

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 5080—2025

工程竹结构建筑技术规程

Technical code of practice for engineered bamboo structure building

2025-02-28 发布

2025-09-01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅
中国标准出版社

发 布
出 版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语、定义和符号.....1

 3.1 术语和定义2

 3.2 符号2

4 基本规定4

 4.1 设计4

 4.2 施工5

 4.3 验收5

5 材料6

 5.1 工程竹材6

 5.2 钢材与金属连接件7

6 设计7

 6.1 设计原则7

 6.2 设计指标和允许值9

 6.3 构件设计.....12

 6.4 连接设计.....16

 6.5 结构体系.....21

 6.6 桁架设计.....27

 6.7 防火设计.....28

7 防护.....31

 7.1 防水防潮.....31

 7.2 防腐处理.....32

 7.3 检查和维护.....32

8 制作与安装.....33

 8.1 构件制作.....33

 8.2 构件连接施工.....33

 8.3 构件安装.....33

9 验收.....34

 9.1 制作与安装验收.....34

 9.2 防护验收.....36

 9.3 子分部工程验收.....38

附录 A(规范性) 构件中紧固件数量的确定与常用紧固件的群栓组合系数39

附录B(规范性) 工程竹结构制作安装允许误差42

附录C(资料性) 受弯工程竹构件力学性能检验方法43

附录D(资料性) 竹材含水率检验方法46

附录E(资料性) 竹集成材和竹重组材的强度与弹性模量47

参考文献49

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：南京林业大学、江苏省住房和城乡建设厅住宅与房地产业促进中心、启迪设计集团股份有限公司无锡分公司、赣州森泰竹木有限公司、东南大学、南京林业大学工程规划设计院有限公司。

本文件主要起草人：李海涛、姚松、胡云辉、苏靖文、熊振华、张梁、吕清芳、单波、周文静、杨栋、杨挺、余红梅、袁从淦、周春贵。

工程竹结构建筑技术规程

1 范围

本文件规定了工程竹结构建筑的材料、设计、防护、制作与安装、验收。
本文件适用于采用竹集成材与竹重组材为主要受力构件的建筑工程的设计、施工和验收。
工程竹结构建筑的设计、施工和验收,除应符合本文件的规定外,尚需符合有关国家标准与江苏省有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 228 金属材料室温拉伸试验方法
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1931 木材含水率测定方法
- GB/T 2975 钢材力学及工艺性能试验取样规定
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5782 六角头螺栓
- GB 6397 金属拉伸试验试样
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB/T 5780 六角头螺栓 C 级
- GB/T 41324 耐火耐候结构钢
- 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 50057 建筑防雷设计规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- GB 50206 木结构工程施工质量验收规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- HJ 2541 环境标志产品技术要求 胶黏剂
- LY/T 1635 木材防腐剂
- YB/T 5002 一般用途圆钢钉

3 术语、定义和符号

下列术语、定义和符号适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

工程竹结构 **engineered bamboo structure**

采用工程竹材作为主要承重构件的结构。

3.1.2

工程竹材 **engineered bamboo**

按工程结构对强度、变形及耐久性的要求,将原竹加工成竹篾、竹条、竹束片等单元形式,采用物理、化学等手段,经切削、干燥、胶合等工艺处理后制成的型材。

注:本文件所采用的工程竹材包括竹集成材和竹重组材。

3.1.3

竹集成材 **laminated bamboo lumber; LBL**

由定宽、定厚的规则精刨竹条经组坯、胶合压制而成的型材。

3.1.4

竹重组材 **parallel bamboo strand lumber (PBSL) or bamboo scrimber**

以竹篾、竹束或竹束片为构成单元,按顺纹组坯,采用模具经胶合压制而成的型材,又名重组竹。

3.1.5

竹束片 **bamboo bundle sheet**

具有一定规格幅面的片状竹束材料。

注:又名纤维化竹单板。

3.1.6

竹束 **bamboo bundle**

竹片、竹条、竹篾等竹材加工单元,经辊压疏解等加工制得的相互交联并基本保持纤维原排序方式的疏松束状单元。

3.1.7

竹蔑 **bamboo sliver**

竹片经纵向剖分而成的较薄单元。

3.1.8

竹条 **bamboo strip**

竹片经机械加工形成具有一定规格尺寸、横断面基本为矩形的长条状片材。

3.1.9

竹片 **bamboo split**

竹筒经纵向剖分,带有竹青和竹黄的窄长片材。

3.2 符号

3.2.1 材料力学性能

E ——抗弯弹性模量设计值

$f_{c,0,k} \sqrt{f_{c,0}}$ ——工程竹材顺纹抗压强度标准值、设计值

$f_{c,90,k} \sqrt{f_{c,90}}$ ——工程竹材横纹承压强度标准值、设计值

$f_{c,\theta}$ ——工程竹材斜纹承压强度设计值

f_{cE} ——工程竹材受压构件抗压临界屈曲强度设计值

$f_{cEx} \sqrt{f_{cEy}}$ ——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的受压临界屈曲强度设计值

$f_{m,k} \setminus f_m$	——工程竹材抗弯强度标准值、设计值
f'_m	——不考虑高度或体积调整系数的工程竹材抗弯强度设计值
f_{mE}	——工程竹材抗弯临界屈曲强度设计值；
$f_{mx} \setminus f_{my}$	——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的抗弯强度设计值
$f_{t,k} \setminus f_t$	——工程竹材顺纹抗拉强度标准值、设计值
$f_{v,k} \setminus f_v$	——工程竹材顺纹抗剪强度标准值、设计值
$f_{e,0}$	——工程竹构件的顺纹销槽承压强度设计值
$f_{e,90}$	——工程竹构件的横纹销槽承压强度设计值
$f_{e,\theta}$	——作用在构件上的荷载与工程竹材顺纹方向呈夹角 θ 时的销槽承压强度设计值
$f_{em} \setminus f_{es}$	——主、次构件销槽承压强度标准值
f_{yb}	——销轴类紧固件抗弯强度标准值
G_k	——楼屋面永久荷载标准值
Q_k	——楼屋面可变荷载标准值
ω	——构件按荷载效应的标准组合计算的挠度
$[\omega]$	——受弯构件的挠度限值

3.2.2 作用和作用效应

g, q	——上弦的均布恒载、活载或雪载设计值
I	——受弯构件的全截面惯性矩
M	——弯矩设计值
M_x, M_y	——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的弯矩设计值
N	——构件轴向力设计值
R_d	——构件抗力设计值
R_s	——构件截面抗震承载力设计值
S_d	——荷载组合的效应设计值
S	——地震作用效应与其他作用效应的基本组合
S_i	——剪切面以上的截面面积对中和轴的面积矩
V	——剪力设计值
Z	——单个剪面承载力设计参考值

3.2.3 几何参数

A_n	——构件净截面面积
A_0	——构件截面的计算面积
b	——受弯构件截面宽度
b_0	——构件矩形截面边长
d	——紧固件的直径
e_1	——紧固件的最小端距
e_2	——紧固件的最小边距
h	——受弯构件截面高度
h_e	——次梁的高度
h_h, l_h	——桁架中央高度、桁架跨度
l	——受弯构件的计算跨度

l_e	——受弯构件计算长度
l_j	——紧固件的长度
$l_m、l_s$	——紧固件在主构件中、在侧面构件中的贯入深度
$l_{me}、l_{se}$	——主、次构件销槽承压面长度
l_0	——构件计算长度
$l_{0x}、l_{0y}$	——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的计算长度
l_u	——受弯构件两个支撑点之间的实际距离
L	——受弯工程竹构件的跨度
r	——紧固件的最小行距
s	——紧固件的最小间距
W_n	——受弯构件的净截面抵抗矩
$W_{nx}、W_{ny}$	——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的净截面抵抗矩
λ	——受弯构件的长细比
λ_y	——轴心压杆在垂直于弯矩作用平面 $y-y$ 方向的长细比
θ	——荷载与工程竹材顺纹方向的夹角

3.2.4 系数及其他

c_e	——考虑非弹性、非匀质材料和构件的初始偏心的非线性系数
C	——根据结构构件正常使用要求规定的变形限值
C_m	——含水率调整系数
C_n	——设计使用年限调整系数
C_t	——温度调整系数
G	——主构件材料的全干比重
k_d	——强度设计值应乘以调整系数
k_l	——轴心受压构件长度计算系数
k_g	——群栓组合系数
R_{dj}	——销槽承压破坏形式折减系数
x	——荷载作用点距支座边的距离
ρ	——可变荷载标准值与永久荷载标准值的比率
γ_{RE}	——承载力抗震调整系数
γ_0	——结构重要性系数
φ_1	——受弯构件的稳定系数
φ_{PBSL}	——竹重组材轴心受压稳定系数
φ_{LBL}	——竹集成材轴心受压稳定系数
φ_y	——轴心压杆在垂直于弯矩作用平面 $y-y$ 方向按长细比 λ_y 确定的轴心压杆稳定系数

4 基本规定

4.1 设计

4.1.1 结构的设计、施工和防护应使结构在规定的设计工作年限内以规定的可靠度满足规定的各项功能要求。

4.1.2 在设计工作年限内,工程竹结构性能应符合下列规定:

- a) 能够承受在正常施工和正常使用过程中可能出现的各种作用；
 - b) 能够满足结构和结构构件的预定使用要求；
 - c) 材料的耐久性应具有抵抗自身和自然环境双重因素长期破坏作用的能力；
 - d) 当发生火灾时,结构应在规定的时间内保持足够的承载力和整体稳固性；
 - e) 当发生可能遭遇的爆炸、撞击、罕遇地震、人为错误等偶然事件时,结构应保持整体稳固性。
- 4.1.3 在设计工作年限内,工程竹结构的维护应符合下列规定：
- a) 未经技术鉴定或设计许可,不应改变设计规定的功能和使用条件；
 - b) 对可能影响主体结构安全性和耐久性的事项,应建立定期检测、维护制度；
 - c) 按设计规定必须更换的构件、节点、支座、锚具、部件等应及时进行更换；
 - d) 构件表面的防护层,应按规定进行维护或更换；
 - e) 结构及构件、节点及支座等出现可见的变形和耐久性缺陷时,应及时进行修复加固；
 - f) 遇设防地震及以上地震灾害、火灾后,应对整体结构进行鉴定,并按鉴定意见进行处理后方可继续使用。
- 4.1.4 工程竹结构工程的设计、施工、监理、检测、监督等工作应统一计量标准；工程竹结构施工时,应对各施工工序阶段的结构承载力和稳定性进行验算。
- ## 4.2 施工
- 4.2.1 工程竹结构施工单位应具备相应的资质、健全的质量管理体系、质量检验制度和综合质量水平考核制度。
- 4.2.2 工程竹结构工程施工分部工程应划分为制作安装和防护分项工程。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,应以工程竹结构制作与安装施工企业为主承包企业,并应负责分部工程的施工安排和质量管理。
- 4.2.3 工程竹结构工程应按设计文件(含施工图、设计变更文字说明等)施工,并应达到GB 50300各项质量标准的规定。设计文件应由有资质的设计单位出具和通过当地施工图审查部门审查。
- 4.2.4 未实行监理的建筑工程,建设单位相关人员应履行本文件涉及的监理职责。
- ## 4.3 验收
- 4.3.1 建筑工程的施工质量控制应符合下列规定。
- a) 建筑工程采用的主要工程竹材、半成品、成品、建筑构配件、器具和设备应进行进场检验。凡涉及安全、节能、环境保护和主要使用功能的重要材料、产品,应按各专业工程施工规范、验收规范和设计文件等规定进行复验,并应经监理工程师检查认可。
 - b) 各施工工序应按施工技术标准进行质量控制,每道施工工序完成后,经施工单位自检符合规定后,才能进行下道工序施工。各专业工种之间的相关工序应进行交接检验,并应记录。
 - c) 对于监理单位提出检查要求的重要工序,应经监理工程师检查认可,才能进行下道工序施工。
- 4.3.2 符合下列条件之一时,可按相关专业验收规范的规定适当调整抽样复验、试验数量,调整后的抽样复验、试验方案应由施工单位编制,并报监理单位审核确认。
- a) 同一项目中由相同施工单位施工的多个单位工程,使用同一生产厂家的同品种、同规格、同批次的材料、构配件及设备。
 - b) 同一施工单位在现场加工的成品、半成品及构配件用于同一项目中的多个单位工程。
 - c) 在同一项目中,针对同一抽样对象已有检验成果可以重复利用。
- 4.3.3 当专业验收规范对工程中的验收项目未作出相应规定时,应由建设单位组织监理、设计、施工等相关单位制定专项验收要求。涉及安全、节能、环境保护等项目的专项验收要求应由建设单位组织专家

论证。

4.3.4 建筑工程施工质量应按下列要求进行验收：

- a) 工程质量验收均应在施工单位自检合格的基础上进行；
- b) 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；
- c) 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收；
- d) 对涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的试块、试件及材料,应在进场时或施工中按规定进行见证检验；
- e) 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收,并应形成验收文件,验收合格后方可继续施工；
- f) 对涉及结构安全、节能、环境保护和使用功能的重要分部工程,应在验收前按规定进行抽样检验；
- g) 工程的观感质量应由验收人员现场检查,并应共同确认。

4.3.5 建筑工程施工质量验收合格应符合下列规定：

- a) 符合工程勘察、设计文件的要求；
- b) 符合本文件和相关专业验收规范的规定。

4.3.6 检验批的质量检验,可根据检验项目的特点在下列抽样方案中选取：

- a) 计量、计数或计量—计数的抽样方案；
- b) 一次、二次或多次抽样方案；
- c) 对重要的检验项目,当有简易快速的检验方法时,选用全数检验方案；
- d) 根据生产连续性和生产控制稳定性情况,采用调整型抽样方案；
- e) 经实践证明有效的抽样方案。

5 材料

5.1 工程竹材

5.1.1 结构用工程竹材应胶结良好,满足强度和耐久性要求,并满足工程设计的其他规定。

5.1.2 竹材应经防虫害处理,无腐朽等缺陷。

5.1.3 制作竹集成材和竹重组材的原材料竹龄宜为4~6年。

5.1.4 工程竹材规格尺寸偏差应符合表1的规定。

表1 工程竹材规格尺寸偏差要求

项目		偏差
长度/mm	≤2 000	±1
	>2 000	±3
宽度/mm	≤200	±0.5
	>200	±1
厚度/mm	≤20	±0.5
	>20	±1

5.1.5 工程竹构件制作用胶必须满足结合部位的强度和耐久性的要求,应保证其胶合强度不低于工程竹材顺纹抗剪和横纹抗拉的强度。胶黏剂的防水性和耐久性应满足结构的使用条件 and 设计使用年限的要求,并应符合环境保护的要求。

5.1.6 结构用胶黏剂应根据工程竹结构的使用环境(包括气候、含水率、温度)、工程竹材种类、防水和防腐要求、生产制造方法等条件选择使用。

5.1.7 胶黏剂的防水性能和耐久性能应满足结构的使用条件 and 设计工作年限的要求， 并应符合 HJ 2541 的规定。

5.1.8 工程竹构件的制作应符合下列规定：

- a) 制作竹集成材构件时,单根竹条的长度应大于 2 000 mm,竹集成材相邻层间接头的间距不应小于 10 倍竹条宽度或 200 mm,如图 1;
- b) 竹重组材构件在同一跨或同一层内沿长度方向应一次压制成型。

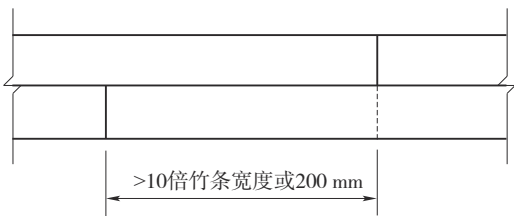


图1 竹集成材构件中竹条和层板纵向接长示意图

5.2 钢材与金属连接件

5.2.1 工程竹结构中使用的钢材宜采用 Q235 钢、Q355 钢、Q390 钢和 Q420 钢， 其质量应分别符合 GB/T 700 和 GB/T 1591 的规定。当采用其他型号的钢材时,应符合有关标准的规定。

5.2.2 钢材质量等级的选用应符合下列规定。

- a) A 级钢仅可用于结构工作温度高于 0℃的不需要验算疲劳的结构,且 Q235A 钢不宜用于焊接结构。
- b) 需验算疲劳的焊接结构用钢材应符合下列规定:当工作温度高于 0℃时其质量等级不应低于 B 级;当工作温度不高于 0℃但高于 -20℃时,Q235、Q345 钢不应低于 C 级,Q390、Q420 钢不应低于 D 级;当工作温度不高于 -20℃时,Q235 钢和 Q345 钢不应低于 D 级,Q390 钢、Q420 钢应选用 E 级。
- c) 需验算疲劳的非焊接结构,其钢材质量等级要求可较上述焊接结构降低一级但不应低于 B 级。

5.2.3 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。

5.2.4 金属连接件及螺钉等应进行防腐蚀处理或采用不锈钢产品。与防腐工程竹材直接接触的金属连接件及螺钉等应避免防腐剂引起的腐蚀。

5.2.5 对处于外露环境,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的承重钢构件,宜采用耐候钢,并应符合 GB/T 41324 的规定。

5.2.6 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,以及国家相关标准的规定。

5.2.7 钢-竹混合结构中使用的钢材,应符合 GB 50017 和 GB 50011 中对钢材的有关规定。

6 设计

6.1 设计原则

6.1.1 本文件采用以概率理论为基础的极限状态设计法。

- 6.1.2 工程竹结构在规定的設計工作年限內應具有足夠的可靠度。本文件所採用的設計基準期為50年。
- 6.1.3 工程竹結構的設計工作年限應按表2採用。

表2 設計工作年限

類別	設計工作年限	示例
1	5年	臨時性建築結構
2	25年	易于替換的結構構件
3	50年	普通房屋和一般構造物

- 6.1.4 根據建築結構破壞後果的嚴重程度,建築結構劃分為三個安全等級。設計時應根據具體情況,按表3規定選用相應的安全等級。

表3 建築結構的安全等級

安全等級	破壞後果	建築物類型
一級	很嚴重	重要的建築物
二級	嚴重	一般的建築物
三級	不嚴重	次要的建築物
注:對有特殊要求的建築物,其安全等級根據具體情況另行確定。		

- 6.1.5 建築物中結構主要構件的安全等級,應與整個結構的安全等級相同。對其中部分次要構件的安全等級,可根據其重要程度適當調整,但不應低於三級。
- 6.1.6 當確定承重結構用材的強度設計值時,應計入荷載持續作用時間對工程竹材強度的影響。
- 6.1.7 對於承載能力極限狀態,結構構件應按荷載效應的基本組合,採用下列極限狀態設計表達式:

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

式中:

γ_0 ——結構重要性系數;

S_d ——荷載組合的效應設計值,按GB 50009進行計算;

R_d ——構件抗力的設計值。

- 6.1.8 結構重要性系數可按下列規定採用:
- a) 安全等級為二級或設計工作年限為50年的結構構件,不應小於1.0;
- b) 安全等級為三級或設計工作年限為25年的結構構件,不應小於0.95。

- 6.1.9 對正常使用極限狀態,結構構件應按荷載效應的標準組合,採用下列極限狀態設計表達式:
- $$S_d \leq C \dots\dots\dots (2)$$

式中:

C ——根據結構構件正常使用要求規定的變形限值。

- 6.1.10 結構中的鋼構件設計,應遵守GB 50017的規定。
- 結構構件的截面抗震驗算應採用下列設計表達式:
- $$S \leq R_s / \gamma_{RE} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

S ——地震作用效應與其他作用效應的基本組合,按GB 50011進行計算;

R_s —— 构件截面抗震承载力设计值；
 γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数。

6.1.11 工程竹结构进行结构抗震验算时,承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应符合表4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} 均应取1.0。

表4 承载力抗震调整系数 γ_{RE}

构件名称	γ_{RE}
柱和梁	0.80
各类构件(偏拉、受剪)	0.85
剪力墙	0.85
连接件	0.90

- 6.1.12 风荷载和多遇地震作用时,结构的水平层间位移不宜超过结构层高的1/250。
- 6.1.13 结构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,但对较长的墙体宜乘以1.05~1.10的放大系数。
- 6.1.14 工程竹结构应采取可靠措施,防止工程竹构件腐朽或被虫蛀,应确保达到设计工作年限。
- 6.1.15 工程竹结构体系的选用,应结合环境条件、材料供应等因素综合确定,应做到节省材料、方便施工、降低能耗与保护环境。结构设计应符合下列规定：
- a) 传力路径应明确、合理,竖向构件宜连续贯通；
 - b) 结构应具有足够的冗余度,在结构和连接的薄弱部位应具有加强结构整体性的技术措施,应避免因部分结构或构件破坏导致整体结构丧失承载能力；
 - c) 内外维护结构宜采用轻质材料；
 - d) 有抗震设防要求时,应具有良好的抗震能力。

6.2 设计指标和允许值

6.2.1 工程竹材(竹集成材、竹重组材)的力学设计指标可通过试验测定。竹集成材的强度设计值和弹性模量应按表5的规定取值;竹重组材的强度设计值和弹性模量应按表6的规定取值;竹集成材与竹重组材的强度标准值见附录E。

表5 竹集成材的强度设计值和弹性模量

单位为牛每平方米

强度等级	强度设计值					弹性模量 E
	抗弯 f_m	顺纹抗压 $f_{c,0}$	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	
B _L 40	18.8	13.9	15.4	2.9	5.0	6 000
B _L 50	23.5	17.4	19.2	2.9	5.0	6 200
B _L 60	28.2	20.8	23.1	3.3	6.0	6 600
B _L 70	32.9	24.3	26.9	3.8	6.4	7 200
B _L 80	37.6	27.8	30.8	3.8	7.4	7 600
B _L 90	42.3	31.2	34.6	4.3	7.9	8 200
B _L 100	47.0	34.7	38.5	4.8	8.4	9 200
B _L 110	51.7	38.2	42.8	4.8	8.9	10 000

表6 竹重组材的强度设计值和弹性模量

单位为牛每平方米

强度等级	强度设计值					弹性模量 E
	抗弯 f_m	顺纹抗压 $f_{c,0}$	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$	
B _p 40	18.8	15.9	16.2	3.8	8.9	6 200
B _p 50	23.5	19.8	20.5	3.8	8.9	6 600
B _p 60	28.2	23.8	23.9	4.3	9.9	6 800
B _p 70	32.9	27.8	28.2	4.3	9.9	7 800
B _p 80	37.6	31.7	32.1	4.8	10.9	8 600
B _p 90	42.3	35.7	36.3	4.8	12.9	9 600
B _p 100	47.0	39.7	41.0	5.7	13.9	11 200
B _p 110	51.7	43.6	43.6	6.2	15.9	12 600
B _p 120	56.4	47.6	46.6	6.7	17.4	14 000

6.2.2 在不同的使用条件下,工程竹材强度设计值和弹性模量尚应乘以表7规定的调整系数。对于不同的设计工作年限,工程竹材强度设计值和弹性模量还应乘以表8规定的调整系数。

表7 不同使用条件下工程竹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,竹材表面温度达40℃~50℃	0.8	0.8
按恒荷载验算时	0.8	0.8
用于竹构筑物时	0.9	1.0
施工和维修时的短暂情况	1.2	1.0
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。 使用中工程竹材构件含水率大于15%时,横纹承压强度设计值应再乘以0.8的调整系数。 当若干条件同时出现时,表列各系数应连乘。 当采用工程竹材制作工程竹构件时,工程竹构件的强度设计值按整体截面设计。当荷载作用方向与工程竹构件宽度方向垂直时,抗弯强度设计值应乘以表9规定的修正系数。工字形和T形截面的构件,其抗弯强度设计值除按表9乘以修正系数外,尚应乘以截面形状修正系数0.9。		

表8 不同工作年限时工程竹材强度设计值和弹性模量的调整系数

设计工作年限	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

表9 工程竹构件抗弯强度设计值修正系数

宽度/mm	截面高度 h /mm						
	<150	150~500	600	700	800	1 000	$\geq 1\,200$
$b<150$	1.00	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
$b\geq 150$	1.00	1.15	1.05	1.00	0.90	0.85	0.80
注：当截面宽度与表中尺寸不同时,可按插值法确定修正系数。							

6.2.3 工程竹材斜纹承压强度应按以下计算：

$$f_{c,\theta} = \frac{f_{c,0} f_{c,90}}{f_{c,0} \sin^2 \theta + f_{c,90} \cos^2 \theta} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 $f_{c,\theta}$ ——工程竹材斜纹承压强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm²)；
 $f_{c,0}$ ——工程竹材顺纹抗压强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm²)；
 $f_{c,90}$ ——工程竹材横纹承压强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm²)；
 θ ——荷载与工程竹材顺纹方向的夹角(0°~90°)。

6.2.4 工程竹材的强度设计值除应符合 6.2.1 规定外,尚应按下列规定予以调整：

a) 当楼屋面可变荷载标准值与永久荷载标准值的比率 ρ 小于 1.0 时,强度设计值应乘以调整系数 k_d 。调整系数 k_d 应按下列公式计算,且不应大于 1.0；

$$k_d = 0.83 + 0.17\rho \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho = Q_k / G_k \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 Q_k ——楼屋面可变荷载标准值,单位为千牛每平方米(kN/m²)；
 G_k ——楼屋面永久荷载标准值,单位为千牛每平方米(kN/m²)。
b) 当有雪荷载、风荷载作用时,应乘以表 10 规定的调整系数。

表10 工程竹构件强度设计值修正系数

使用条件	风、雪荷载调整系数
雪荷载作用时	0.83
风荷载作用时	0.91

6.2.5 在计算构件承载力时,应验算净截面面积。在任何情况下,因钻孔、开槽、切口或其他方式造成的材料面积削减后的净截面不应小于总截面的 75%。

6.2.6 受弯构件的挠度,应满足表 11 的挠度限值。

表11 受弯构件挠度限值

项次	构件类别		挠度限值[ω]
1	檩条	$l \leq 3.3\text{ m}$	$l/200$
		$l > 3.3\text{ m}$	$l/250$
2	椽条		$l/150$

表 11 受弯构件挠度限值（续）

项次	构件类别		挠度限值[ω]	
3	吊顶中的受弯构件		$l/250$	
4	楼面梁和搁栅		$l/250$	
5	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	$l/240$
6	墙骨柱	墙面为刚性贴面	$l/360$	
		墙面为柔性贴面	$l/250$	
注： l 为受弯构件的计算跨度。				

6.3 构件设计

6.3.1 受弯构件设计时,简支梁、连续梁和悬臂梁的计算跨度应为梁的净跨加上两端支座各一半的支承长度。

6.3.2 计算构件承载力时,净截面面积 A_n 的计算应符合下列规定:

- 净面积等于全截面面积减去由钻孔、削槽或其他因素削弱的面积;
- 当荷载沿顺纹方向作用时,对于交错布置的销类紧固件(如螺栓、栓钉等),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。

6.3.3 受弯构件的抗弯承载力应按下式计算:

$$M/W_n \leq f_m \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

M ——受弯构件弯矩设计值,单位为牛毫米($N \cdot mm$);

W_n ——受弯构件的净截面抵抗矩,单位为立方毫米(mm^3);

f_m ——工程竹材抗弯强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。

6.3.4 受弯构件的稳定系数 φ_1 按下列公式计算:

$$\varphi_1 = \frac{1 + \left(\frac{f_{mE}}{f'_m} \right)}{1.9} - \sqrt{\left[\frac{1 + \left(\frac{f_{mE}}{f'_m} \right)}{1.9} \right]^2 - \frac{\left(\frac{f_{mE}}{f'_m} \right)}{0.95}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$f_{mE} = 1.2E/\lambda^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\lambda = \sqrt{l_e h/b^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

φ_1 ——受弯构件计算长度,按表12采用;

f_{mE} ——受弯构件抗弯临界屈曲强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2);

f'_m ——不考虑高度或体积调整系数的工程竹材抗弯强度设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2);

E ——抗弯弹性模量设计值,单位为牛每平方米(N/mm^2);

λ ——受弯构件的长细比,不应大于50;

h ——受弯构件的截面高度,单位为毫米(mm);

b ——受弯构件的截面宽度,单位为毫米(mm)。

表 12 受弯构件的计算长度

作用的荷载		当 $l_u/h<7$ 时	当 $l_u/h\geq 7$ 时
悬臂梁	均布荷载	$l_e=1.33l_u$	$l_e=0.90l_u+3h$
	自由端作用集中荷载	$l_e=1.87l_u$	$l_e=1.44l_u+3h$
单跨梁	均布荷载	$l_e=2.06l_u$	$l_e=1.6l_u+3h$
	跨中作用集中荷载,跨中无侧向支撑	$l_e=1.80l_u$	$l_e=1.37l_u+3h$
	跨中作用集中荷载,跨中有侧向支撑	$l_e=1.11l_u$	
	两个相等集中荷载,各自作用在 1/3 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.68l_u$	
	三个相等集中荷载,各自作用在 1/4 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.54l_u$	
	四个相等集中荷载,各自作用在 1/5 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.68l_u$	
	五个相等集中荷载,各自作用在 1/6 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.73l_u$	
	六个相等集中荷载,各自作用在 1/7 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.78l_u$	
	七个相等集中荷载,各自作用在 1/8 跨处,且作用处均有侧向支撑	$l_e=1.84l_u$	
	支座两端作用相等纯弯矩	$l_e=1.84l_u$	
注 1: l_u 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_u 为支座之间的距离。当受弯构件在构件中部以及支座处有侧向支撑时, l_u 为中间支撑与端支座之间的距离。			
注 2: h 为构件截面高度。			
注 3: 对于单跨或悬臂构件,当荷载条件不符合表中规定时,构件计算长度按以下规定确定:当 $l_u/h<7$ 时, $l_e=2.06l_u$;当 $7\leq l_u/h\leq 14.3$ 时, $l_e=1.63l_u+3h$;当 $l_u/h\geq 14.3$ 时, $l_e=1.84l_u$ 。			
注 4: 多跨连续梁的计算,可根据表中的值或计算分析得到。			

6.3.5 受弯构件的顺纹抗剪承载力,应按式(11)计算:

$$\frac{VS_t}{Ib} \leq f_v \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- V ——受弯构件剪力设计值,单位为牛(N);
- S_t ——剪切面以上的截面面积对中和轴的面积矩,单位为立方毫米(mm³);
- I ——受弯构件的全截面惯性矩,单位为毫米(mm⁴);
- f_v ——工程竹材顺纹抗剪强度设计值,单位为牛每平方毫米(N/mm²)。

6.3.6 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:

- a) 均布荷载作用时,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;
- b) 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,如图 2。

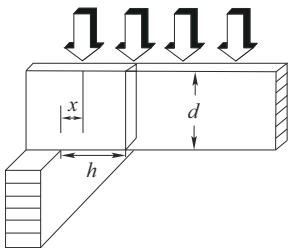


图 2 支座处剪力设计值计算示意图

6.3.7 受弯构件的挠度,应按下式验算:

$$\omega \leq [\omega] \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

ω ——构件按荷载效应的标准组合计算的挠度,单位为毫米(mm);

$[\omega]$ ——受弯构件的挠度限值,单位为毫米(mm),按表 11 采用。

6.3.8 双向受弯构件的受弯承载能力,应按下式验算:

$$\frac{M_x}{W_{nx} f_{mx}} + \frac{M_y}{W_{ny} f_{my}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (13)$$

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,单位为牛毫米(N·mm);

W_{nx}, W_{ny} ——构件截面沿 x 轴 y 轴的净截面抵抗矩,单位为立方毫米(mm³);

f_{mx}, f_{my} ——相对于构件截面 x 轴和 y 轴的抗弯强度设计值,单位为牛每平方毫米(N/mm²)。

6.3.9 轴心受拉构件的承载能力应按下式验算:

$$\frac{N}{A_n} \leq f_t \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

N ——轴心受力构件承载力设计值,单位为牛(N);

A_n ——净截面面积,单位为平方毫米(mm²);

f_t ——工程竹材顺纹抗拉强度设计值,单位为牛每平方毫米(N/mm²)。

6.3.10 轴心受压构件的承载能力应按下列要求进行验算:

a) 按强度验算:

$$\frac{N}{A_n} \leq f_{c,0} \quad \dots\dots\dots (15)$$

b) 按稳定验算:

竹集成材轴心受压构件:

$$\frac{N}{\varphi_{\text{LBL}} A_n} \leq f_{c,0} \quad \dots\dots\dots (16)$$

竹重组材轴心受压构件:

$$\frac{N}{\varphi_{\text{PBSL}} A_n} \leq f_{c,0} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$f_{c,0}$ ——工程竹材顺纹抗压强度设计值,单位为牛每平方毫米(N/mm²);

φ_{LBL} ——竹集成材构件轴心受压稳定系数,按 6.3.11 确定;

A_n ——构件截面的计算面积,单位为平方毫米(mm²);

φ_{PBSL} ——竹重组材构件轴心受压稳定系数,按 6.3.11 确定。

6.3.11 轴心受压构件稳定系数的取值按下列规定:

$$\varphi_{\text{LBL}} = 0.75 \left(\frac{1.4 + (f_{\text{cE}}/f_c)}{2c_e} - \sqrt{\left[\frac{1.4 + (f_{\text{cE}}/f_c)}{2c_e} \right]^2 - \frac{f_{\text{cE}}/f_c + 0.4}{c_e}} \right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\varphi_{\text{PBSL}} = 0.8 \left(\frac{1.45 + (f_{\text{cE}}/f_c)}{2c_e} - \sqrt{\left[\frac{1.45 + (f_{\text{cE}}/f_c)}{2c_e} \right]^2 - \frac{f_{\text{cE}}/f_c + 0.45}{c_e}} \right) \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$f_{\text{cE}} = \frac{0.822E}{(l_0/b_0)^2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$l_0=k_1l$$

.....(21)

式中：

c_e ——考虑非弹性、非匀质材料和构件的初始偏心的非线性系数,对结构用复合材料取 0.9；

l_0 ——轴心受压构件计算长度,单位为毫米(mm)；

b_0 ——轴心受压构件矩形截面边长,其他形状截面,可用 $i\sqrt{12}$ 代替(i 为回转半径)；

k_1 ——轴心受压构件长度计算系数,取值见表 13。

表 13 长度计算系数 k_1 的取值

失稳模式						
k_1	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、自由移动			自由转动、自由移动		

6.3.12 轴心受压构件的长细比 l_0/b 不应超过 50。施工期间,长细比不应超过 75。计算时,长细比应取 l_{01}/h 与 l_{02}/b 两者中的较大值(图 3)。

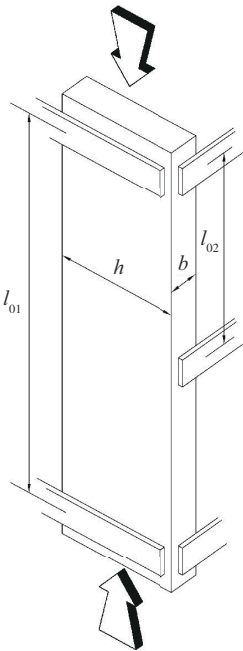


图 3 受压构件示意图

6.3.13 拉弯构件的承载能力应按下列公式验算：

$$\frac{N}{A_n f_t} + \frac{M_x}{W_{nx} f_m} + \frac{M_y}{W_{ny} f_m} \leq 1$$

.....(22)

6.3.14 压弯构件的承载能力验算应符合下列规定：

a) 强度验算：

$$\left(\frac{N}{A_n f_c}\right)^2 + \frac{M_x}{W_{nx} f_m} + \frac{M_y}{W_{ny} f_m} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (23)$$

b) 稳定验算：

竹集成材压弯构件：

$$\frac{N}{\varphi_{LBL} A_0 f_c} + \frac{M_x}{W_{nx} f_m} + \frac{M_y}{W_{ny} f_m} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (24)$$

竹重组材压弯构件：

$$\frac{N}{\varphi_{PBSL} A_0 f_c} + \frac{M_x}{W_{nx} f_m} + \frac{M_y}{W_{ny} f_m} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (25)$$

c) 稳定验算：当 λ 不大于0.3时，可不进行稳定验算。

6.3.15 压弯构件弯矩作用平面外的稳定性应按式(26)验算：

$$\frac{N}{\varphi_y A_0 f_c} + \left(\frac{M}{\varphi_1 W f_m}\right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots (26)$$

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 λ_y 确定的轴心压杆稳定系数，按式(23)确定。

6.4 连接设计

6.4.1 工程竹构件一般采用六角头螺栓、六角头螺钉等紧固件进行连接(图4)。当采用其他紧固件连接时参照GB 50005中的有关规定进行设计。紧固件的规格尺寸应符合国家相关的产品标准。

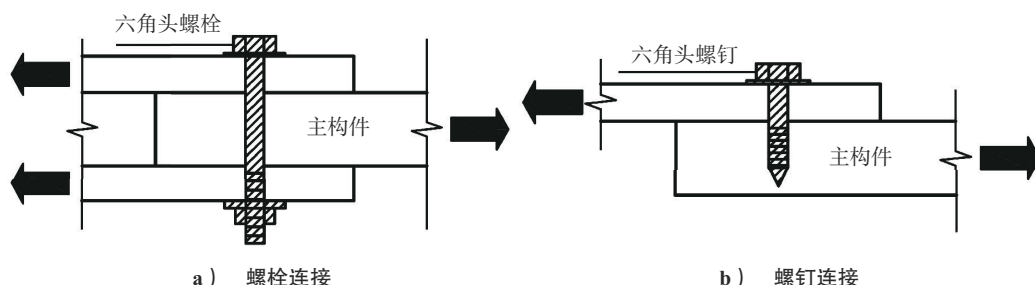


图4 工程竹构件的主要连接方式

6.4.2 当紧固件头部有螺帽时，螺帽与工程竹材表面之间应安装垫圈。当紧固件受拉时，垫圈的面积应按工程竹材表面局部承压强度值进行计算。采用钢垫圈时，垫圈的厚度不应小于直径(对于圆形垫圈)或长边(对于矩形垫圈)的1/10。

6.4.3 工程竹构件连接设计时，应避免因不同紧固件之间的偏心作用产生横纹受拉。同一连接中，应采用相同种类的紧固件。

6.4.4 紧固件连接设计应符合下列规定：

- a) 紧固件安装完成后，构件面与面之间应紧密接触；
- b) 连接中应考虑含水率变化可能产生的变形；
- c) 当采用六角头螺栓、六角头螺钉作为紧固件时，其直径不应小于6 mm。

6.4.5 连接中，当类型、尺寸以及屈服模式相同的紧固件的数量大于或等于两根时，总的连接承载力设计值为每一单个紧固件承载力设计值的总和。

- 6.4.6 工程竹构件的连接设计应符合下列原则：
- a) 传力简单明确；
 - b) 在同一连接计算中,不应考虑两种或两种以上不同种类或不同刚度连接的共同作用,不应同时采用直接传力和间接传力两种传力方式；
 - c) 连接宜对称布置；
 - d) 被连接的工程竹构件宜避免出现横纹受拉；
 - e) 工程竹构件连接采用的紧固件安装好后,工程竹构件应表面接触紧密,且允许工程竹构件产生适当的变形。
- 6.4.7 螺栓、六角头螺钉统称为销轴类紧固件。销轴类紧固件的端距、边距、间距和行距布置要求应符合表 14 的规定。

表 14 销轴类紧固件的端距、边距、间距和行距的最小值尺寸

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	$\geq 7d$	受力边	$\geq 4d$	
	非受力端	$\geq 4d$	非受力边	$\geq 1.5d$	
最小边距 e_2	当 $l/d \leq 6$	$\geq 1.5d$	$\geq 4d$		
	当 $l/d > 6$	取 $1.5d$ 与 $r/2$ 两者较大值			
最小间距 s	$\geq 4d$		横纹方向	中间各排	$\geq 3d$
				外侧一排	$\geq 1.5d$, 并 $\leq 125\text{ mm}$
最小行距 r	$\geq 2d$		当 $l/d \leq 2$		$\geq 2.5d$
			当 $2 < l/d < 6$		$\geq (5l + 10d)/8$
			当 $l/d \geq 6$		$\geq 5d$
几何位置示意图					
用于确定最小边距的 l/d 值 (l 为紧固件长度, d 为紧固件的直径), 应取下列两者中的较小值:					
a) 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 ;					
b) 紧固件在侧面构件中的总贯入深度 l_s 与直径 d 的比值 l_s/d 。					

- 6.4.8 交错布置的销轴类紧固件(图 5),应按以下规定确定紧固件的端距、边距、间距和行距布置要求。
- a) 对于顺纹方向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,则认为相邻行的紧固件位于同一截面。
 - b) 对于横纹方向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表 14 的规定。

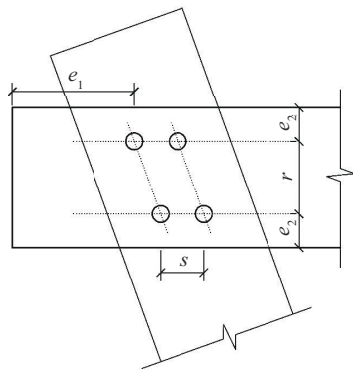


图5 紧固件交错布置几何位置示意图

6.4.9 当六角头螺钉承受轴向上拔荷载时,端距 e_1 、边距 e_2 、间距 s 以及行距 r 应满足表15的规定。

表15 六角头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	$\geq 4d$
边距 e_2	$\geq 1.5d$
行距 r 和间距 s	$\geq 4d$
注： d 为六角头螺钉的直径。	

6.4.10 对于采用单剪或对称双剪的销轴类紧固件的连接(图6),当满足下列要求时,承载力设计值可按6.2.11的规定计算:

- a) 构件连接面应紧密接触;
- b) 荷载作用方向与销轴类紧固件轴线方向垂直;
- c) 紧固件在构件上的边距、端距以及间距应符合表14的规定。

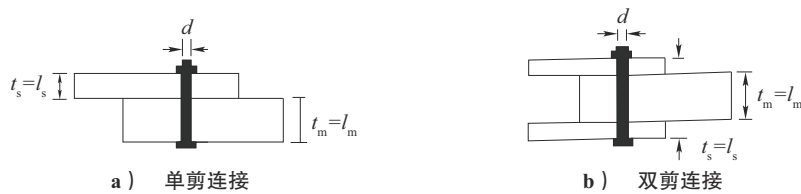


图6 销轴类紧固件的连接方式

6.4.11 对于采用单剪或对称双剪连接的销轴类紧固件,每一剪切面承载力设计值 Z_d 应按照下式进行计算:

$$Z_d=C_mC_nC_tk_gZ \dots\dots\dots (27)$$

式中:
 C_m ——含水率调整系数,应按表16中规定采用;
 C_n ——设计使用年限调整系数,应按表16中规定采用;
 C_t ——温度调整系数,应按表16中规定采用;
 k_g ——群栓组合系数,应按附录A中规定采用;
 Z ——承载力设计参考值,应按下述规定采用。

表 16 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	使用中构件含水率小于 15%	1.00
2	设计使用年限调整系数 C_n	5 年	1.10
		25 年	1.05
		50 年	1.00
3	温度调整系数 C_t	长期高温环境,构件表面温度达 40℃~50℃	0.80
		其他温度环境	1.00

每一剪切面承载力设计参考值 Z 应按下列 4 种破坏模式进行计算,并取各计算结果中的最小值作为销轴类紧固件连接的承载力设计值:

a) 销槽承压破坏:

单剪连接中的主构件为厚度较厚的构件;双剪连接中的主构件为中间构件。对于单剪连接或双剪连接时主构件销槽承压破坏应按下式计算:

$$Z = \frac{1.5dl_{me}f_{em}}{R_{dj}} \dots\dots\dots (28)$$

对于侧构件销槽承压破坏应按下式计算:

单剪连接时
$$Z = \frac{1.5dl_{se}f_{es}}{R_{dj}} \dots\dots\dots (29)$$

双剪连接时
$$Z = \frac{3dl_{se}f_{es}}{R_{dj}} \dots\dots\dots (30)$$

式中:

- d —— 紧固件直径,单位为毫米(mm);
- $l_{me}、l_{se}$ —— 主、次构件销槽承压面长度,单位为毫米(mm);
- $f_{em}、f_{es}$ —— 主、次构件销槽承压强度标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm²);
- R_{dj} —— 折减系数,按表 17 规定采用。

表 17 折减系数 R_{dj}

破坏模式	折减系数 R_{dj}
销槽承压破坏	$4K_\theta$
销槽局部挤压破坏	$3.6K_\theta$
单个或两个塑性铰破坏	$3.2K_\theta$

注:表中 $K_\theta=1+0.25(\theta/90^\circ)$, θ 为荷载与竹材顺纹方向的最大夹角($0^\circ\leq\theta\leq90^\circ$)。

b) 销槽局部挤压破坏应按下式计算:

$$Z = \frac{1.5k_1dl_{se}f_{es}}{R_d} \dots\dots\dots (31)$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2 + R_t^2R_e^3)} - R_e(1 + R_t)}{1 + R_e} \dots\dots\dots (32)$$

式中:

R_e —— f_{em}/f_{es} ; R_t
—— l_{me}/l_j , l_j 为紧固件长度。

c) 单个塑性铰破坏:

对于单剪连接时主构件单个塑性铰破坏应按下式计算:

$$Z = \frac{1.5k_2dl_{me}f_{em}}{(1+2R_e)R_{dj}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$k_2 = -1 + \sqrt{2(1+R_e) + \frac{2f_{yb}(1+2R_e)d^2}{3l_{me}^2f_{em}}} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

f_{yb} ——销轴类紧固件抗弯强度标准值,单位为牛每平方米(N/mm²),按6.4.13规定取值。

对于侧构件单个塑性铰破坏应按下式计算:

单剪连接时
$$Z = \frac{1.5k_3dl_{se}f_{em}}{(2+R_e)R_{dj}} \quad \dots\dots\dots (35)$$

双剪连接时
$$Z = \frac{3k_3dl_{se}f_{em}}{(2+R_e)R_{dj}} \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_t} + \frac{2f_{yb}(1+2R_e)d^2}{3l_{se}^2f_{em}}} \quad \dots\dots\dots (37)$$

d) 主侧构件两个塑性铰破坏应按下式计算:

单剪连接时
$$Z = \frac{1.5d^2}{R_d} \sqrt{\frac{2f_{em}f_{yb}}{3(1+R_e)}} \quad \dots\dots\dots (38)$$

双剪连接时
$$Z = \frac{3d^2}{R_d} \sqrt{\frac{2f_{em}f_{yb}}{3(1+R_e)}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

6.4.12 销槽承压强度标准值应按下列规定取值:

a) 销槽承压破坏:

$$f_{e,0} = 77G \quad \dots\dots\dots (40)$$

式中:

G ——主构件材料的全干比重。

b) 销轴类紧固件销槽横纹承压强度 $f_{e,90}$ (N/mm²):

$$f_{e,90} = \frac{212G^{1.45}}{\sqrt{d}} \quad \dots\dots\dots (41)$$

式中:

d ——销轴类紧固件直径,单位为毫米(mm)。

c) 当作用在构件上的荷载与工程竹材顺纹呈夹角 θ 时,销槽承压强度 $f_{e,\theta}$ 按下式确定:

$$f_{e,\theta} = \frac{f_{e,0}f_{e,90}}{f_{e,0}\sin^2\theta + f_{e,90}\cos^2\theta} \quad \dots\dots\dots (42)$$

d) 当销轴类紧固件插入主构件端部并且与主构件纵向平行时,主构件上的销槽承压强度取 $f_{e,90}$ 。

6.4.13 销轴类紧固件的抗弯强度标准值和销槽的承压长度应符合下列规定:

a) 销轴类紧固件抗弯强度标准值应取销轴屈服强度标准值的1.3倍;

b) 当销轴的贯入深度小于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。

6.4.14 互相不对称的三个构件连接时,剪面承载力设计参考值 Z 应按两个侧构件中销槽承压长度最小的侧构件计算,按对称连接计算得到的最小剪面承载力作为连接的剪面承载力设计参考值。

6.4.15 当四个或四个以上构件连接时,每一剪切面按单剪连接计算。连接的剪切面承载力设计参考

值等于所有剪切面的最小承载力乘以剪切面数量。

6.4.16 当单剪连接中的荷载与紧固件轴线呈一定角度时(除了 90° 外),荷载在垂直于紧固件轴线方向的分量不应超过紧固件剪切面承载力设计参考值。

6.5 结构体系

6.5.1 结构体系布置时,梁、柱中心线宜重合。当梁柱中心线不能重合时,在计算中应考虑偏心对梁柱节点核心区及梁、柱受力和构造的不利影响。

6.5.2 结构体系尚宜符合下列各项要求:

- a) 结构节点连接宜采用销轴类连接方式,紧固件间距、边距等应符合6.4.7的相关规定;
- b) 结构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构件,以满足整体结构抗侧力要求;
- c) 当节点按半刚性节点设计时,可根据6.4.11计算单个紧固件的抗剪承载力,并计算紧固件群对转动中心的弯矩值,以此作为该节点的抗弯承载力。柱底节点的抗弯承载力应不小于梁柱节点抗弯承载力的2倍;
- d) 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,仍应设置支撑以避免结构在罕遇地震下的整体倒塌。

6.5.3 梁柱-支撑结构,应符合下列规定:

- a) 采用支撑时,支撑中部不宜开槽或开洞。当支撑构件交汇而必须开槽或开洞时,宜采用钢支撑;
- b) X形支撑、人字支撑、单斜杆支撑的轴线宜交汇于梁柱构件轴线的交点。当出现偏离,偏心距不应超过支撑杆件截面宽度的一半,应计入由此产生的附加弯矩对梁、柱的不利影响;
- c) 当支撑采用螺栓连接节点时,支撑轴线宜通过螺栓群中心;
- d) 采用屈曲约束支撑时,宜采用人字支撑、成对布置的单斜杆支撑等形式,不应采用K形或X形,支撑与柱的夹角宜在 $35^\circ\sim 55^\circ$ 之间。屈曲约束支撑受压时,其设计参数、性能检验和作为消能部件的计算方法应按相关要求设计。

6.5.4 2层及2层以上的结构体系,应确保层间竖向传力可靠,宜采用柱连续方式。当建筑设计需要采用梁连续方式,应考虑下层梁横纹受压变形对上层柱底转动的影响,必要时需设置工字形钢连接件或楔子限制柱底的转动。

6.5.5 工程竹结构房屋的屋盖、楼盖设计也应符合GB 50005中的相关规定。当屋盖和楼盖作为结构的侧向支撑时,楼、屋盖应有足够的承载力和刚度以保证水平力的可靠传递。

6.5.6 结构体系在设计时宜考虑环境、温度、湿度变化等因素导致的构件的变形或者开裂。

6.5.7 梁截面宜保持完整。若开洞,应按开洞截面验算构件承载力和变形,且应符合下列要求:

- a) 在支座附近开洞,应采取措施加强截面抗剪承载力;
- b) 当跨中开洞时,洞口应当放置在中性轴附近,允许0.1倍梁高的偏差。洞口高度不应大于0.3倍梁高,长度不应大于3倍洞口高度,洞口与洞口的间距应不小于梁高。矩形孔应在角部做半径不小于25 mm的圆角;
- c) 上部剪力以及下部剪力可按抗剪刚度分配到洞口的上部 and 下部。对于洞口长度大于2倍洞口高度的矩形洞口梁,应考虑剪力产生的弯矩影响;
- d) 洞口应进行处理,防止较大的湿度变化,减少开裂的风险。当洞有发热管道通过时,需进行隔热处理;

6.5.8 平面布置规则、受力路径明确的梁柱-支撑结构可按正交的两个主要受力方向分别进行承载力验算和变形验算。

6.5.9 竖向荷载下梁截面高宽比宜取4~8,高宽比较大时应采取必要措施确保梁受压区段的侧向稳

定;柱截面高宽比宜取1~2。

6.5.10 结构体系在进行多遇地震下或风载作用下的承载力验算时,可采用以下计算假定:

- 构件材料假定为线弹性,构件内力计算采用线弹性理论;
- 螺栓连接的梁柱节点、支撑节点宜假定为铰接;当采用可靠措施保证节点具有一定抗弯承载力时,可假定为半刚性节点,转动刚度的确定须通过试验研究或有充分的理论依据;
- 螺栓连接的柱与基础节点宜假定为铰接;当采用可靠措施避免柱底横纹劈裂,保证节点具有一定抗弯承载力时,可假定为半刚性连接,此时柱底正截面抗弯承载力为螺栓群绕转动中心的抵抗力矩;单个螺栓的抗剪承载力按6.4.11决定。柱底钢板与基础的锚固螺栓提供的承载力应不小于柱底节点的抗弯承载力和抗剪承载力。

6.5.11 构件应力分析中螺栓群处的净截面计算,对间距小于1/2顺纹方向最小螺栓间距的螺栓孔,可考虑在同一净截面上。

6.5.12 对于长悬臂构件,应按GB 50011计算竖向地震作用,并应验算阵风下的梁悬臂端的抗剪、抗弯承载力和位移。

6.5.13 当梁与柱铰接或半刚性连接时,结构体系应设置必要的抗侧力构件来辅助抵抗风、地震等水平荷载。常见结构形式有:

- 梁柱-支撑结构,常用的支撑有单斜撑、X形支撑、人字支撑结构(图7)。斜撑可以传递压力,形成刚性支撑,多以单斜撑的结构形式出现;X形支撑结构多采用钢杆作为斜撑;

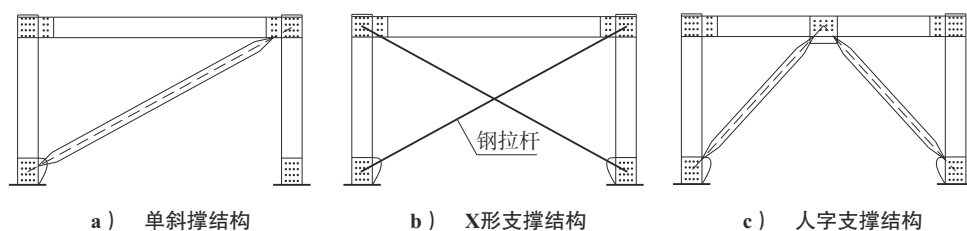


图7 梁柱支撑结构

- 梁柱-隅撑结构(图8)。可以通过加入隅撑来提高结构体系抵抗侧向力的能力。梁柱-隅撑结构可以提供大使用空间,但抗侧刚度弱于单斜撑、X形支撑、人字支撑结构。

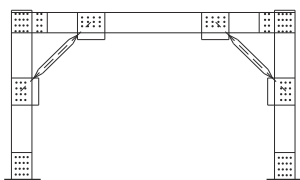


图8 梁柱-隅撑结构

6.5.14 梁与梁的连接:

- 悬臂连续梁由简支梁和悬臂梁组成,结构系统主要有三种形式[图9a)]。悬臂梁与简支梁之间的连接可采用金属悬臂梁托连接[图9b)、c)];
- 悬臂连续梁的拉力由附加扁钢承担。当附加扁钢不与梁托整体连接时,应用螺栓连接扁钢两端的工程竹梁[图10a)]。当扁钢与悬臂梁托焊接成整体时,扁钢上应预留椭圆形槽孔,并通过螺栓与两端的工程竹梁连接[图10b)];
- 次梁与主梁连接时,紧固件应尽可能靠近支座承载面;
- 当主梁仅单侧有次梁连接时,宜采用侧固式连接件连接(图11);

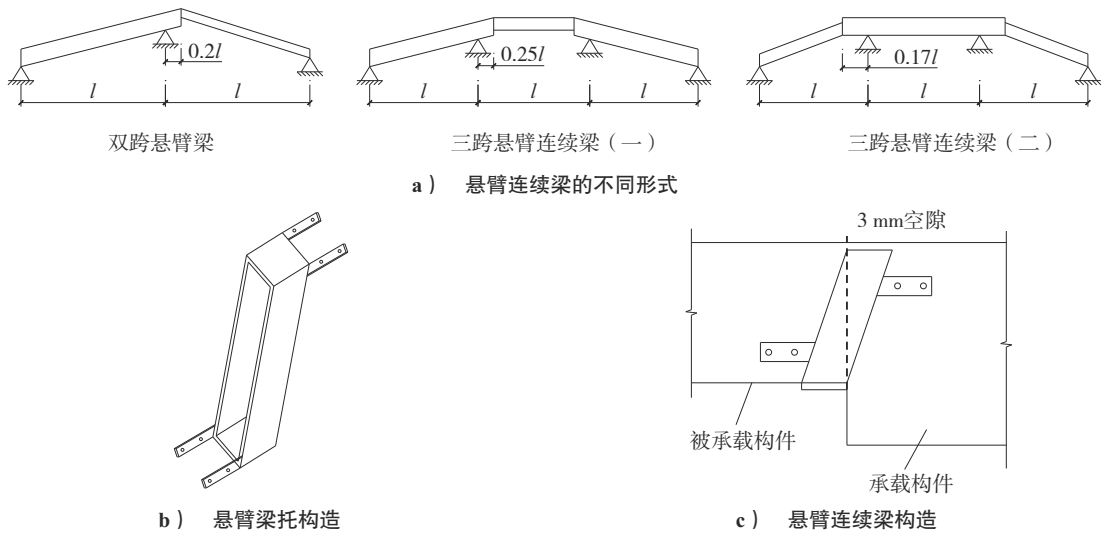


图9 悬臂连续梁的连接示意图

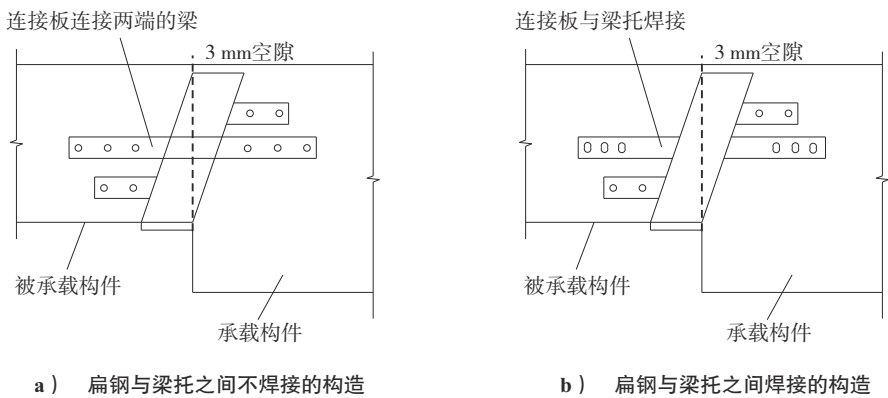


图10 扁钢与梁托连接构造示意图

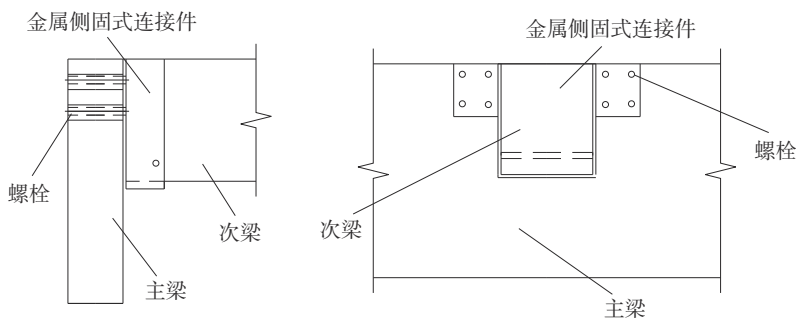


图11 次梁与主梁采用侧固式连接件示意图

e) 主梁两侧均有次梁连接时,应符合下列规定:安装次梁梁托时不应在主梁梁顶开槽口。当采用外露连接件时[图 12a)],梁托附加扁钢上的紧固件应安装在预留椭圆形槽孔内。当采用半隐藏式连接件时[图 12b)],应在次梁截面中间开槽安装梁托加劲肋,加劲肋应采用螺栓或六角头螺钉与次梁连接。荷载不大时,梁托底部可嵌入次梁内与次梁底面齐平。当次梁承受的荷载较轻或次梁截面尺寸较小时,主梁与次梁之间可采用角钢连接件连接[图 12c)]。采用角钢连接

件时,次梁应按高度为 h_c (h_c 为下部螺栓距梁顶的高度)的切口梁计算。角钢连接件上的螺栓间距不应小于 $5d$ (d 为螺栓直径);

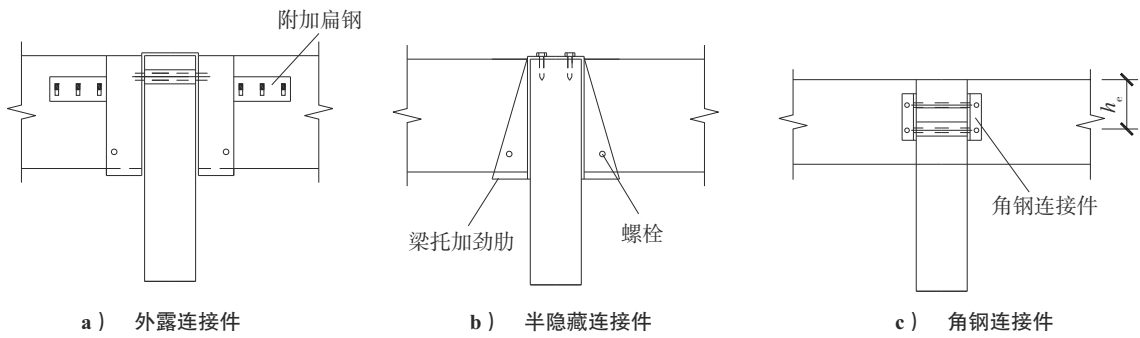


图 12 次梁与主梁的连接示意图

- f) 起支撑作用的檩条应与桁架或大梁可靠锚固,在台风地区或在设防烈度 8 度及 8 度以上地区,更应加强檩条与桁架、大梁和端部山墙的锚固连接。采用螺栓锚固时,螺栓直径不应小于 12 mm;
- g) 在屋脊处和需外挑檐口的椽条应采用螺栓连接,其余椽条均可用钉连接固定。椽条接头应设在檩条处,相邻椽条接头至少应错开一个檩条间距;
- h) 梁与梁的半刚性连接常见形式见图 13。

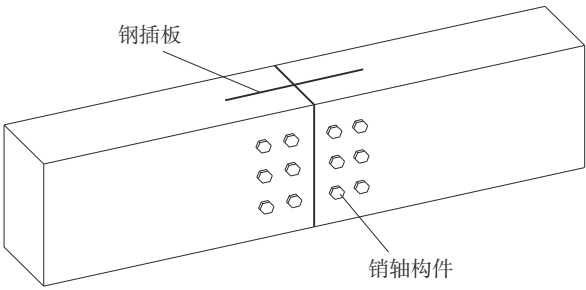


图 13 梁与梁的半刚性连接

6.5.15 梁与柱的连接:

- a) 梁与柱或与钢柱在中间支座的连接,可采用 U 型连接件连接[图 14a)、b)],或采用 T 型连接钢板连接[图 14c)]。当梁端局部承压不满足要求时,可在柱顶部附加底板;

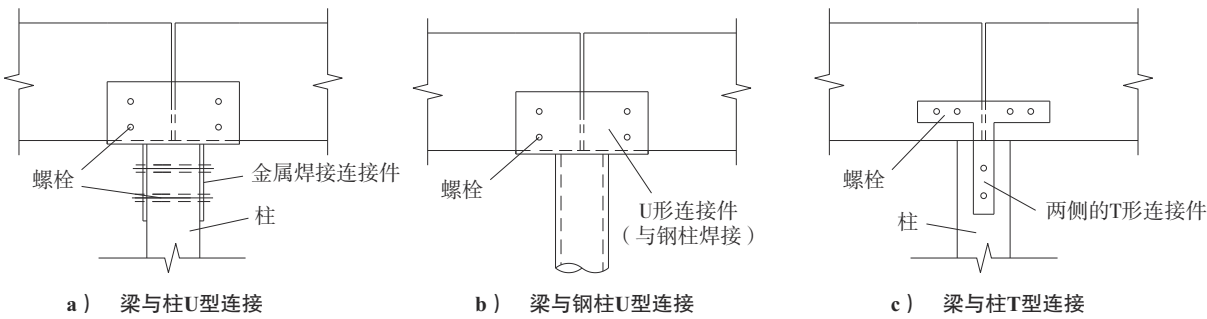


图 14 梁柱在中间支座连接示意图

- b) 梁在屋脊处与柱连接时,可采用柱顶剖斜口的连接构造[图 15a)],也可采用在柱顶安装三角形

填块的连接构造[图 15b)]；

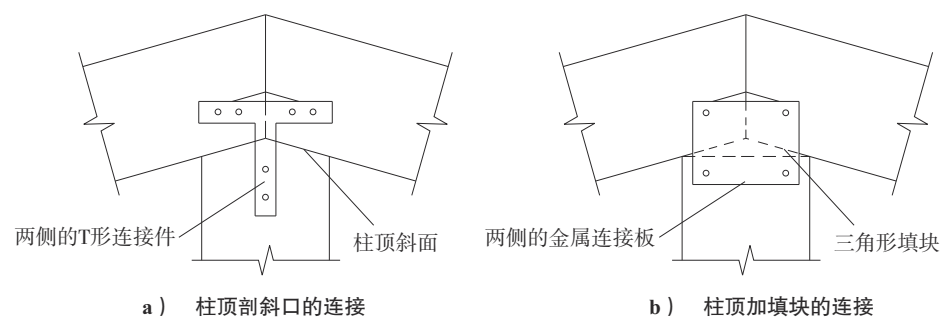


图 15 梁柱在屋脊处连接构造示意图

c) 梁与柱或与钢柱在端支座处的连接,可采用扁钢连接件连接[图 16a)],或采用 U 型连接件连接[图 16b)]。当要求连接件不外露时,梁与柱连接可采用隐藏式连接构造[图 16c)]。隐藏式连接应采用螺纹销进行连接,螺纹销在梁或柱内的长度不应大于 150 mm；

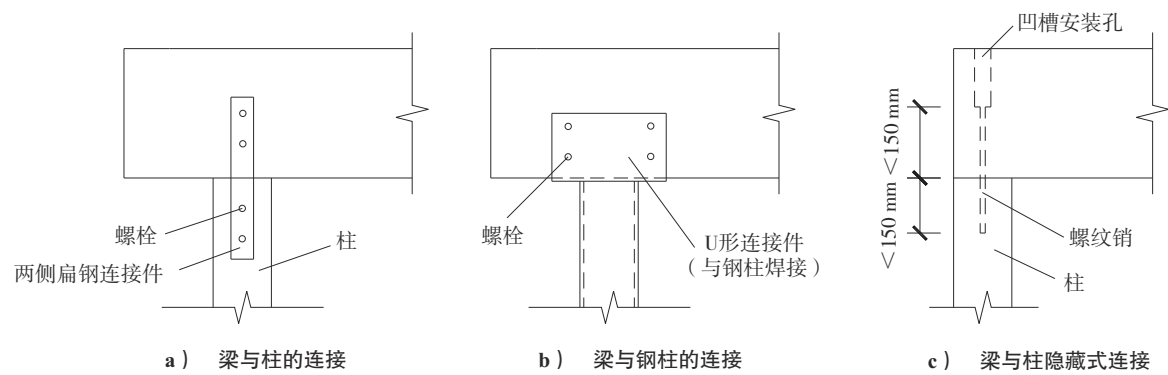


图 16 梁与柱在端支座上的连接示意图

d) 当梁柱的截面宽度不同时,梁柱连接处可采用 U 型连接件和附加垫块的连接构造。附加垫块应由连接螺栓与梁或柱连接在一起。梁与柱的半刚性连接示意图见图 17。

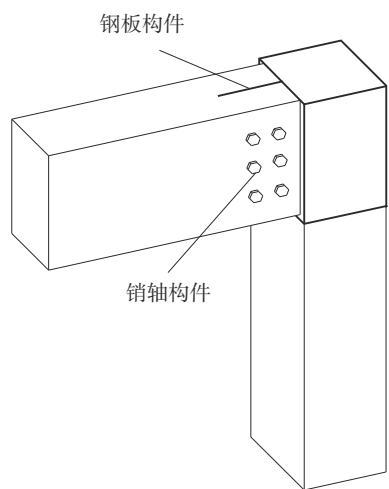


图 17 梁与柱的半刚性连接示意图

6.5.16 构件与基础的连接：

- a) 柱与混凝土基础接触面应设置金属底板,底板的底面应高于地面,且不应小于 300 mm;金属底板宜进行喷漆、镀锌等防腐处理;底板厚度宜均匀或向内有一定的起坡,不应在柱底形成积水区域。在柱易受到撞击的部位,应采取保护措施。长期暴露在室外或受到潮湿侵袭的柱应做好防腐处理;
- b) 柱与基础的锚固可采用 U 型扁钢、角钢(图 18);

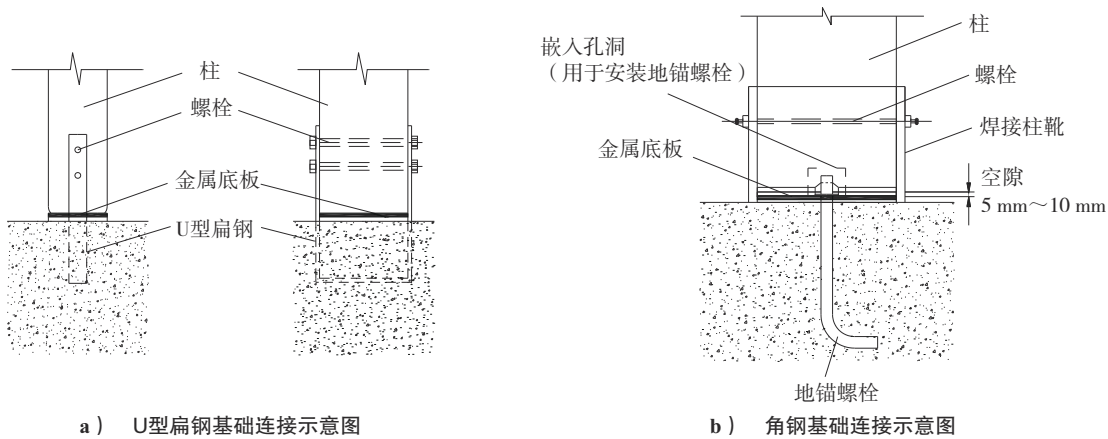


图 18 柱与基础的锚固示意图

- c) 基础表面尺寸较小,柱两侧不能安装外露地锚螺栓时,可采用隐藏式地锚螺栓的连接构造(图 19);

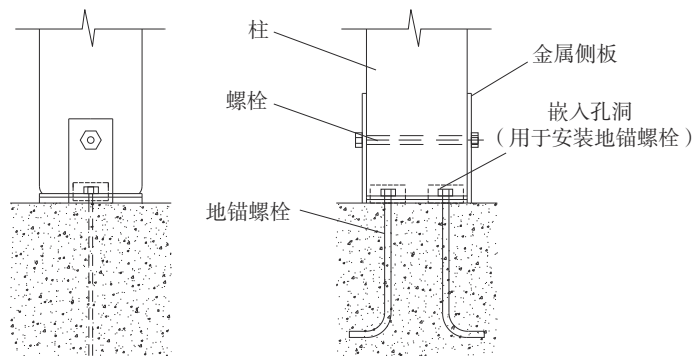


图 19 隐藏式地锚螺栓连接构造示意图

- d) 构件与基础的半刚性连接常用形式见图 20。

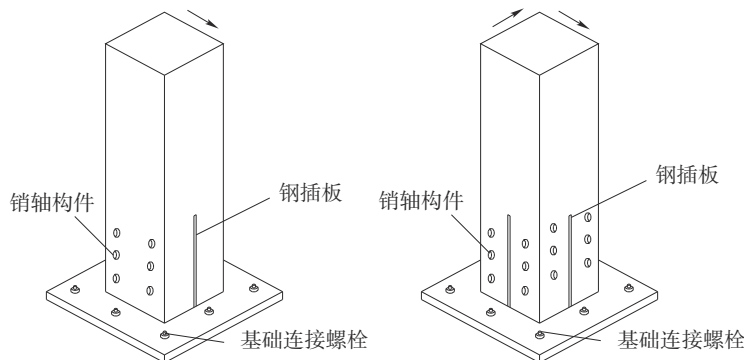


图 20 柱与基础的半刚性连接示意图

6.6 桁架设计

- 6.6.1 采用工程竹材制作工程竹桁架时,选型可根据具体条件确定,并宜采用静定的结构体系。当桁架跨度较大时,应采用钢-工程竹桁架;对跨度较大的三角形工程竹桁架,宜采用不等节间的桁架形式。
- 6.6.2 当工程竹桁架采用工程竹檩条时,桁架间距不宜大于4 m;当采用钢-工程竹檩条时,桁架间距不宜大于6 m。
- 6.6.3 桁架中央高度与跨度之比不应小于表18规定的最小高跨比。

表18 桁架最小高跨比

桁架类型	h_b/l_b
三角形工程竹桁架	1/5
三角形钢-工程竹桁架;平行弦工程竹桁架;弧形、多边形和梯形工程竹桁架	1/6
弧形、多边形和梯形钢-工程竹桁架	1/7
注: h_b 为桁架中央高度; l_b 为桁架跨度。	

- 6.6.4 桁架制作应按其跨度的1/200起拱。
- 6.6.5 桁架的内力计算时,应符合下列规定:
- a) 桁架节点可假定为铰接,并将荷载集中于各个节点上,按节点荷载计算各杆轴向力;
 - b) 当上弦因节间荷载而承受弯矩时,应按压弯构件进行计算。跨间弯矩按简支梁计算,节点处支座弯矩可按下式计算:

$$M = -\frac{1}{10}(g + q)l^2 \dots\dots\dots (43)$$

- 式中:
- $g、q$ ——上弦的均布恒载、活载或雪载设计值;
- l ——杆件的计算长度。
- 6.6.6 桁架压杆的计算长度取值应符合下列规定:
- a) 在结构平面内,桁架弦杆及腹杆应取节点中心间的距离;
 - b) 在结构平面外,桁架上弦应取锚固檩条剪距离;桁架腹杆应取节点中心间距离。在杆系拱、框架及类似结构中的受压下弦,应取侧向支撑点间的距离。

- 6.6.7 设计工程竹桁架时,其构造应符合下列要求。
- a) 受拉下弦接头应保证轴心传递拉力;下弦接头不宜多于两个;接头应锯平对正,宜采用螺栓和工程竹夹板连接。
 - b) 当受拉下弦接头采用螺栓工程竹夹板或钢夹板连接时,接头每端的螺栓数由计算确定,但不应少于6个,且不应排成单行;当采用工程竹夹板时,应选用优质的气干工程竹材制作,其厚度不应小于下弦宽度的1/2;若桁架跨度较大,工程竹夹板的厚度不宜小于100 mm;当采用钢夹板时,其厚度不应小于6 mm。
 - c) 桁架上弦的受压接头应设在节点附近,并不宜设在支座节间和脊节间内;受压接头应锯平,可用工程竹夹板连接,但接缝每侧至少应有两个螺栓系紧;工程竹夹板的厚度宜取上弦宽度的1/2,长度宜取上弦宽度的5倍。
- 6.6.8 钢-工程竹桁架的下弦可采用圆钢或型钢,并应符合下列规定:
- a) 当跨度较大或有振动影响时,宜采用型钢;
 - b) 圆钢下弦应设有调整松紧的装置;

- c) 当下弦节点间距大于250倍圆钢直径时,应对圆钢下弦拉杆设置吊杆;
- d) 杆端有螺纹的圆钢拉杆,当直径大于22 mm时,宜将杆端加粗,其螺纹应由车床加工;
- e) 圆钢应经调直,需接长时宜采用机械连接或对接焊、双帮条焊,不应采用搭接焊。焊接接头的质量应符合GB 50205的规定。

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

6.6.10 抗震设防烈度为8度和9度地区的屋架抗震设计,应符合下列规定:

- a) 钢-工程竹屋架宜采用型钢下弦,屋架的弦杆与腹杆宜用螺栓系紧,屋架中所有的圆钢拉杆和拉力螺栓,均应采用双螺帽;
- b) 屋架端部应采用不小于 $\phi 20$ 的锚栓与墙、柱锚固。

6.6.11 当桁架跨度不小于9 m时,桁架支座应采用螺栓与墙、柱锚固。当桁架与工程竹柱连接时,工程竹柱柱脚与基础应采用螺栓锚固。

6.6.12 设计轻屋面或开敞式建筑的工程竹屋盖时,不论桁架跨度大小,均应将上弦节点处的檩条与桁架、桁架与柱、工程竹柱与基础等予以锚固。

6.7 防火设计

6.7.1 工程竹结构建筑的防火设计除应符合本章的规定外,还应符合GB 50016的有关规定。

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

$$S_k \leq R_f \quad \dots\dots\dots (44)$$

式中:

S_k ——火灾发生后验算受损工程竹构件的荷载偶然组合的效应设计值,永久荷载和可变荷载均采用标准值;

R_f ——按耐火极限燃烧后残余工程竹构件的承载力设计值。

6.7.3 残余工程竹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19规定的调整系数。

表19 防火设计强度调整系数

材料类别	抗弯强度	抗拉强度	抗压强度
竹集成材	1.24	1.31	1.26
竹重组材	1.24	1.29	1.21

6.7.4 当验算燃烧后的构件承载能力时,应按6.3的各项相关规定进行验算,并应符合下列规定:

- a) 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;
- b) 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。

6.7.5 构件连接的耐火极限不应低于所连接构件的耐火极限。

6.7.6 工程竹结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表20的规定。

表20 工程竹结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限

构件名称	耐火极限/h
防火墙	不燃烧体 3.00
承重墙、分户墙、楼梯间的墙	难燃烧体 1.00

表 20 工程竹结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限（续）

构件名称	耐火极限/h
电梯井墙体	不燃烧体 1.00
非承重外墙、疏散走道两侧的隔墙	难燃烧体 0.75
分室隔墙	难燃烧体 0.50
承重柱	可燃烧体 1.00
梁	可燃烧体 1.00
楼板	难燃烧体 0.75
屋顶承重构件	可燃烧体 0.50
疏散楼梯	难燃烧体 0.50
室内吊顶	难燃烧体 0.15
<p>除本文件另有规定外,当同一座工程竹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,采用难燃性屋顶承重构件时,其耐火极限不应低于 0.75 h。</p> <p>工程竹结构建筑的屋顶,除防水层、保温层及屋面板外,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 0.50 h。</p> <p>当建筑的层数不超过 2 层、防火墙间的建筑面积小于 600 m²且防火墙间的建筑长度小于 60 m 时,建筑构件的燃烧性能和耐火极限可按表 21 中建筑耐火等级为四级的相关规定确定。</p>	

表 21 工程竹骨架组合墙体的燃烧性能和耐火极限

单位为小时

构件名称	建筑物的耐火等级或类型				
	一级	二级	三级	工程竹结构建筑	四级
非承重外墙	不允许	难燃性 1.25	难燃性 0.75	难燃性 0.75	无要求
房间隔墙	难燃性 1.00	难燃性 0.75	难燃性 0.50	难燃性 0.50	难燃性 0.25

6.7.7 工程竹结构采用的建筑材料,其燃烧性能的技术指标应符合 GB 8624 的规定。

6.7.8 工程竹结构不应超过三层,且高度不应超过 12 m。不同层数建筑最大允许长度和防火分区面积不应超过表 22 的规定。

表 22 工程竹结构建筑的层数、长度和面积

层数	最大允许长度/m	每层最大允许面积/m ²
单层	100	1 800
两层	80	900
三层	60	600
<p>注 1: 当设置自动喷水灭火系统时,防火墙间的允许建筑长度和每层最大允许建筑面积可按本表的规定增加 1.0 倍,防火墙间的每层最大允许建筑面积不限。</p> <p>注 2: 体育场馆等高大空间建筑,其建筑高度和建筑面积可适当增加。</p>		

6.7.9 工程竹结构建筑之间、工程竹结构建筑与其他耐火等级的建筑之间的防火间距不应小于表 23 的规定。

表 23 工程竹结构的防火间距

单位为米

建筑种类	一、二级建筑	三级建筑	工程竹结构建筑	四级建筑
工程竹结构建筑	8.00	9.00	10.00	11.00
<p>注 1：如果相邻两建筑的外墙均无洞口，并且外墙的耐火极限均不低于 1.00h 时，防火间距减少至 4m 后仍能够在足够时间内有效阻止火灾的相互蔓延。考虑到有些建筑完全不开门、窗比较困难，当每一面外墙开孔不大于 10% 时，防火间距可按本表的规定减少 25%。</p> <p>注 2：当相邻建筑外墙有一面为防火墙，或建筑物之间设置防火墙且墙体截断不燃性屋面或高出难燃性、可燃性屋面不低于 0.5 m 时，防火间距不限。</p>				

- 6.7.10 当管道穿越墙体时，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。
- 6.7.11 工程竹结构建筑中的各个构件或空间内需填充吸声、隔热、保温材料时，其材料的燃烧性能不应低于 B₁ 级。难燃性 B₁ 标准见 GB 8624。
- 6.7.12 当工程竹梁与工程竹柱、工程竹梁与工程竹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：
- a) 可将金属连接件嵌入工程竹构件内，固定用的螺栓孔可采用工程竹塞封堵，所有的连接缝可采用防火封堵材料填缝；
 - b) 金属连接件表面采用截面厚度不小于 40 mm 的工程竹作为表面附加防火保护层；
 - c) 将梁柱连接处包裹在耐火极限为 1.00 h 的墙体中；
 - d) 采用厚度大于 15 mm 的耐火纸面石膏板在梁柱连接处进行分隔保护。
- 6.7.13 工程竹结构建筑中配电线路的敷设应采用下列防火措施：
- a) 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；
 - b) 用于重要工程结构公共建筑的电源主干线路应采用矿物绝缘电缆；
 - c) 电线、电缆直接明敷时应穿金属管或金属线槽保护；当采用矿物绝缘电缆时可直接明敷；
 - d) 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。
- 6.7.14 安装在工程竹构件上的开关、插座及接线盒应符合下列规定：
- a) 当开关、插座及接线盒有金属套管保护时，应采用金属箱体；
 - b) 当开关、插座及接线盒有矿棉保护时，可采用难燃性箱体；
 - c) 安装在工程竹骨架墙体上时，墙体中相邻两根工程竹骨柱之间的两侧面板上，应仅在其中一侧设置开关、插座及接线盒；当设计需要在墙体中相邻两根工程竹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。
- 6.7.15 安装在工程竹结构建筑楼盖、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。
- 6.7.16 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。
- 6.7.17 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，应符合下列规定：
- a) 与工程竹构件相邻部位的壁厚不应小于 240 mm；
 - b) 与工程竹构件之间的净距不应小于 100 mm；
 - c) 与工程竹构件之间的缝隙应具备良好的通风条件，或可采用 70 mm 的矿棉保护层隔热。

- 6.7.18 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 70 mm 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 1.00 h 的防火保护。
- 6.7.19 工程竹结构建筑中放置烹饪炉的平台应为不燃材料,烹饪炉上方 750 mm 以及周围 400 mm 的范围内不应有可燃装饰或可燃装置。
- 6.7.20 附设在工程竹结构居住建筑内的机动车库应符合下列规定:
- a) 车库总面积不宜超过 60 m²;
 - b) 不宜设置与室内相通的窗洞,可仅设置一樘不直通卧室的单扇乙级防火门;
 - c) 车库与室内的隔墙耐火极限不应低于 2.00 h。
- 6.7.21 当工程竹结构建筑需要进行防雷设计时,除应满足 GB 50057 的相关规定外,还应符合下列规定:
- a) 工程竹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;
 - b) 工程竹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;
 - c) 引下线宜沿工程竹结构建筑外墙明卡敷设,并应在距室外地面上 1.8 m 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;
 - d) 地面上 1.7 m 以下至地下 0.3 m 的一段接地线应采用改性塑料管或橡胶管等进行保护;
 - e) 室内电缆、导线与防雷引下线之间的距离不应小于 2.0 m。

7 防护

7.1 防水防潮

- 7.1.1 工程竹结构应有效地利用周围地势、其他建筑物,减少外围护结构表面的环境暴露程度。
- 7.1.2 工程竹结构应有效利用悬挑结构、雨篷等设施对外墙面和门窗进行保护,宜减少在围护结构上开窗开洞。
- 7.1.3 工程竹结构应采取有效措施提高整个建筑围护结构的气密性能,应在下列部位的接触面和连接点设置气密层:
- a) 相邻单元之间;
 - b) 室内空间与车库之间;
 - c) 室内空间与非调温调湿地下室之间;
 - d) 室内空间与架空层之间;
 - e) 室内空间与通风屋顶空间之间。
- 7.1.4 在年降雨量高于 1 000 mm 的地区,或环境暴露程度很高的工程竹结构,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 10 mm 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。
- 7.1.5 在混凝土或砌体地基周围、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。在工程竹构件和混凝土或砌体构件之间应铺设防潮膜。建筑物室内外地坪高差不应小于 300 mm。当建筑物底层采用工程竹构件时,工程竹构件的底部距离室外地坪的高度不应小于 300 mm。
- 7.1.6 工程竹结构屋顶宜采用坡屋顶。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。
- 7.1.7 外墙和非通风屋顶的设计应减少蒸汽内部冷凝,并有效促进潮气散发。在严寒和寒冷地区,外墙和非通风屋顶内侧应具有较低蒸汽渗透率;在夏热冬暖地区,外侧应具有较低的蒸汽渗透率。

7.1.8 在门窗洞口、屋面、外墙开洞处、屋顶露台等部位均应设置防水、防潮和排水的构造措施,应有效地利用泛水材料促进局部排水。泛水板向外倾斜的最终坡度不应低于5%。屋顶露台的地面最终排水坡度不应小于2%。

7.1.9 工程竹结构的防水防潮措施应按下列规定设置:

- a) 当大梁支承在砌体或混凝土上时,大梁的支座下应设置防潮层;
- b) 大梁的支座节点或其他承重工程竹构件不应封闭在墙体或保温层内;
- c) 支承在砌体或混凝土上的工程竹构件底部应设置垫板,严禁将工程竹构件直接砌入砌体中,或浇筑在混凝土中;
- d) 在工程竹结构隐蔽部位应设置通风孔洞;
- e) 无地下室的底层工程竹构件应架空,并应采取通风防潮措施。

7.2 防腐处理

7.2.1 工程竹构件应根据设计的工作年限、使用环境及工程竹材的渗透性等要求,确定工程竹构件是否需要进行防腐处理,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。防护剂的选用应符合下列规定:

- a) 防护剂不应危及人畜安全,且不应污染环境;
- b) 在建筑物预定的使用期限内,工程竹材防腐和防虫性能应稳定持久;
- c) 防护剂不应与金属连接件起化学反应,工程竹材经处理后不应增加吸湿性。

7.2.2 工程竹结构宜在通风良好和干燥的环境中使用。下列环境条件下使用的工程竹结构构件,当作为主要结构构件时,应进行防腐处理:

- a) 长期暴露在室外;
- b) 长期处于通风不良且经常潮湿的环境中。

7.2.3 当工程竹结构用在室外环境或潮湿环境中时,防腐处理应符合下列规定:

- a) 竹集成材应进行加压浸渍防腐处理,处理方法根据所用防腐剂类别,可分为先胶合后防腐或先处防腐后胶合两种方法;
- b) 当使用水溶性防腐剂时,不应采用先胶合后处理的方式;
- c) 竹重组材的竹束应进行预处理,竹重组材构件应进行表面涂刷防腐处理。

7.2.4 经防腐处理的工程竹材应具备清晰的防腐处理标识,标明处理厂家或商标、使用分类等级、所使用的防腐剂、渗入度及含药量。

7.2.5 底层工程竹构件应支承在混凝土或砌体的柱墩或基础上,柱墩或基础顶标高应高于室内外地面标高300 mm,虫害地区应高于450 mm。未经防护处理的工程竹构件不应接触或埋入土中。工程竹构件与混凝土或砌体柱墩接触面间应加钢垫板或设防潮层,防潮层可选用耐久性满足设计工作年限的防水卷材。

7.2.6 施胶后进行防腐处理的构件,在处理前应加工到设计的最后尺寸,处理后不应随意切割。若必须作局部修整时,应对修整后的工程竹构件表面涂抹足够的同品牌药剂。

7.2.7 工程竹结构使用环境可参考LY/T 1636的规定进行分类。所使用的防腐剂应符合LY/T 1635的要求。

7.3 检查和维护

7.3.1 对于暴露在室外或者处于经常潮湿环境中的工程竹构件,必须进行定期检查和维护。当发现工程竹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,包括及时对工程竹构件进行补强加固或更换。

7.3.2 对工程竹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,出现的空洞可采用工程竹材或环氧树脂材料进行填充。采用的工程竹材必须经过加压防腐处理。采用环氧树脂时,应将树脂填充至工程竹构件的表面。

8 制作与安装

8.1 构件制作

- 8.1.1 用于制作竹集成材构件的竹条,其宽度与厚度的尺寸偏差不应超过 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。
- 8.1.2 制作工程竹构件的生产区的室温应大于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度宜在 $40\%\sim 80\%$ 之间。在工程竹构件固化过程中,生产区的室温和空气相对湿度应符合胶黏剂的要求。
- 8.1.3 竹集成材竹条连接接头涂胶时,所有接口表面应全部涂抹。
- 8.1.4 工程竹材胶合前表面应光滑,无灰尘,无杂质,无污染物和其他渗出物质。工程竹材涂胶后应在所用胶黏剂规定的时间内进行加压胶合,胶合前不应污染胶合面。
- 8.1.5 工程竹构件加工及堆放现场应采取防止构件损坏,以及防雨、防日晒和防止工程竹材含水率发生变化的措施。
- 8.1.6 经防腐处理的工程竹构件应保证在运输和存放过程中防护层不被损坏。经防腐处理的工程竹材或工程竹构件需重新开口或钻孔时,应用喷涂法修补防护层。
- 8.1.7 工程竹构件制作的尺寸偏差不应大于附录B表B.1的规定。
- 8.1.8 当工程竹构件需制作足尺大样时,足尺大样的尺寸应用经计量认证合格的量具度量,大样尺寸与设计尺寸的允许偏差不应超过表B.1的规定。

8.2 构件连接施工

- 8.2.1 螺栓连接施工时,被连接构件上的钻孔孔径应略大于螺栓直径,但不应大于螺栓直径 1.0 mm 。螺栓中心位置的偏差应符合GB 50206的规定。预留多个螺栓钻孔时宜将被连接构件临时固定后,一次贯通施钻。安装螺栓时应拧紧,确保各被连接构件紧密接触,但拧紧时不应将金属垫板嵌入工程竹构件中。承受拉力的螺栓应采用双螺帽拧紧。
- 8.2.2 六角头螺钉连接施工时,引孔直径应按下述方法确定。
 - a) 无螺纹部分的引孔直径同螺栓杆径,引孔深度等于无螺纹长度。
 - b) 有螺纹部分的引孔直径应符合表24的规定,引孔深度不小于螺钉有螺纹部分的长度。对于直径大的六角头螺钉,引孔直径可取上限值。对于主要承受拔出力的六角头螺钉,当边、端、间距足够大时,在工程竹材全干比重小于 0.5 时可不作引孔处理。六角头螺钉应用扳手拧入,不应应用锤击入,允许用润滑剂减少拧入时的阻力。

表24 六角头螺钉连接时螺纹部分引孔的直径要求

工程竹材的全干比重	$G>0.6$	$0.5<G\leq 0.6$	$G\leq 0.5$
引孔直径	$0.65d\sim 0.85d$	$0.60d\sim 0.75d$	$0.70d$
注： d 为六角头螺钉直径。			

8.3 构件安装

8.3.1 工程竹构件在吊装就位过程中,当与该结构构件设计受力条件不一致时,应根据结构构件自重及所受施工荷载进行安全验算。工程竹构件在吊装时,应力不应超过 1.2 倍工程竹材强度设计值。

- 8.3.2 工程竹构件为平面结构时,吊装就位过程中应有保证其平面外稳定的措施,就位后应设必要的临时支撑,防止发生平面外失稳或倾覆。
- 8.3.3 工程竹构件与工程竹构件间的连接位置和连接方法应符合设计规定。
- 8.3.4 工程竹构件运输和存放时,应将其整齐的堆放。对于工字型、箱型截面工程竹构件宜分隔堆放,上下分隔层垫块竖向应对齐,悬臂长度不应超过工程竹构件长度的1/4。
- 8.3.5 雨季安装工程竹结构时应具有防雨措施。
- 8.3.6 工程竹构件拼装后的几何尺寸偏差不应超过表B.1的规定。
- 8.3.7 工程竹结构梁及柱的安装允许偏差应不大于表B.2的规定。

9 验收

9.1 制作与安装验收

- 9.1.1 本节适用于工程竹结构制作和安装的施工质量验收。
- 9.1.2 材料、构配件的质量控制应以一幢工程竹结构房屋为一个检验批;工程竹构件制作安装质量控制应以整幢房屋的一楼层或变形缝间的一楼层为一个检验批。
- 9.1.3 工程竹结构的结构布置和构件截面尺寸,应符合设计文件的规定:
 - a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与设计文件对照、丈量。
- 9.1.4 工程竹材的强度等级应符合设计文件的规定,并应具备产品质量合格证书和产品标识:
 - a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与证明文件对照。
- 9.1.5 承受弯曲荷载的工程竹构件,应作荷载效应标准组合作用下的抗弯性能见证检验。在检验荷载作用下,跨中挠度的平均值不应大于理论计算值的1.13倍,最大挠度不应大于表25的规定:
 - a) 检查数量:每一检验批的同类型工程竹构件随机抽取3根;
 - b) 检验方法:按附录C。

表 25 荷载效应标准组合作用下受弯工程竹构件的挠度限值

项次	构件类别		挠度限值/m
1	檩条	$L\leqslant 3.3\text{ m}$	$L/200$
		$L>3.3\text{ m}$	$L/250$
2	主梁		$L/250$
注： L 为受弯工程竹构件的跨度。			

- 9.1.6 弧形工程竹构件的曲率半径及其偏差应符合设计文件的规定:
 - a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:钢尺丈量。
- 9.1.7 工程竹构件平均含水率不应大于15%,同一工程竹构件含水率差别不应大于5%。
 - a) 检查数量:每一检验批每一规格工程竹构件随机抽取5根;
 - b) 检验方法:见附录D。
- 9.1.8 承重钢构件和连接所用钢材应具备产品质量合格证书和化学成分的合格证书。进场钢材应见证检验其抗拉屈服强度、极限强度和延伸率,各项检查结果均应满足设计文件规定的相应等级钢材的材

质标准指标,且不应低于GB 700有关Q235及以上等级钢材的规定。—30℃以下使用的钢材不宜低于Q235 D或相应屈服强度钢材D等级的冲击韧性规定。钢竹屋架下弦所用圆钢,除应作抗拉屈服强度、极限强度和延伸率性能检验外,尚应作冷弯检验,并应满足设计文件规定的圆钢材质标准:

- a) 检查数量:每检验批每一钢种随机抽取两件;
 - b) 检验方法:取样方法、试样制备及拉伸试验方法应分别符合GB/T 2975、GB 6397和GB/T 228的有关规定。
- 9.1.9 焊条应符合GB/T 5117和GB/T 5118的有关规定,型号应与所用钢材匹配,并应具备产品质量合格证书:

- a) 检查数量:检验批全数;
- b) 检验方法:实物与产品质量合格证书对照检查。

- 9.1.10 螺栓、螺帽应具备产品质量合格证书,其性能应符合GB/T 5782和GB/T 5780的有关规定:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与产品质量合格证书对照检查。

- 9.1.11 圆钉应具备产品质量合格证书,其性能应符合YB/T 5002的有关规定。设计文件规定钉子的抗弯屈服强度应作钉子抗弯强度见证检验:
- a) 检查数量:每检验批每一规格圆钉随机抽取10枚;
 - b) 检验方法:检查产品质量合格证书、检测报告。

- 9.1.12 工程竹材外观应符合下列要求:
- a) A级,结构构件外露,外观要求很高而需油漆,构件表面洞孔需用竹材修补,竹材表面应用砂纸打磨;
 - b) B级,结构构件外露,外表要求用机具刨光油漆,表面允许有偶尔的漏刨、细小的缺陷和空隙;
 - c) C级,结构构件不外露,构件表面无需加工刨光,且应满足表26的要求;
 - d) 检查数量:检验批全数;
 - e) 检验方法:厚薄规(塞尺)、量器、目测。

表 26 外观 C 级时的工程竹构件截面的允许偏差

单位为毫米

截面的高度或宽度	截面高度或宽度的允许偏差	错位的最大值
$(h \text{ 或 } b) < 100$	± 2	4
$100 \leq (h \text{ 或 } b) < 300$	± 3	5
$300 \leq (h \text{ 或 } b)$	± 6	6

- 9.1.13 工程竹构件的制作偏差不应超出表B.1的规定:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:角尺、钢尺丈量,检查交接检验报告。
- 9.1.14 螺栓连接(含受拉接头)的螺栓数目、排列方式、间距、边距和端距,除应符合设计文件的规定外,尚应符合下列要求:
- a) 螺栓孔径不应大于螺栓杆直径1 mm,也不应小于或等于螺栓杆直径;
 - b) 螺帽下应设钢垫板,其规格除应符合设计文件的规定外,厚度不应小于螺杆直径的30%,方形垫板的边长不应小于螺杆直径的3.5倍,圆形垫板的直径不应小于螺杆直径的4倍,螺帽拧紧后螺栓外露长度不应小于螺杆直径的80%。螺纹段剩留在工程竹构件内的长度不应大于螺杆直径的1.0倍;

- c) 连接件与被连接件间的接触面应平整,拧紧螺帽后局部可允许有缝隙,但缝宽不应超过1 mm;
- d) 检查数量:检验批全数;
- e) 检验方法:目测、丈量。

9.1.15 工程竹结构安装偏差不应超出表B.2的规定:

- a) 检查数量:过程控制检验批全数,分项验收抽取总数10%复检;
- b) 检验方法:见表B.2。

9.2 防护验收

9.2.1 本节适用于工程竹结构防腐、防虫和防火的施工质量验收。

9.2.2 设计文件规定需要作阻燃处理的工程竹构件应按照GB 50016的有关规定和不同工程竹构件类别的耐火极限、截面尺寸选择阻燃剂和防护工艺,并应由具有专业资质的企业施工。对于长期暴露在潮湿环境下的工程竹构件,还应采取防止阻燃剂流失的措施。

9.2.3 工程竹材防腐处理应根据设计文件规定的各工程竹构件用途和防腐要求。防腐处理宜采用加压法施工,并应由具有专业资质的企业施工。经防腐药剂处理后的工程竹构件不宜再进行锯解、刨削等加工处理。确需作局部加工处理导致局部未被浸渍药剂的工程竹材外露时,该部位的工程竹材应进行防腐修补。

9.2.4 阻燃剂、防火涂料以及防腐、防虫等药剂,不应危及人畜安全,不应污染环境。

9.2.5 所使用的防腐、防虫及防火和阻燃药剂应符合设计文件表明的工程竹构件使用环境类别和耐火等级,且应具备质量合格证书的证明文件:

- a) 检查数量:检验批全数;
- b) 检验方法:实物对照、检查检验报告。

9.2.6 工程竹构件的各项防腐构造措施应符合设计文件的规定,并应符合下列要求:

- a) 首层竹楼盖应设置架空层,支承楼盖的基础或墙上应设通风口,通风口总面积不应小于楼盖面积的1/150,架空空间应保持良好通风;
- b) 未经防腐处理的工程竹梁、檩条等支承在混凝土或砌体构件上时,宜设防腐竹块,支承面间应设置卷材防潮层。工程竹梁、檩条等支座不应封闭在混凝土或砌体墙体中,除支承面外,该部位工程竹构件的两侧面、顶面及端面均应与支承工程竹构件间留30 mm以上能与大气相通的缝隙;
- c) 未经防腐处理的工程竹柱应支承在混凝土或砌体柱墩上,支承面间应设置卷材防潮层;柱与土壤严禁接触,柱墩顶面距土地面的高度不应小于300 mm;当采用金属连接件固定并受雨淋时,连接件不应存水;
- d) 屋盖设吊顶时,屋盖系统应有老虎窗、山墙百叶窗等通风装置;
- e) 屋面系统的内排水天沟不应直接支承在屋面梁等承重构件上;
- f) 检查数量:检验批全数;
- g) 检验方法:目测、丈量。

9.2.7 工程竹构件需作防火阻燃处理时,应由专业工厂完成,所使用的阻燃药剂应具有有效性检验报告和合格证书,阻燃剂应采用加压浸渍法施工。经浸渍阻燃处理的工程竹构件,应有符合设计文件规定的药物吸收干量的检验报告。采用喷涂法施工的防火涂层厚度应均匀,见证检验的平均厚度不应小于该药物说明书的规定值:

- a) 检查数量:每检验批随机抽取20处测量涂层厚度;
- b) 检验方法:卡尺测量、检查合格证书。

9.2.8 凡工程竹构件外部需用防火石膏板等包覆时,包覆材料的防火性能应具备合格证书,厚度应符合设计文件的规定:

- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:卡尺测量、检查产品合格证书。
- 9.2.9 炊事、采暖等所用烟道、烟囱应用不燃材料制作且密封,砖砌烟囱的壁厚不应小于 240 mm,并应有砂浆抹面,金属烟囱应外包厚度不小于 70 mm 的矿棉保护层和耐火极限不低于 1.00 h 的防火板,其外边缘距工程竹构件的距离不应小于 120 mm,并应有良好通风。烟囱出屋面处的空隙应用不燃材料封堵:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:对照实物。
- 9.2.10 墙体、楼盖、屋盖空腔内现场填充的保温、隔热、吸声等材料,应符合设计文件的规定,且防火性能不应低于难燃性 B₁级:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与设计文件对照、检查产品合格证书。
- 9.2.11 电源线敷设应符合下列要求:
- a) 敷设在墙体或楼盖中的电源线应用穿金属管线或检验合格的阻燃型塑料管;
 - b) 电源线明敷时,可用金属线槽或穿金属管线;
 - c) 矿物绝缘电缆可采用支架或沿墙明敷;
 - d) 检查数量:检验批全数;
 - e) 检验方法:目测、丈量。
- 9.2.12 埋设或穿越工程竹结构的各类管道敷设应符合下列要求:
- a) 管道外壁温度达到 120℃及以上时,管道和管道的包覆材料及施工时的胶黏剂等,均应采用检验合格的不燃材料;
 - b) 管道外壁温度在 120℃以下时,管道和管道的包覆材料等应采用检验合格的难燃性不低于 B₁的材料;
 - c) 检查数量:检验批全数;
 - d) 检验方法:对照实物,查验交接检验报告。
- 9.2.13 工程竹结构中外露钢构件及未作镀锌处理的金属连接件,应按设计文件的规定采取防锈蚀措施:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与设计文件对照。
- 9.2.14 经防护处理的工程竹构件,其防护层有损伤或因局部加工而造成防护层缺损时,应进行修补:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:根据设计文件与实物对照检查,检查交接报告。
- 9.2.15 墙体和顶棚采用石膏板(防火或普通石膏板)作覆面板并兼作防火材料时,紧固件(钉子或螺钉)贯入工程竹构件的深度不应小于表 27 的规定:
- a) 检查数量:检验批全数;
 - b) 检验方法:实物与设计文件对照,检查交接报告。

表 27 石膏板紧固件贯入工程竹构件的深度

单位为毫米

耐火极限	墙体		顶棚	
	钉	螺钉	钉	螺钉
0.75 h	20	20	30	30
1.00 h	20	20	45	45
1.50 h	20	20	60	60

9.2.16 工程竹结构外墙的防护构造措施应符合设计文件的规定：

- a) 检查数量：检验批全数；
- b) 检验方法：根据设计文件与实物对照检查，检查交接报告。

9.2.17 楼盖、楼梯、顶棚以及墙体内最小边长超过 25 mm 的空腔，其贯通的竖向高度超过 3 m，水平长度超过 20 m 时，均应设置防火隔断。天花板、屋顶空间，以及未占用的阁楼空间所形成的隐蔽空间面积超过 300 m²，或长边长度超过 20 m 时，均应设防火隔断，并应分隔成隐蔽空间。防火隔断应采用下列材料：

- a) 厚度不小于 40 mm 的工程竹材；
- b) 厚度不小于 20 mm 且由钉交错钉合的双层工程竹结构板；
- c) 厚度不小于 12 mm 的石膏板、工程竹结构板；
- d) 厚度不小于 6 mm 的钢筋混凝土板；
- e) 检查数量：检验批全数；
- f) 检验方法：目测、丈量。

9.3 子分部工程验收

9.3.1 工程竹结构子分部工程质量验收的程序和组合，应符合 GB 50300 的有关规定。

9.3.2 检验批及工程竹结构分项工程质量合格，应符合下列规定：

- a) 检验批主控项目检验结果应全部合格；
- b) 检验批一般项目检验结果应有 80% 以上的检查点合格；
- c) 工程竹结构分项工程所含检验批检验结果均应合格，且应有各检验批质量验收的完整记录。

9.3.3 工程竹结构子分部工程质量验收应符合下列规定：

- a) 子分部工程所含分项工程的质量验收均应合格；
- b) 子分部工程所含分项工程的质量资料和验收记录应完整；
- c) 安全功能检测项目的资料应完整，抽检的项目均应合格；
- d) 外观质量验收应符合 9.1.13 的规定。

9.3.4 工程竹结构工程施工质量不合格时，应按 GB 50300 的有关规定进行处理。

附录 A

(规范性)

构件中紧固件数量的确定与常用紧固件的群栓组合系数

A.1 构件中紧固件数量的确定

A.1.1 当两个或两个以上承受单剪或多剪的销轴类紧固件,沿荷载方向直线布置时,紧固件可视作一行。

A.1.2 当相邻两行上的紧固件交错布置时,每一行中紧固件的数量按下列规定确定:

- a) 紧固件交错布置的行距 a 小于相邻行中沿长度方向上两交错紧固件间最小间距 b 的 $1/4$ 时,即 $b > 4a$ 时,相邻行按一行计算紧固件数量[图 A. 1a)、图 A. 1b)、图 A. 1e)];
- b) 当 $b \leq 4a$ 时,相邻行分为两行计算紧固件数量[图 A. 1c)、图 A. 1d)、图 A. 1f)];
- c) 当紧固件的行数为偶数时,本条第 1 款规定适用于任何一行紧固件的数量计算[图 A. 1b)、图 A. 1d)];当行数为奇数时,分别对各行的 k_g 进行确定[图 A. 1e)、图 A. 1f)]。

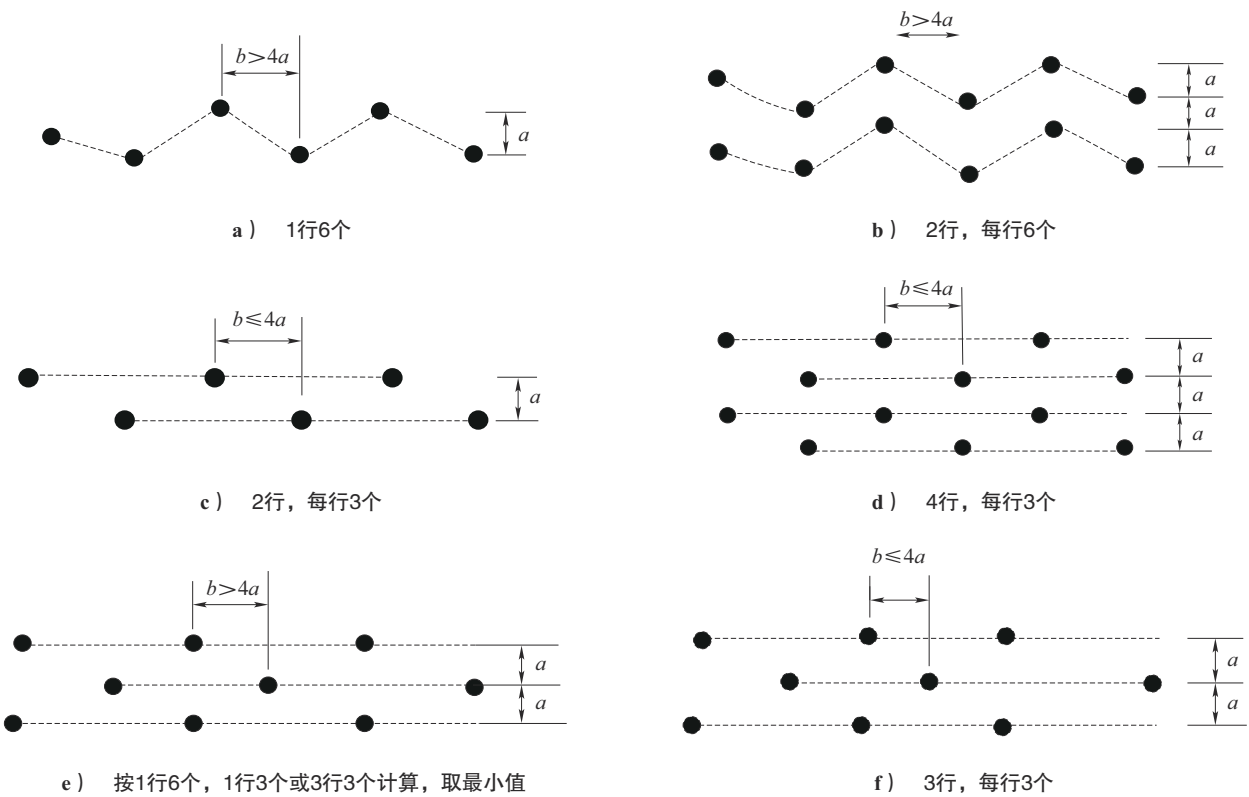


图 A.1 交错布置紧固件在每行中数量确定示意图

A.1.3 计算主构件截面面积 A_m 和侧构件截面面积 A_s 时,应采用毛截面的面积。当荷载沿横纹方向作用在工程竹构件上时,其等效截面面积等于工程竹构件的厚度与紧固件群外包宽度的乘积,见图 A. 2。当仅有一行紧固件时,该行紧固件的宽度等于顺纹方向紧固件间距要求的最小值。

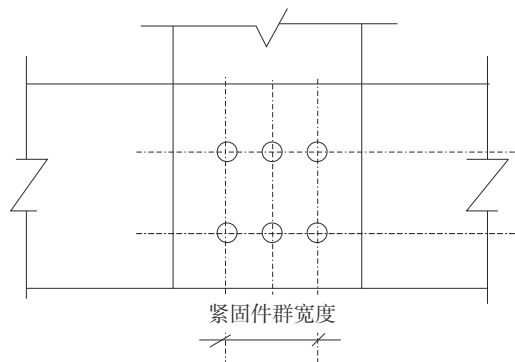


图 A.2 构件横纹荷载作用时截面宽度的确定

A.2 常用紧固件组合作用调整系数 k_g 值

A.2.1 当销轴类连接件直径 $D < 6.5$ mm时,组合作用调整系数 $k_g = 1.0$ 。

A.2.2 在工程竹构件连接中,当侧面构件为工程竹材时,常用紧固件的组合作用调整系数 k_g 见表 A.1。

表 A.1 螺栓和螺钉的组合作用系数 k_g (侧构件为工程竹材)

A_s/A_m	A_s mm ²	每排中紧固件的数量										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	3 225	0.98	0.92	0.84	0.75	0.68	0.61	0.55	0.50	0.45	0.41	0.38
	7 740	0.99	0.96	0.92	0.87	0.81	0.76	0.70	0.65	0.61	0.47	0.53
	12 900	0.99	0.98	0.95	0.91	0.87	0.83	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62
	18 060	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.83	0.79	0.76	0.72	0.69
	25 800	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75
	41 280	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.84	0.82
1	3 225	1.00	0.97	0.91	0.85	0.78	0.71	0.64	0.59	0.54	0.49	0.45
	7 740	1.00	0.99	0.96	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70	0.65	0.61
	12 900	1.00	0.99	0.98	0.95	0.92	0.89	0.86	0.82	0.78	0.75	0.71
	18 060	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77
	25 800	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82
	41 280	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88
当侧构件截面毛面积与主构件截面毛面积之比 $A_s/A_m > 1.0$ 时,应将 A_m 代替 A_s 采用 A_m/A_s 。												

A.2.3 在构件连接中,当侧面构件为钢材时,常用紧固件的组合作用调整系数 k_g 见表 A.2。

表 A.2 螺栓、螺钉的组合作用系数 k_g (侧构件为钢材)

A_s/A_m	A_s mm ²	每排中紧固件的数量										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	3 225	0.97	0.89	0.80	0.70	0.62	0.55	0.49	0.44	0.40	0.37	0.34
	7 740	0.98	0.93	0.85	0.77	0.70	0.63	0.57	0.52	0.47	0.43	0.40
	12 900	0.99	0.96	0.92	0.86	0.80	0.75	0.69	0.64	0.60	0.55	0.52
	18 060	0.99	0.97	0.94	0.90	0.85	0.81	0.76	0.71	0.67	0.63	0.59
	25 800	1.00	0.98	0.96	0.94	0.90	0.87	0.83	0.79	0.76	0.72	0.69
	41 280	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86	0.83	0.80	0.77
	77 400	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.87	0.85
	129 000	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90
18	3 225	0.99	0.93	0.85	0.76	0.68	0.61	0.54	0.49	0.44	0.41	0.37
	7 740	0.99	0.95	0.90	0.83	0.75	0.69	0.62	0.57	0.52	0.48	0.44
	12 900	1.00	0.98	0.94	0.90	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.60	0.56
	18 060	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89	0.85	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
	25 800	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.83	0.80	0.77	0.73
18	41 280	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.86	0.83	0.81
	77 400	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.88
	129 000	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92
24	25 800	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.89	0.86	0.83	0.79	0.76	0.72
	41 280	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.88	0.85	0.83	0.80
	77 400	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88
	129 000	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92
30	25 800	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.77	0.73	0.69	0.65
	41 280	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.83	0.80	0.77	0.73
	77 400	1.00	0.99	0.99	0.97	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.83
	129 000	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.90	0.89
35	25 800	0.99	0.97	0.94	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.60
	41 280	1.00	0.98	0.96	0.94	0.91	0.87	0.84	0.80	0.76	0.73	0.69
	77 400	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.92	0.90	0.88	0.85	0.82	0.79
	129 000	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86
42	25 800	0.99	0.97	0.93	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.63	0.59	0.55
	41 280	0.99	0.98	0.95	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
	77 400	1.00	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.81	0.78	0.75
	129 000	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.83
50	25 800	0.99	0.96	0.91	0.85	0.79	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51
	41 280	0.99	0.97	0.94	0.90	0.85	0.81	0.76	0.72	0.67	0.63	0.59
	77 400	1.00	0.98	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.81	0.78	0.74	0.71
	129 000	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.79

附 录 B
(规范性)
工程竹结构制作安装允许误差

B.1 工程竹结构梁和柱的制作误差,应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 工程竹结构梁和柱制作允许偏差

项次	项目		允许偏差/mm	检验方法	
1	工程竹构件截面尺寸	工程竹构件截面的高度、宽度	±3	钢尺量	
2	工程竹构件长度	长度不大于 15 m	±10	钢尺量桁架支座节点中心 间距,梁、柱全长	
		长度大于 15 m	±15		
3	受压或压弯工程竹构件 纵向弯曲	工程竹构件	$L/500$	拉线钢尺量	
4	支座节点受剪面	长度	±10	钢尺量	
		宽度	±3		
5	螺栓中心间距	进孔处	±0.2 <i>d</i>		
		开孔处	垂直于工程竹材 纹理方向		±0.5 <i>d</i> 且不大于 4 $B/100$
			平行于工程竹材 纹理方向		±1 <i>d</i>
6	钉进孔处的中心间距		±1 <i>d</i>	—	
注： <i>d</i> 为螺栓或钉的直径; <i>L</i> 为工程竹构件长度; <i>B</i> 为板的总厚度。					

B.2 工程竹结构梁和柱的安装误差,应符合表 B.2 的规定。

表 B.2 工程竹结构梁和柱安装允许偏差

项次	项目	允许偏差/mm	检验方法
1	结构中心线的间距	±20	钢尺量
2	垂直度	$H/200$ 且不大于 15	吊线钢尺量
3	受压或压弯工程竹构件纵向弯曲	$L/300$	吊(拉)线钢尺量
4	支座轴线对支承面中心位移	±10	钢尺量
5	支座标高	±5	用水准仪
注： <i>H</i> 为柱的高度; <i>L</i> 为工程竹构件长度。			

附录 C

(资料性)

受弯工程竹构件力学性能检验方法

C.1 一般规定

本检验方法适用于工程竹材制作的受弯构件(梁、工字形搁栅等)的力学性能检验,可根据受弯构件在设计规定的荷载效应标准组合作用下工程竹构件未受损伤和跨中挠度实测值判定。

C.2 取样方法、数量及几何参数

C.2.1 在进场的同一批次、同一工艺制作的同类型受弯工程竹构件中应随机抽取3根作试件。当同类型的工程竹构件尺寸规格不同时,试件应在受荷条件不利或跨度较大的工程竹构件中抽取。

C.2.2 试件的工程竹材含水率不应大于15%。

C.2.3 量取每根受弯工程竹构件跨中和距两支座各500 mm处的工程竹构件截面高度和宽度,应精确至±1.0 mm,并应以平均截面高度和宽度计算工程竹构件截面的惯性矩;工字形搁栅应以产品公称惯性矩为计算依据。

C.3 试验装置与试验方法

C.3.1 试件应按设计计算跨度(l_0)简支地安装在支墩上(图 C.1)。滚动铰支座滚直径不应小于60 mm,垫板宽度应与工程竹构件截面宽度一致,垫板长度应由工程竹材局部横纹承压强度决定,垫板厚度应由钢板的受弯承载力决定,但不应小于8 mm。

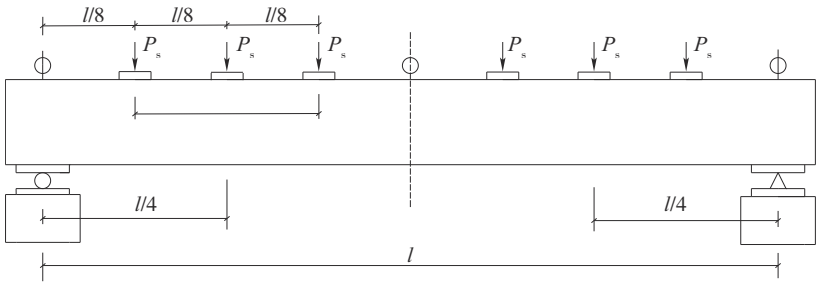


图 C.1 受弯构件试验

C.3.2 当工程竹构件截面高宽比大于3时,应设置防止工程竹构件发生侧向失稳的装置,支撑点应设在两支座和各加载点处,装置不应约束工程竹构件在荷载作用下的竖向变形。

C.3.3 当工程竹构件计算跨度 $l_0 \leq 4$ m 时,应采用两集中力四分点加载;当 $l_0 > 4$ m 时,应采用四集中力八分点加载。两种加载方案的最大试验荷载(检验荷载 P_{\max} ,含构件及设备重力)应按下列公式计算:

$$P_{\max} = \frac{4M_s}{l_0} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$P_{\max} = \frac{2M_s}{l_0} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

M_s ——设计规定的荷载效应标准组合，单位为牛毫米（N·mm）。

C.3.4 荷载应分五相同等级，应以相同时间间隔加载至试验荷载 P_{\max} ，并应在 10 min 之内完成。实际加载量应扣除构件自重和加载设备的重力作用。加载误差不应超过 $\pm 1\%$ 。

C.3.5 工程竹构件在各级荷载下的跨中挠度，应通过在工程竹构件的两支座和跨中位置安装的 3 个位移计测定。当位移计为百分表时，其准确度等级应为 1 级；当采用位移传感器时，准确度不应低于 1 级，最小分度值不宜大于试件最大挠度的 1%；应快速记录位移计在各级试验荷载下的读数，或采用数据采集系统记录荷载和各位移传感器的读数，同时应填写表 C.1；应仔细检查各级荷载作用下，工程竹构件的损伤情况。

表 C.1 位移计读数记录

委托单位		委托日期		构件名称				试验日期				
试件含水率		截面尺寸		荷载效应标准组合/ N·mm				见证号				
No.	荷载级别	加载时间 测读时间	百分表 1			百分表 2			百分表 3			损伤记录
	每级荷载		A_{1i}	ΔA_{1i}	$\Sigma \Delta A_{1i}$	A_{2i}	ΔA_{2i}	$\Sigma \Delta A_{2i}$	A_{3i}	ΔA_{3i}	$\Sigma \Delta A_{3i}$	
1												
2												
3												
...												
N												
记录：						审核：						

C.4 跨中实测挠度计算

C.4.1 各级荷载作用下的跨中挠度实测值 ω_i ，应按下式计算：

$$\omega_i = \sum \Delta A_{2i} - \frac{1}{2} (\sum \Delta A_{1i} + \sum \Delta A_{3i}) \dots\dots\dots (C.3)$$

C.4.2 荷载效应标准组合作用下的跨中挠度 ω_s ，应按下式计算：

$$\omega_s = \left(\omega_5 + \omega_3 \frac{P_0}{P_3} \right) \eta \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

ω_5 ——第五级荷载作用下的跨中挠度，单位为毫米（mm）；

ω_3 ——第三级荷载作用下的跨中挠度，单位为毫米（mm）；

P_3 ——第三级时外加荷载的总量（每个加载点处的三级外加荷载量），单位为牛（N）；

P_0 ——构件自重和加载设备自重按弯矩等效原则折算至加载点处的荷载，单位为牛（N）；

η ——荷载形式修正系数，当设计荷载简图为均布荷载时，对两集中力加载 $\eta=0.91$ ，四集中力加载方案为 1.0，其他设计荷载简图可按材料力学以跨中弯矩等效挠度计算公式换算。

C.5 判定规则

C.5.1 试件在加载过程中不应有新的损伤出现,同时应用3个试件中跨中挠度实测值中的最大值与本文件规定的允许挠度比较,符合要求者应为合格。试验跨度 l_0 未取实际构件跨度时,应以实测挠度平均值与理论计算值的比较结果为评定依据。

C.5.2 受弯工程竹构件挠度理论计算值应以C.2.3获得的构件截面尺寸、所采用的试验荷载简图、外加荷载量(P_{\max} 中扣除试件及设备自重)和设计文件表明的材料弹性模量,按工程力学计算原则计算确定,实测挠度平均值应取按式(C.3)计算的挠度平均值。

附 录 D
(资料性)
竹材含水率检验方法

D.1 一般规定

D.1.1 本检验方法适用于工程竹材进场后工程竹构件加工前的工程竹材和已制作完成的工程竹构件的含水率测定。

D.1.2 工程竹材宜采用烘干法(重量法)测定,工程竹构件亦可采用电测法测定。

D.2 取样及测定方法

D.2.1 烘干法测定含水率时,应从每检验批同一工程竹材的中随机抽取5根工程竹材作试材,每根试材应在距端头200 mm处沿截面均匀地截取5个尺寸为20 mm×20 mm×20 mm的试样,应按GB/T 1931的有关规定测定每个试件中的含水率。

D.2.2 电测法测定含水率时,应从检验批的同一规格的工程竹构件或其他工程竹竹构件随机抽取5根为试材,应从每根试材距两端200 mm起,沿长度均匀分布地取三个截面。

D.2.3 电测仪器应由当地计量行政部门标定认证。测定时应严格按仪表使用要求操作,并应正确选择竹材的密度和温度等参数,测定深度不应小于30 mm,且应采取将其测量值调整至截面平均含水率的可靠方法。

D.2.4 烘干法应以每根试材的5个试样平均值作为该试材含水率,电测法应以5根试材中的含水率最大值作为该批竹料的含水率,并不应大于本文件有关工程竹材含水率的规定。

附 录 E

(资料性)

竹集成材和竹重组材的强度与弹性模量

E.1 竹集成材的强度标准值和弹性模量应按表 E.1 的规定取值。竹重组材的强度标准值和弹性模量应按表 E.2 的规定取值。

表 E.1 竹集成材强度标准值和弹性模量

单位为牛每平方米

强度等级	强度标准值					弹性模量 E
	抗弯 $f_{m,k}$	顺纹抗压 $f_{c,0,k}$	顺纹抗拉 $f_{t,k}$	顺纹抗剪 $f_{v,k}$	横纹承压 $f_{c,90,k}$	
B _L 40	40	28	36	6	10	6 000
B _L 50	50	35	45	6	10	6 200
B _L 60	60	42	54	7	12	6 600
B _L 70	70	49	63	8	13	7 200
B _L 80	80	56	72	8	15	7 600
B _L 90	90	63	81	9	16	8 200
B _L 100	100	70	90	10	17	9 200
B _L 110	110	77	100	10	18	10 000

表 E.2 竹重组材强度标准值和弹性模量

单位为牛每平方米

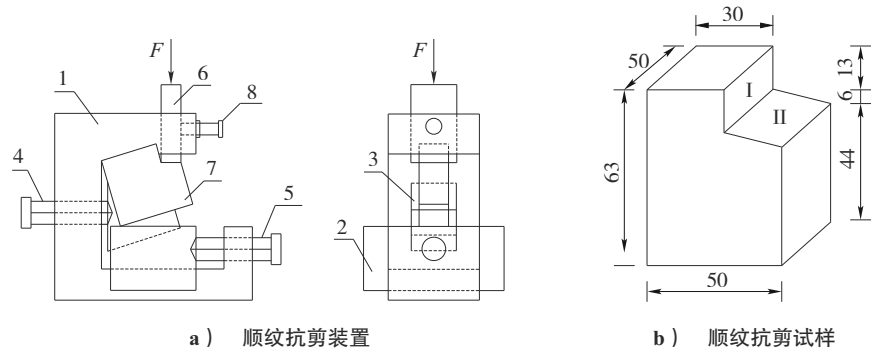
强度等级	强度标准值					弹性模量 E
	抗弯 $f_{m,k}$	顺纹抗压 $f_{c,0,k}$	顺纹抗拉 $f_{t,k}$	顺纹抗剪 $f_{v,k}$	横纹承压 $f_{c,90,k}$	
B _P 40	40	32	38	8	18	6 200
B _P 50	50	40	48	8	18	6 600
B _P 60	60	48	56	9	20	6 800
B _P 70	70	56	66	9	20	7 800
B _P 80	80	64	75	10	22	8 600
B _P 90	90	72	85	10	26	9 600
B _P 100	100	80	96	12	28	11 200
B _P 110	110	88	102	13	32	12 600
B _P 120	120	96	109	14	35	14 000

E.2 竹集成材和竹重组材的顺纹抗剪强度标准值宜采用图 E.1 所示的测试方法测试,且宜遵守以下步骤:

- a) 从尺寸为 50 mm×50 mm×63 mm 的工程竹块上根据图 E.1 刨切出顺纹剪切试样,以保证达到 50 mm×50 mm 的受剪面;

- b) 测量试样受剪面的长度与宽度,精确至0.1 mm;
- c) 将试样置于L形垫块上,再调整螺杆4与5,使试样顶端与Ⅰ面上部紧贴试验装置上部凹角的相邻两侧面,至试样不动为止,再将压块6置于试样斜面Ⅱ上,并使其侧面紧靠试验装置主体;
- d) 将装好试样的试验装置放在试验机上,使压块6的中心对准试验机压头的中心;
- e) 按0.6 mm/min的速度均匀加荷,直至试样破坏;
- f) 将试样破坏后的小块部分,立即按附录D的规定测定含水率。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1 —— 基座;
- 2 —— 可移动垫块;
- 3 —— L形垫块;
- 4、5、8 —— 调整螺杆;
- 6 —— 压块;
- 7 —— 试样。

图 E.1 顺纹抗剪强度测试方法

参 考 文 献

[1] GB 102 六角头木螺钉
[2] GB/T 5781 六角头螺栓 全螺纹 C级
[3] GB/T 5783 六角头螺栓 全螺纹
[4] GB/T 20666 统一螺纹 公差
[5] GB/T 20667 统一螺纹 极限尺寸
[6] GB/T 20668 统一螺纹 基本尺寸
[7] GB/T 20669 统一螺纹 牙型
[8] GB/T 20670 统一螺纹 直径与牙数系列
[9] GB/T 27704 钢钉
[10] GB/T 36394 竹产品术语
[11] GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
[12] GB/T 50329 木结构试验方法标准
[13] GB/T 50708 胶合木结构技术规范
[14] GB 55005 木结构通用规范
[15] LY/T 3194 结构用重组竹
