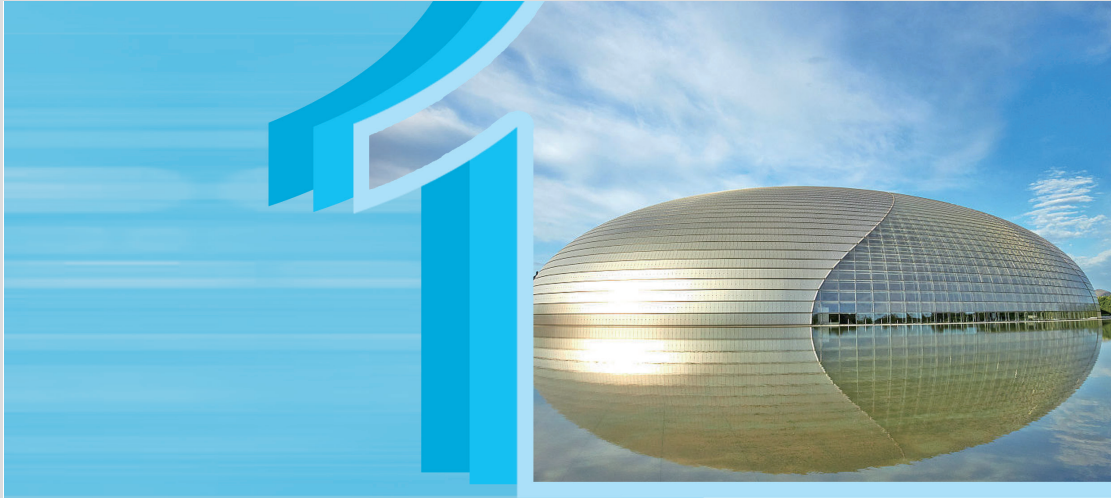


# 高中通用技术教学参考书

## 必修 2





## 第一单元 结构及其设计

- 一 常见结构的认识
- 二 稳固结构的探析
- 三 结构功能的实现
- 四 简单结构的设计

《天工开物》记载：“凡河滨有制筒车者，堰陂障流，绕于车下，激轮使转，挽水入筒……其湖池不流水，或以牛力转盘，或聚数人踏转。车身长者二丈，短者半之。其内用龙骨拴串板，关水逆流而上。”

早在古代，我国劳动人民就发明了筒车，采用巧妙的结构，以流水、牛力或人力作动力，取水灌田。今天，人们每天都与各种各样的结构打交道。认识结构，探析影响结构的稳定性和强度的主要因素，将使我们理性地研究和应用这些结构，并学会进行简单的结构设计。

## 一、本单元设计思路

### （一）课标内容要求

1. 从力学的角度理解结构对技术产品及其功能实现的独特价值,了解结构的一般分类和简单的受力分析,并从技术和文化的角度赏析经典结构案例。
2. 通过技术试验或技术探究分析影响结构的强度和稳定性的主要因素,并写出试验报告。
3. 结合生活中的实际需求进行简单的结构设计,并绘制设计图样,做出模型或原型。

根据以上课程标准要求,教材安排了“常见结构的认识”“稳固结构的探析”“结构功能的实现”和“简单结构的设计”四节内容。其中,“常见结构的认识”一节主要从生活案例和小试验中感知丰富的结构,了解结构的一般分类和简单的受力分析;“稳固结构的探析”一节重在通过技术试验或技术探究分析影响结构稳定性和强度的主要因素,并写出试验报告;“结构功能的实现”一节则通过对具体产品案例的分析,探析结构与功能的关系,并从技术和文化角度赏析经典结构案例;“简单结构的设计”一节侧重本单元知识的综合运用,结合生活中的实际情境进行简单的结构设计,绘制设计图样,做出模型或原型并进行测试。

### （二）学科核心素养

根据课程标准内容,本单元承载的学科核心素养主要如下表所示:

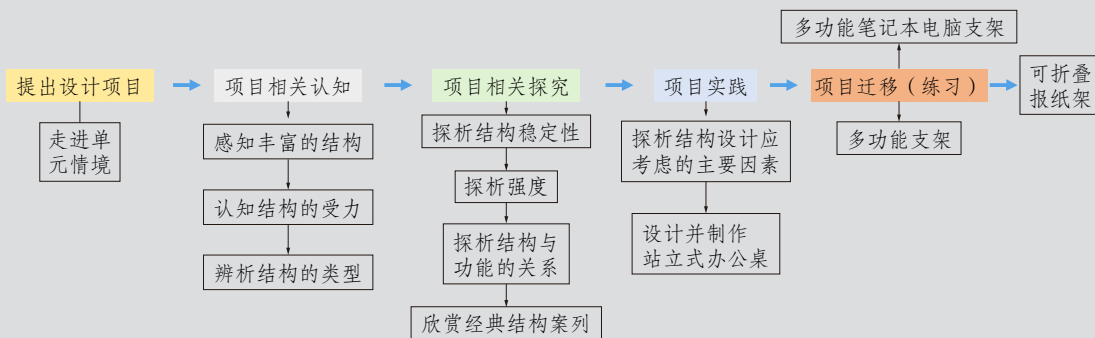
核心素养	水平等级	表现要点
创新设计	水平 2	面对熟悉的技术情境,能运用技术语言分析用户特定需求,明确需要解决的技术问题;能根据设计对象和现有条件制订解决技术问题的一个或多个单一方案,能针对某个技术问题解决实例,设计一般的试验方案,撰写试验报告,形成基本的技术设计能力
图样表达	水平 2	能在简单的技术设计实践中,绘制规范的设计图纸,能绘制草图和加工图样,能识读常见的技术图样
物化能力	水平 2	能根据设计要求进行简单的技术试验,能根据材料性能列出用料表,能使用基本的工具完成模型或产品的成型制作和装配。

### （三）学习任务分析

1. 本单元以生活中的简单结构为主要研究对象,通过案例分析感知认识生活中的丰富的结构特征,认识结构的受力,辨析结构的类型,学习结构的强度和稳定性,探析结构与功能实现的关系,欣赏经典结构,理解结构设计中的和谐、简练与科学,体验简单结构的设计过程。本单元的学习有利于帮助学生清晰地把握生活中各类问题解决的主要架构,拓宽思维和想象空间,学会解决简单的结构设计问题。

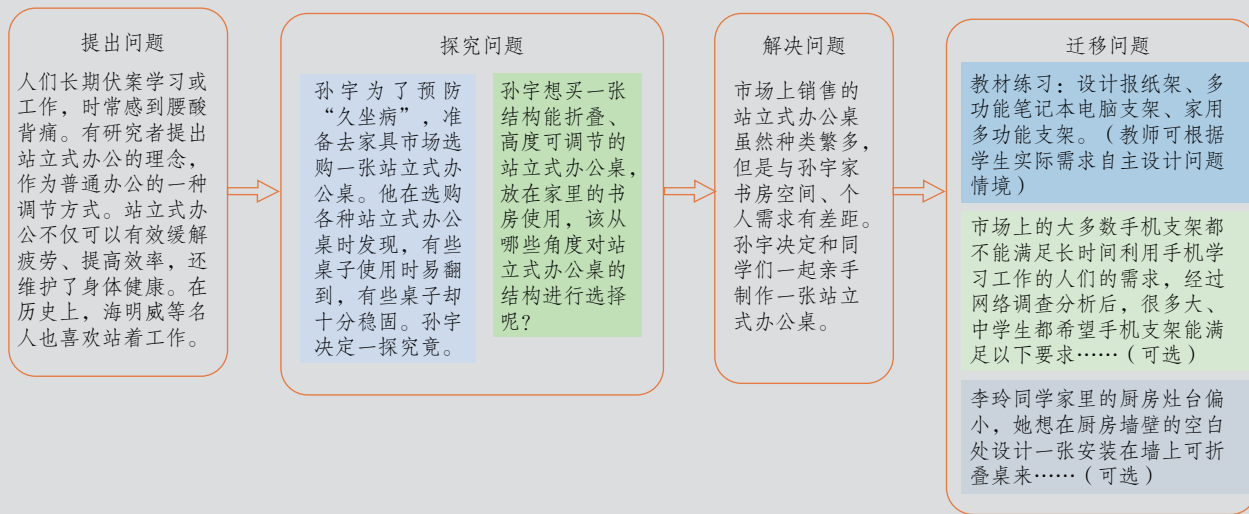
2. 根据相关的课程标准要求和学科核心素养,本单元设计了“常见结构的认识”“稳固结构的探析”“结构功能的实现”和“简单结构的设计”四节内容。教材编写以“站立式办公桌的设计”为主线,从进入情境到最终完成项目设计,学生要通过一系列的学习活动,完成知识与方法的积累,最终迁移运用于基于真实情境的项目设计中。教材编排逻辑和内容设计如下页图所示。





在教学中的每一个教学环节均隐含着单元主线“站立式办公桌的设计”。本单元主体内容学习完之后，学生要能迁移运用所学知识，需经历教材案例以外的基于真实情境的相关项目设计，同时考虑学生在学习生活中的个体差异性，所以在本单元最后一节设计了三道练习，每一道练习均可作为拓展项目供学生根据自己的需求和兴趣来选择完成，达到能迁移运用所学知识解决实际问题的目标，形成学科核心素养。对于教材练习中的设计项目，教师可以根据学生的实际水平增加设计条件或对应用情境加以限制以提升设计难度，也可自主选择确定教材以外的其他相关项目供学生设计实践，提升学生的创新设计和物化能力。

3. 本单元是以“基于真实情境的问题解决”驱动学习进程的，用真实的任务情境将学习内容联结起来，具体以“站立式办公桌的设计情境”将各节内容串联起来，具体情境设计和编排逻辑如下图所示：



#### (四) 教学目标

1. 通过对结构产品的案例分析，能说出结构的含义，辨析结构的类型，理解结构与功能的关系。
2. 经历结构案例的受力分析，了解结构的基本受力变形形式，会分析简单结构的内部受力。
3. 通过技术试验探究结构的稳定性和强度，并能写出试验报告，理解影响结构强度和稳定性的主要因素。
4. 经历简单结构设计过程，学会应用基本原理进行基于问题解决的结构设计，会用恰当的方式与他人交流设计想法和成果，形成技术交流和表达的能力。会根据设计方案，选择合适材料和制作工艺，养成动手实践能力，提升创新设计和方案物化的能力。
5. 在结构设计活动中体会技术试验对结构设计的影响，认识结构设计的科学性与严谨性，形成“安全可靠”的结构设计理念。

## （五）教学准备

### 1. 知识与技能

知识方面：教师需要了解教学中涉及的部分结构的设计规范及国家标准，能构思并使用合理的技术语言表达结构设计方案，能分析结构的内部受力。

技能方面：能够掌握常用的木工和金工工具的用法与加工工艺，并能指导学生。

### 2. 技术试验、技术探究或体验活动准备

本单元设计了“让木条动起来”“吊兰盆栽支撑架的受力探究”“悬臂结构的稳定性体验”“课桌稳定性试验”“体验悬臂结构模型的强度”“悬臂梁强度与截面形状试验”和“站立式办公桌的设计与制作”等活动项目，所需的材料与工具设备可根据教材所列进行准备。“站立式办公桌的设计与制作”项目可根据学生的设计方案和学校的实验室条件进行材料与工具的准备。

## （六）课时安排

第一节“常见结构的认识”2课时；

第二节“稳固结构的探析”2课时；

第三节“结构功能的实现”1课时。

第四节“简单结构的设计”4课时

## （七）教学建议

1. 本单元教学应注意将知识点融入真实情境，注意用好单元情境，以情境来联结各节内容的教学，学生从中体悟学习意义，激发学习兴趣。

2. 建议教师在教学本单元之前通读全文，较系统地把握本单元教材的设计逻辑与教学主线，以便前后贯通地教学本单元的内容。本单元以“站立式办公桌的设计”为主线，将各节内容串联起来，从走进单元情境开始提出项目设计问题，以基于真实情境的问题解决为任务来驱动本单元的学习。而要完成情境中的设计问题，需要积累相关的知识，教材以学习任务的形式让学生经历一系列的相关知识探究与案例活动，基本具备解决问题所需的认知后，进行项目设计实践，最终解决单元情境中所遇到的问题。学生在这一过程中掌握简单结构设计知识，形成解决问题的技能，提升学科核心素养水平。

3. 本单元教学涉及技术体验和技术试验活动较多，并且在项目设计实践中需要制作模型并进行测试，在比较有限的课堂教学时间里，学生要较好地完成各项学习活动，对教师的课堂驾驭能力和教学效率有很高的要求，所以教师在课前应做好充分的准备工作，不仅要准备好教学用具、多媒体课件等，还应对学生课堂学习活动的效率和效率进行预估和把控。教师准备教学用具可参考教材案例活动中所列的器材，也可以根据学校和学生的实际条件，在教材的基础上适当变通，以满足实际教学需要来准备。

4. 对于本单元中的项目设计实践活动，教师可根据学校的实际条件来开展，若有更好的活动案例也可以进行补充，提倡教师采用多样化的教学方法与手段。

5. 本单元每一节的“练习”以及单元结尾的“综合实践”活动，是学生知识迁移运用的载体，是检测学生知识与技能水平的手段，同时也是学科素养提升的重要环节。教师可根据学生的学习情况适当增减或设计每节的练习，练习的设计应关注真实情境下的问题设置，让学生能在练习中学以致用，形成学科核心素养。

## （八）教学评价

教师可自行设计评价细则或运用教材中单元结尾的评价表，引导学生进行自我评价。评价方案的设计应关注全体学生的发展，注重生性、引导性和科学性，以评价来促成学生的发展。也可参考以下评价方法，

或在以下评价方法的基础上进行改进设计，使其更适合教学对象的实际情况，实现育人目标。

#### 1. 本单元的参考评价方法一

根据本单元的教学内容特点，本单元学习评价可由学习过程的评价和学习成果的评价组成，采用量化指标的方法，过程性评价和成果的评价分值分别占 70% 和 30%。具体评价方法和量表如下所示：

##### (1) 对学习过程的评价

- ① 评价方式：小组成员自评与他评相结合，小组成员自评后再他评，评价本身也是一种素养提升过程。
- ② 量表使用说明：分数高的已经包含分数低所能达到的所有要点。

评价内容	评价指标及要点				表现要点
	4 ☆	3 ☆	2 ☆	1 ☆	
一、认识常见结构	能在简单结构设计中进行合理的受力分析	能从力学角度分析简单结构的合理性，具有一定的技术规范意识和责任意识	能通过技术探究活动，从力学角度解释结构对技术产品及其功能实现的价值	能解释结构含义，识别简单结构类型	☆☆☆☆
二、稳固结构的探析	能在解决具体技术问题中提出保障稳定性与强度需求的合理措施	能分析说出已有结构增加稳定性与确保强度采用的主要方法，并能进行稳定性与强度试验，写出试验报告	能通过技术活动探究影响结构稳定性与强度的主要因素	说出结构强度与稳定性的概念	☆☆☆☆
三、结构功能的实现	能从已有结构功能实现方法原理及经典结构欣赏过程中受到启发，能合理借鉴与迁移应用已有结构的原理与内涵	能从简单结构的原理角度对功能实现进行解析，能从技术和文化角度评价经典结构	能说出结构对功能实现的具体作用，能从技术和文化角度赏析经典结构案例	知道结构对功能有影响，知道欣赏结构的的角度。	☆☆☆☆
四、简单结构的设计	能设计出 2 种及以上满足设计要求的方案，并能进行设计的交流与评价，会比较、权衡、优化方案，并能根据实际条件，做出模型或原型并进行技术试验，验证设计要求	能设计出满足要求的 1 ~ 3 种方案，并绘制设计图样	能在具体设计中分析该设计需考虑的主要因素，综合考虑稳定性、强度等多方面因素进行简单结构设计，提出一种可能的解决方案	针对已有的具体设计案例，能分析说出该结构在设计中所考虑的主要因素及设计意图	☆☆☆☆
总体评价	求上表各项的平均数				☆☆☆☆

## (2) 对学习成果的评价

① 使用说明: 每个学生均需提供在本单元学习过程中设计制作的成果, 可以是教材已有项目的改进创新, 也可以是教师所提供的拓展项目或者学生课外自主设计项目成果。

② 使用方法: 先由设计者自评, 再由其他小组他评, 自评与他评不一致时, 由教师终评。

评价内容	评价指标				评价结果
功能实现 (实用性) (40分)	完全实现设计要求, 能满足实际需要, 且能正常使用(40分)	能基本实现设计要求所需功能, 且能正常使用(30分)	能实现部分设计要求或实际需要(15分)	有方案, 但作品无法正常使用或完全没有实现设计要求(5分)	
人机关系 (20分)	人机关系非常合理, 细节处凸显人性的关怀, 操作方便、好用, 实现了人机关系的目标(20分)	人机关系基本合理, 可以正常使用且使用过程中不会有安全隐患(15分)	方案考虑了人机关系, 但不够合理, 可以使用(10分)	人机关系不合理, 几乎无法使用或很难使用(0分)	
可靠性 (20分)	使用安全、稳定可靠, 结构稳定性和强度均能满足长期使用的需要, 耐用性好(20分)	使用安全, 有一定的耐用性和稳定性(15分)	使用基本安全, 耐用性一般(10分)	可以使用, 但可靠性非常差(5分)	
加工及 工艺水平 (10分)	制作的模型完全实现了设计方案的功能, 且制作的工艺水平高(10分)	制作的模型基本能实现设计方案功能(6分)	有方案, 方案加工条件和实际条件吻合, 制作的模型或原型基本部分体现了方案的部分功能(3分)	方案设计完全背离实际加工条件, 或者模型完全和设计方案不吻合, 制作失败(0分)	
创新 (10分)	功能实现、结构的巧妙性、造型创意等方面均较好, 且具有一定的设计内涵(10分)	结构造型具有一定的创意且合理(8分)	造型新颖且基本合理(5分)	有方案, 基本无创新(1分)	
总分	得分累加				



## 2. 本单元的参考评价方法二：可依据表现性任务水平来评价

(1) 在探究基本原理和技术体验活动中能得出合理结论，在解决实际问题中基本能应用所学知识即可评估为合格，技术意识、工程思维、创新设计等核心素养达到水平 2。

(2) 在项目设计活动中能构思出 2 个或多个满足要求的方案，并能制作模型进行技术试验，其创新设计和方案物化等素养水平达到水平 2。如下表所示：

学科内容	核心素养	水平等级	表现要点
从力学角度理解结构的概念；知道结构与功能的关系；学会从技术和文化的角度去欣赏评价结构设计	技术意识	水平 2	从力学的角度解释结构对技术产品及其功能实现的价值；学会从技术和文化的角度欣赏经典结构案例，理解结构设计蕴含的文化特性和美学特征
初步学会分析简单结构的受力形变；学会在结构设计中考虑结构的稳定性与强度，会分析影响结构强度与稳定性的因素	工程思维	水平 2	在结构设计中会进行简单的力学分析；能通过技术试验或技术探究分析影响结构的强度和稳定性的因素，并写出试验报告；能依据结构的特性分析具体的案例，尝试从结构的角度对其进行风险评估；能运用结构原理和分析方法进行简单的技术设计活动，尝试解决技术问题，会进行设计的评价
结合情境和实际需求进行简单结构设计	创新设计	水平 2	能结合生活中的实际需求进行简单的结构设计；能够根据设计对象和现有条件制订解决技术问题的一个或多个单一方案；能多角度分析需要解决的技术问题；通过多种渠道搜集与所设计产品有关的各种信息并进行处理
学会绘制简单结构的设计图样表达设计构想，知道标注合理的尺寸	图样表达	水平 2	能在简单的技术设计实践中，绘制设计草图和加工图样；能识读常见的结构图样
选用合适的结构设计方案，做出模型或原型，并进行功能测试、稳定性和强度测试	物化能力	水平 2	能根据设计要求进行简单的技术试验；根据方案设计选择材料和工具；能独立完成模型或产品的成型制作和装配

## 二、本单元教材分析及教学建议

本节内容由三个学习任务组成，任务一侧重感知生活中的典型结构特征，通过技术体验、案例分析、马上行动等环节来感知，要注重学生在学习活动中的真实收获，能深刻体悟结构设计的重要性。任务二侧重从力学角度认识结构，相对于任务一具有递进性，学生在学习活动中要学会分析结构的内部受力，力学分析是结构设计的重要基础，是确保结构力学可靠性的科学方法。任务三侧重从结构的构造形式和受力特点认识结构的类型。本节内容主要为解决情境中所遇到的问题拓展视野，打开思路，积累必要知识、经验与方法。

情境导入环节，有利于让学生从一开始学习就结合真实情境，从情境中发现问题，带着解决真实世界问题的目标去学习，从中体悟学习意义与价值。在教学中可以先展现情境，引出站立式办公桌的结构设计问题，从而引出本单元和本节的学习内容。

展示“技术体验”的情境后，可让学生根据描述想象古人的攻城云梯的大致结构原理，然后再动手搭建简易的、高度可升降的云梯。在教学引导中不要拘泥于某一个具体方案的实现，而应鼓励多样化的构造方法。由于涉及“铰连接”，相关概念将在教材后面出现，教师可略作解释。

铰连接：组成结构的构件间可以相对转动但不能相对移动的连接。

### 一、常见结构的认识

- 任务一 感知丰富的结构
- 任务二 认识结构的受力
- 任务三 辨析结构的类型



#### 学习目标

1. 通过技术体验和案例分析，归纳并解释结构的含义，感受结构的丰富性及其魅力。
2. 通过技术探究活动，能从力学的角度解释结构对技术产品及其功能实现的独特价值。
3. 能通过实例说明合理结构的重要性，树立技术规范意识和责任意识。能进行简单结构的受力分析，并辨析结构的一般分类。



#### 走进情境

人们长期伏案学习或工作，时常感到腰酸背痛。有研究者提出站立式办公的理念，作为普通办公的一种调节方式。站立式办公不仅要有有效缓解疲劳、提高工作效率，还要能够维护身体健康。那用什么样的结构支撑的办公桌可以实现这些要求呢？



#### 任务一 感知丰富的结构

结构是指事物的各个组成部分之间的有序搭配和排列。结构是普遍存在的，不同的事物往往有不同的结构。



#### 技术体验

##### 让木条“动”起来

体验目的：通过活动体验，感受结构的丰富性及其魅力。

情境展示：《武经总要·攻城法》记载：“云梯以大木为床，下施六轮，上立二梯，各长丈余，中施转轴，车四面以生牛皮为屏蔽，内以人推进。及城，则起飞梯于云梯之上。”古人设计了什么结构做到“起飞梯于云梯之上”的？

问题分析：要设计一个能动的木质结构，首先要考虑的就是我们要用这个结构做什么，什么样的结构可以动起来；其次就是在哪里设计连接，用什么形式的连接等问题。

活动准备：

材料：8根规格为200 mm × 15 mm × 15 mm的中间和两端分别钻好孔的松木条、M8 × 35 mm的螺栓及配套的元宝螺母若干（如图1-1所示）。

工具：螺丝刀、羊角锤。

主要过程：

1. 方案1：如图1-2甲所示，组装好结构后，就可以上下拉动了。

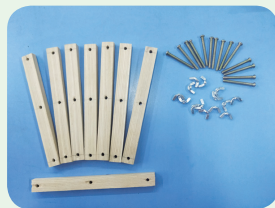


图1-1 材料





2. 方案2: 如图1-2乙所示, 按照图示结构逐一组装完成, 然后分别用两手抓住结构的A、B两处相向运动, 观察结构的变化情况。

**讨论:**

1. 方案1和方案2制作的结构都可以让木条动起来, 请比较和分析这两种结构的优缺点, 举例说出这两种结构在实际生活中的应用。
2. 你认为古人设计了什么结构做到“起飞梯于云梯之上”的?
3. 你还知道哪些神奇的结构? 说出来与大家分享。

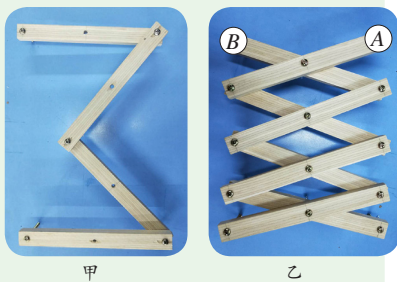


图1-2 结构方案

从技术体验活动来看, 材料经过合理搭配形成了各种不同的结构。世界上任何事物都存在结构, 结构多种多样且决定着事物存在的性质。



图1-3 自然界中形形色色的结构

在自然界中, 蜂巢、蜘蛛网、大树、动物的身体与器官等都有其特定的结构。这些形形色色的结构给了人们无限的创造灵感和启示。通过对自然界中结构的分析和研究, 人们将其研究成果应用到技术领域, 更好地服务于人类。

**马上行动**

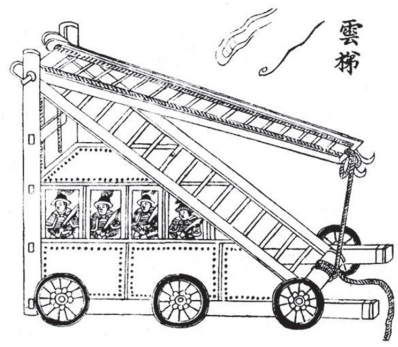
人们从灌木丛走过, 有时裤子上会粘上苍耳子, 这跟苍耳子特殊的结构有关。瑞士的乔治·德·梅斯特拉尔经过多年的研究, 根据该结构, 发明了尼龙搭扣。

请用放大镜仔细观察苍耳子、尼龙搭扣, 分析其结构特点, 比较异同, 如图1-4所示。苍耳子的这种结构除了应用到尼龙搭扣上, 还可以应用到哪些地方?



图1-4 苍耳子与尼龙搭扣

在教学中要注意从传承技术文化的角度对学生加以引导, 可在学生思考后展示古代的云梯设计图片或动画。“情境展示”中描述的类型云梯结构如下图所示。



自然界的结构能给人类的结构设计带来启发, 在分析自然界的结构案例时, 要引导学生从中寻找设计启发, 体悟研究自然界的结构的意义与价值。

在技术领域，产品的结构更是丰富多彩。从历史悠久的石拱桥到气势宏伟的跨海大桥，从粉墙黛瓦的古朴民居到高耸入云的摩天大楼，从速度缓慢的古老马车到风驰电掣的“复兴号”动车组列车，从只能完成单一指令的简单机械手到具有发达“大脑”的智能机器人，都有特定的结构。



图 1-5 技术领域丰富多彩的结构

### 马上行动

“马上行动”的内容与本节情境相呼应，教学中要注意和情境联系起来，关注活动带给学生的启示。

如图 1-6 所示是一款站立式办公桌，它可以通过电机转动调节桌子高度，实现站坐交替式办公。

该办公桌与普通办公桌在结构上有什么相同点和不同点？

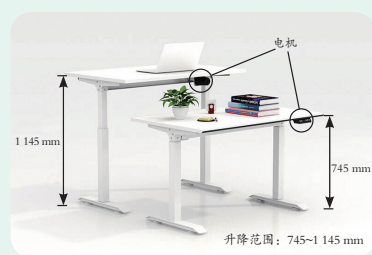


图 1-6 站立式办公桌

结构方面存在的一个小缺陷就可能造成重大事故的发生，因此，合理的结构是事物存在的基础，卓越的结构是设计者和制造者共同的追求。

### 案例分析

#### 魁北克大桥的坍塌

魁北克大桥兴建于 20 世纪初，它是由桥梁学家库帕设计的，在当时世界上同类大桥中最长的一座，如图 1-7 所示。当时桥的建设速度很快，施工组织也很完善。正当投资修建这座大桥的人们开始考虑如何为大桥剪彩时，随着一阵震耳欲聋的巨响，大桥的整个金属结构垮了，19 000 t 钢材和 86 名建桥工人落入水中，只有 11 人生还。

大桥坍塌是因为设计师在没有对桥梁的关键部位做相应加固的情况下，擅自将原来的 500 m 的桥长延长到了 600 m，造成大桥南端制动臂上的压力索发生弯曲，从而导致整个结构倾塌。



图 1-7 设计中的魁北克大桥



图 1-8 坍塌后的魁北克大桥



**思考：**从该案例能获得哪些启示？你还知道哪些由于结构方面存在问题而导致事故发生的案例？

结构在社会领域也普遍存在着，例如人口结构、家庭结构、组织结构、城乡结构、区域结构等。



**思维碰撞**

自然、技术领域都存在丰富的结构，请举例说明技术领域中的哪些结构是受自然领域中的结构启发而设计的。

**任务二 认识结构的受力**

从力学角度分析，结构是指可承受一定力的架构形态，它可以抵抗能引起形状和大小改变的力。

每个物体都有它特定的架构形态，这种架构形态体现着它的结构。一个较复杂的结构由许多不同的部分组成，这些组成部分通常称为构件。如有的自行车的车轮由辐条、轮胎、车圈等构件组成。

一个设计合理的结构应该能承受正常使用时外界的各种作用力，抵抗各种变形。因此，我们需要了解作用在结构上的各种力。

分析结构的受力情况时，首先要清楚组成结构的构件受到哪些力的作用；其次要清楚在这些力的作用下，构件能否安全、可靠地工作，也就是对构件进行承载能力的分析。根据构件的受力和变形的形式，我们可以将构件分为受拉、受压、受剪切、受弯曲、受扭转这五种基本形式，如图 1-9 所示。

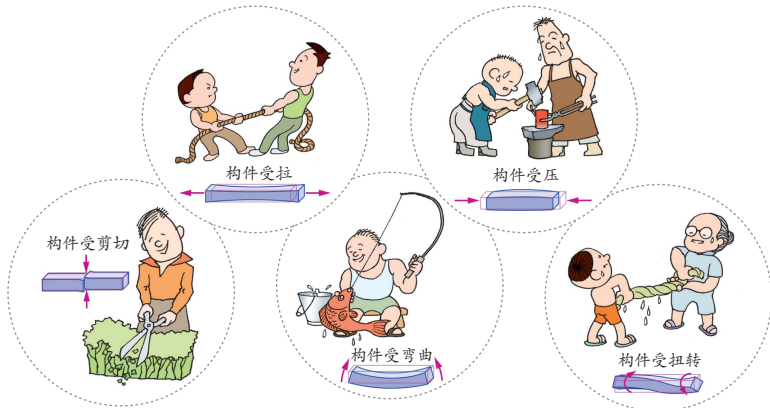


图 1-9 构件受力与变形的基本形式

“案例分析”的思考可让学生各自谈启示，要引起学生心灵上的震撼，引起他们对结构设计的重视。为达到这一效果，教师可准备一些负面的结构案例视频，给学生观看，如美国塔科马海峡吊桥坍塌等。

这五种受力形式是由结构的内部受力变形形式来定义的，学生易和外力混淆。在教学中要强调在外力作用下，结构会发生形变，产生抵抗的力，这种力即为内力，结构内部受力由形变形式来定义。

## 马上行动

请将受力和变形形式、受力特点、具体案例进行连线。

受力和变形形式

受拉

受压

受弯曲

受剪切

受扭转

受力特点

构件承受两个作用线相距很近、大小相等、方向相反的力

在通过构件轴线的平面内，承受垂直于构件轴线的力或外力偶的作用

构件两端受到两个在垂直于轴线平面内的力偶作用，两力偶大小相等，转向相反

构件两端承受沿轴线方向的压力

构件两端承受沿轴线方向的拉力

具体案例



单杠



用剪刀剪铁皮



斜拉桥的拉索



受拧的水管



工作中的千斤顶

在教学中可采用合适的教具来教学，加深学生的理解。

## 技术探究

### 吊兰盆栽支撑架的受力探究

**探究目的：**通过吊兰盆栽支撑架的受力探究，解释结构是如何承受力的。

**情境展示：**为了给家庭环境增加一些绿色，孙宇的爸爸想在阳台安装几个支撑架，用来悬挂他最喜欢的吊兰盆栽。

**问题分析：**对吊兰盆栽支撑架进行设计与制作，首先要明确选用什么材料制作支撑架才既美观又结实，可以对现有材料进行力学特征分析。其次要依据材料的力学特征设计相





应的结构。

**活动准备：**

材料：1 根规格为 2.5 mm × 2.5 mm × 200 mm 的桐木条、1 根细绳、1 根直径为 0.8 mm 的铁丝、胶带纸、1 块规格为 400 mm × 150 mm × 10 mm 的木板等。

工具：手电钻、钩码、剪刀、尖嘴钳、美工刀等。

**主要过程：**

1. 用手电钻在距木板上边 5 mm 处钻一直径 3 mm 的通孔，在上孔正下方距上边 100 mm 处钻一直径 3 mm 的孔（孔不要钻通）。
2. 用尖嘴钳把铁丝弯成挂钩，用胶带纸绑在桐木条的一端，并将绳子的一端也绑扎在这一端。
3. 如图 1-10 所示，将绳子另一端穿过木板上方的孔绑在木板上，将桐木条的一端插入木板下方的孔内。
4. 在挂钩上悬挂钩码，观察并记录桐木条的变形情况。



图 1-10 吊兰盆栽支撑架与结构模型

**讨论：**

1. 桐木条的变形情况是怎样的？从变形情况是否能判断出桐木条受的是什么样的力？
2. 会不会存在侧面倾倒的情况？为什么会出现这样的情况？应如何解决该问题？

**马上行动**

有人利用办公区域的空间，安装了可挂在墙上的折叠桌（如图 1-11 所示）。该折叠桌的横支撑杆、斜支撑杆分别受到什么形式的力？该折叠桌安装到墙上时一般需要先在墙上打孔并埋入膨胀管，然后装螺钉，请从受力角度分析这样操作的原因。



图 1-11 折叠桌支撑结构

为了测试结构或构件能承受的力，各技术领域都有专门的设备，如用于测试结构抗拉、抗压等特性的拉压测试仪，用于测试和检测各种瓶盖开合的扭矩测试仪，用于测试螺钉扭力的螺钉扭断力测试机等。

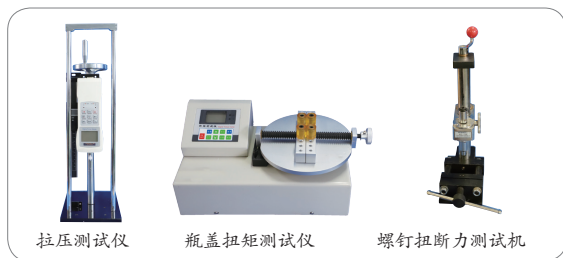


图 1-12 几种专用测试设备

在探究中，可以改变桐木条和底板的连接方法，进行对比试验，从中得出结论。例如，先测试桐木条和底板相抵（无连接），观察是否可能向侧面倾倒，学生讨论分析；然后将桐木条安装在底板预制的榫孔中，再次测试观察是否向侧面倾倒。

“马上行动”中是采用塑料膨胀管和自攻螺钉来安装的，学生对膨胀管较为陌生，如果条件允许，建议在教学中演示其使用方法，或者让学生在课后通过实践了解其使用方法。

产品功能要能满足人们的需求，不仅满足个人或家庭的需要，而且还要满足社会的需要。产品功能的实现通过相应结构来保证。从力学角度来说，结构可以抵抗能引起形状和大小改变的力。结构不仅从形式上保证了功能的实现，而且在技术上保障功能能够实现。结构的这两个方面在具体领域会产生不同研究方向，例如建筑领域，结构工程师和建筑师有不同的设计理念和路径。

### 思维碰撞

从力学角度来看，结构对技术产品及其功能实现具有什么样的独特价值？

## 任务三 辨析结构的类型

结构的分类多种多样，从形态方面考虑，通常有实体结构、框架结构和壳体结构等基本类型。

### 技术试验

#### 壳体结构的受力分析

**试验目的：**体验壳体结构（鸡蛋）的强度试验，研究结构的形状对其强度的影响。

**情境展示：**孙宇参观了恢宏的中国国家大剧院，其外部采用壳体钢结构，外形似一颗椭圆的珍珠，半浮于如镜水面。如此宏大的建筑为什么要选用壳体结构进行设计呢？这激发了孙宇强烈的探究兴趣。



图 1-13 中国国家大剧院

**问题分析：**鸡蛋的外壳是天然的壳体结构，要对其进行壳体结构的受力试验，就要先研究鸡蛋壳的力学特征，然后设计符合试验规范的试验方法和试验步骤并对其进行试验。



图 1-14 压力测试仪



图 1-15 鸡蛋受力试验

#### 试验准备：

**材料：**大小相近的生鸡蛋若干、大小合适的瓶盖 6 个。

**工具：**砝码若干、防护眼镜若干、鸡蛋强度测试架。有条件的学校可准备压力测试仪。

#### 试验过程：

1. 将 3 个大小合适的瓶盖以等边三角形摆放在测试平台边缘，将 3 个鸡蛋分别立于瓶盖上，再在鸡蛋上盖上另外 3 个大小合适的瓶盖，如图 1-14 所示。将上测试板盖上，轻轻地将砝码放在上测试板上（砝码应放在鸡蛋所组成的三角形的中部），逐步增加砝码，直至鸡蛋被压碎，记录砝码总质量，如图 1-15 所示。

2. 不垫瓶盖，将 3 个鸡蛋直接摆放在测试平台边缘。将上测试板放在上面，轻轻地将砝码放在上测试板上（砝码应放在鸡蛋所组成的三角形的中部），逐步增加砝码，直至鸡蛋被压碎，记录砝码总质量。





记录鸡蛋所能承受的最大砝码质量，并填写下表。

有无瓶盖	能承受的砝码质量 /kg
有	
无	

**技术提示**  
 因为试验中鸡蛋会破碎，所以试验前可用塑料薄膜均匀包住鸡蛋。在试验时要戴防护眼镜，穿防护衣。

**思考：**为什么鸡蛋能够承受如此大的压力？瓶盖在其中起什么作用？通过该试验，分析部分建筑以及工业用贮液罐采用壳体结构的原因。

实体结构通常是指结构体本身是实心的结构，如实心墙、大坝等，如图 1-16 所示。

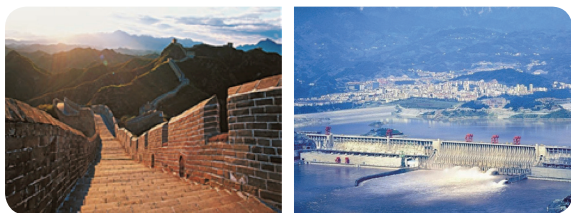


图 1-16 实体结构

框架结构通常是指结构体由细长的构件组成的结构，其构件的几何特征是横截面尺寸比长度小得多，如铁架塔、建筑用脚手架、厂房的框架等，如图 1-17 所示。

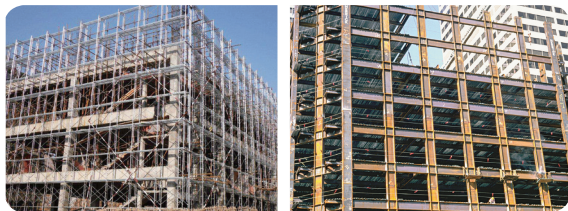


图 1-17 框架结构

壳体结构通常是指层状的结构，其几何特征是厚度比长度和宽度小得多，如摩托车头盔、飞机外壳等，如图 1-18 所示。



图 1-18 壳体结构

在进行试验后，可引导学生从蛋壳的材质（硬度）、结构形状和蛋壳厚度等方面进行思考分析，从中分析壳体结构的内部受力特点，可用应力公式来分析。在思考分析后让学生举出类似的结构案例，从中明确壳体结构的力学特点。

在教学中，要注意让学生理解实体结构、框架结构、壳体结构并不能囊括生活中所有的结构类型，可让学生归纳这三种结构类型的构件材质应有什么特点。

组合结构：由两种或两种以上的结构类型组成的结构。建筑穹顶一般由框架结构和壳体结构组成，或者由框架结构和膜结构组成。

“拓展阅读”材料旨在说明结构的分类方法不是唯一的，往往会根据研究的领域或研究的实际需要来进行分类，某一分类方法也不能囊括所有的结构类型。

在生产和生活实际中，很多物体的结构是由两种或两种以上的基本结构类型组合而成的。如埃菲尔铁塔，它的塔基由实体结构组成，塔身由框架结构组成。又如注塑成型的椅子，其座位是壳体结构，椅腿是框架结构，如图 1-19 所示。





图 1-19 组合结构



### 马上行动

指出下列物体的结构类型。

物体	结构类型
 汽车框架	
 建筑穹顶	



### 拓展阅读

在具体工程领域，根据领域的不同，结构有不同的分类方式。例如，在桥梁建筑中常见的结构类型有梁式结构、刚架结构、拱式结构、斜拉结构、悬索结构和组合结构等，如图 1-20 所示。

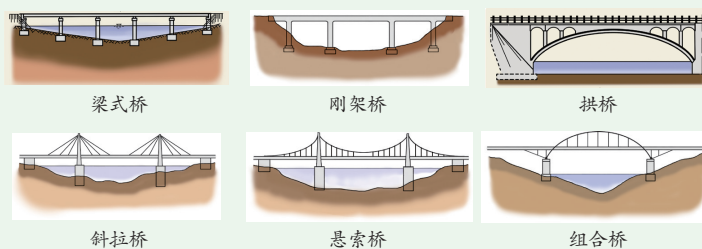


图 1-20 桥梁常见结构类型



### 学习反思

从结构的丰富性与结构功能的实现角度来说，不同结构的类型特征对结构的设计有什么启示？

### 练习

1. 仔细观察下图的订书机底座前端，可以发现有三组凹槽，请分析这些凹槽的作用。在订书过程中，订书针会产生怎样的形变？



订书机前端的凹槽



订书机侧面的凹槽

(第1题)

2. 自行车头盔为自行车骑行者提供了最基本的安全保护功能，传统头盔体积较大，不便于携带，而可折叠头盔就解决了该问题。请分析以下几种可折叠头盔的结构特点，比较其安全保护和可折叠功能。



由EPP聚合物材料制成，由7块骨架与连接部分组成，使用时只需简单地将其张开即可



由ABS外壳和EPS内壳组成，不使用时可折叠，轻松放入背包或手提袋之中



有三个活动部分，在骑行时展开，在不用时则可以按动按钮推平头盔

(第2题)

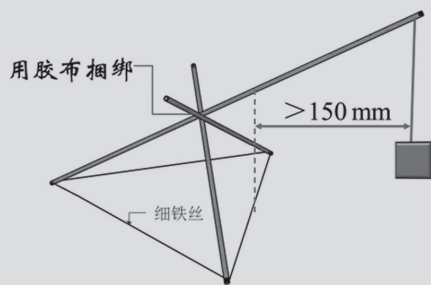
可引导学生从结构设计的力学需要和功能实现角度分析。

练习1可穿插在相关知识的课堂教学中进行分析。

练习2可引导学生认识到，在设计结构时，在实现功能的同时还要考虑强度等因素。该题在教材中起承上启下的作用，可引出结构的强度和稳定性等问题。尤其要注意第三种方案如果仅仅采用了柔性材质的连接结构，则结构不再是一个完整的壳体，从而不能有效地将受到的外力分散在整个外壳的表面，不能有效地减小作用在头部的应力，从而不能有效保护头部。因此，如果要实现保护功能，就需要有支撑结构来支撑壳体。本题还可以让学生思考制作壳体结构的材质应有什么特点，结构对功能有什么影响等。

结构的稳定性和强度是研究结构的重要角度，也是结构设计中要考虑的重要因素。在教学中要注意引导学生在探析过程中得出影响结构强度和稳定性的主要因素，并能运用这些结论来进行结构分析与设计。

可根据所提供的材料长度，确定合适的架空距离。为了提高教学效率，可参考以下的悬臂搭建方法，



## 二、稳固结构的探析

- 任务一 探析结构稳定性
- 任务二 探析结构强度



### 学习目标

1. 通过技术活动探究重心、支撑面等因素对结构稳定性的影响，并尝试解决相关技术问题。
2. 通过技术活动探究形状、材料、连接方式等因素对结构强度的影响，并尝试解决相关技术问题。
3. 能依据相关技术试验标准对结构稳定性、强度进行试验，并写出试验报告。



### 走进情境

孙宇为了预防“久坐病”，准备去家具市场选购一张站立式办公桌。他在选购各种站立式办公桌时发现，有些桌子使用时易翻倒，有些桌子却十分稳固。孙宇决定一探究竟。



### 任务一 探析结构稳定性

日常生活中，时常会看到翻倒在地的物体，如路边倒地的自行车、地上翻倒的空竹篓等。这是因为当物体受到荷载作用时，原有的平衡状态被打破而出现的不稳定现象。

结构的稳定性是指结构在荷载的作用下维持其原有平衡状态的能力。如果一个物体的结构不能有效地抵御荷载的作用，那么该物体就很难保持原有平衡状态。



### 技术体验

#### 悬臂结构的稳定性体验

**体验目的：**体验悬臂结构的稳定性。

**情境展示：**日常生活中有一些支撑结构，如起重机的起重臂、消防车云梯的悬臂结构，这些结构不仅要伸出很长的臂，而且要承受较大的力。

**问题分析：**悬臂结构的物体是怎样保持稳定的呢？我们可以通过类似的悬臂结构来进行分析。为了模拟真实情境，规定悬臂结构底部与地面接触所形成的支撑面的大小不超过 200 mm × 200 mm，底部与挂重物的位置在水平和竖直方向相距都不少于 200 mm。

**活动准备：**

**材料：**一次性木筷子（或竹筷子）、塑料管、铝条、铝片、木条、热熔胶棒、若干细绳等。

**工具：**剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。





**主要过程：**

1. 分小组设计方案。
2. 根据方案制作悬臂结构，如图 1-21 所示。
3. 在悬臂结构前端逐步悬挂钩码，观察并记录悬臂结构倾倒时所挂钩码的质量。
4. 在悬臂结构前端悬挂步骤 3 中悬臂倾倒时的钩码数量，并尝试在悬臂结构其他位置加重物以保持悬臂结构的稳定。

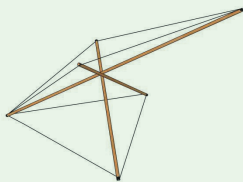


图 1-21 悬臂结构

**讨论：**

1. 不同的悬臂结构倾倒时所挂钩码的质量是否不同？这些结构在形状上有什么区别？
2. 在步骤 4 中，所加重物的位置与其质量有什么样的关系？

要引导学生从体验过程中得出有用结论，并注意提炼方法。

从悬臂结构的技术体验活动中我们可以看出，结构重心的位置影响着结构的稳定性。在工程领域中，有的起重机的质量达几百吨，且重心很低，所以在较大的荷载作用下也能保持稳定。日常生活中，有的独脚茶几的底座采用较重的材料（如大理石），台面采用比底座轻的材料（如木材），使茶几的重心降低，以提高稳定性。但是有些产品在使用过程中，重心很高，这些产品怎样保持稳定的呢？



图 1-22 起重机



图 1-23 独脚茶几

**马上行动**

如图 1-24 甲、乙所示的 A 字形梯在载人时，从 A 字形梯和人总体来看重心很高，那么为什么还能保持稳定呢？A 字形梯中间的横梁的作用是什么？其放置位置对梯子的稳定性有什么影响？如图丙所示的梯子采用锁扣结构，而如图丁所示的梯子采用八脚支撑并在底部增加拉绳，这样设计的原因是什么？

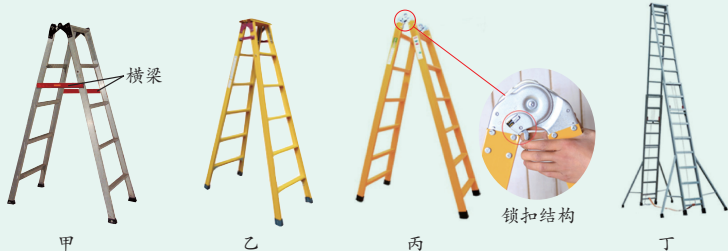


图 1-24 各种 A 字形梯

如果条件允许，可以向学生展示图中部分梯子实物，也可以展示模型，对模型进行分析。

在其他条件不变的情况下，结构与地面接触所形成的支撑面越大，结构越稳定。

如果条件允许，可用教具模型进行演示，验证学生的分析结果。

课桌的技术标准可以通过网络途径获取。

## 马上行动

请分析下列因素中哪些对站立式办公桌的稳定性产生影响。

- (1) 办公桌各部件使用的材料。
- (2) 办公桌的使用状态，如坐式或站立式使用。
- (3) 办公桌的使用环境，如单独放置使用或靠着墙使用。
- (4) 办公桌的使用人群，如使用者的体重等。

重心高低、结构与地面接触所形成的支撑面实际上都与重心垂足的位置相关。对于一个处于静止状态的结构而言，如果重心的垂足落在结构的支撑面内，就是稳定的，不会倾倒。

## 技术试验

### 课桌稳定性试验

**试验目的：**依据国家标准对产品进行稳定性试验，并对数据进行分析。

**情境展示：**站立式办公桌的高度要高于一般办公桌很多，而且是可调节的。孙宇认为其结构稳定性对结构的可靠性和人体的舒适度等非常重要，那如何测试其稳定性呢？

**问题分析：**测试站立式办公桌的稳定性，关键是选择什么样的技术参数，采取什么方式进行，对此需查阅相关国家或行业标准，了解制定依据，根据标准进行。由于目前没有站立式办公桌稳定性专门标准，可以依据 GB/T10357.7-2013《家具力学性能试验 第7部分：桌类稳定性》。

**试验准备：**

1. 课桌一张，如果条件允许请用站立式办公桌。若用站立式办公桌，则需要在升到最高和降到最低状态下进行测试。
2. 加载设备（提供垂直或水平加载力）、加载垫（直径为 100 cm 的刚性扁平圆形物体）、挡块（用来防止桌子移动）。试验时可以根据情况用类似的工具或施力形式来替代。
3. 应在最不稳定的桌边进行试验，如该桌边不明确，则应通过试验来确定。带有活动桌板的课桌，应选择最不稳定的使用状态进行试验；当活动桌板有多种连接方式时，应选用最不稳定的方式连接；如果桌子安装了抽屉，在测试时抽屉应关闭并不应载重。

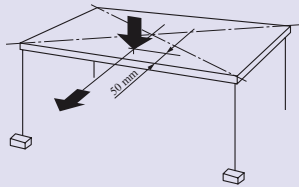


图 1-25 课桌稳定性试验示意图

**试验过程：**

1. 把课桌放在水平地面上，用挡块抵住课桌最不稳定边的桌腿，防止课桌在试验时移动。
2. 垂直加载稳定性试验。通过加载垫在课桌最不稳定边中心离边沿向内 50 mm 桌面处，垂直向下逐渐加力，如图 1-25 所示，至下页表中的规定值或直至课桌有一个桌腿离开地面为止。记录最大荷载。
3. 垂直和水平加载稳定性试验。在课桌最不稳定边中心离边沿向内 50 mm 桌面处通过加载垫垂直向下加 100 N 的力，同时在该边中点桌面上向外施加一个水平力，如图 1-25 所示，





逐渐增加该力至下表中的规定值，或直至课桌有一个桌腿离开地面为止。记录最大荷载。

4. 将课桌顺时针转 180°，针对课桌的另一条不稳定边，重复上述步骤 2、3，并记录试验数据。

	技术参数	国家标准（规定值）	最大荷载
不稳定边 1	垂直加载稳定性	600 N	
	垂直和水平加载稳定性	20 N	
不稳定边 2	垂直加载稳定性	600 N	
	垂直和水平加载稳定性	20 N	

思考：

1. 根据试验数据，分析所测试课桌的稳定性是否达到国家标准，并说明原因。
2. 比较对该课桌两条不稳定边加力后的试验数据，如果存在差异，请找出并分析原因。

结构的形状不同，其稳定性也不同。例如，由于三角形构成稳定的几何结构，所以建筑上常用的桁架结构往往采用三角形作为基本结构单元。

影响结构稳定性的因素是相互关联的，需要综合考虑各种因素来讨论结构的稳定性。物体在静止状态与运动状态下的稳定性条件也是不同的。



### 思维碰撞

在产品设计中，结构越稳定越好吗？



## 任务二 探析结构强度

生活中有时会出现这样的情况：人坐到塑料凳上，凳脚被压断了；下大雪时，房梁被压断了。这些事例说明，这些结构不具有抵抗上述荷载的能力。

结构抵抗荷载的能力用强度来表示。结构的强度是指结构具有的抵抗被外力破坏的能力。当结构构件受到外力作用时，内部各质点之间的相互作用发生改变，产生一种抵抗外力与变形的力，称为内力。构件单位横截面积上所产生的内力就是应力，可用如下关系式表示： $\sigma = F_N/A$ 。其中， $F_N$  为内力， $A$  为受力面积， $\sigma$  为应力。应力可以作为表示结构构件强度的基本指标。



### 技术体验

#### 体验悬臂结构模型的强度

**体验目的：**通过悬臂结构模型的强度测试，体验影响结构强度的因素。

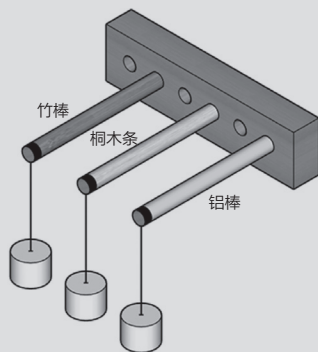
**情境展示：**悬臂结构在工程中应用非常广泛，如道路的交通指示灯架、视频监控架。悬臂结构的强度需要符合应用的需求，以保障结构的正常工作。

该“技术试验”侧重于学生对试验过程的体验，从中知道产品的设计要满足相关的规范或标准，并知道如何利用标准来检测产品是否符合要求。为了提高教学效率，可用某一典型结构的桌子模型来进行测试。

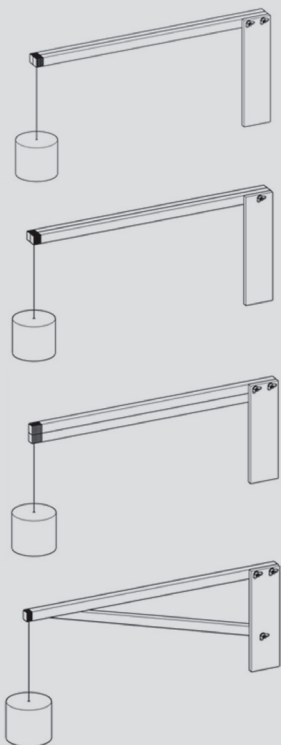


该“技术体验”主要体验不同的材料和结构形状对结构强度的影响，为了操作方便，可以参考以下几组对比试验：

1. 用横截面大小大致相同的竹筷（或竹棒）、桐木条（或杉木条）、铝棒（或圆钢棒），分别插入并固定在预制的木料安装孔中，跨空 200 mm 悬挂钩码进行对比测试其发生断裂或明显变形时所能悬挂的砝码质量。如下图所示：



2. 用相同材质及数量的材料构造不同形状的悬臂结构进行测试，可以参考用截面为 10 mm × 10 mm 的方木料，或用筷子捆绑，如下图所示：



**问题分析：**

要体验材料对结构强度的影响，就需要使用不同材料制作相同结构的悬臂结构进行比较试验；要比较结构对强度的影响，就要用相同材料，设计和制作悬臂长度相同、结构不同的悬臂结构，进行比较试验。

**活动准备：**

材料：细木筷或细竹筷、与筷子相同尺寸的桐木条、塑料管、铝条、502 胶、热熔胶棒、若干细绳等。

工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。

**主要过程：**

1. 将悬臂结构的一端固定，悬臂长度不少于 200 mm。
2. 在悬臂结构的另一端不断增加钩码，直至悬臂出现断裂，记录断裂前的钩码质量以及断裂点。
3. 将测试数据填写到如下表格内，进行交流和讨论。

序号	结构形状	所用材料	连接形式	钩码质量	断裂点
1					
2					
3					
4					

**思考：**

1. 承重较大的结构形状具有什么特点？
2. 断裂点在哪个位置，你认为原因是什么？
3. 材料、连接方式对结构的承重能力有什么影响？

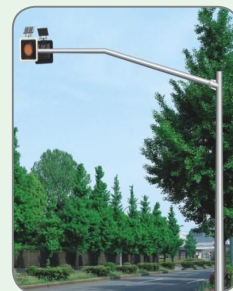


图 1-26 交通指示灯架

**结构的形状** 在“体验悬臂结构模型的强度”活动中可以发现，结构的形状影响结构的强度。框架结构中，三角形是最基本的形状之一，它结实、不易变形，所用材料最少。在长方形或六边形的框架中间加上支撑构件，构成三角形，就可以大大增加其牢固程度。

在结构设计中，一些结构形状只要稍加改变就可大大提高强度。例如，将平面薄板改为蜂窝板、瓦楞板等，在薄板制品中加入加强筋或凸缘、翻边结构等。

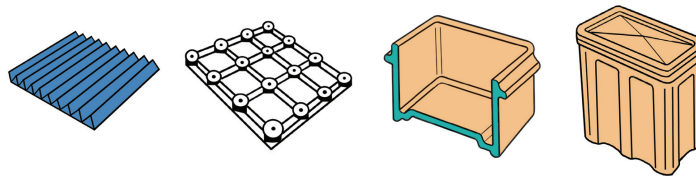


图 1-27 提高结构强度的设计

**技术试验**

**悬臂梁强度与截面形状**

**试验目的：**测试用不同截面形状的构件做成的悬臂梁的强度。

**情境展示：**国庆节就要到了，学校准备在校园内部道路两旁的路灯杆上加装外挑横杆来悬挂大红灯笼。现有三角形、矩形、圆形等不同截面的钢管可选，该选哪种呢？

**问题分析：**悬挂大红灯笼时，除自身重力外，横杆主要承受大红灯笼的重力，还会受到风吹雨淋等其他因素的影响，因此横杆的选择应首先考虑强度问题。我们用硬纸制作不同截面形状的纸筒来模拟不同截面的钢管进行强度试验。

**试验准备：**

周长相同、截面分别为三角形、圆形、正方形的硬纸筒各 1 个，托盘 3 个，砝码若干，细线。

**试验过程：**

1. 分别将不同形状的纸筒的一端固定在测试装置上。
2. 分别在不同形状的纸筒的另一端悬挂相同质量的砝码，并依次不断增加相同质量的砝码，观察结果，如图 1-29 所示。



图 1-28 校园里悬挂的大红灯笼

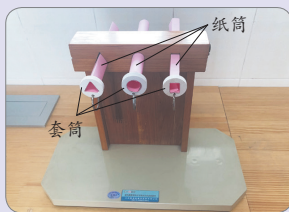


图 1-29 不同截面形状的纸筒的强度测试

**思考：**

1. 哪种截面形状的纸筒可以承受更大的力？在进行试验时应注意什么？
2. 设想用截面为凹槽形状的构件做横杆，凹槽侧向放置与向上放置所能承受的重力是否相同？如果条件允许，可以进行试验。

“技术试验”中应注意：  
 (1) 不同截面的纸筒悬挂重物的位置应一致。  
 (2) 在粘贴纸筒时，要尽可能使它们的截面周长相同，用纸量要一样，不要卷折成若干层。

如果用截面为凹槽形状的杆件做悬臂，凹槽的朝向不同，所能承受的拉力也是不同的。可引导学生通过测试得出这一结论，要注意已经在测试中发生了明显形变的模型不能再用来做对比测试。

**马上行动**

如图 1-30 所示的站立式办公桌，脚架采用铝合金材料一体成型，其脚架内部设计成网格，这种设计的目的是什么？哪些桌子采用类似的结构？

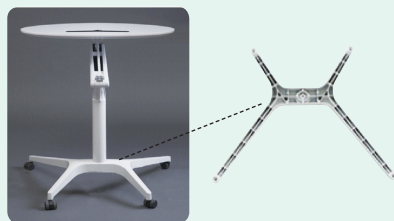


图 1-30 站立式办公桌脚架内部结构设计

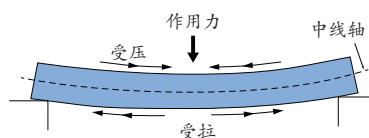


图 1-31 梁的受力示意图

**结构的材料** 不同材料构成的结构，其强度各不相同。一个坚固的梁必须具有好的抗拉、抗压、抗剪切和抗扭转的性能，所以梁通常由不只一种材料制成。如一根混凝土梁含有钢筋，混凝土擅长抗压力，而钢筋擅长抗拉力，它们共同形成了非常牢固的结构。



## 马上行动

无人机可以用于航拍、地理勘测、植保、浇灌、测绘等，使用范围广，应用领域多。无人机的制造材料非常多样，早期多为铝合金，还有小部分钛合金等，近年来逐渐采用碳纤维复合材料。试分析无人机制造材料变化的原因。



图 1-32 无人机

如果条件允许，可让学生对比碳纤维材料和其他常见材料（如塑料、金属等）的强度和密度。

三把椅子都是设计史上经典的作品，图甲、乙、丙所示椅子的名称分别为广岛椅、悬臂椅、潘顿椅。



图 1-33 不同材料带来椅子结构的变化

不同的材料可能带来结构上的变化。以椅子为例，采用木头为材料，可以设计成图 1-33 甲所示的框架结构；采用不锈钢为材料，可以制造成图乙所示的框架结构；采用塑料为材料，可以制造成图丙所示的一次性压模成型的结构。

由于材料与结构强度具有密切的关系，因此在设计过程中应注意挖掘材料特性所带来的新结构的可能。

**结构的连接方式** 结构由若干个构件通过不同的连接方式组合而成。结构的连接方式直接影响结构的强度。

在具体的技术领域中，连接方式存在多种形式。不同的连接方式、结构形式适用于不同强度要求的场合。

连接方式对结构强度的影响还体现在连接件的选择上。以铆接为例，铝制空心铆钉主要用于受载荷不大的铆接场合，而不锈钢铆钉则用在高拉力、耐腐蚀的场合。



图 1-34 铝制空心铆钉





图 1-35 不锈钢铆钉

连接方式多种多样，若按构件之间能否转动来分类，可分为铰连接和刚连接。





连接方式	特点	具体形式	案例
铰连接	被连接的构件在连接处不能相对移动，但可相对转动	松螺栓连接、铰链连接等	如折叠伞骨间的连接、门与门框的连接等 
刚连接	被连接的构件在连接处既不能相对移动，也不能相对转动	榫接、胶接、焊接、铆接、紧固螺栓连接等	如不可移动的桌腿与桌面的连接、固定铁床架的连接等 



### 马上行动

如图 1-36 所示的站立式办公桌可以通过把手控制气杆来调节桌子升降，从而实现一定范围内的调节。它是如何实现升降功能的？跟结构的连接方式有什么关系？

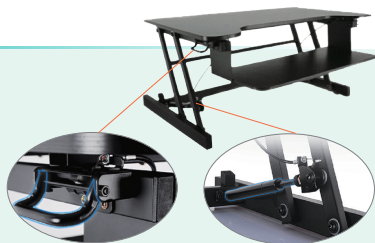


图 1-36 站立式办公桌

在教学中可用该桌子的模型进行升降调节演示，或展示演示动画。



### 拓展阅读

#### 连接方式的分类

在不同的工程领域，对于连接有不同的分类和表述。在机械工程领域，连接分为动连接和静连接。动连接是机器工作时，被连接的零（部）件间可以有相对运动的连接，如滑块与导轨的连接。静连接是在机器工作时，被连接的零（部）件间不允许产生相对运动的连接。连接根据其可拆性又分为可拆连接和不可拆连接。可拆连接是不需要毁坏连接中的任一零件就可拆开的连接，如螺纹连接、键连接。不可拆连接是至少要毁坏连接中的某一部分才能拆开的连接，如铆钉连接、焊接。

连接方式的分类方法并不唯一，一般根据实际研究的需要和范围进行恰当分类，有些分类方法中的类型并不能囊括所有的连接方法。在教学中要让学生明白这一点，例如，在讲授铰连接和刚连接时，可举既不是铰连接也不是刚连接的连接方法作为反例，让学生判断，从而明确这一点。



### 学习反思

在设计时，为了提高结构的强度，可以加大构件的外形尺寸、增加材料厚度、选择高性能材料，但这又会带来什么样的问题？

 练习

1.《西京杂记》卷上记载：“卧褥香炉……为机环运转四周，而炉体常平，可置之被褥，故以为名。”请分析，为什么无论卧褥香炉如何放置，香炉中的香料都不会倾倒呢？



(第1题)

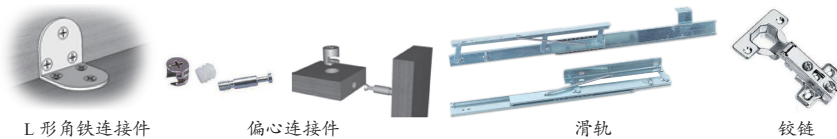
2.电风扇是常见的家用电器，请比较分析如图所示三款电风扇是如何实现稳定的。

3.请根据 GB/T10357.7-2013《家具力学性能试验 第7部分：桌类稳定性》对教室中的课桌或家中的桌子进行稳定性试验，并撰写试验报告。

4.观察家具市场中的家具或你家中的橱柜，它们各个部件之间采用的是什么样的连接方式和连接件？



(第2题)



L 形角铁连接件

偏心连接件

滑轨

铰链

(第4题)



### 三、结构功能的实现

- 任务一 感悟结构与功能的关系
- 任务二 欣赏经典结构的案例



#### 学习目标

1. 通过案例分析，说明结构对技术产品功能实现的价值。
2. 能从技术和文化的角度欣赏并评价经典结构。



#### 走进情境

孙宇想买一张能折叠、高度可调节的站立式办公桌，放在家里的书房中使用，该从哪些角度对站立式办公桌的结构进行选择呢？



#### 任务一 感悟结构与功能的关系

结构不仅是事物存在的一种形式，而且对事物的功能和作用产生着直接影响。事物的结构决定了其功能。



#### 案例分析

##### 伞与拐杖

一把撑开的雨伞，是通过伞的骨架和伞面的受力以实现遮风挡雨功能的，而收起的伞则可以通过伞的主干骨受力实现拐杖的功能。



图 1-37 拐杖伞

##### 多用螺丝刀

一把固定结构的螺丝刀，其功能往往是单一的。如果把固定结构改为组装结构，则可以实现多种功能。



图 1-38 多用螺丝刀

#### 思考：

1. 在这两个例子中，结构是怎样决定功能的？
2. “结构决定功能”除了在产品设计中得到体现外，在其他科技活动、社会活动中是否也有体现？请举例说明。

功能往往是人们需求的体现。例如，山地车、折叠车、童车都具有代步功能，但由于使用人群、使用场合的不同，人们的需求不同，功能也有所不同。设计中，往往通过改变结构实现不同的功能。

任务一“感悟结构与功能的关系”侧重在探析过程中理解结构与功能的关系，学生学习后，在项目设计中能考虑结构对功能实现的影响和作用。任务二“欣赏经典结构的案例”侧重引导学生不仅要关注结构作品的技术元素，还要关注其文化特征，学会在设计作品中注入丰富的文化内涵。

“案例分析”旨在引导学生得出：通过改变结构可实现不同的功能。多用螺丝刀相对于普通螺丝刀，就是改变了局部的连接结构，实现了多功能。

“案例分析”的目的是让学生理解结构对功能的影响，从而在设计中能从功能实现的角度考虑结构设计。

## 案例分析

### 自行车的结构与功能



山地自行车



儿童自行车



折叠自行车

图 1-39 各种自行车

从 19 世纪诞生到今天，自行车经历了从无到有、从单一到种类繁多的发展过程。如今，山地车、折叠车、双人车、童车、残疾人专用车等不同结构的自行车满足了人们不同的需求，实现着它们各自的功能。

山地车能够“翻山越岭”，适合多种路面。这是由于它采用了结实的车架和避震结构，所以能经受住颠簸。此外，调整合适的挡位也使人骑起来很省力。

折叠自行车具有可折叠的结构，因而携带方便。它被许多旅行者作为必备的辅助车辆放在汽车后备箱里，以应对禁行、停车场太远等问题。

儿童自行车车身要求轻便小巧，符合儿童的身体结构特征，更重要的是能使车处于平稳的状态。有些童车在后轮两侧各加上一个小车轮，车在向左倾或向右倾时，前轮、后轮与侧轮接触地面，从而不易翻倒。

**思考：**自行车的结构是如何实现不同功能、满足人们不同需求的？

功能的实现，需要相应的结构来保证。结构设计时往往要根据具体的功能确定具体的构件及其尺寸、位置、数量、连接方式等要素。例如，人们使用椅子时除了要可以坐，往往还需要其能够进行高度、角度等调节，因此一些椅子采用了气压棒、可调椅背来实现这些功能。



图 1-40 可调座椅

“马上行动”中左图所示的折叠凳名为“螺旋凳”，1927年由丹麦设计大师凯尔克林特设计。该凳子腿部曲线造型独特，当这张凳子折叠起来后，腿部成圆柱状。

中间图所示的可拆装椅子名称为“14号靠背椅”，诞生于 1859 年，最初由设计者迈克尔·索奈特为咖啡馆量身定制。

在教学中，如果条件允许，建议让学生观察相关的实物结构，并进行功能演示。

## 马上行动

如图 1-41 所示，请根据下列产品的结构特点，说明其是如何实现相应功能的。



折叠凳：可折叠，方便携带，节省空间，多功能



可拆装的家具：易组装，易拆卸，方便运输、储存



可伸缩相机三脚架：可伸缩，方便携带，节省空间

图 1-41 产品结构 with 功能



结构与功能的关系往往还需要考虑使用的环境、时间等因素。结构在规定的使用期限内和规定的条件下，完成预定功能的可能性，称为可靠性。它是安全性、适用性和耐久性的总称。安全性指结构在正常使用时能承受可能出现的各种荷载；适用性指结构在正常使用时具有良好的工作性能；耐久性指结构在规定环境条件下和预定的设计使用年限内，能保持结构正常使用。

### 马上行动

如图 1-42 所示的站立式办公桌能够实现桌面垂直升降的功能。与第 19 页“马上行动”中的站立式办公桌相比，该站立式办公桌的结构具有什么样的特点，请分析其是如何实现垂直升降功能的。

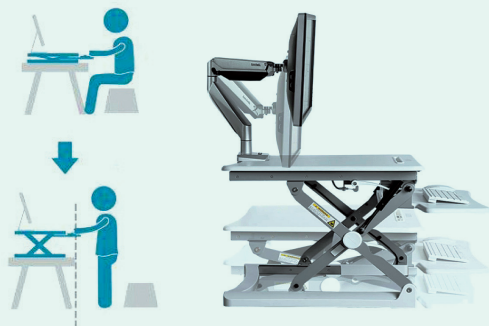


图 1-42 可升降的站立式办公桌

“马上行动”引领学生回归本单元情境中的问题探索，为后续设计“站立式办公桌”作铺垫，也和本节的“走进情境”相呼应。在教学中要关注对学生解决单元情境中问题的启发。

### 思维碰撞

在产品设计中，功能与结构之间的关系是怎样的？

## 任务二 欣赏经典结构的案例

优秀的结构设计不仅表现在结构的实用功能上，也表现在形式上。古今中外许多能工巧匠都把结构的功能与形式恰当地结合起来，形成了一些经典的结构设计案例。

赏析结构设计作品，可以从技术与文化两个角度进行。技术的角度主要有：结构的使用功能的实现，结构的稳固耐用，结构造型设计的创意和表现力，材料使用的合理性，工艺制造的精湛程度等。文化的角度主要有：结构的文化寓意与传达，公众认可的美学原则，反映时代、民族、习俗方面的特征，结构的个性特征等。

在日常生活中，各种桥、塔、楼、房都有一定的结构，反映不同历史时期的技术水平，体现特定的文化内涵。

 案例分析

## 飞檐

飞檐是中国古代建筑屋顶结构的特色之一。屋顶的曲线、向上微翘的飞檐，使得原本异常沉重的屋顶，随着线条的曲折，显出向上挺举的飞动轻快之感。



图 1-43 飞檐

## 技术角度：

## 1. 功能

飞檐向外和向上伸翘起的屋角，使十分庞大、高耸的屋顶显得格外生动而轻巧，扩大了采光面，有利于排泄雨水。

## 2. 结构设计

以岳阳楼为例，岳阳楼三层建筑均有飞檐，挑出的飞檐由斗拱承托，承托飞檐的方木块叫作“斗”，托着斗的木条叫作“拱”。飞檐的造型美并没有脱离建筑屋顶本身的结构功能而独立，其轮廓的和谐、对称都是在合理的受力结构基础上所产生的。屋面凹曲，屋檐、屋角和屋顶的飞脊都是弯曲的，形成直线和曲线的巧妙组合。

## 3. 技术施工

岳阳楼是纯木结构，飞檐、斗拱及整个建筑没有用一钉一铆，仅靠木制的构件彼此连接，经受岁月的剥蚀而昂然耸立了上百年（现存的岳阳楼是清光绪年间重建的）。飞檐、斗拱的



图 1-44 岳阳楼





结构之复杂，工艺之精美，令人惊叹。

**文化角度：**飞檐的造型减轻了古建筑大屋顶的沉重感，使建筑静中有动，增添了建筑物飞动轻快的美感。飞檐造型传达出尊贵、凝重的寓意，体现了高贵华美的风韵，丰富了中国古代建筑文化。现代建筑设计师们对它也异常偏爱，使得这一特殊的中国古典建筑结构得以演变、改进和发展，并流传下来。

**思考：**中国古代建筑的结构多以木材为材料。请你从材料与构件的连接方式等角度，分析中国古代建筑稳固的原因。



### 马上行动

赵州桥坐落于河北省赵县，跨洨水，隋大业年间由著名匠师李春修建，是当今世界上年代最久、跨度最大的敞肩型石拱桥。赵州桥结构新奇，造型美观。请查找资料，从技术和文化两个方面分析其结构和功能特点。



图 1-45 赵州桥

在家庭生活中，我们每天都会跟桌子、椅子、柜子打交道，这些物品都有一定的结构，是结构与功能、材料、技术、艺术的统一。



### 案例分析

#### 蚂蚁椅

雅格布森是 20 世纪丹麦著名建筑师、工业产品与室内家具设计大师。他的作品十分强调通过细节的设计达到整体的完美。20 世纪 50 年代，他设计的蚂蚁椅是现代家具设计的经典之一。

**技术角度：**

## 1. 功能

蚂蚁椅具有与其他椅子相同的使用功能，并且实现了较好的人机关系。座面与靠背弧度的变化，符合人体结构，其光洁的座面即使不采用任何软体材料与人体接触，也具有较高的舒适性。

## 2. 结构设计

蚂蚁椅具有简洁的结构，使其成为丹麦较早能完全用工业化方式批量制作的家具。座面和靠背采用热压胶合板整体成型工艺，这是当时的最新技术，极大减少了材料的浪费和工艺成本，从此曲木工艺在全球得到极大的推广应用。最初的蚂蚁椅只有三条腿，后来因为发生了椅子翻倒事故，便改变成了现在的四条腿样式。

**文化角度：**蚂蚁椅在它诞生的时代是前卫的，经过半个多世纪，现在依然是时尚的佳作，世界各地很多公共场所都可以见到蚂蚁椅的身影。

**思考：**蚂蚁椅的稳定性和强度如何？在实际使用中是否会受到一定的限制？



图 1-46 蚂蚁椅

 **马上行动**

如图 1-47 所示的餐桌是意大利当代著名设计大师马里奥·贝里尼的作品。该餐桌采用三根胡桃木作基座，造型简洁。

受该作品启发，并联想到三根孔明锁榫接结构，有同学设计了一款花盆架，如图 1-48 所示。



图 1-47 餐桌



图 1-48 花盆架

你见过哪些经典结构？请从设计者、时代背景以及结构技术角度和文化角度与其他同学进行交流。

在生产领域，挖掘机、起重机等各种机械设备也具有一定的结构，在具有稳定性、强度的基础上实现一定的功能。

可引导学生将“马上行动”和单元情境中要解决的设计问题联系起来，从分析与交流中寻找启发。



**拓展阅读**

**龙门起重机**

随着“一带一路”建设的不断深入，在油气管道、港口海运和铁路公路等大项目建设中，工程机械设备发挥了重要的作用。

龙门起重机是常见的工程起重机械，广泛应用于各个行业，例如，在建筑工地进行施工，在铁路货场装卸火车、汽车，在港口码头装卸集装箱等。

龙门起重机主要由门架结构、载重小车、大车运行机构、电气设备和驾驶室等几部分组成。门架结构主要由主梁和支腿组成。

主梁用以支撑载重小车，并且通过支腿沿轨道运行。从结构来说，主梁有板梁式和桁架式，前者有箱形结构、三角形板梁结构，如图 1-50 所示；后者有三角形桁架式、矩形桁架式和“Π”形桁架式，如图 1-51 所示。

中、小跨度龙门起重机两个支腿和主梁的连接都采用刚连接，大跨度龙门起重机其中一个支腿和主梁的连接采用了铰连接。箱形结构门架的支腿常采用“L”形、“C”形、“八”字形或“O”形，如图 1-52 所示。



图 1-49 龙门起重机

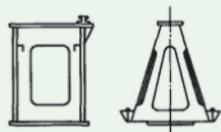


图 1-50 板梁式主梁截面形式

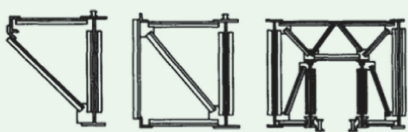


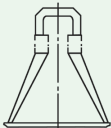
图 1-51 桁架式主梁截面形式



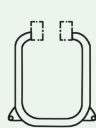
“L”形



“C”形



“八”字形



“O”形

图 1-52 箱形龙门架支腿外形

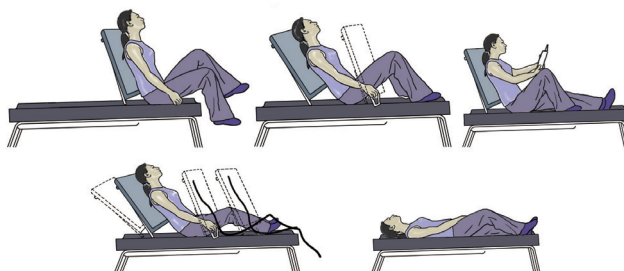
**学习反思**

从技术与文化角度来看，为什么赵州桥、蚂蚁椅等能够成为经典的结构设计案例？

可引导学生从结构科学性、技术先进性和文化寓意角度来分析。应该结合作品诞生时所处年代的技术和文化背景进行分析。

## 练习

1. 如图所示的椅子，可以通过对椅背位置以及倾角的调节实现多功能转换，满足不同的使用需求。要实现该功能，椅背和椅子之间应该怎样连接？



(第 1 题)

2. 如图所示是艾琳·格雷于 20 世纪 20 年代设计的可调式边几，请查找资料，解释为什么该作品成为经典设计，同时分析在使用时需要注意哪些才能使它保持稳定。



(第 2 题)



(第 3 题)

3. 斗拱是中国传统木结构建筑的标志性结构，如图所示。它既有建筑力学的考虑，又有丰富的文化内涵。请从技术与文化角度对斗拱进行分析，合作尝试制作一个简单的斗拱。



## 四、简单结构的设计

- 任务一 分析结构设计应考虑的主要因素
- 任务二 设计并制作站立式办公桌

### 学习目标

1. 通过案例分析，说明结构设计应考虑的主要因素。
2. 综合考虑稳定性、强度等多方面因素进行简单的结构设计，提出可能的解决方案，进行比较、权衡、优化，并绘制设计图样。
3. 根据实际条件，选用合适的结构设计方案，做出模型或原型，并进行功能测试、稳定性和强度测试。

### 走进情境

市场上销售的站立式办公桌虽然种类繁多，但是与孙宇家书房空间、个人需求有差距。孙宇决定和同学们一起设计并制作一张站立式办公桌。

### 任务一 分析结构设计应考虑的主要因素

在进行结构设计时，必须明确设计的目标，抓住主要因素展开工作。

#### 结构设计的目标及要求

结构设计应以一种或几种功能的实现为基本目标，应满足设计规范，满足使用者的基本需要。例如，儿童自行车的结构设计，首先应以锻炼儿童的手脚协调能力为设计目标，同时要满足童车结构设计的国家标准和规范的要求，如自行车的链轮和链条不能裸露在外，车把、车闸的内侧距离不得超过 6 cm，外侧距离不得超过 8 cm 等，否则设计应视为不合格。再如，儿童玩具体内的金属丝，如果是用于支持或加固框架，在设计时应尽可能考虑用塑料甚至硬质纸板代替；对内装驱动机构的玩具，在结构设计及材料选择时应考虑其壳体的韧性、牢固性等。

### 拓展阅读

#### 商业建筑设计规范

商店营业厅的出入口、安全门净宽度不应小于 1.40 m，不应设置门槛。

营业部分的公用楼梯、坡道应符合下列规定：

- (1) 室内楼梯的每梯段净宽不应小于 1.40 m，踏步高度不应大于 0.16 m，踏步宽度不应小于 0.28 m；
- (2) 室外台阶的踏步高度不应大于 0.15 m，踏步宽度不应小于 0.30 m；
- (3) 供轮椅使用的坡道坡度不应大于 1 : 12，两侧应设高度为 0.65 m 的扶手，当其水平投影长度超过 15 m 时，宜设休息平台。

本节是本单元的收尾，是学生迁移运用本单元所学知识解决情境中问题的关键环节。本节的学习活动具有一定的挑战性，教师要加强指导。

任务一可结合“站立式办公桌的设计”来引导学生分析结构设计应考虑的主要因素。任务二应侧重引导学生去设计比教材中所提供的参考方案更合理、更理想的作品，同时要考虑制作工艺条件等。

### 马上行动

列出你所知道或听说过的关于结构设计类的国家标准或规范。

生活中：\_\_\_\_\_。

工农业生产中：\_\_\_\_\_。

可引导学生思考，结构设计为什么要有标准或规范。

### 结构设计应考虑的主要因素

结构设计应以一种或几种功能的实现为基本目标。结构设计应考虑的主要因素有：稳定性、强度、安全性、适用性、耐久性和成本控制要求等。

不同的结构设计应考虑的因素各有侧重，但无论在哪一类用途的结构设计中，安全都是至关重要的因素。



图 1-53 结构设计应考虑的主要因素

### 案例分析

#### 简易相片架的设计

目的：设计一个简易相片架。



图 1-54 相片架

要求：

1. 能方便地取放相片。
2. 具有一定的稳定性和强度。相框不易变形，支架不易松动，相框与支架连接牢固。
3. 具有一定的装饰性。
4. 相框的长度、宽度、厚度的尺寸要求为  $175\text{ mm} \times 125\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 。

设计分析：

相片架的结构可分为两部分，即相框和支架。

1. 相框的结构设计

在取放相片时，相框的构件需要承受一定的外力，所以在相框结构设计中需要考虑：

- (1) 相框的几何形状的选择、使相框不变形的措施；
- (2) 相框构件之间的连接；

“案例分析”的目的是让学生从示例中知道结构设计应考虑的主要因素及简单的设计分析过程，为后续的设计实践活动积累经验与方法，可借鉴该案例的分析方法来分析构思后续的设计项目“站立式办公桌”。



(3) 相框构件的截面形状。

### 2. 支架的结构设计

支架的作用在于能支撑起相框且不易翻倒，故在支架结构设计中需要考虑：

(1) 支架的支撑形式的选择、使支架不易翻倒的措施；

(2) 支架构件的截面形状以及连接。

### 3. 相框与支架之间的连接

根据不同的设计方案，相框与支架间可以是铰连接或刚连接。在批量制造中，还可以采用不需要连接的塑料整体成型的结构。

**讨论：**相片架的设计分析是从哪些因素来考虑的？

相片架的设计分析主要是从结构的稳定性、强度和造型方面来考虑。

结构设计还需考虑材料、加工工艺、民俗文化等。

在指导学生设计构思时，应特别强调制作工艺条件的限制，如果要求学生能在学校的实践室制作方案模型，应事先让学生了解学校实践室的加工条件和所能提供的材料。为了鼓励学生积极创新，而不为制作条件所限制，可考虑让每个小组只制作一个模型，鼓励小组成员设计不同方案，最终选择一个能在学校实践室设备条件下加工的合理方案进行制作，并进行测试。



## 思维碰撞

结构设计需要考虑的因素有很多，除了上述因素外，结构设计还需要考虑哪些因素？



## 任务二 设计并制作站立式办公桌

同学们通过对站立式办公桌的市场调查，提出了设计要求，进行了设计分析，并构思了三个方案。

### 项目：

设计并制作一个简单的站立式办公桌。

### 要求：

1. 能方便、快捷地实现桌面的升高和下降。
2. 具有一定的稳定性和强度。
3. 结构简单，能够利用通用技术实践室的基本工具、设备进行制作。

### 设计分析：

站立式办公桌要实现的重要功能是高度可调，人站立和坐下时均可使用。可以结合原有桌面来设计，放置在原有办公桌上使用；也可以整体设计，实现站立使用时，桌面可调高，坐下使用时，桌面可降低。结构设计可分为三部分，即桌面、支撑结构和高度调节结构的设计。

#### 1. 桌面的设计

桌面要承受一定的外力，需要一定的强度，人机关系要合理。在设计时需要考虑：

- (1) 桌面的材质要易于加工，抗压抗弯强度高，能承受一般成人伏案时的压力。

(2) 桌面的功能分区, 根据需求设计整体升降或局部升降。

## 2. 支撑结构的设计

支撑结构的主要作用在于能支撑起桌面, 能承受一定的力, 且使用时稳定可靠, 同时能实现高度调节。在设计中需要考虑:

- (1) 支撑结构的支撑形式的选择, 应具有良好的稳定性和强度。
- (2) 支撑结构的组合方式、材料的组合方式以及构件之间的连接。

## 3. 高度调节结构的设计

高度调节结构可通过支撑脚的伸缩或几何形变来实现。在设计中需要考虑:

- (1) 调到合适高度时能固定。
- (2) 调节方便, 高度调节范围应满足人坐着和站立所需的高度差。

## 4. 各部分的连接

根据不同的设计方案, 支撑脚与桌面的连接可以是铰连接或刚连接。为了确保连接安装的方便, 可以使用市面上已有的五金连接件。连接方法的选择需要考虑:

- (1) 连接方法能满足功能实现的需要。
- (2) 连接的强度能满足实际需要。
- (3) 连接装配操作简单方便。

### 方案:

#### 方案 A

孙宇所在的第一小组经过分析后决定, 设计一个可放置在已有书桌桌面上使用的可调高度的折叠桌, 如图 1-55 所示。

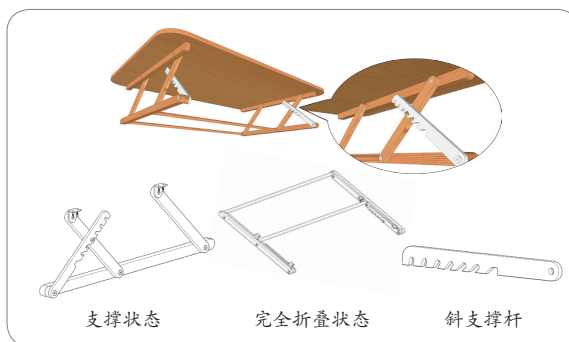


图 1-55 方案 A 折叠桌的支撑结构

1. 桌面采用全封边处理的 600 mm × 450 mm 三聚氰胺板, 也可采用实木集成材。

2. 支撑结构为四边形结构, 可实现折叠功能。使用时, 以斜支撑杆和支撑脚构成三角形, 保持稳定。斜支撑杆和支撑脚之间以限位槽与限位螺钉搭扣固定。斜支撑杆采用 5 mm 厚的铝板制作。当坐下使用时, 将斜支撑杆放下, 支撑脚折叠, 桌面还原到低位, 完成折叠。

学生制作方案 A 的模型时, 可以采用小型台铣来铣削加工斜支撑杆的限位槽, 以提高加工效率, 斜支撑杆也可采用薄铁板来制作, 桌面也可使用实木板来制作。





3. 选用连接件时应考虑材料、功能及装配要求。可以使用如图 1-56 所示的金属连接件，用于装配桌面和支撑脚。

方案 B

赵婷婷所在的第二小组经过分析后认为，如果折叠桌放在已有桌子上，显得整体性不够，能否考虑改造已有桌子，对桌子进行整体设计呢？

1. 桌面用实木板制作，形状为矩形，左面一端有孔，便于抬起和进行高度调节操作。桌面安装在实木框架上，框架两侧分别开一对齿形槽和安装孔。

2. 采用“X”形的支撑脚，支撑脚安装于上下两个木框之间，用四根圆木料与木框的孔和槽连接，如图 1-57 所示。安装在上方滑槽中的圆木料可在槽中移动，当其卡入齿形槽中时，在重力作用下，支撑脚与框架的连接可保持固定。



图 1-56 金属连接件

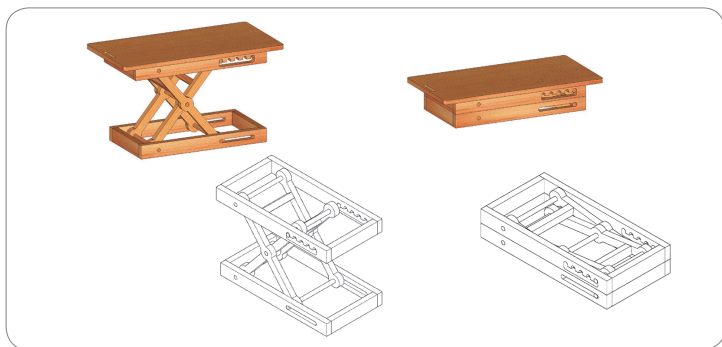


图 1-57 方案 B 站立式办公桌的支撑结构

3. 桌面和木框之间采用自攻螺钉连接，木框、支撑脚的木料之间采用榫卯连接，如图 1-58 所示。

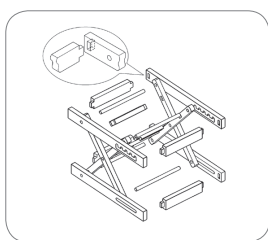


图 1-58 连接方式



图 1-59 整体效果图

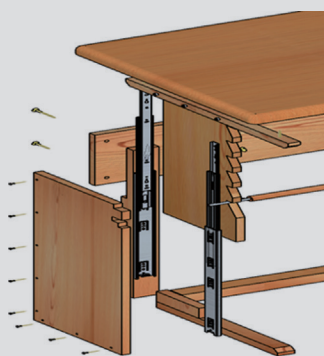
4. 此方案折叠后有一定的厚度，可以和桌子整合设计，如图 1-59 所示。

为了降低制作的难度，增加支撑强度，减小框架木料的用料厚度，支撑脚之间及支撑脚与框架之间的连接转轴均可采用  $\phi 8\sim 10$  mm 的圆钢棒来代替。若使用圆木棒，应满足使用时的强度需要，直径需达到  $\phi 20$  mm 及以上，制作框架需用较厚实的木材才能做出较大的滑槽。

放大后的框架组合图如下：



该方案采用了2根市场上易买到的滑轨连接件（即普通的抽屉滑轨），使得升降操作更加灵活省力，降低了制作难度。教学中，应引导学生观察学习市场上的各种连接件的结构、功能，合理选择应用，以降低制作难度。图中支撑脚的结构为半封闭的箱体结构，该结构可以使支撑脚更加牢固可靠，支撑脚和上下滑动的支撑板也可分别用两条滑轨连接，即比原结构增加两条连接滑轨，这样滑动调节时更加顺畅，支撑脚之间的连接更加可靠。滑轨安装位置如下图所示：



### 方案 C

周华所在的第三小组经过分析后认为，直立式升降操作更方便，设计了直立式升降的方案。

1. 桌面采用实木长条板制作，下方用自攻螺钉安装两根方木料加固，滑动支撑板和方木料之间用圆头螺栓、螺母连接，和书桌的后支撑脚之间用滑轨连接，可相对支撑脚上下滑动，如图 1-60 甲所示。在滑动支撑板上加工齿形槽若干，如图 1-60 乙所示。

2. 支撑框架由方木料和实木板组成，板材之间主要以自攻螺钉连接，其结构的组合方法如图 1-61 所示。

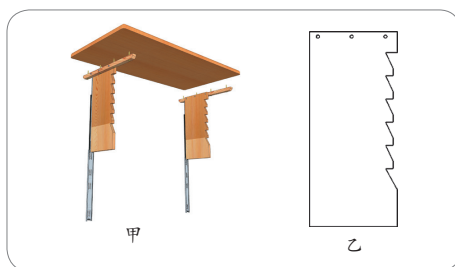


图 1-60 支撑板



图 1-61 框架组合方式

3. 高度调节固定结构由圆木棒和圆钢棒组成，其结构如图 1-62 所示。在圆木棒两端面钻直径为 7 mm 的孔，嵌入直径为 8 mm 的圆钢棒作为限位销。当限位销卡入卡槽中，滑动支撑板处于限位状态，不能往下滑动；当将桌面往上提时，齿形槽的斜面将限位销往外挤，限位销克服弹簧弹力往槽口移动，滑动支撑板可向上滑动。要将桌面向下调节到坐姿高度，只需将桌面提到最高处，这时限位销被滑动支撑板下端更宽的侧面往外推压，滑落到竖直槽中，失去限位作用。桌面可往下滑动，再次调高桌面时，只需将限位销往上提即可复位。

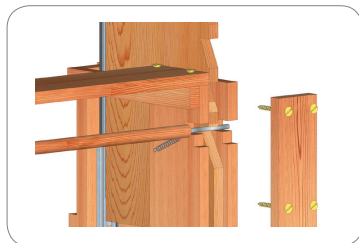


图 1-62 高度调节固定结构

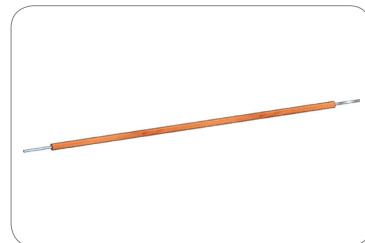


图 1-63 限位杆

### 制作：

选用合适的制作材料、连接材料以及工具设备。制作材料如方木料、实木板、



实木集成板、三合板、三聚氰胺板、铝板、不锈钢型材等；连接材料如自攻螺钉、铆钉、铁钉、螺栓螺母等；工具设备如木工锯、手电钻等。

按照选定的设计方案规划制作过程并进行制作。

方案 B 的高度调节结构见图 1-64。



图 1-64 折叠桌高度调节结构

**试验：**

根据 GB/T10357.1-2013《家具力学性能试验 第 1 部分：桌类强度和耐久性》、GB/T10357.7-2013《家具力学性能试验 第 7 部分：桌类稳定性》进行强度、稳定性试验，并撰写试验报告。



图 1-65 整体效果图

**优化：**

根据试验结果，优化设计方案。



**学习反思**

这几个方案的优缺点各是什么？结构的稳定性、强度是否能保证？在制作方面是否具有可行性？有哪些需要改进的地方？

学生制作原型或模型普遍存在较大的困难，教师应加强指导，在方案构思过程中应引导学生考虑制作的难易程度。为提高模型制作的效率，建议教学中让学生分组制作，每个小组合作制作一个模型，鼓励小组的每一位成员设计不同方案，从中选择一个适合在实践室条件下制作的方案进行加工，从而确保学生在有限的学习时间里能取得成功，有收获感。

## 练习

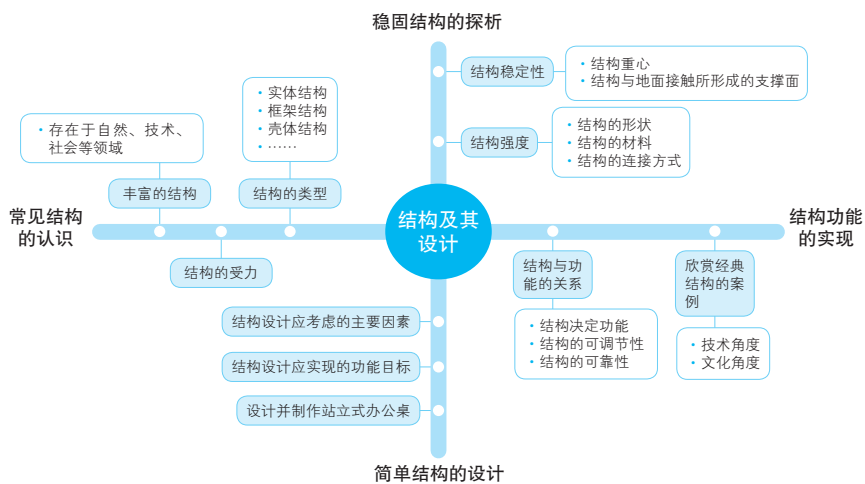
1. 设计一个报纸架，从稳定性、强度、材料、使用方便以及美观等角度综合考虑。
2. 如图所示是两款笔记本电脑桌。请从调节方式、连接方式、可靠性等方面分析这两款笔记本电脑桌是如何实现可调节功能的，并就可调节功能实现的可靠性进行评估。



(第2题)

3. 鞋架和衣帽架是常用的家庭物品。请设计一个具有组合功能的架子，使其既能挂衣服，又可以放置鞋子，并选择适当的材料进行制作。要求架子有较好的稳定性和强度，外形美观，使用轻便。

## 单元小结







## 综合实践

1. 中国明代的圈椅在国际上有着广泛的影响。20 世纪 40 年代，丹麦设计师汉斯·瓦格纳受圈椅启发，设计了“中国椅”，并成为经典作品。请比较“中国椅”与圈椅在结构上的相同点与不同点，分析“中国椅”的优点。



圈椅



中国椅

(综合实践1)



(综合实践2)

2. 请查阅 GB/T10357.1-2013《家具力学性能试验 第1部分：桌类强度和耐久性》相关资料，选择某个指标，对教室中的课桌或家中的桌子进行强度试验。

3. 多功能手拉车给人们的出行和购物带来了方便。试设计制作一款用于购物的可折叠手拉车。设计的基本要求：

- (1) 能够承载 15 kg 的重物并拖行。
- (2) 停放时，能够支撑起重物，不致倾倒。
- (3) 不用时，能够折叠起来，方便携带。



## 第一单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
解释结构的含义，感受结构的丰富性（TA）			
进行简单的受力分析，并辨析结构的一般分类（ET、TD）			
能描述哪些因素对结构的稳定性、强度产生影响，并能运用其原理进行简单的结构设计（ET、ID）			
能说明结构对产品功能实现的影响（TA、ET）			
能从技术和文化的角度赏析和评价经典结构（TA、ET）			
能根据需求进行结构方案设计并绘制设计图样（ID、TD）			
能选择合适的设计方案，做出模型或原型并进行功能测试（ET、CM）			
<b>说明</b> TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	

### 三、本单元习题参考答案及拓展资源

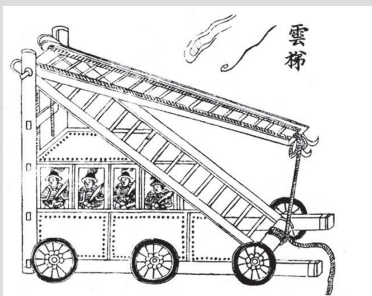
#### (一) 本单元参考答案

##### 一 常见结构的认识

##### 1. 第2页“技术体验”讨论参考答案:

第1题: 图甲方案的优点是所用材料少, 制作简单, 但可靠性不如图乙方案, 所以图乙方案常用于生活中的垂直升降机等结构上, 而图甲方案通常只能用于受力较小的产品结构中, 如报刊架。

第2题: 古人的设计结构如图所示:



##### 2. 第4页“马上行动”参考答案:

该办公桌的造型结构和普通办公桌类似, 不同的是其支撑脚由两节组成, 采用套管嵌套的方式组合, 可伸缩, 且通过电动机来自动调节高度。

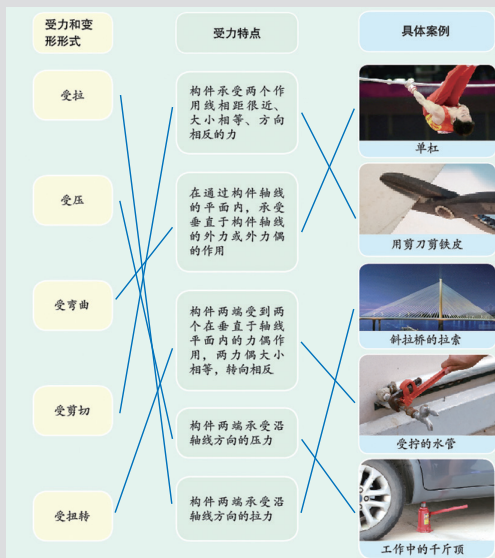
##### 3. 第5页“案例分析”思考参考答案:

魁北克大桥坍塌带来的主要启示有: 要具有高度的责任感去设计安全、牢固和有用的结构, 在工程设计与施工中要有科学严谨的组织文化等。类似的案例有美国塔科马海峡吊桥坍塌等。

##### 4. 第5页“思维碰撞”参考答案:

如利用荷叶效应, 通过纳米涂层等方法在纺织品、涂料、屋瓦等表面构筑疏水结构, 可使其保持干净; 参考鲨鱼皮的特殊结构设计的游泳衣可以大大降低人在水中的阻力, 像鲨鱼一样游得飞快; 根据蛙眼发明的电子蛙眼能识别特定形状的物体, 装了电子蛙眼的雷达抗干扰能力大大提高; 蜻蜓通过翅膀震动产生不同于周围大气的局部不稳定气流, 并利用气流产生的涡流使自身上升, 人们根据蜻蜓结构研制了直升飞机。

##### 5. 第6页“马上行动”参考答案:



## 6. 第6页“技术探究”讨论参考答案:

第1题: 桐木条的主要形变是压缩形变。桐木条受到绳索挤压的力。

第2题: 有可能会发生侧面倾倒的情况。因为桐木条和底板之间没有连接, 所以容易出现向侧面倾倒的情况。桐木条和底板之间可以采用榫接的方法, 可以较好地解决这一问题。

## 7. 第7页“马上行动”参考答案:

折叠桌的横支撑杆受到桌板的压力, 如果有外力作用在靠近桌板外侧边沿处, 横支撑杆可能朝外侧发生弯曲形变。斜支撑杆主要受压。膨胀螺栓的固定是利用楔形斜度来促使膨胀管产生摩擦力, 达到固定效果。螺钉一头是螺纹, 一头有椎度, 外面包一铁皮, 铁皮圆筒一半有若干切口, 把它们一起装进墙上钻好的孔里, 然后拧紧螺母, 螺母把螺钉往外拉, 将椎度螺栓头拉入铁皮套筒, 铁皮套筒被涨开, 于是紧紧固定在墙洞里, 不易脱落, 因而采用膨胀螺栓安装比较可靠。

## 8. 第8页“思维碰撞”参考答案:

从力学角度看, 结构是技术产品的力学架构形态, 决定或影响结构功能的实现。

## 9. 第9页“马上行动”思考参考答案:

鸡蛋能承受较大的压力, 是由鸡蛋壳这一壳体结构的力学特点决定的。鸡蛋壳本身是具有一定刚性的薄壳结构, 外形圆滑均匀, 当外力作用在蛋壳上时, 外力会被传导到整个壳体表面, 受力面积增大, 壳体内部所受应力减小, 因而能承受较大的外部压力。瓶盖的作用是使外力能较为均匀地分布在壳体表面, 避免应力过于集中而导致局部应力过大破裂。建筑及工业中广泛采用壳体结构的原因在于壳体结构自重轻, 且能承受较大的外力。

## 10. 第10页“马上行动”参考答案:

汽车框架是框架结构; 建筑穹顶是组合结构。

## 11. 第11页“学习反思”参考答案:

不同类型的结构其内部的力学特点不同, 在设计中, 可根据结构的力学需要和功能实现来选择设计相应类型的结构, 有利于提高设计的效率。

## 12. 第11页“练习”第1题参考答案:

这些凹槽为订书钉端面的导向滑槽, 当订书钉受到挤压时, 脚端沿凹槽方向滑动, 发生弯曲形变, 完成订书工作。

## 13. 第11页“练习”第2题参考答案:

这三种头盔折叠方法不尽相同。第一种的中主骨架和其他骨架之间采用可转动的铰连接实现折叠; 第二种是安全帽的前后部分采用铰连接实现折叠, 第三种是采用柔性材质连接, 实现伸缩折叠。这些折叠方法对安全帽的安全性能均有一定的影响, 第一种为镂空的设计, 没有抗穿刺能力, 左右方向的侧向刚性较差; 第二种前后的侧向刚性较差; 第三种由三块主要构件通过柔性材质连接, 受到局部撞击时, 力不能传导到所有构件表面, 不能有效分散撞击的外力, 因此这三种安全帽的安全性能不如一体成型的安全帽好。

## 二 稳固结构的探析

### 14. 第12页“技术体验”讨论参考答案。

第1题: 略。(提示: 要关注三角形结构的应用)

第2题: 在悬臂保持稳定的情况下, 离支撑面边界越远, 所能悬挂重物的质量越小。

### 15. 第13页“马上行动”参考答案:

人在使用梯子时, 重心升高还能保持稳定的主要原因是梯子的支撑面较大, 人和梯子重心的垂线不会越



出支撑面。横梁的作用是构造三角形，使梯子展开后的角度固定，从而保持稳定。横梁放置位置不同，梯子张开的角度就不同，从而影响支撑面的大小，影响稳定性。图丙和图丁所采用的结构都是使梯子保持稳定，图丙是通过锁定连接节点不再转动，使梯子的几何结构保持稳定，图丁是通过扩大支撑面，使梯子使用时更稳定。

#### 16. 第 14 页“马上行动”参考答案：

(1) 材料对站立式办公桌的稳定性有一定的影响。材料不同对重心高低、几何构型的稳定性有一定的影响，从而影响办公桌的稳定性。

(2) 使用状态对站立式办公桌的稳定性有影响。站立状态时，办公桌的重心升高了。

(3) 使用环境对站立式办公桌的稳定性有影响。靠墙时，有墙面的侧向支撑，其稳定性相对更好。

(4) 不同的使用人群对站立式办公桌的稳定性基本没有影响。

#### 17. 第 14 页“技术试验”思考参考答案：

略。（提示：根据测试的实际结果来分析）

#### 18. 第 15 页“思维碰撞”参考答案：

在结构设计中，并非结构越稳定越好。有些产品是利用结构的不稳定性来工作的，例如，可折叠的结构，在折叠过程中结构是不稳定的。

#### 19. 第 15 页“技术体验”思考参考答案：

第1题：略。（提示：根据实际测试结果分析，注意对三角形结构的分析）

第2题：略。（提示：根据实际测试结果分析）

第3题：材料和连接方式对承重能力有影响，强度高的材料制作的结构强度相对更好；连接节点牢固可靠，有利于结构的整体承重性能的提升。

#### 20. 第 17 页“技术试验”思考参考答案：

略。（提示：根据学生试验的实际情况来分析）

#### 21. 第 17 页“马上行动”参考答案：

该站立式办公桌脚架采用铝合金材料一体成型，且内部设计成网格，其主要目的是在不明显增加材料用料的情况下，大大增加了强度。一般的塑料桌，塑料构件通常采用类似的结构。

#### 22. 第 18 页“马上行动”参考答案：

无人机的制作材质是随着材料技术的发展而不断变化的，采用密度小而强度高的轻质材质是比较理想的选择，使无人机自重更轻，更加节能，且强度更好，而碳纤维复合材料具有这一特点，因而被广泛用于无人机上。

#### 23. 第 19 页“马上行动”参考答案：

升降调节方法：朝桌面方向按下手柄即可升降桌面，升降桌面需在桌面上施加向上提或向下压的力，松开手柄即可固定高度。支撑杆和桌面支撑杆及底部支撑脚之间均采用铰连接，可转动，构造了可形变的四边形结构，因而可调节高度。通过钢丝传递制动力，制动装置固定气撑杆与支撑杆之间的连接节点，从而固定调节后的高度。支撑杆和支撑框架之间采用铰连接是实现折叠功能的前提条件。

#### 24. 第 19 页“学习反思”参考答案：

这样做有可能导致成本、体积、自重大大增加，最终还可能影响结构的功能。

#### 25. 第 20 页“练习”第 1 题参考答案：

香炉内部由几个轴心线互相垂直的金属环构成，最里面的金属环的轴上装着半圆形容器，内盛香料。由于互相垂直的各环转轴彼此制约及半圆形容器自身重心的影响，使香料不会倾倒。

### 26. 第 20 页“练习”第 2 题参考答案:

第一款电风扇的底座较重,且有一定的底面积,该电风扇是通过降低重心和设计一定大小的支撑面来保持稳定的;第二款电风扇主要是靠较大的支撑面来保持稳定的;第三款也主要是通过较大的支撑面来保持稳定的。

### 27. 第 20 页“练习”第 3 题中的《标准》可通过网络途径查找。

### 28. 第 20 页“练习”第 4 题参考答案:

市场上销售的家具一般是板式结构,且可拆装的。如橱柜的构造板之间通常采用预埋的连接件或预制的连接孔位,用偏心连接件等金属构件连接,橱柜门和柜体之间通常采用铰链连接。

### 29. 第 21 页“案例分析”思考参考答案:

第 1 题:收拢的雨伞外形结构和拐杖相似,决定了其在使用中具有类似拐杖的功能,伞骨架和伞面可折叠布质材质的结构决定了其收缩功能;螺丝刀的组合结构决定了其多功能用途。

第 2 题:“结构决定功能”在科技活动和社会活动中也有所体现,例如,企业中合理的人事结构能提高协同工作的效率,发挥团队的整体功能;科技活动中各环节安排合理,能确保科技活动的顺利进行并确保科研成果质量。

### 30. 第 22 页“案例分析”思考参考答案:

通过改变自行车的结构体积、造型、连接方式、配件数量等满足人们不同的需求,例如,减小自行车的结构尺寸和质量,增加平衡辅助轮更能满足儿童的需求。

### 31. 第 22 页“马上行动”参考答案:

左图所示的折叠凳名称为“螺旋凳”,该折叠凳以可转动的 X 型支撑脚和柔性纺织材质的凳面组成,可折叠且便携性好。该凳子腿部曲线造型独特的,当这张凳子折叠起来后,腿部形成圆柱状。

可拆装的家具具有易拆装的连接结构,装配前,可减少运输和仓储体积,装配后可正常使用。中间图所示的可拆装椅子名为“14 号靠背椅”,诞生于 1859 年,最初由设计者迈克尔·索奈特为咖啡馆量身定制。

可伸缩相机架以套管嵌套和卡箍锁紧结构实现伸缩调节和固定,以铰连接结构实现折叠功能。

### 32. 第 23 页“马上行动”参考答案:

教材第 19 页“马上行动”中的站立式办公桌采用了不稳定的四边形支撑结构,利用四边形的不稳定性实现折叠,利用气撑杆在四边形结构中构造三角形来保持形状稳定,实现高度调节后的固定。本页“马上行动”中的站立式办公桌利用了 X 型支撑结构,支撑杆之间采用铰连接,两支撑脚的一端均可同向滑动,从而实现高度调节,当支撑脚的滑动端固定时,即可固定高度,该结构也是通过构造三角形来保持稳定的。该结构在使用中比前者的稳定性和强度更好。

### 33. 教材第 23 页“思维碰撞”参考答案:

结构影响或决定功能的实现,功能的实现需要结构来保证。

### 34. 教材第 25 页“案例分析”思考参考答案:

木材具有自重轻、韧性好、强度大的特点,因而是中国古代重要的建筑材料。中国古代木架构建筑主要采用榫卯连接,连接牢固可靠,抗震性能好。

中国古代木结构建筑主要有抬梁式、穿斗式、井干式等架构形式,这些结构由立柱、横梁、顺檀等主要构件建造而成,梁柱间采用榫卯结合,这种构造方式使构架在承受水平外力(地震力、风力等)时有一定的适应能力,构成富有弹性的框架。

木构架结构有很多优点。首先,承重与围护结构分工明确,屋顶重力由木构架来承担,外墙起遮挡阳光、

隔热防寒的作用,内墙起分割室内空间的作用。由于墙壁不承重,这种结构赋予建筑物以极大的灵活性。其次,由于木材韧性好,且采用榫卯连接,有利于防震、抗震。

### 35. 第 25 页“马上行动”参考答案:

技术角度:

#### (1) 功能

它是一座单拱桥,桥洞不是普通半圆形,而像一张弓,桥面平坦宽阔,成为“坦拱”,兼顾了水陆交通,方便了马车通行。

#### (2) 结构设计

赵州桥最大的科学贡献在于它的“敞肩拱”的创造。在大拱的两肩,砌了 4 个并列的小孔,既增大了流水通道,减小了流水冲力,加速泄洪,又节省了石料,减轻了桥身自重,增强了桥身的稳定性,保证了桥在 1 400 多年的历史中,经受住无数次洪水的冲击、8 次大地震的摇撼以及无数车辆的重压。李春所设计的赵州桥,其结构的强度和稳定性科学合理。

#### (3) 技术施工

赵州桥的石拱由 28 道拱圈纵向并列砌成,每道拱圈可独立站稳,自成一体,既便于施工,又利于单独修补。这样大跨度的坦拱,对桥台水平推力很大,建造难度高。而桥台却是既浅又小的普通矩形,厚度仅为 1.549m,由 5 层排石垒成,其地基是承载力较小的亚黏土。在这样的地基上,用这样小的桥台,建这样大跨度的石拱桥,在世界上是罕见的。

文化角度:

赵州桥的弧形平拱和敞肩小拱给人以巨身轻灵、跃跃欲飞的动感。桥两边的栏板和望柱上,雕有各种精美图案,刀法苍劲,造型生动,线条刚劲之中见柔和,稳重之中显轻灵,雄伟之中含隽永。主拱顶上有一块雕着龙头的龙门石,八瓣莲花的仰天石点缀于桥两侧。这些雕像,寄寓着大桥不受水害、长存永安的愿望。赵州桥在中外桥梁史上占有十分重要的地位,对我国以后的桥梁建筑有着深远的影响。

### 36. 第 25 页“案例分析”思考参考答案:

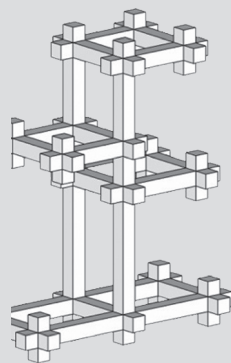
蚂蚁椅的四只支撑脚略往外倾斜,支撑面较大,稳定性较好,也便于叠放。但由于四脚之间没有横档相连,对强度有一定影响,因而该椅子脚应采用强度比较大的金属材质,才能满足使用时的强度要求。

### 37. 第 26 页“马上行动”参考答案:

基于简单榫卯连接的作品设计方案,如下图所示。



笔筒



花盆架

### 38. 第 28 页“练习”第 1 题参考答案:

椅背和椅子框架之间的连接必须可转动,且可滑动。



### 39. 第 28 页“练习”第 2 题参考答案:

在 20 世纪 20 年代,艾琳·格雷是把法国的“装饰艺术”运动与国际现代主义运动联系起来最重要的人物之一。她的室内设计项目都具有“装饰艺术”的经典意义,在设计该边几时不仅考虑了它的装饰性,还考虑了与整个室内环境的协调性,其造型典雅精致而成为经典,但由于该边几的设计更加注重其装饰功能,因而其承重强度和稳定性比较一般,使用时不宜放置太重的物品,同时也要避免侧向的碰撞或施力等情况发生。

### 40. 第 27 页“练习”第 3 题参考答案:

斗拱是中国建筑特有的结构,既是传力的关键,又是檐下柱头的一种装饰。作为中国木构架最显著特征的斗拱有着悠久的历史,经历了从无到有、从小到大,又由大到小的过程,形成了中国古建筑独特的艺术特色。



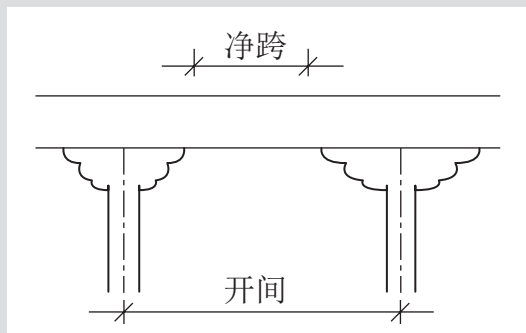
斗拱示意图

#### 技术角度:

(1) 承重。它承受梁架传下来的荷载,并将其传到柱子上,再通过柱础传至屋檐。它可以承托挑檐,使檐部挑出更远,以保护墙身和台基。在室内还可以承托天花枋,构成室内天花。在设有平坐的多层建筑中,斗拱又是平坐的支撑构件,减少净跨、弯矩和剪力。



斗拱将承重传递到柱上



斗拱减少梁的净跨

(2) 抗震。斗拱在梁架和柱之间形成纵横交错的铺作层,犹如在梁架与柱间增设了一层弹簧层,它可以有效地抗御地震。斗拱是榫卯结合的一种标准构件,是力传递的中介,而榫卯结合是抗震的关键。

(3) 装饰。斗拱外形纵横交错,形式多样,种类繁多,色彩艳丽,韵律井然,使斗拱成为中国古建筑上重要的装饰构件。它向外出挑,可把最外层的屋檐挑出一定距离,使建筑物出檐更加深远,造型更加优美、壮观,同时还能对柱子起到防潮防雨的功能。

#### 文化角度:

斗拱是建筑等级的标志。在中国封建社会中,只有重要的建筑,如宫殿、陵寝、苑囿、坛庙、寺观的主要建筑上才使用斗拱。同时,斗拱的形制也成为建筑等级的标志。各个朝代斗拱不尽相同,反映了各个朝代的建筑特点。斗拱是中国木建筑一个优越的中坚要素,它的演变历程是中国建筑史不可或缺的一页。作为中国木建筑中一个独特且重要的构件,斗拱不仅有着与传统木建筑如影随形的兴衰史,而且含蕴着中国精神生活的一个侧面,意义至为深刻。无论是“建筑意”还是“诗书画意”,都在檐下斗拱处有着浓墨重彩的一笔。

### 41. 第 30 页“马上行动”参考答案:

生活中:《住宅建筑设计规范》《民用建筑隔音设计规范》《住宅居室容积卫生标准》《中小学校建筑



设计规范》《室外给水设计规范》《民用住宅煤气管道设计规范》等。

工农业生产中：《建筑设计防火规范》《钢结构设计规范》《砖石结构设计规范》《木结构设计规范》《建筑抗震设计规范》等。

#### 42. 第 30 页“案例分析”讨论参考答案：

相片架的设计分析主要是从结构的稳定性、强度和造型方面来考虑的。

#### 43. 第 31 页“思维碰撞”参考答案：

结构设计还需考虑材料、加工工艺、民俗文化等。

#### 44. 第 35 页“学习反思”参考答案：

方案A：优点是结构简单，易于制作，成本低；缺点是升降操作不够方便，结构的稳定性和强度一般。

方案B：优点是调节方便，结构稳固可靠；缺点是手工制作有一定的难度，且折叠后还有一定的厚度，适合跟桌子整合设计，不太适合放在普通办公桌上使用。

方案C：优点是高度可调节，固定方便，能满足不同身高的人群使用，只要将桌面往上提到高度调节范围内的某一对应高度，即可自动固定高度；缺点是制作工艺稍复杂，加工精度要求相对较高。（其他参考方案参见本节拓展资源5）

以上方案在制作过程中均有一定的可行性，但要提高制作的效率，方案设计中应尽量采用市面上已有的标准化构件。

#### 45. 第 36 页“练习”第 2 题参考答案：

第一个方案，支撑脚的组成杆件通过滑槽与圆孔相连，滑动时可调节支撑脚长度，通过可徒手调节的螺栓螺母紧固，紧固后可固定支撑脚长度。由于支撑脚、桌板与支撑框架间均采用铰连接，从而使支撑脚可折叠且桌板的倾斜角度可调节，采用金属斜撑杆支撑倾斜的桌板，使桌板保持一定的倾斜角度。第二个方案，支撑脚由三节杆件组成，杆件之间采用可转动且带有齿轮定位的关节组成。当拉动拉环旋转一定的角度，关节可转动；当拉环复位后，不能转动，从而固定调节后的角度。

#### 46. 第 37 页“综合实践”第 1 题参考答案：

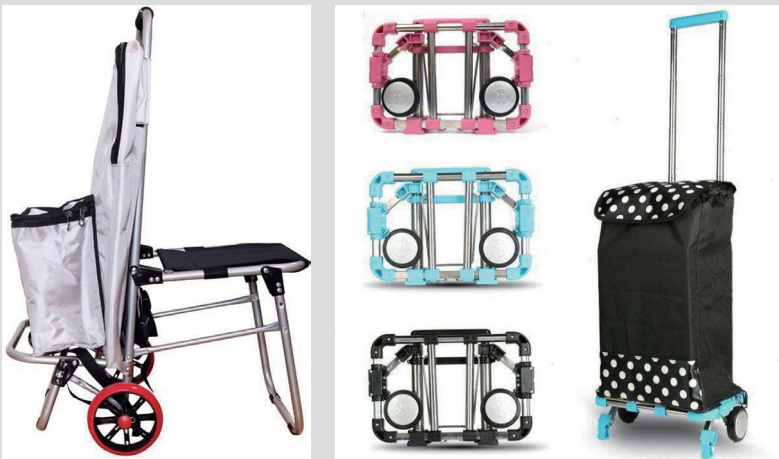
“中国椅”在整体上借鉴了圈椅传统的天圆地方构造，但是提高了四条赶枱的位置，甚至去掉，使得椅子下部分“方”的空间变得过于开放，失去了正方体的框架感。“中国椅”这种做法扩大了脚的活动空间，活动起来更舒服，是现代椅子较为常见的设计。

扶手部分有明显差别，圈椅的扶手较长，从侧面看是突出到椅面以外的，而“中国椅”的扶手较短，基本上只能搭肘、斜倚，没法扶握。

两者的座面采用的都是自带软垫，只不过圈椅所用为藤编，“中国椅”系列以布垫和绳编为主。藤编的舒适度不及布垫和绳编，而且较滑；绳编和布垫的摩擦系数更大，使人坐的更稳。

另外，“中国椅”是直靠背，圈椅通常是S型或者C型靠背，更能能贴合使用者的脊柱，从这一方面看圈椅会更加舒服。

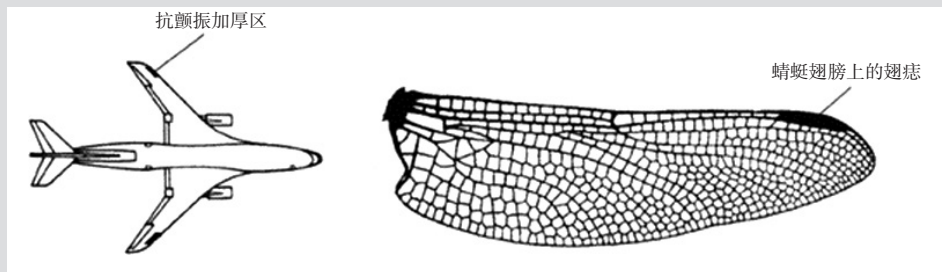
47. 第 37 页“综合实践”第 3 题参考方案如右图：



## (二) 拓展资源

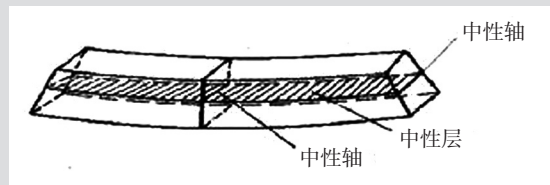
### 1. 蜻蜓和仿生学

在提高飞机飞行速度时，工程师们遇到一个难题，即“颤振”现象。由于飞机航速快，两个机翼会发生剧烈的震动。飞行越快，颤振越剧烈，甚至会造成机翼折断事故的发生。对蜻蜓的研究发现，蜻蜓翅膀末端前缘有一块颜色较深的角质加厚区，叫“色素斑”，又称翅痣。正是翅痣的角质组织才消除了蜻蜓在飞行时的颤振现象。工程设计师们模拟蜻蜓的翅痣，在现代飞机机翼的末端前缘装置了一块类似的“加厚区”，就消除了飞机的颤振现象，从而使飞机在飞行时能始终保持稳定。



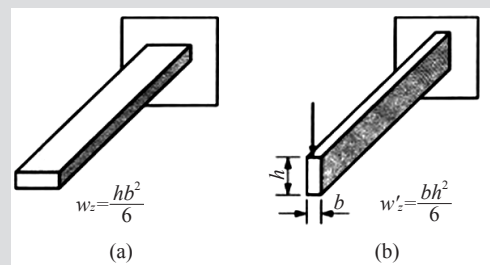
### 2. 梁弯曲的受力分析

梁弯曲时，截面上的正应力是沿着截面高度呈直线规律分布，中性轴处的正应力为零，距离中性轴最远的边缘处正应力最大。强度计算是以边缘处最大正应力达到材料的许用应力 $[\Sigma]$ （工程结构设计中允许零件或构件承受的最大应力值）为依据，而此时其他部分的实际工作应力并未达到 $[\Sigma]$ ，尤其是中性轴附近的工作应力还很小。因此，合理的截面形状应该是中性轴附近的材料尽量少、边缘附近的材料尽量多。



从弯曲正应力强度条件来看， $M_{\max} \leq [\Sigma] \cdot w$ ，其中 $M_{\max}$ 为最大弯矩， $w$ 为弯曲截面系数。可见，梁能承受的最大弯矩与弯曲截面系数成正比，而所用材料的多少与截面面积成正比，因此合理的截面应该是 $w/A$ 尽可能大。

在一般截面中，弯曲截面系数与高度的平方成正比，如图所示截面高度 $h$ 大于高度 $b$ 的矩形截面梁中，截面竖放比横放抗弯强度大。这是由于竖放时弯曲截面系数( $w'=bh^2/6$ )比横放时弯曲截面系数( $w=hb^2/6$ )要大。



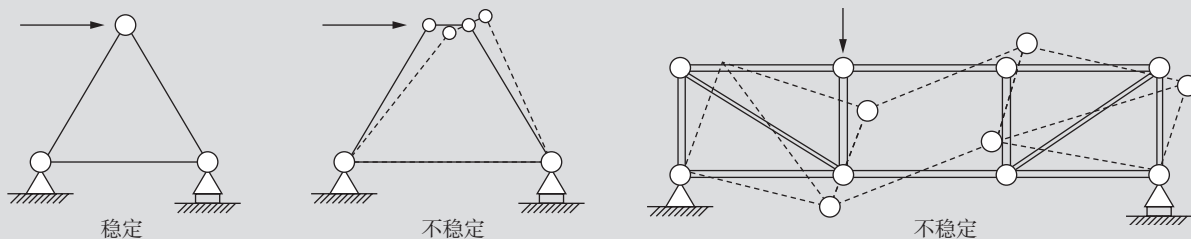
几种常用截面的 $w/A$ 值如表所示。

几种截面的 $w$ 和 $A$ 的比值

截面形状	$w/A$
矩形	$0.167h$
圆形	$0.125d$
槽钢	$(0.27\sim 0.31)h$
工字钢	$(0.27\sim 0.31)h$

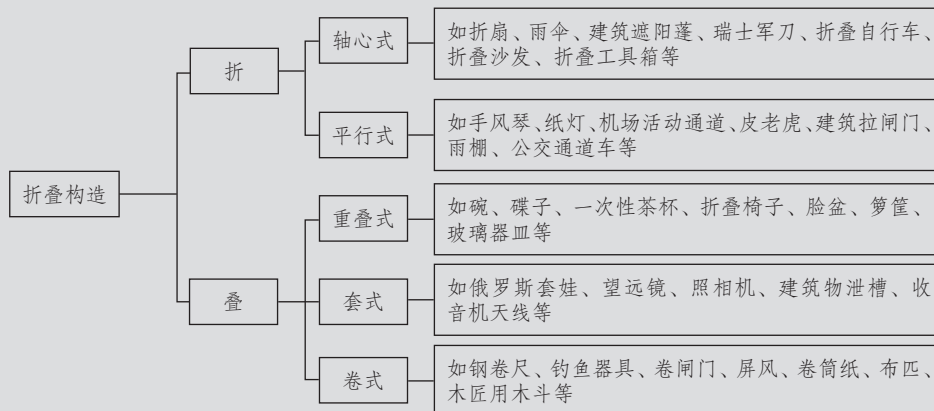
### 3. 结构的稳定性

结构稳定性可分为几何稳定性和弹性稳定性。几何稳定性是结构能否承担荷载的能力，是结构的一种几何特性，与荷载的大小以及结构构件强度没有关系。有时也称为总体稳定性。



三角形的稳定性是因为边长确定则形状不可变，多边形在边长确定的情况下，还可以发生如图中虚线所示的结构变化。

### 4. 折叠结构的类型

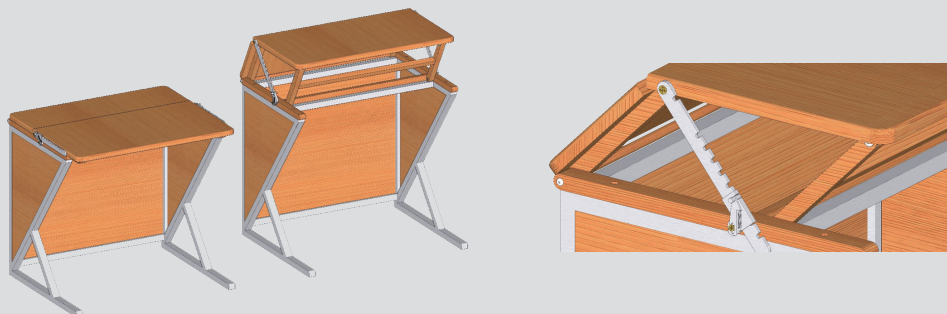


### 5. 第 35 页“学习反思”参考答案：

改进后的方案或其他参考方案如下：

参考方案 1

思路：利用四边形实现折叠，构造三角形保持稳定。



参考方案 2

思路：构造三角形保持稳定，利用三角形一边可伸缩实现折叠来调节高度。





### 参考方案 3

思路：利用直立支撑脚的滑动伸缩来调节高度，利用顶紧螺栓保持固定。



### 参考方案 4

教材方案 C 的细节设计：

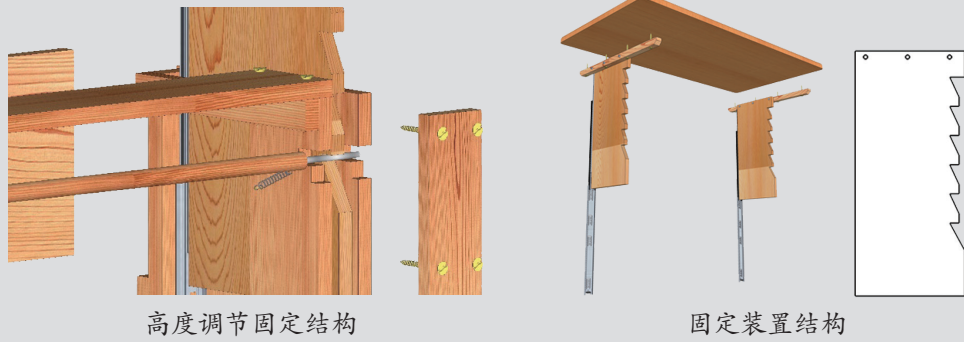


框架组合方式

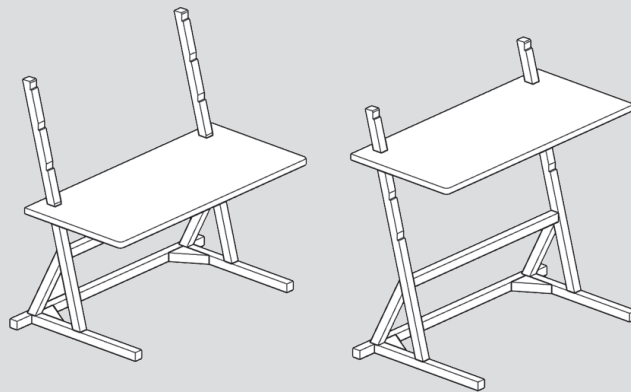
整体效果图

高度调节固定结构由圆木棒和圆钢棒制作，其结构如下图所示。在圆木棒两端面钻直径为 7 mm 的孔，嵌入直径 8 mm 的圆钢棒作为限位销。当限位销卡入卡槽中，滑动支撑板处于限位状态，不能往下滑动；当将桌面往上提时，齿形槽的斜面将限位销往外挤，限位销克服弹簧弹力往槽口移动，滑动支撑板可向上滑动。要将桌面向下调节到坐姿高度，只需将桌面提到到最高处，这时限位销被滑动支撑板下端更宽的侧面往外推压，滑落到竖直槽中，失去限位作用。桌面可往下滑动，再次调高桌面时，只需将限位销往上提即可复位。

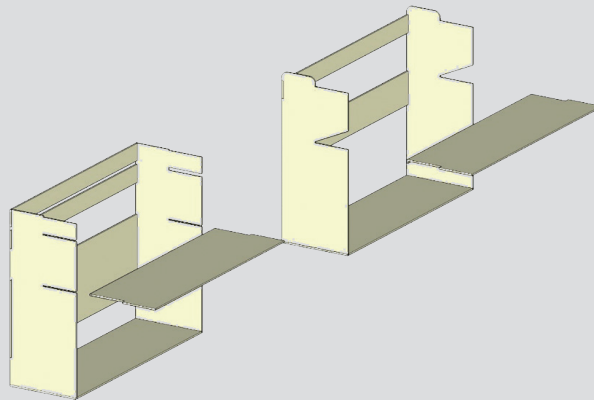




参考方案 5



参考方案 6



6. 拓展技术探究：模拟铁路桥受力



材料：两把椅子、两个重物、七根粗的硬木条、四根细的软木条、粗绳子若干。

步骤：

- (1) 按照图示连接椅子、重物和硬木条。
- (2) 体验并分析两侧的人的身体、手臂以及木条、绳子受到的受力和变形形式。
- (3) 撤掉两侧的重物，分析各部分的受力是否有变化。

(4) 重新挂上两侧重物，将斜支撑的四根粗的硬木条换成四根细的软木条，观察软木条变形情况，并分析各部分的受力是否有变化。

### 7. 拓展实践活动

本章除了教材中的实践活动外，还可以设计以下实践活动作为学生的可选设计项目，以利于学生的知识迁移运用，提升学科核心素养水平。

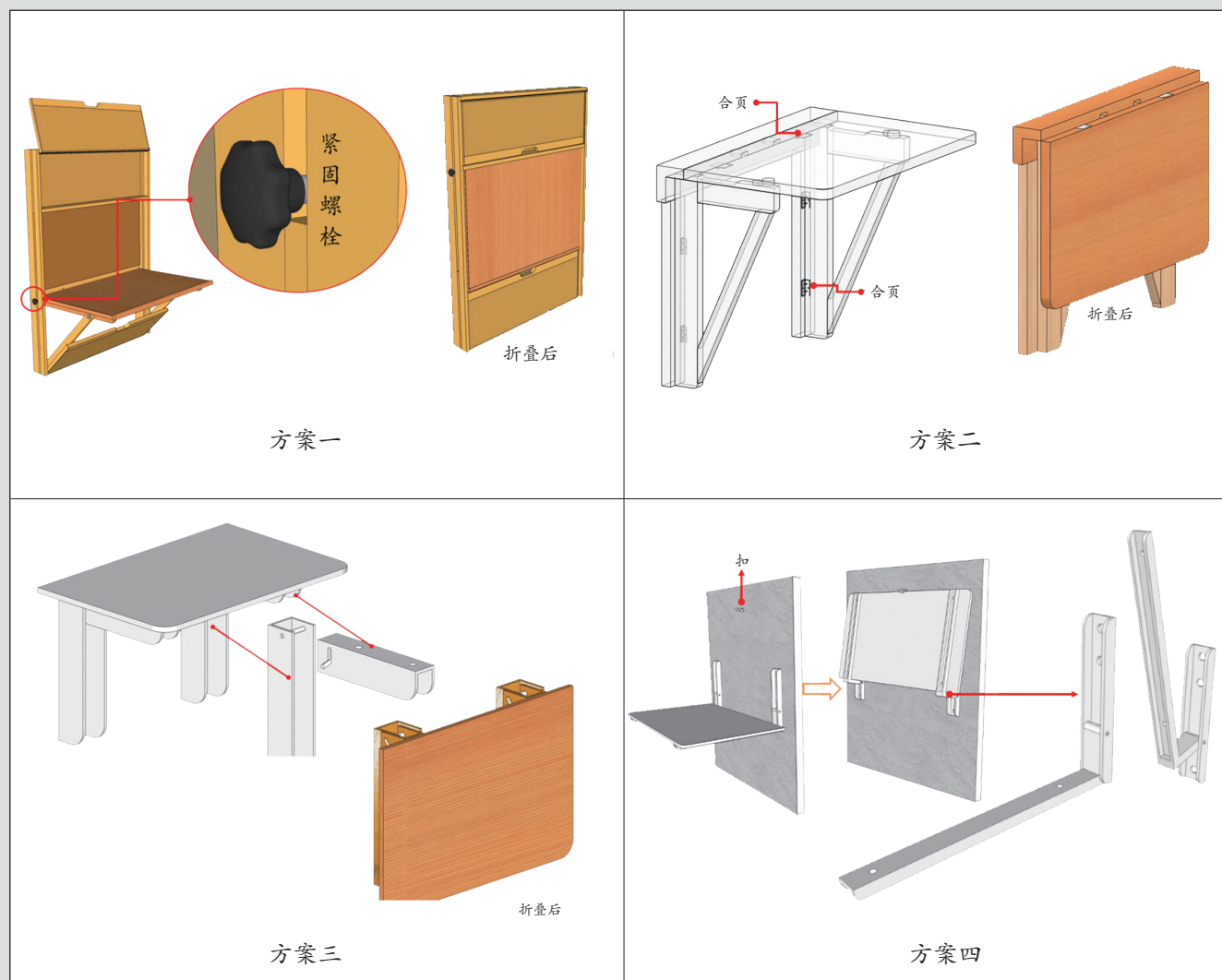
#### (1) 墙上可折叠桌

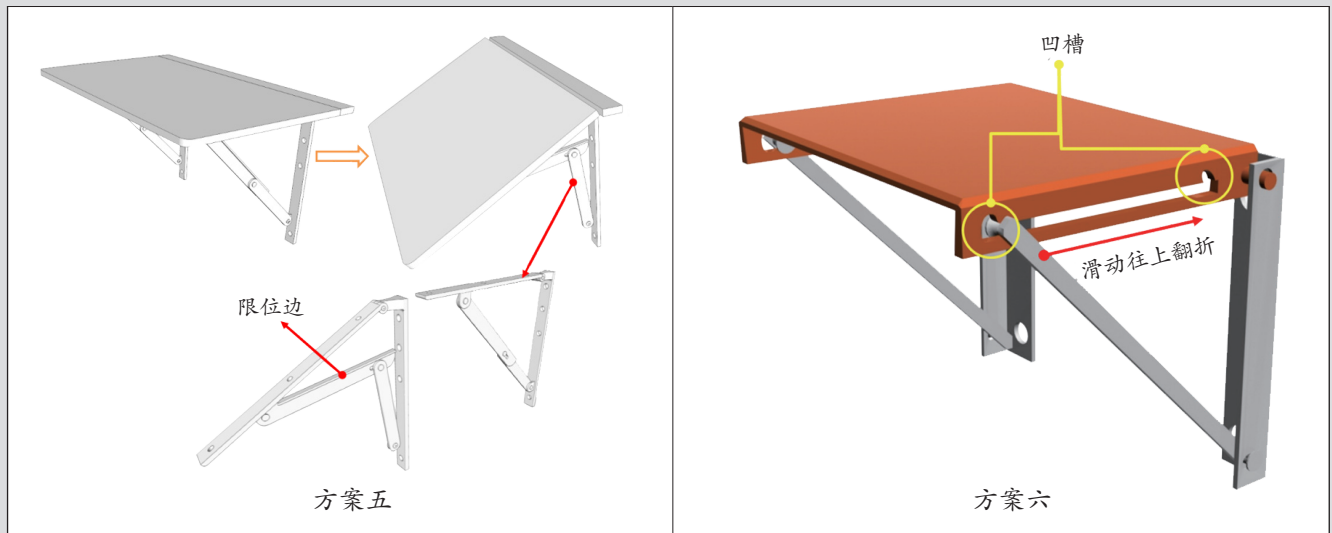
问题情境：李玲同学家里的厨房灶台偏小，她想在厨房墙壁的空白处设计一张安装在墙上可折叠桌。

设计项目：墙上可折叠桌

设计要求：桌子不用时能向墙面折叠，减少空间体积占用；桌子安装在墙上，有足够的强度，使用时能保持稳定且操作方便。

参考方案：





(2) 笔记本电脑支架

问题情境：李明经常需要长时间使用笔记本电脑学习和处理工作，他希望能有一个能满足需求的笔记本电脑支架。

设计项目：笔记本电脑支架

设计要求：支架支撑面的倾斜角度可调，且可折叠（或空间体积可调）。

参考方案：







方案五



方案六

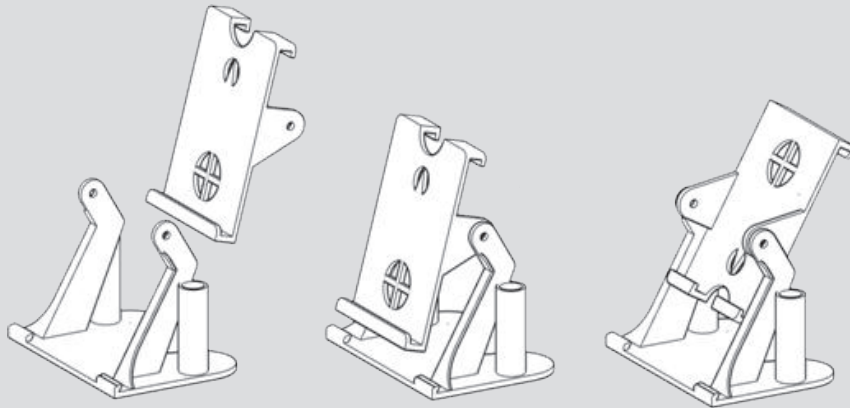
### (3) 多功能手机支架

问题情境：市场上大多数手机支架都不能满足长时间利用手机学习工作的人们的需求，很多人都希望能有满足自己需要的手机支架。

设计项目：多功能手机支架

设计要求：能放置  $154.9\text{ mm} \times 74.8\text{ mm} \times 7.6\text{ mm}$  大小的手机且手机至少有两种放置方式；手机放置至少有两档高度可调；手机放置的倾斜角度可调；能满足大多数办公桌使用情境的需要。

参考方案：



### (4) 双层可折叠花架

问题情境：老师办公室有两盆花，同学们想为老师设计一个能满足老师要求的花架。

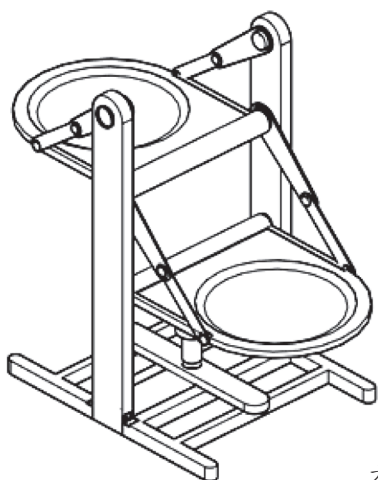




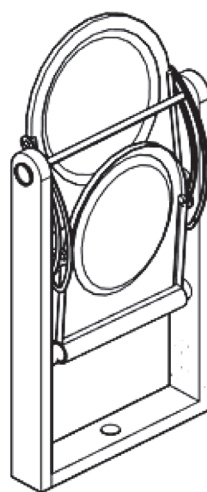
设计项目：双层可折叠花架

设计要求：分两层，能放如下两盆花；花错开放置，周围无遮挡；不用花架摆放时，可将花架折叠，折叠后体积小。

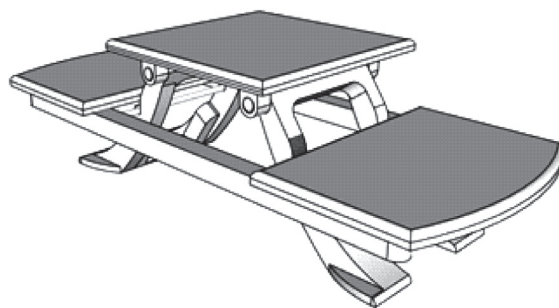
参考方案：



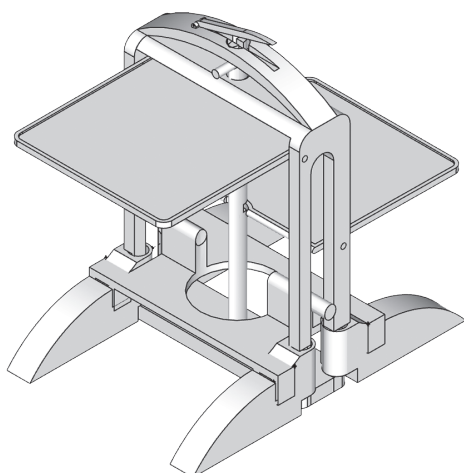
方案一



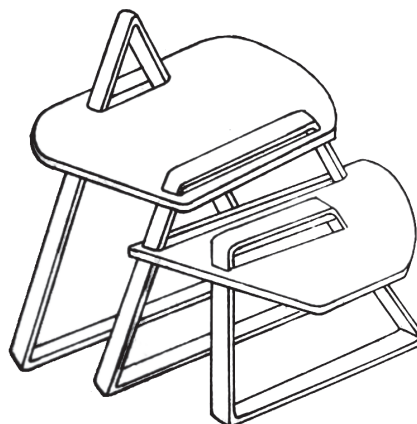
方案二



方案三



方案四



方案五

## 四、教学参考案例

### 二 稳固结构的探析

#### 【学科核心素养】

1. 从力学的角度解释结构对技术产品及其功能实现的价值，培养技术意识。
2. 能通过技术试验或技术探究分析影响结构的强度和稳定性的因素，并写出试验报告，培养工程思维。

#### 【课标内容要求】

通过技术试验测试结构的稳定性和强度，并能撰写测试报告。

#### 【学业要求】

1. 理解影响结构稳定性和强度的因素，能运用所学知识分析生活中的案例。
2. 运用科学方法进行试验，并进行数据分析，撰写报告。

#### 【学情分析】

学生对稳定性和强度的概念是比较模糊的。哪些因素影响了结构的稳定性和强度，学生有一些常识，但是不够精确。因此先让学生在试验中，通过控制变量法的方式体验影响结构稳定性和强度的因素，然后利用所学知识，分析日常生活中的一些现象和产品设计的原理，可以让学生对结构知识的认识从感性上升到理性层面。

#### 【教材分析】

结构的强度和稳定性是结构设计必须考虑的两个重要因素，也是确保结构可靠性的重要参数。教材编排通过“技术体验”“技术试验”“马上行动”等活动来探析结构的稳定性与强度，主要目的是让学生在這些活动中能体悟结构稳定性与强度的概念，探究得出并理解影响结构强度与稳定性的主要因素，为后续的设计活动做知识与方法上的积累与铺垫，最终能运用这些知识解决结构设计中的强度与稳定性问题。

在内容上，任务一主要探讨了什么是结构的稳定性，以及影响结构稳定性的因素；任务二探究了结构的强度，以及影响强度的主要因素。第一节探讨了结构中的构件在结构受到外力时，会发生的变形形式，而本节探讨的是结构整体在受到外力时，会不会出现不稳定的状态，从而影响结构的功能，以及结构受到外力过大时会被破坏，这种破坏可能是构件的断裂，也可能是连接件的松动。因此，如何保证结构在受到外力时能保持平衡，或者有足够的强度抵抗外力，是本节要研究的主要问题。

#### 【教学目标】

1. 通过技术试验探究影响结构稳定性的主要因素，理解影响结构稳定性的主要因素，并会在结构设计中灵活运用。
2. 经历技术试验和案例分析，探究影响结构强度的主要因素，理解各因素对结构强度的影响，能够分析生活中的案例，并利用所学知识进行结构强度的设计。

#### 【教学重难点】

教学重点：影响结构稳定性和强度的主要因素。

教学难点：影响结构稳定性和强度的因素在设计中的应用。

#### 【课时安排】

任务一：探析结构的稳定性 1课时；

任务二：探析结构的强度 1课时。

**【教学准备】**

## 1. 知识与技能

教师需要具备试验准备与实施的能力，能有序组织课堂试验，进行数据记录和分析。教师需对要用到的知识进行更加深入和研究，并制作 PPT，准备相关视频资料等。

## 2. 材料与工具

材料：一次性木筷子（或竹筷子）、塑料管、铝条、铝片、木条、热熔胶棒、若干细绳等。（也可以用乐高积木）

工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。

**【教学实施】**

走进情境：孙宇为了预防“久坐病”，准备去家具市场选购一张站立式办公桌。他在选购各种站立式办公桌时发现，有些桌子使用时易翻倒，有些桌子却十分稳固。孙宇决定一探究竟。

引：孙宇发现的问题属于结构的稳定性问题。

**任务一 探析结构的稳定性**

## 1. 技术体验：看看谁设计的起重机更稳定？

体验目的：体验结构的稳定性。

情境展示：起重机的起重臂不仅很长，而且要承受较大的力。那么起重机是怎样保持稳定的呢？

问题分析：我们可以通过类似的悬臂结构来进行分析。为了模拟真实情境，规定悬臂结构底部与地面接触所形成的支撑面的大小不超  $200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ，底部与挂重物处在水平和竖直方向相距都不少于  $200\text{ mm}$ 。在同样的材料下，可挂质量  $\times$  悬臂距离的值较大的取胜。

活动准备：

材料：一次性木筷子（或竹筷子）、塑料管、铝条、铝片、木条、热熔胶棒、若干细绳等、纸板，木条，铝条、铝板、塑料管，502 胶或热熔胶棒、若干细绳等。

工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。

学生分组进行设计制作，教师负责测试并记录。

学生小组	底面积 / $\text{mm}^2$	悬臂距离结构中心	底盘质量 /g	可挂质量 /g
第一组				
第二组				
第三组				
第四组				
……				

## 2. 讨论探究原因。

学生分析讨论以下问题：

- (1) 什么样的结构可以挂得重物最多？
- (2) 同样重物下如果想拉长距离，应该怎么办？

记录学生讨论的影响因素及原因。



影响稳定性的因素	原因

3. 试验出真知。

学生在限定条件下做以下实验：

( 1 ) 在限制底面积、悬臂的长度及与水平面夹角的情况下，哪种结构挂重物最重？

底盘质量 /g	可挂质量 /g

( 2 ) 在限制悬臂长度、角度及底盘质量的情况下，哪种结构挂重物最重？

底盘面积 /g	可挂质量 /g

( 3 ) 在限制底盘质量、底盘面积的情况下，哪种结构挂重物最重？

悬臂长度	悬臂角度	可挂质量 /g



4. 分析数据，寻找原因。

学生和教师一起分析数据，重新寻找影响稳定性的因素。

影响稳定性的因素	原因

学生小结：

- (1) 影响结构稳定性的因素主要因素有支撑面的大小、重心的位置、结构的形状等。
- (2) 放置在平面上的结构保持稳定的条件：重心所在点的垂线落在支撑面的范围内。

5. 应用新知，分析新的场景。

完成教材第 14~15 页的“马上行动”与“技术试验”。从中寻找启示与借鉴，分析思考以下问题：

(1) 请分析下列因素中哪些对站立式办公桌的稳定性产生影响？

- ① 办公桌各部件使用的材料；
- ② 办公桌的使用状态，如坐式或站立式使用；
- ③ 办公桌的使用环境，如单独放置使用或靠着墙使用；
- ④ 办公桌的使用人群，如使用者的体重等。

(2) 在通用技术实践室条件下，如何测试办公桌的稳定性是否满足需求？

**任务二 探析结构强度**

1. 引入。

视频展示：各种因为受到巨大外力而破坏的结构，用图片或者视频，引出强度概念。



结构的强度：结构的强度是指结构具有的抵抗被外力破坏的能力。

2. 木条被弯断了。

实物展示：拿一根木条，用力弯折，木条先弯曲，弯曲到一定程度后，就断了。取同样大小的木条，用力拉，木条不断。为什么？



请同学们分析，利用结构与力的概念，木条弯曲变形时更容易断。为了分析这一现象，引入内力的概念。

用力拉一根木条，木条处于平衡状态，假设将其分割成若干部分，任意部分都处于平衡状态。

内力：当结构构件受到外力作用时，内部各质点之间的相互作用发生改变，产生一种抵抗外力与形变的力，称为内力。

应力：构件单位横截面积上所产生的内力就是应力，可用如下关系式表示： $\sigma = F/S$ 。

思考：木条弯曲时，上下表面发生了什么变形？弯曲变形过大时，那个表面先断？

学生经过观察思考得出：下表面被拉伸，上表面被压缩；被拉伸的面先断。

结论：材料的抗拉能力比材料的抗压能力弱。

3. 技术体验：体验悬臂结构模型的强度。

体验目的：通过悬臂结构模型的强度测试，体验影响结构强度的因素。

情境展示：悬臂结构在工程中应用非常广泛，如道路的交通指示灯架、视频监控架等。

问题分析：要体验材料对结构强度的影响，就需要使用不同材料制作相同结构的悬臂结构进行比较试验；要比较结构对强度的影响，就要用相同材料，设计和制作悬臂长度相同但结构不同的悬臂结构，进行比较试验。

材料：纸板、木条、铝条、铝板、塑料管，502胶或热熔胶棒、若干细绳等。

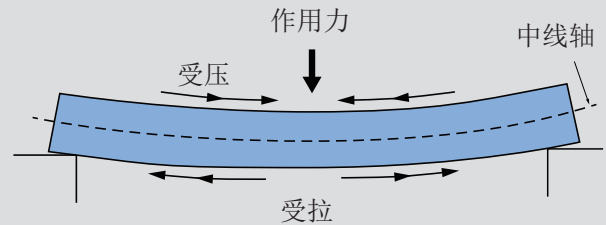
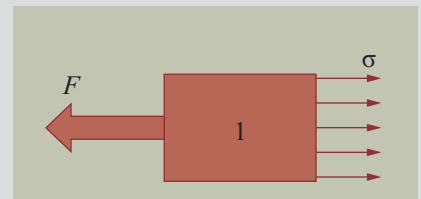
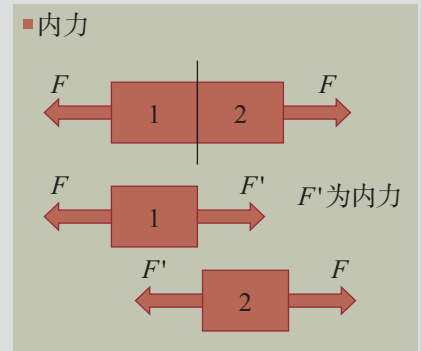
工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔枪、若干钩码等。

主要过程：

(1) 用不同材料制作悬臂梁，将悬臂结构的一端固定，悬臂长度不少于 200 mm。

(2) 在悬臂结构的另一端不断增加钩码，直至悬臂出现断裂或明显弯曲，记录断裂前或明显弯曲时的钩码质量。

(3) 将测试数据填写到如下表格内，进行交流和讨论。



材料	结构截面大小	所能悬挂的钩码个数

思考：从试验现象看，悬臂的强度与哪些因素有关？

小结：影响结构强度的主要因素有结构材料和结构的截面大小。

试验延伸：用纸板制作不同截面形状的悬臂梁，试验不同截面形状对悬臂梁强度的影响。

思考：

(1) 哪种截面形状的纸筒可以承受更大的力？在进行试验时应注意什么？

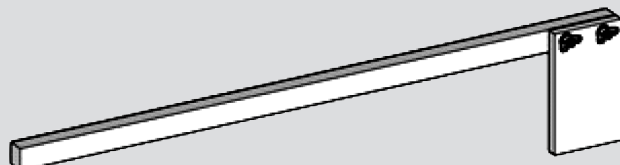
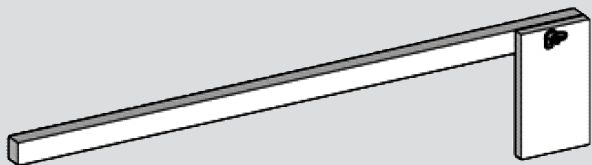
(2) 设想用截面为凹槽形状的构件做悬梁，凹槽侧向放置与向上放置所能承受的重物是否相同？

小结：结构的强度和构件的截面形状有关。

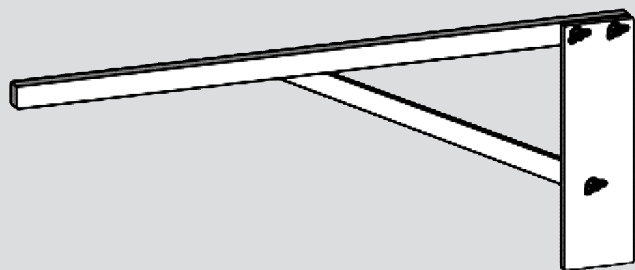
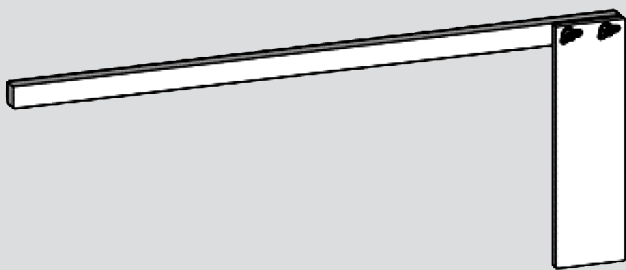
试验拓展：

(1) 将悬臂梁改成截面为 10 mm × 10 mm 的方木料，测试其强度。

(2) 改变悬臂梁一端的固定方式，进行对比测试。



(3) 改变悬臂的几何构型，对比测试抗弯强度。



小结：

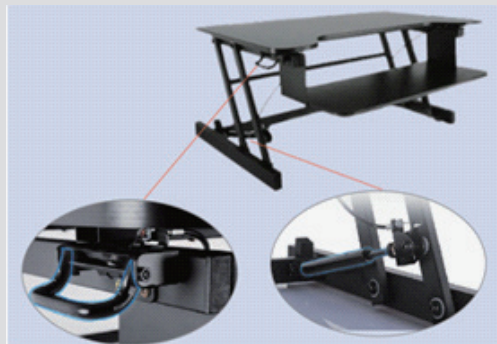
(1) 结构的强度和构件间的几何形状和连接方式有关。

(2) 连接方式多种多样，若按构件之间能否移动及转动来分类，可分为铰连接和刚连接。被连接的构件在连接处不能相对移动，但可相对转动的连接称为铰连接；被连接的构件在连接处既不能相对移动，也不能相对转动的连接称为刚连接。

4. 马上行动：观察下图所示的站立式办公桌。



甲



乙



(1) 如图甲所示的站立式办公桌，其脚架采用铝合金材料一体成型，其脚架内部设计成网格，这种设计的目的是什么？哪些桌子采用类似的结构？

(2) 如图乙所示的站立式办公桌可以通过把手控制气杆来调节桌子升降，从而实现一定范围内的调节。它是如何实现升降功能的？跟结构的连接方式有什么关系？

5. 练习：教材第 20 页第 1~3 题。