



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

阮宝湘 ©主编

工业设计 机械基础

Industrial
Design

第2版

双色版



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工业设计机械基础

第2版

主 编 阮宝湘

参 编 邵祥华 高炳学 张宝刚

钟家珍 胡 锦

主 审 简召全 吴永健



机械工业出版社

本书共分两篇，第一篇为工程力学基础，第二篇为机械设计基础。第一篇中的4章分别为工程力学的基本概念，构件与产品的静力分析，构件与产品的强度分析，构件的刚度、压杆稳定和动载荷问题。第二篇中的5章分别为机械设计概述，机械零件基础，常用机构，机械传动基础，产品结构的图例与剖析。本书的特点是：①尽量以日用工业品取代机械生产设备作为讲解的示例和作业分析的对象；②将第二篇各章的作业尽量由“抄书答题”改为解剖分析产品实物，使学生在实践中学得活、学得牢。附录机械设计基础综合作业内有三种类型近80个大作业题，涉及百种以上的日用产品，学生可任选一个题目，通过自我钻研来有效地巩固和加深对课程的学习掌握。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，主要适用于设计类专业本科的工程力学和机械设计基础两门课程，也可供其他非机类专业选用。为方便教学，本书配有电子课件，其中含有供教师参考使用的习题解答。具体联系方式见书后的《读者信息反馈表》。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业设计机械基础/阮宝湘主编—2版.—北京：机械工业出版社，2008.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-08475-4

I. 工… II. 阮… III. ①工业设计—高等学校—教材 ②机械设计—高等学校—教材 IV. TB47 TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 094423 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：冯春生 版式设计：霍永明 责任校对：陈延翔
责任印制：李妍
北京中兴印刷有限公司印刷
2008 年 9 月第 2 版第 1 次印刷
210mm×285mm·21.5 印张·544 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-08475-4
定价：42.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：(010) 68326294
购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话：(010) 88379215
封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书于2002年7月发行第1版,至2007年8月第4次印刷,累计印刷14000册。由于当时交稿的时限较为紧迫,第1版在不少方面未能达到既定的编写要求,这一直是编者的一个心结。2006年本书入选为教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,这才得到机会进行期待已久的修订。本次修订继续秉承“适专业、宽而浅、重实例、重应用”的原则,但改写的篇幅较多,对比第1版,主要有以下方面的改进:

1) 尽量采用日用工业品作为讲解的示例和作业分析的对象。因为日用品比机械生产设备更贴近学生生活,看得见、摸得着、容易懂,也更符合设计专业及其他非机类专业的工作实际。

2) 加大了第二篇各章中实践性作业的比例,通过作业引导学生去观察实物、分析实物、动手拆装产品实物,摆脱“抄书答题”的桎梏,使学生在结合实际中学得更加灵活、牢靠和有趣。附录机械设计基础综合作业是本书的特色所在,内有三种类型近80个大作业题,涉及百种以上的日用产品,学生可任选一个题目,通过自我钻研来有效地巩固和加深对课程的学习掌握。

3) 改正了第1版中的一些差错,削减了部分较深的内容和较难的作业题。

4) 制作配套的电子课件,以便利任课教师的课堂教学。课件中还附有习题解答,给出了书中所有计算题的解题步骤和答案,这也是为减轻教师的工作负担而提供的。

参与编写本书第1版的老师,有的工作已有所变动,有的正忙于其他任务而无法分心,因此,此次修订工作由阮宝湘、邵祥华承担。但第2版的编者署名仍维持第1版的原样不变。第2版由北京理工大学简召全、吴永健两位教授主审,编者对他们认真细致的工作和所提的宝贵意见深表感谢。

曾经来信给本书第1版提出意见和建议的,有讲授这门课程的教师,也有学习这门课程的在校学生,他们的意见不仅有价值,而且还让编者感受到了社会的关心和帮助。编者由衷地期待本书第2版能得到更多的批评指正和改进建议。

编者
于北京

第1版前言

工业设计是一个相对年轻的专业，我国多数高校建立这个专业（系）的时间还不是很长，所以本专业的工程基础课程一般聘请外系的教师来主讲。全国高等学校工业设计专业第二届教学指导组在讨论到这种现状时，指出存在以下两个值得关注的现象：第一，外系教师不易在短时间内熟悉本专业的需要，使得适当地把握课程的深广度和使课程内容结合专业实际，都有一定难度。第二，工程基础各门课程由不同系的教师来讲授，教材也由他们分别选用，那么各课程之间的互相贯通衔接也难免出现问题。在这些工程基础课程中，当然包括“工程力学”和“机械设计基础”这两门课程。有鉴于此，教学指导组讨论通过了编写本专业规划教材《工业设计机械基础》的建议，并审议通过了该教材的编写大纲，目的在于对解决上述问题进行初步的实践和探索。这就是本教材产生的背景。

非机类专业教材把《工程力学》和《机械设计基础》合成一册《机械基础》，已经不乏先例。本教材沿用这种做法，主要着眼于两者的贯通衔接。这既不妨碍在教学计划中仍把它们分列为两门课，也不影响分别聘请两位教师来授课。由于一般不会有哪个学校只开其中一门课而不开另一门，相信合册比分册能给教学双方都带来一些方便。

本教材在编写中力求遵循“适专业、宽而浅、重实例、重应用”的要求。专业的培养目标是工业设计师，需要一定宽度的力学和机械知识，但不可能也没必要达到机械专业的深度。在工程力学部分中，教材突出了静力学和材料力学的基本概念和结论；提供基本计算方法的目的，是让学生掌握的知识能从定性向定量的层面有初步的延伸，这对本科层次的人才培养是需要的。但计算公式的推导一般都加以精简了。机械设计部分中，常用机构、联接、各种传动、轴系零部件等基本内容，都从实用出发，着重于阐明特性对比和适用场合。一般机械基础教材的例题和习题，常限于生产机械的范围，本教材补充了一些生活日用品的例子，以期贴近专业。工业设计的核心是创新，而结构创新往往就是功能创新的基础，应该是本专业学生学习本课程的重点之一，对此本教材也在例题和习题中尽量加以体现。在第三篇“产品机构与结构图例”中，还提供了三大类、近40种产品的立体透视图，作为学生的参考阅读材料。希望它

们既能给学生提供创新设计的借鉴，又能激发学生创新设计的热情。本书的附录为课程的“大作业指南”，阐明了“课程论文”和“课程设计”两类大作业的目的、要求和方法，还给出了几十个适合于工业设计专业特点的题目。编者的初步教学实践表明，学生对这样的大作业是欢迎和有兴趣的，能提高本课程的教学效果。希望使用本教材的老师和同学们，通过实践，把改进大作业的意见和好的作业题目反馈给本书编者，让更多的学校能分享你们的宝贵经验。

在各个学校的教学计划中，“工程力学”和“机械设计基础”这两门课程的课时数颇有差异，加之本专业有从理工类招生的，也有从艺术类招生的，因此，各校对这两门课在要求上存在多样性是客观现实。这种多样性对我国设计教育整体而言，是好事；不可能也不应该强求一致。当然，既然如此，就不可能有任何一本教材能适用于所有的学校。本教材的基本对象为理工类招生的工业设计专业本科生。但本教材对较深的理论均已删削，例如，书中公式基本上都以初等数学的形式给出（只在个别地方出现微积分符号，可以跳过去，不影响对主要内容的理解），因此也可供艺术类招生的工业设计专业本科生、理工类招生的工业设计专业大专生参考。

本书由北京理工大学阮宝湘主编。参加编写的有北京理工大学阮宝湘、邵祥华（第一、二、三、四章，附录），北京机械工业学院高炳学（第五、六章，第十章的第一、二节），北京工商大学张宝刚（第七、八、九章），湖南大学钟家珍、胡锦涛（第十一、十二、十三章，第十章的第三节）。全书由北京理工大学吴永健教授主审。

由于作者水平所限，书中难免存在种种缺点与不当，恳切期待读者给予批评指正。

编者
于北京

目 录

第2版前言

第1版前言

第一篇 工程力学基础

第一章 工程力学的基本概念	1
第一节 工程力学与工业设计	1
第二节 工程力学的研究对象与基本内容	7
第三节 工程力学的基本概念	8
第四节 静力学公理	9
第五节 约束与约束反力	12
第六节 分离体与受力图	16
习题与作业	20
第二章 构件与产品的静力分析	23
第一节 平面力系的简化与合成	23
第二节 平面力系平衡问题的求解	31
第三节 空间力系简介 超静定的概念	40
第四节 物体的重心和平面图形的形心	44
第五节 摩擦与摩擦力	49
第六节 功与功率	58
习题与作业	63
第三章 构件与产品的强度分析	68
第一节 材料力学的研究目的 杆件的基本变形形式	68
第二节 内力、应力与应变	71
第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	76
第四节 拉压杆的强度	80
第五节 剪切和挤压强度	83

845	第六节 圆轴抗扭强度	88
845	第七节 梁的抗弯强度 (一)	95
845	第八节 梁的抗弯强度 (二)	103
845	第九节 组合变形强度问题简介	110
845	习题与作业	114
825	第四章 构件的刚度、压杆稳定和动载荷问题	119
825	第一节 构件的变形与刚度	119
825	第二节 压杆的稳定性	126
825	第三节 动载荷与动应力	132
825	第四节 应力集中现象和裂纹问题	135
825	第五节 交变应力与疲劳强度简介	139
825	习题与作业	142
825	第一篇《工程力学基础》篇后语	
825	设计专业的学生怎样解读力学公式——从张飞的虎须谈起	145
800	第二篇 机械设计基础	
818	第五章 机械设计概述	149
818	第一节 机械结构在设计中的地位	149
838	第二节 机械设计的基本要求和一般程序	153
838	第三节 机械结构的常用材料及其选用原则	160
830	第四节 零件结构的工艺性和造型因素	167
838	习题与作业	172
848	第六章 机械零件基础	176
848	第一节 联接	176
848	第二节 轴与联轴器	185
848	第三节 轴承	195
848	第四节 弹簧	204
848	习题与作业	213
848	第七章 常用机构	215
848	第一节 运动副、机构与机构运动简图	215
848	第二节 平面连杆机构	220
848	第三节 凸轮机构和螺旋机构	225
848	第四节 间歇运动机构	234

88	第五节 机构的扩展与组合	238
20	习题与作业	239
101	第八章 机械传动基础	242
111	第一节 带传动	242
111	第二节 链传动	248
111	第三节 齿轮传动	252
111	第四节 轮系与减速器	269
151	第五节 液压传动简介	275
281	参考资料 常用机械传动形式的性能对比	277
281	习题与作业	278
181	第九章 产品结构的图例与剖析	280
211	第一节 日用品	280
211	第二节 灵巧、便捷机构	286
211	第三节 灯具与家具	292
211	第四节 电动工具与家用电器	300
211	第五节 整机的结构与组合	311
211	第六节 机箱机壳与机架机座	314
221	附录 机械设计基础综合作业	323
101	附录 A 第一类综合作业 撰写产品结构的分析报告	323
101	附录 B 第二类综合作业 绘制产品结构图	330
53	附录 C 第三类综合作业 制作产品机构的可动模型	332
151	参考文献	334

第一篇 工程力学基础

第一章 工程力学的基本概念

第一节 工程力学与工业设计

一、工程力学在产品中的作用

工程力学对产品设计有什么用？这是学习本课程的学生都想了解的问题。简要的回答是：第一，任何产品都必须稳定或能按预定要求运动；第二，任何产品都应该牢固，正常使用中不会损坏。要正确处理这两方面的问题，都离不开基础的工程力学知识。

上述两个方面中，前者属于静力学或动力学的范围，后者属于材料力学的范围。下面通过一些贴近工业设计的产品实例，来初步说明上面的论点。

1. 产品设计与静力学、动力学

图 1-1a 是 20 世纪 20 年代包豪斯学校教师布劳耶 (Marcen Breuer) 设计的钢管椅，它开启了采用钢管制作家具的新潮流。人坐在钢管椅上难免左摇右摆、前倾后仰，为了安全，要求椅子能维持稳定不致倾倒，那么在地面上支撑椅子的那段“U”形钢管，其横宽和纵深至少应该多大？——这就是一个静力学问题。

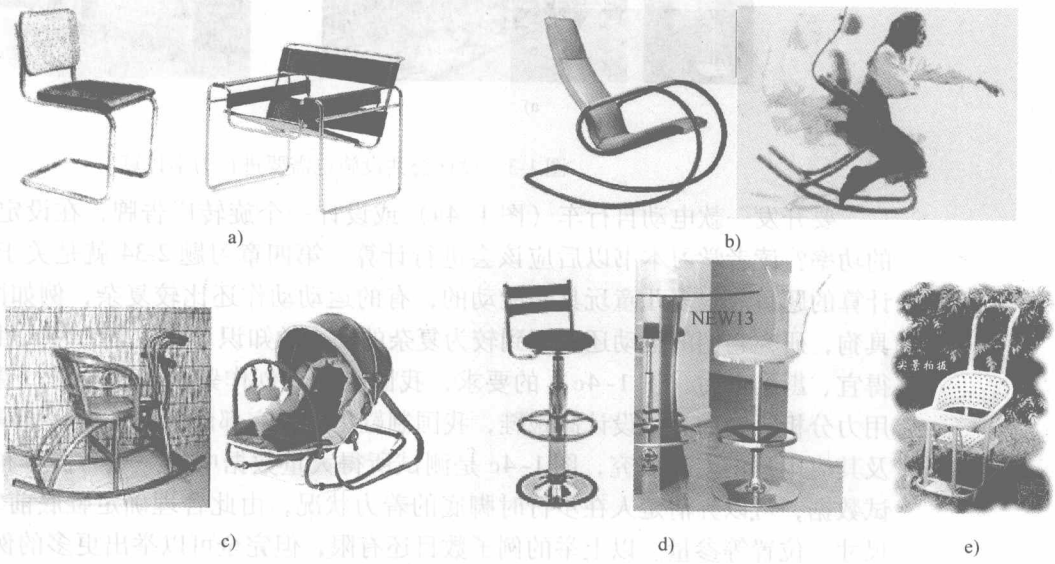


图 1-1 各种椅子，使用中必须稳定，不会倾倒

对于摇椅（图 1-1b）、婴儿摇椅（图 1-1c）、酒吧里比较高的吧椅（图 1-1d）、婴儿高椅（图 1-1e）等产品，确保就坐者安全的问题显然更加突出。

椅子是简单产品，椅子的各部分之间一般是固定不动的。另有不少产品，使用中有些部件会发生运动，从而使整个产品的重心产生移动，分析这类产品在工作中不致翻转倾倒的问题，还需要考虑部件移动中的极端状态。例如图 1-2a 所示的台灯，要求灯头探到最远位置而不倾倒，那么台灯的底座需要多大、多重呢？图 1-2b 所示的小型吊车，当达到预设的最大起重量且重物距离达到最远时，吊车的底盘尺寸和配重应该满足怎样的条件？本书第二章的例 2-12 和例 2-17，将分别求解这样两个具体的问题。

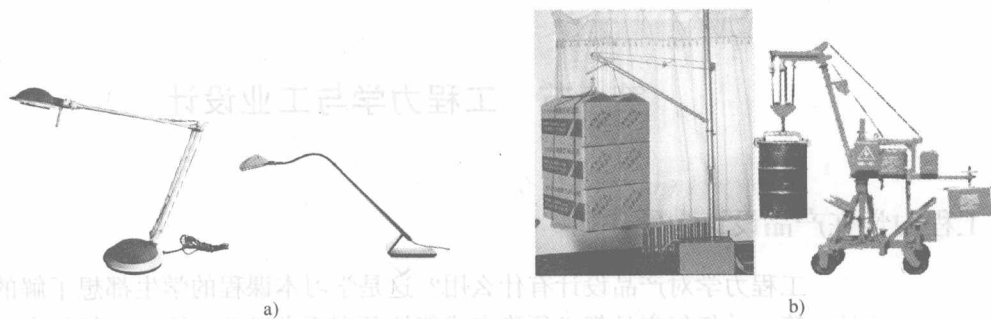


图 1-2 部件运动会引起整体重心移动的产品

室外的广告牌（图 1-3a）能经受多大的风力吹拂不倾倒？室外的公告栏顶棚（图 1-3b）能承受多厚的积雪不被压塌？设计这些公共设施也需要进行力学计算。

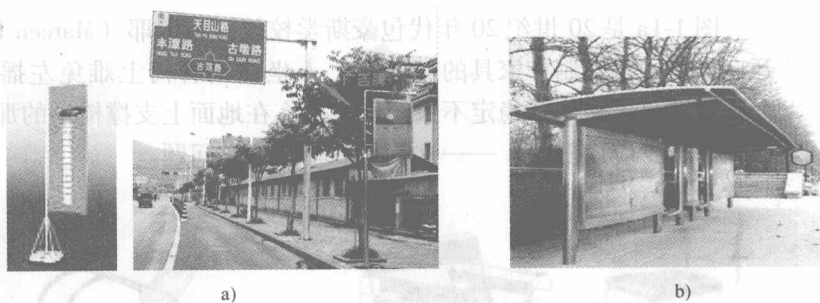


图 1-3 设计公共设施也需要进行力学计算

要开发一款电动自行车（图 1-4a）或设计一个旋转广告牌，在设定条件下需要多大的功率？读者学习本书以后应该会进行计算，第四章习题 2-34 就是关于电动自行车功率计算的题目。很多儿童玩具是能动的，有的运动动作还比较复杂，例如图 1-4b 所示的玩具狗，研究它们的运动还要用到较为复杂的动力学知识。紫砂壶的宜人性，应该包括握持得宜、斟酌省力（图 1-4c）的要求，我国老艺人创作紫砂壶时也进行臂、腕、掌、指的用力分析。又如为了设计高跟鞋，我国制鞋工业研究部门曾进行过《脚掌面压力分布实验及其应用》的专项研究，图 1-4c 是测试所得大量数据中的一幅力值分布图。分析这些测试数据，可以弄清楚人在步行时脚底的着力状况，由此合理确定鞋底前掌和后跟的形状、尺寸、位置等参量。以上举的例子数目还有限，但完全可以举出更多的例子来，说明产品设计中总是或多或少、或深或浅地要涉及静力学或动力学问题。

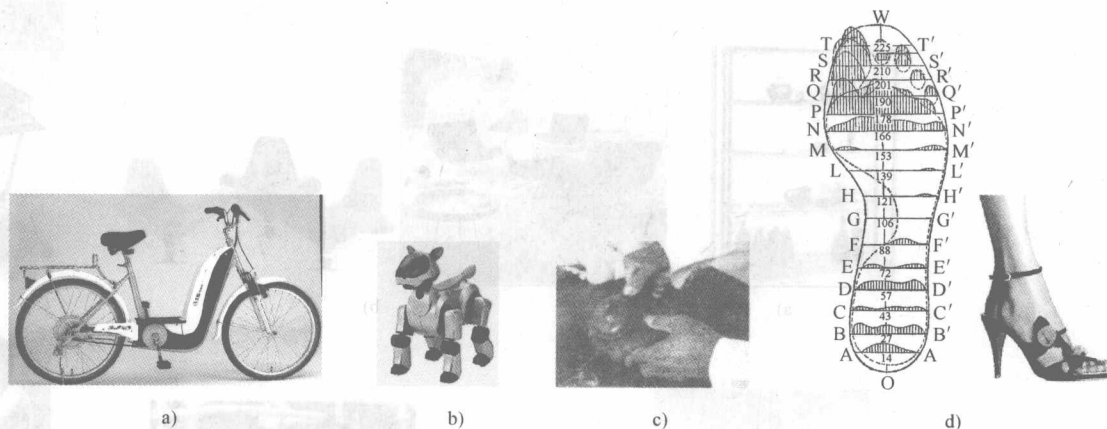


图 1-4 产品中其他力学问题举例

2. 产品设计与材料力学

1) 钢管椅应该尽量轻巧,但前提是必须牢固,能保证长期正常使用而不致折断破坏。如何做到这一点?——这是材料力学中的强度问题。

此问题涉及的力学因素比较多,例如:

① 人的体重如何作用于钢管椅?最容易折断破坏的是钢管椅的什么部位?

② 钢管架子的尺寸(如纵、深跨度)、形状(如钢管弯转的圆弧度)与钢管的承载能力有什么关系?

③ 人猛然往椅面上坐下去产生的冲击力(动载荷)有多大影响?人在椅子上长期晃动造成的反复作用(引起交变应力)又有什么影响?

④ 弄清了上述问题,才能合理确定钢管的直径和壁厚这两个尺寸。而这两个尺寸是相关的,可选择直径较粗但较薄的钢管,也可选择直径较细而较厚的钢管,需要综合考虑酌情选定;另外还与钢材的质量有关,若选用优质钢材,椅子能更轻巧,但成本也会提高。

几乎所有的产品都像钢管椅这样,设计时需要考虑强度问题。图 1-5a 是常见的轻型家用物架,希望轻巧,也要求能多承载一点重量不被压坏。图 1-5b 是几款座椅等家具,造型还算新颖,但支撑部位的强度问题看来需要重视分析。市场上有些电脑桌,如图 1-5c 所示,设计并无问题,但因采用廉价劣质材料制作,用不多久就散了架,原因就在强度不够。公园游乐园里有些游乐设施是载人或挂着人玩的,如图 1-5d 所示,其构件的强度更直接关系到游人的人身安全。可折叠自行车,如图 1-5e 所示,当然越轻越好,叠起来能轻松地随身携带,而强度正是轻巧的主要制约因素。以上例证表明,几乎所有的产品都存在强度问题。

2) 富于弹性是钢管椅的关键特征,适宜的弹性能使人享受钢管椅的舒适和乐趣,因而人的体重使钢管椅产生多大的变形量是设计中的要点。——这是材料力学中的刚度问题。

有的产品必须有足够的刚度,即产品受力引起的变形量需要限制。例如抽屉,如果底板太薄,被抽屉里的东西压得鼓起了包,抽屉就抽动不灵了。过于单薄的电脑桌在散架以前,常可能由于支架歪扭变形而不能正常使用。在另一些产品中,其使用功能却正需要依靠适宜的刚度(或者说弹性)才能达到。钢管椅是如此,很多电器插拔开关和电脑主机里的插板是如此,手机、相机的电池盖板是如此,就连一支圆珠笔上也有几处利用弹性的结构。

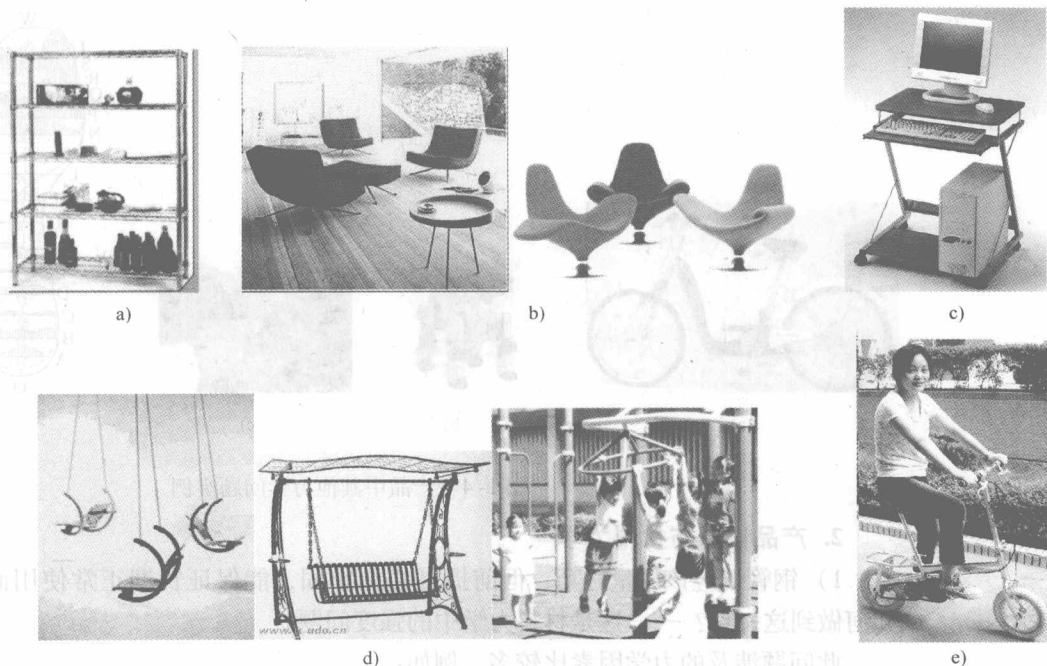


图 1-5 几乎所有的产品都存在强度问题

刚度的分析计算也是材料力学的一个部分。刚度与强度一样，影响因素较多，包括产品的结构、尺寸、形态、材料性能等，而且两者是相关的，提高构件刚度的同时一般也有利于提高其强度。图 1-6 是一些常见塑料日用品，每一件产品结构形态的优劣都与力学密切相关。消耗同样多的材料制成的一件产品，力学上合理，就能提高其使用功能，例如承重更大、装放更多、更加耐用等。或者是在同等使用功能下，产品能耗材更省、更轻巧。应该特别指出的是，这些日用品所谓的“结构形态”，当然直接联系着产品的外观造型。



图 1-6 塑料日用品：力学上是否合理，关系使用功能，也关系造型美观

工业设计的主体是产品设计，通过上面的介绍可知，掌握一定的工程力学基础知识，是产品设计师所必须具备的素质，因此设计专业的学生应该认真学习这门课程。在此顺便提醒读者，与本专业中某些重感受、重形象、重技艺的课程很不相同，力学系统性强，较抽象，很严谨，其知识是通过一步步推理演绎向前延伸的，前面弄懂了，后面才能学得懂。本书虽然力求多引入一些贴近生活、贴近专业的实例，这只能起一点提高学习兴趣的作用。在本质上说，力学是难以通过一个个的例子（哪怕是典型的生动的例子）来完成其学习的；反过来，循序渐进地学懂到一定程度，那么相关范围里各种具体问题也就都可以处理解决了。

二、工程力学与产品的形态美

美的本质与审美意识是基本哲学问题之一，有各种不同的理论与观点。尽管如此，关于美的感受与审美标准，已有相当多的论点获得了多数研究者的认同。例如，和谐与秩序是美的本质之一，而和谐与秩序意味着一种数理逻辑关系；黄金分割之美中蕴藏着理性与和谐的深刻内涵等。与此相应，在产品的形态美和工程力学之间，也有以下广为认同的论点。

1. 均衡与稳定是造型美的形式法则之一，它们来源于力学中的概念

均衡与稳定的造型法则来源于人们对事物安稳、可靠的心理要求，它是由实际物体在重力作用下的平衡状态所直接引申而来。

我国古代的文物“飞马踏燕”的造型令人惊叹（图 1-7）：飞奔着的马一蹄着地，动态中还维持着瞬时的平衡与稳定。

对于工业产品，物理意义上的稳定自然是必要的，碰碰就要倒塌的产品无法使用。而就造型而言，视觉感受上的稳定同样是取得美感的条件。视觉稳定与“视觉量感”有关：体积大、颜色深的物体，不论实际重量如何，总是让人产生很重的心理感受，这就是视觉量感。

图 1-8 是夏普公司的 BH-351 型半导体收音机，是适应当时（20 世纪 60 年代）的“太空热”而设计成飞行器的式样，前后方向的造型是不对称的。该产品前部（图上为右部）体积虽小而颜色深浓，后部（图上为左部）体积虽大而颜色浅淡。该产品在视觉上获得均衡稳定的要求是：①假如前后两部分的视觉量感相近，应该使两部分量感重心到底面中心点 O 的距离 q 与 h 也应相近；②假如前部量感 H 略大于后部量感 Q ，则应使两部分量感重心到底面中心的距离大体成反比例关系，即 $Qq \approx Hh$ 。经过这样的造型处理，产品前后方向上符合形式美学的均衡法则，给人安稳、可靠、端庄的良好感觉。倘若处理不当，看上去就使人觉得前后失衡，似乎不小心一碰就倒，将很难给人以美感。



图 1-7 飞马踏燕

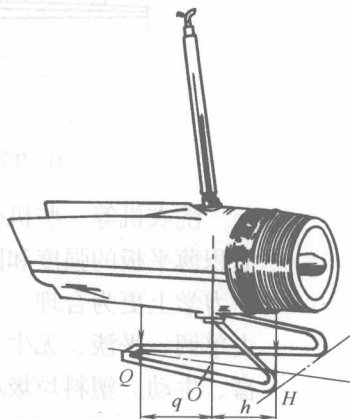


图 1-8 夏普 BH-351 型半导体收音机

产品，尤其是大型产品设计时，一般都采用上部浅淡、下部深浓的色彩方案以保持良好的视觉感受，其根源就因为上轻下重的物体在力学上才是稳定的。

2. 形态的视觉心理感受，与它强度、刚度上的合理性有深刻的潜在联系

我国隋代工匠大师李春设计的赵州桥（图 1-9），是世界上最古老、最著名的石拱桥之一，建造至今已经历约 1400 年的悠久历史。由楔形石块拼成向上弯曲的石拱，能充分发

挥石材耐压的性能,使这一桥梁跨度既大,承受负荷的能力又高,而大小拱形的优美曲线形态、端庄稳定的雄姿,也永远成为文明史中的佳话。

图 1-10a 所示的结构,常用作城市中公共汽车站或铁路沿线小站的遮阳防雨棚架。从立柱顶部向两侧伸展出去的挑梁支撑着棚顶的重量。试看这段挑梁截面尺寸和形状的变化情况:与立柱相连及邻近部分梁截面的高度尺寸较大,而逐渐趋向挑梁的远端,高度尺寸也逐渐越来越小。人们会觉得挑梁的这种截面曲线挺美。事实上,由于挑梁上越接近根部受力越大,所以挑梁截面的高度尺寸沿着趋近根部而逐渐加大,从结构强度来分析才是合理的。如果相反,挑梁根部很薄,越延伸向外反倒越厚,如图 1-10b 所示,挑梁的截面仍然是一条曲线,但人们看上去会自然地觉得不顺眼,很别扭,因而同样是曲线,却缺乏了美感。原来这样的挑梁将很容易在根部折断,从结构强度来看是不合理的。图 1-10c 是一款新式货架,每一块搁板都能方便地调整其上下位置,搁板的截面也是根部较厚,向外沿逐渐减薄,在力学上合理,视觉上也使人顺眼、舒服。

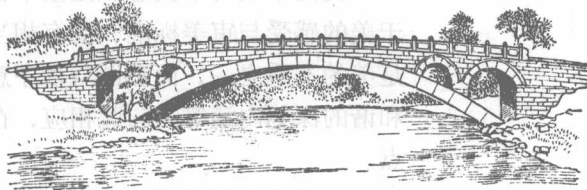


图 1-9 中国古老的石拱桥——赵州桥

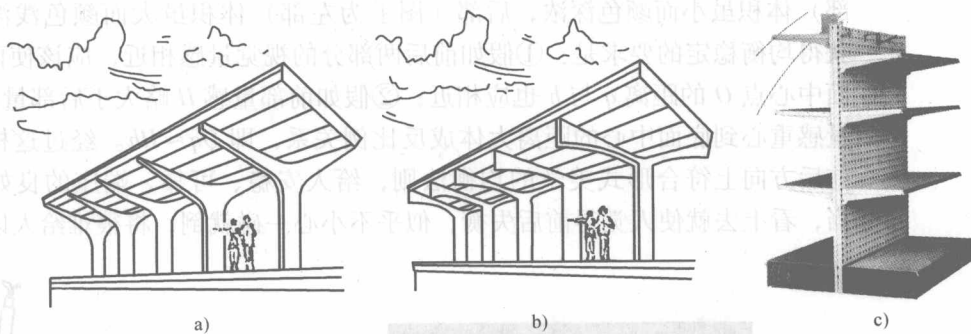


图 1-10 棚架的立柱、挑梁与货架

a) 力学上合理,富有美感 b) 不利于承载,视觉不佳 c) 造型合理的货架

洗衣机等一些机壳的正面、侧面均采用压肋加固结构,如图 1-11a 所示。这是因为大面积薄平板的强度和刚度都很差,经过凹凸压肋,可大幅度提高薄板构件的强度和刚度,在力学上更为合理。与此相关,在视觉效果方面,当箱壳是一大块完全平的表面时,看上去单调、平淡、无生气、疲软,有了凹凸压肋,增加了立体感与层次,于是显得挺拔、丰富、生动。塑料垃圾箱(图 1-11b)、防盗门(图 1-11c)面板上的压肋,也是既加强了强度刚度,也增加了美观。即使不懂力学,讲不出上面这番道理,但凭直觉也会有同样的感受。由此可见,造型美与合理的力学构形有深刻内在联系的论点,应该是毋庸置疑的。

猛禽翱翔于高空,凶兽奔跑在山崖。猛禽的翅膀、凶兽的肢体都以它们超凡的形态美为千百年来艺术家所倾倒。研究表明,由于亿万进化的结果,飞禽走兽的翅膀肢体、形态结构都具有极佳的力学性能。

科学和艺术是人类文明的两大分支,它们在高层次上却有同一性。力学上的合理与造型美之间的关系,属于这种同一性的一个部分,是值得进一步深入研究的问题。

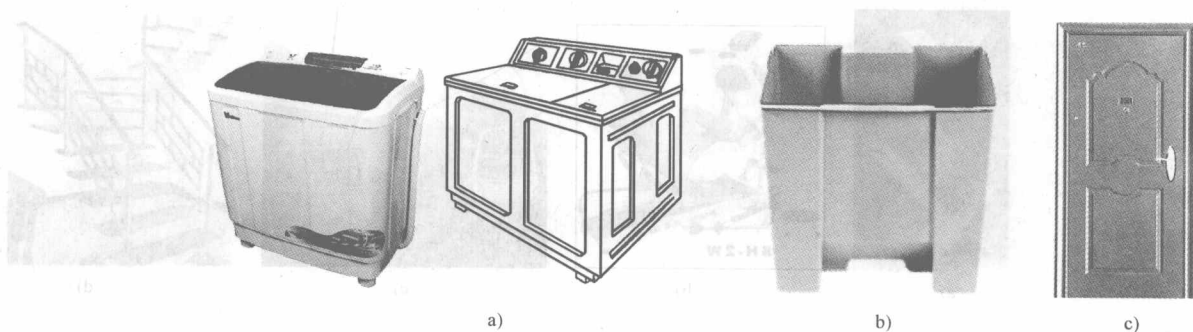


图 1-11 合理的力学结构与造型美

第二节 工程力学的研究对象与基本内容

工程力学一般包括理论力学和材料力学两个部分。

一、理论力学的基本内容

理论力学研究物体由于受力引起的机械运动的规律。物体的机械运动，是指物体的空间位置随时间而变化的过程与结果。

理论力学一般包含静力学、运动学和动力学三部分内容。

结合工业设计专业本科教学的实际，本书主要讲述其中的静力学部分。另外，仅对动力学中功与功率的概念略作简介。

静力学研究物体受力分析的方法和物体在外力作用下处于平衡状态的条件。

二、材料力学的基本内容

材料力学研究构件由于受力引起的变形和发生破坏的规律。

材料力学研究构件的强度、刚度和稳定性三类问题。

构件的强度，指构件受力中抵抗破坏的能力。

构件的刚度，指构件受力中抵抗变形的能力。

构件的稳定性，指构件受力中保持其原有平衡形式的能力。

结合工业设计专业本科教学的实际，本书对于强度、刚度问题的讲述，着重在基本概念和工业设计中可能涉及的应用方法，而删削理论分析和公式的推导过程（这部分在某些专业的材料力学教材中占有较大篇幅）。要能在工业设计中处理强度和刚度较简单较常见的一般性问题，除了定性了解其概念以外，学生还应初步掌握相关的常用计算公式。

图 1-12 中有四种产品或设施，读者试初步分析一下：它们的设计中分别存在哪些工程力学方面的问题？（建议：可以就此安排一次简短的课堂讨论）

图 1-12a 是书架，图 1-12b 是体能耐力训练器，图 1-12c 是缆车客罐，图 1-12d 是楼梯和防护栏杆。

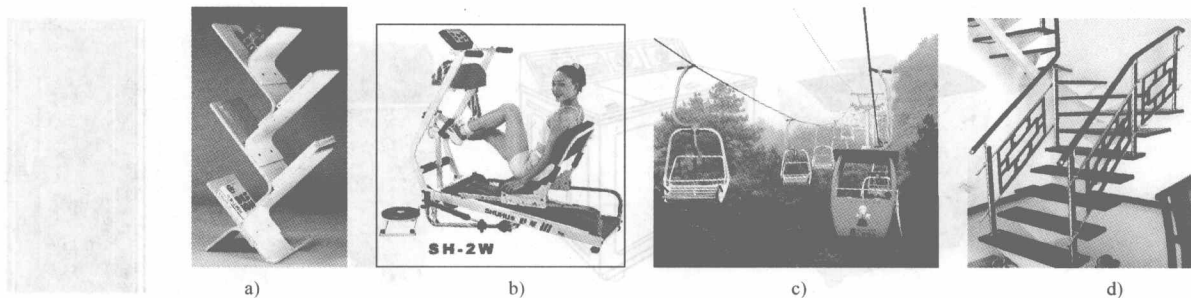


图 1-12 这些产品或设施的设计中存在哪些工程力学问题？

第三节 工程力学的基本概念

一、刚体与变形固体

任何材料制作的构件及产品，在外力作用下都会产生一定量的变形。但分析构件受力的平衡条件等问题时，由于外力（包括构件自身重力）所引起的变形量，相对于它们的原始尺寸通常是很微小的。把构件理想化为不会变形（也不会破坏）的“刚体”，可以大大简化计算，其结果又能满足设计的要求。因此在静力学的分析计算中，即把构件视为刚体。

但研究构件的强度和刚度问题时，变形则是分析问题的依据也是分析的目标，所以在材料力学中，把构件视为（可）变形固体。

由于上述区别，通常说：静力学研究的是构件受力的“外效应”；而材料力学研究的是构件受力的“内效应”。

下面举一个简单的例子来说明刚体和变形固体的概念。图 1-13 所示用一根撬杠来撬动重物时，撬杠会产生一定的弯曲变形；因撬杠弯曲，从支点到人手着力点间的距离（力臂）必然发生一些改变。在一般情况下，由于撬杠弯曲而使力臂产生的改变量相对而言是微小的，进行杠杆的力平衡计算（属于静力学的范围）时将它忽略不计。这就是说，此时我们把撬杠看成不会变形的刚体。但如果我们要分析其他一些问题，例如“撬重物时撬杠会产生多大的弯曲量？”等（属于材料力学的范围），则就应该把撬杠看成变形固体了。

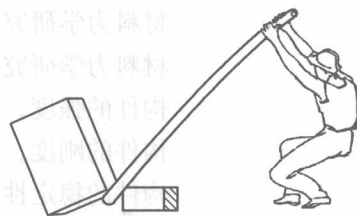


图 1-13 撬杠，看成刚体或看成变形固体

二、力与力系

1. 力与力的表示

力是物体相互之间的机械作用，是引起物体运动状态变化或引起物体变形的原因。

实践表明，力对物体的作用效应取决于三个要素，它们是：力的大小、力的方向、力的作用点，称为力的三要素。