



普通高中教科书

# 通用技术

选择性必修10

科技人文融合创新专题



普通高中教科书

# 通用技术

选择性必修10

科技人文融合创新专题

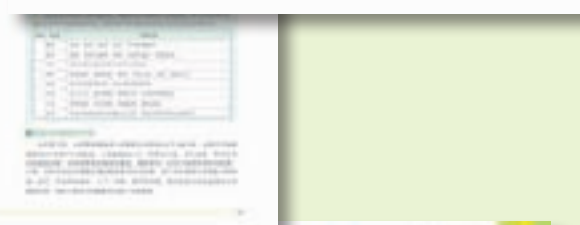
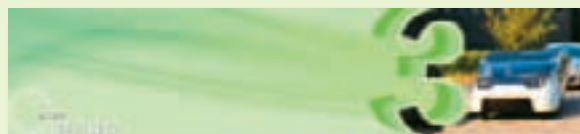
主编 顾建军 何善亮



随着科学技术突飞猛进的发展，技术日益成为我们生活中几乎无时不在、无处不在、无所不在的客观存在，成为引起社会变化、塑造社会变化和应对社会变化的重要因素，也成为实现中华民族伟大复兴的重要支柱。因此，技术素养是当代青少年的基本素养。通用技术课程是普通高中学生人人必须修学的课程。

通用技术是指当代技术体系中较为基础、在日常生活中应用较为广泛、育人价值较为丰富并与专业技术相区别的技术，是学生适应社会生活、高等教育和职业发展所必需的技术。普通高中通用技术课程，以提高学生的学科核心素养为主旨，以设计学习、操作学习为主要特征，是一门立足实践、注重创造、体现科技与人文相统一的课程。它的学习过程是同学们主动建构知识、不断拓展关键能力、铸造积极价值观和关键品格的过程，是一个富有生机、充满探究、方式多元的活动过程。

相信通用技术的学习一定会成为同学们高中时光中夯实基础、练就素养、挑战自我、享受创造与发展乐趣的美好生活的一部分。



## 单元

第三单元  
太阳能小车的创新设计与实践

### 一、太阳能小车的设计分析

#### 节

了解本书章节和任务的构成，能使我们总揽全貌，形成关于课程学习的宏观架构。



#### 学习目标

学习目标会使我们明确学习的方向，为进入学习过程做好心理准备。



基于学生生活经验和技术学科基本特点的情境，带领我们走进真实的技术世界，发现复杂而真实的技术问题，进入富有意义建构的学习过程。

同学们，  
欢迎你们进入  
技术世界。



每节有2~4个相互联系的任务。我们将在完成一个个任务的过程中，建构积极价值观、必备品格和关键能力，形成核心素养。



#### 技术体验 选用

亲临其境、亲自动手、亲身体验是本栏目的宗旨。这里的一系列精彩项目将使我们经历激动人心的操作实践，使我们感受到技术实践的特有乐趣，感悟到技术世界的丰富多彩。



# 不 导读

怎样使用本书



## 学习评价

对学习过程和学习结果作一回顾总结和反思，有助于学习目标的真正实现，有助于核心素养的有效形成。

## 综合实践

将本单元所学内容与本学科其他内容、与其他学科知识、与自己已有知识和经验综合起来，可以提高综合能力，领略学习的最高境界。

## 单元小结

在学完一单元后，以思维导图形式，对学习内容进行概括和归纳，有助于我们学会学习和自我建构。

## 练习

生动活泼、形式多样的作业，使我们所学的内容得以巩固，同时也打通了与课外活动结合的通道。

## 拓展阅读 选用

这些是我们技术学习中拓宽视野、深化认识、铸造精神，品味技术信息的“美味佳肴”，不要错过哟。

## 案例分析 选用

本栏目富有典型意义的范例、素材、话题是学习中对话的平台，使我们享受到由丰富的技术感性走向深刻的技术理性的快乐。

## 思维链接

基于关键的技术问题，立体化地加以呈现，这是我们思维互联、智慧众筹、头脑风暴的广阔天地。

## 学习反思

## 技术试验

技术试验是在技术活动中为了某种目的所进行的尝试、检验、优化等探索性的实践活动，使我们的实践才能和创新才能得到展示。

## 技术探究

## 马上行动

穿插在课文之中、形式多样的活动使我们所学的知识与技能得到及时的巩固、应用和内化，也是我们学会技术学习的有力工具。

## 技术提示

学习，  
是一个  
螺旋上升的过程，  
它永无止境……



# 目录

## 科技人文融合创新专题

# 1

### 第一单元 科技人文融合创新概述

---

#### 一、科技人文融合创新的理论基础

- 任务一 探寻STS、STEM及STEM+的发展历程/002
- 任务二 分析科技人文融合创新的结构要素/007
- 任务三 探究科技人文融合创新的实现条件/009

#### 二、科技人文融合创新的一般过程

- 任务一 分析需求与明确问题/011
- 任务二 收集信息与构思方案/015
- 任务三 物化方案与表达交流/017

#### 三、科技人文融合创新的常用方法

- 任务一 感受原始创新方法/021
- 任务二 体验改进创新方法——奔驰法(SCAMPER)/022
- 任务三 体验模仿创新方法——逆向工程与标杆分析/023

# 2

### 第二单元 过街天桥的创新设计与实践

---

#### 一、过街天桥的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题/030
- 任务二 探究主要桥式结构及其力学原理/034

#### 二、过街天桥的方案设计

- 任务一 选择过街天桥的桥式/038
- 任务二 方案的设计与表达/041

#### 三、过街天桥的模型制作与验证

- 任务一 设计与制作模型/043
- 任务二 测试与优化模型/045
- 任务三 项目总结与反思/045

# 3

### 第三单元 太阳能小车的创新设计与实践

---

#### 一、太阳能小车的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题/050
- 任务二 探究车载太阳能发电系统的科学问题/053
- 任务三 探究太阳能小车的系统组成/054



## 二、太阳能小车的设计与制作

任务一 试制低功耗电动小车的驱动系统/057

任务二 给遥控电动小车配备光伏发电系统/060

## 三、太阳能小车的测试与优化

任务一 评估与优化太阳能小车/065

任务二 项目总结与反思/068

# 4

## 第四单元 无人机的创新设计与实践

---

### 一、无人飞行器的设计分析

任务一 分析需求与明确问题/072

任务二 探究飞行器的科学原理/076

### 二、四旋翼无人机的飞行控制与逆向设计

任务一 比较与权衡无人飞行器的飞行控制/080

任务二 分析四旋翼无人机的飞行控制/083

任务三 进行四旋翼无人机的逆向设计/085

### 三、四旋翼无人机悬挂装置的改进与优化

任务一 改进四旋翼无人机悬挂装置的设计/090

任务二 测试试验与优化改进/092

任务三 项目总结与反思/093

# 5

## 第五单元 残疾人拐杖的创新设计与实践

---

### 一、残疾人拐杖的设计分析

任务一 分析需求与明确问题/098

任务二 探究残疾人拐杖中的科学问题/100

### 二、残疾人拐杖的设计与制作

任务一 进行残疾人拐杖的方案设计/105

任务二 比较与权衡设计方案/108

任务三 制作多功能残疾人拐杖/111

### 三、残疾人拐杖的测试与优化

任务一 进行残疾人拐杖技术试验/114

任务二 优化残疾人拐杖设计方案/115

任务三 项目总结与反思/117

主 编 顾建军 何善亮

编写人员 (按姓氏音序排列)

陈 宏 顾建军 何善亮 孙公刚 庄力群



# 第一单元

## 科技人文融合创新概述

- 一 科技人文融合创新的理论基础
- 二 科技人文融合创新的一般过程
- 三 科技人文融合创新的常用方法

《周易·贲卦·彖传》释：“刚柔交错，天文也；文明以止，人文也；观乎天文以察时变，观乎人文以化成天下。”数千年来，“推天道以明人事”的思维方式深刻影响着中华文化，由此形成的“天人合一”“道器合一”“理一分殊”“一本万殊”等基本理念与“科技人文融合”有异曲同工之妙。



# 一、科技人文融合创新的理论基础



## 学习目标

- 任务一 探寻STS、STEM及STEM+的发展历程
- 任务二 分析科技人文融合创新的结构要素
- 任务三 探究科技人文融合创新的实现条件

1. 能简要说出国际上STS、STEM及STEM+项目理念的发展历程。
2. 通过对科技人文融合创新的结构分析，能够比较和分析科学、技术、工程、艺术、数学、社会各学科之间的区别与联系，体会多学科融合创新的重要性。
3. 明确从事科技人文融合创新项目活动的基础条件，知道工具、材料、图样、工艺、试验等技术要素在科技人文融合创新中的作用。



## 走进情境

新学期伊始，某校高二年级组织“走进科技产品”活动，高二（3）班的主题是“生活科技产品的变迁”。孙宇小组选择“冰箱的发展”主题，王明小组选择“交通工具的变迁”主题，李辉小组选择“扫地机器人”主题……各自展开了调查研究。



## 任务一 探寻STS、STEM及STEM+的发展历程

STS是科学（Science）、技术（Technology）、社会（Society）首字母的缩写。20世纪六七十年代，西方发达国家首先提出STS研究和STS教育，目的是探讨和揭示科学、技术与社会三者之间的复杂关系，研究科学、技术对社会产生的正负效应，改变科学与技术分离以及科学、技术与社会相脱节的状态，使科学、技术更好地造福于人类。



## 案例分析

### 20世纪世界严重的环境污染事件

20世纪，世界上发生了许多严重的环境污染事件。



图 1-1 1948 年美国多诺拉烟雾事件

1948年10月26~31日，在美国宾夕法尼亚州的多诺拉小镇，由于工厂大量排放含有二氧化硫等有毒有害物质的气体及金属微粒，再加上当地气候反常，这些有毒有害物质附在悬浮颗粒物上，聚集在山谷中积存不散，造成了严重的大气污染，如图1-1所示。人们在短时间内大量吸入这些有害气体，引起各种不适症状，全城14 000人中就有6 000多人出现了眼痛、喉咙痛、头痛、胸闷、呕吐、腹泻等症状，最终造成了20多人死亡。

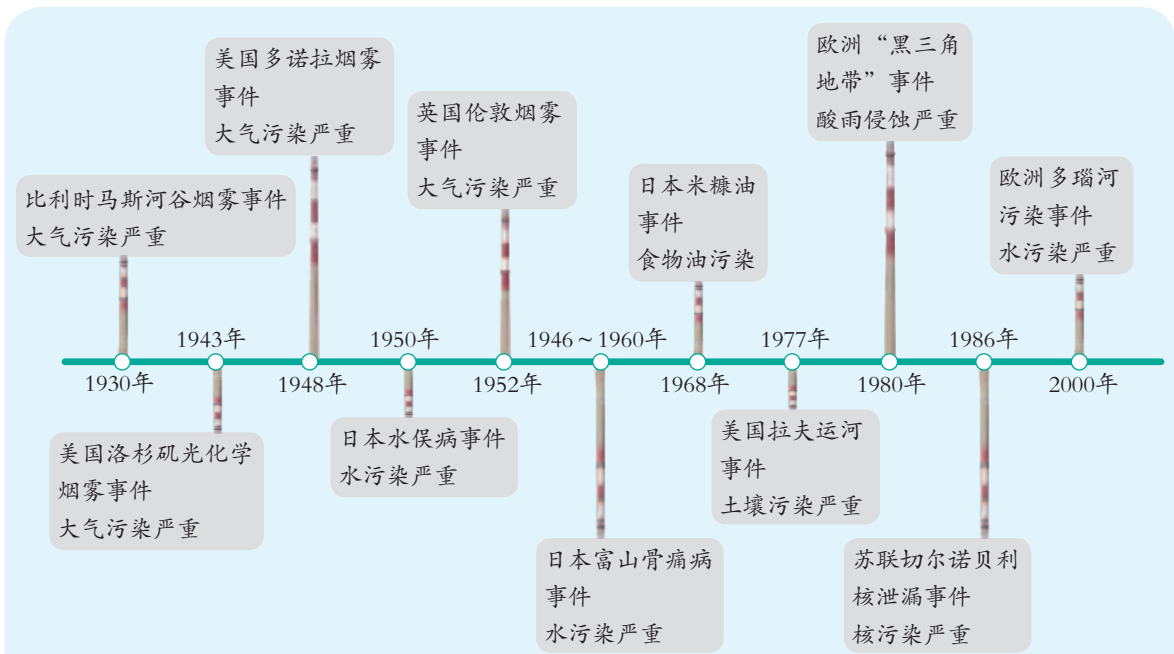


图 1-2 20 世纪世界严重的环境污染事件

讨论:

1. 结合美国多诺拉烟雾事件，谈谈科学、技术与社会之间的相互关系。
2. 选择一个感兴趣的环境污染事件，查找相关资料，讨论事件发生的原因并谈谈从中得到的启示。

STS中的科学指的是自然科学，包括人们熟知的物理学、化学、生物学、地理学等，即人们常说的理科。这些学科虽然研究对象不同，但是它们蕴含的科学思想、科学方法、科学精神是一致的，本质上都是一种对大自然不断深入的探究过程。

科学、技术、社会之间存在着紧密的关系。一方面，科学、技术转化为生产力是一个复杂的社会过程；另一方面，科学、技术的发展与社会发展相互促进。科学与技术是一把“双刃剑”，这已成为一个人们越来越重视的主题。

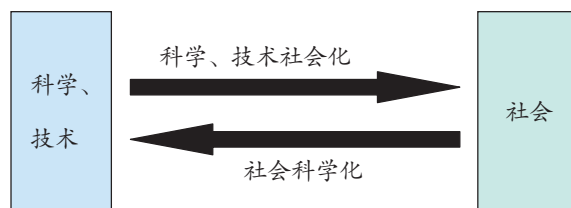


图 1-3 科学、技术与社会存在紧密关系

 案例分析

电冰箱的发明历程

早在两千多年前，人们就已经懂得使用冰块来储藏食物，冬天存储足够数量的冰块，藏于地窖，将食物放进冰块里以延长食物的保鲜期，这就是古代的冰箱。但是，在古代从自然界中采掘与保存冰块是一件非常困难的事情。

为了满足日益增长的生活需求，人们开始尝试各种方法与手段改进现有的冷藏方式。1822年，英国著名物理学家法拉第发现了二氧化碳、氨、氯等气体在加压的条件下会变成液体，当压强降低时又会变成气体的现象。在由液体变为气体的过程中会吸收大量热量，使周围的温度降低。法拉第的这一发现为后人发明压缩机等人工制冷技术提供了科学理论的基础。1851年，澳大利亚商人哈里森发明了第一台人工制冷压缩机。1879年，德国化学家林德制造出第一台人工制冷的家用冰箱。1923年，瑞典工程师布莱顿和孟德斯发明了第一台压缩式电冰箱。此后，这种由电动机提供机械能，通过压缩机对制冷系统做功的冰箱开始走进千家万户。它使用方便、寿命长，但缺点也显而易见。氟利昂作为制冷剂一直沿用了50多年，对地球大气的臭氧层产生了严重的破坏，直接造成了臭氧层的空洞。

随着科技革新与人们环保意识的提升，无氟冰箱开始成为市场的主流，材料科学的发展推动了太阳能电冰箱、半导体电冰箱等新型冰箱的相继出现，充分满足了人们多样化的生产和生活需求，同时也降低了能耗，减少了对环境的污染。



图 1-4 林德制造的家用冰箱



图 1-5 第一台压缩式电冰箱

#### 讨论:

1. 从电冰箱的发明历程看，人工制冷技术的发展受到了哪些因素的影响？
2. 科学与技术是一把“双刃剑”，从正、反两个方面思考电冰箱的发明给人类社会带来的影响。

STEM与STS类似，是科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、数学（Mathematics）首字母的缩写，产生于20世纪80年代，以跨学科为特征，以解决现实世界中复杂情境下的真实问题为目的。与STS相比，STEM突出了工程的建造（制作）特征和数学的思维及工具价值，也更加倡导科学、技术、工程、数学等多学科的整合，强调科学探究和工程实践活动，通过学科整合和探究实践，创造性地解决现实世界中的复杂问题。

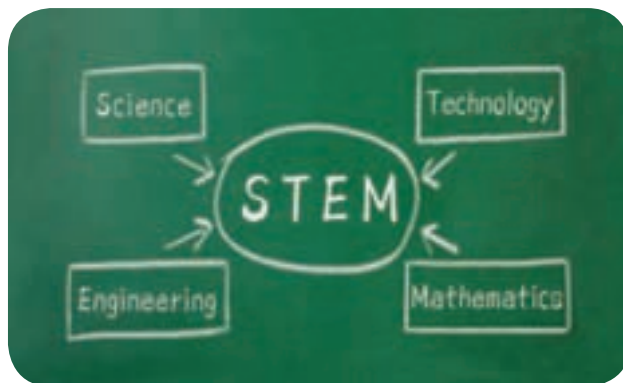


图 1-6 STEM 框架

## 案例分析

### 电冰箱的工程设计问题

电冰箱是利用液体汽化吸热而实现制冷的。电冰箱中的制冷剂能在极低的温度下汽化，使电冰箱内部保持冰冻温度。

几乎所有电冰箱都是由压缩机、热交换管、安全阀、冷交换管、制冷剂这五个基本部件（或材料）组成的。

电冰箱的工作原理如下，展现了工程设计问题：

1. 压缩机压缩制冷剂气体，将升高制冷剂的压力和温度（橙色），而冰箱外部的热交换管帮助制冷剂散发加压产生的热量。
2. 当制冷剂冷却时，气态制冷剂液化成液态（紫色），并流经安全阀。
3. 当液态制冷剂流经安全阀，从高压区流向低压区，发生汽化（蓝色），同时吸收热量，发挥制冷效果。

冰箱内的冷交换管帮助制冷剂吸收热量，使冰箱内部保持低温状态。然后，不断重复该循环。

讨论：

1. 电冰箱工作过程中涉及哪些工程设计问题？
2. 电冰箱工作过程中涉及哪些科学、技术、工程、数学学科知识？它们是如何相互融合发挥作用的？

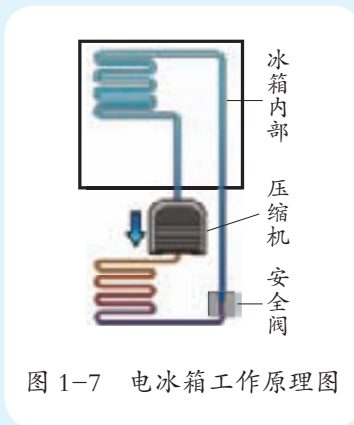


图 1-7 电冰箱工作原理图

科学、技术、工程和数学如何更好地造福于人类，不可避免地涉及价值选择等人类意志问题，因此，解决现实世界的复杂问题，仅靠科学、技术以及工程和数学是难以完成的，还必须考虑艺术（Arts）和社会（Society）等相关因素。

2011年，美国学者雅克曼主张在其中加入艺术（Arts）学科，涵盖社会研究（Social studies）、语言（Language）、形体（Physical）、音乐（Musical）、美学（Fine）和表演（Performance）等，强调人文艺术、社会价值与科学、技术、工程、数学的有机融合。于是，STEM 也便逐渐发展演化为 STEAM、STEM+、STEAMS。

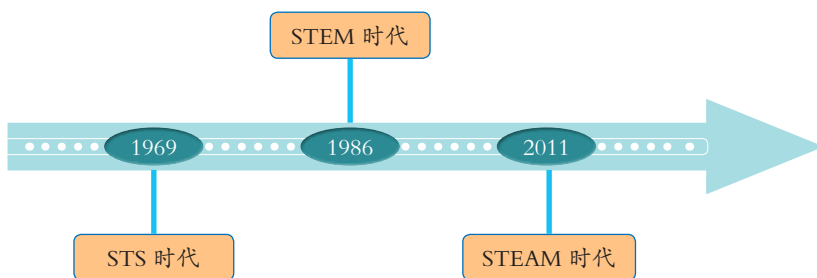


图 1-8 STS、STEM、STEAM 的变迁



回顾STS、STEM、STEM+的发展历程可以看出，科技发展与人类社会生活存在着紧密的联系，并需要大量的科技创新人才；解决真实世界中的科技工程问题绝不是仅靠某一学科就能完成的，往往需要综合运用多学科领域的知识与方法。因此，只有将科学、技术、工程、数学、人文、社会有机融合，才能创造出人类需要的科技产品。这也是我们学习领域融合知识的意义所在。



### 案例分析

## STS、STEM与STEAM 的比较

STS、STEM与STEAM在产生背景、涉及学科及主要特征等方面存在诸多不同。

比较维度	STS	STEM	STEAM
产生背景	第二次世界大战之后，新技术革命在造福人类社会、改善人类生活质量的同时，也给人类社会带来了许多有害的影响，特别是严重的环境污染问题	美国对STEM人才的需求和保持国家竞争力的需求	倾向于解决理工科的跨学科融合（STEM）的局限性
情境	社会情境	现实生活中的真实情境	现实生活中的真实情境
目标	培养正确的价值观、世界观，促进科技与社会的契合	获得问题解决能力，更好地融入社会（包括就业）	通过艺术对各学科的渗透和对思维的扩展，提升学生的创新素养
涉及学科领域	科学、技术和社会（及哲学等）	科学、技术、工程和数学	科学、技术、工程、数学和艺术（及人文社科）
学科融合水平	较低，主要是从社会的视角看待科技，不强调学科融合	较高，在解决问题的时候需要综合地运用STEM学科的知识	高，解决问题时，不仅需要运用STEM学科知识，还涉及艺术及人文社科领域知识
主要特点	通常理解为在技术和社会环境的可靠范围内教授科学内容	跨学科性、体验性、情境性	跨学科性、体验性、情境性、艺术性、设计性

#### 思考：

在从STS、STEM发展到STEAM的过程中，技术起着什么样的作用？



## 任务二 分析科技人文融合创新的结构要素

科技人文融合创新主要是指基于真实的问题情境，综合运用科学、技术、工程、艺术、数学与社会等学科知识、方法和技能进行问题解决与科技创新，也是一种跨学科、整合的项目式学习形式。

科技人文融合创新涉及诸多学科，不同学科内涵与作用各不相同。科学侧重于认识世界，力求有所发现，意在回答“是什么”及“为什么”的问题；技术侧重于合理地开发与利用自然，力求有所发明，更多地回答“怎么办”的问题；工程是技术的集成，又超越了技术范围，力求以最短时间和最少人力、物力做出高效、可靠且对人类有用的东西；数学则因其关注数量、结构、变化、空间以及信息等概念和关系，从而成为科学、技术和工程必不可少的基本工具；艺术是以创造美为主要目的的技术及其产品；社会则是人们以共同物质生产活动为基础并按照一定行为规范相互联系而结成的有机总体，其基本要素是自然环境、人口和文化等。

科技人文融合创新不仅需要熟悉相关学科和辨别相关学科，更需要在创新实践活动中能够针对实际情况和需要，基于不同学科视野、知识、方法、思想等提出学科问题和相关学科知识，进而为使用某种跨学科方法辩护，实现科技人文融合创新。



### 新型交通工具——电动平衡车

电动平衡车，其工作原理主要是建立在一种被称为“动态稳定”的原理上，以内置的精密固态陀螺仪来判断车身所处的姿势状态，通过精密且高速的中央微处理器计算出适当的指令后，驱动电动机使车身达到平衡。它是一种集代步、娱乐、休闲等多种功能于一体的新型交通工具，速度可达20 km/h，单次充电可完成20~70 km的续航里程，具有绿色环保、操作简单、方便携带等优点。



图 1-9 电动平衡车

#### 讨论：

电动平衡车的设计、生产与销售涉及科学、数学、工程、技术、艺术及社会等诸多学科领域，结合相关学科知识和资料完成下列表格，并讨论这些学科问题和相关学科知识的区别与联系。

学科(领域)	学科问题	相关学科知识	学科之间的联系
科学			
技术			
工程			
数学			
艺术			
社会			
其他			

科技人文融合创新基于科学、技术、工程、艺术、数学与社会等具体学科领域，更是各门相关学科的有机融合。这种融合不是简单的集合和拼凑，而是围绕真实世界中的问题或项目，运用多学科知识和方法共同解决问题的进程（过程）。在实践中，科技人文融合创新常常利用工程项目整合课程内容，注重科学探究与工程设计，涉及工具、材料、图样、工艺、试验等技术要素，表现出跨学科、情境性、体验性、协作性、设计性、艺术性、实证性和社会性等特征。



植物培养箱是利用植物的光合作用原理，集加热、制冷、光照、加湿为一体，可按照需求提供二氧化碳发生器或二氧化碳接口用于植物发芽、育种、育苗等，并利用计算机技术对培养箱温度实施伺服控制的设备。如图1-10所示是植物培养箱中涉及的科学、技术、工程、数学、艺术、社会等诸因素，试回答以下问题：

1. 完成图1-10中所缺的部分内容。

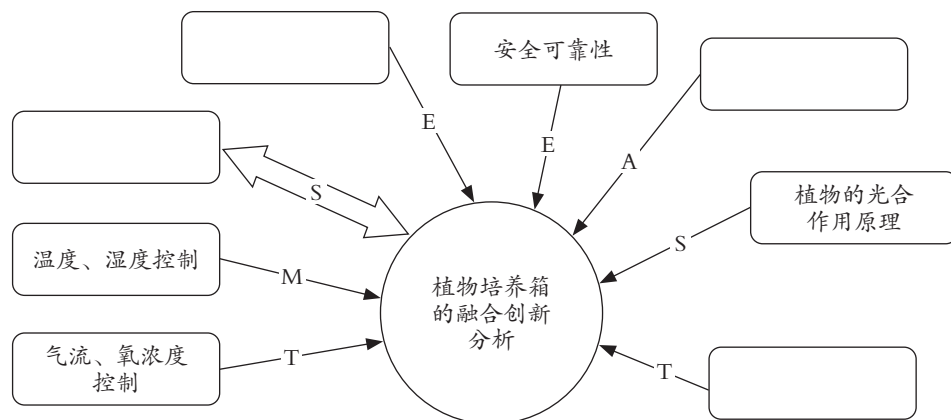


图 1-10 植物培养箱科技人文融合创新因子分析

2. 思考如何利用工程项目整合其他学科内容，尝试画出它们的关系图。



从系统的观点看,科技人文融合创新涉及科学、技术、工程、艺术、数学与社会等具体学科要素;从过程的观点看,科技人文融合创新涉及从问题发现到问题解决的诸多创造性环节。它们纵横交错,紧密相连,环环相扣,浑然天成,构成了人类社会绵延不断、科技人文融合创新的历史画卷。



### 任务三 探究科技人文融合创新的实现条件

科技人文融合创新本质上是人的创新活动,因而其首要条件或根本条件是创新主体的科技人文融合创新素养。为此,不仅需要各学科领域的基本知识储备和专业技能,掌握产品性能需求、生命周期成本等具体学科方法,更需要图样表达能力、创造性思维和科技人文创新的意愿与热情。



#### 马上行动

乔布斯的人生是一部真实的传奇。他的一生都与“创新”一词紧密相连。他对科技和人文融合创新的敏锐嗅觉给智能手机带来了新的变革。结合自己最敬佩的科学家、工程师或其他杰出人物,描述自己心目中的创新者形象特征,然后进行交流。

随着社会的不断发展,科技人文融合创新更加倡导团队的合作。相对于每一个个体而言,团队合作更容易实现学科知识、学科方法和看问题视角的互补,也更容易实现共享材料,共享数据,共同攻关,解决现实世界的复杂性问题的。



#### 案例分析

##### 中国载人空间站——“天宫”

“天宫”系列工程是一个多层次的、动态的、开放的且互为联系的工程系统,各系统相互关联、相互作用,任何一个微小层面的不协调都可能影响整个工程的成功。

参与“天宫”系列工程的每个人都为共同目标而奋斗,每个人都为整个工程做贡献,每个人的节奏都与整个工程的步调相一致。

秉承最先进管理理念的中国载人空间站工程,坚持以文化为先导,以文化为凝聚力,最终确保了工程预期目标的达成。

##### 讨论:

查找“天宫”系列工程的相关资料,分析团队合作在创新中的作用。



图 1-11 “天宫一号”



科技人文融合创新是有价值导向和人文关怀的社会实践活动，因此必须践行社会主义核心价值观，坚持创新的人文导向。



### 案例分析

#### 滴灌技术

计算机控制的水、化肥、农药滴灌系统是现代农业的基础，产生了巨大的经济效益和社会效益。这证明了，以滴灌为代表的科学灌溉可以大大缓解全球水资源危机。

##### 讨论：

1. 查阅资料，分析滴灌技术解决了哪些灌溉中的技术与工程问题？
2. 滴灌技术所涉及的工具、材料、设备、工艺及技术等诸多技术要素是如何有机融合的？



图 1-12 滴灌技术



### 学习反思

通过对科技人文融合创新的学习，你对“融合创新”一词有了怎样更深入的理解？



### 练习

1. 谈谈你对STS、STEM及STEM+不同发展阶段特征的认识。
2. 科技人文融合创新既强调学科融合，又关注解决问题中的学科视角与学科识见，该如何理解具体学科和学科融合之间的关系？
3. 有人认为科学技术的发展是至关重要的，是人类发展的根本动力；也有人持相反的看法，认为科技发展严重影响了环境，阻碍了人类的长远发展。就上述观点展开辩论，并进而理解科技人文融合创新的意义。

## 二、科技人文融合创新的一般过程



### 学习目标

- 任务一 分析需求与明确问题
- 任务二 收集信息与构思方案
- 任务三 物化方案与表达交流

1. 通过“自制阳台种植温箱”项目案例，体验科技人文融合创新的一般活动过程。
2. 知道工具、材料、图样、工艺、试验等技术要素，了解“质量屋”工具在科技人文融合创新活动中的用途。
3. 通过分析特定项目中所蕴含的科学、技术、工程、艺术、数学、社会等因素，认识各因素间的制约关系和通约特性。



现在很多人喜欢在自家阳台种植一些多肉植物。多肉植物原产于热带，习性怕冷，每到冬季就要移入室内，小心呵护，以免被冻死。小明了解到植物园中热带植物馆阳光温室的基本原理之后，打算自己动手在自家阳台建造一个种植温箱，用来安置这些“小肉肉”，使它们即使在冬天也能生活在气温适宜的环境中，避免频繁搬动带来的影响。

创新实质上就是创造性地解决问题，科技人文融合创新也是如此。科技人文融合创新主要包括明确问题、设计方案、方案物化三个主要阶段，是一个循序渐进、逐次逼近的过程，需要在明确问题以确立目标，设计方案尝试性解决问题，方案物化、测试、优化、权衡等基本环节之间经历多次循环，递进求解，才能获得相对满意的最终结果。



### 任务一 分析需求与明确问题

科技人文融合创新的目的是解决现实问题。要解决问题必须先明确问题，而要明确问题又必须结合具体情境分析人们的创新需求。

#### 分析需求

需求是人类创新的根本动力，也是推动人类文明进步最持久的力量。一项创新作品需要满足特定的功能，我们称之为“功能需求”。作为产品设计者或项目开发，我们还要更深入地认识产品或项目“功能需求”的实质，即明确产品或项目的“性能需求”和“创新目标”。

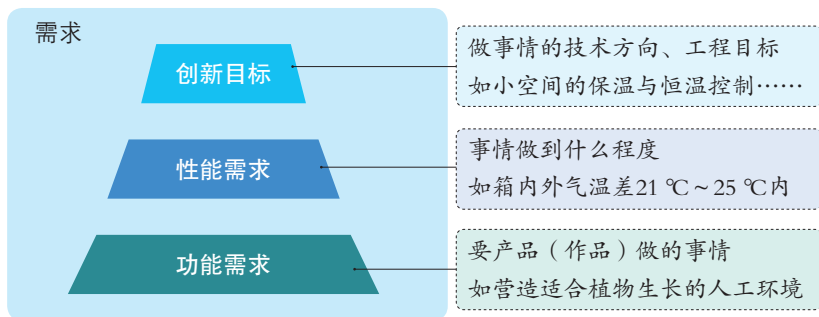


图 1-13 项目需求分析



## 案例分析

### 阳台种植温箱与农用阳光温室

阳台种植温箱与农用阳光温室（温室大棚）是两个相关度很高的创新项目。前者是在居家条件下用于解决数量不多的盆栽植物的越冬问题，要求建筑材料容易采购，加工安装简单，易于自己动手搭建，而后者多于空旷的农田上建造，常用于低温季节中喜温蔬菜、花卉、林木等植物的栽培或育苗等。

#### 阳台种植温箱与农用阳光温室的问题情境对比

问题情境	项目需求分析		约束与条件
	相似点	不同点	
农用阳光温室	节能，无外加热源，依靠吸收太阳热能升温； 营造适合植物生长的人工环境 ……	防风、防雨； 灌溉与排水； 人员进出	建造成本受限
阳台种植温箱		浇水与排水； 美观； 拆装方便	空间尺度受限； 朝向选择受限； 施工方法受限

#### 讨论：

分析阳台种植温箱与农用阳光温室的不同，对我们设计阳台种植温箱有什么积极意义？

通过案例分析我们认识到，问题情境中不仅包含项目需求，还包含实现项目创新的基础条件和制约因素。明确创新的条件、限制及约束，也是明确问题进而实现创新的重要任务。



## 马上行动

通过分析问题情境可知，阳台种植温箱有两项基本功能需求：

- （1）要用在空间尺度不大的居家阳台；
- （2）用户准备自己搭建。

请分别列出这两项功能需求对应的性能需求和创新目标。

### 明确问题

分析项目的功能需求、性能需求和创新目标，是为了明确创新项目需要解决的核心问题。例如，在上述阳台种植温箱的创新案例中，小空间的恒温控制与我们熟悉的温室大棚的恒温控制相似而又有所不同。实现小空间的恒温控制，会带来哪些特殊的技术问题呢？



## 思维碰撞

农用阳光温室的空间尺度很大，热容量也大，储热能力较强，白天吸热，夜间放热，有利于减小温室内温度的波动。但是，从温室变成温箱，空间减小，系统的储热能力减弱，这会给种植温箱的设计带来哪些问题呢？

### 多学科（多视角）分析

科技人文融合创新通常会涉及科学、技术、工程、艺术、数学、社会各因素间的权衡与比较，这不仅有助于不同思想之间的碰撞和不同知识的融合，而且有助于不同方法的相互启发，真正实现科技人文融合创新。为此，我们需要从多学科视角分析，具体把握实现小空间的保温与恒温控制的问题所在。

## 马上行动

在明确了阳台种植温箱的项目需求基础上，从多学科视角审视该项目的设计问题，以下表所列的问题分析线索为引导，将“自制阳台种植温箱”项目可能涉及的科学与技术问题具体化。

学科（领域）	问题线索
生物	植物的生长习性、对环境的要求
物理	热学、能量转换、结构力学、电学
气候	所在地的气候条件对项目的影响
技术	太阳能利用、节能环保、人机关系
材料	机械强度、保温、隔热、透光、获取方式
环境	项目对环境的依赖、项目对环境的影响
工程	系统成本、搭建难度、测试方法、优化
人文	美观、安全、法律法规、民俗习惯
社会	项目利益相关各方的权利与义务、促进社会和谐与文明进步

## 思维碰撞

阳台种植温箱的空间尺度受限，系统热容量不足，储、放热能力较弱。若还要实现恒温功能，将温箱内的温度波动限定在规定的范围之内，需要解决哪些具体的科学与技术问题？

### 条件与约束分析

与项目相关的条件或约束有很多，它们并非孤立的，而是存在相互制约与通约的关系，如很高的性能要求与成本限制之间的冲突（制约）、材料选用与加工条件之间的冲突（制约）等。设计方案不仅要能够达成功能目标，还要满足问题涉及的所有约束与条件。





## 马上行动

下表首行与首列的数字序号，分别对应表格末尾“说明”所列的自制阳台种植温箱项目方案设计的8项相关因素，表格中间区域是这些因素形成的关系矩阵，以多学科知识融合的视角分析矩阵各元素的制约关系或通约性。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①	——							
②		——						
③			——					
④				——				
⑤					——			
⑥						——		
⑦							——	
⑧								——

说明：①温箱内外温差最高可达23℃，箱内昼夜温差不超过10℃；②所在地的气候条件；③小区物业管理中关于阳台搭建的规定；④阳台实际的空间尺度；⑤阳台其他功能需要，如晾晒衣服、房间通风、采光等；⑥采用太阳能集热器辅助供热；⑦配置温度控制器；⑧成本与预算。



## 小辞典

## 制约与通约

制约，即限制约束。甲事物的存在和变化以乙事物的存在和变化为前提条件，则称甲事物受乙事物制约。例如，成本与性能常常是一对制约关系，设计方案要在规定的成本范围内实现预定性能指标，而某些性能指标的实现又受到成本的制约。

通约是两个事物之间的共同属性。例如，数学中，“ $6=2 \times 3$ ”“ $9=3 \times 3$ ”，则“6”和“9”有一个共同的元素“3”，即“6”和“9”具有通约特性“3”。又如，“自制阳台种植温箱”项目中，“自制”是施工手段，“阳台”是工作环境，“种植”是功能目标，“温箱”是项目形式。设计方案必须符合这四者的通约特性。

从问题情境出发，经历分析需求、明确问题、多学科（多视角）分析、条件与约束分析等创新思维环节，使项目要解决的问题逐步清晰化、具体化、可操作，并形成符合工程属性的目标描述，如阳台种植温箱的空间尺度受限，系统热容量不足，采光受限，储、放热能力相对较弱。探索在这种情况下实现箱内温度恒定功能的技术方法，便是该项目的创新目标之一。



## 任务二 收集信息与构思方案

科技人文融合创新不是凭空的想象，它是人们在充分收集相关信息的基础上，应用科学、技术、工程和数学知识与方法，并系统考虑艺术、社会因素，提出解决问题的创新措施，形成解决问题的整体性方案。

### 收集信息

充分获取信息是产生优秀创意的基础。在科技人文融合创新实践过程中，明确了“做什么”之后就要探索“怎样做”。在形成设计方案之前，通过设计和选用适当工具来收集与项目相关的法律法规、行业标准（协议）、专利、版权等重要信息，了解别人在这方面已经做过哪些尝试，有助于避免重复劳动，更有助于启发创新思维。



分析自制阳台种植温箱的问题情境，制订该项目的信息采集计划，列出：

- (1) 10个你认为与项目相关度最高的检索关键词；
- (2) 有待检索的资料信息，以及获取这些信息的渠道，填入下表；
- (3) 有待现场测量获取的数据信息，以及获取这些数据的技术方法，填入下表。

信息类别	信息细目	获取渠道	信息获取渠道参考
用户需求（功能、性能、人文）			<ul style="list-style-type: none"> <li>● 现场测绘</li> <li>● 网络检索</li> <li>● 图书馆</li> <li>● 专利查询</li> <li>● 学术刊物</li> <li>● 专业书籍</li> <li>● 政府资源</li> <li>● 专家顾问</li> <li>● 用户访谈</li> <li>● 同行交流</li> </ul>
别人已尝试过的方案			
法律法规、行业标准、专利、版权			
设计的过程资料			
其他相关信息			

### 获得创意

创意是指创造性解决特定问题的可行性措施，也称为工程措施，它是连接需求、问题与方案的思维桥梁。例如，解决手机户外充电问题的一种创新措施是“便携式发电装置”，由此创新措施可以产生手摇发电、太阳能发电等多种问题解决方案；同样是解决手机户外充电问题，“充电宝”是另一种创新措施，所对应的解决方案则不同。



使用质量屋分析工具，将自制阳台种植温箱项目中的用户需求及创新目标转化为创新措施，并分析各项创新措施的重要性，以及需求与措施之间的相关程度。

小辞典

## 质量屋

质量屋是一种经典的工程设计基础工具，是用于确定特定产品的用户需求（功能、性能、人文）与工程措施之间联系的图示方法，它不仅能将输入的一系列用户需求转化为一系工程措施，而且可以确定哪个工程措施对于成功开发产品是最重要的。

如图1-14所示是某产品的简化型质量屋。图中用户需求的表述为：质量小、方便使用、容易拿稳……这并不能直接作为工程设计的目标。通过质量屋将其转化成工程措施的描述：低耗电、自动聚焦、铝合金配件、人体工程设计……

图的中间区域是由用户需求行与工程措施列两者交汇区形成的关系矩阵，标记符号或填写数值，用来反映两者之间的关联度；“屋顶”区域填写各项工程措施彼此之间的相互关联度；某一列的“重要性得分”是各项用户需求的关联度与重要性乘积的累加。

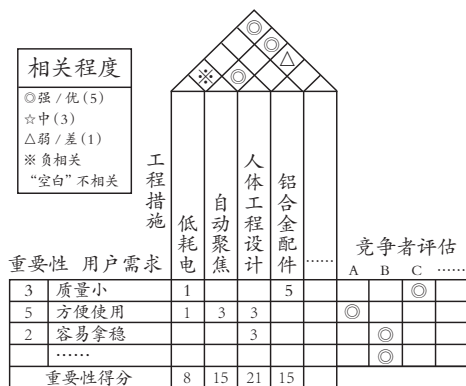


图 1-14 某产品质量屋分析

## 构思方案

方案是实现创意的具体方法。构思方案属于创造性思维活动，没有固定的方法，但了解和熟悉别人用过的创造方法，会启发我们的智慧，例如，组合/拆解、扩大/缩小、增加/省略、移植、替代、调整、颠倒、联想、仿生、逆向、类比等。

### 马上行动

使用头脑风暴法形成阳台种植温箱的概念设计方案，绘制结构草图，说明各主要部件的材料选择，预算材料成本、人工费用。

四周及箱顶都是透光的隔热覆盖材料；顶面、正面可开启，方便取放盆花、浇水、通风透气

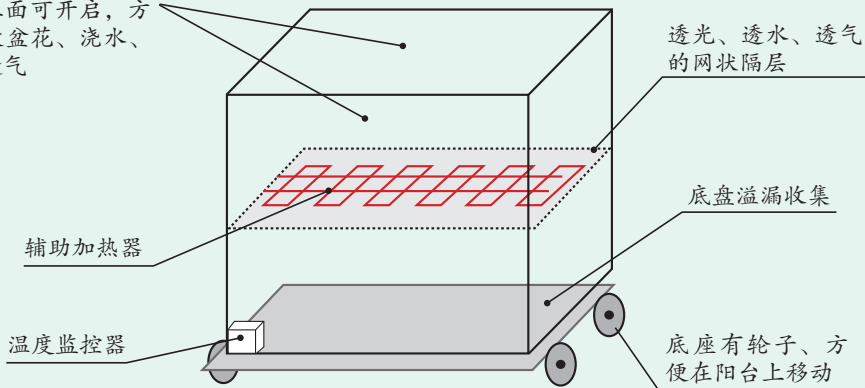


图 1-15 阳台种植温箱结构草图

## 拓展阅读

### 一种增强温室加热效果的创新措施——太阳能集热器辅助供热参考方案

受房屋建筑结构限制，居家阳台的空间较小、采光不足，这可能造成温箱吸热、蓄热不够。既要达到温箱内的温度技术指标要求，又要符合节能目标，不额外增加供热，太阳能集热器辅助供热是解决这一矛盾的创新措施。

太阳能集热器供热在家用太阳能热水器和太阳能采暖系统中应用很多。其原理如图1-16所示，集热管、蓄水箱、散热管、循环水泵以及连通这些部件的水管，构成封闭的循环系统，在其中注满水。集热管放置在屋顶或悬挂于建筑物外墙立面，以获得充足的阳光照射，采集热能；散热管布设在阳台种植温箱的空间内。启动循环水泵，通过水的流动，将集热管采集到的热量传递到散热管中，给温箱空间加热。在这个系统中，水既是储存内能的介质，又是传递热量的媒介。若再增加温度传感器来检测温室温度，并依据检测值高低控制循环水泵启停，就能实现种植温箱内部环境温度的自动控制。

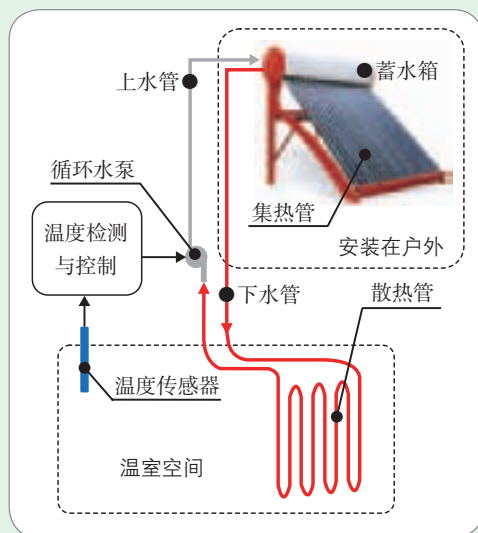


图 1-16 太阳能集热器辅助供热结构示意图

## 任务三 物化方案与表达交流

科技人文融合创新不能仅停留在头脑中，还必须对方案进行物化（模型制作）与测试、优化与完善、评估与权衡等环节，进而对设计方案进行验证或选择。撰写创新研究报告，总结和交流创新成果，也是创新活动的重要内容。

### 模型制作与测试

模型，即工程模型，是设计方案的物化，按形式可分为实体模型和虚拟模型。实体模型是拥有体积及质量的物理形态概念实体物件，虚拟模型则是用电子数据通过数字表现形式构成的形体以及其他实效性表现。

通过制作模型可以验证设计方案的原理、结构、造型以及零部件之间的相互关系；根据验证的直观结果或测试数据，调整优化设计方案，评估或对比各种创意并作出权衡与选择。





保温效果是阳台种植温箱最重要的性能指标。在正式搭建温箱之前，先依据设计方案制作一个简单的工程模型，通过效果实测，判断设计方案是否能够达到预定的性能要求。

讨论：

1. 保温效果与阳台种植温箱系统中哪些组成部分（或创新措施）有关？
2. 怎样测试保温效果？测试哪些参数？用什么工具测试？如何处理数据？
3. 有没有办法通过建立虚拟模型获得保温效果的数据？怎样做？

## 方案评估与权衡

评估与权衡的目的是选择。它贯穿于科技人文融合创新活动的全过程，评估对象可以是材料、模型或原型、整体方案或概念设计中的某个细节。将评估对象置于应用环境中进行实验测试，以科学观点、经验证据、逻辑论证、测试数据的相关因素，比较和评估同一问题的不同技术解决方案，这是获得真实、有效评估数据最直接的方法。测试过程中，应注重识别并记录被评估对象的功能缺陷、出乎意料的表现、重要的参数指标等信息；在真实情境中进行测试，往往也能激发设计者的灵感，应该及时记录评估过程中闪现的新思路、新创意。

以下仅以选择温室覆盖材料为例，进行测试与评估，限于篇幅，针对模型、原型的测试与评估略。



温室覆盖材料既要具有很好的透光性，又要具有优良的隔热性。大型种植温室通常选用塑料薄膜或者玻璃，为了增强隔热效果也有使用双层玻璃或中空玻璃的。下表所列的是针对不同温室覆盖材料的评估权衡，通过对比性能参数，结合项目创新目标，从中确定一种适合用于自建阳台种植温箱的覆盖材料。

评估测试	隔热性		透光性		易加工性		安装难度		价格		总分
试验方法	得分	权重	得分	权重	得分	权重	得分	权重	得分	权重	
方案A											
方案B											
方案C											
综合评价											



## ■ 撰写报告与表达交流

项目报告是在科技人文融合创新项目活动结束后，对活动过程与结果的总结，作为项目活动成果的一个组成部分，主要用于学习者之间的交流与共享。报告至少应包含项目背景、意义、理论依据及研究方法，活动的过程及发现、创新点，项目的物化成果与评价，活动的学习成果与评价，项目活动之后的反思等相关内容。项目报告可以通过文本、工程图、表格、照片等多种形式呈现。

项目成果总结报告的参考格式

项目名称		
背景和意义		
研究方法		
理论依据与科学原理		
活动过程		
创新点	科学性	
	新颖性	
	实用性	
反思	存在问题	
	改进设想	
材料附件		含系统原理方框图、组成结构图、实物照片、零配件清单、活动过程照片、使用说明书等
自我评价		



请根据“自制阳台种植温箱”项目活动过程，撰写项目活动报告。

科技人文融合创新的过程可能有无数次的迭代循环，以及物化、产品化、成果展示及交流活动。从创新过程的迭代性来看，它是不断重复反馈，逐次逼近所需目标或结果的问题求解过程，如图1-17所示。

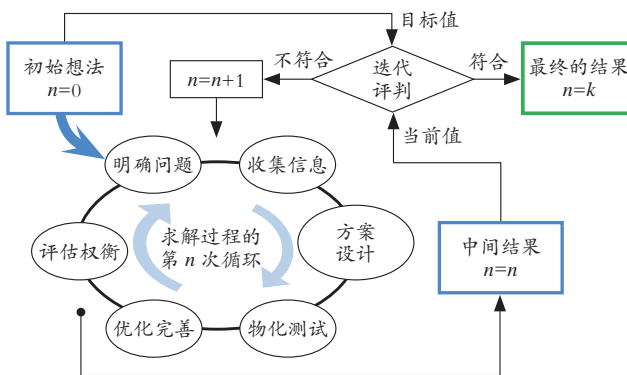


图 1-17 科技人文融合创新的迭代循环

 小辞典

## 迭 代

迭代是重复反馈过程的活动，其目的通常是为了逼近所需目标或结果。每一次对过程的重复称为一次“迭代”，而每一次迭代得到的结果会作为下一次迭代的初始值。

 学习反思

对于创新迭代过程，如果我们认为经历“ $k$ ”次重复之后最终获得满意结果就是成功，那么之前经历的“ $k-1$ ”次“失败”都是通往成功的必然过程。谈谈你应该怎样理解“迭代”的含义。

 练 习

1. 质量屋是一种经典的工程设计基础工具，写出你知道的或使用过的，用在科技人文融合创新项目活动的其他图表类工具的名称，以及它们的具体用途。

2. 透光、透水、透气、保温是阳光种植温箱的四项基本性能参数，而且它们之间存在相互制约，例如，在其他条件等同的情况下，透气性越好保温效果就越差。

(1) 请分别列出这四项基本参数对应的且能够定量测试的物理量，以及相关的制约项，填入下表；(2) 设计满足制约项要求的测试与评估方案。

基本性能	对应的物理量	相关的制约项	测试与评估方案
透光			
透水			
透气			
保温			
制约项（可多选）：透光、透水、透气、保温			

3. 根据设计优化阶段获得的评估结果，完善、优化概念设计方案，确定各部分的选材，列出材料清单，绘制设计草图，形成模型制作方案，并撰写设计报告。

4. 以家用盆花自动浇水装置的创新设计为主题，依次完成以下活动任务：(1) 查阅科技读物、期刊杂志、网络资料、相关产品用户手册中的相关信息，并作文献比较；(2) 列出两项你从专利文献中获取的最有价值的信息；(3) 找到 5 本与主题相关的教材、专著或论文；(4) 确定需要通过调查、访问、勘察、测量等其他方式获取的信息；(5) 使用头脑风暴法，提出三种设计方案；(6) 用恰当的技术语言描述设计方案，并在真实情境中比较方案的优劣。

## 三、科技人文融合创新的常用方法



### 学习目标

- 任务一 感受原始创新方法
- 任务二 体验改进创新方法——奔驰法(SCAMPER)
- 任务三 体验模仿创新方法——逆向工程与标杆分析

1. 以古代发明车轮和现代改进车轮为例，认识原始创新方法、改进创新方法。
2. 以种植温箱温度自动控制系统的的设计为例，认识逆向工程和标杆分析方法在融合创新活动中的独特作用。
3. 以种植温箱的节能效果分析比较为例，认识全生命周期成本分析法。



### 走进情境

学校因校园绿地改造，需要将一尊约 200 kg 的石雕像沿平坦的水泥路面移动几十米，同学们认为这肯定需要动用大吊车。最终，让同学们意外的是，两名工人借助几根圆木棍，就轻松地搬移了石雕像。

科技人文融合创新可以分为“原创”“改进”和“消化吸收”（模仿创新）三种类型，其思想方法相应地也可以分为原始创新方法、改进创新方法和模仿创新方法。在实践中，科技人文融合创新更多地表现为工程创新，因而会用到一些工程问题分析方法，如质量屋分析、标杆分析、逆向工程、全生命周期方法，以及头脑风暴等创造发明构思技法。



### 任务一 感受原始创新方法

原始创新方法简称“原创法”，是指创造出先前没有的人工事物。原创法的本质是联想、想象、类比、逆向、发散，在本源上可以回溯到向自然学习，如我们通常所说的“仿生法”。

#### ■ 分析发明车轮的原始创新方法

车轮是一项伟大的发明，它对人类的文明发展产生了重要影响。通过考古发现，车轮最早可以追溯到几千年前的古埃及文明。据推想，车轮滚动的概念源于利用滚动圆木搬运石头等重物的实践；后来人们将大树锯成圆片制成木轮，再将木橇安装在两个圆木轮中间制造出两轮车；再后来将圆盘中间挖空一部分，以减轻轮的自重。到了青铜器时代，出现了由轮辐将轮辋、轮毂连接而成的轮，这种轮的结构已经接近现代车轮。





对比用木车轮与用滚木搬运重物的异同点，感受发明车轮的创新方法，并填写下表。

搬运方法	易用性	省力程度	载重量	创新点	创新方法
用滚木搬运				—	—
用木车轮搬运					
创新方法：联想、想象、类比、逆向、发散……					

讨论：

1. 木车轮的滚动阻力有哪些？
2. 你还知道哪些重要的原创发明？试分析它们的创新点和创新方法。



## 任务二 体验改进创新方法——奔驰法(SCAMPER)

奔驰法（SCAMPER）是指能够激发人们提出新构想的七种改进或改变思考的方向，由美国心理学家罗伯特·艾伯尔整理并提出，后由中国学者用“代结应改他去重”七个中文单字作代号，以方便熟记这七种改进创新的方法。

改进方向	改进创新方法
Substituted, S	用什么取代
Combined, C	与什么结合
Adapt, A	怎样调整能更适应
Modify, M	修改哪些特质，如意义、颜色、声音、形式等
Put to other uses, P	用于非常规用途
Eliminate, E	去除、浓缩、精简
Rearrange, R	重组或重新安排产品的各个要素

人们通常所说的系统集成创新方法，在某种程度上也可以看作是奔驰法的一种有机组合。

### ■ 分析现代车轮创新中的奔驰法

现代车轮的结构与功能都比古代木车轮更复杂。从外观上看，现代车轮一般由轴、辘、辐、胎四个主体部分组成，除了轮胎之外，其他都由金属材料制造。运转的轴与轴座



之间通过滚动轴承结合,没有直接接触,因此轮子转动的时候阻力很小。现代车轮还有主动轮、从动轮、转向轮之分,它们的内部结构也有所不同。这些变化和进步蕴含着人类数千年探索的成果。



图 1-18 “奔驰一号”汽车(1885年)



对比古今车轮,将奔驰法在现代车轮改进过程中的应用填入下表。

车轮部件	轴	辘	辐	胎			
奔驰法							
奔驰法:代-S;结-C;应-A;改-M;他-P;去-E;重-R(可多选)							

**讨论:**为什么现代车轮有主动轮、从动轮和转向轮之分,而古代车轮没有?这种变化属于哪一种创新类型?

在解决阳台种植温箱的设计问题时,同学们发现之前提出的几种方案各有利弊,难以取舍。讨论后,同学们提出了“太阳能直接供热+电辅助加热”的折中方案。通过网络检索,同学们查到两种可供设计借鉴的相关技术产品——阳台豆芽种植架和育雏保温箱,希望综合这两项产品技术,设计出满意的阳台种植温箱。



### 任务三 体验模仿创新方法——逆向工程与标杆分析

逆向工程就是从某项产品实物中获取该产品的设计信息。它基于“学习—模仿—优化—创新”的过程,是设计与创新的基础手段,也是一种特殊的知识学习渠道。

逆向工程也称“反向工程”或“反求工程”,是以现代设计理论、方法、技术为基础,对已有产品进行解剖、分析、重构和再创造。

## 应用逆向工程迅速获得设计方案

逆向工程的直接应用就是从已有的相关产品中提取产品的设计信息，再经过“学习—模仿—优化—创新”的过程，迅速获得设计方案。这些设计信息包括：

1. 产品的功能以及实现功能的原理、工作条件和工作参数；
2. 产品的系统组成，包括机械、供电、控制，以及输入、输出关系；
3. 产品中物质、能量、力的传递与形式转换；
4. 产品中零部件的空间关系、装配关系、重要零部件的界面；
5. 零部件的材料、制造工艺、装配流程，零部件之间的连接方式、紧固件类型。



### 马上行动

电热辅助式阳台种植温箱是同学们提出的又一种创意设计，如图1-19所示，其做法是：

1. 购买阳台豆芽种植架，作为温箱框架结构，外围增加透明隔热的覆盖材料，构成基本的太阳能直接供热种植用温箱。
2. 购买温室大棚温度控制器，破解原理，调整参数，改造后移植到种植温箱中，实现箱内恒温控制。



图 1-19 电热辅助式阳台种植温箱创意设计

#### 具体步骤：

1. 对温室大棚温度控制器成品进行拆解并通过逆向工程分析方法，探究其中电热温度控制系统工作原理。
2. 依据种植温箱的功能要求，改变温度控制器设计参数，使其符合种植温箱的温度控制目标。
3. 对设计方案作材料成本预算。

## 思维碰撞

通过逆向工程复制别人开发的产品，要比自己重新设计创造容易很多，三维打印技术的应用更使逆向工程如虎添翼，这也导致因抄袭行为引起专利侵权诉讼的案件越来越多。请就以下问题开展分组讨论：

1. 应用逆向工程分析方法在什么情况下会造成专利侵权？在什么情况下不会造成专利侵权？
2. 作为产品设计者，有没有必要避免自己的设计作品被人抄袭？有没有办法避免自己的设计作品被人抄袭？

## 标杆分析方法

标杆分析又称“基准化分析”“标杆管理”，指选择恰当的“测量点”和“基准点”，将某项活动与从事该项活动最佳者进行比较，从而提取出行动的方法，以弥补自身的不足。

逆向工程也可以理解为以物化产品为对象的标杆分析，两者都是基于“学习—模仿—优化—创新”的过程。标杆分析更注重功能、性能、参数的指标比较，这有助于逆向工程对产品的重构和再创造，不致陷入对产品创新措施与外观形态的机械复制。

## 马上行动

通过标杆分析，判断将成品“电热恒温控制系统”移植到“电热辅助式阳台种植温箱”中，用作温度自动控制器的可行性。

标杆要素	
标杆对象	分析（管理）项目
项目设计的目标	被移植或改造的对象
种植温箱的温度自动控制系统	温室大棚温度控制器

选定的用于比较的指标体系

箱内	空间体积	温度范围	温度允许偏差	热容量	
箱外	环境	气温变化幅度	气温变化时间	日照影响	

讨论：

1. 系统中电加热器的功率大小会影响指标体系中的哪些参数？
2. 温度允许偏差大小与控制手段（开环或闭环）有什么关系？





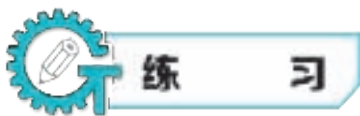
## 生命周期与全生命周期

一件新产品自开发过程结束投入市场开始到被淘汰为止，都要经历投入、成长、成熟到衰老的过程，这一过程被称为产品的生命周期。如果把生命周期的前端延伸到产品的设计开发、生产制造阶段，则被称为产品的全生命周期。

从产品用户角度看，一项产品的全生命周期费用（包括购置费、安装费、使用维护费等）高低是用户接受该产品的重要考量；从设计开发者角度看，降低产品的制造成本和日常使用支出，是绿色节能环保理念的具体落实，有助于提高产品的市场竞争力，并获得更高的产品利润。综合评价产品的费用开支是科技人文融合创新的重要内容与环节。



原始创新方法、改进创新方法与模仿创新方法，它们三者间的关系如何？使用条件有什么不同？

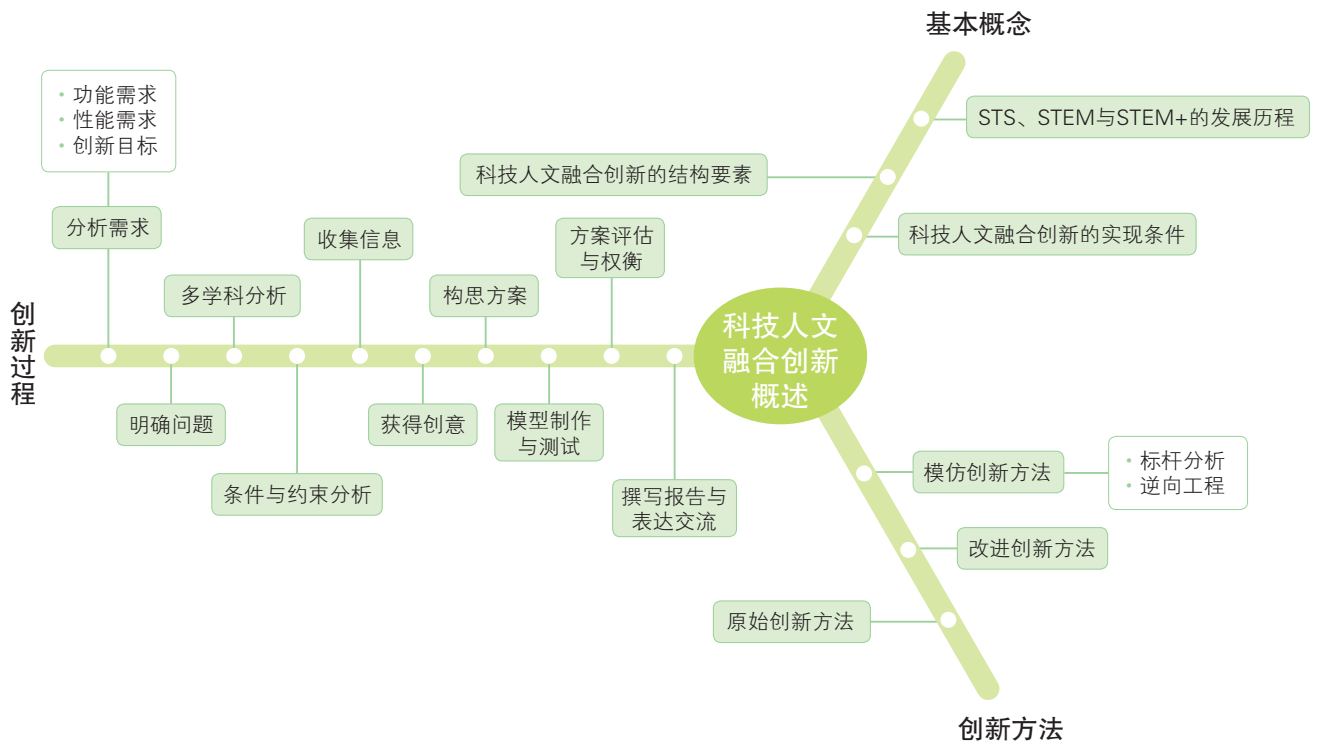


1. 长时间户外活动，人们常常遭遇手机或笔记本电脑电池电量耗尽，且无处充电的困扰。以充电背包的设计创新为主题，进行项目需求分析，将其作为质量屋的输入，转化为工程措施目标值，并选定相关度最高的一项产品作为“标杆产品”做竞争者评估。

2. 将燃油汽车与电动汽车做全生命周期对比分析，评估两种产品的优劣。

3. 标杆分析与逆向工程是两种工程设计方法，区别是明显的，它们之间有什么联系？

## 单元小结



## 综合实践

假如你打算进行一项被称为“太阳能暖屋”的设计创新活动，请描述该项目期待的设计目标：从功能需求、性能需求和创新目标三个层次进行需求分析；判断这些需求中的哪些已经变成现实，哪些还没有，你可能会选择哪些进行创新设计？经历设计过程，获得该项目的创新设计方案。

## 第一单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
理解科技人文融合创新理念的发展历程 (TA)			
理解科技人文融合创新理念的内涵、组成结构与条件 (TA、ET)			
理解学习领域融合对知识创新的意义 (TA、ET)			
能够比较和分析科学、技术、工程、艺术、数学、社会各学科之间的区别与联系 (TA、ET)			
认识科技人文融合创新的一般过程 (TA、ET)			
认识科技人文融合创新的常用方法 (ID、TD、CM)			
了解从事科技人文融合创新项目活动的工具、材料、图样、工艺、试验等技术要素 (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	



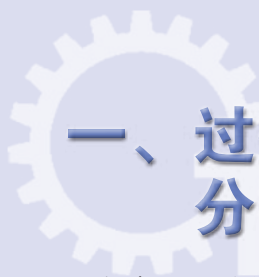
## 第二单元

# 过街天桥的创新设计与实践

- 一 过街天桥的设计分析
- 二 过街天桥的方案设计
- 三 过街天桥的模型制作与验证

《说文解字》释：桥，水梁也。从木，乔声。骈木为之者。独木者曰杠。  
原始的桥，架树木跨水，供人通行；《诗经·大雅·大明》述“造舟为梁”  
指：排列船只，跨船铺板，搭成浮桥。





# 一、过街天桥的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题
- 任务二 探究主要桥式结构及其力学原理



## 学习目标

1. 掌握从实际情境分析需求和明确问题的方法。
2. 通过桥梁的设计与分析，探究其中蕴含的科学原理。



## 走进情境

滨海中学为了联通马路两侧的新老校区以方便师生通行，需要建造一座人行过街天桥。老师给“鲁班小组”布置了设计过街天桥的任务。同学们提出了许多想法，有同学认为天桥的造型要别具一格，体现学校的办学特色；也有同学认为要传承中华桥文化的精华，建造一座贯木拱结构的虹桥……



## 任务一 分析需求与明确问题

“鲁班小组”实地勘测得知：天桥将要跨越的道路为双向4车道主路，两侧还各设有非机动车道和人行道，主车道与非机动车道之间有2 m宽的绿化隔离带，道路区域总宽度为50 m。

根据情境描述，桥的长度要超过50 m；跨越的道路中有2条绿化隔离带，可以设置桥墩；桥上供行人安全通行，桥下应该留足空间高度，保证城市道路车辆畅通；桥梁设计还应该外形美观、安全可靠、功能适用和预算合理。

### 明确桥梁的技术创新目标——安全与实用

建造一座现代桥梁首先要考虑桥梁的用户需求，如桥的用途，桥的长、宽、高、跨径等尺度，桥墩的位置，荷载量要求，工期与预算……因此，可以按照功能需求、性能需求、创新目标三个层次来梳理和明确问题，为后续的设计奠定基础。



## 马上行动

依据问题情境，列出“过街天桥”设计项目的功能需求，并分析性能需求和创新目标，填写下表。



功能需求	性能需求	创新目标	重要性

### 思维碰撞

1. 前面的描述中，还缺少哪些设计桥梁必须明确的用户需求信息？
2. 建设部颁布的《城市人行天桥与人行地道技术规范》（1996年9月1日实施）中提出“适用、安全、经济、美观”的规范要求，这涉及用户需求的哪些层次？

### 明确桥梁的审美创新目标——美观与文化内涵

中国是桥的国度，那些曾经遍布神州大地的桥，如今还保留着卢沟桥、广济桥、赵州桥等经典之作。桥自古以来与文化相伴，记录了历史和文明的进程。在现代，中国依然续写着桥梁大国的辉煌，被外媒誉为“新世界七大奇迹”之一的港珠澳大桥，是世界上最长的跨海大桥。



图 2-1 港珠澳大桥

### 案例分析

#### 江南水乡的古石桥

江南水乡现存古石桥的数量和密度均为国内罕见，其中又以乌镇的桥最为著名。据载，乌镇桥梁最多的时候达150多座，有“百步一桥”之说，堪称古桥博物馆。阮仪三在《周庄桥话》一文中说：“桥是水乡里水陆交通的纽带，在江南平直的地平线上，拱背隆起，环洞圆润，打破单调和平直的田野平畴，将远山近水烘托得那样调和，把水面与陆地紧密地连接起来。”但由于风雨侵蚀、船撞石坍、城镇改建、运河拓宽等原因，有些古桥已经消失了。

讨论：

1. 江南水乡为何盛行建造石桥，它传递了哪些文化与社会信息？
2. 现代城镇中的过街天桥是否也可以采用石拱桥结构，为什么？



图 2-2 古石桥

### 失而复得的贯木拱桥

1953年，桥梁学家唐寰澄注意到《清明上河图》画中“汴水虹桥”的木拱结构，并展开研究，首次发现了这种古代木桥的特殊桥式，但在很长一段时间内，科学界都以为这种木拱桥已经失传。直到20世纪70年代末，文物工作者又在浙南和闽东北地区再次发现具有贯木拱特征的木拱古廊桥，且数量达100多座。此后，这种贯木拱结构和它的建造技术引起世界范围内的关注。



图 2-3 《清明上河图》局部

#### 讨论：

1. 浙南和闽东北地区为何盛行建造贯木拱桥，它传递了哪些文化与社会信息？
2. 现代城镇中的过街天桥是否可以采用贯木拱桥结构，为什么？
3. 如果用钢材替代原木，是否也可以搭建贯木拱桥结构，为什么？

## 多学科及其融合视角分析桥梁问题

人类造桥的构想源于自然中的天然桥，那些轰然倒下的树木、崩塌的巨石，以及蜿蜒生长的藤萝，恰巧跨越了水道或峡谷，成为沟通两岸的“桥”。古人受到启发，产生造桥的想法。但人造桥与天然形成的独木桥或独石桥在结构上有本质的区别：第一，人造桥突破材料长度的限制，跨度超越单独材料的长度；第二，人造桥突破材料刚性的限制，可以用柔软的材料建构刚性的结构。人造桥不仅蕴含了人类创新设计的智慧，还涉及科学、技术、工程、数学、艺术等多学科问题。



### 马上行动

分析搭建过街天桥的问题情境，明确功能要求与性能指标，将下表所列项目中蕴含的多学科问题线索具体化，并找出其中的制约因素及其约束关系。

学科（领域）	问题线索
物理	力学
技术	人机关系、环保节能、结构稳固、配套设施
实用	桥上行人通行、桥下车辆通行、照明、遮阳、挡风雨、养护
气候	所在地的气候条件对项目的影响
材料	机械强度、寿命、可加工性、自重、获取方式
环境	项目对环境的依赖、项目对环境的影响



(续表)

学科(领域)	问题线索
工程	造价、搭建难度、验收方法、全生命周期成本
人文	外形美观、协调、安全可靠、法律法规、民俗习惯
社会	项目利益相关各方的权利与义务、促进社会和谐与文明进步

## ■ 约束与创新条件分析

受到科学技术水平以及建造材料的限制,古代的桥通常规模较小。例如,建于隋代的赵州桥,桥长50.82 m,跨径37.02 m,桥高7.23 m,两端宽9.6 m。这座享誉千余年的“天下第一桥”,在尺度上仅相当于现代城市中的一座普通过街天桥。现代的桥在功能上也有很大扩展,有长达几十千米以上的跨海大桥,有穿越整个城区的高架公路桥,也有为跨越其他道路而修建的立交桥、跨线桥、过街桥。桥依据通行对象不同而分为公路桥、铁路桥、人行桥,甚至有为引水而建的过水桥,为输油或铺设电力、通信线路而建设的管线桥。在城市化发展的过程中,过街天桥已构成城市的一种重要基础设施和景观。



分析过街天桥设计中的约束条件,确定设置桥墩的数量,增加或减少桥墩数量,这些都会受多种因素制约。请分析其中的约束因素,填写在下表中。



图 2-4 过街天桥

对象	变化方向	约束因素及约束关系分析
桥墩的数量	增加	功能_____; 美观_____; 位置_____; STEAMS其他因子_____
	减少	荷载_____; 科学_____; 安全_____; STEAMS其他因子_____

**讨论:** 创新方案的设计受多种约束与条件的制约,在过街天桥设计中,桥墩数量、桥墩位置、桥式与结构、建筑材料、荷载要求、通行能力等,相互形成了哪些约束?

## 任务二 探究主要桥式结构及其力学原理

从力学角度看，桥跨结构的受力类型多种多样。据此可以把桥梁分为梁式、拱式、悬索、斜拉四种基本桥式，以及它们之间的各种组合形式。

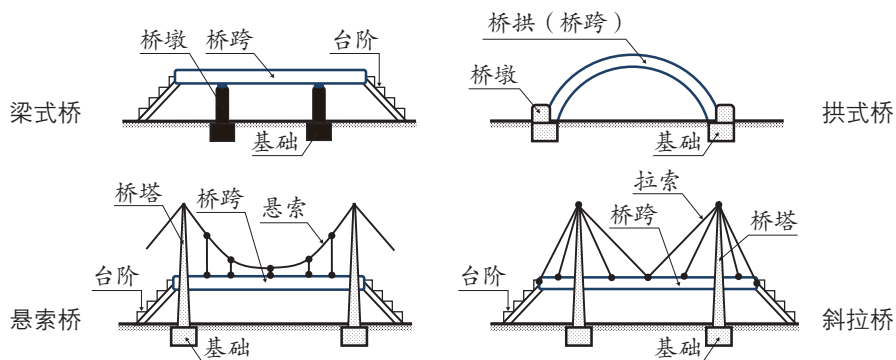


图 2-5 基本桥式

### 分析四种基本桥式中承重构件的应力类型

桥梁一般由主桥和引桥组成。人行天桥常以台阶坡道为引桥，适合行人步行通过。在四种基本桥式的主桥中都包含桥跨和桥墩，两者承担着桥梁自重以及荷载的全部压力。



#### 马上行动

分析荷载在四种基本桥式结构中，桥跨的应力性质（拉、压、剪、弯）以及桥墩的受力方向。

桥式	桥跨的应力性质	桥墩的受力方向
梁式		
拱式		
悬索		
斜拉		



#### 思维碰撞

1. 古代用树木、石块、绳索三种材料造桥，它们分别适合以何种桥式造桥？为什么？
2. 钢铁是现代桥梁建造的主要材料，钢铁材料不仅强度高，而且可以根据需要加工成板材、管材等样式。如果限定以钢铁为材料建造过街天桥的主要承重构件，可以选择哪些桥式？

### 认识梁式桥的结构

在四种基本桥式中，梁式桥不仅出现时间最早，还是现代桥梁中应用最多的一种结构形式。





古代的梁式桥是利用整根原木或者整块长石板作为桥跨，架于两岸桥墩之间。现代梁式桥的桥跨一般以钢铁或钢筋混凝土为材，构筑成如图2-6甲所示壳体结构的，称为箱梁桥；以杆件连成如图2-6乙所示桁架结构的，称为桁架梁桥。这两种结构的建筑材料都能得到充分利用，而且自重较轻，跨越能力较大。

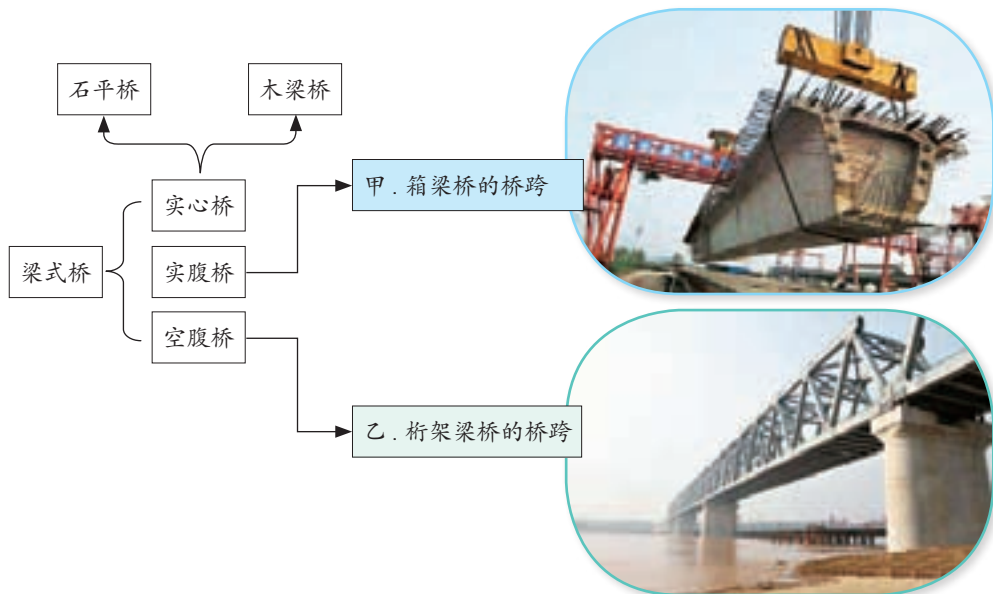


图 2-6 箱梁桥与桁架梁桥



1. 定性分析——分析梁式桥的两种桥跨结构（箱梁、桁架梁）在荷载作用下，各组成部件的应力，并填入下表。

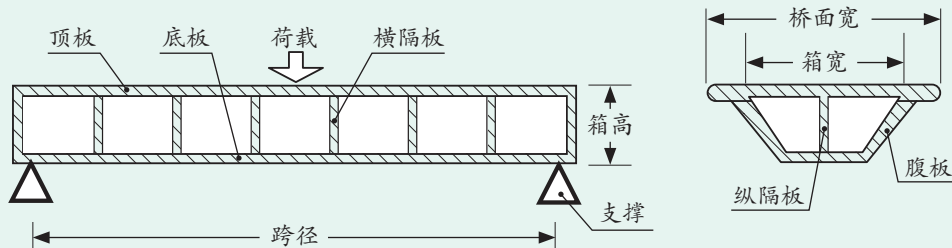


图 2-7 箱梁桥分析

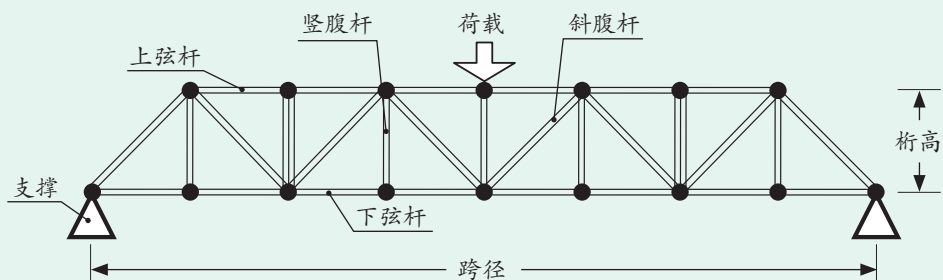


图 2-8 桁架梁桥分析

箱梁结构	应力性质	桁架梁结构	应力性质
顶板		上弦杆	
底板		下弦杆	
腹板		竖腹杆	
横隔板		斜腹杆	
纵隔板			
应力性质：拉、压、剪、弯			

2. 定量分析——估算梁式桥主要构件的应力大小。

假设荷载作用于桥面中心，不计桥的自重，分析估算：

- (1) 箱梁结构底板的应力大小；
- (2) 桁架梁结构下弦杆的应力大小；
- (3) 依据估算，分别判断箱梁结构、桁架梁结构中，哪个部件承受的应力最大。



在箱梁结构中，箱高与跨径的比值称为“高跨比”。在其他条件相同的情况下，“高跨比”与桥梁的荷载能力有何关系？

## 工程中的数学问题

准确计算箱梁或桁架梁结构内部构件的应力是比较复杂的工程计算，涉及超静定结构力学分析。若基于高中物理所学的静力学方法，则需要合理简化问题，将对象（被分析的构件）之外的结构抽象为若干刚体的组合，突出对象受力，才可以分析估算，得出近似结论，理解结构的原理。例如，如图2-9所示，将箱梁结构抽象为左右两个刚体的拼合，就容易推导出在荷载作用下，正下方底板处所受张力  $T$  与荷载  $F$ 、箱高  $h$ 、跨径  $l$  之间的关系，其中张力  $T$  就是与底板拉应力对应的力。

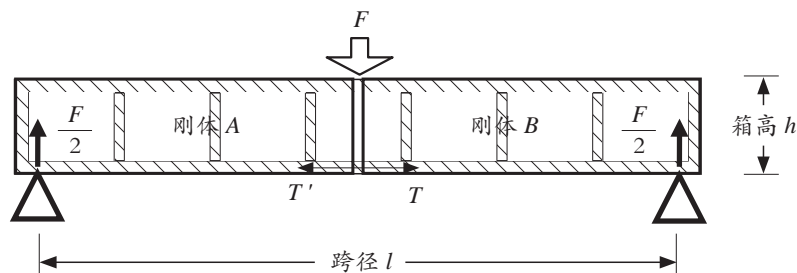


图 2-9 箱梁结构受力分析



## 拓展阅读

### 预应力钢筋混凝土结构

在混凝土构件投入使用之前，预先给混凝土一个预压力，即在混凝土的受拉区内，用专用设备将钢筋进行张拉并固定，利用钢筋的回缩力，使混凝土受拉区预先受压力。这种储存在构件内部的预压力，在构件承受由外荷载产生的拉力时，首先抵消受拉区混凝土中的预压力，然后随荷载增加，才使混凝土受拉。这种技术方法能限制混凝土的伸长，避免混凝土过早出现裂缝，在需要承担荷载的钢筋混凝土构件中获得广泛应用。



## 学习反思

圆弧拱造型如彩虹，有“彩虹似桥”或者“桥如彩虹”的美好寓意。中国人喜欢拱桥胜过平桥。但是，实际生活中遍布城镇街区的新建桥却少见“拱形”和“悬索”的身影，为什么会这样呢？能否从前面的学习中找到答案？



## 练习

- 外观呈现为拱形的桥，是否都可以称为“拱桥”？为什么？
- 建设部颁布的《城市人行天桥与人行地道技术规范》中规定：“为避免共振，减少行人不安全感，天桥上部结构竖向共振频率不应小于3 Hz。”
  - 共振对桥梁结构有何危害？
  - 共振频率由哪些建筑因素所决定？
  - 为何共振频率宜高不宜低？
- 斜拉桥是将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，跨度越大桥塔就越高，例如苏通大桥的主跨长1 088 m，主塔高300 m。为什么桥塔要建这么高？
- 桁架结构与贯木拱结构都由杆件系统组成，而且杆件之间的连接都属于铰连接。请分析对比两者的异同，填写下表。

结构	杆件受力的性质	适合的建造材料	最早应用的年代	大量应用的年代	主要应用领域	典型工程案例
桁架结构						
贯木拱结构						

## 二、过街天桥的方案设计

### 学习目标

- 任务一 选择过街天桥的桥式
- 任务二 方案的设计与表达

1. 通过设计过街天桥，理解桥梁与社会、文化的关系。
2. 掌握桥梁结构的选择和材料的选取等技术知识与工程知识。

### 走进情境

同学们根据过街天桥的功能要求，提出了一些设计方案：有人认为可以做成木拱桥的样式，造型轻盈秀美，如彩虹般沟通新老校区，具有独特的审美价值；也有人提出以不锈钢为骨架，辅以透明的钢化玻璃，做成能够遮风挡雨、具有现代风格的风雨廊桥……

桥梁的设计过程一般包括桥式的选择、建造材料的选择、桥梁构件的设计、装饰设计、施工设计等内容。其中，桥式主要由材料决定，桥式不同，桥的外观也有显著差异，由此形成了不同的建筑风格。

### 任务一 选择过街天桥的桥式

古代以木、石、绳索造桥，桥式相对简单。现代更多地采用钢筋混凝土材料和金属构件等建造桥梁，现代大型桥梁中很多采用钢悬索桥结构，如四渡河大桥、矮寨大桥等。玻璃钢、铝合金、碳纤维等轻质新材料的广泛应用，促进了斜拉、箱梁、桁架等新桥式的变革，开创了桥式多样化的新格局。

#### 对比主要桥式的特点

生活中常见的桥式大多以四种基本桥式为基础，再辅以建造材料和桥跨结构类型的差异。还有一些桥梁采用了这些桥式的组合，如苏通大桥是钢箱梁与斜拉的组合，沪通长江大桥是钢桁梁与斜拉的组合，港珠澳大桥则是更加复杂的桥隧组合……



图 2-10 苏通大桥



查阅资料，获取表中所列桥式的相关信息，填写下表：

桥式	桥墩应力类型	桥跨应力类型	____应力类型	荷载能力等级对比	造型风格审美特征	产生年代
木拱						
贯木拱						
石拱						
悬索						
箱梁						
桁架						
斜拉						
应力类型：拉、压、剪、弯						

## 对比建筑材料

如今可用于建造过街天桥的材料有很多种，每一种材料特性各异，通常依据桥的规模与载荷量要求，对预算、耐用性、施工可操作性等因素加以考虑，选择合适的材料，并且采用适当的结构类型，以提高材料的利用率和发挥其最佳性能。



为过街天桥的主要构件选择合适的建筑材料，完成图表。

桥的构件

- 桥跨 ●
- 桥面 ●
- 护栏 ●
- 桥墩 ●
- 基础 ●
- 支座 ●

画线连接

建筑材料：选材主要原因

- 木材： \_\_\_\_\_
- 石材： \_\_\_\_\_
- 钢板材： \_\_\_\_\_
- 钢型材： \_\_\_\_\_
- 混凝土： \_\_\_\_\_
- 钢筋+混凝土： \_\_\_\_\_
- 玻璃： \_\_\_\_\_
- 塑料： \_\_\_\_\_





## 拓展阅读

## 几种主要建筑材料的特点

建筑材料	价格	密度	耐用性	施工难易	强度特点
木材	中	小	一般	容易	易裂、易弯曲、抗拉
石材	中	很大	永久	一般	硬、抗压
钢板材	高	大	优良	容易	硬、易弯曲、抗拉
钢型材	高	大	优良	容易	硬、抗拉
混凝土(水泥)	低	较大	优良	容易	硬、抗压
钢筋+混凝土	中低	较大	优良	一般	硬、抗压、抗拉
玻璃	中	很大	永久	一般	特硬、易碎
塑料	低	很小	差	非常容易	软、易弯曲

## 选择过街天桥的桥式

由于跨越城镇道路的人行天桥通行对象单一、荷载量小,属于小型桥梁,因此,桥式的选择应重点考虑外形。



## 马上行动

1. 如果确定以钢板材为主要材料造桥,请根据过街天桥的用户需求,进一步为桥梁选定恰当的桥式,并说明选择的依据。
2. 如图2-11所示是一款过街天桥的概念设计,回答下列问题:
  - (1) 该桥属于哪种桥式?
  - (2) 应该选择何种材料来建造?
  - (3) 相对公路桥,人行桥的荷载量较小,需要简化哪些结构要素?



图 2-11 城镇道路人行过街天桥概念设计图



## 任务二 方案的设计与表达

设计方案的表达要反映完整的设计思维，一般运用结构设计草图、外观设计图、施工流程图等技术语言的方式呈现，辅以必要的文字说明，用以阐明设计的目标、实施方法、材料选取以及预期效果。



选择恰当的图形化技术语言，如草图、三视图、流程图、数据图表等，辅以文字说明，描述过街天桥的设计方案。重点描述以下设计内容并准确标注主要构件的几何尺寸、材质构成等基本结构参数。

- 总体结构设计方案，要求呈现桥的系统组成、各构件的外形特征，以及它们之间的相互关系，标注尺寸。
- 桥跨、桥墩的结构设计，要求准确呈现结构的类型特征，以及材料的连接关系，标注尺寸。
- 外观设计方案的表达，要求呈现引桥、风雨棚、护栏、外形景观、照明。
- 施工方法的设计，包括施工进度表，制订施工期间车辆、行人安全疏导方案。

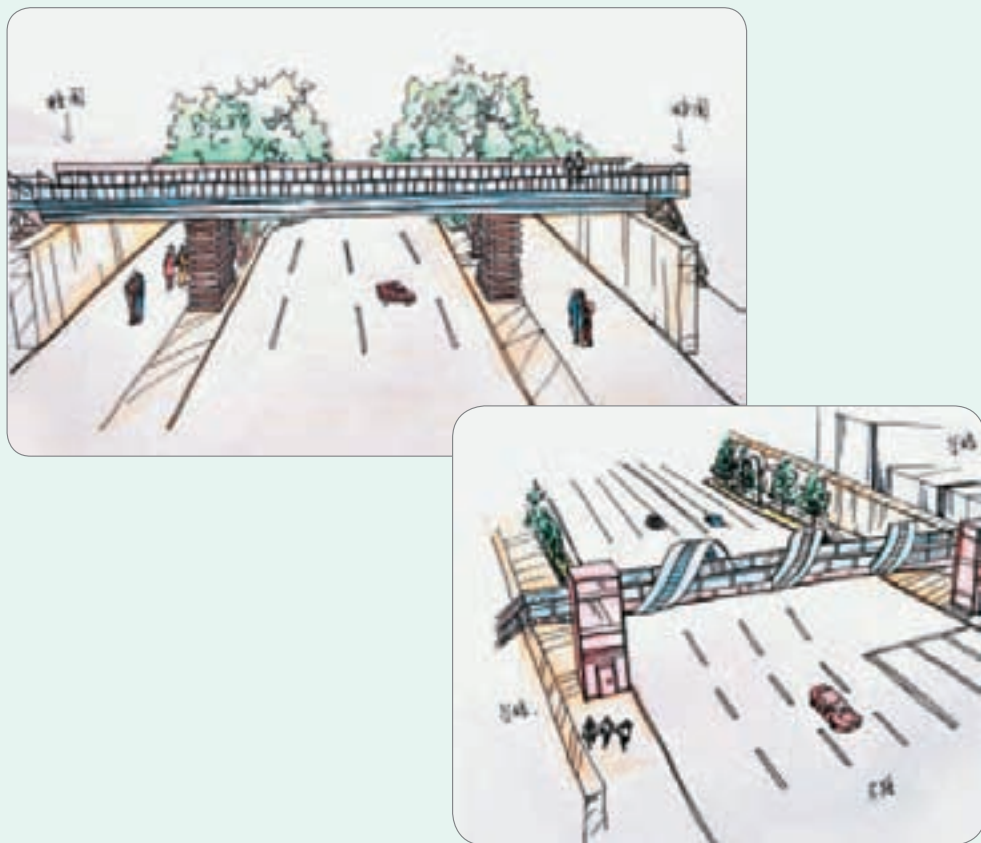


图 2-12 过街天桥的外观设计草图参考案例



### 思维碰撞

1. 人行天桥设计要求中一般有通行能力、净宽、净高、荷载量等参数。查阅资料,了解行业标准中这些参数有什么含义? 有哪些具体要求?
2. 城镇桥梁施工应确保安全,做到优质、快速、文明。应该如何组织施工,才能做到不影响或者少影响当地交通?



### 学习反思

现代桥梁的设计注重创设合理的人机关系,你认为在进行过街天桥设计时,从结构和材料的选择上应注意哪些问题?



### 练习

真实的过街天桥在其生命周期内将承受结构重力、预加应力、水的浮力等永久荷载,以及人群、风力、雪重力、温度影响等可变荷载的共同作用,也有可能承受地震冲击力、汽车撞击力等偶然荷载的作用。

- (1) 这些荷载有什么特点? 力的方向如何?
- (2) 在工程思考上应该采取什么措施来应对?

# 三、过街天桥的模型制作与验证

- 任务一 设计与制作模型
- 任务二 测试与优化模型
- 任务三 项目总结与反思



## 学习目标

1. 区分模型与原型，体验创新的物化过程。
2. 通过过街天桥模型的荷载试验，理解结构设计中模型验证的原理，掌握基本方法。
3. 掌握项目总结报告的表达方式。



## 走进情境

通过前期工作，“鲁班小组”的同学们设计了以箱梁为桥跨，用四个桥墩支撑桥跨，桥面上方搭建有机玻璃风雨棚的“廊桥方案”。为了直观感受过街天桥设计的外观形态和探究零部件之间的相互关系，需要依据设计方案搭建桥的微缩模型，验证结构设计的承重功能，查找结构的强度薄弱点，以便优化改进。



## 任务一 设计与制作模型

桥梁模型是按比例对原型的微缩。为了确保实现验证原型设计的承重功能，所制作模型的材料和结构特征也应与原型设计相同，但通常情况下很难达到制作模型的材料与原型相同，如原型用钢板建造，模型很难也用钢板来制作，通常会选择加工相对容易的材料来代替。由于模型制作的材料选择与制作方法都需要重新考虑，因此模型设计是相对于原型设计的再设计过程。



## 技术体验

### 过街天桥模型的制作

#### 体验目的：

体验从原形方案到模型制作的再设计过程，了解建筑物结构与建筑材料的关系，感受建筑物外形与景观设计的实际效果。

#### 情境展示：

“鲁班小组”的同学们在完成了过街天桥的方案设计后，决定动手制作一个过街天桥模型，为测试和优化提供依据。

#### 问题分析：

以纸板为材料制作桥的建筑模型，主要操作有切割、弯折、黏合。黏合较厚、较硬的纸板有一定的难度，增加纸板黏合处的接触面积，可以有效地提高黏合强度。

**活动准备：**

材料：600 mm × 400 mm × 1.5 mm 硬纸板、热熔胶棒、600 mm × 400 mm × 2.5 mm PVC发泡板、 $\phi 16$  mm PVC管、绘图纸。

工具：铅笔、橡皮擦、直角三角尺、裁纸刀、钢直尺、切割垫板、热熔胶枪。

**主要过程：**

1. 折叠硬纸板，构成箱梁结构的桥跨。
2. 用手锯截取PVC管制作桥墩。
3. 用裁纸刀切割PVC发泡板制作桥面、引桥、步行阶梯、风雨棚及护栏。
4. 组装桥墩、桥跨、桥面、引桥、步行阶梯、风雨棚等部件，组成可拆卸的拼装组合结构桥整体模型。

**技术提示**

热熔胶比较容易操作，合成胶水和白乳胶的凝固时间较长，需要配合使用夹具固定，才能获得满意的效果。

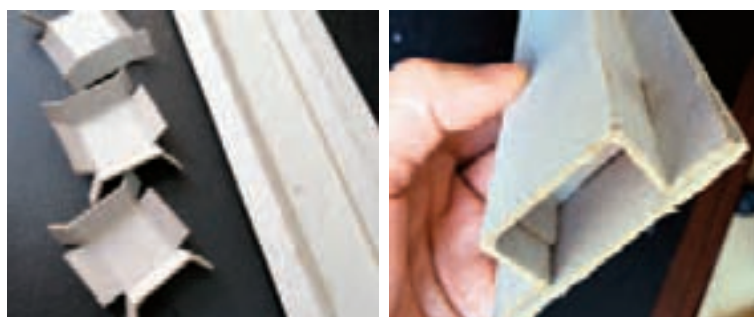
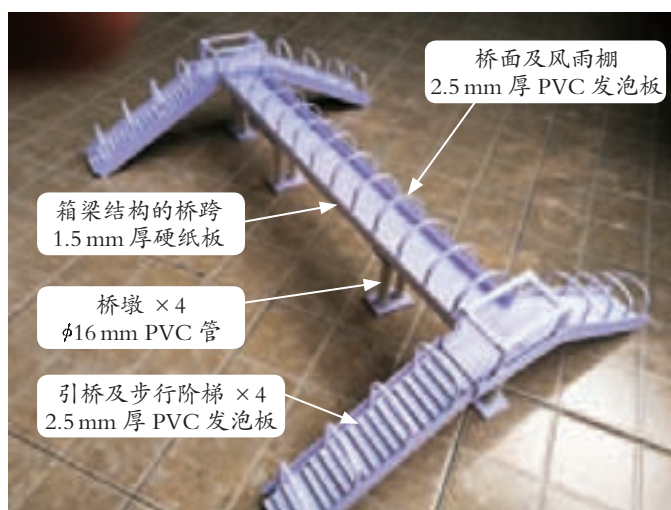


图 2-13 折叠硬纸板构成箱梁结构的参考方案



模型由桥墩、桥跨、桥面、引桥、步行阶梯、风雨棚等部件组成，部件之间采用了可拆卸的拼装组合

图 2-14 人行过街天桥模型的一种设计参考

**讨论：**

过街天桥原型的桥跨建造材料是钢板材，模型材料用硬纸板替代，这两种材料的力学特性不同，你认为应如何改进才能使两者的力学特性具有更多的相似性？





## 任务二 测试与优化模型

桥梁模型制作完成后，需要进行荷载试验。通常是用人力施压或者在桥跨上尝试悬挂、堆叠重物，观察桥跨的变形情况，验证结构承重功能的实际效果，查找结构的强度薄弱点，以便进一步优化与改进。



1. 测试——通过荷载试验，验证主桥结构的承重能力。

主桥的承重构件由桥跨与桥墩组成。为更方便施加配重物，可先移除模型的桥面构件，裸露出桥跨，然后在桥跨上摆放配重物，并逐步递增配重，观察桥跨及桥墩的变形情况，记录数据填写下表（填写摆放矿泉水瓶的数量）。

桥跨结构	可察觉的形变	变形显著	裂缝/垮塌/折断
无隔板箱梁			
4隔板箱梁			
8隔板箱梁			



图 2-15 荷载试验

2. 优化——通过荷载试验，确定箱梁中隔板的设置位置及数量，优化桥跨结构。

在箱梁结构中，内部的隔板可以起到提高荷载能力的作用，为了验证设置隔板的实际作用以及确定使用隔板的数量，可尝试制作几条长、宽、高规格相同仅隔板数量或位置不同的箱梁结构桥跨，做荷载对比试验。



用人力施压或悬挂、堆叠重物的方法进行荷载试验，只能进行定性观察，无法获得精确试验数据。因为模型桥跨的宽度较小，叠放重物的数量有限，压力达不到荷载值，便观察不到试验结果，更无法对局部小区域定点施加大压力，进行精准试验。应该如何解决这一问题？



## 任务三 项目总结与反思

建造桥梁需要有效地利用各种材料砌筑跨空承重结构，要选择易于获取的材料，尽可能地实现更大的跨径和承重力，满足人们的功能需求。因为桥梁是大型建筑物，所以它的外观需要符合人们的审美，并要与周围的环境相融。

桥梁的设计需要解决材料、跨空、承重等技术要素，外观、实用性和造价等人文要素之间的相互制约关系也是需要考虑的，通过方案的比较与权衡，寻求科学、技术、工程、艺术、数学、人文、社会等各因素的通约性。



## 马上行动

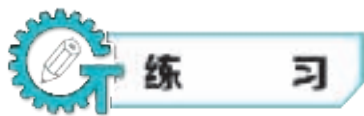
通过过街人行天桥的设计与模型制作项目活动，聚焦材料选择、桥式选择、结构设计、审美设计、模型制作实践、测试评估等活动环节，研究了桥梁设计与建造的相关科学、技术问题。请根据项目活动的过程，填写下表。

项目名称		
背景和意义		
研究方法		
理论依据与科学原理		
活动过程		
创新点	科学性	
	新颖性	
	实用性	
反思	存在问题	
	改进设想	
材料附件		含设计图、参数表、实物照片、活动过程照片、使用说明等
自我评价		



## 学习反思

本节确立的模型活动目标有四个：（1）直观感受过街天桥原型设计的外观形态；（2）直观感受零部件之间的相互关系；（3）验证结构设计的承重功能；（4）查找结构的强度薄弱点，以便进一步优化与改进。在经历了这些实践活动后，回顾自己是否实现了这几个目标，还有哪些问题尚待解决？

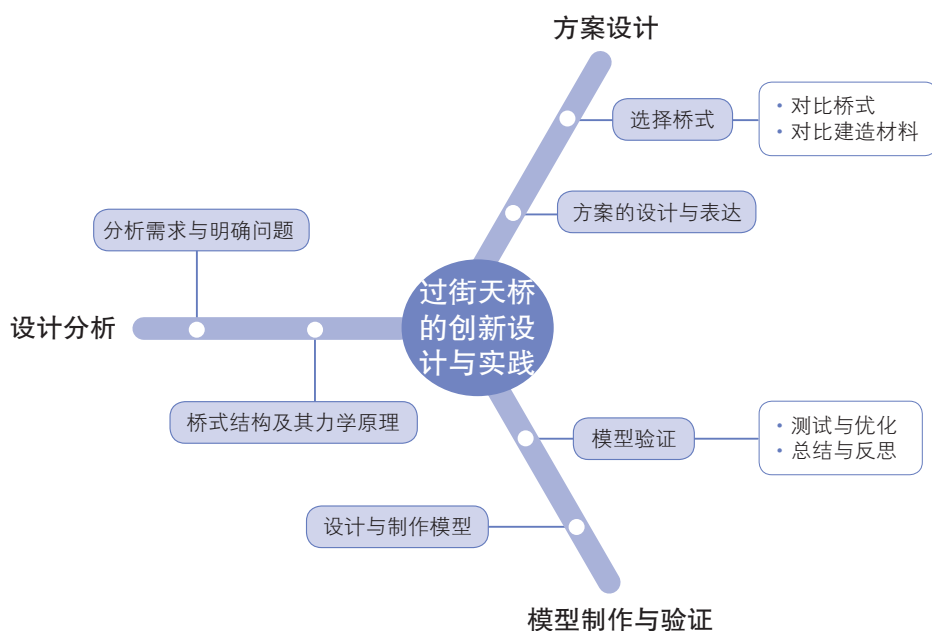


## 练习

箱梁桥的桥跨是过街天桥的主要承重构件，也是桥梁设计与模型制作的重点内容。有同学提出用胶合板（木质人造板）、塑料板、有机玻璃板等强度更大的材料制作桥跨，或者用铝型材或木条直接替代箱梁作桥跨，也有同学提出用三维打印机整体打印桥跨结构的设想。这些材料选择、制作方法可能获得比硬纸板桥跨更大的荷载能力。

- （1）选用硬纸板材料的原因是什么？
- （2）这些材料选择、制作方法有什么利弊？

## 单元小结

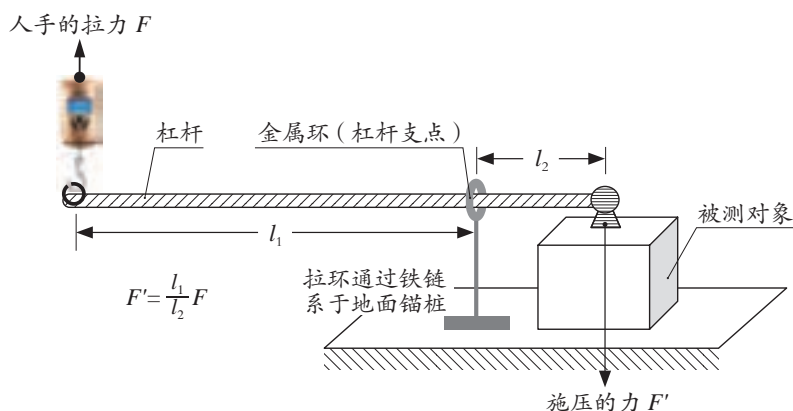


## 综合实践

设计并制作一种简易荷载试验装置，解决“用人力施压或悬挂、堆叠重物的方法进行荷载试验，无法获得精确试验数据”的问题。

如图所示是基于杠杆原理的一种简易承重试验装置设计图。依靠操作者手的力量施压，以手提电子测力计测量压力大小，省去专业测试装置中复杂的机械施压机构，大大地简化了装置结构，容易自制。

如果选择量程为0~500 N的普通手提电子测力计，通过杠杆很容易达到0~2500 N荷载值试验范围，这个范围可以满足大多数模型荷载试验的要求。



(1) 应如何消除杠杆自重对测量准确性的影响？

(2) 当 $l_1 > l_2$ 时， $F' > F$ ，为省力杠杆。在进行荷载试验时，有没有可能需要用到 $l_1 < l_2$ 的杠杆？

## 第二单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
认识基本桥式的结构，感受桥结构的丰富性（TA）			
进行简单的受力分析，辨析桥结构的一般分类（ET、TD）			
能描述哪些因素对桥结构的稳定性、强度产生影响（ET）			
能说明结构、材料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桥结构（TA、ET）			
能根据用户需求进行桥方案设计并绘制设计图样（ID、TD）			
能选择合适的设计方案，做出桥模型并进行功能测试（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	



## 第三单元

# 太阳能小车的创新设计与实践

- 一 太阳能小车的设计分析
- 二 太阳能小车的设计与制作
- 三 太阳能小车的测试与优化

《尚书·益稷》云“予乘四载，随山刊木”，这是大禹自述其治水经过时讲的。四载指“水行乘舟，陆行乘车，泥行乘橇，山行乘櫟”。“櫟”即轿子，宋代以前也称之为肩舆。“舆”即车厢，肩舆指扛在人肩膀上的车厢，是中国古代独特的交通工具。由此可见，早在公元前2250年，中国就有了舟、车、橇、櫟这四种交通工具，其中依靠“轮”行进的“车”发展成今天最重要的交通工具。



# 一、太阳能小车的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题
- 任务二 探究车载太阳能发电系统的科学问题
- 任务三 探究太阳能小车的系统组成



## 学习目标

1. 通过设计分析，理解车辆的基本系统构成。
2. 理解利用太阳能驱动车辆的技术原理，以及其中蕴含的能源与动力、机械与结构、节能与环保等科学问题。



## 走进情境

每当到了夏天，露天停放的汽车被太阳暴晒一段时间后，密闭车厢内的温度就会飙升到令人难以忍受的程度。普照大地万物的阳光携带着巨大的能量，很多人认为，只要将辐射到车辆上的太阳能转化为电能，并储存在蓄电池中，就足以驱动车辆前进，制造出不加油、不充电、不换电池，晒着太阳就能奔跑的太阳能动力车辆。



## 任务一 分析需求与明确问题

能源是当今人类生存与发展所面临的核心问题之一。李强同学打算通过试验，探究利用太阳能驱动车辆的可行性和技术方法，打算试制一台不加油、不充电、不换电池，晒着太阳就能奔跑的太阳能小车。那么，让天空炙热的太阳驱动地上奔跑的车辆，难点在哪里？

### ■ 创新目标分析

太阳辐射中蕴含着大量的光能和热能。光能可以通过光伏电池转变为电能，再经过电动机转变为机械能；热能可以通过蒸汽机转变为机械能。可见，从太阳辐射中获得机械能驱动车辆前进，在理论上似乎是可行的。本项目的创新目标便是实现这一设想，从而验证理论。



## 马上行动

依据问题情境，列出太阳能小车的主要功能需求，并分别从结构、驱动和能源三个方面，分析与之对应的性能需求和创新目标，完成下表。



功能需求	性能需求	创新目标	重要性

## 多学科问题分析

人们已经认识到阳光中蕴含着巨大的能量，产生了依靠太阳能来驱动车辆的美好愿望。但是在现实生活中，人们还没有找到实现这一愿望的可靠方法。完全依靠太阳能驱动车辆，哪怕是小型的家用轿车，也还存在一些技术障碍。太阳能车辆的设计与制造是一个多学科融合创新的过程。



分析试制太阳能小车的问题情境，明确项目的功能要求与性能指标，将下表所列项目中蕴含的多学科问题线索具体化，并找出其中相互制约的因素以及它们之间的约束关系。

学科(领域)	问题线索
物理	光学、热学、电学、力学、半导体物理学
技术	能源、传动与驱动、控制、无线电通信、配套设施
气候	所在地的气候光照条件对项目的影响
材料	物理参数、机械参数、寿命、可加工性、自重、获取方式
环境	项目对环境的依赖、项目对环境的影响
工程	加工工艺、制作难度、验收方法、全生命周期成本
人文	外形美观、安全可靠、功能适用、经济实惠
社会	项目利益相关各方的权利与义务、促进社会和谐与文明进步

## 约束与创新条件分析

由计算可知，太阳照射到地球上的能量总功率高达173 000 TW，这相当于每秒燃烧500万吨煤产生的能量。太阳能能量巨大，但散布全球，单位面积、单位时间内的能量有限，若要收集到足够多的能量，则需要有一定的空间范围和时间积累。目前，光伏发电技术能够实现的转换效率还比较低，而且无法转换太阳辐射中的热能。此外，阳光照射角度、天气、阴影、遮挡等因素，都会影响光伏电池接收太阳能的效率，增加了利用太阳能驱动交通工具的难度。



李强在设计过程中，为了让小车有足够的动力，打算增加光伏电池的数量，可是增加电池的数量会牵涉多种制约因素。请分析其中的制约因素及约束关系，完成下表：

对象	变化	约束因素及约束关系分析
光伏电池的 配置数量	增加	质量_____；面积_____；外观_____； STEAMS其他因子_____
	减少	功率_____；电量_____；效率_____； STEAMS其他因子_____

**讨论：**创新方案的设计受多种因素的制约，在太阳能车辆设计中，光伏电池、整车自重、外形结构、载客数、载重等，相互形成了哪些约束关系？



### 全球最大太阳能飞机完成历史性环球之旅

据媒体报道，完全依靠太阳能提供动力的飞机“阳光动力2号”历史性地完成了环球飞行，于2016年7月26日降落在阿联酋首都阿布扎比。一年前，这架全球最大的太阳能飞机从阿布扎比起飞，经历长达4万千米的壮阔飞行，最终回到了出发地，成为首架仅靠太阳能完成环球飞行的飞机。

“阳光动力2号”基本参数

飞机总质量	2 300 kg	电动机功率	4 × 13.5 kW	
翼展	72 m	航行速度	36~100 km/h	
光伏电池	数量	>17 000片	巡航高度	<8.5 km
	转换效率	23%	航行时间	500 h
锂蓄电池	质量	633 kg	航行里程	40 000 km
	能量密度	260 Wh/kg	夜航能力	有

由“阳光动力2号”的基本参数可知，它的翼展比波音747-8型大型客机还大，质量仅相当于1.5辆普通轿车，但是这样巨大的飞行器仅能搭载一位驾乘人员。



全球最大的太阳能飞机已经实现了环球飞行，你觉得“让天空炙热的太阳驱动地上奔跑的车辆”的理想离实现还会远吗？



## 任务二 探究车载太阳能发电系统的科学问题

生活中车的外形各异，其基本功能都是为用户提供空间移动。太阳能车也不例外，只是在能量的获取、转换、利用方面有独特的技术问题需要解决。例如，在车辆表面积和搭载空间有限的情况下，获取的太阳能能否驱动车辆？车辆如何驶过阴影区域？

### ■ 在地面上能获取多少太阳能

太阳辐射到地球上的能量是人类赖以生存的最重要资源，因此科学家们早就开始定量观测研究太阳辐射的能量，并于1981年，由世界气象组织公布了太阳常数值是 $1\,367 \pm 7 \text{ W/m}^2$ 。

太阳常数是指：在日地平均距离（ $D=1.496 \times 10^8 \text{ km}$ ）上，大气顶界垂直于太阳光线的单位面积每秒钟接受的太阳辐射，用 $S$ 表示，单位为 $\text{W/m}^2$ 。

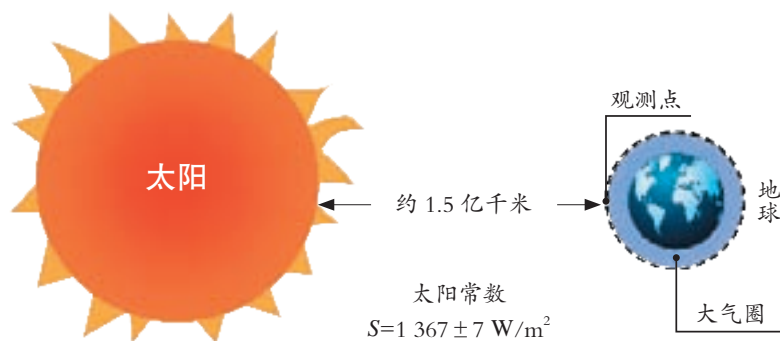


图 3-1 太阳常数测算示意图



### 马上行动

依据世界气象组织公布的太阳常数，我们发现太阳辐射到地球上的能量很高。而在目前技术条件下，地面光伏发电系统每平方米获得的电功率只有几十瓦，两者相差较大。

请查阅相关资料，通过计算分析其转换过程中能量损失的原因。

### ■ 怎样转换与利用太阳能

光伏发电是目前太阳能应用的重要方式，已经广泛地走进了人们的生产和生活中。以太阳能发电为动力源的车辆研究起步较晚，直到现在仍在探索中。充分借鉴光伏发电技术在能量获取、转换、储存、输送等环节的成功经验，将有助于太阳能小车的研发。



## 案例分析

### “玉兔号”月球车

2013年12月15日,中国探月工程的首辆月球车——“玉兔号”成功在月球表面着陆。“玉兔号”设计质量140 kg,以太阳能为能量来源,能够耐受月球表面真空、强辐射、 $-180^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$  极限温差等极端环境。月球车具备较强的爬坡与越障能力,并配备有全景相机、红外成像光谱仪、测月雷达、粒子激发X射线光谱仪等科学探测仪器。此外,“玉兔号”月球车具有智能化的无人驾驶功能,同时也能够通过星际通信,在地球上对其实施远程操控。可以将“玉兔号”月球车的行驶系统看作是一台阳光驱动的遥控电动车辆。



图 3-2 “玉兔号”月球车

#### 讨论:

1. 相同面积的光伏电池,在月球表面是否可以比在地球表面上获得更多的电能?为什么?
2. 月球车驶入没有阳光照射的阴影区域后,依靠什么驱动车辆前进?



## 拓展阅读

### 光伏电池的技术现状

光伏电池又称太阳能电池,其发电原理是半导体PN结的光伏效应。目前地面光伏系统大量使用的是以硅为基底的硅太阳能电池,分为单晶硅、多晶硅、非晶硅几种类型。新型薄膜太阳能电池产生电压的薄膜厚度仅需数微米,因此可以制作成非平面或者可弯曲的构造,以便更好地贴附在其他器物表面,其应用前景广泛。用户在选用光伏电池时,需要综合评价其能量转换效率、使用寿命、价格、质量等参数。单晶硅和多晶硅电池综合性能优于非晶硅电池,多晶硅电池比单晶硅转换效率低,价格也相对便宜。

现在,光伏发电技术的总体水平还不算高,主流光伏电池产品的转换效率不到22%。因此,光伏发电技术还存在较大的提升空间。



## 任务三 探究太阳能小车的系统组成

能源与动力、机械与结构是设计车辆需要重点考虑的两大基本问题。太阳能动力车辆是“光伏发电”与“电动”两项技术的组合,这是人们一贯采用的技术思路,并且一直沿用至今。



李强和同学们试制的太阳能小车如果也采用这种模式，它将由车载光伏发电系统、动力装置（电动机与驱动）、基础部分（底盘、车身、附件、电气设备）组合而成。

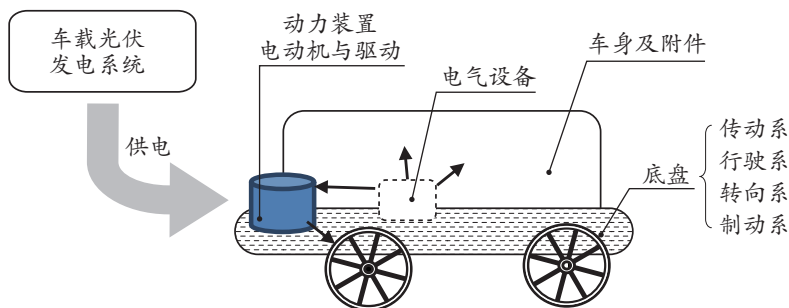


图 3-3 太阳能动力车辆系统组成示意图

### 马上行动

以现代车辆的一般系统组成为基础，结合对太阳能动力车辆功能需求、性能需求的分析讨论，设计太阳能小车的系统组成。

#### 1. 创新目标探究

(1) 借助“头脑风暴”法，获得太阳能小车的主要用户需求（功能、性能、人文）。

(2) 通过质量屋分析工具获取在现有技术条件下可能采取的工程措施，探究太阳能小车项目的主要创新目标。

#### 2. 系统组成设计

(1) 绘制系统的组成方框图，在图中标明各部分之间的能量、动力、信号的传递关系。

(2) 预估能量、动力等基本参数值，完成下表。

参数	车身大小 (长×宽×高)	电动机 总功率	光伏发电功率 (峰值)	光伏电池 面积	小车 总质量
预估值					

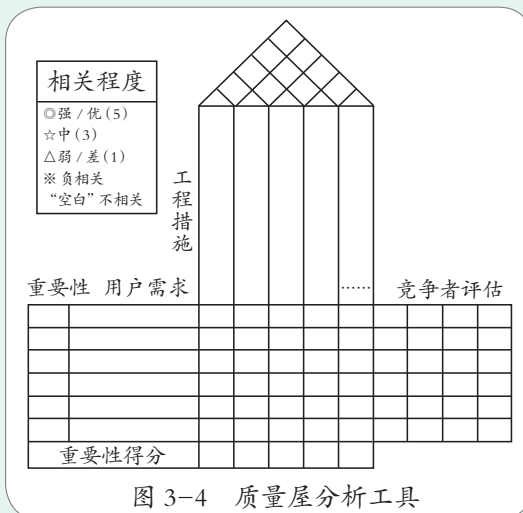


图 3-4 质量屋分析工具

### 思维碰撞

1. 燃油动力汽车、电动汽车、太阳能动力汽车的基本系统组成有何区别？
2. 四轮车、三轮车、两轮车、独轮平衡车四者的基本系统组成有何区别？
3. 方向盘、车轮、车灯及其控制分别属于基本系统组成的哪一部分？
4. 遥控电动模型车与普通由人驾驶的车辆相比，基本系统组成有何区别？



## 学习反思

太阳能是比风能、水能数量更多、分布更广泛的可再生能源，而太阳能的开发利用却有一定的难度，体现在哪些方面？



## 练习

1. 用两块光伏电池（1V 80mA）给选购的微型电动机供电，有串联、并联两种连接方式，哪一种连接方式可以获得更强的驱动力？（要求：通过试验获得结果，对结果给出符合科学原理解释。）
2. 太阳能以光和热的形式存在，将它转变为驱动车辆的机械能，其能量转换的过程需要经过哪些环节？
3. 以普通家用轿车为例，假设车身表面允许贴装光伏电池的面积是  $3\text{ m}^2$ ，全车贴满光伏电池，最多能采集到多少太阳能，这些能量能否用来驱动这辆车？
4. 考察太阳能车辆的全生命周期，分析在目前技术条件下，该产品的成本因素与社会价值。

## 二、太阳能小车的设计与制作



1. 通过太阳能小车的设计与制作，认识它的基本结构组成，初步掌握其主要结构的设计方法。
2. 了解节能技术，初步掌握太阳能发电系统的设计方法。

- 任务一 试制微功耗电动小车的驱动系统
- 任务二 给遥控电动小车配备光伏发电系统



同学们准备试制一台完全依靠太阳能驱动的小车。讨论之后发现，小车车身表面能够安装光伏电池的面积有限，而面积决定了光伏发电量，若增加车身尺寸，小车质量又会显著增加。权衡利弊后，同学们决定选用一块面积为  $110\text{ mm} \times 80\text{ mm}$  的光伏电池，其输出电压为  $5.5\text{ V}$ ，最大输出电流为  $160\text{ mA}$ ，通过计算可知它的输出功率最高为  $0.88\text{ W}$ 。

### 任务一 试制微功耗电动小车的驱动系统

因受车身尺寸的约束，太阳能小车允许选配的光伏电池不会很大。如果要用最高输出功率仅  $0.88\text{ W}$  的光伏电池驱动小车，这就要求小车的驱动系统具有很高的工作效率。选择恰当的变速比优化传动系统，是获得高效率驱动的重要措施。

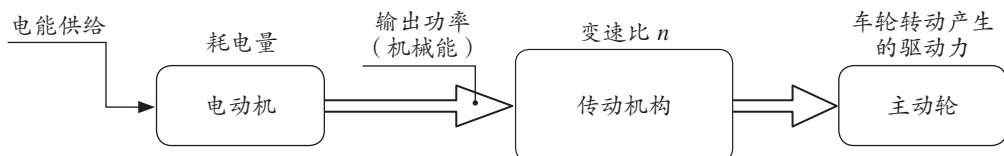


图 3-5 电动车驱动系统组成分析图

在电动车的驱动系统中，电动机的输出功率越大，驱动力越大，耗电量也会越多。如果想要提高车辆驱动力，又要实现节能省电的目标，就要求传动机构有恰当的变速比  $n$ 。



尝试制作一辆变速比可调的微功耗电动小车，要求：

- (1) 由一节5号电池供电（电压小于或等于  $1.5\text{ V}$ ，工作电流小于  $100\text{ mA}$ ）。
- (2) 传动系统的变速比至少应有两挡可调。
- (3) 轮子或轮胎可以更换。



## 技术体验

## 制作变速比可调的微功耗电动小车

## 体验目的:

探究“功耗—变速比—驱动力”之间的关系，寻求在电能有限的情况下，高效率驱动车辆的技术方法。

## 情境展示:

同学们分别提出用木条、木板、塑料板以及塑料拼装积木等制作车身底盘，最后决定用带孔塑料方条，将电动机、车轴、电池、传动机构及相关电路固定在底盘上，构成自重小、结构简单、容易制作的开放性小车车身。

## 问题分析:

如何制成“变速比可调的传动机构”？

参考方案：在带孔塑料方条中插入两根钢轴作为支架，塑料齿轮套在钢轴上，构成变速机构；除初级齿轮与电机主轴为过盈配合外，其他齿轮与钢轴都是间隙配合。这种结构可以比较方便地增、减传动齿轮的个数，达到调整变速比的目的。



图 3-6 微功耗电动小车

## 活动准备:

材料：150 mm × 10 mm × 2 mm 塑料条型材、5号电池及电池盒、车轮车轴套件、塑料齿轮套件、1.5 V 微型空心杯电机、热熔胶棒、焊料。

工具：手电钻、手锯、直角三角尺、裁纸刀、钢直尺、切割垫板、热熔胶枪、螺丝刀、尖嘴钳、电烙铁。

## 主要过程:

1. 依据设计图规划材料，准备零件。
2. 用钳子或手锯将车轴截取恰当长度。
3. 按照车轴、从动齿轮、车轮、电池盒的顺序，依次将机械零件安装到车架（塑料条）上，组装整车。
4. 用热熔胶将电动机固定在塑料条的恰当位置，并在热熔胶凝固之前，微调电动机的位置，使得电动机轴上的主动齿轮与车架上的从动齿轮之间精准配合，转动灵活。
5. 用电烙铁将电动机的电源线焊接到电池盒的接线端子上。

## 讨论:

1. 为什么选择空心杯电机作为动力，它具有什么特点？
2. 在组装过程中，如何精确调整齿轮的间距？
3. 在试制的微功耗电动小车驱动系统中，使用了如图 3-7 所示的三级减速齿轮传动，齿轮类型如下表。若要计算驱动系统的总变速比，还需要知道哪些参数，如何计算？



图 3-7 三级减速齿轮



齿轮功能	齿轮类型	用量	参数
主动轮	直齿轮（主轴齿轮）	1	
传动轮	双层直齿轮	2	
从动轮	单层直齿轮	1	



### 电动小车的行驶控制

#### 1. 操控电动小车前进、后退、停车的方法

给小车设置一个电源开关，控制电动机的给电，这样就可以操作小车的行进与停止；使用一个双刀双掷开关，切换电动机的供电极性，便可以控制电动机的正反转，从而操控小车的前进与后退。

#### 2. 操控电动小车转向的两种基本方法

（1）舵机变向：在电动小车中，舵机实际上就是一个电控“方向盘”，操控者通过无线（或有线）的方式向舵机发出转向指令信号，由舵机驱动转向轮，朝指定的方向转动特定的角度，从而控制小车行驶的方向。

（2）差动变向：这是一种特殊转向控制方式，用两只相同的动力电动机，分别驱动小车左右两侧的主动轮。当两侧电动机的转速相同时，小车直行；当两侧电动机转速不相同，小车朝一侧转弯。

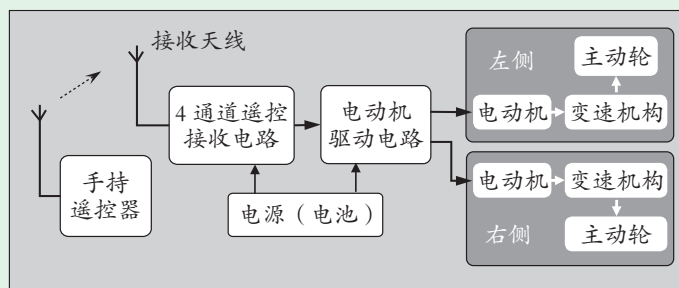


图 3-8 无线遥控差动变向电动小车的电路系统构成

#### 3. 无线遥控差动变向电动小车的基本系统构成与参考示例

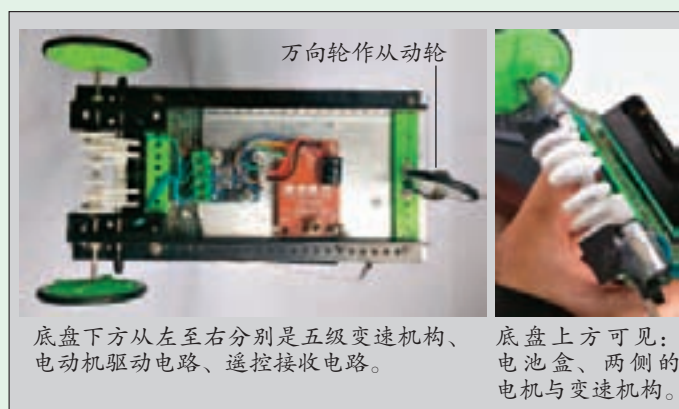


图 3-9 无线遥控差动变向小车参考示例

将两辆之前做好的简易电动小车左右拼合，便可以构成左右两侧主动轮单独驱动的小车，实现差动变向。再配备4通道无线遥控模块，便可构成具备前进、后退、左转、右转、停车五项功能的无线遥控电动小车。





## 任务二 给遥控电动小车配备光伏发电系统

李强与小组同学接着为太阳能小车设计光伏发电系统。光伏电池的参数已经确定，面积  $110\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ ，输出电压为  $5.5\text{ V}$ ，最大输出电流为  $160\text{ mA}$ ，最高输出功率为  $0.88\text{ W}$ 。

李强发现，如果直接用光伏电池替换电动小车上的电池组，小车置于阳光直射下能够行进，且遥控功能也能正常操作。小车一旦驶入阴影区域，立刻停止前进，而且无法遥控操作，陷入困境。

遥控电动小车配备光伏发电系统后，要想成为太阳能小车，还需要解决两个难题。一个难点是发电量有限，由于受车身表面积的约束，装载光伏电池数量有限，而且车辆处于移动状态，无法确保光伏电池始终能够获得有效的阳光照射。另一个难点是电量供需不协调。电动小车上电动机的用电量与行驶状态有关，平路行驶、上坡、下坡所需驱动力不同，用电量不同，转向动作也会额外耗电。而光伏电池的发电量由光照条件决定，并不会主动与车辆的用电需求量相匹配，这使得光伏电池的发电量有时过剩，有时不足，因此需要在发电系统中增加储存电能的装置，以调剂电量的供需矛盾。

### 确定储电单元的容量

要让太阳能小车能够顺利穿越阴影区域，就需要在电源电路中配置适当容量的储电单元。储电单元的容量越大，小车在阳光不足时的续航时间就越长。



#### 马上行动

假如我们要求小车的续航时间不少于  $1\text{ min}$ ，请通过实际测量的方法，获得小车电路和电动机的用电需求量参数，并确定储电单元的配置参数，完成下表。

耗电项目	数量	供电电压 /V	电流消耗 / mA		
			最大值	最小值	平均值
电动机	2				
驱动电路	1				
遥控电路	1				
其他电路					
合计					
光伏电池配置参数：电压=_____；电流=_____；面积=_____。					
蓄电池配置参数：电压=_____；容量=_____。					

## 讨论:

1. 用多用电表测量电路、电动机的实际电流消耗, 应如何连接仪表与被测对象?
2. 电路、电动机的电流消耗最大值、最小值分别出现在小车何种运动状态下?

## 选择储电单元的类型

常见的蓄电池是通过化学能转换的方式储存电能, 如手机使用的锂电池、普通汽车中使用的铅酸蓄电池等。这类蓄电池的容量大、价格低, 但充电速度慢, 需要花费很长时间才能完成充电。

电容器也可以储存电能, 而且它直接储存电荷, 充放电都无须进行转换, 因此具有效率高、瞬间完成充放电、无限次循环寿命长等优点, 最适合用于发电量瞬息变化的车载光伏系统。

### 小辞典

#### 法拉电容器

法拉电容器又叫双电层电容器, 是目前世界上已投入量产的容量最大的电容器, 因此也被称为超级电容。它具有普通电容器的一般特性, 充放电速度极快, 能量转换效率高, 循环使用次数可达50万次, 没有“记忆效应”。它的电容又比其他类型的电容器大很多, 产品的容量范围通常在0.1 F~1 000 F, 很小的体积就能达到法拉级的容量。如此巨大的电容, 使它有了蓄电池的属性。

法拉电容器的这些特殊性质使它在光伏发电系统中大显身手。用法拉电容器存储电能, 能解决化学蓄电池充电速度慢、转换效率低、循环寿命短等问题。

法拉电容器也有其应用局限, 尤其是耐压很低, 通常只有2.7 V。使用中为了获得需要的工作电压和电容, 可以采用串联或并联的方式组合多个电容器。为避免因意外过压造成电容器永久性失效, 一般要给它加上专门的过压保护或电压均衡辅助电路, 还有一些应用要在输出端接入直流电压变换电路, 这些都增加了系统的复杂性。



图 3-10 法拉电容器

#### 过压保护及电压均衡电路



图 3-11 过压保护及电压均衡电路

### 马上行动

蓄电池与电容器都有“容量”参数, 用来表示储存电能的能力大小, 但两者的定义不同, 单位不同。若要进行容量对比, 先将它们换算成相同单位。下表所列的是锂电池与法拉电容器实际产品的参数对照, 请通过计算比较它们的容量大小。

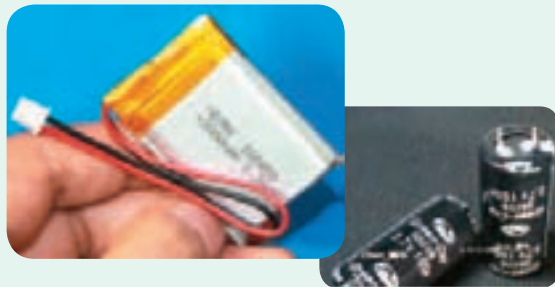


图 3-12 蓄电池与电容器

储电元件	电压标称值	设定的工作电压范围	容量
蓄电池（锂电池）	3.7 V	3.2 ~ 3.7 V	2 000 mA · h
电容器（法拉电容）	2.7 V	1.0 ~ 2.7 V	100 F

## 制作电动小车光伏发电系统

在太阳能小车中，光伏发电系统由光伏电池、储电元件组成，其作用是为整车稳定供电，包括驱动电动机以及维持车内电路正常工作。

车载太阳能动力系统的组成以及系统中“发电—储电—电动—传动”过程中的能量转换，如图3-13所示。

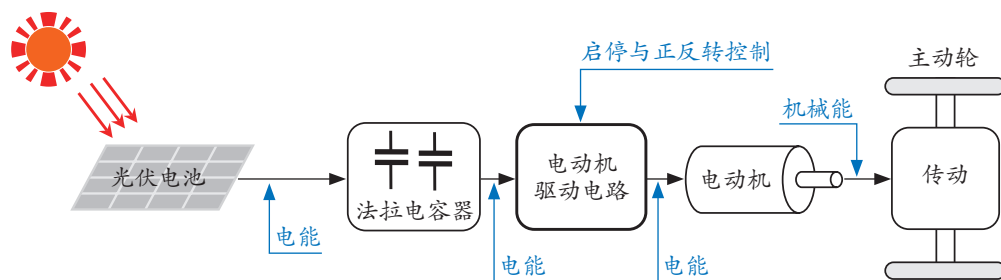


图 3-13 太阳能动力系统的组成及能量转换



## 技术体验

### 给遥控电动小车配备光伏发电系统

#### 体验目的：

完成项目总目标“太阳能小车的创新设计与实践”的最后环节，认识车载太阳能光伏发电系统中的相关约束因素，并对其进行权衡。

#### 情境展示：

李强和同学们设计太阳能小车，要求：（1）完全依靠太阳能供电；（2）在阳光直射环境下，小车应具有15°持续爬坡能力；（3）阳光不足时，续航时间不少于1 min，能够穿越阴影区域；（4）遥控操作功能维持不变，能实现直行、后退、左转、右转和停车五项动作功能。

#### 问题分析：

光伏发电系统由多个法拉电容器、保护芯片等电子元器件构成。当小车在阳光下停止时，电动机不转，只有电路在工作，整车耗电量下降很多，而光伏电池依然在不停发电，并且持续向法拉电容器充电，可以满足太阳能小车的设计要求。



### 活动准备：（用量根据实际情况确定）

材料：光伏电池（面积 $110\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ ，电参数 $5.5\text{ V}/160\text{ mA}$ ）、法拉电容器（电压 $2.7\text{ V}$ ，电容 $1\text{ F}$ ）、法拉电容保护芯片（型号BW6101或其他相同功能的产品）、PCB实验板、导线、接插件、其他元器件、热熔胶棒、焊料、遥控电动小车。

工具：多用电表、电烙铁、热熔胶枪、螺丝刀、尖嘴钳、手电钻、手锯。

### 主要过程：

1. 依据设计图规划材料，准备零件。
2. 将法拉电容器、保护芯片安装到PCB实验板上，焊接引脚，连通电路构成储电单元。

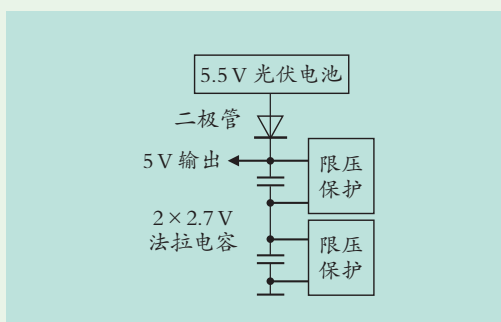


图 3-14 光伏电池与法拉电容的连接电路



图 3-15 安装、焊接法拉电容器

3. 参照任务一中“制作变速比可调的微功耗电动小车”制作过程，制作两侧分别驱动的电动小车整车结构。

4. 按照储电电路板、二极管、遥控电路、电动机驱动电路、电动机、光伏电池的顺序依次将电路零件安装到电动小车上，组装整车。

### 讨论：

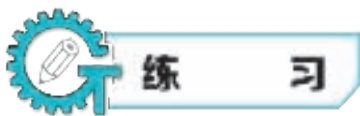
有两种电压匹配方案：方案一，将两组 $2.7\text{ V}$ 法拉电容串联连接，可以获得约 $5.5\text{ V}$ 的工作电压，选配输出 $5.5\text{ V}$ 的光伏电池；方案二，将所有法拉电容器并联连接，可以获得 $2.7\text{ V}$ 的工作电压，选配输出 $3\text{ V}$ 的光伏电池。这两种方案似乎都可行，请分析比较两种方案，说明选择方案一的好处。



图 3-16 遥控太阳能电动小车结构设计参考

## 学习反思

系统分解法是科技人文融合创新的常用思想方法，其特点是关注模块功能以及模块之间的联系，将复杂系统问题转化为若干个更容易解决的模块问题，由此降低复杂系统的实现难度。采用系统分解法进行设计的步骤是什么？



1. 调节电动机的供电电压或改变变速器的变速比，这两种方法都可以改变电动小车的行驶速度，两者产生的效果有何不同？

2. 采用差速变向方式的电动小车，为什么只用一个万向轮作从动轮？当左、右两侧电动机转速不相同，小车是朝转速高的一侧转弯吗？若改用两个定向轮作从动轮分布在车的两侧，则会出现什么问题？

3. 为了得到最大的电能输出，光伏电池的受光面必须始终对准太阳所在方向，使光照条件最佳，但是行驶中的车辆无法满足这一要求。车辆转弯会改变光伏电池受光面的朝向；驶入阴影区域，光伏电池的输出电能将锐减，甚至导致车辆失去动力。解决这一问题有以下三种技术方案，请对比分析它们的优劣。

方案一：为光伏电池配置一套自动跟踪控制系统，自动调节光伏电池的角度，使光伏电池像向日葵那样，将受光面始终对准太阳的方向；

方案二：在车辆的顶部和四周都安装光伏电池，使其能够接收各个方向的阳光；

方案三：增配储电元件，阳光充足时储存多余电能，阳光匮乏时释放电能补充供电。



# 三、太阳能小车的测试与优化



## 学习目标

- 任务一 评估与优化太阳能小车
- 任务二 项目总结与反思

1. 通过太阳能小车的评估与优化，进一步认识车辆系统中能源、动力问题的解决方法。
2. 理解能源与动力、交通、环境、社会之间的关系。



## 走进情境

李强和同学们设计的太阳能小车试制成功，仅用一块输出功率为 0.88 W 的光伏电池就可以驱动小车正常行驶。小车是否达到了最初提出的爬坡能力、续航能力、操控功能的目标要求，还需要进行定量测试。



## 任务一 评估与优化太阳能小车

制造出不加油、不充电、不换电池，晒着太阳就能奔跑的太阳能动力车辆，这是人类很久以来的梦想。同学们试制太阳能小车的初衷就是为了验证这一想法的可行性，因此需要进一步对小车进行评估与优化，看看其能否达到预定的设计目标，然后等比例地放大小车的尺寸、元器件配置等工程参数，算一算能不能达到搭载乘客的要求。

### 小车的性能评估

太阳能小车的评估项目包括反映动力性能的爬坡能力、反映环境适应能力的续航时间、反映操控性能的动作功能。



## 技术体验

### 评估并优化太阳能小车的爬坡动力

#### 体验目的：

通过爬坡实验以及科学计算，探索小车的最佳参数配置，弄清楚影响小车爬坡能力的相关因素，并进行设计优化。

#### 情境展示：

李强对设计制作的小车很满意，老师却问他，小车达到设计目标了吗？

**问题分析：**

变速比、轮径、轮胎材料、配重等参数，都会影响小车的爬坡性能。尝试调整或改变这些参数，看看怎样做，才能让小车爬上最陡的坡。

**活动准备：**

自制坡道、太阳能小车、量角器。

**主要过程：**

增加或者减小变速比，在上坡坡道上试验爬坡性能，填入下表。

次数	第一次	第二次	第三次	第四次
变速比				
最大爬坡角度				

说明：试车道用木板搭建，坡道前后段水平，中段是长度1 m 坡度  $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$  可调的上坡道。

**讨论：**

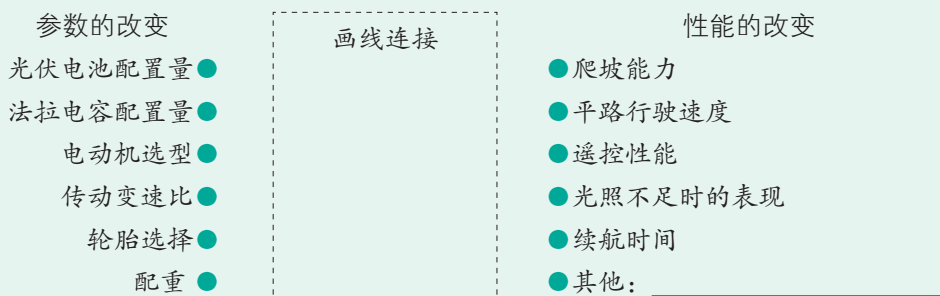
1. 轮胎与路面的附着性对小车爬坡能力有何影响？轮胎材料、路面材料、小车自重这三个因素如何影响附着性？
2. 如何测试评估小车的续航能力、操控性能？
3. 电动机和电池的参数确定后，影响小车驱动力大小的因素还有哪些？

## ■ 小车的性能优化

优化太阳能小车的基本目标是提升性能，使其满足设计要求。可以通过改变光伏电池配置量、法拉电容配置量、电动机选型、传动变速比、轮胎选择、配重等途径进行优化。



改变太阳能小车配置参数，依据试验结果完成图表连线。

**讨论：**

考虑小车的制作成本与不考虑成本两种情况下，优化方案会有差别吗？



## 把小车放大

太阳能小车可以看作是实用化太阳能动力车辆的微缩模型。

李强同学提出一项大胆设想：如果将模型的尺寸与元器件配置等工程参数同时按比例放大，其功能和性能参数是否也会得到放大，成为我们期望的目标原型——实用太阳能动力轿车？



### 案例分析

#### 参数按比例放大就可以了吗？

下表所列的是实际的模型配置参数和已经实现的功能、性能参数与期望的目标原型之间的对比。

比较对象	配置参数		功能、性能参数		
	光伏电池面积/ $m^2$	储电容量/ $F \cdot V \cdot n$	驱动功率/W	自重+载重/kg	续航时间/min
模型——小车	$8.8 \times 10^{-3}$	$1 \times 2.7 \times 4$	0.8	0.1	>1
模型放大 $10^3$ 倍	8.8	$1 \times 2.7 \times 4 \text{ k}$	0.8 k	100	不能确定
目标原形——轿车	<4	待定	>2 k	>1 000	>60

以目标原型为标杆对象，通过标杆分析判断：将模型设计的配置参数按比例放大1 000倍后，是否能够实现目标原型的要求，制造出实用的太阳能动力轿车？

讨论：要达到目标原型的功能和性能，模型还需要在哪些方面进行改进和优化？



### 拓展阅读

#### 太阳能应用在陆地交通工具中的技术现状

技术指标		完全太阳能动力	太阳能混合动力	太阳能辅助
光伏电池配置	面积/ $m^2$	6~9	2~5	某些高级轿车会在车身顶部贴装面积不大的光伏电池板，主要用于对车载电器设备供电，尤其在车辆熄火泊车之后，继续为车内电子设备和车内降温系统供电，避免消耗蓄电池的储备电量
	功率/W	>1 000	>300	
储能单元配置参数/ $kW \cdot h$		法拉电容	蓄电池 >10	
阴影区域续航/km			>50	
发动机功率/kW		0.5~1.5	>2	
额定乘员数		1	>1	
动力类型		电动	电动	
外部充电		无	有	
外形特征		外观独特，扁平车身，流线型外壳	在普通电动车的车身顶部和四周贴装光伏电池板	
用途		试制车、赛车、概念车	实用型车辆	



## 任务二 项目总结与反思

汽车的广泛使用造成了能源危机、环境污染等问题，本项目围绕“如何让太阳驱动车辆”问题展开创新实践，希望通过技术创新的方法解决当今社会的生存与发展问题。

太阳能小车的创新设计与实践项目，聚焦于小车的系统组成、驱动效率、光伏发电、结构设计、模型制作实践、测试评估等活动，研究了以太阳光为动力驱动车辆的科学、技术、工程、数学等问题，完成了太阳能小车的制作与测试，也丰富了我们通过技术创新方法解决人类社会发展问题的创新体验。



### 马上行动

根据太阳能小车创新设计与实践项目活动的实际过程和结果，完成下表内容。

项目名称		
背景和意义		
研究方法		
理论依据与科学原理		
活动过程		
创新点	科学性	
	新颖性	
	实用性	
反思	存在问题	
	改进设想	
材料附件	含系统组成方框图、结构图、电路图、元器件表、实物照片、活动过程照片、使用说明等	
自我评价		



### 学习反思

太阳能小车构造确定后，还可以通过调整配置参数进行优化。在优化中，参数之间存在着怎样的制约？

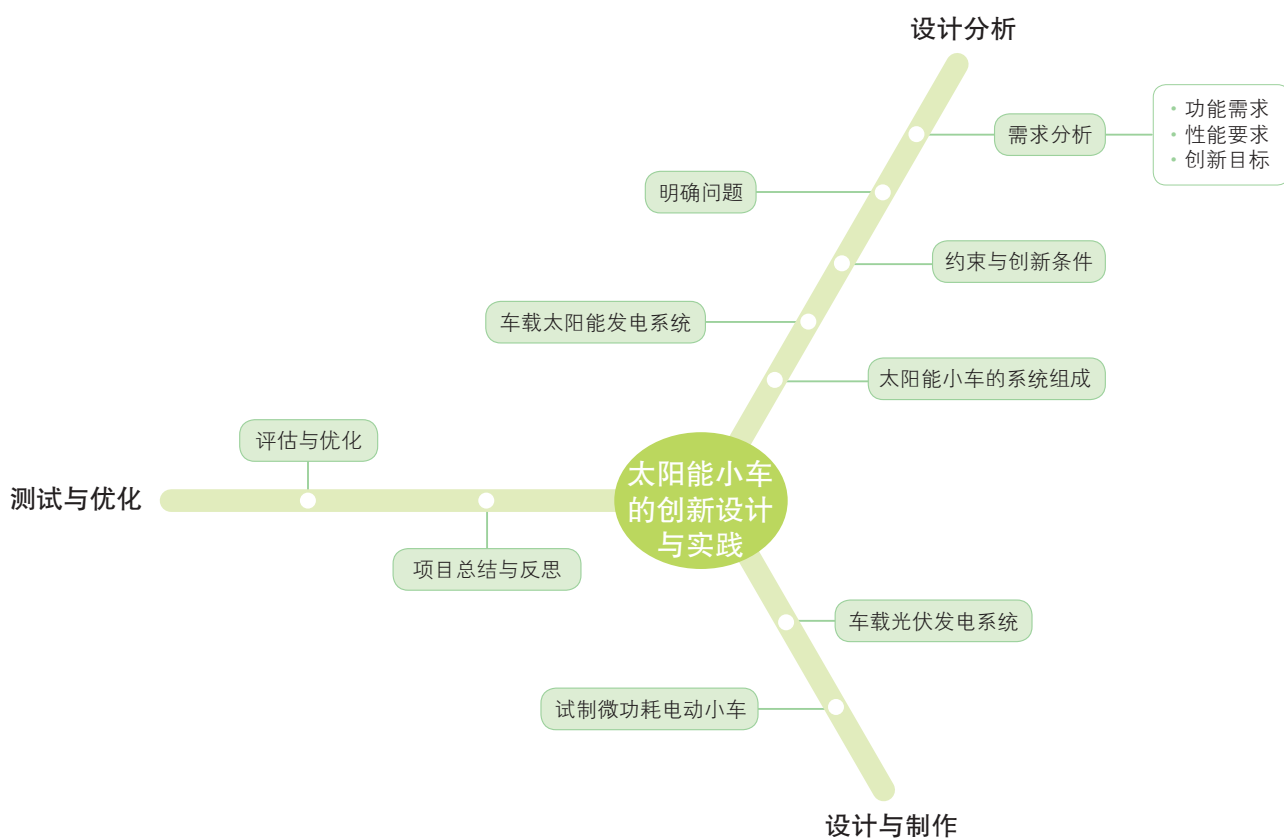


## 练习

用阳光驱动汽车的设想早在半个世纪之前就有了，当时出版的《十万个为什么》和《少年科学画报》，都展望过21世纪太阳能汽车满街跑的美好场景。但是，时至今日这个设想为什么还没有实现？综合分析实现这一设想的难点、目前的技术现状以及对前景的展望。



## 单元小结



## 综合实践

通过各种可能的信息渠道，查阅收集“阳光动力2号”全球最大太阳能飞机的工程参数，通过标杆分析法判断：按“阳光动力2号”的1:100微缩比，设计制造阳光动力遥控飞机的可行性。



## 第三单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
认识节能技术及其重要性 (TA)			
进行简单系统分析, 初步掌握交通工具的系统构成 (ET、TD)			
能描述哪些因素对车辆的驱动力、行驶速度产生影响 (ET)			
能说明系统构成、新材料对产品功能实现的影响 (TA、ET)			
能从车的设计分析能源与动力、交通、环境、社会之间的关系 (TA、ET)			
能根据设计目标进行太阳能小车方案设计并绘制设计图样 (ID、TD)			
能选择合适的设计方案, 做出太阳能小车并进行功能测试 (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	



## 第四单元

# 无人机的创新设计与实践

- 一 无人飞行器的设计分析
- 二 四旋翼无人机的飞行控制与逆向设计
- 三 四旋翼无人机悬挂装置的改进与优化

《寓林折枝》曰：“墨子为木鸢，三年而成，蜚一日而败。其弟子曰：‘先生之巧，至能使木鸢飞。’”《墨子·鲁问》亦曰：“公输子削竹木以为鹊，成而飞之，三日不下。公输子以为至巧。”聪明而富有智慧的中国人，早就认识到模拟飞鸟可以实现飞行，且做到了“以为至巧”“至能使木鸢飞”。

# 一、无人飞行器的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题
- 任务二 探究飞行器的科学原理



## 学习目标

1. 明晰航空航天器的分类, 知道中国人的飞天梦和飞行器的发展历史。
2. 分析校园特技表演需求, 确认需要解决无人机的工程问题与技术问题。
3. 通过相关问题分析与探究, 了解固定翼飞行器的主要结构特征和飞行原理。



## 走进情境

学校一年一度的运动会马上就要开始了, 同学们纷纷踊跃报名参赛。为了烘托开幕式的热烈气氛, 赵云飞同学所在的校航模队(简称“云飞团队”)打算把队里的飞行器融入运动会的开幕式表演中, 准备为大家献上一场别开生面的特技飞行秀。



## 任务一 分析需求与明确问题

### ■ 创新设计分析

特技飞行表演是飞行器与艺术的集合, 是美丽的空中表演艺术, 总是给人们带来美好的享受。完成特技飞行表演首先需要考虑运动会组委会的需求, 例如飞行的稳定性、飞行载重、续航时间、安全性、造价……可以按照功能需求、性能需求、创新目标三个层次来梳理明确问题, 为后续的设计奠定基础。



## 马上行动

依据问题情境, 列出“飞行器”设计项目的功能需求(如飞行高度、飞行范围、载重、续航时间等), 并分析性能需求和创新目标, 完成下表。

功能需求	性能需求	创新目标	重要性



讨论:

1. 在问题情境的描述中, 还缺少哪些飞行器特技飞行表演必须明确的用户需求信息?
2. 依据对特技飞行表演功能需求与性能需求的分析, 结合对已有飞行器技术性能的认识, 讨论该项目的创新目标究竟应该如何定位。

针对现实中飞行器多种多样的实际状况, 完成特技飞行表演任务需要综合考虑各类飞行器的性能、结构与特点等因素, 加以选择和改进或重新设计, 以确保安全与稳定地完成表演任务。

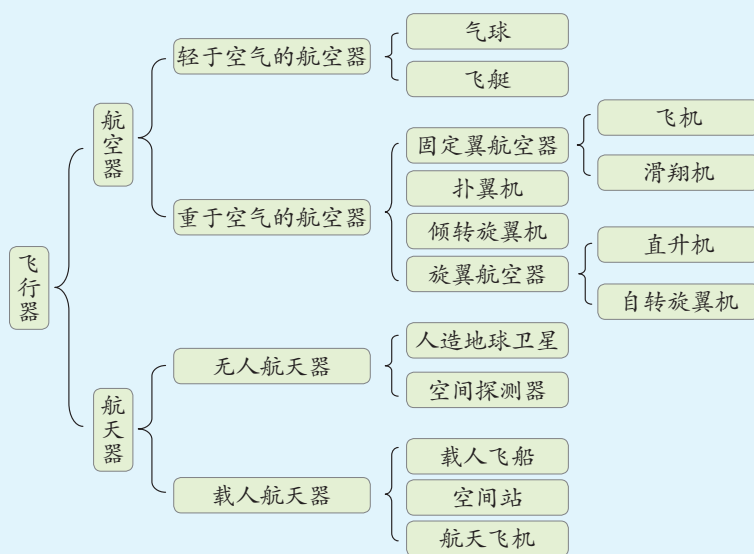


## 案例分析

### 航空器与航天器

飞行器是指在大气层内或大气层外空间(太空)飞行的器械, 一般可分为航空器与航天器。

航空器是指能在大气层内进行可控飞行的飞行器, 是飞行器中的一个大类。航空器通过机身与空气的相互作用(不是空气对地面发生的反作用)获得升空飞行的空气动力, 且产生的升力必须大于自身重力, 航空器才能升入空中。根据产生升力的原理, 航空器可分为两类: 轻于空气的航空器和重于空气的航空器。前者靠空气浮力升空, 如热气球、飞艇等; 后者靠空气动力克服自身重力升空, 主要包括固定翼航空器和旋翼航空器等。



航天器又称空间飞行器、太空飞行器, 是按照天体力学的规律在地球大气层以外的宇宙空间中运行, 执行探索、开发、利用太空和天体等特定任务的各类飞行器。航天器分为无人航天器和载人航天器。航天器大多不携带飞行动力装置, 发射速度不能低于第一宇宙速度7.9 km/s, 这个速度是由航天运载器(主要是运载火箭)提供的。

讨论: 航空器与航天器对人类生产、生活产生了哪些影响? 请举例说明。

为了使特技飞行秀更能烘托出运动会气氛，“云飞团队”咨询了组委会老师，并查阅了相关资料，经过讨论研究，确定在开幕式上完成“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”三个特技飞行表演任务。



### 马上行动

为了完成“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”三个任务，应选用以下哪种飞行器来完成最为合适？请完成下表。

飞行器任务	模型火箭	氦（氢）气球	固定翼飞行器	多旋翼飞行器
抛彩纸片				
拉五环烟幕				
悬挂标语飞行				

这四种飞行器受自身条件的限制，在执行特技飞行表演任务时均会遇到难题。

#### 讨论：

1. 模型火箭相比其他飞行器有哪些优势与劣势？
2. 氦气球（或氢气球）相比其他飞行器有哪些优势与劣势？
3. 如果只用一种飞行器来执行这三个特技飞行表演任务，你会选择哪种飞行器？

经过讨论，“云飞团队”认为，采用固定翼飞行器或者多旋翼飞行器在运动会开幕式上做特技飞行表演是比较合适的选择。

## 多学科分析特技飞行表演问题

特技飞行表演涉及科学、技术、工程、数学、艺术、社会等诸多学科。为了顺利地完成任务，需要充分借鉴不同学科领域的知识和经验，从多学科视角研究和改进飞行器。“云飞团队”计划从涉及的学科问题入手，尽可能地寻求问题的解决方法。



### 马上行动

根据要完成的飞行表演任务，以分组讨论的方式，将固定翼飞行器或者多旋翼飞行器在运动会开幕式表演中所蕴含的多学科问题线索具体化。

学科（领域）	涉及问题
物理	力的平衡、力矩平衡、流体力学、空气动力学、伯努利原理
数学	向量运算、最大载重、悬挂物尺寸、阻力大小
工程	飞行器类型选择、加工难度、测试方法
技术	飞控装置、无线控制、触发装置、悬挂装置、加工工具
材料	可加工性、材料自重、材料强度、电气性能、使用寿命





(续表)

学科(领域)	涉及问题
环境	高层建筑、高压电线、空域空旷、机场军事等禁飞限制区域
气候	气流因素(如风力大小和台风等)、防水(如雨雪和雷暴等)
人文	安全可靠、经济适用、遵守法律法规、弘扬体育精神
艺术	装置的工艺和外观、特技表演任务的艺术性
社会	推广方便、普及科普教育、促进高新科技的推广应用

## ■ 约束与创新条件分析

在运动会开幕式上完成特技飞行表演任务受到许多条件限制,例如,航空飞行器的载重(悬挂标语等)一般不会超过几千克,还要考虑飞行器及悬挂触发装置的自重。另外,还要考虑在飞行器加速(或突然遇到大风)时条幅对飞行器拉力的突然增大等,以及飞行器电池的续航时间等。



根据要完成的飞行表演任务,试分析固定翼飞行器或者多旋翼飞行器在运动会开幕式表演中的约束因素及约束关系。

对象	变化情况	约束因素及约束关系分析
悬挂物体	质量增大	飞行器动力功率: _____; 旋翼大小: _____; 悬挂物(或装置)自重: _____; 续航时间: _____; 其他: _____
	质量减小	飞行器动力功率: _____; 旋翼大小: _____; 悬挂物(或装置)自重: _____; 续航时间: _____; 其他: _____



### 中国人的飞天梦

中华民族是最早有飞天梦想的民族之一。春秋时期《墨子·鲁问》中的“木鹊”,飞三天三夜不下来,这是中国人最早设计的飞行器。西汉“翼装侠”用鸟羽制成人工翅膀飞越数百步,实现了人类最早的翼装飞行。

隋唐时中国发明了火药,宋代的火药武器——火箭便是现代火箭的雏形。明代的万户在一把座椅的背后装上很多火箭,再把自己捆绑在椅子上,两手各拿一个大风筝,希望借着火箭的推力从山头飞上天空。

1840年鸦片战争爆发后，旅居海外的中国人开始设计和制造飞艇和飞机。1887年，天津华衡芳制成的氢气球成功起飞，这是中国人自制的第一个氢气球。澳洲华侨谢纘泰1899年完成“中国”号飞艇的设计。冯如1909年驾驶着自制的“冯如一号”飞机升上了天空。

1949年以来，中国实现了古人飞天梦想。1964年我国成功发射了“长征一号”运载火箭，1970年我国成功发射了第一颗人造地球卫星“东方红一号”，2003年杨利伟乘“神舟五号”飞船首次进入太空，2008年中国航天员翟志刚在9月27日作太空漫步，2011年“天宫一号”成功发射后进入预定轨道。据预测，中国将于2022年左右建成空间站，这将成为中国空间科学和新技术研究实验的重要基地。

在航空方面，我国自行研制的C919大型客机和第五代战斗机歼-20都成功实现首飞，2017年新型彩虹太阳能无人机在西北飞行试验取得圆满成功。

#### 讨论：

强国梦与航空航天技术的发展有什么关系？



图 4-1 “冯如一号”飞机

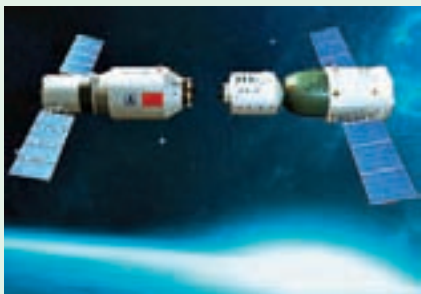


图 4-2 “神舟十号”与“天宫一号”对接



图 4-3 中国歼-20 战斗机



## 任务二 探究飞行器的科学原理

能在校运会开幕式上表演特技飞行的飞行器一般都是低速航空模型器械。就固定翼飞行器或多旋翼飞行器而言，它们所涉及的科学问题非常多，首先需要知道的是这些航空飞行器的动力学原理，也就是需要知道飞行器是如何克服自身重力和飞行阻力的。



### 拓展阅读

#### 伯努利原理

丹尼尔·伯努利在1726年提出了“伯努利原理”，其实质是流体的机械能守恒，即动能+重力势能+压力势能=常数。其最著名的推论是：等高流动时，流速大，压强小。通俗地讲，就是在流体中，流速越快，流体产生的压强越小，压力越小。

伯努利原理往往被表述为 $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = C$ ，这个式子被称为伯努利方程。式中 $p$ 为流体中某



点的压强,  $v$  为流体在该点的流速,  $\rho$  为流体密度,  $g$  为重力加速度,  $h$  为该点所在高度,  $C$  是一个常量。它也可以被表述为  $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$ 。

讨论:

1. 固定翼飞机为什么不能悬停?
2. 为什么固定翼飞机速度太慢或仰角太大时容易失速掉下来?

根据伯努利原理的推论, 固定翼飞机飞行主要是在推力或拉力的作用下进行的, 机翼上部空气流速快, 压力相对较小, 机翼下部空气流速慢, 压力相对较大, 飞机就是利用机翼上下空气的流速差所产生的压力差形成向上托举的升力。



## 技术体验

### 固定翼升力与阻力测试

固定翼飞机能够在空中飞行, 首先要有足以克服自身重力的升力, 同时还要克服飞行中遇到的阻力。那么升力和阻力又是怎样产生的呢?

**体验目的:**

通过试验测试固定翼航空器机翼的升力与阻力, 计算不同机翼的升阻比。

**情境展示:**

在大功率风扇吹来的气流中, 机翼模型承受着风速的变化而上下起落。

**问题分析:**

以不同的风速和不同的倾角向机翼吹风, 机翼会做升降运动, 固定翼飞机升力的产生遵循伯努利原理。

**活动准备:**

材料: 厚泡沫板、木板、支撑铁丝、棉线(凯夫拉线)。

工具: 电热丝泡沫切割机、大功率电风扇或电吹风(有条件的可直接用风洞装置)、弹簧测力计2个、小定滑轮1个。

**主要过程:**

1. 用泡沫切割机将泡沫板材料切成不同形状的机翼, 如图4-4所示, 在机翼中间根据铁丝之间的间距开一条槽, 使机翼可上下、前后沿槽移动。

2. 让机翼离底座有一定的距离, 以便于空气从机翼下方流过。

3. 用棉线绑住机翼, 与弹簧测力计相连, 当机翼上升时, 可缓缓给弹簧测力计加力, 使机翼稳定在某一高度; 在机翼的正前端用棉线通过定滑轮与另一弹簧测力计相连(测试阻力大小), 如图4-5所示。

4. 启动风扇, 让机翼慢慢上升, 同时通过机翼下的弹簧



图 4-4 机翼模型

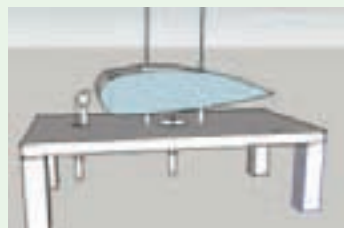


图 4-5 机翼升力测试

测力计施力，使机翼稳定在某一高度，然后记录下弹簧测力计的读数（通过弹簧测力计的数值即可知道机翼产生升力的大小）。

5. 慢慢给机翼前的弹簧测力计施力，使机翼水平向前移动至脱离铁杆接触处，记录下棉线的拉力读数（读数为阻力大小）。

6. 改变风向的角度（或风力的大小），重复步骤4、5，记录升力和阻力。

**讨论：**

在飞行过程中，模型飞机在同一迎角的升力与阻力的比值称为升阻比。为什么说升阻比越大飞机的空气动力性能越好？

通过上面的测试可知：飞行器在匀速直线飞行过程中所受的力是平衡的，即在竖直方向重力和升力大小是相等的，在水平方向推动力和阻力大小是相等的。无人机原有平衡状态在无人机加速时会被破坏，当无人机带着条幅飞行时，如图4-6所示，飞得越快受到的阻力就越大，此时无人机必须要有足够的升力才能确保飞行的安全与平稳。



图 4-6 无人机带条幅飞行

## 马上行动

纸飞机是一种用纸做成的玩具飞机，采用无动力滑翔方式，它是靠手和臂的力量把它投向空中而使之飞行的小模型飞机。用力投掷后，纸飞机依靠惯性向前飞行。看似简单的纸飞机却蕴含着很多科学原理。请你按照下面的要求折一个纸飞机，并进行试飞。

要求如下：

1. 只能用一张A4纸和 3 cm × 2.5 cm 的胶带，不能有任何裁剪。
2. 从构思设计到折叠调试 15 min 内完成，可反复调试修改。
3. 纸飞机在空中飞行时间不少于 8 s 或飞行直线距离不小于 12 m。
4. 通过调试放飞，探寻手掷模型飞机在空中飞行的原理。

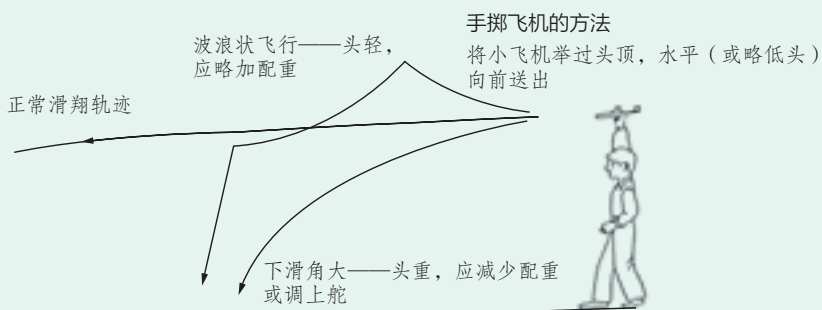


图 4-7 手掷飞机方法及调试

**讨论：**在投掷模型飞机时，逆风放飞和顺风放飞哪种放飞方式更容易起飞？为什么？

## 学习反思

如果“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”三个任务由一种航空器来完成，那么能否找到或设计一款可完成这三项表演任务的无人航空器？

## 练习

手掷模型飞机属于滑翔机，它是靠人手和臂的力量将其投向空中而使之飞行的小模型飞机。通过设计、制作、放飞手掷模型飞机，可以帮助我们分析探究其中所蕴含的科学原理。请按下面的示意图制作一架模型滑翔机，并进行试飞调校。

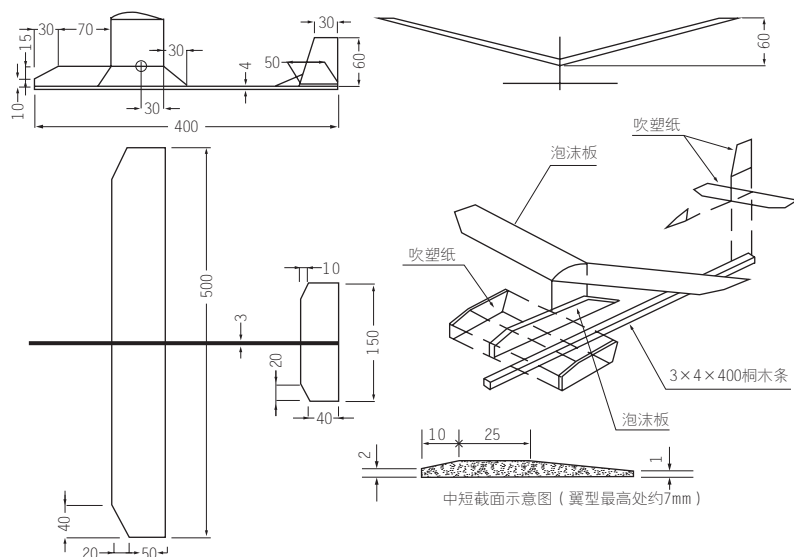
材料：泡沫板 KT板、吹塑纸、桐木条、大头针、机头配重、热熔胶棒、透明胶带。

工具：电热丝泡沫切割机、剪刀、壁纸刀、热熔胶枪、砂纸、尺子等。

要求：模型飞机翼展（机翼左右翼尖之间的长度）不超过 30 cm。

步骤：

- (1) 各组先画出模型草图。
  - (2) 按设计的图样下料，分别做出机身、机翼和尾翼。
- 注意：下料时实际尺寸应比图纸尺寸稍大 0.5 mm 左右。
- (3) 打磨机身、机翼和尾翼，边缘成流线型，圆滑无毛刺。
  - (4) 分别将机翼、尾翼安装在机身上合适位置，注意对称性。
  - (5) 选择合适的配重安装，再进行调试与放飞。
  - (6) 通过调试放飞，探寻空气动力学原理在手掷模型飞机中的应用。



滑翔机初级模型制作图纸

思考：如果在滑翔机上系挂一根小飘带，系在滑翔机的什么位置最佳？



## 二、四旋翼无人机的飞行控制与逆向设计



### 学习目标

- 任务一 比较与权衡无人飞行器的飞行控制
- 任务二 分析四旋翼无人机的飞行控制
- 任务三 进行四旋翼无人机的逆向设计

1. 通过模拟遥控飞行控制操作，体验选择更合适特技表演的无人飞行器。
2. 知道多旋翼无人机的优缺点，探究旋翼机的飞行控制原理。
3. 了解多旋翼无人机的构造，体验四旋翼无人机的逆向设计。



### 走进情境

“云飞团队”的5位队员正在进行“拉五环烟幕”的特技飞行表演训练，他们遥控5台固定翼模型飞机，在空中同步做相互交叉的等大圆周运动。结果训练开始不久，队友因配合不默契，再加上操作不恰当，有两架模型飞机撞在一起摔坏了。



### 任务一 比较与权衡无人飞行器的飞行控制

想要设计出能够胜任“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”这三个表演任务的无人飞行器，需要考虑的首要因素是无人飞行器的飞行控制是否简单、方便、易学。如果这个技术问题没有解决好，即便是设计出先进的飞行器，那也无法保障飞行器飞行的安全与稳定。



### 技术体验

#### 体验航空飞行器的模拟遥控

##### 体验目的：

通过模拟遥控对航空飞行器进行操控，体验不同航空飞行器的操控方法，重点体验固定翼和直升机两种模型飞机的操控。

##### 情境展示：

在遥控航模实训中，航模的消耗特别大，训练出一个熟练的航模操控人员，需要投入大量的财力、物力和时间。

##### 问题分析：

遥控航模如果不小心中空摔下来，很容易摔坏，因此可以采用模拟遥控系统进行航模操控训练。

**活动准备：**

高配置计算机（计算机中安装仿真度高、画面逼真、功能齐全的模拟遥控飞行软件）、模拟遥控器。

**主要过程：**

1. 在计算机上安装模拟遥控飞行软件，设置好软件的相关参数。
2. 熟悉软件的操作界面，熟知其常用的功能。
3. 从最容易操作的航空飞行器开始体验（建议先体验固定翼飞机再体验直升机）。
4. 体验平飞、转弯、侧飞、爬升、俯冲、起飞、降落等动作的操控方法。

**讨论：**

1. 美国操控方式：油门和方向在模拟控制器的左边，副翼和升降在右边；日本操控方式：油门和副翼在模拟控制器的右边，方向和升降在左边。你觉得哪种操作手法更适合自己？
2. 固定翼飞机与直升机相比，你觉得哪种航空飞行器更容易遥控操作？



图 4-8 模拟遥控系统画面



图 4-9 模拟遥控器

固定翼飞机和直升机模型的操控不容易掌握，比较容易摔机。而多旋翼无人机的定位技术和悬停技术已十分成熟，通过编程可实现自主飞行，目前在集群控制技术方面也取得了突破性的进展，可以非常方便地实现集群编队飞行。

## 案例分析

### 央视春晚中的无人机集群编队飞行表演

2018年除夕夜，无人机集群编队飞行表演登上央视春晚舞台，让国人又一次领略到了中国智造的力量。在珠海分会场港珠澳大桥上空，无人机组成“海豚跃龙门”造型，惊艳亮相了 7 min；在海南三亚分会场，100 架无人机组成展翅飞行的“火凤凰”，为全国人民送上了新一年红红火火的美好祝愿。

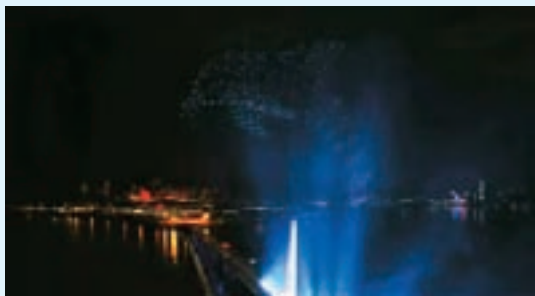


图 4-10 无人机表演

**讨论：**无人机编队在空中按一定的顺序释放彩纸片和彩带，或者让无人机编队组成奥运五环的造型，如果采用集群编程控制，是不是只需编程就可实现？如果不是，你觉得还需要做些什么？

用编程方式控制无人机自主飞行，也就是使无人机按照事先设定好的程序动作，一步一步地自主执行飞行命令，这就排除了人为因素的干扰，进一步增强了无人机飞行的稳定性。由于四旋翼无人机具有精准的定位技术和悬停技术，再加上自主飞行的编程控制，对它的操控就显得容易多了。



编制程序，利用安卓手机（或带无线Wi-Fi的计算机）控制四旋翼无人机。

**步骤：**

1. 进入编程界面编制控制程序。



图 4-11 无人机安卓手机版编程窗口

2. 打开无人机电源后，将手机或计算机通过Wi-Fi与无人机连接。
3. 在手机或计算机上运行程序，检测飞行动作与程序设计动作是否一致。
4. 尝试手动模式控制飞行。

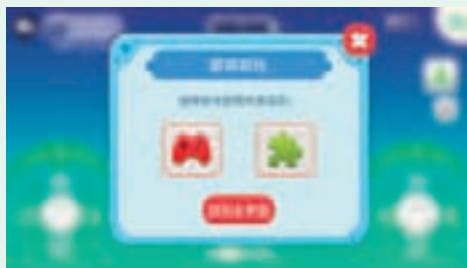


图 4-12 操控模式选择界面



图 4-13 手动控制模式操作界面

**讨论：**手动模式和编程控制模式哪种模式更适合初学者操控飞机？

## 任务二 分析四旋翼无人机的飞行控制

“云飞团队”最终决定采用四旋翼无人机来完成运动会开幕式上的“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”三个特技飞行表演任务。队员们在选择无人机控制模式上出现了分歧，有些队员提议用“十”字形，还有队员提议用“X”形。到底选择哪种飞控模式的旋翼无人机更好呢？

### 拓展阅读

#### “十”字形四旋翼无人机的数学模型和动力模型

四旋翼无人机的飞控模式坐标定义一般有“十”字形和“X”形两种，“十”字形飞控板的正前方是旋翼，“X”形飞控板正前方为夹角等分线。此处设定四旋翼无人机的数学模型坐标系，如图4-14所示（前进方向为 $x$ 轴，前进方向的右垂直方向为 $y$ 轴，竖直方向为 $z$ 轴）：

“十”字形四旋翼无人机的动力模型：

1. 垂直升降：如图4-15（a）所示，同时增加四个电机的输出功率，旋翼转速增加使得总的升力增大，当总升力足以克服整机的重力时，四旋翼无人机便离地垂直上升；反之，同时减小四个电机的输出功率，四旋翼无人机则垂直下降，直至平稳落地，实现了垂直运动。当外界扰动量为零，在旋翼上产生的升力等于飞行器的重力时，飞行器便保持悬停状态。

2. 前后运动：如图4-15（b）所示，悬停稳定之后，四旋翼无人机增加后面电机3的转速使得升力增大，减小前面电机1的转速使得升力减小，四旋翼无人机的机体便会向前产生倾斜，机翼的升力差便会产生向前的分量，四旋翼无人机便向前飞行了；反之，增大前面电机1的转速，减小后面电机3的转速，四旋翼无人机便向后飞行了。

3. 偏航运动：旋翼转动过程中由于空气阻力作用会形成与转动方向相反的反扭矩，当四个电机转速不完全相同时，不平衡的反扭矩会引起四旋翼无人机的机体转动。在图4-15（c）中，当电机1和电机3的转速上升，电机2和电机4的转速下降时，旋翼1和旋翼3对机身的反扭矩大于旋翼2和旋翼4对机身的反扭矩，机身便在富余反扭矩的作用下绕 $z$ 轴转动，实现无人机的偏航运动，机体转向与电机1、电机3的转向相反。

4. 侧向运动：由于结构对称，所以侧向飞行的工作原理与前后运动完全一样，只是方向不同而已。四旋翼无人机在悬停的基础上



图 4-14 “十”字形无人机数字模型

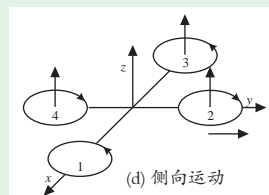
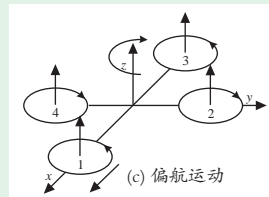
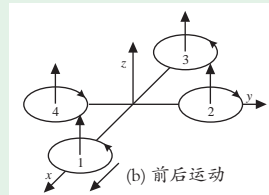
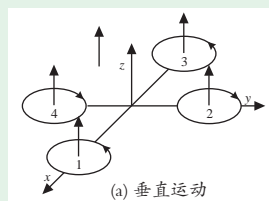


图 4-15 “十”字形四旋翼无人机动力模型



增加左侧电机的转速使得升力增大，减小右侧电机的转速使得升力减小，便可向右侧运动，如图4-15（d）所示；反之，增加右侧电机的转速使得升力增大，减小左侧电机的转速使得升力减小，便可实现向左侧运动。

#### 讨论：

除了上述四种飞行运动控制方式外，你还知道哪些飞行运动控制方式？试着解释它的原理，并与其他同学交流分享。

“十”字形四旋翼无人机和“X”形四旋翼无人机在数学模型和动力模型上的不同，导致了两者在功能实现和具体使用上的诸多不同。无论是在飞行控制算法上，还是在悬挂摄像装备上，“X”形四旋翼无人机都比“十”字形四旋翼无人机更有优势，因而“X”形模式飞控也成为当今四旋翼无人机的主流机型。



### 技术体验

#### 探究“X”形四旋翼无人机的飞行控制原理

##### 体验目的：

通过改变旋翼转速，探究无人机飞控原理，观察四旋翼无人机是如何通过控制电机的转速来进行“前进”“后退”“侧飞”“升降”及“偏航”等动作的。

##### 情境展示：

将四旋翼无人机放置在静止的转盘上，当四个旋翼以不同的速度旋转时，观看无人机的运动趋势。



图 4-16 转盘

##### 问题分析：

四旋翼无人机主要是通过改变旋翼的转速来控制无人机的飞行动作，我们可以根据物理学中力矩的平衡原理（或力的平衡原理）来进行分析。

将电池和遥控器充满电，架好摄像机并调好拍摄角度（用摄像机将实验的过程拍摄下来，然后通过慢动作播放，可更清晰地观察到旋翼转速的变化）。

##### 活动准备：

四旋翼无人机1台（可拆卸螺旋桨），转盘1个，电子台秤2台。

##### 主要过程：

1. 只给一个旋翼加上螺旋桨，将无人机放置在静止的转盘上。低速启动无人机，观察只有一个旋翼工作时，转盘转动方向与旋翼的转动方向。
2. 给对角转向相同的两旋翼装上螺旋桨，将无人机放置在静止的转盘上（转盘中心位于对角线上两螺旋桨中心连线中点的正下方），低速启动无人机，观察对角双旋翼工作时，转盘的转动方向与螺旋桨的转动方向。
3. 给四旋翼全部装上螺旋桨，将无人机置于转盘的的中心，无人机左右旋转时，观察四个旋翼转速的变化。
4. 四旋翼全部装上螺旋桨，将无人机的两脚分别放置在两个不同的台秤上，观察无人机





图 4-17 只装一个螺旋桨



图 4-18 装对角上的两个螺旋桨



图 4-19 装 4 个螺旋桨

做左右侧飞动作趋势时，左右每组旋翼转速的变化和台秤读数的变化（前后运动可参照此方式进行）。

讨论：

运用力矩（力）平衡的物理知识解释观察到的现象，并说明产生现象的原因。



**技术提示**

如果没有转盘和电子台秤，可以采用手直接抓握的方式感知无人机的运动趋势。



**马上行动**

以“X”形四旋翼无人机为例，完成下表（填写电机转速变化：“快”或“慢”）。

动作	电机转速变化情况			
	前左电机	前右电机	后左电机	后右电机
起飞				
降落				
前进				
后退				
左转				
右转				
左侧飞				
右侧飞				



**思维碰撞**

模型直升机很难操控，但多旋翼无人机操控却很容易，是不是旋翼越多越好操控呢？



### 任务三 进行四旋翼无人机的逆向设计

技术创新并不都是从无到有的过程，而往往是技术的迁移或移植。技术创新也需要我们善于观察与思考，学会从日常生产和生活中汲取创造灵感，向已有产品学习，在消化吸收中创新。



## 拓展阅读

## 中国传统玩具——竹蜻蜓

竹蜻蜓是中国从古流传至今的简易玩具，因制作简单，材料简易，是人们童年时最常制作的手工玩具之一。玩竹蜻蜓时，双手一搓，手一松，竹蜻蜓就会飞上天空。为了让竹蜻蜓飞得更高、更远，人们后来又发明了一种竹蜻蜓发射装置，一只手握住管子，另一只手拉动绳子，竹蜻蜓就被快速地发射出去了。20世纪30年代，德国人发明了直升机螺旋桨，也是受到“中国螺旋”（竹蜻蜓）的形状和原理的启发。



图 4-20 竹蜻蜓

为了能顺利地改进四旋翼无人机，让无人机更好地完成三个特技飞行表演任务，“云飞团队”需要对多旋翼无人机的系统构造有一个全面的了解。



## 拓展阅读

## 多旋翼飞行器的构造

多旋翼飞行器硬件部分主要由机架、电机、电池、电调和桨叶组成，为了满足实际飞行需要，一般还需要配备遥控器及飞行辅助控制系统等。



图 4-21 多旋翼飞行器结构

1. 机架：机架是整个飞行系统的飞行载体。多旋翼飞行器机架一般由强度高、质量小的材料精密加工而成，如碳纤维、PA66+30GF材料等，也有为满足教学需求而使用的经过激光雕刻的木板材料。



图 4-22 机架



2. 电机：无刷电机是无人机动力系统中重要的组成部分，它直接将电能转化为机械能，无刷电机技术的不断成熟也是无人机行业兴起的重要技术基础。无刷电机具有效率高、寿命长、易保养等优点。



图 4-23 电机

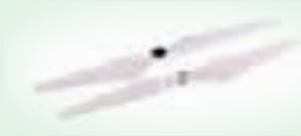


图 4-24 桨叶



3. 桨叶：桨叶是通过自身旋转，将电机转动转化为动力的装置。桨叶按材质一般可分为尼龙桨、碳纤维桨和木桨等。

4. 电调：电调全称为电子调速器，英文简称ESC。在整个飞行系统中，电调主要通过调控驱动电流的大小来控制电机的转速。



图 4-25 电调

5. 电池：电池是将化学能转化成电能进行储存的装置。目前在多旋翼飞行器上，一般采用普通锂电池或智能锂电池等。

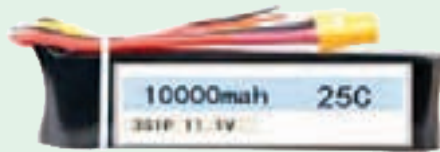


图 4-26 电池

6. 飞行控制系统：飞行控制系统集成了高精度的感应器元件，主要由陀螺仪、加速计、角速度计、气压计、GPS、指南针模块以及控制电路、遥控器和接收机等部件组成。高效地控制算法内核能精准地感应并计算出飞行器的飞行姿态等数据，再通过主控制单元实现精准定位悬停和自主平稳飞行。



图 4-27 无人机飞行控制系统

在对四旋翼无人机构造有了基本了解的基础上，“云飞团队”开始了无人机的逆向设计。



### 拆解“X”形四旋翼无人机

1. 购买编程积木无人机套件。
2. 对已装配好的无人机充电后，按说明书要求进行调试和试飞，调到最佳状态。



图 4-28 编程积木无人机及其遥控器

3. 拔掉电源线，取下电池。

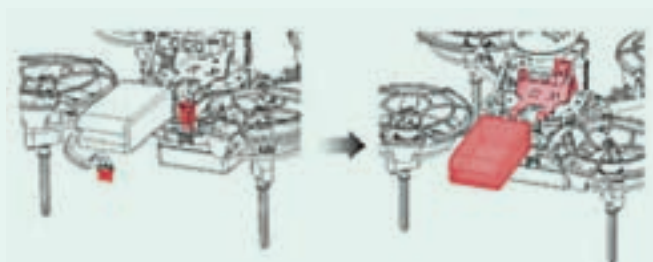


图 4-29 拆卸电池



#### 技术提示

拆下来的组件或配件按一定顺序摆放。

4. 切断连线后向上用力拔下 Wi-Fi 模块，然后旋转支架到 90° 方向，取下摄像头支架。

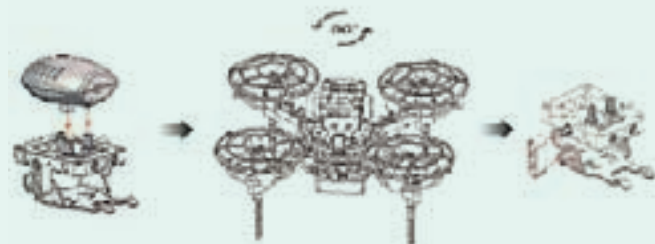


图 4-30 拆卸 Wi-Fi 模块

5. 翻转无人机，稍稍用力从一侧取下飞行控制器。



图 4-31 拆卸飞控模块

6. 取下机架智能驱动器上的盖板。

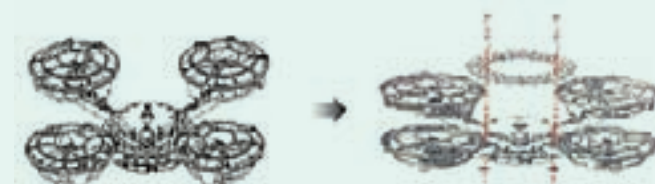


图 4-32 拆卸支架盖板



7. 逐一拆卸四个旋翼。



图 4-33 拆卸四个旋翼支架

8. 拆卸智能驱动器、拓展坞及旋翼横梁支架。

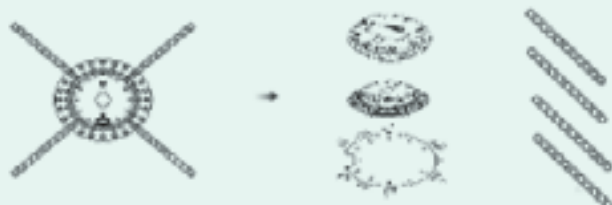


图 4-34 拆分机架

讨论：如果将四旋翼无人机变为六旋翼，试分析一下控制方式用“X”形和“十”字形哪个更好？若变为八旋翼，哪种方式更好？



图 4-35 六轴、八轴无人机仰视图

在对四旋翼无人机拆解的基础上，进行无人机的设计和改进，拼装两轴四旋翼无人机。

## 马上行动

将前面拆解的编程积木无人机套件再次拼装成一台无人机，但这次要求拼装成两轴四旋翼的无人机，该如何设计机架和排列两个两两旋转方向不同的旋翼？

讨论：

1. 若飞行控制操控方式有变化，该如何控制所拼装的无人机的飞行动作？
2. 如果无人机起飞后不能很好地控制飞行动作，要如何改进才行？

## 学习反思

如果多旋翼无人机升力不足以拉起悬挂物，可否适当增加旋翼的数量呢？如果可以，该如何设计？

## 练习

通过四旋翼无人机的逆向设计，谈谈你对逆向设计的认识。在逆向设计过程中需要注意些什么？



## 三、四旋翼无人机悬挂装置的改进与优化

- 任务一 改进四旋翼无人机悬挂装置的设计
- 任务二 测试试验与优化改进
- 任务三 项目总结与反思



### 学习目标

1. 在结构和功能上改进无人飞行器，体验结构设计中的基本原理和方法。
2. 学会科学地进行试验测试，尝试进一步优化结构和完善功能。
3. 知道撰写项目总结报告的基本要求。



### 走进情境




经过一系列的探索活动后，“云飞团队”最后确定使用四旋翼无人机在开幕式上完成“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”这三个特技表演任务。于是，他们开始尝试在结构和功能上对多旋翼无人机作进一步改进与优化，以保证预期目标的达成。



### 任务一 改进四旋翼无人机悬挂装置的设计

由于多旋翼无人机的飞控系统、动力系统等核心部件在精度和加工工艺方面要求都相当高，改进难度太大，即使有了好的改进方案，也难以实现加工、测试和检测。

经反复研究，“云飞团队”决定只改进无人机的悬挂装置，并设计了如下三种悬挂方案，以完成悬挂标语飞行的任务。

方案	方案一	方案二	方案三
示意图			 触发装置 舵机
吊挂方式	直接吊挂	拆装云台后在重心处吊挂	改装触发装置后在重心处吊挂
标语展开控制方式	无	无	遥控舵机触发



### 马上行动

请根据“云飞团队”设计的三种无人机悬挂标语的方案，作好相关的设计、制作与改进，并为后面的优化测试试验准备好试验器材。



方案一：用无人机直接悬挂标语。

1. 用小木棍（或硬质塑料管）穿过条幅标语的上端，用棉线（或凯夫拉线）拴住小木棍两端。
2. 用棉线（或凯夫拉线）拴住无人机脚的两端，如图4-36所示将标语系在无人机的重心处。
3. 调节棉线的长度，以不影响无人机的飞行为准。



图 4-36 直接悬挂标语

方案二：拆装云台后在无人机底座重心垂线上悬挂标语。

1. 按如图4-37所示方法取下云台及其摄像装置，以减轻无人机自重，云台底座保留。



图 4-37 拆卸无人机相机云台

2. 将无人机摄像头云台改造为悬挂装置：购买一云台底座（如图4-38所示，也可以手工制作或三维打印），再设计一悬挂装置如图4-39所示（也可用三维打印）。



图 4-38 无人机云台吊挂支架 图 4-39 标语悬挂装置 图 4-40 改进悬挂装置的无人机

3. 用凯夫拉线系住牵引标语木棍的两端，如图4-40所示，再系在无人机悬挂装置上。

方案三：改装触发装置后在无人机底座重心垂线上悬挂标语触发装置。

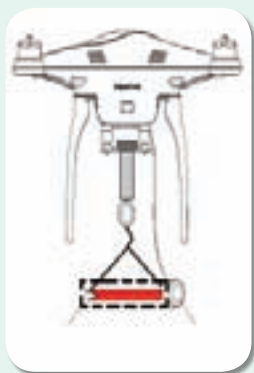


图 4-41 改进悬挂装置示意图

1. 在方案二的基础上，设计一个可将标语卷好放在里面的装置，当触发开关打开时，标语可从装置里慢慢伸展出来。
2. 利用之前无人机控制摄像机的遥控器通道控制驱动舵机，用舵机控制触发装置开关以展开标语。

讨论：

1. 三种悬挂标语的方案各有什么优点？
2. 方案三中设计的触发装置如果采用延时开关来控制，你会如何设计？
3. 在方案三的基础上如何进一步改进触发装置，使无人机能够完成“抛彩纸片”和“拉五环烟幕”这两个特技表演任务？
4. 无人机在悬挂标语飞行时，当飞行速度过快（或环境风太大）时，会出现超载情况。如何为无人机设计超载保护装置？即只要挂钩受到极限拉力，挂钩便自动脱落，如无人机最大载重为 2 kg，如果一阵强风刮过来，当超过最大载重，挂钩便立即自动脱落。



**技术提示**

舵机一定要与无人机的电调匹配。



## 任务二 测试试验与优化改进

经过前面的研究和探索，“云飞团队”设计了三种使用四旋翼无人机完成“悬挂标语飞行”特技表演任务的方案，为确认最佳方案，需要进行相关测试试验。



### 马上行动

对任务一中“云飞团队”设计的三种悬挂标语的方案进行测试，判断哪一种悬挂方式更合适。

#### 步骤：

1. 试验一：将凯夫拉线系在无人机脚上（如图4-42所示），在线交叉中心处用凯夫拉线系上一瓶与标语质量相当的矿泉水（矿泉水瓶里的水可慢慢增加到等于条幅标语的质量），然后启动无人机，观看其飞行情况。调节好系矿泉水瓶绳子的长度，以不影响无人机的飞行为准。



图 4-42 悬挂矿泉水瓶

2. 试验二：将矿泉水瓶取下，如图4-43所示系上标语（30 cm × 200 cm），再次启动无人机，如果无人机起飞平稳，可适当考虑用更大的条幅标语。无人机在空中可稳稳悬停后，再进行前后飞行，记录在保持飞行稳定的情况下，速度最快可达多少。（飞行的速度可看作风的速度。）



图 4-43 悬挂条幅标语

3. 如图4-44所示，将无人机摄像头云台去掉改为悬挂装置后，重复步骤 1 和 2。



图 4-44 将云台改为悬挂装置

4. 试验三：在试验二的基础上，设计吊挂标语触发装置（可通过遥控器控制标语展开），利用无人机之前控制摄像头转动的通道控制触发装置的舵机。试飞一下，看无人机升空后能否顺利通过遥控展开标语。



图 4-45 无人机安装触发装置

5. 拓展试验一：将步骤4吊挂标语的装置改为彩纸、彩带的抛撒装置，通过遥控控制触发装置开关，打开闸门释放彩纸、彩带。试飞测试一下，看能否通过遥控控制彩纸、彩带的释放。

6. 拓展试验二：参照步骤 4、5，吊挂装置改挂五环烟幕弹，仍利用无人机之前控制摄像头的通道控制烟幕弹的电子点火装置，测试一下，看无人机升空后点火拉烟能否受控？

至此，“云飞团队”用四旋翼无人机完美完成了“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”这三个特技飞行表演任务，并且还可以利用遥控器富余的通道，控制这三个任务开始执行的时间。



### 任务三 项目总结与反思

为了提升学校运动会开幕式的科技含量，充分将科技表演活动融入体育活动之中，“云飞团队”从飞行器的发展历程、控制原理、系统结构和人机关系等方面着手，对无人飞行器作了一系列的研究和深入探讨。经过比较、权衡和多次对四旋翼无人机悬挂装置改进的技术试验，顺利地完成了在学校运动会开幕式上“抛彩纸片”“拉五环烟幕”和“悬挂标语飞行”三个无人机特技表演项目的创新设计，并进一步加深了对无人机飞行和控制原理的理解，也体验了逆向工程设计在科技人文融合创新中的应用。

为了进一步完善本项目的研究，请你从项目背景、原理应用、结构功能改进、解决问题的过程及方法、项目创新点、改进建议等方面对“云飞团队”研究改进多旋翼无人机进行特技飞行表演项目进行总结。



根据“无人机的创新设计与实践”项目的活动过程与结果，完成下表。

项目名称		
背景和意义		
研究方法		
理论依据与科学原理		
活动过程		
创新点	科学性	
	新颖性	
	实用性	
反思	存在问题	
	改进设想	
材料附件		含系统组成方框图、结构图、电路图、元器件表、实物照片、活动过程照片、使用说明等
自我评价		



现今无人机的应用越来越广泛，无人机的核心技术是什么？还可以把它应用到哪些领域以造福社会？



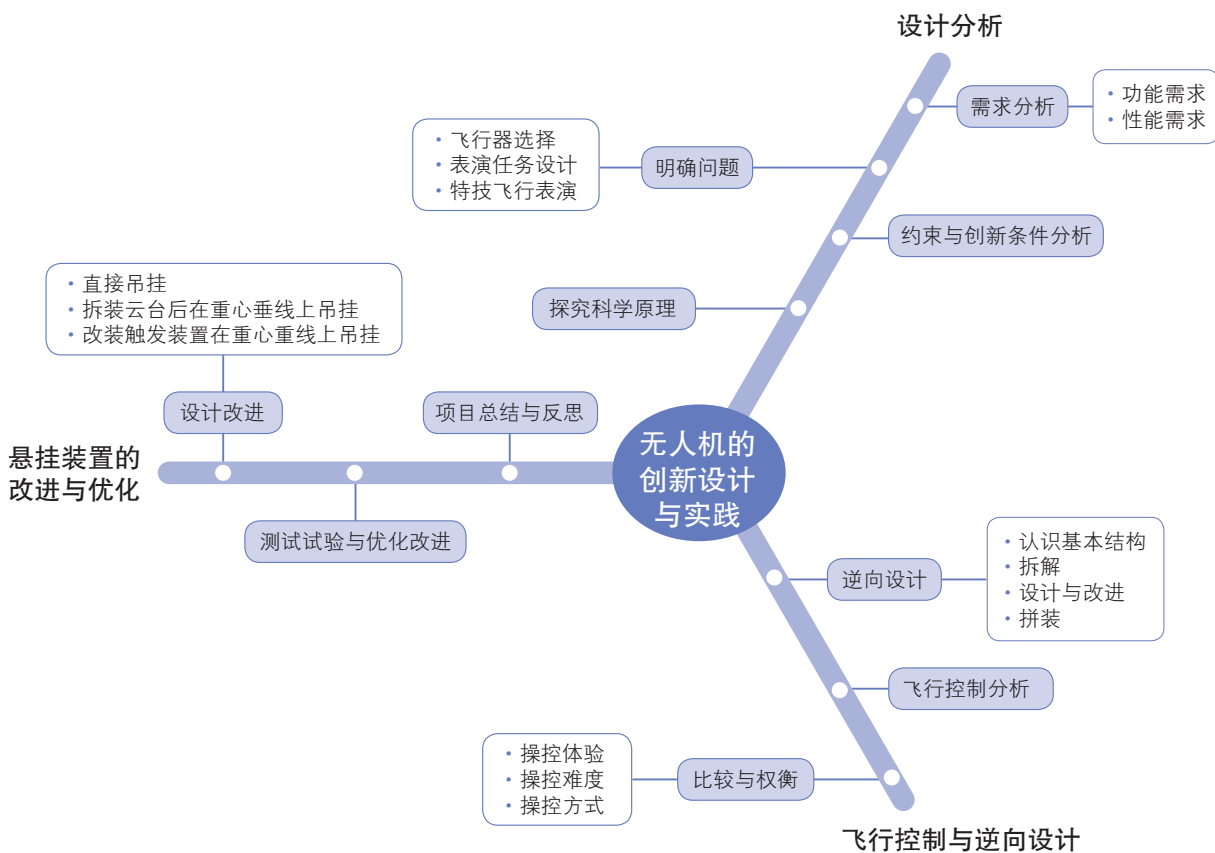
观鸟活动现在越来越受到青少年的喜爱，但观鸟的专用装备十分昂贵。为普及观鸟活动，请你为观鸟爱好者设计一台性价比高、适合观察水鸟的无人机。供参考的要素如下：

- (1) 无人机如何接近水鸟，在外形上如何仿真？
- (2) 为了减少对水鸟的惊吓，如何减小无人机旋翼产生的噪声？
- (3) 观水鸟最佳时间是在清晨或傍晚，在光线不佳的情况下如何拍摄水鸟？





## 单元小结



## 综合实践

驱鸟也叫赶鸟，广义上指农场、果园、风力发电厂和机场等采取的防止有害鸟类侵入自己领地，危害自己劳动成果或设备安全的一切手段；狭义上驱鸟专指军、民用机场为了保护飞行器起降安全，为了防止鸟类在飞机高速起降时撞击飞机机体，在机场关键飞行区采取的防止鸟类入侵的听觉恐吓、视觉震慑、直接捕杀、化学、生态或雷达预警等一切手段。鸟虽然体积小且飞行速度不快，但是飞机速度快，当鸟与飞机相向飞行时，它们之间的相对速度很大。在过去的20年间，全世界有220人死于鸟撞飞机。鸟撞飞机被世界民航组织定义为A级空难的重大危害之一。

鸟是大自然的精灵，是人类的朋友，请在不伤害鸟的前提下，为机场设计可驱赶飞鸟（影响机场飞行安全的鸟）的仿真无人机。

初级要求：模仿猛禽外形设计一架用遥控装置控制飞行的驱鸟无人机。

中级要求：设计一架可通过编程自主控制飞行的驱鸟无人机。

高级要求：利用集群智能蜂群控制技术，设计一群可通过编程自主控制飞行的驱鸟无人机组（其飞行路线可以通过编程进行设置）。

## 第四单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
知道伯努利原理在飞行动力学中的应用 (TA、ET)			
熟悉无人飞行器的系统结构和飞行控制原理 (TA、ET、ID、TD)			
熟知不同无人飞行器遥控操控的难易度 (TA、ET)			
能操控一般常用的多旋翼无人机 (TA)			
可以通过编程简单地控制无人机的飞行动作 (TA、ET)			
能根据科学、技术、工程、艺术、数学、社会各学科之间的区别与联系,对无人飞行器不同的创意改进方案进行权衡比较,并绘制设计图样 (TA、ET、ID、TD)			
能选择合适的材料和加工工具来改进无人飞行器 (TA、ET、CM)			
选择合适的测试方法,对不同的设计方案进行科学的对比测试,并能适当地进行优化和改进 (TA、ET、TD、CM)			
团队意识强,能根据小组同学的特点合理分工,适时协作、合作 (TA、ET)			
<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	



## 第五单元

# 残疾人拐杖的创新设计与实践

- 一 残疾人拐杖的设计分析
- 二 残疾人拐杖的设计与制作
- 三 残疾人拐杖的测试与优化

早在石器时代，中国就出现了用以治病的砭（biān）石。它是针灸治疗的前身，算是最早的医疗器械。成书于公元前 11 世纪的《山海经》有“熏草佩之可以已瘡”“黄石浴之已疥”“绒羊其脂可以已腊”等记载。这些可以说明当时已经有了用来佩戴、沐浴、涂覆药物的简单医疗器械。经过几千年的发展，我国已经开创了具有中国特色的以针灸为基础的医疗器械，并形成了与手术器械相类似的简易医疗器械系列。残疾人拐杖作为一种辅助医疗器械，它的历史也可以追溯到久远年代。

# 一、残疾人拐杖的设计分析

- 任务一 分析需求与明确问题
- 任务二 探究残疾人拐杖中的科学问题

## 学习目标

1. 能说出医疗器械的分类及常见医疗器械的功能，明确医疗器械的重要价值。
2. 分析用户对残疾人拐杖的需求，探究残疾人拐杖蕴含的科学问题。

## 走进情境

吕山同学的爷爷年事已高，自己孤身一人住在老旧小区。近些年，他的视力明显下降，某天在下楼时因楼道光线昏暗，不小心跌断了腿。在恢复期间，爷爷出门需要使用拐杖，走累了需要休息一会，遇到路况昏暗时需要照明，在发生特殊情况时需要能够及时报警。市场上的拐杖难以同时满足爷爷的这些需求，于是他想利用所学的知识为爷爷设计制作一副既舒适又实用的多功能拐杖。

## 任务一 分析需求与明确问题

设计制作拐杖需要综合考虑吕山同学爷爷的各方面需求。首先，拐杖对爷爷要能起支撑作用，辅助他行走；其次，拐杖要附带坐凳，平时收起，当爷爷需要休息时又能够方便地打开；第三，当光线昏暗时能起照明作用。另外，考虑到爷爷独自生活，视力又不太好，遇到意外情况时拐杖还要能自动报警。

## 马上行动

根据问题情境，列出拐杖项目的功能需求，并分析与之对应的性能需求和创新目标，完成下表。

功能需求	性能需求	创新目标	重要性

为了满足吕山同学爷爷的需要，大家对医疗器械进行了市场调研。调研发现，医疗器械市场上拐杖品种虽然很多，但是同时具有可坐、能照明、能自动报警甚至具有定位系统的多功能残疾人拐杖几乎没有。

## 拓展阅读

### 常见医疗器械的功能与分类

医疗器械是指直接或者间接用于人体的仪器、设备、器具、体外诊断试剂及校准物、材料等相关物品。依据医疗器械的结构特征、使用形式和使用状况，常见的医疗器械大体分为两大类：接触人体器械与非接触人体器械。依据是否依靠电能或其他能源，医疗器械又可以分为无源医疗器械和有源医疗器械。具体分类如下表：

接触人体器械		非接触人体器械	
无源医疗器械	有源医疗器械	无源医疗器械	有源医疗器械
液体输送器械 改变血液液体器械 医用敷料侵入器械 重复使用手术器械 植入器械 避孕和计划生育器械 其他无源器械	能量治疗器械 诊断监护器械 液体输送器械 电离辐射器械 植入器械 其他有源器械	护理器械 医疗清洗消毒器械 其他无源器械	临床检验仪器设备 独立软件 医疗消毒灭菌设备 其他有源器械

如图5-1所示是医院里常用的一些医疗器械，试分析这些医疗器械的主要功能、类型及其价值。



图 5-1 常见医疗器械

大家讨论决定专门为吕山同学的爷爷设计制作一个多功能拐杖，这需要从多学科融合视角分析拐杖设计和制作问题。

## 马上行动

根据项目的功能要求和性能指标，为吕山同学的爷爷设计与制作拐杖可能涉及下列各领域知识，表中列出了这些领域的具体问题线索，请你聚焦某一具体问题，思考其解决方法。

学科（领域）	问题聚焦
力学	杖杆承重力、杖脚摩擦力、坐凳稳固性、拐托和腕把与杖杆连接
电学	照明电路设计与连接、自动报警控制装置设计、元件及传感器选择
材料	材料性能、强度、加工



(续表)

学科(领域)	问题聚焦
技术	制作工具、设备、工艺、图样表达、技术试验、人机关系
工程	制作成本、难易程度、全生命周期
数学	电路计算、杖高计算、动摩擦因数计算
人文	拐托和坐凳舒适度、使用便利、高度可调、自动报警、安全可靠
艺术	造型、色彩

如果一味追求增加残疾人拐杖的功能，在实践中会带来成本提升等问题，同时也将受到其他因素的约束。



马上行动

吕山为爷爷设计的拐杖既要实现多功能，还要使用方便、舒适，经久耐用，涉及多种因素的制约。请分析其中的约束因素及制约关系，完成下表。

项目	约束因素及制约关系
功能的增加	原理分析：_____； 制作工艺：_____； 制作成本：_____； 制作周期、使用寿命：_____； STEAMS 其他因子：_____。



## 任务二 探究残疾人拐杖中的科学问题

拐杖通常包括拐托、支撑杆、杖脚等部分(如图5-2所示)。拐杖看似简单，却蕴含了不少科学问题。

拐杖杖杆的应力问题是设计拐杖应考虑的一个重要问题。结构应力是指结构由于外力而变形时在结构内各部分之间产生相互作用的内力，在数量上等于某一截面单位面积上的内力，记为 $\sigma=F/S$ 。通常情况下，结构应力会随着外力的增加而增大。

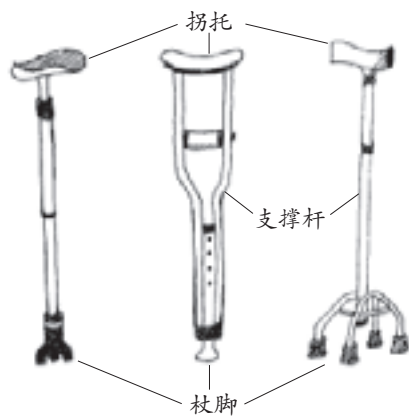


图 5-2 拐杖的结构



对某种材料而言，应力的增大是有限度的，超过这一限度材料就会被破坏，因此在设计拐杖时，杖杆承受的应力应该小于它的最大应力。不同材质的同种结构其应力大不相同，通常可根据材料力学公式  $F=\sigma\pi r^2$  计算出半径为  $r$  的杖杆的最大抗压力。杖杆直径越大，其抗压能力也就越强。



### 马上行动

用来制作拐杖的材料不同，其特点和性能也不同。查阅相关资料，对表中制作拐杖时可能用到的材料的特性、价格等类目进行比较，并完成表格。

材料	密度	硬度	抗压、弯曲	耐磨、腐蚀	价格
木材					
竹材					
铝合金					
不锈钢					

另外，在一根完整的杖杆上打眼钻洞后，其抗压力将会大大降低。当人拄拐时，拐杖不同部位受力大小也不一样。



### 思维碰撞

残疾人在拄拐时，可认为拐杖有三个支点，分别是拐托处、腕把处和触地处。通常情况下，为确保腋窝不被过度挤压，拐托处不允许承受太大的力。根据力学原理，当重力为  $G$  的使用者拄拐时，若拐杖与地面成  $\theta$  角，拐杖受力最大的部位在哪里？

拐杖的另一个科学问题是拐杖与地面间的摩擦力问题。如图5-3所示，假设在水平地面上，拐杖跟地面间的摩擦力大小为  $f=\mu N=\mu F\cos\theta$ （ $F$ 为沿着拐杖方向的压力， $\theta$ 为拐杖与竖直方向间的夹角， $\mu$ 为杖脚与地面间的动摩擦因数），当  $F$  和  $\theta$  保持一定时，杖脚采用动摩擦因数较大的材料，拐杖容易保持平衡；当施加在拐杖上的压力  $F$  和杖脚与地面间动摩擦因数  $\mu$  不变时，如果夹角  $\theta$  增大，拐杖倾斜度增加，那么， $F$  沿地面的分力  $F\sin\theta$  变大，当该分力大于最大静摩擦力时，拐杖就无法保持平衡。

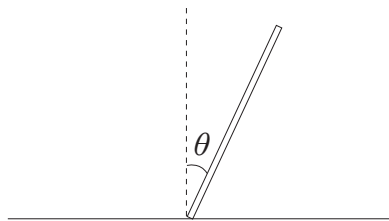


图 5-3 拐杖与竖直方向间的夹角



## 案例分析

### 万向节杖脚

为了增强拐杖的安全性与舒适性，人们设计出了一种万向节作为杖脚，如图5-4所示。它不仅增加了拐杖触地时的稳定性，增强了它的防滑性能，还能根据使用者的需要改变杖脚方向，甚至可以360°旋转，显得既实用又方便。

#### 讨论：

万向节是通过什么方式来完成角度的改变甚至实现 360° 旋转的？其中利用了什么原理？



图 5-4 万向节杖脚

经观察发现，以水平地面为例，通常老年人使用拐杖时拐杖与竖直方向的最大倾斜角约为  $20^\circ$ ，可计算出为确保安全，拐杖与地面间需要多大的动摩擦因数  $\mu$ 。由上述分析可得， $\mu = \frac{\sin 20^\circ}{\cos 20^\circ} = \frac{0.34}{0.94} \approx 0.36$ 。通过科学探究可以测出不同材料间的动摩擦因数，据此可选择合适的脚垫材料。



## 技术试验

### 探究不同材料间的动摩擦因数

#### 试验目的：

通过试验，比较不同材料与地面间在相对滑动时的动摩擦因数大小。

#### 情境展示：

吕山想从橡胶、塑料和牛筋这几种常见材料中选择合适的材料作为脚垫，满足拐杖与垂直面形成最大倾斜角时对动摩擦因数  $\mu$  的要求，老师提醒他可以通过试验进行选择。

#### 问题分析：

根据公式  $f_{\text{滑}} = \mu N$ ，当  $N$  保持不变时，阻碍滑动的摩擦力  $f_{\text{滑}}$  越大，可推知  $\mu$  就越大。

#### 试验准备：

质量相等的橡胶、塑料、牛筋各一块，2 kg 砝码 3 个，量程分别为 5 N、10 N、15 N 弹簧测力计各一只。

#### 主要过程：

1. 分别将砝码与橡胶、塑料和牛筋固定在一起。
2. 选择合适量程的弹簧测力计，分别在水平沙土面、水泥面、沥青面上匀速拉动橡胶、塑料、牛筋，并重复上述操作 3 次，分别记录它们的拉力大小。
3. 在水平沙土面、水泥面、沥青面上分别撒上足够多的水后，匀速拉动橡胶、塑料、牛筋，并重复上述操作 3 次，分别记录它们的拉力大小。



环境	脚垫材料	摩擦面	拉力大小 / N		
			第一次	第二次	第三次
干燥	橡胶	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			
	塑料	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			
	牛筋	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			
潮湿	橡胶	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			
	塑料	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			
	牛筋	沙土面			
		水泥面			
		沥青面			

#### 思考：

相同环境下，不同材料在相同接触面上的动摩擦因数大小不同。哪种材料的动摩擦因数 $\mu$ 满足拐杖与地面最大倾斜角时对摩擦力的要求？

多功能拐杖的设计和制作还涉及坐凳稳固性与舒适性问题、照明电路和报警电路设计和安装问题，以及元器件选择与匹配等问题，这些都需要专门分析探究。例如，目前市场上销售的具有探测功能的拐杖，所用到的传感器主要有红外线传感器、超声波传感器、激光传感器及电磁雷达传感器，不同的传感器使用效果也不一样。



#### 工程中的人文：拐杖设计中增加跟踪报警系统

目前，我国已进入老龄化社会，居家养老已经成为一个社会关注的问题。为了体现对独居老人的人文关怀，拐杖设计时增加跟踪报警系统，当老人发生意外情况时，能通过拐杖的跟踪报警系统将信息第一时间发送到家属、社区、警察等相关人员手中，将大大降低意外事件对老人造成的伤害。

## 案例分析

查阅相关资料，分析比较红外线传感器、超声波传感器和激光传感器三者的优缺点，完成下表。哪种传感器最适合用于具有探测报警功能的拐杖？

传感器类型	受环境影响大小	结构是否简单	信号处理是否可靠
红外线传感器			
超声波传感器			
激光传感器			

## 思维碰撞

随着生活水平的提高，人们对医疗水平也提出了更高的要求，原有的一些医疗器械可能逐渐会被新的、更先进的医疗器械所替代。你如何看待这一现象？请举例说明。

## 学习反思

当今，残疾人拐杖不断趋于多功能化和智能化，作为设计者应如何权衡功能的多样性与成本、全生命周期的关系？

## 练习

1. 医疗器械是为了满足人们防病、查病、治病等需要而产生的科技产品，对人类的作用是巨大的。随着医学科技的发展，医疗器械的价值将会越来越凸显。除了教材中列出的医疗器械外，你还知道哪些医疗器械？请举例并分析说明这些医疗器械的重要价值。

2. 如图所示是轻度残疾人所使用的肘拐，从受力部位及受力大小角度分析，为什么肘拐适合轻度残疾人，而腋下拐更适合重度残疾人？





## 二、残疾人拐杖的设计与制作



### 学习目标

- 任务一 进行残疾人拐杖的方案设计
- 任务二 比较与权衡设计方案
- 任务三 制作多功能残疾人拐杖

1. 通过残疾人拐杖的设计，初步学会分析残疾人拐杖涉及的科学、技术和工程知识，明确产品设计方案的多多样性及其优化方法。
2. 经历残疾人拐杖的制作过程，体验应用结构、电子、控制、系统以及相关科学知识来设计制作残疾人拐杖的实践过程和基本方法。



### 走进情境

在决定为爷爷设计制作拐杖后，吕山和同学们进行了详细的市场调查，从结构、功能、材质等方面综合分析了目前市面上常见的一些拐杖，结合相关原理及可行性分析，并以爷爷的实际需求为基本依据，充满信心地开始了多功能拐杖的设计与制作。



### 任务一 进行残疾人拐杖的方案设计

任何产品的设计都需要满足使用者的真实需求，在一定的约束条件下综合考虑与分析涉及的各方面因素。从技术角度讲，拐杖的设计首先应考虑工具、材料、设备、加工工艺等因素。



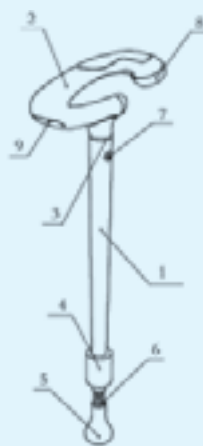
### 案例分析

#### 多功能老年人及残疾人拐杖

2014年10月，一名大学生设计了一款专利产品——多功能老年人及残疾人拐杖，如图5-5所示。拐杖的把手上设有储物盒和照明灯，照明灯可供照明，储物盒的设置可以方便老年人在拐杖上储存急救药物。手持拐杖行走时，拐杖主体不断下压，使得线圈不断切割磁感线，产生感应电动势；另一方面，磁铁上的齿条带动齿轮转动，进而带动发电机发电。两部分电能均储存在蓄电池中，可为照明灯提供可靠的电能。该拐杖既能辅助老年人行走，又能储物和照明，既实用又富有创意。

#### 讨论：

该多功能拐杖的设计充分运用了电磁学知识。若改用太阳能，照明使用“3 V 0.5 W”的LED灯，请粗略计算出应使用多大容量的太阳能电池才能确保供电。



1. 杖体
2. 把手
3. 螺纹连接
4. 安装块
5. 底座
6. 弹簧
7. 电源开关
8. 储物盒
9. 照明灯

图 5-5 多功能拐杖

目前可用来制作拐杖杖杆的材料主要有木材、竹材、不锈钢管、铝合金管、碳纤维及其他轻质复合材料等。不同材料制作的杖杆强度不同。同种材料，横截面直径越大，其抗压力也就越强，但这会增加拐杖的质量，造成不必要的材料浪费。



如图5-6所示的一组拐杖，它们在材料、外观、结构和功能等方面各有不同，适用人群也有差异。



图 5-6 拐杖

讨论：

1. 比较上述拐杖的材料、外观、结构和功能，针对吕山的爷爷对拐杖功能的需求，在设计上对你有怎样的启示？
2. 新型复合材料因其轻便、耐用等优点已被广泛应用于产品生产。这些复合材料在加工工艺上与传统材料会有哪些不同？请举例说明。

木材、竹材价格低且易加工，但竹材容易干裂影响使用寿命；不锈钢管坚硬结实且寿命长，但比较重；碳纤维虽然轻便寿命长，但是价格偏高。综合权衡，可选用木材或铝合金材料制作杖杆，或者使用不同材料进行组合。



根据下列不同材料，分析适合它们的制作工具、设备和加工工艺。

材料	工具	设备	加工工艺
木材			
竹材			
不锈钢			
铝合金			
碳纤维			



因为拐杖会在不同路面、不同天气等复杂环境中使用，所以杖脚应使用耐磨并且防滑性能较好的材料。为方便老年人休息，需要设计一种可支撑和折叠的休息凳。其选用的材料不同，所需工具、设备和加工工艺也不相同。同时，拐杖的安全性、便捷性以及舒适性也是设计时应考虑的重要因素。



### 工程中的科学：拐杖支架与椅面支撑的力学原理

利用三角形稳定性原理在拐杖上设计一种可支撑和折叠的休息凳。拐杖支架和椅面支撑利用力学原理，可变换为凳面。杖杆中下部无椅腿和其他部件，可以灵活折叠成拐杖支架；当休息凳使用时，三腿支地，稳固安全。

考虑到吕山的爷爷需要经过光线昏暗的楼道，0.5 W 的 LED 灯即可满足亮度要求，且耗电量小，电源可以使用较长时间；开关选用自锁按键式，比较适合老年人使用。另外，报警系统使用最大电流为 1 A 的水银开关，在老人跌倒时能自动接通电源报警；照明系统可与报警系统共用一个电源。



根据采购来的主要零件，如图5-7所示，自行设计电路，确定电路的供电电压，选配恰当的电池，选择合适的电路部件。  
要求：画出电路图并标明表中零件的参数值。



图 5-7 零件

主要零件	额定电压	工作电流	其他
蜂鸣器1			
蜂鸣器2			
蜂鸣器3			
LED灯			

上述照明报警系统电路可参考如图5-8所示电路进行设计：

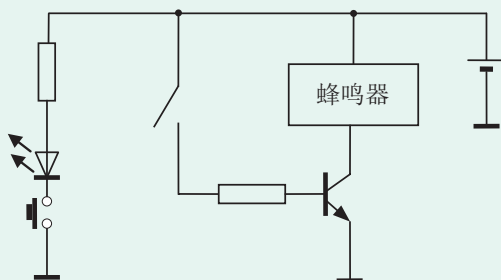


图 5-8 参考电路图

设计拐杖时，除了要考虑拐杖的实用性与安全性外，还需要体现拐杖外观的艺术性与美观的要求。



## 任务二 比较与权衡设计方案

经过前面的设计分析，同学们对拐杖的外观、结构、材质及功能等有了比较清晰的认识，基本明确了拐杖的设计方向。综合考虑吕山的爷爷对拐杖的实际需求，同学们认为应该将拐杖设计成腋下拐杖，于是纷纷贡献智慧，提出了三种不同的多功能拐杖设计方案。

### 方案一 软质可坐照明报警拐杖

根据爷爷的身高和体重，该方案选用长1 200 mm、直径为25 mm的桐木材作杖杆，杖杆顶部凿一个长15 mm、直径20 mm的圆形榫头，沿着杖杆开一条深8 mm的细长槽；杖脚使用橡胶垫并用木螺丝固定于杖底；考虑到在杖杆腕把处钻孔会影响整体强度，因此选择用皮带将腕把固定在杖杆上；拐托用230 mm × 50 mm × 30 mm软木板加工而成，并套上软皮革。拐托前部凿一个长55 mm、宽30 mm、深20 mm的方形槽用来安置电源盒，拐托下表面凿一个直径20 mm、深15 mm的圆槽，与杖杆卯榫连接后用木螺丝固定。

坐凳采用三角形马扎形式，坐面材质为帆布，帆布的三个角分别固定在杖杆和凳腿上，由两根长45 mm、直径为18 mm的铝合金管弯曲后支撑做凳腿，凳脚底部套有橡胶垫。

照明电路由直插式LED灯、限流电阻 $R_1$ 、按键开关 $K_1$ 及电源组成，如图5-9所示。为了方便吕山的爷爷拄拐上下楼梯时照明，LED灯镶嵌在距离杖脚200 mm高处，导线埋在长槽中并用胶带封住，开关置于腕把处。

报警系统采用自动控制电路，电器元件包括3 mm水银开关 $K_2$ 、三极管VT8050、1 k $\Omega$ 电阻 $R_2$ 、HYT-09有源电磁式直流3 V蜂鸣器M以及电源 $E$ ，报警系统电源与照明电源共用，由2节5号电池（1.5 V 750 mA·h）供电。蜂鸣器置于拐托下部，当拐杖竖立时水银开关断开不报警；当拐杖倒下时水银开关自动接通，蜂鸣器发出声音报警。

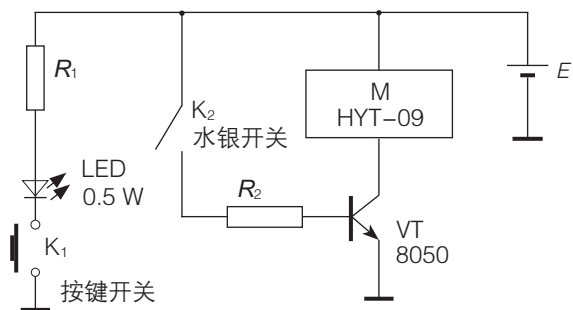


图 5-9 方案一 电路设计



根据项目提供的主要零件及参数计算并回答：为了确保LED灯不被烧坏，外加保护电阻阻值大约是多少？



拐杖设计草图如图5-10所示。

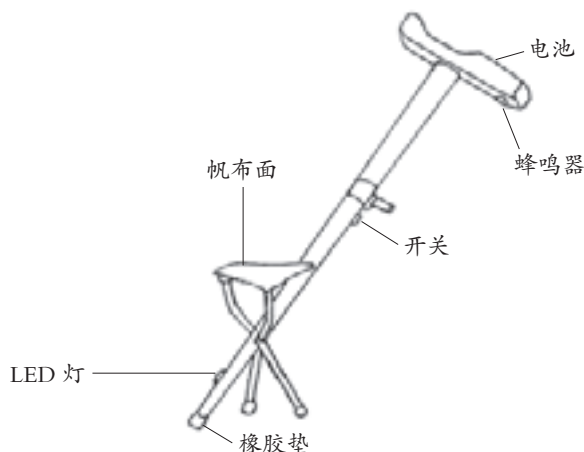


图 5-10 方案一 拐杖设计草图



1. 方案一中，杖杆顶部凿一个圆形榫头而不是直接与拐托凹槽连接的理由是什么？
2. 上述照明系统，若持续供电，LED 灯可连续工作多长时间？

## ■ 方案二 硬质可坐照明报警拐杖

拐杖整体结构采用组合材料，铝合金管杖杆与木质拐托相连。为了增加拐杖触地时的稳定性，杖脚设计为三脚结构。

考虑到舒适性，凳面经数学计算可用直径为 220 mm、厚 6 mm 的圆形木板或成品圆形塑料凳面，凳面与凳腿、凳面与杖杆以及凳腿与杖杆均采用铰连接，凳面通过滑环可在杖杆上滑动，以达到随时收放的目的。为了解决凳面自动展开问题，在凳面背部固定一根橡皮筋，收起时挂到杖杆上。除了杖杆可以充当一条凳腿外，另外两条凳腿由两根铝合金管组成。其他方面与方案一保持一致。设计草图如图5-11所示。

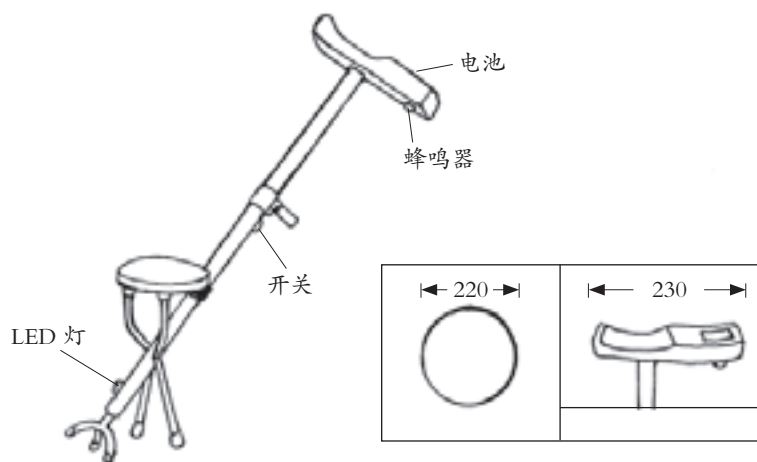


图 5-11 方案二 拐杖设计草图





不同材料间想要连接牢固，存在一定的技术难度，方案二应如何做到铝合金管杖杆与木质拐托间的牢固连接？

### 方案三 硬质可坐伸缩照明报警拐杖

该方案是为了防止吕山的爷爷因视力原因碰到障碍物而设计的，另外还考虑到因座位高度问题而产生的对用户舒适性的负面影响。报警系统借助超声波测量障碍物与人体间的距离，当距离小到一定程度时系统就会报警；坐凳高度可以通过设置在杖杆上的碰珠进行手动调节。这样尽管制作成本比普通拐杖高一些，但它具有灵敏和安全等优势。

整体框架采用组合形式，包括杖杆、坐凳、拐托、主机盒、传感器、开关、电源、语音器以及报警器等。杖杆使用轻质的铝合金套管且长度可调，杖杆下部装有传感器；为了减小坐凳展开时所占据的空间，将凳面设计成心形，杖杆恰好嵌在其中。拐托和主机盒利用三维打印技术一次成型。主机盒上装有开关和电源，主机盒内装有报警器。开关、电源、报警器三者进行串联连接。拐杖的控制电路采用模块化设计，包括传感器模块、单片机模块、校准模块和语音模块（或警示模块）等部分，其原理如图5-12所示。

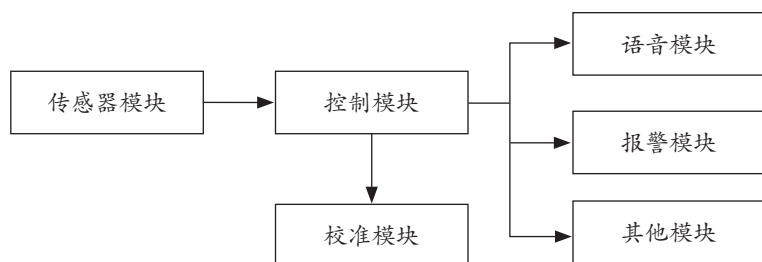


图 5-12 拐杖控制电路的模块化设计

各模块采用嵌入式技术。选用单片机 STC89C52，单片机采用 Arduino 语言编程，简单易学。超声波模块选用 HC-SR04 型，可提供 2~400 cm 的非接触式距离感测功能，测距精度可达 3 mm。照明部分使用 LED 发光灯系统。设计草图如5-13所示。

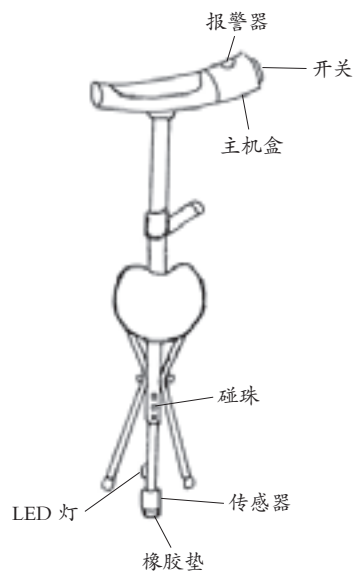


图 5-13 方案三 拐杖设计草图

## 思维碰撞

1. 拐杖如果不用碰珠而用旋转方式进行坐凳的高度调节，需要解决什么技术问题？请比较两者的优缺点。
2. 如果用碳纤维管作杖杆，那么杖杆是否适合攻丝？为什么？

各组方案确定后，吕山和大家一起对三种设计方案做了比较和权衡，最终从三种方案中选择了方案一作为爷爷的拐杖制作方案。

## 马上行动

1. 方案的比较与权衡是确定最终设计方案不可缺少的环节，比较上述三种设计方案，分别说出它们各自的创新点。
2. 如图5-14所示是一款多功能智能拐杖，它具有 MP3、照明与报警、收音机、充电等功能，采用技术融合创新的方法，集多种功能于一体，这种设计理念在很多产品设计中都有体现。我们知道，所有产品的设计都以满足用户需求为宗旨，然而从实际情况看，是否产品功能越多就越好呢？与同学们设计的方案相比较，该拐杖是否适合老年残疾人使用？请说明理由。



图 5-14 多功能智能拐杖



## 任务三 制作多功能残疾人拐杖

结合残疾人拐杖的设计过程，参照方案一的具体要求及相关约束条件，吕山邀请几位同学帮助，完成多功能残疾人拐杖的实际制作。



吕山和同学们开始制作多功能残疾人拐杖。

**材料：**长1 300 mm、直径分别为20 mm、25 mm、30 mm的圆桐木条数根，长360 mm、直径为18 mm的铝合金管数根，400 mm × 300 mm长方形帆布、棉布各一块，金属轴1根，250 mm × 50 mm × 30 mm方木块、橡胶垫、塑料垫、牛筋垫各一块，丝绵、皮革、铰连接器件各一宗，“0.5 W 3 V”的直插式LED发光灯一盏，容量为750 mA · h的5号碱性干电池两节，5 Ω、1 k Ω电阻各一个，自锁按键开关，3 mm水银开关，三极管VT9013，报警器，长短不同固定螺丝一盒，焊锡，万能胶，胶带，染料。

**工具：**台虎钳、钢锯、锤子、钳子、钻孔机、木工锯、凿子、刨子、打磨机、砂纸、壁纸刀、螺丝刀、尺子、电烙铁、染料笔。

**制作要求：**

1. 拐杖高度应符合人的身高需求，至少具有设计方案中涉及的三种功能。
2. 拐杖的支撑杆要有足够的强度，着地点要做防滑处理。
3. 应考虑到拐杖的使用寿命，确保其经久耐用。
4. 先画出设计图样，再选择合理的制作加工工艺，最后对拐杖适度美化，以满足人们的审美需求。
5. 设计制作时间不超过120 min，制作过程注意安全。
6. 小组合作完成并结合评价量表进行综合评价。

评价量表

评价点	A	B	C
分工合作情况	全组成员合作完成	部分成员参与	一人独自完成
完成时间 $t$ /min	$t \leq 120$	$120 < t \leq 130$	$t > 130$
是否依据设计图样制作	完全依据设计图样制作	基本依据设计图样制作	没依据设计图样制作
稳固情况	稳固	比较稳固	不稳固
照明情况	照明效果良好	照明效果一般	达不到照明效果
报警情况	报警及时	报警不及时	不报警
舒适情况	舒适	比较舒适	不舒适
美化情况	合理美化	简单美化	无美化
综合评价			



讨论：如图5-15所示是某小组采取其他方案的设计草图，其腕把的设计是否合理？为什么？

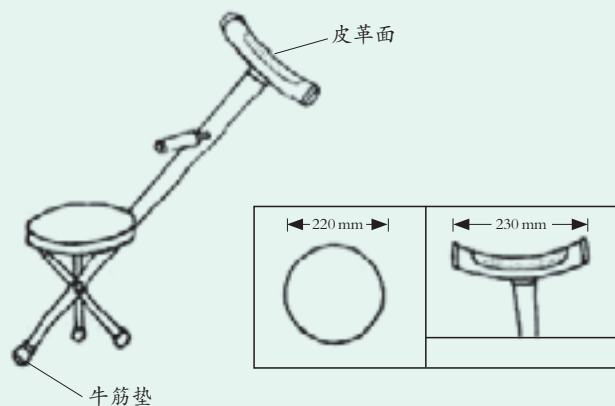


图 5-15 拐杖设计草图



### 学习反思

“生活中，仅靠单一学科知识很难解决现实中的具体问题，常常需要综合运用多领域学科知识、方法与技能，系统地分析才能解决”。结合多功能残疾人拐杖的设计制作过程，谈谈你对这句话的理解。



### 练习

1. 如图所示是同学们根据方案一制作完成的多功能拐杖实物图，为了增大凳面，坐凳还可做怎样的设计？

2. 如果吕山要在爷爷的拐杖上增加 GPS 卫星定位和跟踪系统，这将用到哪些学科知识？还应考虑哪些具体的工程与技术问题？其中核心问题是什么？尝试画出设计草图。



# 三、残疾人拐杖的测试与优化



## 学习目标

- 任务一 进行残疾人拐杖技术试验
- 任务二 优化残疾人拐杖设计方案
- 任务三 项目总结与反思

1. 学会使用工程模型进行相关的测试，并依据试验结论完善解决方案。
2. 学会项目设计报告书的撰写。



## 走进情境

依据设计方案，吕山与同学们成功地完成了拐杖的制作，但他还是对拐杖的各方面性能不太放心，想知道拐杖能否满足爷爷的需求以及拐杖的承重和防滑性能如何。于是，他决定进行技术试验，并进一步优化完善设计方案。



## 任务一 进行残疾人拐杖技术试验

拐杖制作完成后，需要对拐杖各方面性能进行技术试验，如强度、防滑性能试验等。

吕山估计爷爷的质量约 60 kg，为了检验拐杖的承重性能，吕山对依据方案一制作而成的桐木拐杖进行了粗略的强度测试，如图5-16所示为他制作的简易试验装置示意图。利用此装置进行试验时，先将拐杖固定在底部角度可变的凹槽中，杖杆顶部嵌入承压板反面凹槽内，承压板距离防护架约 1 cm，分别在承压板上增加不同质量的杠铃片。

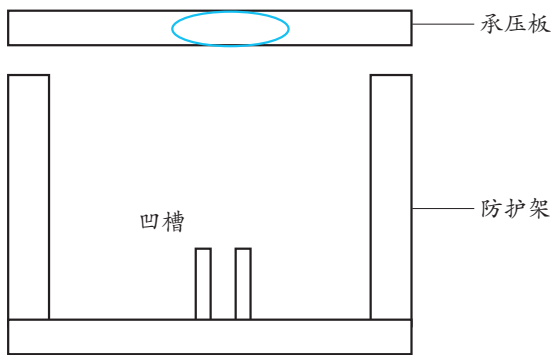


图 5-16 简易试验装置示意图

拐杖在使用时会与地面形成一定角度，角度不同，拐杖承受的压力和弯曲力也不同。于是他分别选择拐杖与地面夹角呈 90°、85°、80°、75° 四种情况进行测试。

以下是吕山设计的技术试验报告，他与小组同学一起完成相关项目。





### 拐杖强度技术试验

为了测试拐杖在受到大小不同的力、处于不同倾斜角度情况下的强度，吕山和同学们进行了一系列测试，其试验报告如下。

试验主题	拐杖强度技术试验					
试验目的	测量拐杖在不同受力情况、不同倾斜角度下的强度					
试验器材	木质拐杖；质量分别为 5 kg、10 kg、20 kg、50 kg 的杠铃片数个；可调凹槽……					
试验步骤	1. 拐杖垂直，与地面成 $90^\circ$ ，杠铃片质量由 50 kg 逐渐增至 70 kg，观察拐杖断裂情况 2. 拐杖倾斜，与地面成 $85^\circ$ ，杠铃片质量由 50 kg 逐渐增至 70 kg，观察拐杖断裂情况 3. 拐杖倾斜，与地面成 $80^\circ$ ，杠铃片质量由 50 kg 逐渐增至 70 kg，观察拐杖断裂情况 4. 拐杖倾斜，与地面成 $75^\circ$ ，杠铃片质量由 50 kg 逐渐增至 70 kg，观察拐杖断裂情况					
试验记录	拐杖与地面的角度	杠铃片质量				
		50 kg	55 kg	60 kg	65 kg	70 kg
	拐杖垂直，与地面成 $90^\circ$	完好	完好	完好	完好	完好
	拐杖倾斜，与地面成 $85^\circ$	完好	完好	完好	完好	完好
	拐杖倾斜，与地面成 $80^\circ$	完好	完好	完好	完好	将断裂
拐杖倾斜，与地面成 $75^\circ$	完好	完好	完好	将断裂	断裂	
试验结论	……					

**讨论：**你认为吕山设计的简易试验装置存在哪些不足？还可以做怎样的改进？请利用改进后的试验装置对本组制作的拐杖进行承重试验。



请你为吕山设计一个测试防滑性能的技术试验，测试拐杖分别与与地面成  $90^\circ$ 、 $85^\circ$ 、 $80^\circ$  和  $75^\circ$  四种情况下的防滑性能。



## 任务二 优化残疾人拐杖设计方案

通过技术试验，大家认为选用桐木做杖杆尽管比较轻便且易加工，纹理美观色泽鲜艳，但是也存在明显问题，即桐木的最大应力较小，材质较软，容易被磕坏。与桐木相比，杨木木质坚韧，耐腐蚀性强，硬度与强度适中，因此有同学建议换成杨木。

## 思维碰撞

你同意这位同学的建议吗？为什么？在杖杆制作材料的选择上你还有什么好的建议？

在对拐杖测试过程中，同学们发现设计成三角形帆布凳面，尽管凳面柔软舒适，但其与凳腿连接部位容易出现凸起，人坐上去并不舒适。可以将帆布的三条边分别缠绕到可伸缩的细铝合金套管上来解决，其中两根套管的一端分别嵌在杖杆的凹槽中，另一端则与凳腿进行铰链接。

## 马上行动

小组合作，针对制作完成的多功能残疾人拐杖，依据其结构形态和功能特点编写一份产品使用说明书。

## 思维碰撞

为了改进和优化杖脚与地面的防滑性能，将拐杖的单脚支撑变为多脚支撑，或者将杖脚换成万向节，这样会带来什么问题？又需要对拐杖的设计做怎样的修改？

当然，如果要把产品推向市场，还应进行必要的市场调查，了解不同用户群体的真实需求，以调整拐杖的设计制作方案，为用户制造出使用方便、成本低、寿命长的优质产品。

## 马上行动

如图5-17所示为某小组同学制作的硬质坐凳照明报警多功能拐杖，此拐杖设计为圆形坐凳，凳面打开时直接搭在杖杆上；LED灯嵌在杖杆下部，杖杆直接插入拐托凹槽中，照明及报警电路嵌入杖杆长形凹槽中，开关置于腕把处，电池盒置于拐托上部凹槽处。

**讨论：**该方案有哪些设计不够合理的地方？可以怎样改进？



图 5-17 多功能拐杖



## 任务三 项目总结与反思

多功能残疾人拐杖作为一种常见的医疗器械不仅需要力学、电学、数学及相关工程技术方面的知识，还需要充分考虑人文因素。其创新点在于安装了水银开关自动控制报警系统，还可以与现代网络技术相结合，更好地解决居家养老的安全问题。

“残疾人拐杖的创新设计与实践”项目聚焦于材料选取、结构设计、功能确定、工艺选择、方案比较与权衡、模型制作、测试及优化等具体活动，采用“加一加”等科技人文融合创新方法，实现了拐杖功能的多样性。



根据项目活动过程与结果，重点就项目背景、意义、理论依据及方法、过程及发现、问题与改进等内容完成下表。

项目名称		
背景分析		
项目意义		
融合创新	创新点	原理、结构、系统、电路、元器件、方法……
	可行性	理论依据、技术条件、经费保障……
活动过程		
项目反思		存在问题： _____ 改进设想： _____
自我评价		

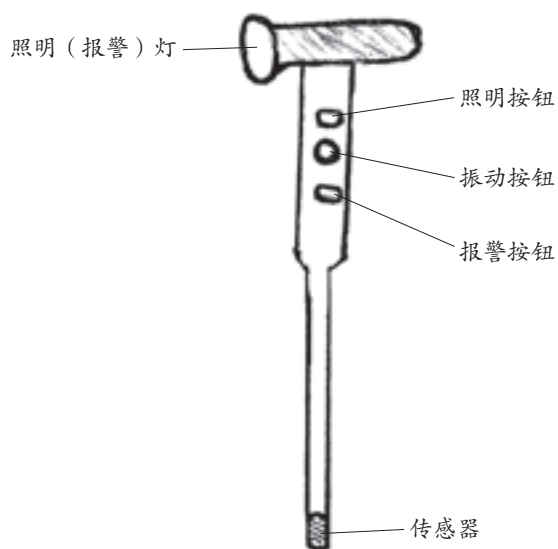
讨论：你认为“残疾人拐杖的创新设计与实践”项目成果总结报告除了表中列出的项目外，还可以增加哪些方面的内容？



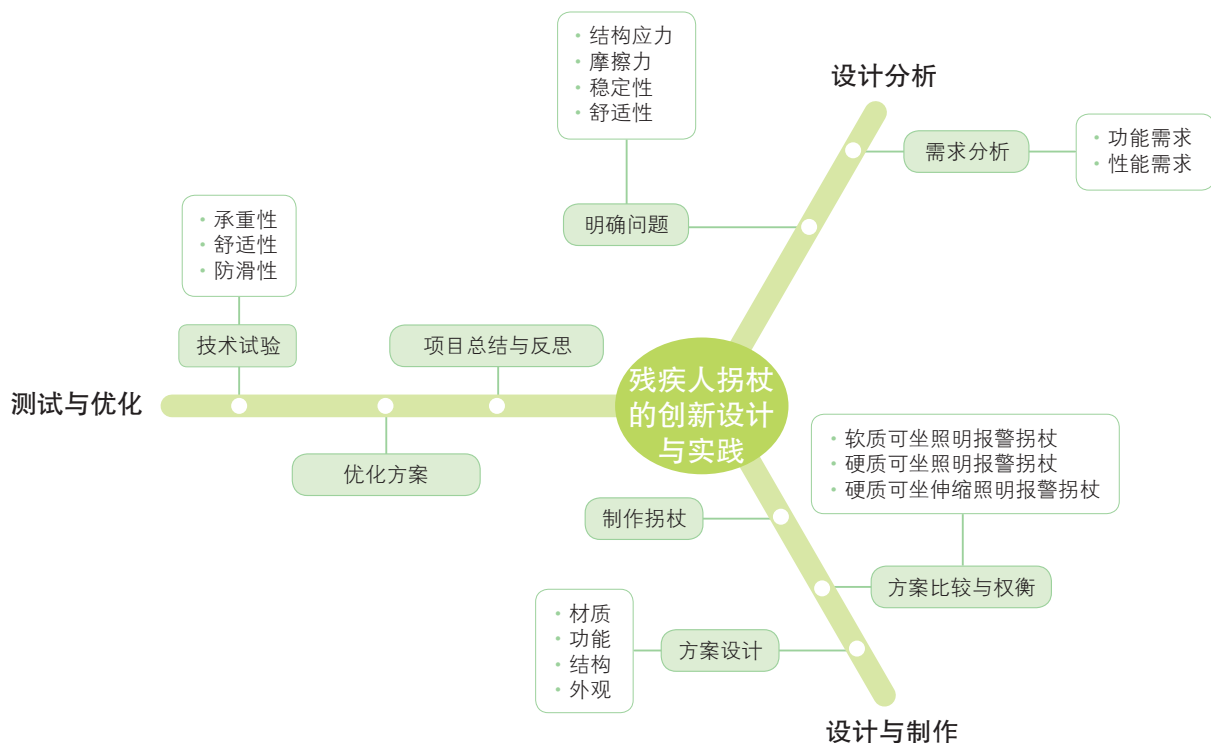
产品设计与制作完成后，必须进行测试与优化，以完善自己的设计方案。这种测试与优化并不是单向的，而是存在迭代关系。你是如何理解这种迭代关系的？

## 练习

如图所示是吕山设计的盲聋老人多功能手杖草图，试分析其设计上的创新点及缺陷，并尝试画出优化后的设计方案。



## 单元小结

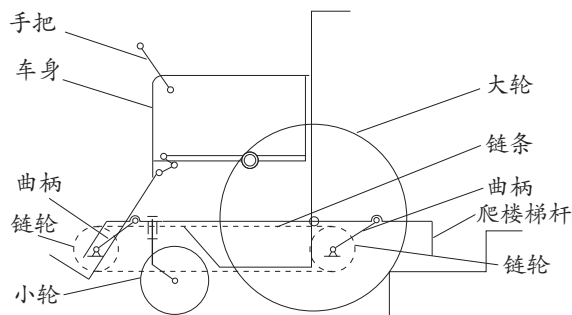




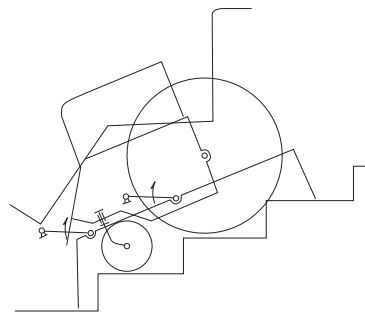
## 综合实践

1. 查阅有关资料，了解目前国际上残疾人多功能拐杖都有哪些功能？这些功能分别是如何实现的？

2. 残疾人轮椅可视为一种变形的拐杖。如图所示是一款可以爬楼梯的轮椅设计图和动作示意图。这种轮椅解决了残疾人上下楼梯的不便，方便他们日常出行。



爬楼梯轮椅结构图



爬楼梯动作示意图

该轮椅的主要特点是在普通轮椅两侧各加设一套由平行四边形机构组成的爬楼梯执行机构，每套机构中的两等长连架杆各与一个相同齿数的链轮相固接，用链条来驱动。两侧的两个曲柄以相同的相位安装，连杆（即爬楼梯杆）的两端各有一条腿共四条腿与轮椅原有的四个轮形成两套支撑系统。当摇动手把经过一套传动机构使四个曲柄同步转动时，两套支撑系统轮番着地并将另一套支撑系统托起送到上或下一个台阶，直到蹬完一段楼梯。爬楼梯时，轮椅出现仰角，此时因为大轮在前，重心靠前，只要确保人车重心落在大小轮之间即可维持平衡。

结合上述两图分别回答：

- (1) 这种轮椅最适合哪种残疾人？为什么？
- (2) 轮椅蕴含的科学原理有哪些？从工程角度看，如何实现大轮与小轮的协调转动？
- (3) 轮椅倾斜时的稳定性问题属于技术难点，如何解决平稳爬楼梯问题？



## 第五单元

# 学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
了解医疗器械分类,理解医疗器械的重要价值(TA、ID)			
初步学会分析常见医疗器械涉及的科学、技术、工程和数学知识,并融入艺术、社会等视角(ET、ID)			
理解科学、技术、工程、艺术、数学、社会之间的紧密关系和科技人文融合创新的重要性(TA、ET、ID)			
体验应用结构、电子、控制、系统以及相关科学知识来设计残疾人拐杖的实践过程和基本方法(ET、ID、TD、CM)			
能对多功能残疾人拐杖方案进行比较与权衡(ET、ID、TD)			
能选择合适的材料和加工工艺,依据设计方案制作残疾人拐杖(TA、ET、CM)			
能选择合适的技术试验,对模型或原型进行合理的优化和改进(TA、ET、ID、TD)			
能根据小组同学的特点合理分工,团队合作按时完成(TA、ET、ID)			
<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	

# 后 记

2017年教育部颁布了《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》，规定高中通用技术课程的结构由必修、选择性必修、选修三大部分组成。其中，必修2册（技术与设计1、技术与设计2），选择性必修包括四大系列11册（“技术与生活”系列3册，包括现代家政技术、服装及其设计、智能家居应用设计；“技术与工程”系列3册，包括工程设计基础、电子控制技术、机器人设计与制作；“技术与职业”系列2册，包括技术与职业探索、职业技术基础；“技术与创造”系列3册，包括创造力开发与技术发明、产品三维设计与制造、科技人文融合创新专题），选修4册（传统工艺及其实践、新技术体验与探究、技术集成应用专题、现代农业技术专题）。本套教科书由长期从事技术教育专业的普通高中通用技术课程标准研制组组长、南京师范大学顾建军教授主编，教育部普通高中通用技术课程标准组核心成员、海南省教育研究培训院段青特级教师和清华大学基础工业训练中心主任李双寿教授为副主编，以高中通用技术课程标准研制组专家、高校学者、教研员、一线优秀通用技术教师为主体进行设计和编写。

本册教科书是根据教育部《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》中“科技人文融合创新专题”模块的内容要求编写的，供高二年级选修之用。

《科技人文融合创新专题》的编写着眼于提高学生通用技术学科的核心素养，增强学生综合运用多学科知识分析和解决问题的能力，帮助学生形成技术意识、工程思维、创新设计、图样表达、物化能力。教材通过情境导入、任务引领、问题嵌入、活动贯穿等努力整合技术内容所蕴含的原理、思想和方法，并强化学生运用技术原理分析和解决实际问题的能力，发展技术意识和工程思维；通过丰富多彩的设计性、探究性、创造性活动，如技术试验、技术探究、技术操作等活动激发学生的开放性、批判性思考和创造潜能，使学生的创新能力得到进一步发展。注重学生工匠精神的培育，通过作品制作、工艺实践、技术试验、方案物化及优化等，培养学生严谨细致、专心致志、精益求精、追求卓越等良好品质。

本册教科书由顾建军、何善亮任主编，参与编写的有顾建军、何善亮、庄力群、孙公刚、陈宏等老师，参与讨论的还有许嘉伟、陈乾、金鑫等，全书由顾建军、何善亮统稿。

本册教科书在浙江、江苏、北京、海南、福建、甘肃、辽宁、新疆等省、直辖市、自治区进行了试教。根据师生反馈，我们对本册教科书先后进行了多次修订。在此感谢参加试教的各位老师，为我们提出了宝贵的建议。江苏凤凰教育出版社邵键、董秀敏等为本书的出版付出了艰辛的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

编 者  
2020年6月

感谢您使用本书，您在使用本书时有建议或疑问，请及时与我们联系。

联系电话：025-83658728

电子邮箱：[jsep\\_gaojian@126.com](mailto:jsep_gaojian@126.com)



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5499-8714-6



9 787549 987146 >

定价:9.74元