

中国工程建设标准化协会标准

# 工程竹结构检测技术规程

Technical specification for testing of engineered bamboo structure

(征求意见稿)

主编单位：上海建科集团股份有限公司

南京林业大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

日 期：2021 年\*\*月\*\*日

## 前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017年第二批工程建设协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2017]031号）的要求，编制组经广泛调研，开展专题研究，认真总结工程实践经验，参考国内外相关标准和规范，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分9章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料性能检测、尺寸偏差与变形检测、缺陷检测、构件防护性能检测、连接节点性能检测、结构静力性能检测等。

本规程由中国工程建设标准化协会木材及复合材结构专业委员会归口管理，由上海建科集团股份有限公司负责解释。在执行本规程过程中，如有意见和建议，请寄送解释单位（地址：上海市宛平南路75号；邮编：200032；电子邮箱：[jgsrd@sribs.com.cn](mailto:jgsrd@sribs.com.cn)）。

主编单位：上海建科集团股份有限公司、南京林业大学

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

# 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>术语</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>基本规定</b> .....	<b>4</b>
3.1	检测范围与分类.....	4
3.2	检测程序与要求.....	5
3.3	检测方法与抽样方案.....	7
3.4	检测报告.....	8
3.5	检测人员与设备.....	9
<b>4</b>	<b>材料性能检测</b> .....	<b>10</b>
4.1	一般规定.....	10
4.2	材料物理性能检测.....	10
4.3	材料力学性能检测.....	11
<b>5</b>	<b>尺寸偏差与变形检测</b> .....	<b>12</b>
5.1	一般规定.....	12
5.2	尺寸偏差检测.....	12
5.3	变形检测.....	13
<b>6</b>	<b>缺陷检测</b> .....	<b>15</b>
6.1	一般规定.....	15
6.2	外观缺陷检测.....	15
6.3	腐朽和虫蛀检测.....	16
<b>7</b>	<b>构件防护性能检测</b> .....	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>连接节点性能检测</b> .....	<b>22</b>
8.1	螺栓连接检测.....	22
8.2	金属连接件检测.....	23
<b>9</b>	<b>结构静力性能检测</b> .....	<b>25</b>
	附录 A 钻入阻抗法检测胶合竹材缺陷方法.....	28
	本规程用词说明.....	31
	引用标准名录.....	32

## Contents

<b>1</b>	<b>General provisions.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Terms.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Basic requirements.....</b>	<b>4</b>
3.1	Scope and classification of testing.....	4
3.2	Procedures and requirements of testing.....	5
3.3	Testing method and sampling scheme.....	7
3.4	Test report.....	8
3.5	Test devices and testers.....	9
<b>4</b>	<b>Testing of material properties.....</b>	<b>10</b>
4.1	General requirements.....	10
4.2	Testing of material physical properties.....	10
4.3	Testing of material mechanical properties.....	11
<b>5</b>	<b>Inspection of dimension deviation and deformation.....</b>	<b>12</b>
5.1	General requirements.....	12
5.2	Inspection of dimension deviation.....	12
5.3	Inspection of deformation.....	13
<b>6</b>	<b>Inspection of defects.....</b>	<b>15</b>
6.1	General requirements.....	15
6.2	Inspection of appearance defects.....	15
6.3	Inspection of decays and insect attack.....	16
<b>7</b>	<b>Inspection of member protection performance.....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Inspection of joints.....</b>	<b>22</b>
8.1	Inspection of bolted connections.....	22
8.2	Inspection of metal connectors.....	23
<b>9</b>	<b>Inspection of structural static performance.....</b>	<b>25</b>
<b>Appendix A Inspection of laminated bamboo defect with drilling</b>		
	<b>resistance method.....</b>	<b>28</b>
<b>Explanation of wording in this specification.....</b>		<b>31</b>
<b>Lists of quoted standards.....</b>		<b>32</b>

# 1 总则

**1.0.1** 为了规范工程竹结构检测工作程序，合理选择检测方法，使其技术先进、数据可靠，正确评定结构性能，保证检测工作质量，制定本规程。

[条文说明] 本条主要阐明编制本规程的宗旨，本规程将为工程竹结构工程质量的评定和已建工程竹结构性能的鉴定提供可靠的检测数据和检测结论。

**1.0.2** 本规程适用于各类工程竹结构的工程质量检测，以及既有工程竹结构性能的检测。

[条文说明] 本条规定了本规程的适用范围。

**1.0.3** 工程竹结构的检测，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

[条文说明] 在工程竹结构的检测工作中，除执行本规程的规定外，尚应执行国家现行相关标准的规定，主要包括《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《木结构试验方法标准》GB/T 50329、《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206、《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《工程竹结构设计规程》T/CECS \*\*\*\*等。

## 2 术语

### 2.0.1 工程竹结构 engineered bamboo structure

采用工程竹作为主要承重构件所组成的结构。

### 2.0.2 工程竹结构检测 inspection of engineered bamboo structure

对工程竹结构实体实施的检查、检验和测试以及对从结构实体中取得的样品进行的检验和测试分析，包括现场原位检测和实验室检测。

### 2.0.3 随机抽样 random sampling

使检测批中每个个体具有相同被抽检概率的抽样方法。

### 2.0.4 无损检测方法 non-destructive testing method

在检测过程中不破坏工程竹结构原有特性、受力状况和最终用途的检测方法。

### 2.0.5 微损检测方法 micro-destructive testing method

在检测过程中对工程竹结构的原有特性、受力状况和最终用途有局部和暂时的影响，但可修复的检测方法。

### 2.0.6 钻入阻抗法 drilling resistance method

采用木材阻抗仪对材料进行检测，并通过钻入过程中材料阻抗变化对材料内部的腐朽虫蛀、裂缝等缺陷加以评定的方法。

[条文说明] 钻入阻抗法中使用到的木材阻抗仪 ( resistance determining instrument for wood ) 是指利用木材阻抗变化探测木材内部缺陷的仪器，主要由动力装置、传动装置、探针等核心部件和数据采集及显示系统、保护性装置等辅助部件组成，大量试验结果表明，其同样可以通过胶合竹材的阻抗变化来进行

胶合竹材内部缺陷的检测与评定。

钻入阻抗法中使用到的 45°钻孔适配器 ( 45°-adapter ) 是一种便于在倾斜位置进行材料检测的 45°钻孔装置, 该装置安装在木材阻抗仪前端并可拆卸。

#### **2.0.7 钻孔内窥镜法 drilled hole endoscope method**

在工程竹构件上钻出孔道, 通过内窥镜检测工程竹构件内部缺陷的方法。

#### **2.0.8 X 射线数字成像法 X-ray digital radiography method**

用 X 射线透照构件, 通过平板探测器接收图像信息并进行数字成像来检测构件裂缝和内部缺陷的方法。

#### **2.0.9 探针检测法 pin penetration testing method**

将微型探针打入内部, 根据进针深度的变化判断构件裂缝深度或内部缺陷的方法。

## 3 基本规定

### 3.1 检测范围与分类

**3.1.1** 工程竹结构的检测可分为在建工程竹结构工程的质量检测和既有工程竹结构工程的结构性能检测。

**3.1.2** 当遇到下列情况之一时，应按在建工程竹结构进行检测：

- 1 在工程竹结构材料检查或施工验收过程中需了解质量状况。
- 2 对施工质量或材料质量有怀疑或争议，需要通过检测进一步分析结构的可靠性。
- 3 发生工程事故，需要通过检测，分析事故的原因以及对结构可靠性的影响。

[条文说明] 本条规定了在建工程竹结构应进行检测的情况。

**3.1.3** 当遇到下列情况之一时，应按既有工程竹结构进行检测：

- 1 结构安全鉴定。
- 2 结构抗震鉴定。
- 3 结构大修前的可靠性鉴定。
- 4 建筑改变用途、改造、加层或扩建前的鉴定。
- 5 受到灾害、环境侵蚀等影响建筑的鉴定。
- 6 对既有工程竹结构的工程质量有怀疑或争议。

[条文说明] 本条规定了既有工程竹结构应进行检测的情况。既有工程竹结构在使用过程中，不仅需要常规的维护管理，还需要进行必要的检查、检测与维修，才能完成设计预期的功能，尤其是工程竹结构在长期使用过程中受到灾害、虫蛀、老化、腐朽等影响，或因改变用途面临改造需要鉴定。在做鉴定工作前需要对涉及结构性能的现状缺陷和损伤、结构构件材料强度及结构变形等进行检测，以便

了解结构的实际情况，为结构鉴定提供可靠依据。

**3.1.4** 工程竹结构的检测应根据本规程的要求和工程竹结构工程质量评定或既有工程竹结构性能鉴定的需要合理确定检测项目和检测方案。

[条文说明] 本条为确定工程竹结构检测项目和检测方案的基本原则。

## 3.2 检测程序与要求

**3.2.1** 工程竹结构检测工作的程序，宜按图 3.2.1 的框图进行。

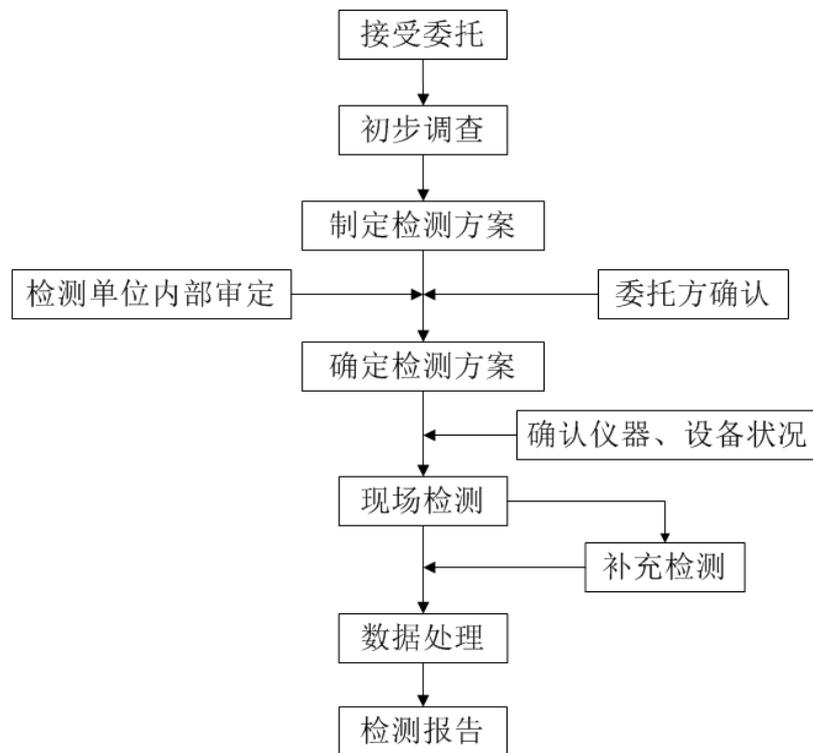


图 3.2.1 工程竹结构检测工作程序框图

[条文说明] 本条规定了工程竹结构检测工作的基本程序，对于一般工程竹结构检测本框图中的各个阶段是必不可少的。对于特殊情况的检测，则应根据检测目的确定其检测程序框图和相应的内容。

**3.2.2** 初步调查宜包括下列内容：

- 1 进一步明确委托方的检测目的和具体要求。
- 2 收集被检测工程竹结构的设计、施工和工程地质勘察报告等资料。
- 3 调查被检测工程竹结构的现状、环境条件、使用期间是否已进行过检测或维修加固情况以及用途与荷载等变更情况。

**[条文说明]** 了解工程竹结构的状况和收集有关资料，不仅有利于较好地制定检测方案，而且有助于确定检测工作的内容和重点。初步调查主要是与委托方探讨确定检测的目的、内容和重点，同时了解被检测工程竹结构的现状缺陷或使用期间的维修加固及用途与荷载等变更情况。

**3.2.3** 工程竹结构的检测项目应根据初步调查情况确定，并应制定相应的检测方案。检测方案宜包括下列内容：

- 1 概况，包括设计依据、结构形式、建筑面积、总层数，设计、施工及监理单位，建造年代等。
- 2 检测目的或委托方的检测要求。
- 3 检测依据，主要包括检测所依据的标准及有关的技术资料等。
- 4 检测项目和选用的检测方法以及检测的数量。
- 5 检测人员和仪器设备情况。
- 6 检测工作进度计划。
- 7 所需要的配合工作。
- 8 检测中的安全措施。
- 9 检测中的环保措施。

**[条文说明]** 工程竹结构的检测方案应根据检测的目的、结构现状的调查结果来确定，检测方案通常会作为检测合同的附件，应经过检测机构内部的评定，从而保证检测工作的准确与有效。

**3.2.4** 检测的原始记录数据应准确、字迹清晰、信息完整，不得追记、涂改，如有笔误，应进行杠改，并应由修改人签署姓名及日期。原始记录应由检测及审核

人员签字。

[条文说明] 本条规定了检测的原始记录要求。

**3.2.5** 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时，应进行补充检测。

[条文说明] 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时，应进行复测或补充检测，复测或补充检测应有必要的说明。

### 3.3 检测方法与抽样方案

**3.3.1** 工程竹结构的检测，应根据检测项目、检测目的、结构状况和现场条件选择适宜的检测方法。

**3.3.2** 现场检测宜优先选取对结构或构件无损伤的检测方法。当选用局部破损的取样检测方法或原位检测方法时，宜选择结构构件受力较小的部位，并不应损害结构的安全性。

[条文说明] 采用局部破损的取样方法和原位检测方法时，应注意不应构成结构或构件的安全问题。

**3.3.3** 工程竹结构现场检测可采取全数检测或抽样检测的方式。抽样检测时，宜采用随机抽样或约定抽样方法。

**3.3.4** 当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测方式：

- 1 外观缺陷或表面损伤的检查。
- 2 受检范围较小或构件数量较少。
- 3 构件质量状况差异较大。
- 4 灾害发生后对结构受损情况的识别。
- 5 委托方要求进行全数检测。

[条文说明] 本条规定了全数检测的适用情况。

**3.3.5** 工程竹结构的批量检测宜采取随机抽样的方法,遇有下列情况时可采用约定抽样的方法:

- 1 委托方限定了抽样范围。
- 2 避免检测过程中出现安全事故或结构的破坏,选择易于实施检测的部位或构件。
- 3 在有把握的前提下,选择同类构件中荷载效应相对较大和施工质量相对较差构件进行结构性能的实荷检验。
- 4 结构功能性检测且现场条件受到限制。

**[条文说明]** 本条规定了约定抽样的适用情况。

**3.3.6** 工程竹结构按检测批检测时,抽样检测的最小样本容量应满足现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定。

**3.3.7** 工程竹结构计数抽样检测时,应根据检测批中的不合格数,判断检测批是否合格。检测批的合格判定,应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的相关规定执行。

**3.3.8** 对批量构件材料性能的特征值或均值作出推定时,可采用计量抽样的方案并提供被推定值的推定区间,计量抽样方案样本容量  $n$ 、推定区间限制系数,以及推定区间的计算方法,可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的相关规定确定。

## 3.4 检测报告

**3.4.1** 检测报告应对所检测的项目作出是否符合设计文件要求或国家现行标准规定的结论,既有工程竹结构的结构性能检测报告应给出所检测项目的检测结论。

**[条文说明]** 为了使检测报告表达清楚和规范,检测报告应做到结论准确、用词

规范、文字简练，对于当事方容易混淆的术语和概念可书面予以解释。

**3.4.2** 检测报告宜包括下列内容：

- 1 委托单位名称。
- 2 建筑工程概况，包括工程名称、结构类型、规模、施工日期及现状等。
- 3 建设单位、设计单位、施工单位及监理单位名称。
- 4 检测原因、检测目的，以往检测情况概述。
- 5 检测项目、检测方法及依据的标准。
- 6 抽样方案及数量。
- 7 检测日期，报告完成日期。
- 8 检测项目中的主要分类检测数据和汇总结果，检测结论。
- 9 主检、审核和批准人员的签名。

## 3.5 检测人员与设备

**3.5.1** 工程竹结构检测所用的仪器、设备和量具应有产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定（校准）证书，并处于正常状态，仪器设备的精度应满足检测项目的要求。检测所用检测试剂应标明生产日期和有效期，并应具有产品合格证和使用说明书。

**3.5.2** 检测人员应经过培训取得上岗资格。

**3.5.3** 现场检测工作应由两名或两名以上检测人员承担。

[条文说明 3.5.2~3.5.3] 对实施结构检测的人员提出了资格和人数方面的要求。

## 4 材料性能检测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 力学性能现场检测测区或取样位置应布置在构件无缺陷、无损伤且具有代表性的部位；当构件存在的缺陷、损伤或性能劣化现象时，检测报告应予以描述。

[条文说明] 对工程竹构件的力学性能测试通常都是基于表面无损伤和缺陷的标准试件建立的，当用于表面有缺陷和损伤部位测试时，测试结果会有系统的测试不确定性或偏差。

**4.1.2** 当委托方有特定要求时，宜对缺陷、性能劣化或损伤部位工程竹构件的力学性能进行专项测试。

### 4.2 材料物理性能检测

**4.2.1** 采用烘干法测定含水率和密度时，取样方法应符合下列规定：

1 每栋建筑为一个检验批，取样时应覆盖柱、梁、椽等所有构件，一个检验批中每类构件取样数量不应少于 5 根，每类构件数量在 5 根以下时，应全部取样。

2 现场取样时应避免承重构件受损，尽量截取非承重部分构件或附属构件来代替试件，宜有相关资料表明截取试件与目标试件属于同一批构件、同一材质构件。

**4.2.2** 工程竹材的含水量测定方法可按现行国家标准《木材含水率测定方法》GB/T 1931 的规定进行。

**4.2.3** 工程竹材的密度测定方法可按现行国家标准《木材密度测定方法》GB/T 1933 的规定进行。

**4.2.4** 电测法测定含水率时，应从检验批的同一类构件中随机取样抽取5根为试材，应从每根试材距两端200mm处及中部设置测试部位，在每一个截面的四面中部应各测定含水率，取四个含水率测定值的平均值作为该截面的含水率，取各截面含水率的平均值作为该试材的含水率。

### **4.3 材料力学性能检测**

**4.3.1** 工程竹抗弯强度和抗弯弹性模量的检测方法可按现行国家标准《木材抗弯强度试验方法》GB/T 1936.1和《木材抗弯弹性模量测定方法》GB/T 1936.2的规定进行。

**4.3.2** 采用现场取样法进行工程竹材抗弯强度和抗弯弹性模量检测，应符合下列规定：

- 1** 每栋建筑为一个检验批，每个检验批中每类构件取样数量不宜少于3根，每类构件数量在3根以下时，应全部取样。
- 2** 在每根构件受力较小的部位切取3个抗弯强度试件为一组，抗弯强度和抗弯弹性模量测试可以用同一试样，先测定抗弯弹性模量，后测定抗弯强度。
- 3** 除了有特殊检测目的之外，试样应没有缺陷和损伤。

## 5 尺寸偏差与变形检测

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 工程竹构件尺寸偏差与变形检测可分为构件尺寸及偏差、倾斜、挠度等检测项目。

[条文说明] 参考木结构相关验收规范和鉴定标准的要求，对工程竹构件尺寸偏差与变形检测的检测项目提出要求。

**5.1.2** 尺寸偏差与变形检测时，应以整幢房屋的一个楼层或变形缝间的一个楼层为一个检验批，一个检验批中的抽样方法和判别规则应符合本规程 3.3 节的有关规定。

### 5.2 尺寸偏差检测

**5.2.1** 工程竹构件尺寸偏差检测设备应符合下列规定：

1 工程竹结构构件制作偏差检测可采用塞尺、靠尺、钢尺等进行检测，构件截面尺寸测量时，钢尺量程应大于所测构件最大截面尺寸。

2 用于工程竹构件制作偏差检测量具精度不应小于 1mm。

[条文说明] 本条规定了对工程竹构件尺寸偏差检测设备的有关要求。

**5.2.2** 工程竹构件截面尺寸及其偏差的检测应符合下列规定：

1 对于等截面构件和截面尺寸均匀变化的变截面构件，应分别在构件的中部和两端量取截面尺寸，取实测值作为构件截面尺寸的代表值。

2 对于截面尺寸不均匀变化的变截面构件，应选取构件端部、截面突变的位置量取截面尺寸，取构件尺寸实测最小值作为该构件截面尺寸的代表值。

3 应将每个测点的尺寸实测值与设计图纸规定的尺寸进行比较，计算每个测点尺寸偏差值。

[条文说明] 本条对工程竹构件截面尺寸及其偏差检查时的取样位置和测点尺寸等进行了相关规定。

**5.2.3** 批量构件截面尺寸及其偏差的检测应符合下列规定：

1 应将同一楼层或施工段中设计截面尺寸相同的同类型构件划分为同一检验批。

2 应在检验批中随机选取构件，抽样数量应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定。

3 应按照单个构件的截面尺寸及其偏差的检测要求对单个受检构件进行检测。

[条文说明] 本条对批量工程竹构件截面尺寸及其偏差检查时检验批的划分和抽样数量等进行了相关规定。

**5.2.4** 对于跨度较大的工程竹构件检测其尺寸及其偏差时，可采用水准仪或全站仪等仪器测量。

## 5.3 变形检测

**5.3.1** 工程竹结构或构件变形检测应符合下列规定：

1 变形检测可分为结构整体垂直度、构件垂直度、弯曲变形、跨中挠度等项目。

2 在对工程竹结构或构件进行变形检测前，宜先局部清除饰面层；当构件各测试点饰面层厚度接近，且不影响评定结果，可不清除饰面层。

[条文说明] 工程竹构件变形检测的主要项目，对于表面有较厚饰面层的构件宜清除饰面层后再进行检测。

**5.3.2** 工程竹结构或构件变形检测采用的主要设备应符合下列规定：

1 工程竹结构或构件变形检测可采用水准仪、全站仪等仪器。

2 用于工程竹结构或构件变形检测的测量仪器及其精度应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定，精度不应低于三级。

**5.3.3** 工程竹结构或构件倾斜可采用投点法、测水平角法、吊垂球法、激光扫描法等测量。

**5.3.4** 采用投点法或测水平角法测量工程竹结构整体或构件倾斜宜采用全站仪。

**5.3.5** 测量工程竹构件的挠度，宜采用全站仪或拉线法。挠度观测点应沿构件的轴线或边线布设，至少在两侧支座和跨中位置布置。

## 6 缺陷检测

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 工程竹构件的缺陷检测应包括外观缺陷、腐朽、虫蛀等项目，外观缺陷包括裂缝、翘曲、顺弯、扭曲和脱胶等。

[条文说明] 根据工程竹构件的特点和加工工艺，其缺陷检测分为外观缺陷检测以及腐朽、虫蛀等内部缺陷检测。

**6.1.2** 工程竹构件的外观缺陷可按现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的有关规定进行分类并判定其严重程度。

**6.1.3** 对承重用工程竹构件的缺陷应逐根进行检测。

[条文说明] 既有工程竹结构经过施工质量验收，其构件一般是经过缺陷检测的，当抽样检测发现工程竹构件存在缺陷，超出相应规范的限制时，应逐根进行检测。

### 6.2 外观缺陷检测

**6.2.1** 现场检测时，宜对受检范围内构件外观缺陷进行全数检查；当不具备全数检查条件时，应注明未检查的构件或区域。

**6.2.2** 工程竹构件的裂缝和脱胶，裂缝深度可采用探针检测，裂缝宽度可采用裂缝塞尺检测，裂缝长度可采用钢尺量测。

[条文说明] 本条给出了工程竹构件裂缝的检测方法，脱胶表现为胶层裂缝，可与构件裂缝采用相同的检测方法。

**6.2.3** 工程竹构件的裂缝处在隐蔽或不利操作检查部位时，其检查可采用以下方

法:

- 1 胶合竹构件的裂缝宽度可采用木材阻抗仪或X射线数字成像法进行检测,裂缝深度可采用X射线数字成像法进行检测。
- 2 重组竹构件的裂缝宽度和深度可采用X射线数字成像法进行检测。
- 3 采用X射线数字成像法检测裂缝深度时,射线透照方向宜与裂缝深度方向垂直。
- 4 X射线数字成像法检测时的防护要求应符合现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871中的有关规定。

[条文说明] 木材阻抗仪用于胶合竹构件可准确反应截面材质硬度的变化,而重组竹构件因材料密度和施胶量大,目前的木材阻抗仪还不适用,其裂缝可采用6.2.2条的检测方法,或可采用X射线数字成像法进行检测。

6.2.4 工程竹构件的翘曲、顺弯和扭曲,可采用拉线与尺量的方法,或采用靠尺与尺量的方法检测。

6.2.5 工程竹构件外观缺陷检测结果宜用列表或图示方法表述,并应反映外观缺陷在受检范围内的分布特征。

[条文说明] 本条规定了构件外观缺陷检测结果的列表或图示表示法,应反映外观缺陷在受检范围内的分布特征,从而能直观科学地反映检测结果以利于后续分析鉴定。

## 6.3 腐朽和虫蛀检测

6.3.1 工程竹构件的表面腐朽可通过目测法判断腐朽程度,目测法可采用肉眼观察或尺规测量。腐朽程度的目测分级可按表6.3.1的规定执行。

表 6.3.1 工程竹材腐朽的目测分级

腐朽分级	目测状态
0	材质完好,肉眼观察无腐朽症状
1	表面有可见的轻微腐朽

2	表面有较明显的腐朽
3	表面有严重的腐朽
4	工程竹材腐朽至损毁程度

**6.3.2** 工程竹构件的内部腐朽检测宜采用无损或微损检测方法进行检测，胶合竹构件的内部腐朽可采用探针检测法、钻入阻抗法、钻孔内窥镜法、X射线数字成像法检测，重组竹构件的内部腐朽可采用钻孔内窥镜法、X射线数字成像法检测。

[条文说明] 重组竹构件因材料密度和施胶量大，硬度较大，当需采用非破坏性检测方法进行检测时，其内部腐朽可采用钻孔内窥镜法、X射线数字成像法进行检测。

**6.3.3** 对接触地面或长期处于潮湿环境中的工程竹构件应全数检测。对单根构件的检测宜从柱底开始，在距柱底 1000mm 范围内，检测部位间隔宜取 200mm；距柱底 1000mm 以上部位，检测部位间隔宜取 500mm。每个部位应至少从 2 个方向检测，直至检测到无腐朽为止。

[条文说明] 接触地面的工程竹构件发生腐朽的可能性较大，腐朽检测时应予重点关注。

**6.3.4** 对非接触地面的工程竹构件，检测数量不宜少于 3 个构件，目视判断或疑似有腐朽的情况下，应从有腐朽的部位开始，向长度方向的两侧延伸，检测部位间隔宜取 200mm。每个部位应至少从 2 个方向检测，直至检测到无腐朽为止。

**6.3.5** 工程竹构件内部腐朽程度的分级可按表 6.3.5 的规定执行。截面腐朽面积占比应根据腐朽部位的面积检测值和整个构件截面面积按式 (6.3.5) 计算，精确到 0.1%。

$$R_a = \frac{A_d}{A_s} \times 100\% \quad (6.3.5)$$

式中： $R_a$ —— 截面内腐朽面积占比；

$A_s$ —— 整个构件截面面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$A_d$ —— 腐朽部位截面面积 ( $\text{mm}^2$ )。

表 6.3.5 工程竹构件内部腐朽的分级

腐朽分级	腐朽面积占比/%	腐朽状态
0	0	内部无缺陷
1	1~10	内部有轻微腐朽
2	11~30	内部有明显的腐朽
3	31~60	内部有严重的腐朽
4	> 60	内部腐朽至损毁程度

**6.3.6** 工程竹构件的内部虫蛀孔洞检测方法可按腐朽检测方法执行。

## 7 构件防护性能检测

**7.0.1** 工程竹结构所使用的防腐、防虫药剂应符合设计文件标明的构件使用环境类别。

[条文说明] 工程竹结构的防护包括防腐和防虫两个方面，这两个方面的工作由工程所在地的环境条件和虫害情况决定，需单独处理或同时处理。对防护用药剂的基本要求是既能起到防护作用又不能污染环境。

**7.0.2** 胶合竹构件防护性能的现场检测宜包括药剂有效成分的载药量和透入度，重组竹构件防护性能的现场检测宜采用药剂有效成分的载药量指标。

[条文说明] 重组竹的密实度和浸胶量大，用于室外环境或潮湿环境中时应进行表面防腐处理，用于普通室外环境时宜进行表面防腐处理。而胶合竹中竹纤维与胶黏剂的粘结面积较小，胶合竹素板对霉菌的抵抗能力较差，应进行加压防腐处理。因此针对胶合竹构件防护性能的现场检测宜包括药剂有效成分的载药量和透入度两项指标，针对重组竹构件通常进行药剂有效成分的载药量检测。

**7.0.3** 工程竹结构的使用环境应按表 7.0.3 的规定进行分类。

表 7.0.3 工程竹结构的使用环境

使用环境分类	使用条件	应用环境
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
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
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
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

[条文说明] 工程竹结构的防护应根据使用环境的不同，采用不同的防护要求，潮湿环境是导致工程竹结构腐朽的最主要因素之一，与潮湿环境的接触面积越

## 大、接触时间越长，相应的防护剂透入度和载药量要求越高。

### 7.0.4 胶合竹构件防护剂透入度的检测应符合下列规定：

- 1 每检验批应随机抽取 5-10 根构件，均匀钻取芯样，油性药剂芯样宜为 20 个，水性药剂芯样宜为 48 个。
- 2 测试样品在取样时，应避开裂缝、脱胶、钻孔和避免过于靠近构件端部。
- 3 检测方法宜采用化学药剂显色的方法，测量样品被浸润部分的显色长度。

### 7.0.5 工程竹构件防护剂载药量的检测应符合下列规定：

- 1 现场取样后应带回实验室，采用化学滴定方法或 X 射线荧光分析仪的方法进行检测。
- 2 测试样品在取样时，应避开裂缝、脱胶、钻孔和避免过于靠近构件端部。

### 7.0.6 防护剂透入度和载药量的测试可按照现行国家标准《木结构试验方法标准》GB/T 50329 的规定进行。

### 7.0.7 工程竹构件防护剂载药量宜符合表 7.0.7 的规定。

表 7.0.7 工程竹构件防护剂载药量

防护剂		最低载药量 (kg/m <sup>3</sup> )				
类别	名称	使用环境				
		C1	C2	C3	C4A	
水溶性	硼化合物	2.8	2.8	NR	NR	
	铜唑 CuAz	CuAz-1	3.3	3.3	3.3	5.5
		CuAz-2	1.7	1.7	1.7	3.3
		CuAz-3	1.7	1.7	1.7	3.3
		CuAz-4	1.0	1.0	1.0	2.4
	唑醇啉 PTI	0.21	0.21	0.21	NR	
	酸性铬酸铜 ACC	NR	4.0	4.0	8.0	
柠檬酸铜 CC	4.0	4.0	4.0	NR		
油溶性	8-羟基唑啉酮 Cu8	0.32	0.32	0.32	NR	
	环烷酸铜 CuN	NR	NR	0.64	NR	

注：NR 为不建议使用。

### 7.0.8 胶合竹构件防护剂透入度应符合表 7.0.8 的规定。

表 7.0.8 胶合竹构件防护剂透入度

胶合竹材特征	使用环境	
	C1、C2、C3	C4A
易吸收不需要刻痕	75mm 或 90%	75mm 或 90%
需要刻痕	25mm	32mm

[条文说明 7.0.7~7.0.8] 胶合竹构件防护剂的载药量和透入度可参考现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206 中关于胶合木构件的相关规定执行。

## 8 连接节点性能检测

### 8.1 螺栓连接检测

8.1.1 螺栓连接的检查数量应为连接节点数量的10%，且不应少于10个。

8.1.2 螺栓连接应满足设计文件要求，并应符合现行团体标准《工程竹结构设计规程》T/CECS \*\*\*\*的规定。

8.1.3 螺栓连接检测应符合下列规定：

1 螺帽拧紧后螺栓外露长度不应小于螺杆直径的80%，且外露丝扣不应少于2扣。螺纹段剩留在构件内的长度不应大于螺杆直径的1.0倍。

2 螺帽与工程竹构件表面之间应安装垫圈。采用钢垫圈时，垫圈的厚度不应小于直径或边长的1/10，且不应小于螺栓直径的30%。方形垫板的边长不应小于螺杆直径的3.5倍，圆形垫圈的直径不应小于螺杆直径的4.0倍。

3 紧固件与工程竹构件之间应紧密接触，缝宽不宜超过1mm。

4 螺栓孔直径不应大于螺杆直径1mm。

[条文说明 8.1.2~8.1.3] 对于被检测节点有工程项目图纸、计算报告等设计文件时，检测时首先需要复核节点与设计文件的吻合度，除此之外还需满足下列几点要求：

1. 螺杆在连接节点中可能承受剪力、弯矩或拉力的作用，预留外露长度目的是避免螺杆受力时螺帽滑移，发生失效；

2. 受剪螺栓或系紧螺栓中拉力不大，施工中可按照构造设置垫圈（板）；

3. 确保螺栓连接的紧密型，避免因紧固件与构件间接触不紧密影响连接的性能；

4. 避免螺栓孔直径过大，影响结构整体刚度和稳定性。

## 8.2 金属连接件检测

**8.2.1** 金属连接件的现场检测应符合下列规定：

- 1 应对金属连接件的类别、规格、数量等进行全面检测，可采用目测法。
- 2 应对金属连接件的安装位置和方式、安装偏差、变形、松动等进行全面检测，可采用目测法或用卡尺进行检测。
- 3 应对连接处工程竹构件间的缝隙、工程竹构件受压抵承面之间的局部间隙以及工程竹构件的开裂情况进行全面检测，可用卡尺或塞尺进行检测。
- 4 应对金属连接件的锈蚀情况进行全面检测。检测时，可按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1确定锈蚀等级。对于锈蚀等级为D级的连接件，尚应采用测厚仪或游标卡尺检测连接件的厚度削弱程度。

[条文说明] 本节适用于工程竹结构连接中用到的钢板等金属连接件，主要包括螺栓连接中的内填钢板、外包钢板、用于搁栅与梁连接的搁栅吊、梁与梁连接的梁托、梁与柱连接的柱帽以及柱脚连接件等。

**8.2.2** 金属连接件采用的钢材品种及性能应符合设计文件的要求，可按现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定进行检测。

**8.2.3** 金属连接件的钢材厚度应用游标卡尺检测。当无法用游标卡尺检测时，可按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的规定，采用超声测厚仪进行检测。检测时，应取连接件的3个不同部位进行检测，并取3个测试值的平均值作为连接件厚度的代表值。

[条文说明] 采用超声波进行测量时，由于耦合不良、探头磨损等因素的影响，超声测厚仪的测量误差往往比直接用游标卡尺的测量误差大，因此，连接件的钢材厚度应尽可能采用游标卡尺测量。为了减小测量误差，测量金属连接件的钢材厚度前，应去除金属表面油漆层、氧化层和锈蚀层等，在不损伤钢材本体的情况

下可采用砂纸、钢丝刷或抛光片等打磨出金属光泽后再进行测量。

**8.2.4** 金属连接件的焊缝质量应符合设计文件的要求，可按现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定进行检测。

[条文说明] 对于焊接而成的金属连接件，应对焊缝的长度、焊脚尺寸以及焊缝等级等进行检测。

**8.2.5** 金属连接件防腐层厚度的检测，应在外观检查合格后，按下列规定进行：

1 当金属连接件采用镀锌防锈涂层时，对连接件的锌层质量可按现行国家标准《钢产品镀锌层质量试验方法》GB/T 1839 的规定进行抽样检测；

2 当金属连接件采用油漆类防锈涂层时，可采用涂层测厚仪，按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定进行检测。

[条文说明] 工程竹结构采用的金属连接件的防腐处理通常采用油漆类防锈涂层，当板厚小于3mm时应采用镀锌防锈涂层。油漆类防锈涂层防腐效果的判定通常以涂层厚度为指标。检测前若外观检查不合格，应进行修补后再检测涂层质量或涂层厚度。

**8.2.6** 当金属连接件直接暴露在外并用防火涂层进行防护时，应在外观检查合格后，对连接件的防火涂层厚度进行抽样检测，并符合下列规定：

1 薄型防火涂料涂层厚度可采用涂层测厚仪进行检测。

2 厚型防火涂料涂层厚度应采用卡尺、探针等进行检测，量测方法应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的规定。

[条文说明] 本条参考现行国家标准《建筑结构现场检测技术标准》GB/T 50344 的规定进行。

## 9 结构静力性能检测

**9.0.1** 结构静力性能检测，应根据材料力学性能、尺寸偏差、变形、损伤及内部缺陷等情况，确定工程竹结构的静力计算参数。

[条文说明] 结构静力性能检测前，需要先对构件材料的物理性能、尺寸偏差、力学性能、变形情况、损伤情况等进行检测和调查，无法进行上述检测时，需要根据已知类似构件的受力情况进行估判，同时考虑构件与相邻构件、整体结构之间的关系，并据此设计相应的试验方案和终止条件。

**9.0.2** 结构静力性能检测的构件选取应符合下列规定：

- 1 具有代表性的构件，且宜处于荷载较大、抗力较弱的部位。
- 2 便于搭设操作平台、实施加载和布置测点。
- 3 受检构件宜按照同施工条件、同施工材料、同施工方法划分检验批，在不同检验批中分别选取代表性构件进行试验；

[条文说明] 静载试验中构件的选取应具有代表性，能够通过部分构件的荷载响应反应结构整体的受力特征。宜选取荷载较大、抗力较弱的构件或位置，同时要考虑试验现场加载的可操作性。

构件数量不宜过多，可考虑按照检验批的概念，即相同施工条件、相同施工材料、相同施工方法所形成的构件作为同一批次，在不同批次中分别选取最不利受力条件的构件进行试验，其结果应具有代表性。

**9.0.3** 静载试验加载过程应符合下列规定：

- 1 确定试验目的，选定试验构件，应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、现行团体标准《工程竹结构设计规程》T/CECS \*\*\*\*以及设计文

件的规定，计算试验荷载。

2 试验过程不应对结构造成损伤。

3 施加荷载应包括预加载和正式加载两部分，加载过程应符合下列规定：

1) 预加载宜为试验荷载的 5%，正式加载宜分 5~8 级进行；

2) 当荷载累加值低于试验总荷载的 60%时，每次加载幅度宜为试验总荷载的 15%~20%；

3) 当荷载累加值超过试验总荷载的 60%时，每次加载幅度宜为试验总荷载的 5%~10%；

4) 每级加载间歇不宜少于 15min，应等所测数据稳定后，再施加下一级荷载，最后一级荷载施加后持荷时间不宜少于 60min。

[条文说明] 静载试验是在结构实体上进行的，因受检结构和构件的不确定性，使结构存在一定的风险，受检构件以及其相邻的构件甚至整体结构都存在破坏风险，因此需对试验方案和操作过程进行严格控制，避免对结构造成损伤。

静载试验目的不同，其施加荷载所用的荷载组合不同，对于结构实体上的静载试验主要考虑正常使用极限状态下的试验荷载，对应的试验荷载不应小于荷载标准组合，即  $Q_s = G_k + Q_k$ 。

$Q_s$ --构件正常使用极限状态短期结构构件性能检验值；

$G_k$ --永久荷载标准值；

$Q_k$ --可变荷载标准值。

**9.0.4** 加载方式可根据实际情况选择下列方式：

1 楼板、屋盖宜采用注水、表面重物堆载，重物堆载应避免起拱效应。

2 梁类构件宜采用水囊、表面重物堆载、悬挂重物等。

**9.0.5** 静载试验过程中基本观测项目宜包括：

1 测点处应变、挠度。

- 2 裂缝的出现及扩展情况。
- 3 其它可能存在的扭转、倾斜等变形情况。

**9.0.6** 加载过程中，当出现下列情况之一时，应立即停止加载：

- 1 测点的挠度已达到挠度限值或设计计算值。
- 2 测点的应变已达到理论计算限值。
- 3 构件出现裂缝或变形急剧发展。
- 4 荷载达到最大试验荷载。
- 5 发生其他形式的意外试验现象。

**9.0.7** 加载过程中应将各测点挠度、应变的计算值与稳定实测值对比，以调整加载速度。

**9.0.8** 加载全部完成或加载终止后应分级卸载，卸载分级宜与加载分级一致，最大不宜超过加载分级的2倍。每级卸载间歇不宜少于15min，卸载过程中应测读数据，至卸载完成后，空载不少于60min，并记录稳定数据值及构件表面情况。

## 附录 A 钻入阻抗法检测胶合竹材缺陷方法

### A.1 适用范围

**A.1.1** 本方法适用于采用木材阻抗仪进行胶合竹材内部缺陷的检测与评定。

### A.2 前期准备

**A.2.1** 木材阻抗仪在每次使用前应检查探针针头外观是否良好，有损伤或明显变形的应及时更换。

**A.2.2** 检测前应先去去除胶合竹构件表面的装饰层，使构件待测表面外露；同时探针路径应避免其它材质区域。

**A.2.3** 检测人员检测时应佩戴防护眼镜，并使用带触电保护装置的电源开关。

**A.2.4** 木材阻抗仪保存和使用应注意防潮，避免仪器功能失效及探针生锈。

### A.3 检测要求

**A.3.1** 应按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344中8.6.2条的外观检查法和锤击法，选择裂缝、腐朽、虫蛀等较为严重的胶合竹截面，以及构件的重要部位（柱底部、梁跨中、梁柱连接等部位）进行检测，并选取易于操作的截面。

**A.3.2** 检测过程中应保持仪器的稳定性，当探针到达预定钻深后应停止操作，并按住反向按钮后，方可再启动仪器将探针完全拔出。

**A.3.3** 检测宜在垂直于胶合竹构件的长度方向进行。检测过程中，应保证探针始终处于胶合竹构件待检平面内，同时保持探针进入胶合竹材的角度不变。

**A.3.4** 对胶合竹构件中贴近楼面、地面等不易进行垂直于构件长度方向检测的部位，可在木材阻抗仪端部安装45°钻孔适配器进行斜向检测。

**A.3.5** 对矩形截面构件，应选择相互垂直的两个方向进行检测。

**A.3.6** 当胶合竹构件截面或缺陷形状显著不规则时，应适当增加探针路径以更准确地判断构件内部质量状况，但探针路径总数不宜超过4条。

**A.3.7** 木材阻抗仪检测完成后，应在测孔处及时灌入结构用胶封堵密实。

### A.4 校准

**A.4.1** 采用已标定的木材阻抗仪获取标准木的评定参数。检测时钻入方向应为标准木的径向或弦向，钻入深度应为100mm，将得到的标准木阻抗曲线纵坐标峰值和谷值作为后续木材阻抗仪精度校核的评定参数。

**A.4.2** 木材阻抗仪每使用1000次或3个月，应采用标准木进行精度校核。当获得的阻抗曲线纵坐标峰值和谷值中任一项与对应的评定参数相差20%以上时，应进行仪器校准或维修。

**A.4.2** 采用标准木校核时，木材阻抗仪钻入点应距离标准木边缘20mm以上，并与已有探针路径相距应不小于10mm。

### A.5 曲线分析与缺陷综合评定

**A.5.1** 根据阻抗曲线的变化，可将探针测定的全区域分为无缺陷区、腐朽虫蛀区、裂缝三类区段，各区段的判别方法可参见表A.5.1。当被测胶合竹构件严重腐朽或虫蛀时，其阻抗曲线形式与裂缝或空洞相似，此时应结合钻孔内窥镜法确认缺陷种类和范围。

表 A.5.1 阻抗曲线判别胶合竹构件缺陷的参考方法

区段分类	典型阻抗曲线图	典型曲线特征分析
无缺陷区		<p>曲线总体较为平稳、均匀并呈现连续地波峰-波谷现象。</p> <p>通常，波峰处胶合竹材密度较大；波谷处胶合竹材密度相对较小。</p>
腐朽虫蛀		<p>曲线中相对阻力值明显下降，但过渡区域坡度较缓。</p> <p>相对阻力值下降越多说明该区段胶合竹材腐朽虫蛀越严重。</p>
裂缝		<p>曲线中相对阻力值发生突降，曲线坡度非常陡，且相对阻力值接近于零。</p> <p>说明该区段为裂</p>

		缝。
--	--	----

**A.5.2** 根据胶合竹构件同一截面不同位置处获取的多条阻抗曲线进行胶合竹构件质量综合分析，并绘制截面的缺陷分布图，如图A.5.2所示（以矩形截面为例）。图中应包含构件的缺陷类型、位置分布等基本信息。

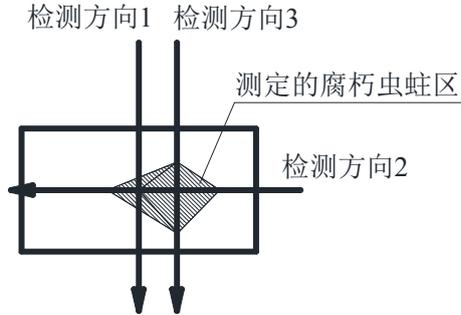


图 A.5.2 典型截面缺陷分布示意图

**A.5.3** 当被测构件有多个检测截面时，应分别绘制各截面的缺陷分布图，并综合评定构件内部缺陷。

## 本规程用词说明

**1** 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 标准中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

1. 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
2. 《木结构工程施工质量验收规范》 GB 50206
3. 《木结构试验方法标准》 GB/T 50329
4. 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
5. 《钢结构现场检测技术标准》 GB/T 50621
6. 《钢产品镀锌层质量试验方法》 GB/T 1839
7. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB 18871
8. 《木材含水率测定方法》 GB/T 1931
9. 《木材密度测定方法》 GB/T 1933
10. 《木材抗弯强度试验方法》 GB/T 1936.1
11. 《木材抗弯弹性模量测定方法》 GB/T 1936.2
12. 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》 GB/T 8923.1
13. 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
14. 《工程竹结构设计规程》 T/CECS \*\*\*\*