西北林学院学报 2021,36(6):254-258
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2021.06.36

家具搁板许用弯曲程度视觉感知评价

陈敏珊,关惠元*

(南京林业大学 家居与工业设计学院,江苏 南京 210037)

摘　要:为了提高家具产品的质量,提供家具搁板许用弯曲程度评判依据,通过视觉感知的实验方法,按照“无变形”“轻微变形”“严重变形”3个等级的评价指标,设定5种长度的搁板,每种长度的搁板设定12种弯曲变形条件,237名受试者对搁板进行变形情况判定,以探讨搁板弯曲程度超出受试者心理接受范围的临界点。结果表明:1)随着搁板长度的增加,感知到搁板变形的人数比例也随之增加;2)当搁板弯曲程度在3.0‰~4.0‰时,超过90%受试者认为搁板有轻微变形,而当搁板弯曲程度超过4.0‰时,受试者中认为搁板发生严重变形的比例逐渐增加;3)可将3.0‰、4.0‰分别作为搁板许用弯曲程度的一级指标和二级指标。研究结果可为相关标准的修订提供参考依据。

关键词:板式家具搁板;许用弯曲程度;视觉感知;变形情况

中图分类号:TS664.07　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-7461(2021)06-0254-05

Visual Perception Evaluation of Allowable Bending Degree of Furniture Shelf

CHEN Min-shan, GUAN Hui-yuan*

(*College of Furniture and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing* 210037, *Jiangsu, China*)

Abstract: In order to improve the quality of furniture products, to provide a basis for judging the allowable bending degree of furniture shelves, this research used the method of visual perception experiment. According to the three-level evaluation index of “no deformation”, “slight deformation” and “severe deformation”, 5 types of shelf lengths and 12 types of bending deformation conditions for each length of shelf were set. The critical point was explored where the degree of shelf bending exceeded the psychological acceptance of the subjects. The results were as follows. 1) As the length of the shelf increased, the number of subjects who perceive deformation of the shelf increased. 2) When the bending degree ranged from 3.0‰ to 4.0‰, 90% of the subjects realized the minor deformation, when it was over 4.0‰, the proportion of the subjects who thought the occurrence of the major deformation increased. 3) 3.0‰ and 4.0‰ could be used as the primary and secondary values of the allowable bending degree of the shelf, respectively. The results of this study can provide a reference for the revision of related standards.

Key words: furniture shelf; allowable bending degree; visual perception; deformation

近年来,由于装修频率的增加、消费能力的提升、审美要求的日趋严格,家具的更替速度由数十年变为四至五年[1]。消费者在短期内更换家具,往往不会是因为家具达到了力学承载的极限,而是家具外观不再满足其要求。既往研究大多侧重于探讨搁板的承载极限和承载结构[2-3]、搁板尺寸[4]、不同搁板连接件[5-7]和增强位置[8-9]对搁板承载效应的影响。如郭兆霞等[10]研究了不同搁板补强结构的破坏载荷和破坏形态;朱婧等[11]探讨了书柜搁板的新型抗弯结构;夏兴华等[12]对搁板及柜体结构进行了力学性能分析。而在实际生活中,人们还常会从非力学的角度判断搁板是否弯曲变形,即通过眼睛观

收稿日期:2020-12-21　**修回日期**:2021-01-25
基金项目:江苏省林业资源高效加工利用协同创新中心项目;江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。
作者简介:陈敏珊。研究方向:家具设计及理论。E-mail:qpxna9@163.com
* **通信作者**:关惠元,博士,教授,博士生导师。研究方向:家具设计及理论。E-mail:dsher4@163.com

察搁板弯曲程度,判断其变形量是否超出心理接受范围。搁板作为柜类家具的主要承重部件,不仅要求能够承受预定载荷,而且承载时也不能产生较大变形,以免影响家具外观质量。

为此,本研究通过视觉感受试验,研究受试者对不同弯曲程度搁板的心理接受范围,以期从非力学角度,为搁板结构设计提供许用弯曲程度的有效参考。

1　试验设计

1.1　试验变量

搁板长度分别为 350、550、750、950、1 150 mm。搁板承载后的弯曲程度 B 用搁板中心位置的最大挠度[13]与搁板长度之比表示。

$$B=\frac{\delta}{A}\times 1\,000 \tag{1}$$

式中,B 为搁板承载后的弯曲程度(‰);δ 为搁板中心位置的最大挠度(mm);A 为搁板长度(mm)。

参照相关行业标准[14-16]搁板弯曲程度取 0.5‰～6.0‰,每 0.5‰一个间隔共 12 个水平,每种长度的搁板都有 12 种不同的弯曲程度。具体试验安排如表 1 所示。

根据表 1 可知,60 组试验条件的搁板最大挠度在 0.175～6.900 mm。对于短搁板-小弯曲程度的试验条件,搁板最大挠度差别很微小,如长度为 350 mm 的搁板,当弯曲程度为 0.5‰、1.0‰时,搁板最大挠度分别为 0.175、0.350 mm,如此微小的差别在试验操作上有相当大的难度,精度上也难于保证。因此,本研究借助计算辅助绘图技术,在纸上按 1∶1 的比例绘制出 60 组不同试验条件的搁板图形,图形内填充黑色,背景色为白色(图 1),图形高度为 18 mm,模拟搁板厚度;图形宽度分别为 350、550、750、950、1 150 mm,模拟搁板长度;图形边缘弧线模拟搁板承载后的弯曲程度。

表 1　试验设计

Table 1　Experimental design

搁板长度/mm	搁板承载后的弯曲程度/‰											
350	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
550	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
750	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
950	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
1150	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0

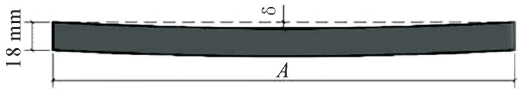


图 1　搁板图形示意

Fig. 1　Diagram of black paper strips to simulate shelves

1.2　受试者

受试者为在校学生,共 237 名,来自全国 27 个省市自治区。其中男性 81 人,女性 156 人,年龄在 19～26 岁,平均年龄为 21.4±1.8 岁,身高在 1 525～1 880 mm,视力正常或矫正视力后能在 2 300 mm 内清晰视物。

1.3　试验方法

试验方法如图 2 所示,将绘制好的搁板图形粘贴在墙板上,受试者站在一定的距离正视观察搁板图形。光照条件参照 GB 50034-2013《建筑照明设计标准》[17]中对实验室及起居室的照度要求,确定为 300 lx。

在实际生活中,人可能站在不同的距离,不同的角度观察处在不同高度的搁板,要确定出某一个与实际情况相一致的观察距离和高度,来代表实际生活中人观察搁板的所有条件有难度。本研究结合常见居住空间尺度[18]和确保最长的搁板试样也能处在受试者观察的舒适视野内[19],采用 2 300 mm 作为观察距离。考虑到人的轻松自然视线为微微向下的特点[20],搁板试样高度取 1 514 mm,保证受试者的观察视线均处在轻松自然视野内。

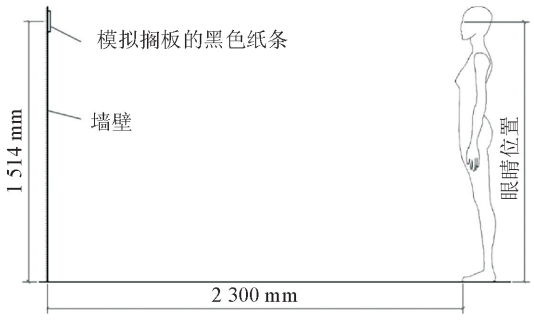


图 2　测试方法示意图

Fig. 2　Diagram of experimental test method

为了叙述方便,以下将“搁板图形”,简称为“搁板”。受试者按照“无变形”“轻微变形”“严重变形”3 个等级,对搁板的变形程度做出判断。无变形为受试者目视搁板后,看不出搁板有变形。轻微变形为受试者目视搁板后,认为搁板有变形,但变形程度尚能接受。严重变形为受试者目视搁板后,认为搁板

变形程度大到不能接受。最终实验结果以百分比形式表示受试者的判断。

2 结果与分析

2.1 搁板弯曲程度感知结果

表 2 为 237 名受试者对 60 组不同弯曲程度搁板的视觉感知判断结果。由表 2 可知，弯曲程度在 0.5‰～3.0‰时受试者感知到“轻微变形”的百分比逐渐增加，并在 3.0‰处达到 100%；而受试者对“严重变形”情况的感知从 3.5‰处才开始。故分 2 个部分讨论搁板长度对视觉判定结果的影响。如图 3(a)所示，第 1 个部分为弯曲程度在 0.5‰～3.0‰，受试者视觉判定结果由“无变形”逐渐转向“轻微变形”。如图 3(b)所示，第 2 个部分为弯曲程度在 3.5‰～6.0‰，受试者中对搁板变形做出“严重变形”判定的比例逐渐增多。

图 3(a)的纵坐标是感知到“轻微变形”的受试者百分比。由表 2 和图 3(a)可知，搁板的弯曲程度在 0.5‰时，绝大部分受试者对 5 种长度的搁板均感知不到变形，仅有 0.84%的受试者感知到 550、750、950 mm 3 种长度的搁板有“轻微变形”，1.27%的受试者感知到 1 150 mm 长度的搁板有“轻微变形”。搁板的弯曲程度为 1.0‰～2.5‰时，在同样弯曲程度下，感知到“轻微变形”的受试者百分比随着搁板长度的增加而增高。搁板的弯曲程度为 3.0‰时，所有受试者对 5 种长度的搁板均感知到“轻微变形”。

表 2 搁板弯曲程度判断结果

Table 2 Results of deformation degree of panels

弯曲程度/‰	变形情况	搁板长度/mm					弯曲程度/‰	变形情况	搁板长度/mm				
		350	550	750	950	1 150			350	550	750	950	1 150
0.5	无	100.00	99.16	99.16	99.16	98.73	3.5	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	0.00	0.84	0.84	0.84	1.27		轻微	100.00	99.58	99.58	98.73	98.31
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	0.00	0.42	0.42	1.27	1.69
1.0	无	96.20	94.94	91.56	90.72	89.03	4.0	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	3.80	5.06	8.44	9.28	10.97		轻微	98.73	96.20	90.30	93.25	90.30
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	1.27	3.80	9.70	6.75	9.70
1.5	无	79.32	73.84	67.09	69.62	67.51	4.5	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	20.68	26.16	32.91	30.38	32.49		轻微	79.75	76.79	66.67	73.00	71.73
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	20.25	23.21	33.33	27.00	28.27
2.0	无	45.99	41.35	35.02	39.66	43.88	5.0	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	54.01	58.65	64.98	60.34	56.12		轻微	48.95	43.88	33.76	36.29	41.77
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	51.05	56.12	66.24	63.71	58.23
2.5	无	19.83	15.61	5.91	16.03	23.21	5.5	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	80.17	84.39	94.09	83.97	76.79		轻微	23.63	15.61	8.86	10.13	17.30
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	76.37	84.39	91.14	89.87	82.70
3.0	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.0	无	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	轻微	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		轻微	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	严重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		严重	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

图 3(b)的纵坐标是感知到“严重变形”的受试者百分比。由表 2 和图 3(b)可知，搁板的弯曲程度在 3.5‰时，绝大部分受试者对 5 种长度的搁板均感知不到“严重变形”，仅有 0.42%的受试者感知到 550、750 mm 2 种长度的搁板有“严重变形”，1.27%的受试者感知到长度为 950 mm 的搁板有“严重变形”，1.69%的受试者感知到长度为 1 150 mm 的搁板有“严重变形”。搁板的弯曲程度为 4.0‰～5.5‰时，在同样弯曲程度下，感知到“严重变形”的受试者百分比随着搁板长度的增加而增高。搁板的弯曲程度为 6.0‰时，受试者们对 5 种长度的搁板均感知到“严重变形”。对于图 3 中，弯曲程度为 1.0‰～2.5‰和 4.0‰～5.5‰时，在 750 mm 长度搁板处出现的百分比增加现象，可能与人眼中央凹[21]的有限视物范围及受试者观察视距有关，还需进一步验证。

2.2 搁板许用弯曲程度的确定

图 4 为受试者对不同搁板弯曲程度视觉感知结果的频数分布图，其可以更加直观地区分受试者的视觉感知边界，进而确定搁板的许用弯曲程度。

由图 4 可知，根据“无变形”“轻微变形”“严重变形”的受试者百分比，可以将弯曲程度划分为 A、B、C 3 个区域。弯曲程度在 3.0‰及以下为 A 区域，弯曲程度在 3.5‰～4.0‰为 B 区域，弯曲程度在 4.5‰～6.0‰为 C 区域。

在 A 区域中,受试者对搁板变形情况做出的判定全部在“无变形”和“轻微变形”范围内,说明搁板的变形程度均处于受试者尚能接受的范围内。

在 B 区域中,受试者对搁板变形情况做出的判定基本为“轻微变形”,但弯曲程度在 3.5‰时,已经有少部分受试者感知到 550、750、950、1 150 mm 4 种长度的搁板有“严重变形”。总体来说,B 区域中做出“严重变形”判定的受试者很少,比例在 0.42%～9.70%,说明在此区域内,绝大部分搁板的变形程度还处于受试者尚能接受的范围内,极少部分搁板的变形程度已经超出受试者接受范围。

在 C 区域中,受试者对搁板变形情况做出的判定全部在“轻微变形”和“严重变形”范围内。其中弯曲程度在 4.5‰时,判定“严重变形”的受试者比例在 20.25%～33.33%;弯曲程度在 4.5‰～5.5‰时,判定“严重变形”的受试者比例在 51.05%～91.14%;弯曲程度为 6.0‰时,判定“严重变形”的受试者比例均为 100.00%。由此可见,在 C 区域中,判定“严重变形”的受试者比例由 20.00%左右逐步增加到 100.00%,说明绝大部分搁板的变形程度基本已经大到不能接受。

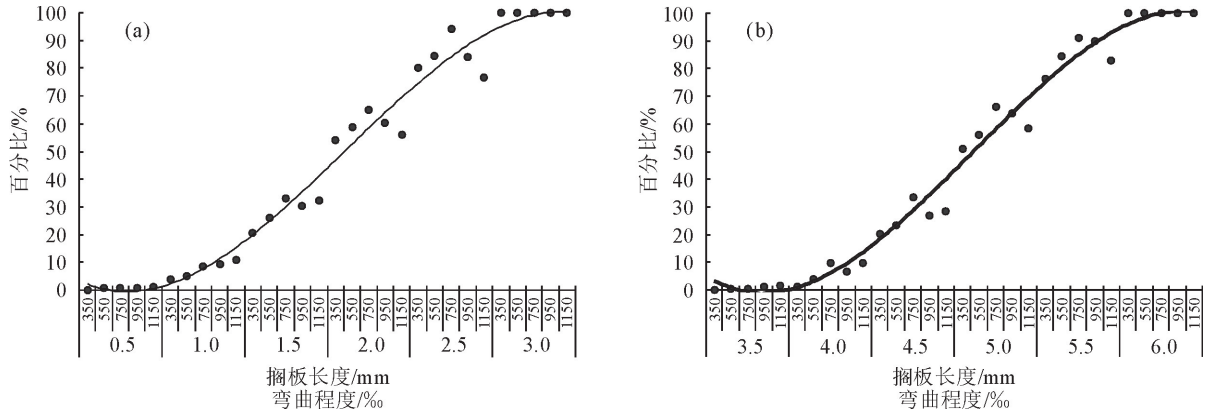


图 3　搁板长度对视觉感知结果的影响

Fig. 3　Effect of panel length on results of visual perception

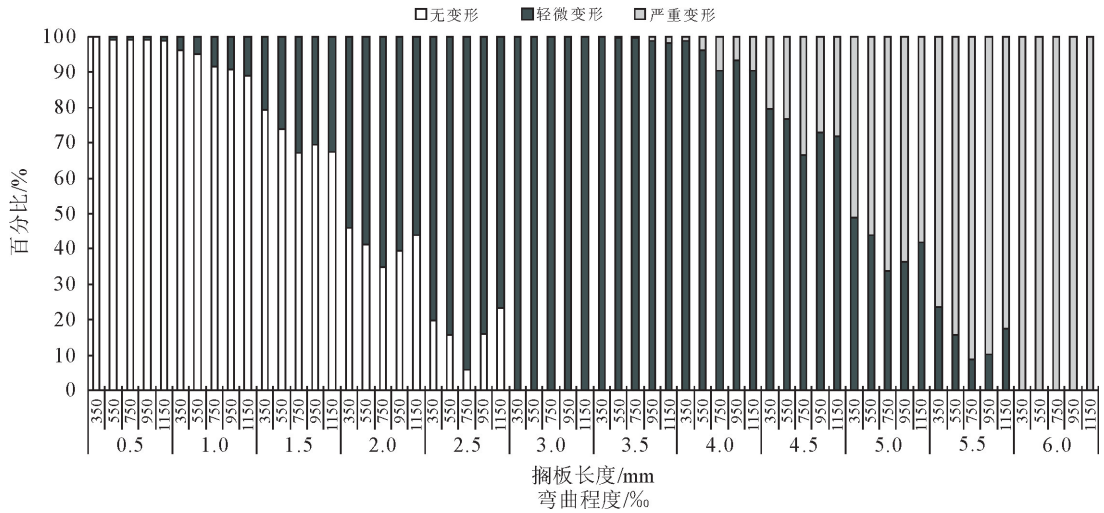


图 4　视觉判定搁板弯曲程度的 3 区域

Fig. 4　Table of three areas to visually judge the bending degree of the shelf

3　结论

本研究为了确定搁板许用弯曲程度,在不破坏搁板的前提条件下,采用视觉感受试验的方法,探讨了如何从视觉感知的角度判断搁板弯曲程度是否超出受试者的心理接受范围。

1)随着搁板长度的增加,感知到搁板“轻微变形”和“严重变形”的受试者比例增加。

2)本研究得出的结果认为搁板许用弯曲程度不应超过 3.0‰,这与秦正德等[22]的研究结果相一致。可以将 3.0‰、4.0‰分别作为搁板许用弯曲程度的一级指标和二级指标,对搁板的变形限定要求高时,建议采用一级指标,对搁板的变形限定要求稍低时,建议采用二级指标。

本研究的应用价值体现在以下几个方面：可避免柜类家具的直觉设计和经验设计[23]，为搁板结构设计和变形检验提供定量依据；搁板许用弯曲程度指标的提出，能在前期设计阶段保证产品质量，延长产品生命周期，最大化实现家具可持续设计效益[24-25]；能在后期生产阶段根据不同层级指标合理规划制造材料，降低产品成本。

在本研究中，只讨论了无彩色搁板的端面几何形状对受试者视觉感知的影响，后续会对搁板色彩进行大致分类，进一步探索搁板色彩是否对受试者变形判断有较大影响。

参考文献：

[1] 王渊. 旧家具再设计方法研究[D]. 杭州：浙江农林大学，2019.

[2] 刘敏. 图书馆用书架的类型及其规格尺寸分析[J]. 家具，2017，38(5)：51-57.
LIU M. Study on the type and size of library shelving[J]. Furniture，2017，38(5)：51-57. (in Chinese)

[3] 朱云，申黎明. 面向用户装配的实木家具榫卯结构设计[J]. 林业工程学报，2018，3(3)：142-148.
ZHU Y，SHEN L M. Design for user assembly mortise and tenon structure in solid wood furniture[J]. Journal of Forestry Engineering，2018，3(3)：142-148. (in Chinese)

[4] 熊伟，李大纲. 安装跨距/高度对塑木搁板稳定性能的影响[J]. 西北林学院学报，2011，26(5)：203-206.
XIONG W，LI D G. Influence of installation span and height on the stability of wood-plastics composite shelf[J]. Journal of Northwest Forestry University，2011，26(5)：203-206. (in Chinese)

[5] 董宏敢. 浅析柜类家具设计中的力学因素[J]. 林业机械与木工设备，2006，34(7)：30-48.

[6] 董宏敢，邵卓平. 板式家具搁板接合方式对其变形的影响分析[J]. 林业机械与木工设备，2007，35(6)：11-13.
DONG H G，SHAOZ P. Influence analysis of the shelf joint style on its deformation in panel furniture[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment，2007，35(6)：11-13. (in Chinese)

[7] 董宏敢，邵卓平. 接合方式对板式家具搁板承载力的影响[J]. 西北林学院学报，2007，22(5)：161-163.
DONG H G，SHAO Z P. Influence o f the shelf connected style on carrying capacity in panel furniture[J]. Journal of Northwest Forestry University，2007，22(5)：161-163. (in Chinese)

[8] 何风梅. 基于ANSYS的板式家具结构强度分析与优化设计研究[D]. 哈尔滨：东北林业大学，2008.

[9] 宋明强. 基于ANSYS的板式橱柜家具力学性能分析研究[D]. 哈尔滨：东北林业大学，2008.

[10] 郭兆霞，高颖，伊松林，等. 杨木柜类家具T型节点连接强度及其补强研究[J]. 西北林学院学报，2017，32(2)：280-285.
GUO Z X，GAO Y，YI S L，*et al*. Strength and reinforcement of T-type joint of poplar solid wood cabinet[J]. Journal of Northwest Forestry University，2017，32(2)：280-285. (in Chinese)

[11] 朱婧，陈于书. 基于人工林木材的书柜实木搁板结构分析[J]. 家具，2017，38(2)：46-49.
ZHU J，CHEN Y S. The research on the structures of bookcase shelf made of plantation wood[J]. Furniture，2017，38(2)：46-49. (in Chinese)

[12] 夏兴华，陈峰，曲英杰. 基于SolidWorks和ANSYS WorkBench平台的办公家具柜体力学分析[J]. 山东林业科技，2017，47(3)：42-53.
XIA X H，CHEN F，QU Y J. The cabinet's mechanical analysis of office furniture based on SolidWorks and ANSYS WorkBench[J]. Shandong Forestry Science And Technology，2017，47(3)：42-53. (in Chinese)

[13] LIU Y，SHI S，SHENG L M. Deflection design of joinery melamine shelf in cabinet furniture[C]. Chongqing：Proceedings of the 2016 3rd International Conference on Mechatronics and Information Technology (ICMIT)，2016.

[14] ISO4356，Bases for the design of structures—deformations of buildings at the serviceability limit states[S]. Printed on Switzerland，1997.

[15] Eurocode5：Design of timber structures-Part 1-1：General rules and rules for buildings[S]. 1995.

[16] GB 50017-2017，钢结构设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2017.

[17] GB 50034-2013，建筑照明设计标准[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2013.

[18] 隋洋. 室内设计原理[M]. 2版. 长春：吉林美术出版社，2014：369.

[19] 曾毅，尚建忠，曹玉军，等. 维修性设计中的可视性评价方法研究[J]. 工程图学学报，2009(1)：70-74.
ZENG Y，SHANG J Z，CAO Y J，*et al*. Research on visibility evaluation methods in maintainability design[J]. Journal of Engineering Graphics，2009(1)：70-74. (in Chinese)

[20] GJB2873-97，军事装备和设施的人机工程设计准则[S].

[21] 王育良，李凯. 眼视光学[M]. 北京：人民军医出版社，2008：102.

[22] 秦正德，大野福也，井口明，等. 家具の構造解析に関する研究(第3報)[R]. 日本：広島県立工芸試験場研究報告，1979.

[23] 李爽，徐伟，黄琼涛，等. 基于有限元分析法的家具力学特性研究现状与展望[J]. 家具与室内装饰，2019(3)：12-13.
LI S，XU W，HUANG Q T. Research status and prospect of furniture mechanical properties based on finite element analysis[J]. Furniture & Interior Design，2019(3)：12-13. (in Chinese)

[24] 刘娜，胡文刚. 基于有限元法的家具产品研发周期优化研究[J]. 林产工业，2018，45(5)：18-22.
LIU N，HU W G. Optimization of furniture product development cycle based on finite element method[J]. China Forest Products Industry，2018，45(5)：18-22. (in Chinese)

[25] 连善芝，许柏鸣. 现代家具可持续设计的设计指标构建[J]. 家具，2019，40(3)：69-74.
LIAN S Z，XU B M. Construction of design indicators for sustainable design of modern furniture[J]. Furniture，2019，40(3)：69-74. (in Chinese)