

8.2.2 屋架计算	183
8.2.3 搁栅、梁和墙骨柱等构件计算	187
8.2.4 剪力墙抗侧力计算	193
8.2.5 墙体与楼盖和基础的连接计算	197
附录 A 常用等截面单跨梁内力图表和计算公式	201
附录 B 材料自重和常用结构组件重量表	204
附录 C 北美地区常用金属连接件承载力设计值	206
附录 D 单位换算表	211
附录 E 轻型木结构设计施工总说明示例	214
参考文献	221
致谢	222

第 1 章 概 述

1.1 轻型木结构建筑简介

轻型木结构建筑（Wood Frame Construction）中，规格材骨架和结构覆面板材组成了各个结构构件，例如墙体、楼盖和屋盖，如图 1.1-1 所示。这些构件共同为结构提供了承载力和刚度以抵抗水平和竖向的荷载或作用，墙体内侧的装修、外墙的挂板和布置保温材料的空腔。轻型木结构不仅可以用于住宅建筑，也可以用于商业建筑和公共建筑，如图 1.1-2 所示。

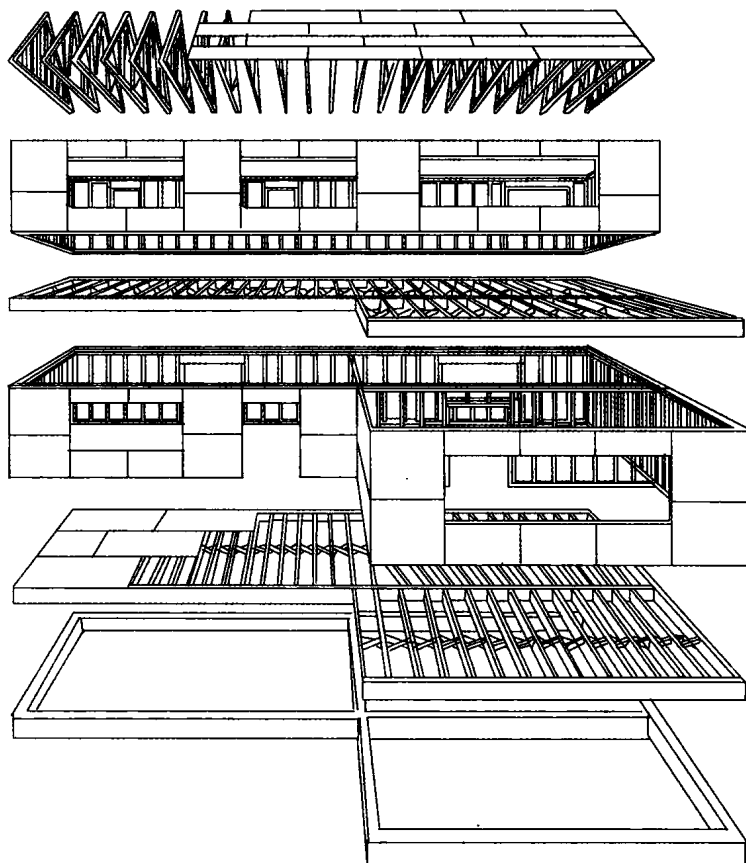
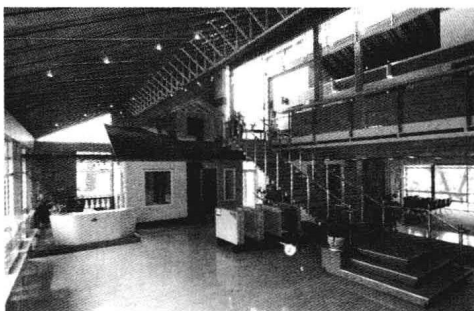


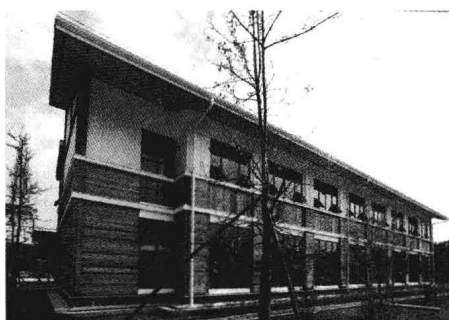
图 1.1-1 典型轻型木结构示意图



(a)



(b)



(c)

图 1.1-2 不同功能的轻型木结构建筑
(a) 住宅建筑；(b) 商业建筑；(c) 公共建筑

根据上、下层墙体木构架的墙骨柱是否连续，轻型木结构可分为平台式和连续式两种。其中连续式轻型木结构的外墙墙骨柱和部分内墙的墙骨柱是从底部连续布置到支承屋盖的顶梁板，现在已经很少用到这种建造方式。平台式轻型木结构，顾名思义就是在建造完底层墙体后，建造楼盖并以此楼盖为施工作业面继续建造二层墙体，采用这种施工方法时，墙体为一层的高度，所以现场的施工组装方便，且不需要大型起重设备进行提升。

轻型木结构的主要结构构件，例如墙骨柱、搁栅和椽条一般采用的规格材截面尺寸宽度为 38mm，高度从 89mm 到 286mm（即截面名义尺寸宽 2 英寸，高 4 英寸到 12 英寸），构件布置的中心间距一般不超过 610mm（即 2 英尺）。当竖向荷载或跨度较大时，也可以使用工厂预制的工字形木搁栅（I-Joist），旋切板胶合木（LVL），平行木片胶合木（PSL）或者胶合木来替代规格材。这些构件的共同作用可以提高结构整体的承载能力，因为荷载是由这些构件共同承担的。

上述构件通过与结构覆面板材的连接可以提高承载力和刚度，并形成围护结构以安装固定外墙饰面、楼板饰面以及屋面材料。结构覆面板材还是剪力墙和楼盖中非常重要的结构抗侧力构件。

承重墙可以将竖向荷载传递到基础，同时也可以设计为剪力墙抵抗侧向荷载。屋盖和楼盖可以承受竖向荷载，同时也将侧向荷载传递到剪力墙。

1.2 轻型木结构设计方法

轻型木结构的设计方法主要有构造设计法和工程设计法两种方法。

1. 工程设计法

工程设计法即按常规的结构工程设计程序，通过工程计算来确定结构构件的尺寸和布置，以及构件和构件之间的连接设计。一般的设计流程是，首先根据建筑物所在场地以及建筑功能确定荷载类别和性质，然后进行结构布置并进行相应的结构内力和变形等分析，验算主要承重构件和连接的承载力和变形，并提出必要的构造措施等。

2. 构造设计法

构造设计法则是基于经验的一种设计方法，对于满足一定条件的房屋，可以不作结构内力分析，特别是抗侧力分析，而只进行结构构件的竖向承载力分析验算，并满足构造要求即完成设计，根据构造要求即可施工。至于构件的竖向承载力验算，其中主要是受弯构件，一般亦可以从木材供应商或设计手册中查到需要的材料规格，如“跨度表”（不同跨度和荷载情况下应选择的树种、木材等级以及截面尺寸）。这种设计方法可以极大地提高工作效率，避免不必要的重复劳动。构造设计法适用于设计使用年限 50 年以内（含 50 年）的安全等级为二、三级的轻型木结构和上部混合木结构的抗侧力设计，且应满足下列条件：

- (1) 建筑物每层面积不超过 600m^2 。
- (2) 整幢建筑物总高度不超过 3 层并且楼层最大高度不超过 3.6m。
- (3) 地震设防烈度为 6 度或 7 度地区 ($0.10g$)，建筑物高宽比不超过 1.2（建筑物高度指室外地面到建筑物坡屋顶二分之一高度处）。
- (4) 屋面桁架、椽条、楼面梁和桁架等竖向荷载承重结构或构件水平投影净

跨不超过 12.0m。

(5) 屋顶坡度不超过 1:1, 并且不小于 1:12。纵墙的挑檐不超过 1.2m, 山墙边缘屋顶的挑出长度不超过 0.4m。

(6) 楼面和屋面的标准活荷载分别不超过 2.5kN/m^2 和 0.5kN/m^2 。

(7) 除了专门设置的梁和柱以外, 轻型木结构承重构件(如墙骨柱和搁栅)的中心间距不大于 600mm。

(8) 结构的不规则应满足以下要求:

1) 上下层构造剪力墙外墙之间的平面错位大于楼盖搁栅高度的 4 倍或平面错位大于 1.2m, 见图 1.2-1。

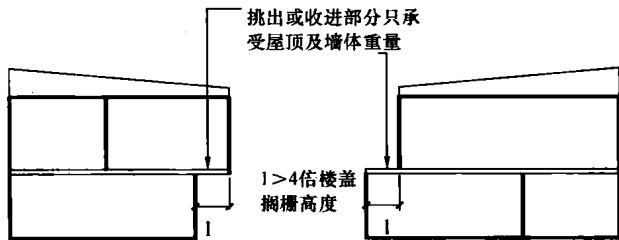


图 1.2-1 外墙平面错位

2) 支撑楼盖、屋盖四周的一边没有构造剪力墙(见图 1.2-2a)。但构造剪力墙距外边缘 $\leq 1800\text{mm}$ 的单层车库, 或顶层楼盖、屋盖这两种情况除外(见图 1.2-2b)。

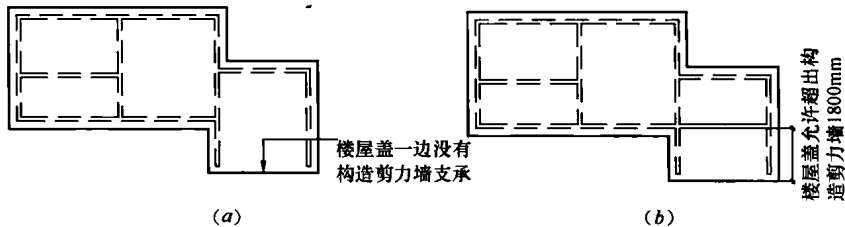


图 1.2-2 楼盖一边无侧向支撑

3) 楼盖错层高度大于楼盖搁栅的高度, 见图 1.2-3。

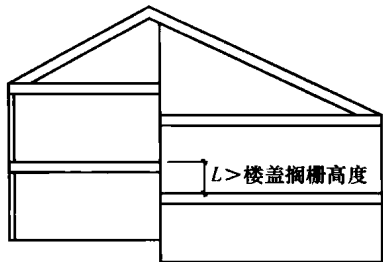


图 1.2-3 楼盖错层

4) 楼盖、屋盖开洞面积大于互相正交的支撑剪力墙围合面积的 30%, 或开洞后有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%。

按构造设计法设计的结构, 构造剪力墙的最小长度应满足表 1.2-1 的要求, 且构造剪力墙的设置尚应符合下列规定(见图 1.2-4):

- ① 单个墙肢的高宽比不大于 2:1;
- ② 同一轴线上墙肢沿轴线方向的水平中心

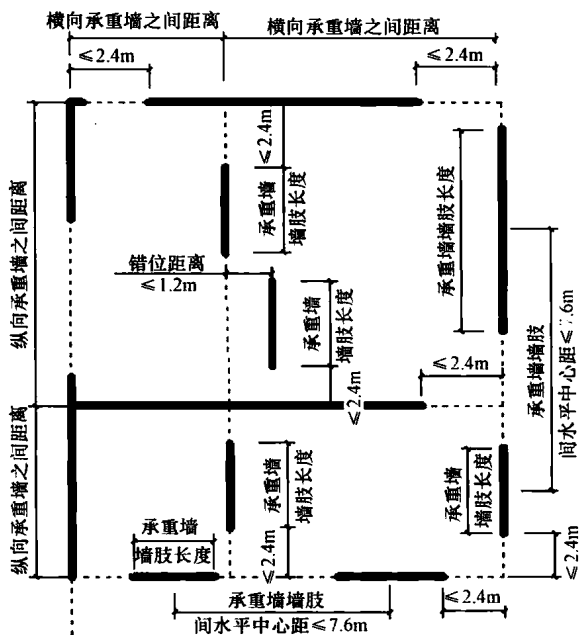


图 1.2-4 构造剪力墙布置

距不大于 7.6m；

- ③采用木基结构板材的墙体轴线之间的最大间距不大于 10.6m；
- ④相邻墙之间横向间距与纵向间距的比值不大于 2.5 : 1；
- ⑤墙端与离墙端最近的垂直方向的墙肢边的垂直距离不大于 2.4m；
- ⑥同一道墙中各墙肢轴线错开距离不大于 1.2m。

构造剪力墙的最小长度

表 1.2-1

基本风压 (kPa)				构造剪力墙最大间距 (m)	最大允许层数	每道构造剪力墙的最小长度					
地面粗糙度						单层房屋、二层或三层房屋中的顶层		二层房屋中的底层、三层房屋中的第二层		三层房屋中的底层	
A	B	C	D			木基结构面板	石膏板面板	木基结构面板	石膏板面板	木基结构面板	石膏板面板
—	—	—	0.6	7.6	3	0.30L	0.60L *	0.45L	0.90L *	0.70L	—
—	—	0.6	0.6	5.3	3	0.30L	0.60L *	0.45L	0.90L *	0.70L	—
—	0.55	0.6	0.6	5.3	2	0.45L	0.90L	0.70L	—	—	—

- 注：1. 表中建筑物长度 L 指平行于该构造剪力墙方向的建筑物长度；
2. 位于基础顶面和底层之间的架空层的构造要求应与底层构造剪力墙相同；
3. * 号表示当楼面用混凝土做面层时，墙体面板不允许采用石膏板；
- 4 “—” 表示不容许使用。

在进行设计时还需注意,对于单跨楼盖搁栅或者屋盖椽条等构件,由于在支座处的连接一般采用钉连接,可假定构件在支座处可自由转动,在设计时一般可按照简支梁进行设计。对于墙骨柱,一般按照受压构件进行设计。当然,有一些特殊部位的构件也可能产生复合受力或者双向受力的情况。例如,外墙墙骨柱在承受竖向荷载的同时,还可能受到水平向的风荷载作用,设计时应按照压弯构件进行设计,如图 1.2-5 (a) 所示;又如坡屋面的檩条,因为力在 x 向和 y 向都产生了分力,所以檩条的受力也可能是双向受弯,如图 1.2-5 (b) 所示。

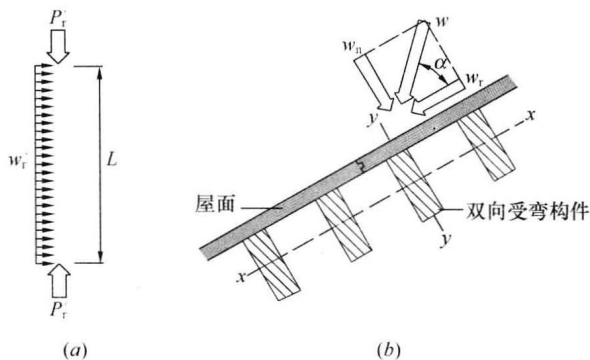


图 1.2-5 复合受力或者双向受力的构件

1.3 常用的建筑材料和产品

轻型木结构建筑常用的结构材料包括规格材、结构覆面板材和工程木材,以及各种连接件。

1.3.1 规格材

规格材是指按规定的标准尺寸加工而成的锯材,可以用来建造墙体骨柱、楼盖搁栅、屋盖椽条以及洞口过梁等不同的结构构件。根据材料分级方式的不同,一般有目测分级和机械分级两种方法。目测分级和机械分级的规格材应满足《木结构设计规范》GB 50005 中对材料的要求。

北美规格材常用的树种有花旗松-落叶松类,铁-冷杉类,云杉-松-冷杉类以及其他北美树种。

表 1.3-1 为北美常用目测分等规格材的尺寸以及对应的我国《木结构设计规范》GB 50005 中规格材的尺寸,表 1.3-2 为北美地区规格材与我国规范体系中规格材的对应关系,表 1.3-3、表 1.3-4 是目测分级和机械分级进口规格材强度设计值和弹性模量。

目测分级规格材尺寸对照表

表 1.3-1

GB 50005 名义尺寸	北美体系尺寸	GB 50005 名义尺寸	北美体系尺寸	GB 50005 名义尺寸	北美体系尺寸
截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)	截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)	截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)	截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)	截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)	截面尺寸 ($b \times h$) (mm×mm)
40×40	38×38	—	—	—	—
40×65	38×64	65×65	64×64	—	—
40×90	38×89	65×90	64×89	90×90	89×89
40×115	38×114	65×115	64×114	90×115	89×114
40×140	38×140	65×140	64×140	90×140	89×140
40×185	38×184	65×185	64×184	90×185	89×184
40×235	38×235	65×235	64×235	90×235	89×235
40×285	38×286	65×285	64×286	90×285	89×286

北美地区规格材与中国规格材对应关系

表 1.3-2

	中国规格材等级	北美规格材等级
目测分级	I _c	Select structural
	II _c	No. 1
	III _c	No. 2
	IV _c	No. 3
	V _c	Stud
	VI _c	Construction
	VII _c	Standard
机械分级	M14	1200f—1.2E
	M18	1450f—1.3E
	M22	1650f—1.5E
	M26	1800f—1.6E
	M30	2100f—1.8E
	M35	2400f—2.0E
	M40	2850f—2.3E

注：1. 对于北美机械分级规格材，横纹承压和顺纹抗剪的强度设计值为表 1.3-3 中相应目测分级规格材的强度设计值；

2. 对于那些经过认证审核并且在生产过程中有常规足尺测试的特征强度值，其强度设计值可按有关程序由测试特征强度值（而不是强度相关关系）确定。

目测分级进口规格材强度设计值和弹性模量

表 1.3-3

名称	等级	截面最大尺寸 (mm)	设计值 (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 $f_{c, 90}$	弹性 模量 E
花旗松- 落叶松类 (南部)	I _c	285	16	18	11	1.9	7.3	13000
	II _c		11	16	7.2	1.9	7.3	12000
	III _c		9.7	15	6.2	1.9	7.3	11000
	IV _c 、V _c		5.6	8.3	3.5	1.9	7.3	10000
	VI _c	90	11	18	7.0	1.9	7.3	10000
	VII _c		6.2	15	4.0	1.9	7.3	10000
花旗松- 落叶松类 (北部)	I _c	285	15	20	8.8	1.9	7.3	13000
	II _c		9.1	15	5.4	1.9	7.3	11000
	III _c		9.1	15	5.4	1.9	7.3	11000
	IV _c 、V _c		5.1	8.8	3.2	1.9	7.3	10000
	VI _c	90	10	19	6.2	1.9	7.3	10000
	VII _c		5.6	16	3.5	1.9	7.3	10000
铁-冷杉 (南部)	I _c	285	15	16	9.9	1.6	4.7	11000
	II _c		11	15	6.7	1.6	4.7	10000
	III _c		9.1	14	5.6	1.6	4.7	9000
	IV _c 、V _c		5.4	7.8	3.2	1.6	4.7	8000
	VI _c	90	11	17	6.4	1.6	4.7	9000
	VII _c		5.9	14	3.5	1.6	4.7	8000
铁-冷杉 (北部)	I _c	285	14	18	8.3	1.6	4.7	12000
	II _c		11	16	6.2	1.6	4.7	11000
	III _c		11	16	6.2	1.6	4.7	11000
	IV _c 、V _c		6.2	9.1	3.5	1.6	4.7	10000
	VI _c	90	12	19	7.0	1.6	4.7	10000
	VII _c		7.0	16	3.8	1.6	4.7	10000
南方松	I _c	285	20	19	11	1.9	6.6	12000
	II _c		13	17	7.2	1.9	6.6	12000
	III _c		11	16	5.9	1.9	6.6	11000
	IV _c 、V _c		6.2	8.8	3.5	1.9	6.6	10000
	VI _c	90	12	19	6.7	1.9	6.6	10000
	VII _c		6.7	16	3.8	1.9	6.6	9000