



高等教材

高等院校设计类通用教材

# 家具结构设计

[美] 卡尔·艾克曼 著  
林作新 李黎 等编译

中国林业出版社

高等院校设计类通用教材

# 家具结构设计

[美]卡尔·艾克曼 著  
林作新 李黎 等编译

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

家具结构设计/[美] 卡尔·艾克曼著; 林作新, 李黎等编译. —北京: 中国林业出版社, 2008. 6  
高等院校设计类通用教材  
ISBN 978-7-5038-4974-9

I. 家… II. ①艾… ②林… ③李… III. 家具-结构设计-高等学校-教材 IV. TS664. 01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 042964 号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心

策划、责任编辑 杜娟

电话: 66181489 66170109

传真: 66170109

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocai@163.com 电话: (010) 66184477

网 址: <http://www.cfph.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2008年7月第1版

印 次 2008年7月第1次印刷

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 10.5

字 数 343千字

定 价 25.00元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

# 编译者前言

改革开放以来,我国家具工业飞速发展,全国林业高等院校相继开设了家具设计或家具设计与制造专业。但关于家具结构设计方面的教材相对较少,特别是家具结构和强度分析方面的研究成果和教材、专著非常鲜见,为满足家具结构设计和力学强度分析教学需要,根据美国普度大学卡尔·艾克曼教授的教学讲义编译了此教材。

本教材原文是对家具结构设计和结构力学强度分析的总结,由于涉及的研究结果时间跨度大、内容繁杂,研究对象具有一定的针对性、局限性,又在研究内容和研究结果上有一些交叉,且数学、力学分析多采用英制单位。根据国内家具设计或家具设计与制造专业以家具造型、结构和加工工艺为主的培养目标要求,本教材编译过程中,在忠实原著的基础上,对内容作了适当的删减和调整,其内容主要集中在家具典型结构单元、材料、连接形式的强度和刚度分析,计算方法和结果对结构设计的影响上。保留计算公式,并对结果和分析图表引入公制单位进行比较。

选入教材的家具结构既考虑了目前我国家具工业的应用现状,又尽可能地考虑家具结构和加工工艺发展后,家具中将会出现的结构和连接形式。立足于编译一本既满足目前家具结构设计要求,又体现家具技术发展水平的教材。

此次编译的家具结构设计教材主要针对家具设计或家具设计与制造专业,并兼顾木材科学与工程专业学生的使用,教材也可以作为家具设计和制造企业工程技术人员的参考书。

参加本教材编译工作的有北京林业大学耿晓杰(第1章)、行炎(第2章)、于秋菊(第3章)、张帆(第5章)、李黎(第6、7章),浙江林学院余肖红(第4章),全书由林作新、李黎统稿。

在本书编译过程中得到美国普度大学卡尔·艾克曼教授的关心和支持,在本书出版之际,全体编译人员对卡尔·艾克曼教授致以崇高的敬意!

在本编译过程中北京林业大学木材科学与技术学科的研究生张燕霞、刘敏、陈彦等做了大量文字工作,在此谨致以衷心的感谢!书稿完成后,许美琪先生和王黎女士对书稿文字进一步把关和润色,在此也深表感谢!

本书的出版得到了北京林业大学材料科学与技术学院的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编译者的水平和条件所限,对原文的理解存在偏差,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,欢迎广大同仁和读者批评指正。

林作新 李黎  
2008年3月于北京

本教材英制计量单位与公制计量单位换算关系表

量的名称	公制计量单位		英制计量单位		换算关系
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	厘米	cm	英寸	in	1 in = 2.54 cm
	米	m	英尺	ft	1 ft = 0.3048m
面积	厘米 <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	英寸 <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	1 in <sup>2</sup> = 6.45 cm <sup>2</sup>
	米 <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	码 <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>	1 yd <sup>2</sup> = 0.836 m <sup>2</sup>
体积	厘米 <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	英寸 <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	1 in <sup>3</sup> = 16.39 cm <sup>3</sup>
质量	千克	kg	磅	lb	1 lb = 0.4536 kg
力	牛[顿]	N	磅	lb	1 lb = 4.536 N
	千克	kg	磅	lb	1 lb = 0.4536 kg
力矩	牛·米	N·m	磅·英寸	lb·in	1 lb·in = 0.113 N·m
	千克·厘米	kg·cm	磅·英寸	lb·in	1 lb·in = 1.152 kg·cm
压力	兆帕[斯卡]	MPa	磅/英寸 <sup>2</sup>	psi	1 psi = 0.0069 MPa
强度	兆帕[斯卡]	MPa	磅/英寸 <sup>2</sup>	psi	1 psi = 0.0069 MPa
密度	千克/米 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	磅/英寸 <sup>3</sup>	pcf	1 pcf = 16.03 kg/m <sup>3</sup>

# 前 言

尽管家具设计师已经开始考虑他们所设计的家具的强度问题，但是还没有出现一种方法，设计师可以用它来分析特定的某种家具的强度需求，从而可以科学地确定零件所需的尺寸，以及为满足这种需求应采用的接合方式。几年前，作者开始对与家具强度相关的问题产生兴趣，并开始着手研究这些令人困惑的问题，作者试图获得一种定量的分析方法。接下来几年进行的一些调查研究使其发展成为一种不断的、家具方面的研究课题，我们需要将搜集到的数据和信息公之于众。我们曾经在工厂里为从业人员开展短期培训，并在正规大学里开设正规的课程，将这些知识系统地传授给人们。正规的、系统的课堂讲义就是这本书的雏形。总之，这本书的目的就是介绍适用于家具强度设计的理念和原则，并将关于这个课题的信息搜集整理于这本书中。然而，这方面内容的书很难说已经包含了所有的内容，因为通过研究，我们会不断发现在旧的知识里面又包含了新的内容。而且，我们必须从某一点打开研究的突破口，而这本书正是为此所写，它是采用理性的方法对家具强度设计进行研究的首次尝试。

[美] 卡尔·艾克曼

2006年11月

# 目 录

致 谢

编译者前言

前 言

1 概述	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 设计类型	(2)
1.3 结构设计原则	(2)
1.4 载荷	(2)
1.5 “试验性”的结构	(3)
1.6 零件设计	(3)
1.7 连接设计	(4)
1.8 关于家具结构设计的说明	(4)
1.9 结构设计评价	(5)
2 家具结构类型与性质	(6)
2.1 引言	(6)
2.2 家具结构	(6)
2.2.1 销铰接结构	(6)
2.2.2 折叠椅	(7)
2.2.3 三角形椅子结构	(7)
2.3 框架结构	(8)
2.3.1 单构件构成的刚性框架	(8)
2.3.2 两构件构成的刚性框架	(9)
2.3.3 三构件构成的刚性框架	(9)
2.3.4 四构件构成的刚性框架	(10)
2.4 板式结构	(13)
2.5 开敞盒式结构的变形特性	(13)
2.6 盒式结构的受力	(14)
2.6.1 底板	(14)
2.6.2 旁板	(14)
2.6.3 背板	(14)
2.6.4 顶板	(14)
2.7 盒式结构的刚性	(14)
2.7.1 板的刚性	(15)
2.7.2 面板的刚性	(15)
2.7.3 刚性连接的作用	(15)
2.8 连接的结构特征	(15)
2.9 轴向力	(15)
2.9.1 销钉连接结构	(15)
2.9.2 框架类结构	(16)
2.10 横向剪切力	(17)
2.11 弯曲力	(18)
2.11.1 悬臂梁	(18)
2.11.2 两端固支梁	(18)
2.12 反作用力	(18)
2.13 总结	(19)
3 家具设计载荷分析	(20)
3.1 引言	(20)
3.1.1 载荷	(20)
3.1.2 作用力	(21)
3.1.3 支撑反作用力	(23)
3.1.4 设计载荷的总体研究	(25)
3.2 靠背椅	(26)
3.2.1 垂直座面载荷	(26)
3.2.2 靠背载荷	(27)
3.2.3 椅子横档垂直载荷	(28)
3.2.4 椅座扭转载荷	(28)
3.2.5 扶手的侧压载荷	(28)
3.2.6 扶手垂直载荷	(29)
3.2.7 对前后腿的侧压力	(29)
3.2.8 作用于前腿上的水平力	(29)
3.2.9 作用于后腿上的水平力	(30)
3.3 休闲椅	(30)
3.3.1 垂直座面载荷	(30)
3.3.2 水平靠背载荷	(30)
3.3.3 扶手侧压力	(30)
3.3.4 扶手垂直压力	(31)
3.4 沙发	(31)
3.4.1 垂直座面载荷	(31)
3.4.2 水平靠背载荷	(32)

3.4.3 扶手侧压力	(33)	5.4.2 不确定框架	(76)
3.4.4 翼板侧压力	(33)	参考文献	(79)
3.5 书架和其他搁板	(33)		
3.6 桌台	(34)	<b>6 家具榫销接合设计</b>	(80)
3.6.1 面板推力	(34)	6.1 引言	(80)
3.6.2 抽屉类	(35)	6.2 圆榫榫接合	(80)
3.7 弯矩及弯矩方程	(36)	6.3 实木件的接合计算	(81)
参考文献	(39)	6.3.1 单榫接合强度	(81)
		6.3.2 双榫接合的力矩	(87)
<b>4 家具结构设计方法</b>	(41)	6.4 刨花板和中密度纤维板中榫的抗拉强度	(93)
4.1 引言	(41)	6.4.1 面板上的抗拉强度	(93)
4.2 符号	(41)	6.4.2 板侧面榫的抗拉强度	(94)
4.3 力和位移	(41)	6.4.3 直径影响	(94)
4.4 弯曲力矩和力矩方程	(42)	6.4.4 榫孔配合的影响	(94)
4.5 支撑反作用力	(46)	6.4.5 胶合条件的影响	(94)
4.6 实例	(47)	6.4.6 榫表面质量的影响	(94)
4.6.1 简单力分析	(47)	6.4.7 胶粘剂的影响	(95)
4.6.2 复杂结构的近似分析方法	(51)	6.5 箱框角部的榫接合	(95)
4.6.3 椅子侧框架结构分析	(52)	6.6 胶合板和定向刨花板圆榫榫抗拉强度	(96)
4.6.4 半刚性节点的结构分析	(58)	6.6.1 抗拉强度	(96)
4.6.5 侧框架的力平衡	(59)	6.6.2 抗弯力矩	(97)
4.6.6 具有半刚性节点——沙发的结构分析	(59)	6.7 榫接合	(98)
4.6.7 具有细侧撑桌子的侧框架结构分析	(61)	6.7.1 圆榫接合	(98)
4.6.8 箱框结构的变形分析	(62)	6.7.2 抗拉强度	(99)
4.6.9 书架的变形分析	(64)	6.7.3 圆榫接合的抗弯力矩	(99)
4.6.10 均布载荷作用下的变形	(65)	6.7.4 燕尾榫	(100)
4.6.11 集中载荷作用在架子搁板中间的变形	(65)	6.7.5 直径影响	(100)
4.6.12 偏离中心的集中载荷作用下架子搁板的变形	(66)	6.8 方形榫接合	(101)
参考文献	(66)	6.8.1 抗弯力矩	(101)
		6.8.2 榫接合阻力矩的结构形式	(102)
<b>5 家具框架构件的设计</b>	(67)	6.9 销榫接合	(107)
5.1 引言	(67)	6.10 多榫接合	(108)
5.2 构件应力的计算	(67)	6.11 指接	(108)
5.2.1 轴向应力	(67)	6.11.1 90°指接	(109)
5.2.2 弯曲应力	(68)	6.11.2 纵向指接	(109)
5.2.3 剪切应力	(69)	6.11.3 90°榫眼、多榫眼指榫接合的研究	(110)
5.2.4 扭转应力	(69)	6.11.4 胶合塞角接合	(111)
5.3 许用设计应力	(70)	6.11.5 胶合塞角的剪切强度	(112)
5.3.1 木材强度极限	(70)	6.11.6 胶合塞角抗弯强度	(112)
5.3.2 木材许用设计应力	(71)	参考文献	(113)
5.4 一般设计程序	(72)		
5.4.1 确定的框架	(73)	<b>7 家具连接件接合设计</b>	(114)
		7.1 夹板接合	(114)



7.1.1	抗弯力矩	(115)	7.8.4	木材中钉子的横向力	(134)
7.1.2	抗拉强度	(117)	7.9	有暗销螺母的贯穿螺栓	(134)
7.1.3	螺钉的握钉强度	(117)	7.9.1	螺母螺栓的拔出力	(136)
7.2	实木螺钉连接	(118)	7.9.2	螺母螺栓T-型连接的抗弯强度	(136)
7.2.1	木材横纹握钉力	(118)			(136)
7.2.2	木材端面螺钉的握钉力	(120)	7.9.3	预埋螺母贯穿螺栓连接的旋转力矩特性	(137)
7.2.3	木材弦面上螺钉的横向强度	(121)	7.9.4	桌子结构中桌腿和垫板连接处螺母预埋贯穿螺栓的抗弯强度	(137)
7.3	螺钉在木质复合材料中的连接强度	(123)	7.9.5	普通钢制螺栓的抗拉强度	(139)
7.3.1	刨花板面的握钉力	(123)	7.10	金属齿连接板	(139)
7.3.2	刨花板侧面的握钉力	(124)	7.10.1	抗弯强度	(140)
7.3.3	中密度纤维板的面握钉力	(125)	7.10.2	端面与弦面的连接	(140)
7.3.4	作内接合强度之用的握钉力	(125)	7.10.3	应用	(142)
7.4	方头螺钉和锚状螺钉在实木中的握钉力	(127)	7.10.4	端面纵向连接	(142)
7.4.1	木材弦面方头螺钉和锚状螺钉的握钉力	(127)	7.11	旋转力矩特性	(144)
7.4.2	锚状螺栓在木材端面的握钉力	(127)	7.11.1	端面与侧面的连接	(144)
7.5	方头螺栓在刨花板中的握钉力	(127)	7.11.2	端面和端面的连接	(145)
7.6	金属和塑料插入件的拔出强度	(128)	7.11.3	金属齿形连接板构成连接的疲劳强度	(145)
7.6.1	螺杆在实木中的拔出强度	(128)	7.11.4	扭曲强度和刚度	(146)
7.6.2	刨花板和中密度板的握钉力	(128)	7.12	钢管连接的设计	(146)
7.6.3	粘入预埋件	(129)	7.12.1	钢管的抗弯强度	(147)
7.6.4	塑料预埋件	(129)	7.12.2	使用强度	(147)
7.7	刨花板箱体的角连接	(130)	7.12.3	连接强度的计算	(148)
7.8	钉子的握钉力	(131)	7.12.4	管孔对管子强度的影响	(148)
7.8.1	钉子的拔出力	(131)	7.12.5	直角连接的形成	(149)
7.8.2	横向握钉力	(132)	7.12.6	钢的屈服强度对连接强度的影响	(149)
7.8.3	铁钉的握钉力	(133)			(149)
				参考文献	(149)
				附录 木材力学性质	(154)

# 1 概述

## 1.1 引言

家具是一个人最重要的财产之一。他要坐在上面，躺在上面，还要在家具旁用餐，将他最值钱的东西放在里面。在有文字记载的古代，人们所设计的家具外形和结构与今天我们所使用的家具差别很小。例如在1922年发掘图坦卡蒙国王墓中发现的椅子、柜子，甚至一张折叠床都与现代家具非常相似。而且，今天仍被广泛使用的榫卯接合在3000年前就已经被人们所了解并使用。尽管家具历史悠久，但是有关家具结构的科学，也就是所谓的家具结构设计，仍然知之甚少。家具设计，像大多数历史悠久构造物的设计一样，是通过不断地尝试，从中不断吸取经验和教训而进化发展的。但是当分析程序已经相当完善，并与其他构造物的结构设计相结合的时候，这种程序却还没有被系统地引入到家具设计当中。

为何科学的家具结构设计仍未引起注意，这可能有以下几个原因：首先，虽然在安全性和如何使材料最轻这两方面，设计师从未忽视，但是设计师因非常缺乏分析计算方法，而缺少科学地考虑这个问题的动力。没有需求，就很少有家具结构研究的动力。结果，在家具分析设计方面所需要的详细的信息很难获得或根本没有。而另一方面，其他构造物这方面的信息却相当丰富，例如桥梁和建筑，它是成千上万的研究者经过多年不断艰苦的努力而获得的。通过不断地尝试，吸取经验和教训，再加上系统地、科学地研究，才使得这些构造物得到不断地发展，同时使得这些构造物的标准得以建立，这给我们的社会带来诸多益处。例如，今天，我们可以从容地穿越桥梁、乘坐飞机，或进入一栋建筑物，因为我们知道每一种构造物是按照严格的工程规则进行设计和建造的，这些规则可以确保我们的安全。而且，在结构设计程序方面的不断更新和改变，使得构造物使用的安全性越来越高，对设计师的依赖越来越小。这些进步使得建造成本降低，也使得除了太空探索之外，其他的事情都变成可能。

然而，在家具方面，价格和工厂的名声依旧是用来判断家具结构品质的主要标准，当然，这种情况也很难说得清楚。一把结构品质良好的椅子可以是松木或核桃木制

成，价格的高低并不能说明质量的好坏。对于生产者来说，结构设计为他们制造坚固耐用的任何价格的家具提供了工具，也为消费者提供了为满足他们使用要求而专门设计的家具的信息。

## 1.2 设计类型

在设计一件新家具的时候，有三个相互分离但又紧密相连的设计领域必须要进行考虑。第一，家具最重要的设计是美学设计，也就是可以吸引消费者，而且能够丰富他们精神生活的造型设计。第二是功能设计，也就是要尽可能有效地实现其预期功能。第三，也是最后一个设计领域，即结构设计，也就是要使该家具在使用过程中安全地承受施加在其上的载荷。

造型设计和功能设计所需考虑的内容不是这本书需要讨论的，但是，应该指出的是，在大多数情况下，一件家具的造型设计将控制所有其他的因素。无论何时，如果可能，当结构需求和造型上的考虑之间发生冲突时，总是将难以修改的造型设计完全推翻。相反，功能设计的理念通常很少被人注意。然而，在很多情况下，一件家具合理的功能设计甚至比造型设计或结构设计还重要，因为人们越来越习惯坐着或倚靠着，而且当空间变得越来越狭小，材料变得越来越稀少时，这个课题就更加重要了。

直到最近，家具科学或结构设计也很少得到人们的注意。然而，顾客对于可信赖的产品的需求、政府对于家具要实现保修的要求、节约材料的需求、缺少创造性地设计并制造出构造品质良好家具的技术熟练工人，所有这些结合在一起都使得这一课题变得越来越重要。这本书的内容就是这一课题——家具结构设计。

## 1.3 结构设计原则

尽管“家具结构设计”这个词经常被使用，但是它的含义却总是不能充分被领会。本质上，一件家具的结构设计，与其他构造物的结构设计一样，包含下面几个步骤：首先，确定使用时将会施加在这个构造物上的载荷；其次，估测能够承受这些载荷所需的零件或部件的尺寸，而且“拟定”这一“试验性”的结构；第三，分析在外部载荷的作用下，这种尝试性的结构中所产生内力的大小和分布；第四，如果必要的话，重新设计“试验性”的结构，重复步骤二，直到没有零件超负荷为止；第五，设计接合方式使其可以安全地承载内力以及在使用时作用在其上的外力。与不断尝试和不断修改的方法不同，这种程序为设计一件可以满足特殊使用需求的家具提供了一种有条理的方法。

## 1.4 载荷

从逻辑上来讲，这种设计的第一步是要确定这件家具在使用时必须承担的载荷。这样的载荷总是难以预见，而且常常说来，要确定它们的大小比结构设计本身还要难。为了确定这些载荷，设计师必须对这件家具在使用时将处于何种条件下有一个透彻全面的了解。设计师必须不仅知道它将如何被使用，还必须知道它将如何被不合理使用。设计师还特别需要知道将要遭受外力的性质，它是静态的还是动态的，它们的大小以及它们的方向和发生的频繁程度。例如，以沙发来说，设计师需要知道，当使用者坐下时、向后靠时以及当使用者安置和移动沙发时所产生的力。他还需要知道当沙发被运输和被搬动时施加在沙发上的力，这样的力可能相当大，许多家具在运输时受

损。他也需要知道是否可以将沙发在地板上推动，或者是否可以抬起，从一个地方搬到另一个地方。如果这些沙发可以在任意距离范围内进行运输，他需要知道，这些沙发是否可以在垂直方向上进行搬动。显然，能够尽可能地预见家具的许多潜在应用是很重要的，因为这些使用方式会使家具出现很多损坏。

对于其他的家具来说也是类似的。例如，设计师必须知道，当一个人坐在椅子上，向后倚靠、转动等情况下，将会施加在椅子上何种载荷以及这些载荷发生的频率如何？你放入橱柜中的碗碟或放入书柜中书籍的重量是多少？一张桌子可以承受多少重量以及从侧面推动它你可以用多大的力？你可以往抽屉里放入多少纸？一张床是不是只能承担睡在上面的人的重量？或者是不是偶尔也可以用作孩子们的蹦床？当设计一件家具时，这些使用过程中出现的典型情况都是必须考虑的。

## 1.5 “试验性”的结构

第二步包括拟定或设计一个“试验性”的结构，预计这种结构可以安全地承担已经确定将要施加在其上的载荷。以家具来说，“试验性”的结构通常是设计师设计的那件家具的草图。在设计其结构时，需要进行相当全面的判断。

理论上，在拟定“试验性”的结构时，几乎任何断面的零件都可以被使用，但是为了提高效率，初次估测应该与最后需要的尺寸比较接近为好。直觉、经验和准确的判断，都是在进行这些估测时有用的工具。但是未必一定能使估测相当接近，但是这样的确对于缩短设计周期有帮助。

在估测零件尺寸时，必须考虑到施加在零件上的力和结构性材料的机械性能，例如极限强度、抗压强度、抗疲劳强度和抗蠕变强度。我们也应该了解，不同的家具所用材料的强度是不同的，这也相当重要。而且，接合点的结构也必须考虑其中，因为，被连接的零件的尺寸也许不足以使接合点尺寸足够大，来使其有足够的强度以承担施加在其上的载荷。

## 1.6 零件设计

一旦这一试验性的结构最初的零件尺寸已经确定，就要对这一结构进行力学分析来确定作用于零件和接合点上的内力大小，也要确定不同零件的尺寸偏差。在这一过程当中，将要涉及到两个问题：第一，数学模型必须要能反映真实结构的性能特点；第二，这一方法必须可以快速且经济地计算出结果。但是，我们必须明白一种真正的结构不是这样分析的，这只是可以进行数学处理的理想化的表现，也就是数学模型。显然，分析结果只是与所使用的模型一样理想。“理想的”模型并不是存在于所有类型的家具中。遗憾的是，与此相应地找到一条捷径代替这种研究和试验几乎是不可能的。

在对一件家具进行计算时，所涉及到的问题常常不仅在工艺上很困难，而且计算起来也相当复杂——甚至比比较常见的结构进行分析时所通常遇到的问题更难。家具框架的零件常是弯曲的且断面不统一。接合点常是柔性的，而不是刚性的，它们常在非线性载荷的作用下产生扭曲。接合处的尺寸与彼此相连的零件的尺寸有关，其尺寸以及对我们的分析所产生的影响不可忽视。而且，所有结构的几何形状常常很难制成平面形状，框架必须被设计成三维结构。因而，对于教科书内问题分析的简化，常常不能用于分析真正的家具框架。

理性的家具强度设计理念迟迟没有被引入家具结构设计当中有一个重要的因素，事实上，许多类型的家具框架的分析大部分都是不可实现的，因为需要进行超量的乏

味的计算,直到大型高速数字计算机的引入。然而,以计算机为基础的分析方法得到应用以后,我们就可以在个人计算机上进行既快速又经济地分析。

在最初的分析完成以后,要对“试验性”结构中的每一个零件进行检测以确定它是否设计合理,是否可以抵抗施加在其上的外力。在某些情况下,零件可以很小,而在其他情况下,零件可能需要很大。在任一种情况下,零件的尺寸都要进行适当的改变,而修改后的、试验性的结构还要进行再次分析。为了确定零件合适的尺寸,这一步骤需要进行多次重复。当然,为了满足审美或其他方面的需求,任何零件都要进行过度设计。这里重要的一点是,它为我们所提出的结构分析提供了为确定每一个零件或部件所受力的确切大小以及作用在接合点上力的大小所需要的数据。

零件尺寸的确定是基于制作它们所使用材料的强度和刚性。对于制作家具的大部分木质材料的刚性,我们已经比较了解(艾克曼,1978;美国农业部,1987)。然而,这些材料用在家具上所允许的应力值还未完全了解,因而要确定合理的设计标准,仍存在一些未知因素。材料本身的强度不同尤其应该引起注意。特别地,在一定的时间内必须知道材料的最小强度,因而可以使应力保持在一定的水平,从而使这一结构在使用过程中,有足够的强度安全地承受外力,但是还不能使用过多的材料造成制造成本提高。

## 1.7 连接设计

在强度设计程序中,最后,当然也是最重要的一步就是连接设计。这一步骤只能在所有零件的最后尺寸都被确定以后才能进行。因为仅当此时,才能准确获得作用在每一个接合点上的力。常规情况下,接合点总是一件家具上最薄弱的部分。我们可以比较确定地说由于脆弱的接合点被破坏而导致整个家具的损坏,这种情况要远远多于任何其他的原因。也许我们对于一件家具的接合点设计的了解也少于对任何其他部件设计的了解。这并不意味着家具的接合没有被研究或探讨过,因为在这一领域实际上已经做了大量的工作。然而,在这些调查研究中,大部分是定性研究而不是定量研究。这些研究都是为了创造出“更好”或“强度更大”的接合或者考虑接合点特定参数的影响,而不是考虑为了制作出具有某一特定强度的接合。

当工程技术进入家具设计领域,对于定量数值的需求开始改变这种情况,而现在我们也可以得到这些信息来进行某种类型家具接合的设计。然而,在这一领域,仍然需要进行大量的研究。

## 1.8 关于家具结构设计的说明

作为产品设计学的一部分,强度设计为需要满足特殊使用需求家具的设计提供了一个量的手段。消费者对这一程序很感兴趣,生产厂家也是这样。因为一旦一种设备的使用需求被确定以后,家具就可以按照为满足这种需求而设计的那样被生产出来。但是这时,设计家具所需要的科学的、精确的信息仍很不完善,以至于我们不能完全依赖强度设计。无数难以解决的问题仍然存在。家具设计必须被认为不仅是一门艺术,而且是一门科学。然而,在一些领域我们已经取得了很大进步,尤其是在那些对家具框架和箱体进行分析的领域。在接合的合理性设计方面也取得了重要的成就。因为在这些发展,在合理性的基础上对几种类型的家具进行结构设计已经变为可能。另外,现在也可以进行性能测试来支持基本的结构设计。因而,现在在产品设计的领域有两个强大的工具,在设计有效的家具结构时,进行判断和积累经验,有助于预测和避免在

使用中可能会引起麻烦的结构。

仍未解决的最重要的问题是如何应付使用中的载荷。对于结构性材料所允许的设  
计值,以及接合点的相关设计信息仍不是很清楚。然而,与这些问题相关的研究以及  
结构上的分析也在不断完善之中。新的解决方案在不时涌现。遗憾的是,大部分信息  
散布于各种文件当中,因而,许多信息难以轻易获得。这本书的一个目的就是搜集和  
总结这些与家具设计有关的信息,集结成一本书,从而可以使设计师和生产者轻易获  
得这些信息。

## 1.9 结构设计评价

结构设计不是一门纯科学,就像数学不是一门纯科学一样。它实际上是一门包含  
艺术和科学的学科。结构设计科学的一面是要处理精确的、理性的关系。例如,“试验  
性”结构的分析就是精确的、理性的。如果预先给定一系列的条件相同,在数学理念的  
基础上,这种分析将总是会得出同样的答案。然而,应该意识到,实际的结构从未被  
分析,我们所分析的只不过是一个代表它的理想化的数学模型。因为一个真实结构的  
性能特点很少被完全了解。在数学模型当中我们将反映这些未知因素的情况进行假  
设性的简化。例如,在一个简单或确定的结构当中,我们常假设零件没有重量,接合点  
可以完全自由地旋转等等(Shedd 和 Vawter, 1941)。这些条件没有一个在实际的结构中  
是存在的,但是只要理想化结构的特点与实际结构不是相差悬殊,对于前者的分析就  
会很好地适用于后者,除非是一些需要非常精确的情况。

在一些更加复杂的、非确定的结构中,这种分析是建立在各零件和整个结构变形  
基础上的。外力和内力不必只是平衡的,但它们总是导致连续不断的弹性变形(Parcel  
和 Moorman, 1955)。因而对于一种非确定结构的分析需要预先了解在真实结构上将会  
发生的变形,以及建立在准确的结构判断和试验性证实基础之上的对真实结构分析的  
适用性。对于那些所受外力是假设的,而没有经过试验证实的结构分析,可能从其  
所使用的数学模型来说,在数学上是正确的,但就实际的结构来说,可能有相当多的  
错误。因此,一种模型真实地反映了它所代表的实际结构的性能特点是相当重要的。  
在这里,很明显,对于一种数学模型的选择大多数情况下靠我们的判断能力。它涉及  
到我们并未完全了解的结构方面的各个因素的解决方案,而所有这些解决方案的获得  
是建立在准确的判断、丰富的经验和大量的试验基础上的。获得这种能力才能应对诸  
多不确定因素,应对精确的关系还未建立起来的情况就是我们所说的结构设计艺术之  
所在。

# 2

## 家具结构类型与性质

### 2.1 引言

掌握不同类型家具的构件和结构原理,对家具的强度设计十分必要。家具几乎都是以各种结合方式构成的,如果只给定家具的外形,要判别其结构的强度、刚度和稳定性是很困难的。

大多数家具都是由两种基本结构件构成的,即框架构件、平板构件或弯曲板构件,对于塑料家具还存在第三种基本结构件,即板壳和箱体构件。

根据家具结构系统的不同,家具结构可分为框式、板式或板壳、箱体式结构,也可以是以上几种结构形式的组合,如板框式结构等。以上几种结构形式中,任何一种都可以建构一件家具,并实现其基本功能,如一个椅子,可以由框架构件、平板板构件或板壳构件构成,或几种结构形式组合而成。

家具结构设计时,首先要对家具结构类型进行分类,然后再研究家具结构自身。本章主要对构件连接形式进行分析,而后讨论家具的结构。

### 2.2 家具结构

家具结构可以被看作一个框架,进而被定义成一个由若干个“类似杆件”组成的系统,在此系统中将连接构件之间的连接点作为铰接点进行研究。构件尺寸和形状可能有长有短,有曲有直,厚薄不一,但其横截面形状均是规则的方形、梯形、圆形或多边形。连接构件的节点可以是刚性的,也可以自由转动。铰接构件或保持相互间相对固定位置,或构件必须按照自身特殊的支点保持相对的几何位置,如三角形,以便保持相互的空间位置。

#### 2.2.1 销铰接结构

如图 2-1(a)所示,四个构件用销铰接成为一个矩形框架,表面上看它不是一个刚

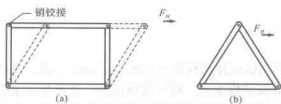


图 2-1 销铰接框架

性框架。实际上,如果当力 $F_D$ 按图示的方向作用于这个框架结构时,它就会倒塌;当三个构件用销铰接成为一个三角形刚性框架,如图2-1(b)所示,当框架承受载荷时,除了构成框架构件的长度会发生较小的变化外,其铰接点的相对位置保持不变。在所有的框架结构中,只有三角形框架有这种保持自身刚性的性质。如果不考虑应用销铰接结构的大小和复杂性,销铰接框架必须按照上述方法连接成一个或数个三角形,否则框架就会失去其刚性和稳定性,用一个销铰接的构件只能承受轴向力,也就是说,力必须沿着构件的长度方向施加作用,它们不能抵抗弯曲变形的力。因为构件两端可以绕着销自由旋转,因此任何构件弯矩都不能传递到另外的构件上。构件的抗拉强度和总体抗弯性能是设计这类框架时必须要考虑的主要因素。

### 2.2.2 折叠椅

实际应用中,纯粹三角形框架结构的家具相对较少,折叠椅是应用三角形框架结构最典型的例子。图2-2所示是折叠椅三角形框架结构,当椅子打开直立时,椅子的坐板、前腿和后腿就是一个由销铰接的刚性三角形框架,椅子坐板和后腿通过一个槽连接,因此椅子可以折叠。只要垂直于坐板的负荷施加在坐板和前腿连接处或它的前面,椅子就是一个刚性稳定的框架结构。



图 2-2 折叠椅框架

### 2.2.3 三角形椅子结构

三角形椅子侧面框架结构如图2-3(a)所示,图示椅子包含两个三角形框架,坐板框架结构如图2-3(b)实线所示;背板框架结构如图2-3(c)实线所示。

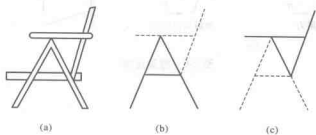


图 2-3 三角形椅子结构



## 2.3 框架结构

在上述讨论中,利用销铰接结构引入了所要研究的主题,实际上三角形连接的强度和稳定性均取决于框架结构本身,而不是铰接点。铰接处仅承受构件施加的、沿构件轴向的载荷,通常可以通过合理的设计保证构件可以承受较大轴向载荷。刚性连接的结构框架,如图2-4所示,框架的强度和刚度主要取决于构件铰接点的强度和构件的强度,因此“刚性结构”的框架在设计和应用中可以不加限制,可以不限制框架的数量和形式,根据结构的具体要求,进行具体安排,无论什么形状的框架,只要它的铰接点是刚性铰接,保证框架不倒塌,就可以满足要求了。

虽然没有确切的统计数字给出家具中有多少框架是刚性结构的框架,但家具结构中大多数框架是刚性结构是毋庸置疑,大量采用刚性框架也是有道理的。其中最重要的原因就是刚性连接为家具设计提供了变化和灵活发挥的空间,而销铰接限制设计者造型设计的深度和广度。

### 2.3.1 单构件构成的刚性框架

图2-5是一个简单的刚性连接结构实例,此结构被称为悬臂梁。在对它施加一定负荷 $F_v$ 后,梁末端的变形为 $y$ 。

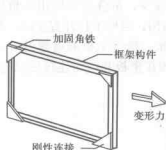


图2-4 刚性连接框架

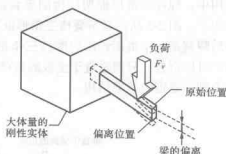


图2-5 刚性连接结构——悬臂梁

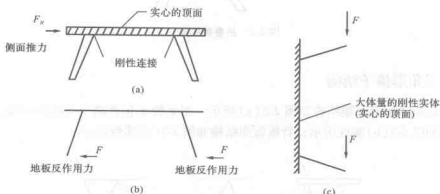


图2-6 框架结构