

应用技术

# 在实木家具结构中圆棒榫的强度分析

董宏敢, 邵卓平

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

**摘要:** 分析圆棒榫在实木家具结构中的主要力学指标,通过圆棒榫的抗拔力、抗弯强度与抗剪强度等指标的计算与比较,总结圆棒榫在实际应用中应注意的主要问题,以期对相关的设计与生产提供参考依据。

**关键词:** 圆棒榫; 抗拔力; 抗弯强度; 抗剪强度

**中图分类号:** TS664 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2007)02-0038-03

## Strength Analysis of Dowels in Solid Wood Furniture

DONG Hong-gan, SHAO Zhuo-ping

(College of Forest and Garden, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China)

**Abstract:** This article discussed the use of dowels as furniture structural members. It analyzed the pulling strength resistance, bending strength and shearing strength of dowels in a table, and also summarized some key points of using dowels in furniture, aiming at providing references for furniture designers and manufacturers.

**Key words:** dowel; pulling strength resistance; bending strength; shearing strength

传统的实木家具主要采用直角榫与燕尾榫等接合方式,生产工艺复杂,在榫头加工过程中材料损失较严重。如能够利用圆棒榫部分或全部取代,则可有效地提高生产效率,并降低生产成本。但目前国内对圆棒榫的力学行为研究较少。圆棒榫应用在实木家具中的安全性,主要以抗拔力及抗剪强度、抗弯强度等力学指标来评价。本文主要从圆棒榫的抗拔力、抗弯强度、抗剪强度等方面进行相应分析,探讨圆棒榫在实木家具结构中应用的可行性,及应用中应当注意的主要问题。

### 1 圆棒榫接合的技术要求

圆棒榫的表面有多种形式,如光面、直纹、螺旋纹、网纹等,一般以螺旋纹形式的连接强度为佳,且目前市场上最常用。加工圆棒榫的木材要求密度大、纹理直、无节、少缺陷,主要用材质较硬的阔叶树材,如桦木、色木、柞木、水曲柳等。

圆棒榫含水率一般比连接构件低 2%~3%,通

常小于 7%。圆棒榫直径通常为连接构件厚度的  $2/5 \sim 1/2$ ,长度为直径的 3~4 倍,尺寸推荐规格见表 1<sup>[1]</sup>;与之接合构件内部的榫眼深度,应比圆棒榫插入部分的长度大 0.5~1.5 mm,以容纳多余的胶液及压缩空气,同时还可在一定程度上降低机械加工时的加工精度,提高工效;为了便于安装,其端部常有 45° 倒角。

表 1 圆棒榫尺寸推荐值

Tab. 1 Recommended size of dowels

| 零部件厚度/mm | 圆棒榫直径/mm | 圆棒榫长度/mm |
|----------|----------|----------|
| 10~12    | 4        | 16       |
| 12~15    | 6        | 24       |
| 15~20    | 8        | 32       |
| 20~24    | 10       | 30~40    |
| 24~30    | 12       | 36~48    |
| 30~36    | 14       | 42~56    |
| 36~45    | 16       | 48~64    |

对于用作固定结合的圆棒榫,一般采用过盈配合,过盈量为 0.1~0.2 mm;双面涂胶,常用胶种按接合强度由高到低有:75%UF+25%PVAc 混合胶、UF 树脂胶、PVAc 胶、动物胶等。

收稿日期:2006-04-20; 修改稿:2007-03-08

作者简介:董宏敢(1972—),男,安徽农业大学讲师。



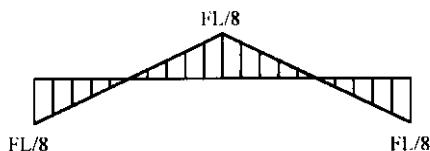


图4 望板弯矩图

Fig. 4 Bending moment for sheathing

则载荷  $P$  对圆棒榫接合处产生的弯矩为:

$$M = \frac{PL}{8} = \frac{1250 \times 1.100}{8} = 171.88 \text{ N} \cdot \text{m}$$

式中:  $P$ —垂直作用于望板上的载荷, N;  $L$ —望板的跨距, m。

此值亦小于双圆棒榫能够提供的最大弯矩 201.73 N·m。可见从抗弯性能来考虑, 利用圆棒榫代替传统的直角榫应用于实木家具的构件连接中是可行的。

**2.2.3 抗剪强度** 木材的横纹抗剪强度一般为顺纹抗剪强度的 3~4 倍, 但由于剪应力互等定律, 木材构件在受力时, 其顺纹剪应力与横纹剪应力总是同时存在且等值反向, 因此, 在强度分析中, 应当以顺纹抗剪强度为校核依据。

圆棒榫连接部件的结构如图 3, 受力为垂直方向的剪应力, 如图 5 所示。按 GB/T 10357.1-1989 垂直加载试验水平 4 级的要求, 所加载荷为 1 250 N。以每端 2 个圆棒榫计算, 考虑最易破坏的加载方式, 将载荷集中于单侧望板的中间, 仅由单侧 4 个圆棒榫来承担施加的载荷, 则圆棒榫承受的平均剪应力为:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{1250 \div 4}{\pi \times 7^2} = 2.03 \text{ MPa}$$

带岭产白桦含水率 12% 时的顺纹抗剪强度为 8.57 MPa, 计算可知该双圆棒榫的结构安全系数 4.22。国内许多学者在家具强度分析中多采用此法。

然而, Jerzy Smardzewski<sup>[5]</sup> 应用有限元法, 对实木椅后腿与座面框架水平方材的双圆棒榫的结合进行剪应力分析时发现双圆棒榫结构中, 上面圆棒榫所承受的最大剪应力, 是下面圆棒榫的 3 倍左右(图 5)。

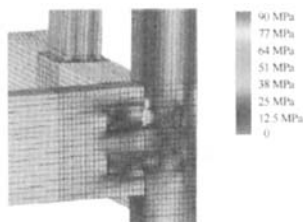


图5 双圆棒接合的弯曲剪应力分布

Fig. 5 Reduced stresses for double dowel joint

因此, 笔者建议在弯曲剪应力校核中, 考虑仅由靠上部位的一个圆棒榫承担弯曲剪应力, 由于剪应力增大(1+1/3)倍, 所以乘以 3/4 系数修正, 以使安全性校核结果更为合理。以此方法计算, 则圆棒榫承受的最大剪应力为:

$$\tau_{\max} = \frac{P}{A} = \frac{1250 \div 2}{\pi \times 7^2} \times \frac{3}{4} = 3.05 \text{ MPa}$$

计算出圆棒榫实际承受的剪应力, 大于按 4 个圆棒榫平均承载时的剪应力 2.03 MPa, 将导致结构的安全性降低。由于计算过程中材料的抗剪强度等指标均是含水率 12% 时的转换值, 若环境的含水率大于 12%, 则材料的实际抗剪强度会有所下降, 使结构的安全性进一步降低。而在这一方面, 传统计算圆棒榫抗剪强度的方法中未曾涉及。针对双圆棒榫此种接合情况, 非常有必要采取相应的加强措施, 如可在相邻 2 个望板与桌脚接合部位加装金属加强件, 以此弥补结构上的相对不足。

### 3 结语

要提高圆棒榫在实木家具中的连接强度, 在实际应用中应当注意:

- 1) 制作圆棒榫宜选用抗剪与抗弯强度较大的木材, 并严格控制其含水率;
- 2) 在家具板材厚度允许的前提下, 增加圆棒榫直径与插入深度, 可提高圆棒榫抗拔力与抗弯性能;
- 3) 在局部受力较大的部位, 可通过增加圆棒榫的数量或附加五金件来增大接合强度;
- 4) 在双圆棒榫结构的抗剪强度校核计算中, 应考虑由 1 个圆棒榫截面来承担最大横纹剪应力, 并乘以 3/4 系数, 以使结果更为安全与合理。

### 参考文献:

- [1] 吴悦奇. 木材工业实用大全·家具卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 45-46, 255-256.
- [2] Echelman C A. The stiffness matrix method of furniture frame analysis[J]. Wood science, 1970, 4(2): 221-231.
- [3] Jensen J L, Koizumi A, Sasaki T, et al. Axially loaded glued-in hardwood dowels[J]. Wood science and technology, 2001, (35): 73-83.
- [4] 柳万千. 木制品结构强度[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 81-88.
- [5] Jerzy Smardzewski. Stress distribution in angle joints of skeleton furniture [J/OL]. Journal of Polish agricultural universities, Wood technology, 2004, 7 (1). <http://www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue1/wood/art-05.html>.

(责任编辑 向 琴)