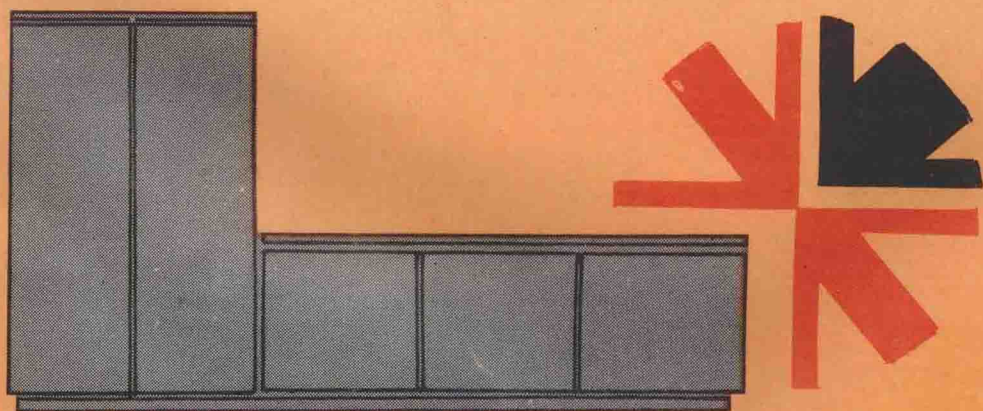


家具力学

● 柳万千 等编著



● 东北林业大学出版社

家具力学

柳万千 等编著

东北林业大学出版社

(黑)新登字第10号

家具力学

柳 万 千 等编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路26号)

东北林业大学印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张14 字数336千字

1993年9月 第1版 1993年9月 第1次印刷

印 数: 1—1 000 册

ISBN 7-81008-421-6/TB·35

定价: 6.80元

内 容 摘 要

本书作为内容包括家具工程设计、家具结构特性和分类、家具设计载荷、家具构件设计家具结点设计整体家具受力分析。

本书作为高等林业院校教材，亦可供科研人员、家具设计和生产技术人员参考。

前 言

我国家具生产历史悠久，技艺精湛，驰名中外，为人类留下许多精美制品。但是，家具工业发展缓慢，长期习惯于凭经验估计零、部件尺寸和结点结构强度；在家具设计中还缺少精确分析和计算的概念，忽略了家具在使用过程中的安全性和最大限度地节省原材料，造成用料多，制品粗大笨重，家具强度和刚度达不到要求，导致变形甚至破坏。

随着社会发展和科学技术进步，国际市场竞争的加剧，人们生活水平不断提高，对高质量家具产品的强烈要求，结构强度和刚度设计日益受到生产和研究部门的重视。到目前为止，世界上一些工业发达国家，都已制定家具力学性能标准，相应建起一整套本国的测试规范，在国际标准化组织的推动下，统一标准的工作已取得了明显进展。同时，计算机辅助设计在家具业中得到广泛应用，使得错综复杂的结构力学问题迎刃而解。科研工作又为家具结构强度设计建立新的理论和积累大量的数据，家具结构强度设计才有可能进行。

本书广泛地收集了国内外有关文献资料 200 余种，并根据作者几年来科研和教学实践，编著成册，企图把结构强度原理应用到家具结构设计中，为家具设计人员提供系统的理论依据。

全书共分六章。第一章由东北林业大学柳万千编写，第二章由合江林业管理局刘玉华编写，第三章由瓦房店物资局于永才编写，第四章由黑龙江省林产工业研究所郭莉编写，第五章由柳万千、于永才、梁毅（石家庄市长安建明钢窗厂）编写，第六章由刘玉华、郭莉、梁毅编写。最后由柳万千整理完成。

东北林业大学刘宝林高级工程师对本书出版给予大力支持，并为本书封面题字，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误与不当之处，敬请读者批评指正。

作 者

1992年10月8日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 家具工程设计	(2)
一、家具设计步骤	(2)
二、家具工程设计简介	(2)
三、家具工程设计方法	(2)
四、家具工程设计现状	(5)
第二章 家具结构特性和分类	(6)
第一节 框架式结构	(6)
第二节 板式结构	(12)
第三节 结点结构性能	(14)
第三章 家具设计载荷	(18)
第一节 外力与支反力	(18)
一、概述	(18)
二、外载荷	(18)
三、支反力	(19)
四、设计依据	(21)
第二节 载荷分析	(22)
一、靠背椅	(22)
二、桌子	(29)
三、柜类家具	(31)
第四章 家具构件设计	(39)
第一节 轴向拉伸与压缩	(39)
第二节 剪切与挤压	(43)
第三节 弯曲	(46)
第四节 扭转	(60)
第五节 应力选择	(70)
一、木材纤维方向与强度的关系	(70)
二、木材强度受含水率的影响	(71)
三、长期载荷对木材强度的影响	(72)
四、木材的容许应力	(74)
第五章 家具结点设计	(78)
第一节 圆榫接合特点及要求	(78)
一、圆榫接合特点	(78)

二、圆榫种类和技术要求	(79)
第二节 实木构件圆榫接合抗拔力计算	(81)
一、实木构件侧边圆榫抗拔力	(81)
二、实木构件端部圆榫抗拔力	(83)
三、两个实木构件端部同边部圆榫接合强度计算	(83)
四、两个实木构件边部对边部圆榫接合强度计算	(85)
五、两个实木构件端部对端部圆榫接合强度计算	(85)
第三节 刨花板部件圆榫接合抗拔力计算	(86)
一、刨花板结构特点	(87)
二、刨花板部件圆榫接合抗拔力计算	(89)
第四节 双圆榫接合剪切强度	(91)
第五节 双圆榫接合抗扭强度	(93)
第六节 双圆榫接合抗弯强度	(95)
一、沿板面方向弯曲	(95)
二、垂直于板面方向弯曲	(96)
三、圆榫和直角榫接合性能比较	(101)
第七节 直角榫接合抗弯强度	(105)
第八节 整体圆榫接合	(112)
一、整体圆榫抗拔力	(112)
二、整体圆榫抗弯强度	(112)
第九节 指榫接合	(114)
一、指榫接长抗弯强度	(114)
二、角部指榫接合	(117)
第十节 五金连接件接合	(123)
一、螺钉接合	(123)
二、U型钉接合	(130)
三、圆钢钉接合	(133)
四、五金连接件接合	(135)
五、角撑板	(151)
第六章 整体家具受力分析	(155)
第一节 椅子和桌类家具受力分析	(155)
一、折叠椅受力分析	(155)
二、小方凳受力分析	(159)
三、家具分析简化方法	(165)
四、家具框架精确分析	(170)
五、书架结构受力分析	(174)
第二节 柜类家具受力分析	(181)
一、柜类变形分析	(181)
二、角部接合形式对柜体刚度的影响	(183)
三、前面框架对柜体刚度的影响	(187)
四、搁板和横撑变形计算	(198)

五、柜类家具稳定性设计	(206)
-------------------	-------

六、背板对柜体刚度的影响	(208)
--------------------	-------

附表	(210)
----------	-------

参考文献	(215)
------------	-------

第一章 绪 论

第一节 概 述

人们工作,学习和生活离不开家具。椅、凳和沙发供人们坐;床、榻供人们睡眠休息;工作和学习要用写字台;吃饭要用餐桌;人们常把贵重物品放到柜橱里,家具又是家庭财产中的一部分。根据历史记载,几千年以前,家具设计制做已经很发达,许多家具同今天的没有多大差别,例如在柱唐卡门国王坟中发现的椅子、柜子和折叠床很象当今这些家具的复制品。今天还在广泛使用的榫接合,那时已经采用,并且沿用了三千年之久。尽管家具有悠久历史,但是人们很少知道家具结构科学和家具工程设计理论,家具设计等也像建筑工程设计一样,是由古代原始的建筑,通过无数次实验和失败,从中取得经验而发展起来的。

建筑业已经推行分析计算方法,而家具设计还没有采用系统的计算方法,家具工程设计实质上已被结构学所遗忘。现在家具都是按照设计者规定的性能来制造,这使家具工业发展受到很大限制。例如,现在要买一件结构确实合理的家具,实际上是不可能的,这并不奇怪,因为缺乏设计必需的资料,设计载荷没有规定,家具制做材料和各种连接件的许用应力值还没有制定,对于家具本身性能和大部分承载部件还没有系统研究过。为什么人们不重视科学的家具设计方法,这其中有几种原因。主要是很少考虑安全因素和最小材料重量问题,忽视这种关系,就缺乏在家具工程设计中引进分析计算概念的动力,没有这方面需要也就没有从事家具力学研究的动力,也就没有制定家具分析计算所需的详细资料。

恰恰相反在建筑业方面,就象桥梁建筑和房屋建筑,成千上万的科学经过多年百折不挠、不辞辛苦的努力才收集到大量资料,试验的成功与失败和系统科研结果,大大促进了生产发展,也建立了结构标准,这些标准又给社会带来许多好处。例如,今天人们过一座桥,乘坐飞机,或是进入一个建筑物,一点不用担心,因为任何一种建筑物都是严格地根据建筑规范设计和建造的,从而保证使用者的安全。进一步讲,工程设计过程精确,就可能使建造物既具有最低的安全系数,又有设计者规定的最大可靠性。这就使建造物不仅节省资金,而且也有可能实现,否则象空间探测技术就不可能进行。然而对于家具来说,原购价和生产厂家信誉是判断家具产品质量的唯一标准,没有更好的理由说明这种原因。用核桃木采用圆榫接合制做一把结构坚固的椅子,当然它的价格不一定是衡量质量好坏的唯一指标。家具工程设计为生产厂家制做结构坚固的各种等级家具提供了必要的方法,同时也为顾客提供了必要信息,以便买到特定设计的家具,满足使用者要求。

第二节 家具工程设计

一、家具设计步骤

在创作新家具时必需考虑三个独立的而又密切相关的设计步骤。对于家具来说,造型设计是最重要的一步,这种家具制品结构形态的艺术渲染,对消费者将产生很大吸引力,一件造型美观的家具将起到丰富人们文化生活的作用。第二步是功能设计,也就是结构设计,它依最有效的方式体现家具预期功能。第三步是工程设计,以便家具在使用过程中能安全地承受作用在它上面的载荷。

家具造型设计和功能设计原理超出这本书的范围,但是应该注意到,在许多情况下家具的造型设计将会制约所有其它因素。当工程设计要求和造型设计构思发生矛盾时,在可能的情况下尽量保持造型设计不变。恰恰相反,功能设计一般很少引起人们重视,在许多情况下正确的家具功能设计比造型设计和工程设计更重要。

直至今日,科学的家具工程设计也还很少引起人们重视,消费者要求信得过的产品,政府部门强行规定家具要进行担保,又要求不断节省材料,那些能凭经验制做结构坚固家具的熟练工人在逐渐减少。综合以上几种原因,就使得家具工程设计这个问题显得更加重要,这本书就是专门研究这个问题——家具工程设计。

二、家具工程设计简介

从某种意义上讲,数学才是纯理科,家具工程设计不是纯理科,它是艺术和科学结合起来形成的一门学科,它是论述精确和理性之间关系的一门科学。例如,家具样品模型结构应力分析既是精确的又是合理的,它是基于数学概念,对于给定的一系列条件,总是得到同样的答案。然而,应该认识到一个真正的家具是无法分析的,只能用一个模型来代替它进行分析,因为很难知道一件真实家具在使用过程中的全部受力情况。制做一个假想的家具模型,就可进行分析。例如,在一个简化的静定结构中,零部件通常假设没有重量,结点完全可以自由转动等。在家具中这些条件完全不存在,但只要理想的结构性质与真实结构相差不大,除去特别精确设计之外,前者的结构分析完全可以应用到后者上去。

在更复杂的超静定结构情况下,把所有零部件和结点作为一个整体结构来考虑它们的变形,因为外力和内力不一定相等,它们也必然引起相应的弹性变形。超静定结构分析需要先前的静定结构知识。对真实结构分析的准确性,是依靠坚实的工程判断和实验验证,没有通过实验验证而假设应变性能的结构分析方法,对于家具模型来说理论上可能是正确的,但对于真正结构来说可能就完全错了。所以,选择代替一种家具结构的模型,应该是能完全反映一个真正家具的结构特性。选择恰当的家具模型完全靠判断,它包含结构中尚未了解的诸因素的解析,根据判断,经验和实验得到问题的解决。在正确的关系还没建立起来的情况下,妥善处理不确定事情的能力,这叫作工程设计技巧。

三、家具工程设计方法

虽然有一些关于家具工程设计的文章,但对这个词的含意还有些模糊,家具工程设

计也和其它工程设计一样由以下几个步骤组成：首先确定家具在使用过程中所承受的载荷；第二步是根据承载要求初步确定一下零部件尺寸，并绘制一个“家具样品”图；第三步是根据外部载荷求出家具样品产生的内力大小和分布情况；第四步如果有必要就重新修改这个家具样品结构，并重复第二到第四步，直到所有零部件均不超负荷；第五步设计结点，以便它能安全地承受内力和在使用过程中作用在家具上的外载荷。

试验方法要经过无数次的失败才能成功，这里介绍的家具工程设计方法，能适应在任何条件下的使用要求，如图1-1所示。

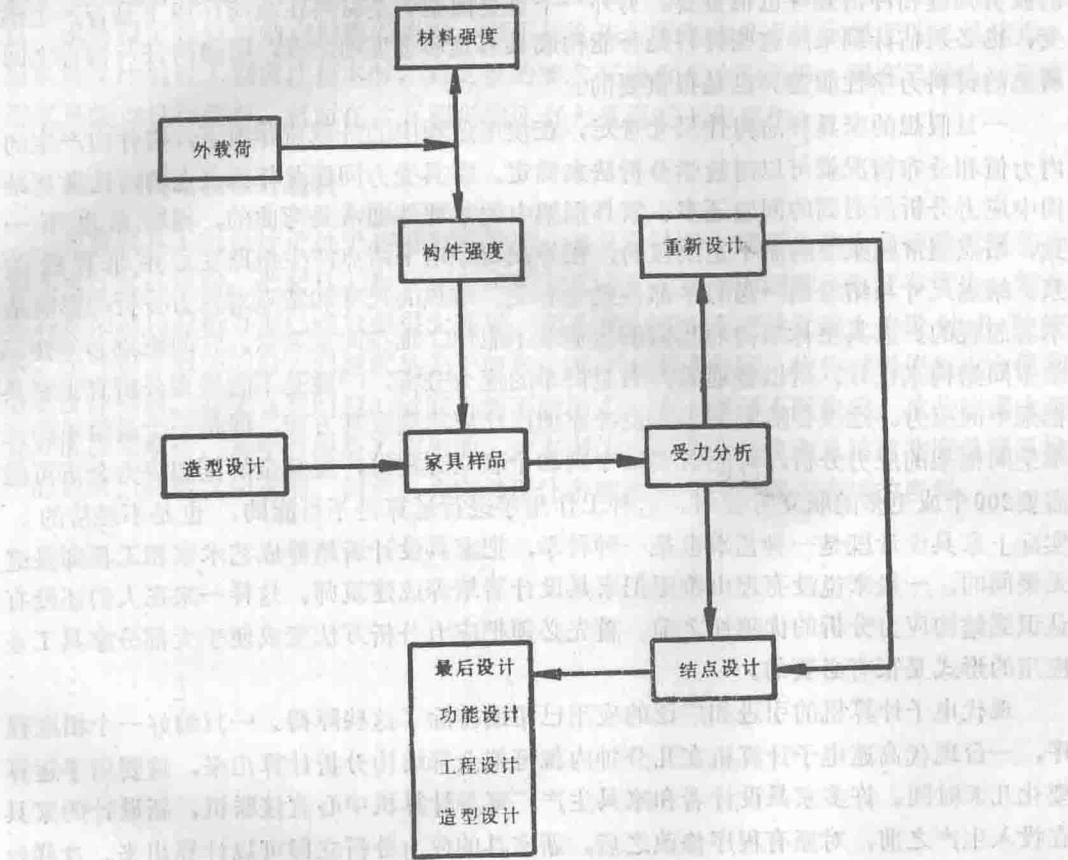


图1-1 家具设计步骤

首先合理地确定家具在使用过程中要求承受的全部载荷，确定外载的唯一方法就是事先规定家具设计载荷。这种方法同公路桥梁设计时采用的方法一样。例如，公路主干线上的桥梁，可按最大预计载荷来设计，而公路支线上的桥梁可按规定的载 荷 量 来 设计。若是每座桥梁都按最大承载量来设计，从理论上讲也不经济，重载车辆通常是在公路主干线上行驶。同样道理，家庭中使用的家具比学生宿舍和公共食堂使用的家具所承受的载荷要轻些，所以设计家庭家具时采用的载荷比公共场所的家具载荷要小些。或者是采用分类的方法，对家具进行分级，规定家具承载能力，即分为适于家庭使用的家具和学校使用的家具。

在任何情况下，设计者对他设计的家具在什么环境中使用必须有全面了解。例如，当一个人坐到椅子上，什么性质的载荷作用在椅子上？向后靠，转圈扭等等，这些载荷

的频率是多少？放到碗柜里的盘子、碟子重量是多少？书架上书重又是多少？一张桌子能承受多大重量？侧向多大推力桌子不坏？一张床只能承受睡在床上人的重量行吗？偶尔你会看到家中小孩在床上蹦跳。当设计一件家具时这些在正常使用条件下应该考虑的载荷必须予以考虑。

第二步是画图，即设计一个假想的家具样品，这个家具样品能安全地承受预先确定的载荷。在研制这种家具样品时必须进行多方面判断，最重要的是材料极限载荷，材料的疲劳强度和冲击强度也很重要。另外一个重要因素就是材料在载荷作用下是否产生蠕变，也必须估计到采用这些材料是否能构成具有足够强度的结点，明确构件与构件之间所选的材料力学性能差异也是很重要的。

一旦假想的家具样品构件尺寸选定，在使用过程中的外载荷作用下，构件内产生的内力值和分布情况就可以用数学分析法来确定。家具受力问题是相当复杂的，比常规结构中应力分析所遇到的问题还多。家具框架中的零部件通常是弯曲的，横断面也不一致，结点通常是柔性的而不是刚性的，在外载荷作用下结点产生扭曲变形并非直线关系。结点尺寸与结合到一起的零部件尺寸有关，结点的尺寸和结点对应力分析的影响是不容忽视的。家具整体结构的几何形体通常不能用二维空间来表示，它的框架必须按三维空间结构来设计，所以普通教科书里简单的应力分析，一般是不能用来分析真正家具框架中的应力。这就必然限制工程设计原理广泛应用到家具方面，即是一个最简单的三维空间框架的应力分析，可能需要30个到40个联立方程组，更复杂的框架应力分析可能需要200个或更多的联立方程组。这种工作用手进行运算是不可可能的，也是不经济的。实际上家具设计既是一种艺术也是一种科学，把家具设计者培养成艺术家和工程师是毫无疑问的，一般来说没有理由希望把家具设计者培养成建筑师。这样一来在人们还没有认识到结构应力分析的优越性之前，首先必须把应力分析方法变成便于大部分家具工业应用的形式是很有必要的。

现代电子计算机的引进和广泛的应用已帮助排除了这些障碍。一旦编好一个相应程序，一台现代高速电子计算机在几分钟内就可把全部结构分析计算出来，这要用手运算要化几天时间。许多家具设计者和家具生产厂家与计算机中心直接联机，新设计的家具在投入生产之前，对原有程序修改之后，新家具的应力分析立即可以计算出来。这样收集和储存程序，建立标准家具应力分析程序库就很重要。根据常规结构编制的专为解决家具结构问题的第一个电子计算机程序，首先用来设计扶手椅框架（埃克尔曼和古德里奇，1968年）。随后编出更完整的电子计算机程序CODOFF，用作家具结构应力分析（埃克尔曼，1970年）。这个程序可能是最有效的家具结构应力分析程序，对于建筑工程知识掌握的很少、以前没有操作计算机经验和没有编程序知识的人也能使用CODOFF程序。

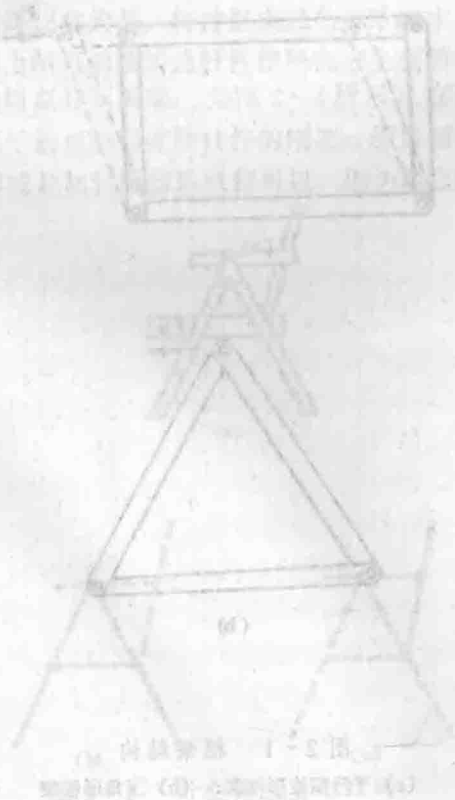
初次结构应力分析完成之后，就要检查一下家具样品中每个零部件设计的是否合理，是否能承受外载荷作用。有时零部件的断面尺寸过小，而有时又过大，这时对零部件的断面尺寸要作适当修改，修改后的家具样品还要再作一次结构应力分析，这个过程重复多次，为了确定零部件的正确尺寸，这样作是有必要的。如果需要，任何零部件尺寸都可以设计大一些，这是造型或其它方面的要求。建议采用结构分析方法，就是为确

定每个零部件到底能承受多大载荷，作用在结点上的力到底多大，提供必要的资料。

工程设计过程最后一步就是结点设计。精确的结构分析已完成，零部件尺寸已确定，作用在每个结点上的力也就准确确定，在这之后才进行最后一步结点设计。从传统上看，结点总是家具中最薄弱环节，可以肯定地说大多数家具破坏都是由于结点强度不够而引起的，这比其它破坏形式都多，况且人们对家具结点设计了解的比其它部分都少。这样说并不意味着家具结点没有人研究，在这个领域里已经作了大量具体工作。但是这些调查研究实质上都是定性的，而不是定量的，它们都是论述怎样制做坚固的结点，或是特定参数对结点性能的影响，而不是论述怎样制做具有指定强度的家具结点。当家具设计引进工程设计技术时，对定量的要求开始改变这种形势，现在已经有一些常用家具结点设计资料，然而在这方面仍然还有大量研究工作要作。

四、家具工程设计现状

目前家具工程设计正处于初级发展阶段，家具设计者主要还是依靠自己的判断和经验来设计家具结构，把家具工程设计看作既是艺术又是科学的问题仍然没有解决。但在家具框架结构分析方面已经取得很大进展，现在就有可能在理性基础上去设计几种家具。至今仍未解决的最大问题就是关于使用过程中的载荷问题，构件材料许用应力值和结点设计资料。有关这些问题的研究机构不断增多，新的解释不断出现，这些数据大部分分散在文献中，其中有些是不实用的。这本书的目的就是收集和总结这些有关家具设计的资料，归纳成一本书，使它成为家具设计者和家具生产厂真正有用的资料。



第二章 家具结构特性和分类

要弄懂家具工程设计这门科学的基本原理，必须区别家具结构中所采用的各种不同的结构形式。初看起来家具结构方式有无穷多个，因此要辨别赋予家具形状、强度和刚度的基本结构形式通常很困难。然而仔细观察就会发现家具通常只有三种构件组成：框架构件和平板或者是弯曲板件，塑料家具中的构件定为第三种，叫着壳体式或是斗式构件。根据家具结构中采用的主要构件种类，家具大体上可分为框架式、板式和壳体式结构。在其它情况下，不依一种结构形式为主，这种家具作为复合结构，就像用框架构件和板件构成形体的家具，很明显上面例举的任何一种结构形式，都可用来构成一种确定用途的家具。例如，椅子可以制成框架式、板式或壳体式结构，或者是这些形式的组合。在开始研究家具工程设计时，首先对各类家具结构形式进行研究，随后再去研究整体家具，而不能反过来。下面对家具结构中所用的各种结构形式进行分析，对连接各构件的结点进行分析。

第一节 框架式结构

从结构意义上讲，可以这样来定义框架结构：就是许多杆件由几个结点连接起来的构架。结点是杆件相互之间的连接点，这些杆件可能有长短、曲直、厚薄的不同，而且它们可能是等截面杆或是变截面杆，圆形或是棱形的横断面。一般来说。连接杆件的这些结点，可能是刚性结点或者是可以自由转动的铰结。在第一种情况下，所有构件通过结点相互之间连接很坚固，而第二种情况下所有杆件必须构成单独支承的几何形体，被称为三角形体系，以便保持构件相互之间的位置。

例如图 2-1 (a) 所示结构，所有杆件都用铰结连接起来，形成四方形框架结构，凭直觉一下就看出，这不是刚性框架，当加一个 F_H 力时框架就会倒；当三根杆件铰结在一起时，形成三角形结构，如图 2-1 (b) 所示，这种刚性框架受力

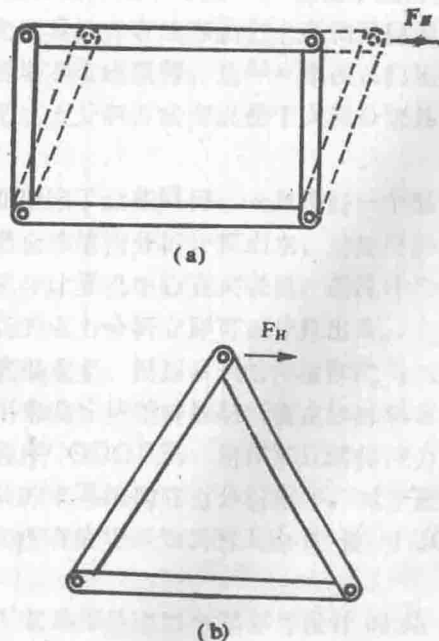


图 2-1 框架结构
(a) 平行四边形框架；(b) 三角形框架

时，除了构件长度上有微小改变外，结点之间位置保持不变。在所有结构形式中，只有三角形框架结构才具有刚性。采用铰结合，不管尺寸和结构多么复杂，杆件必须形成一系列三角形结构，否则构架将会倒塌，通常铰结构件只能承受轴向力，力沿着构件纵向轴线方向作用。由于每根杆件两端都能绕销轴自由转动，任何一根杆件中的弯曲力矩不能传递到其它杆件上，所以在设计这种形式框架时，主要考虑杆件抗拉强度和压杆稳定问题。

这里列举几件家具采用三角形铰结框架结构的例子。折叠椅是最好的例证，图 2-2 表示一个折叠椅的简图，当椅子支起来时，椅座、前腿和后腿形成一个坚固的三角形框架，在每个结点上用销轴把它们连接起来。座与后腿实际上是通过长槽口连接起来，这样椅子才能折叠起来，只要是座板垂直载荷作用在座的前端到座与前腿连接点之间的点上，椅子框架就稳定和坚固。

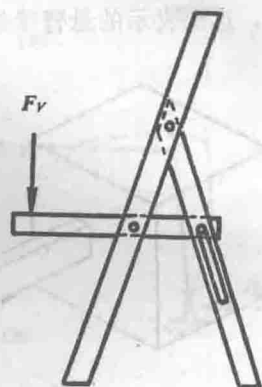


图 2-2 折叠椅

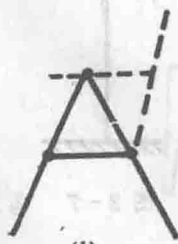
图 2-3 (a) 表示另外一种折椅侧面框架线型图，这种椅子实际包括两个三角形框架系统，一个是前、后腿与座形成的三角框架系统，在图 2-3 (b) 中用一组实线表示；另一个是扶手、后腿和靠背形成的三角框架系统，在图 2-3 (c) 中依实线画出。

在讨论上述结构形式时，有目的地采用了铰结点。

应引起注意的是，杆件组成三角形结构才具有强度和刚度，结点本身并没有强度和刚度，实际上结点承受的是杆件作用在它上面的轴向载荷，一般来说要制做能承受很大轴向载荷的结点并不困难。如图 2-4 所示，在刚性结点的框架中，框架的强度和刚度，主要决定于结点的强度和杆件的刚度。所以刚性结点的框架，对杆件的安装方法不限制，四边形或是其它任何形状都可以，因为结点能防止框架毁坏。



(a)



(b)



(c)

图 2-3 折叠椅三角形结构

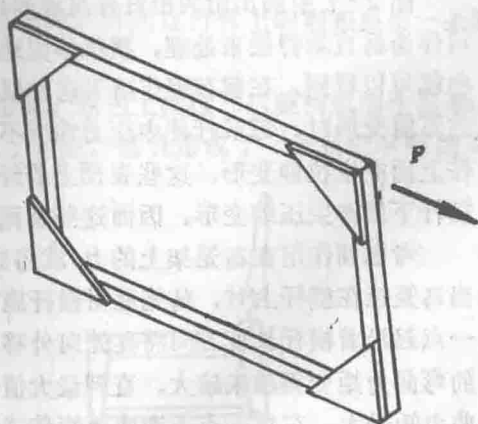


图 2-4 刚性结点框架

虽然没有统计资料证实这一点,但完全有理由说家具结构中所用的大部分框架是采用刚性或是半刚性结点,主要原因是刚性结点为各种设计提供灵活性,而铰结点限制设计者只能采用一种几何形状。图 2-5 表示非常简单的一种刚性结构,这种悬臂梁在载荷 P 作用下,梁端变形为 y 。在刚性结点框架中,杆件承受垂直于纵向轴力的作用,杆件在这种弯曲力矩作用下要产生弯曲变形。这里表示的悬臂梁结构形式,

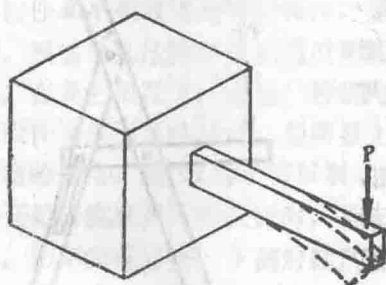


图 2-5 悬臂梁

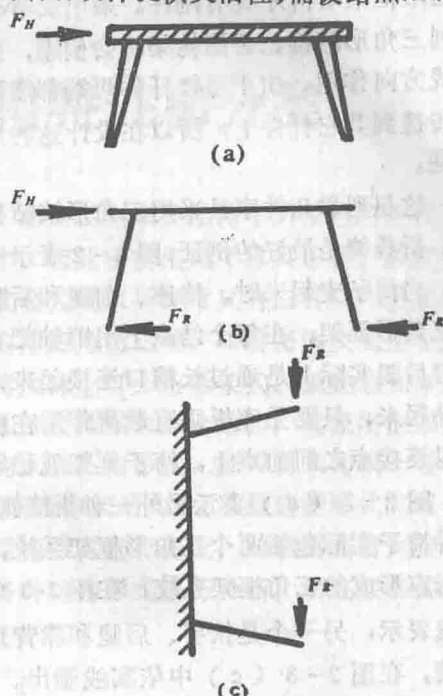


图 2-6 桌子外载荷

在家具结构中经常采用,最熟悉的例子就是桌腿、长条凳腿,在许多情况下小凳腿直接装到座板上,不通过任何框架。这种家具在地面上拖动时,腿子受力相当于悬臂梁。图 2-6 (a) 为这种结构的侧视图,桌腿牢固的安装到桌面上,每条桌腿相当于一个悬臂梁。这个原理在图 2-6 (b) 中给予了很好的说明,侧向推力和地板摩擦力作用在桌子上,如果把桌子立起来,桌面按无限大的物体来处理,如图 2-6 (c) 所示,可以看出桌腿结构很像悬臂梁。

图 2-7 中画出由两根杆件组成的鸟笼架,垂直立柱牢固地安装到沉重的基座上,可作为垂直悬臂梁来处理,横梁牢固地安装到立柱上端,又成为一个水平悬臂梁。从图中就可以看到,在载荷 W 作用下这种框架结构的特性。这种家具产生弯曲变形时,每根杆件中应力性质不同,垂直杆件左面和水平杆件上面产生拉伸变形,这些表面上的纤维产生拉应力,立柱右边和横杆下面产生压缩变形,因而这些表面承受压应力。

考虑到作用在鸟笼架上的力,就得到弯曲力矩大小及分布情况。当鸟笼挂在横杆上时,鸟笼就对横杆施加一个向下的垂直力,从这一点起沿着横杆长度方向将鸟笼向外移动越远,作用在这根杆件上的弯曲力矩变得越来越大,直到最大值,在横杆与立柱联接点处弯曲力矩最大,在这一点上弯曲力矩传递到立柱上。随后这个弯矩就均匀地作用到立柱整个长度上,最后一致传递到基座上。因此,在这种结构中横杆与立柱之间的联接点为第一个危险点,应该合理设计。



图 2-7 鸟笼架

图 2-8 (a) 表示三杆件框架，在桌子边框中通常可看到这种结构形式。应该注意这种结构同图 2-6 (a) 中表示的结构不同，在这种结构中桌腿是安装到第三个构件望板上，而先前一种桌腿是直接安装到桌面上。图 2-8 (b) 表示在侧向力作用下，比如一个人推桌边时框架的变形特征。假如四条腿下端是固定铰支座，这时框架变形就如图中虚线所示。每个杆件承受拉应力的部位，就用“+”号表示。这时可以看到望板左部下面受拉应力，而右部上面受拉应力。在这种情况下，沿着横撑长度在一定距离上就有一个转折点，由这一点开始望板下面由拉应力转变成压应力，而望板上部由压应力转变成拉应力，在这一点上应力为零。当框架变形如图 2-8 (b) 所示时，这个转折点就在望板跨度中间位置。

当一条腿采用固定铰支座保持在一定位置上，而其它腿假设是滑动铰支座可自由滑动，并且一个人抬起桌子一端，同时在地板上推桌子时，就产生如图 2-8 (c) 所示的变形情况。这时作用在望板上的应力与先前情况不同，望板整个上面都产生拉应力。这两个图进一步说明一个重要的结构原理，当外载荷平均分配时，即作用于腿子下部的支反力是平均分配的，作用在杆件上的弯矩要比一条腿承受侧边载荷所产生的弯矩要小。

椅侧框架结构也常采用三杆件刚性框架。前腿，侧边上横撑和后腿构成刚性框架。如果这种框架再增加一根横撑，如图 2-9 (a) 所示，这就形成了一个完全不同的结

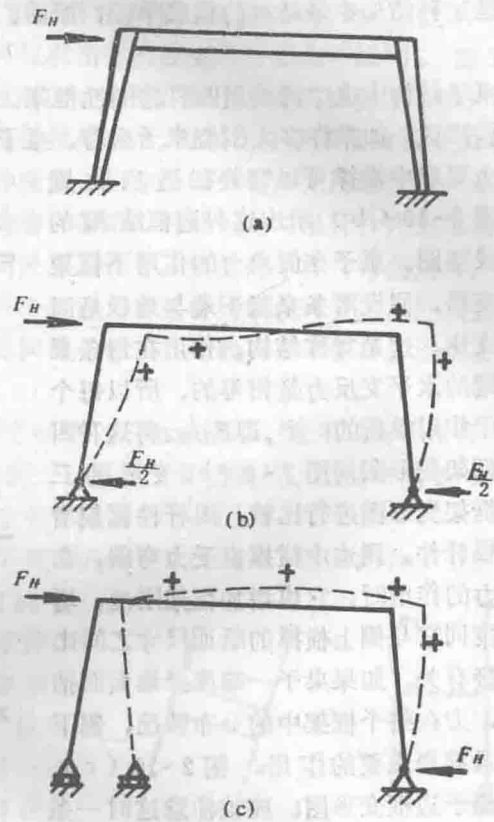


图 2-8 桌腿受力与支承关系

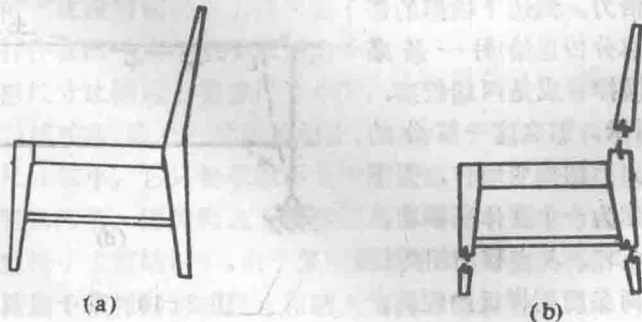


图 2-9 椅侧边框结构