【讨论与建议】

# 两项竹材物理力学性质试验方法标准的比较

刘 波[1,2]，陈志勇[3]，殷亚方[1]，樊承谋[3]，姜笑梅[1]，郭起荣[3]
(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所，北京 100091；2. 国际竹藤网络中心，北京 100102；
3. 哈尔滨工业大学建工学院，黑龙江哈尔滨 150008)

**摘要：** 对比两项竹材标准，JG/T 199-2007《建筑用竹材物理力学性能试验方法》和 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》，在发展历程、试样制备、物理力学性质测试设备与方法等方面进行综合比较，以期为 GB/T 15780-1995 下一步的修订工作提供参考。

**关键词：** 竹材；试验方法标准；物理力学性质；建筑行业
中图分类号：TS67 文献标识码：A 文章编号：1001-8654(2008)04-0026-04

# Comparison of Two Standards for Evaluating Physical and Mechanical Properties of Bamboo Materials

LIU Bo[1,2], CHEN Zhi-yong[3], YIN Ya-fang[1], FAN Cheng-mou[3], JIANG Xiao-mei[1], GUO Qi-rong[3]
(1. Chinese Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
2. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 3. Architecture Engineering College,
Harbin Institute of Technology, Harbin 150008, Heilongjiang, China)

**Abstract:** In this paper, the JG/T 199-2007 testing method for evaluating physical and mechanical properties of bamboo products used in buildings was analyzed and compared with the national standard GB/T 15780-1995 for evaluating physical and mechanical properties of bamboo products. The historical development, sample preparation, instruments, and testing methods of both standards were presented. The objective of this paper was to provide suggestions and guidance for a potential reversion of GB/T 15780-1995.

**Key words:** bamboo; standard testing methods; physical and mechanical properties; construction industry

我国是世界上竹类分布最广、资源最多、利用最早的国家之一，近10年来，竹材加工业已发展到一定的规模和水平，各类竹材人造板品种达27种，既有车辆底板、集装箱底板等结构用途的产品，又有地板、家具等非结构用途的产品。随着我国对技术标准化工作的日益重视，关于竹材的标准也取得了迅速发展。目前在竹材标准方面，已颁布国家标准5项、试验方法标准4项，林业、建筑工业、铁道运输、机械、商品检验、纺织和轻工等行业标准17项。

GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》和JG/T 199-2007《建筑用竹材物理力学性能试验方法》两项标准，均是针对竹材片状无疵小试样物理力学性质的试验方法标准，本文对两项标准在发展历程、试样制备、物理力学性质测试设备和方法等方面进行了综合比较，以期为GB/T 15780-1995的进一步修订工作提供参考。

## 1 竹材物理力学性质试验方法标准的发展

我国对竹材物理力学性质的研究始于20世纪30年代。梁希等[1]于1944年发表了《竹材之物理性质及力学性质初步实验报告》。1955年江作昭等[2]发表了《北京市用毛竹性质研究》，并编制了《竹材(毛竹)物理

收稿日期：2007-09-20；修改日期：2008-06-20
基金项目：国家"十一五"科技支撑项目子课题(2006BAD19B04)和江西省科技厅重点项目"毛竹竹基及竹木层积结构材研究"。
作者简介：刘波(1978—)，女，国际竹藤网络中心博士研究生。
通讯作者：殷亚方，男，中国林科院木材工业研究所副研究员。



万方数据

力学试验及试材采集方法》草案；哈尔滨工业大学的樊承谋等对毛竹的物理力学性质和测试方法进行了大量基础性研究。此外，从1963—1978年，周芳纯[3]参照原苏联的《木材物理力学试验方法》，对国内11个省区的61个竹种，分别进行了主要物理力学性质的测定。

### 1.1 GB/T 15780-1995的制定及使用

应我国竹材加工和利用行业发展的需求，在20世纪80年代，国家林业部提出，由中国林业科学研究院木材工业研究所负责制定竹材物理力学性能检测用标准。在对毛竹等7种竹材的物理力学性质进行了系统研究的基础上[4]，同时参考《竹材（毛竹）物理力学试验及试材采集方法》草案和印度标准IS 8242-1976《Methods of tests for split bamboos》[5]，GB/T 15780-1995于1995年12月发布，并于1996年7月实施。该标准的出台围绕林业产业发展的需求，在一定程度上促进了我国竹材加工利用产业的技术升级和规范化。不过在当时的标准编制过程中，没有参考已发表在哈尔滨工业大学学报和哈尔滨建筑工程学院学报上的一系列研究结果[1,6-8]，特别是没有考虑改进不同力学性质测试试样的形状和尺寸，以及竹节的影响。

### 1.2 JG/T 199-2007的需求和诞生

在我国开展的大规模经济建设中，木材资源逐渐无法满足不断增长的应用需求，各地建筑工程部门纷纷采用竹材作为木材主要代用品。因此，由中华人民共和国建设部批准，JG/T 199-2007由哈尔滨工业大学负责编制，借鉴了GB 1972～1943-91[9]、《竹材（毛竹）物理力学试验标准》草案，以及哈尔滨工业大学的相关研究结果，主要针对建筑用竹材的性能要求，制定了相应的试验方法。

## 2 两项竹材标准的比较

GB/T 15780-1995与JG/T 199-2007相比，差异主要在3方面：1）试材采集和试样截取方法；2）密度和含水率等物理性质试验方法；3）力学性质试验方法。

### 2.1 试材采集和试样截取方法

表1 两项标准试材采集和试样截取方法之间的差异

Tab. 1 Differences of sampling and specimens preparation between the two standards

| 项目 | | GB/T 15780-1995 | JG/T 199-2007 |
|---|---|---|---|
| 试材采集 | 采集区域 | 选择有代表性的竹子产区；对于分布广的竹种按不同气候、地理位置、土壤等自然要求分区采集 | 选择立地条件有代表性的竹子产区 |
| | 胸高直径 | >50 mm | >100 mm |
| | 样竹数量 | 从≮100株的样竹中，选≮15株的样竹 | 从≮100株的样竹中，选≮10株样竹 |
| | 竹段长度 | 长度约2 m，1段 | 长度约2.8 m，1段，含有11个竹节 |
| 试样截取 | 竹筒数量 | 截取上下两节竹筒 | 沿竹株高度截取8节竹段 |
| | 位置和尺寸 | 两节竹筒分别按东、西、南、北分别劈制竹条，共有宽度为15 mm和30 mm两种竹条尺寸，分别用于不同物理力学性质试验 | 6节竹段分别用于不同物理力学性质试验，中间2节备用；每节竹段分别按沿竹筒环形截面锯解竹条；共有7种不同的竹条尺寸 |
| 最少试样数量 | | JG/T199-2007中用于确定密度、抗弯弹模和顺纹抗剪强度最少试样数量的变异系数平均值大于GB/T 15780-1995，增加了顺纹抗拉强度和横纹抗压比例极限应力的变异系数平均值要求 | |

由表1可见两项标准的显著区别：1）在试材采集方面，为了获得用于不同性质测试的足够试样，后者对样竹胸径的要求大于前者。2）在截取试样方面，后者考虑了竹材密度沿竹株高度由低到高和沿环形截面由北向南逐渐增大的生长特征[6]，增加了从每株样竹上获得的试样数量，但是亦增加了试样的加工难度。

### 2.2 物理性质试验方法

表2 两项标准物理性质试验方法之间的差异

Tab. 2 Differences of testing methods for evaluating physical properties between the two standards

| 项目 | | GB/T 15780-1995 | JG/T 199-2007 |
|---|---|---|---|
| 含水率 | 试样尺寸 | | 15 mm×20 mm×$t$ mm（竹壁厚，下同） |
| | 烘干时间 | (103±2) ℃烘4 h后，开始试称 | (103±2) ℃烘8 h后，开始试称 |
| 干缩性质 | 试样尺寸 | 10 mm×10 mm×$t$ mm | 15 mm×20 mm×$t$ mm |
| | 烘干温度、时间 | (103±2) ℃烘4 h，开始试称 | 从60 ℃升至(103±2) ℃烘8 h，开始试称 |
| 密度 | 试样尺寸 | 10 mm×10 mm×$t$ mm | 15 mm×20 mm×$t$ mm |
| | 含水率范围 | 9%～15% | 5%～30% |
| 吸水率 | | | 有具体规定 |



万方数据

表 2 说明：1）含水率范围：前者给出试样含水率在 9%～15%内，其各项性质指标换算为含水率 12%时的计算公式，是以性质指标与含水率成直线关系进行换算。后者参考了有些学者提出的竹材在纤维饱和点范围内，其力学性能与含水率呈对数关系的规律[3,6-8]，将修正系数引入换算公式中。2）考虑竹材为多孔性高分子材料，与木材同样具有吸湿解吸调节环境湿度的能力，所以后者增加吸水率检测指标。

## 2.3 力学性质试验方法

针对顺纹抗压强度、抗弯弹模及强度、顺纹抗剪强度和顺纹抗拉强度等 5 项力学性质的测试，两项标准主要区别在于：JG/T 199-2007 改进了试样形状或尺寸以及部分试验方法。

此外，JG/T 199-2007 新增了顺纹抗压弹模及强度、顺纹抗拉弹模和冲击韧性等 4 项力学性质的试验方法。

表 3 两项标准力学性质试验方法之间的差异

Tab. 3 Differences of testing methods for evaluating mechanical properties between the two standards

| 项目 | | GB/T 15780-1995 | JG/T 199-2007 |
|---|---|---|---|
| 顺纹抗压强度 | 试样尺寸 | 20 mm×20 mm×$t$ mm | 15 mm×15 mm×$t$ mm |
| | 加载速度 | 匀速加载，(1±0.5) min 内破坏 | 以 80 MPa/min 匀速加载，直至破坏 |
| 抗弯强度 | 试样 | 160 mm×10 mm×$t$ mm | 220 mm×15 mm×$t$ mm |
| | 加载方式 | 弦向，3 点加载 | 弦向，4 点加载 |
| | 试验设备 | | 配备带球座的专用荷载分配梁和放置在加载点与支座处的钢垫板 |
| | 加载速度 | 匀速加载，(1±0.5) min 内破坏 | 以 150 MPa/min 匀速加载，直至破坏 |
| 抗弯弹模 | 试样尺寸 | 160 mm×10 mm×$t$ mm | 220 mm×15 mm×$t$ mm |
| | 加载方式 | 3 点加载 | 4 点加载 |
| | 试验设备 | | 配备带球座的专用荷载分配梁和放置在加载点与支座处的钢垫板 |
| | 百分表 | 1 个百分表，置于跨度中央 | 3 个百分表，分别位于 2 个加载点和跨度中央位置 |
| 顺纹抗剪强度 | 试样尺寸 | 图 1 a，径面为受剪面 | 图 1 b，径面为受剪面 |
| | 加载速度 | 匀速加载，(1±0.5) min 内破坏 | 以 10 MPa/min 匀速加载，直至破坏 |
| 顺纹抗拉强度 | 试样尺寸 | 中段厚度 2 mm | 中段厚度 4 mm |
| | 曲率半径 $R$ | $R$=120 mm | $R$=280 mm |
| | 加载速度 | 匀速加载，(1±0.5) min 内破坏 | 以 200 MPa/min 匀速加载，直至破坏 |

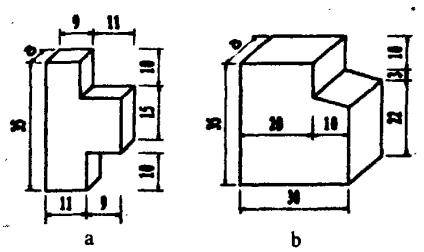


图 1 两项标准中抗剪强度检测用试样尺寸

Fig. 1 Typical shear specimens required by the two standards

由表 3 可见两项标准的主要差异：1）顺纹抗压强度：前者要求试样高度 20mm，但后者根据樊承谋[6]的研究结果，取用 15 mm。

2）抗弯强度：前者采取 3 点加载方法，若试样破坏处稍偏离跨度中点，则试验结果失真；后者采用国际上通用的 4 点加载法，可保证跨度中部有段纯弯区，以获得准确的弯曲破坏。

3）抗弯弹模：前者要求一个百分表直接安装在试验机底座上，既无纯弯区，又未消除两端支座处的承压变形，由测定数据计算求得的结果会低于实际值。故后者将 3 点加载方式改为 4 点，同时增加 2 个百分表，分别测量两侧加载点和跨度中点的挠度。

4）顺纹抗剪强度：根据有限元法，对 2 种试样（图 1）剪切面上剪应力和正应力进行分析可知：当点的主应力方向与横坐标的交角＞45°，说明试样剪切面处于压剪应力状态，＝45°是纯剪状态，＜45°是拉剪状态。图 1 中 a 型试样的剪切面为拉剪状态，b 型试样夹角的平均值接近 45°，剪切面上载荷正应力的分量，部分抵消了载荷产生的附加弯矩的影响，因此破坏接近纯剪状态。

5）顺纹抗拉强度：前者要求试样的中段厚度仅为 2 mm，有效试样数量比率较高，但其变异系数为 19%。其原因是该标准第 3.1.2 条规定，试样制作精度在全长上宽度的相对偏差应≤0.2 mm，致使尺寸测量误差高达 10%。故后者将试样中段厚度调整为 4 mm，其有效试样数量较少，但变异系数也降至 9%。此外，当顺纹抗拉试样的变截面段弧度曲率半径 $R$≥240 mm 时，弧度对试样中段拉应力不再产生影响。考虑到与 GB 1972～1943-91[9]的一致性，后者采用了 $R$=280 mm 的试样。



万方数据

## 3 小结

JG/T 199-2007 的编制弥补了 GB/T 15780-1995 和同类竹材标准的不足，反映了我国建筑业对规范化使用竹材而开展的行动，具有一定先进性、科学性和可操作性。虽然 JG/T 199-2007 在试样制备和某些强度性质测试方面仍存在一些问题，还需通过试验进一步研究，但是其在部分力学性质试样制备和测试方法上的科学之处，为 GB/T 15780-1995 乃至 GB 1972～1943-91 的修订工作提供了新的思路。应通过组织相关标准的修订工作，使标准更加科学和实用，为保证我国竹材加工产品的质量、促进竹产业的发展，起到良好推动作用。

**参考文献：**

[1] 梁希，周荣光. 竹材之物理性质及力学性质初步实验报告[G]. 重庆：原农林部中央林业实验所，1944，第1号.

[2] 江作昭，廖明治. 北京市毛竹性质研究[J]. 清华大学学报，1955(1)：139-169.

[3] 周芳纯. 竹材物理力学性质的研究[J]. 南京林产工业学院学报，1981(2)：1-31.

[4] 李源哲，张寿槐，白同仁，等. 中国七种竹材的物理力学性质[G]. 北京：中国林业科学研究院木材工业研究所研究报告，1986，木工4号(总18号)：22.

[5] Indian Standard IS 8242-1976, Methods of Tests for Split Bamboos [S].

[6] 樊承谋. 容重及含水率对竹材顺纹受压强度的影响[J]. 哈尔滨工业大学学报（竹材利用论文专号），1957(8)：145-155.

[7] 陈肇元. 竹材的斜纹抗压(挤压)强度以及含水率的影响[J]. 哈尔滨工业大学学报（竹材利用论文专号），1957(8)：101-114.

[8] 樊承谋，潘景龙. 含水率对竹材受拉和受弯性能的影响[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报，1965(12)：29-41.

[9] GB 1972～1943-91，木材物理力学性质实验方法[S].

（责任编辑 向 琴）

木材工业 新书上架

《木材工业手册》 中国林业出版社 2007年12月出版 谭守侠 周定国 主编

全书分上、下卷 共两册40章，300万字，内容涉及木材工业中的基础、专业及综合技术等方方面面，由40余位长期从事该行业的专家分别编写。可作为从事木材工业技术的生产、教学、科研、管理和质检人员的工具性读物，也可作为木材科学与技术学科本科生和研究生的专业参考资料。

《东南亚热带木材》（第二版） 中国林业出版社 2008年2月出版

刘鹏副研究员、姜笑梅研究员、张立非研究员和杨家驹副研究员等编著

本书在1993年第一版基础上，新增了部分实体木材标本的彩色图片，并依据（结合）木材的相关标准，对专著中的木材名称进行了核定与修改。全书包括东南亚主要商品材的特性、用途及用途分类等内容。每个树种均记载了木材的中文名、拉丁名、商品材名及地方名、树木分布、木材宏观及微观构造、木材性质（密度、干缩、力学强度、干燥、耐腐及加工性能）、用途。每种木材均有三张显微构造照片（横切、弦切、径切），可供木材贸易、加工、生产、科研和教学人员查阅使用。

《非洲热带木材》（第二版）中国林业出版社 2008年2月出版

刘鹏副研究员、姜笑梅研究员、张立非研究员和杨家驹副研究员等编著

本书在1996年第一版基础上，新增了部分实体木材标本的彩色图片，并依据（结合）木材的相关标准，对专著中的木材名称进行了核定与修改。 全书包括非洲主要商品材的特性、用途及用途分类等内容。每个树种均记载了木材的中文名、拉丁名、商品材名及地方名、树木分布、木材宏观及微观构造、木材性质（密度、干缩、力学强度、干燥、耐腐及加工性能）、用途。每种木材均有三张显微构造照片（横切、弦切、径切），可供木材贸易、加工、生产、科研和教学人员查阅使用。

《拉丁美洲热带木材》（第二版） 中国林业出版社 2008年2月出版

刘鹏副研究员、姜笑梅研究员、张立非研究员和杨家驹副研究员等编著

本书在1999年第一版基础上，新增了部分实体木材标本的彩色图片，并依据（结合）木材的相关标准，对专著中的木材名称进行了核定与修改。全书包括拉丁美洲主要商品材的特性、用途及用途分类等内容。每个树种均记载了木材的中文名、拉丁名、商品材名及地方名、树木分布、木材宏观及微观构造、木材性质（密度、干缩、力学强度、干燥、耐腐及加工性能）、用途。每种木材均有三张显微构造照片（横切、弦切、径切），

《中国现代红木家具》（第二版）

中国林业出版社 2008年4月出版 刘鹏 主编

红木木材识别 制作工艺介绍 家具选购指南 红木家具鉴赏 红木国家标准

详情请致电：010-6288 9419 或登陆www.cwijournal.com



万方数据