

**LY**

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3141—2019

---

## 古建筑木构件安全性鉴定技术规范

Technical code on appraisal rating for wooden member of ancient timber building

(发布稿)

2019 - 10 - 23 发布

2020 - 04 - 01 实施

---

国家林业和草原局

发布

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国木材标准化技术委员会结构用木材分技术委员会（SAC/TC41/SC4）提出并归口。

本标准起草单位：中国林业科学研究院木材工业研究所、山西省古建筑维修质量监督站、中国文化遗产研究院、北京交通大学、北京古代建筑研究所、北京市建筑工程研究院有限责任公司、科学技术部火炬高技术产业开发中心、广东润成创展木业有限公司。

本标准主要起草人：周海滨、王卫滨、永昕群、杨娜、张涛、宋慧杰、陈勇平、钟永、王双永、武国芳、娄万里、关润开。

# 古建筑木构件安全性鉴定技术规范

## 1 范围

本标准规定了古建筑木构件安全性鉴定的术语和定义、基本规定、残损勘查项目和承载能力验算项目的鉴定评级。

本标准适用于以下建筑的木构件安全性检查与鉴定：

- a) 被各级政府核定公布为文物保护单位的木结构古建筑；
- b) 尚未核定公布为文物保护单位，但被区、县级政府文物行政部门登记公布为不可移动文物的木结构古建筑；
- c) 尚未列为不可移动文物，但经各级政府确定公布为历史建筑的木结构古建筑；
- d) 尚未确定公布为历史建筑，但确有保护价值的木结构古建筑。

## 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/T 28990 古建筑木构件内部腐朽与弹性模量应力波无损检测规程

GB 50005 木结构设计标准

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50165 古建筑木结构维护与加固技术规范

GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准

LY/T 2146 古建筑木构件的非破坏性检测方法及其腐朽分级

## 3 术语和定义

GB 50165界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**木结构古建筑** ancient timber building

以木构件为主要竖向承重构件的历代留传下来的对研究社会政治、经济、文化传承有价值的建筑物。

### 3.2

**木构件** wood unit

古建筑木构架中的单一或组合构件。

### 3.3

**主要构件** dominant member

其自身失效将导致相关构件失效，且危及结构系统安全的构件。

### 3.4

**一般构件** common member

其自身失效不会导致主要构件失效，且不危及结构系统安全的构件。

## 4 基本规定

### 4.1 鉴定对象

在下列情况下，应对古建筑木构件进行安全性鉴定：

- 1) 重点维修工程中的主要木构件；
- 2) 定期监测的木构件；
- 3) 改变用途或使用条件的木构件；
- 4) 使用过程中发现安全问题的木构件；
- 5) 遭受地震、风灾、水灾、火灾、雷击等较大灾害作用的木构件；
- 6) 有特殊使用要求的木构件。

### 4.2 鉴定程序

4.2.1 古建筑木构件安全性鉴定应按下列程序进行：

- 1) 受理委托：根据委托人要求，确定木构件安全性鉴定目的、内容和范围。
- 2) 初步调查：收集分析古建筑原始资料，包括图纸资料、建筑物历史、以往修缮资料，并进行现场踏查。
- 3) 检测验算：对古建筑木构件状态进行现场检测，包括：构件测量、变形测量、残损检查、树种鉴定、材料性能测试等，必要时，采用仪器测试和结构验算。
- 4) 等级判定：对调查和检测验算的数据资料进行全面分析，综合其安全性等级。
- 5) 处理建议：对被鉴定的古建筑木构件提出原则性的处理建议。
- 6) 出具报告。

### 4.3 鉴定要求

4.3.1 古建筑木构件安全性鉴定分两个层次，每个层次的等级划分及评级标准见表 1。

表 1 木构件安全性鉴定评级的层次、等级及标准

层次	鉴定对象	等级	评级标准
一	勘查项目	a'	未见残损点，或原有残损点已得到修复
		b'	仅发现有轻度残损点或疑似残损点，但尚不影响安全
		c'	有中度残损点，已影响该项目的安全
		d'	有重度残损点，将危及该项目的安全
二	单个构件	a	安全性符合本标准 a 级的要求，具有足够的承载能力
		b	安全性略低于本标准 a 级的要求，尚不显著影响承载能力
		c	安全性不符合本标准 a 级的要求，显著影响承载能力
		d	安全性极不符合本标准 a 级的要求，已严重影响承载能力

4.3.2 当木构件的安全性按残损勘查项目的评级结果进行评定时，应按表 2 确定该构件的残损等级。

表 2 承重构件残损等级评定标准

等级	分级标准
a	构件应勘查项目中全为 a'级；或者无 c'级和 d'级，仅个别为 b'级
b	构件应勘查项目中无 c'级和 d'级，且 b'级多于 a'级
c	构件应勘查项目中最低等级为 c'级
d	构件应勘查项目中最低等级为 d'级；或者无 d'级，但 c'级多于 50%

4.3.3 当承重木构件及其连接的安全性按承载能力判定时，应按表 3 规定，分别判定每一验算项目的等级，并取其中最低一级作为构件承载能力的安全性等级。

表3 按承载能力评定承重构件及其连接安全性等级

构件类别	R/γ₀S			
	a级	b级	c级	d级
主要构件及连接	≥1.0	≥0.95	≥0.90	<0.90
一般构件	≥1.0	≥0.90	≥0.85	<0.85

注：表中R和S分别为结构构件的抗力和作用效应，按照GB 50009和GB 50292确定；γ₀为结构重要性系数，世界文化遗产地及全国重点文物保护单位的建筑取1.1，其它建筑取1.0。

4.3.4 按残损勘查项目和承载能力验算项目，分别评定木构件的残损等级和承载能力等级，并取其中较低一级作为木构件最终的安全性等级。

4.3.5 木构件的安全性等级，应作为该构件维修加固处理的判定依据。不同等级构件的处理要求见表4。

表4 木构件基于安全性等级的处理要求

安全性等级	处理要求
a	不必采取措施
b	可不采取措施
c	可采取措施
d	必须立即采取措施

## 5 残损勘查项目的鉴定评级

5.1 古建筑木构件勘查项目的残损点，应按其对结构、构件安全性的影响程度划分为a'级、b'级、c'级和d'级。对a'级和b'级可由鉴定人员根据实际完好情况作出判断，c'级和d'级宜由鉴定人员根据实际严重程度进行判定。

5.2 古建筑承重木柱的残损点，应按表5进行判定。

表5 承重木柱残损点评定标准

项次	勘查项目	勘查内容	c'级或d'级
1	材质情况	天然缺陷	在关键受力部位，木节、斜纹理或干缩裂缝中任一缺陷特征尺寸超出表6的限值，且有其它残损
2		腐朽	当仅有表层腐朽和老化变质时， $\rho > 1/5$ 或按剩余截面验算不合格
			当仅有心腐时， $\rho > 1/7$ 或按剩余截面验算不合格
		虫蛀	同时存在心腐、表层腐朽和老化
3	柱身损伤	裂纹	虫蛀孔洞；或未见孔洞，敲击有空鼓音
4	柱身弯曲	侧向弯曲矢高 $\delta$	在柱长的范围内有断裂、劈裂或压皱迹象出现
5	柱脚与柱础抵承状况	底面与柱础间实际抵承面积与柱脚处柱的原截面面积之比	$\delta > L_d/250$
		偏心验算	小于 3/5
6	柱础错位	柱与柱础之间错位量与柱径（或柱截面）沿错位方向的尺寸之比	若柱子为偏心受压构件，尚应确定实际抵承面中心对柱轴线的偏心距及其对原偏心距的影响。按偏心验算不合格。
			大于 1/6

7	历次加固情况	原墩接的完好程度	柱身有新的变形或变位，或榫卯已脱胶、开裂，或铁箍已松脱
		原灌浆效果	原灌浆浆体与木材粘结状况不良，浆体干缩，敲击有空鼓音；柱身有明显的压皱或变形现象
		原挖补部位的完好程度	已松动，脱胶，或又发生新的腐朽
注： $\rho$ 为在任一截面上，腐朽和老化变质（两者合计）所占面积与整截面面积之比； $L_0$ 为柱的无支长度。			

表 6 天然缺陷评定标准

项次	天然缺陷		原木构件		方木构件	
			受弯构件或压弯构件	受压构件或次要受弯构件	受弯构件或压弯构件	受压构件或次要受弯构件
1	节子	在构件任一面（或沿周长）任何150mm长度所有木节尺寸的总和应不大于所在面宽（所在部位原木周长）的	2/5	2/3	1/3	2/5
		每个木节的最大尺寸应不大于所测部位原木周长的	1/5	1/4	—	—
2	斜纹理	任何 1m 材长上平均倾斜高度应不大于	80mm	120mm	50mm	80mm
3	干缩裂缝	在连接部位的受剪面上	不允许	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（有对面裂缝时用两者之和）应不大于	直径的 1/4	直径的 1/2	材宽的 1/4	材宽的 1/3
4	年轮宽度	应不大于	4mm	4mm	4mm	4mm

5.3 古建筑承重木梁、枋的残损点，应按表 7 进行判定。

表 7 承重木梁、枋残损点评定标准

项次	勘查项目	勘查内容	c' 级或 d' 级
1	材质缺陷	腐朽	当仅有表层腐朽和老化变质时，对梁身 $\rho > 1/8$ 或按剩余截面验算不合格
			端部（支承范围内）有表层腐朽和老化变质时，不论 $\rho$ 大小，均视为残损点
		虫蛀	存在心腐，不论 $\rho$ 大小，均视为残损点
		天然缺陷	虫蛀孔洞；或未见孔洞，敲击有空鼓音
			在关键受力部位，节子、斜纹理或干缩裂缝等任一缺陷超出表 6 的限值，且有其它残损
2	弯曲变形	竖向挠度最大值 $\omega_1$ 或 $\omega_1'$	当 $h/L > 1/14$ 时， $\omega_1 > L^2/2100h$
			当 $h/L \leq 1/14$ 时， $\omega_1 > L/150$
			对 300 年以上梁、枋，若无其他残损，可按 $\omega_1' > \omega_1 + h/50$ 判定
		侧向弯曲矢高 $\omega_2$	$\omega_2 > L/200$



3	梁身受损	跨中断纹开裂	有裂纹，或未见裂纹，但梁的上表面有压皱迹象
		梁端劈裂（不包括干缩裂缝）	有受力或过度挠度引起的端裂或斜裂
		非原有的锯口、开槽或钻孔	按剩余截面验算不合格
4	历次加固情况	梁端原拼接加固完好程度	原拼接已变形，或已脱胶，或螺栓已松脱
		原灌浆效果	原灌浆浆体干缩，敲击有空鼓音，或梁身挠度增大
注： $\rho$ 为在任一截面上腐朽和老化变质（两者合计）所占面积与整截面面积之比； $L$ 为计算跨度； $b$ 为构件截面高度。			

5.4 斗拱有以下损坏，应视为残损点：

- 整攒斗拱明显变形、错位或扭转；
- 斗拱中受弯构件相对挠度已超过  $1/120$ ；
- 拱翘折断，小斗脱落，且每一枋下连续两处发生；
- 拱的扭曲超过  $3\text{mm}$ ，或斗的压陷超过  $3\text{mm}$ ；或有劈裂、偏斜、移位；
- 整攒斗拱的木材发生腐朽、虫蛀或者老化变质，并已影响斗拱受力；
- 柱头或转角处的斗拱有明显破坏迹象。

5.5 屋顶木构件残损点，应按表 8 进行判定。

表 8 屋顶构件残损点评定标准

项次	勘查项目	勘查内容	c' 级或 d' 级
1	椽条	材质	已成片腐朽或虫蛀，或者严重受潮
		挠度	大于椽跨的 $1/100$ ，并已引起屋面明显变形
		椽、檩间的连系	未钉钉，或者钉子已锈蚀
2	檩条	材质	按照表 7 评定
		跨中最大挠度 $\omega_1$	当 $L \leq 3\text{m}$ 时， $\omega_1 > L/100$
			当 $L > 3\text{m}$ 时， $\omega_1 > L/120$
		多数檩条挠度较大而导致漏雨，则不论 $\omega_1$ 大小多少，均视为残损点	
檩条支承长度 $a$	支承在木构件上， $a < 60\text{mm}$		
		支承在砌体上， $a < 120\text{mm}$	
		檩条受力状态	檩端脱榫，或者檩条外滚，或檩与梁间无锚固
3	瓜柱、角背驼峰	材质	有腐朽或虫蛀
		构造完好程度	有倾斜、脱榫或劈裂
4	翼角、角梁、由戗	材质	有腐朽或虫蛀
		角梁后尾的固定部位	无可靠拉结
		角梁后尾、由戗端头的损伤程度	已劈裂或折断
		翼角、檐头受力状态	已明显下垂
注： $L$ 为檩条计算跨度。			

5.6 楼层木构件残损点，应按表 9 进行判定。

表 9 楼层构件残损点评定标准

项次	勘查项目	勘查内容	c' 级或 d' 级
1	楼楞 ( 搁栅 )	材质	按照表 7 评定
		竖向挠度最大值 $\omega_1$	$\omega_1 > L/180$ , 或体感震动严重
		侧向弯曲矢高 $\omega_2$ ( 原木搁栅不检查 )	$\omega_2 > L/200$
		端部榫卯状况	无可靠锚固, 且支承长度小于 60mm
2	楼板	木材腐朽及板面破损状况	已不能起加强楼盖水平刚度作用

注:  $L$  为搁栅计算跨度。

## 6 承载能力验算项目的鉴定评级

6.1 验算结构或构件的承载力时, 应遵守下列规定:

- 结构构件验算采用的结构分析方法应参照国家现行设计规范的规定;
- 结构构件验算使用的计算模型, 应符合其实际受力与构造状况;
- 结构上的荷载应按 GB 50165 的规定执行;
- 木材强度等级应按照附录 A 确定;
- 结构或构件的几何参数应现场实测, 含材质缺陷的木构件的有效截面面积应按照附录 B 确定。

6.2 梁、柱构件应按 GB 50005 的有关规定验算其承载能力, 并应遵守下列规定:

- 当梁过度弯曲时, 梁的有效跨度应按支座与梁的实际接触状况确定, 并应考虑支座传力偏心对支承构件受力的影响;
- 柱应按两端铰接计算, 计算长度取侧向支承间的距离, 对截面尺寸有变化的柱可按中间截面尺寸验算;
- 若原有构件已部分缺损或腐朽, 应按剩余的有效截面进行验算。

6.3 验算古建筑木结构时, 其木材设计强度和弹性模量应符合下列规定:

- 应按 GB 50005 的规定执行, 并乘以结构重要性系数 0.9; 有特殊要求另定。
- 对外观已显著变形或木质已老化的构件, 还应乘以表 10 中规定的调整系数。
- 对仅以恒载作用验算的构件, 还应乘以 GB 50005 中规定的调整系数。

表 10 考虑长期荷载作用和木质老化的调整系数

建筑物修建距今的时间 ( 年 )	调整系数		
	顺纹抗压设计强度	抗弯和顺纹抗剪设计强度	弹性模量和横纹承压设计强度
100	0.95	0.9	0.9
300	0.85	0.8	0.85
>500	0.75	0.7	0.75

注: 当表中年数介于所列数值之间, 可按线性内插法确定其调整系数取值。



**附录 A**  
(资料性附录)  
木材强度等级的确定

A.1 木材强度等级可按以下步骤确定:

- a) 鉴定木构件所用木材的树种,按照 GB50005 中木材树种与强度等级对应表,确定其强度等级。
- b) 按照 GB/T 28990 纵向应力波无损检测方法确定木构件的弹性模量,再推导确定其他力学指标,综合确定其强度等级。若木构件长度不足 1m 时,可不做应力波无损检测。
- c) 取以上最低一级作为该构件所用木材的强度等级。

A.2 木构件所用木材的树种鉴定取样应避免对木构件产生新的力学损伤,且取样大小在满足鉴定要求的基础上尽可能小。

A.3 应力波无损检测木构件弹性模量

A.3.1 沿木构件顺纹方向布置探针测点,两探针与木构件表面呈 45° 夹角嵌入,嵌入方向相对且在同一轴面上。

A.3.2 如木构件表面有地杖层,探针应嵌入地杖层以下。

A.3.3 两个探针测点的间距应不小于 1m。

A.3.4 每个木构件沿周身应至少检测 2 处测区位置,每个测区探针之间应无 c'级或 d'级的材质缺陷。

A.3.5 通过应力波的传播速度计算确定木构件的弹性模量,取其中最低的弹性模量值作为该构件的弹性模量。

A.3.6 应力波确定弹性模量用到的木材平均密度  $\rho_{\text{木}}$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 可通过阻抗仪(推荐型号 RESISTOGRAPH 4453-S)测得的阻抗值来计算确定。阻抗仪应在木构件的非残损部位,按垂直于木构件打入,阻抗值应取整个检测路径的平均值。参考关系式:松木,  $\rho_{\text{木}}=0.0066 \cdot \text{RM}-0.23$ ; 杨木,  $\rho_{\text{木}}=0.0061 \cdot \text{RM}-0.27$ 。

A.3.6 其它力学设计指标参考以下公式确定:

$$F_m=(\text{MOE}-4500)/300$$

$$F_t=0.64(F_m)$$

$$F_{c,0}=2.1(F_m)-5.6 \times 10^{-2}(F_m)^2+5.6 \times 10^{-4}(F_m)^3$$

$$F_v=0.24(F_m)-5.2 \times 10^{-5}(F_m)^2+5.0 \times 10^{-3}(F_m)^3$$

$$F_{c,90}=25.5(\rho_{\text{木}})-5.61$$

式中: MOE, 弹性模量, MPa;  $F_t$ , 抗弯强度, MPa;  $F_{c,0}$ , 顺纹承压强度, MPa;  $F_v$ , 顺纹抗剪强度, MPa;  $F_{c,90}$ , 横纹承压强度, MPa。

## 附录 B

(资料性附录)

### 木构件材质缺陷无损检测

B.1 木构件材质缺陷检测应按如下步骤进行:

a) 首先利用小锤敲击木构件表面, 确定木构件是否存在疑似缺陷, 并初步判断在木构件中的大致位置;

b) 如外部疑似缺陷, 采用 Pilodyn 探针法对疑似缺陷进行确认; 若内部疑似缺陷, 利用超声波或应力波对木构件进行断面检测, 对疑似缺陷进行确认;

c) 确认缺陷具体位置后, 采用阻抗仪对缺陷进行边界确定。

B.2 外部疑似缺陷检测

B.2.1 在疑似缺陷部位, 按照 LY/T 2146 中的 Pilodyn 探针法检测, 探针打入深度增加率不为零, 即可判定为材质缺陷外围区域。

B.2.2 确认缺陷后, 应采用阻抗仪检测出缺陷最大深度。阻力值降低率不为零的区域, 即可判定为缺陷深入区域。

B.3 内部疑似缺陷检测

B.3.1 方木构件

B.3.1.1 在疑似缺陷部位附近, 选取不同的断面依次进行超声波检测, 每层断面间距宜在 50-100mm 之内。

B.3.1.2 对于每一个断面, 在木构件四面布置测点, 测点上下和前后对称分布, 同侧测点等距分布, 间距不大于 50mm。将对称的测点连线即可实现木构件断面的虚拟网格化。

B.3.1.3 检测对称测点之间的超声波波速值, 将波速值绘制在网格化图上, 形成波速分布图, 初步确认材质缺陷类型及大概位置。

B.3.1.4 确认缺陷后, 应采用阻抗仪在超声波检测断面外围, 根据检测目标选择不同检测点和方位, 水平打入探针, 反复多次检测出缺陷的最大轮廓。

B.3.1.5 检测断面的数量应视检测结果而定。将不同断面的缺陷最大轮廓比较, 取其中最大值作为有效截面计算的依据。

B.3.2 原木构件

B.3.2.1 在疑似缺陷部位附近, 选取不同的断面依次进行二维应力波检测, 每层断面间距宜在 50-100mm 之内。

B.3.2.2 应力波探头数应不低于 6 个。

B.3.2.3 在同一断面位置应检测 2 次以上, 每次检测时应力波传感器的放置方位应不同。

B.3.2.3 如多次应力波分布图中的缺陷图位均为重合或接近重合, 即可判定该区域为材质缺陷区域。

B.3.2.4 确认缺陷后, 应采用阻抗仪在超声波检测断面外围, 根据检测目标选择不同检测点和方位, 水平打入探针, 反复多次检测出缺陷的最大轮廓。

B.3.2.5 检测断面的数量应视检测结果而定。将不同断面的缺陷最大轮廓比较, 取其中最大值作为有效截面计算的依据。