



TONGYONG  
JISHU  
普通高中教科书

# 通用技术

必修

## 技术与设计2

 广东教育出版社

 广东科技出版社

普通高中教科书

★本教材获首届全国教材建设奖全国优秀教材二等奖

# 通用技术

## 必修 技术与设计2

主 编 刘琼发

 广东教育出版社  
 广东科技出版社

· 广州 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

通用技术. 必修: 技术与设计2 / 刘琼发主编. —广州: 广东教育出版社: 广东科技出版社, 2021.6 (2021.12重印)

普通高中教科书

ISBN 978-7-5548-4086-3

I. ①通… II. ①刘… III. ①通用技术—高中—教材  
IV. ①G634.931

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第116224号

编写单位: 广东教育出版社 广东科技出版社

主 编: 刘琼发

副 主 编: 李 榕 周卫星 朱美健 席春玲

本 册 主 编: 李 榕

本册副主编: 周卫星 袁达人

编写人员: 李 榕 常鸿森 周卫星 郑永驹

宋向明 林 雁 彭军雄 蔡文俊

出 版 人: 朱文清

责任编辑: 林 雁

责任技编: 许伟斌

装帧设计: 友间文化

通用技术 必修 技术与设计2

TONGYONG JISHU BIXIU JISHU YU SHEJI 2

广东教育出版社 出版  
广东科技出版社

(广州市环市东路472号12-15楼)

邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东新华发行集团股份有限公司经销

广东新华印刷有限公司印刷

(广东省佛山市南海区盐步河东中心路23号 邮政编码: 528247)

890毫米×1240毫米 16开本 10印张 220 000字

2021年6月第1版 2021年12月第2次印刷

ISBN 978-7-5548-4086-3

定价: 11.67元

批准文号: 粤发改价格〔2017〕434号 举报电话: 12315

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如有印装质量或内容质量问题, 请与我社联系调换

质量监督电话: 020-87613102 邮箱: [gjs-quality@nfc.com.cn](mailto:gjs-quality@nfc.com.cn)

购书咨询电话: 020-87772438

# 前言

《通用技术 必修 技术与设计2》是一门以提高核心素养为主旨，以学习思想和方法为基础，以设计和操作实践为主要特征，培养同学们实践能力和创新意识，体现科技与人文相统一的课程。全书围绕“立德树人”的教育目标，以发展素质教育为核心设置学习内容。通过本书，你将会学到什么呢？

打开本书，看到结构、流程、系统和控制等名词，你可能会觉得它们有些深奥，离你的生活和学习都很遥远。你也许会问，学这些有用吗？该怎么学习这门课程？你玩过射箭或类似的游戏吗？射箭时，你会瞄准目标，用你认为最合适的动作将箭射出。你知道吗？你射箭的过程，就是对箭进行控制的过程。如果班里要举行一次射箭比赛，你可能要设计比赛方案，比如安排比赛时间、设置比赛顺序、制订比赛规则等，这些其实就是一个系统设计。为了能使比赛顺利进行，要安排一些同学准备场地，另一些同学准备器材，当然还要准备一些奖品，规划这些事情都和流程有关。而弓、箭及靶子的形状、材料等都属于结构设计要考虑的问题。可见，结构、流程、系统和控制就在你的身边，它们和你的生活、学习息息相关。

本书将“结构及其设计”“流程及其设计”“系统及其设计”和“控制及其设计”设置为四个相对独立的专题来讲述，因为它们集中体现了一些典型的、有代表性的技术思想和方法。通过对这些内容的学习，你将逐步学会运用所学的思想和方法分析技术问题；通过经历将基础知识应用于技术实践和创新的过程，你会养成实事求是、精益求精的习

惯，能运用规范的技术语言和设计制作方法去解决一些实际的技术问题。

那么，怎样来学习这门课程呢？先了解一下本书的结构和体例，也许有助于你的学习。

本书由四章组成，每一章为相对独立的技术与设计专题，专题下有若干节。每一章都是从同学们身边的或典型的实例入手，引导同学们了解技术与生活、生产的密切关系；在对案例的探究中，理解四个专题技术的基本概念和相关知识；在参加各种实践活动中，初步掌握运用技术的基本思想和方法进行设计和实践；在此基础上，进行典型结构的欣赏、流程的优化或了解控制中的干扰等。

本书的版式编排生动、活泼，还附上了许多贴切、有趣的图片。每章首页扼要地介绍了该章主要内容和学习目标，针对不同的学习内容，设置了“案例”“导学思考”“思考”“讨论”“分析”“立即行动”“实践”“知识窗”等栏目，帮助你自主学习、合作学习和探究学习。完成每一章知识的学习后，均设有“综合学习活动”，检验阶段性学习成果。每章末设有“本章回顾与评价”栏目，帮助你对本章学习内容进行梳理和回顾，同时从多角度评估你的学习过程、学习结果及核心素养的发展等。

任何一门技术与设计都和科学进步、社会发展、环境保护、经济水平、文化意识等有着紧密的联系，它往往需要多种技术知识的综合运用才能够完成。希望你能够将所学的知识融会贯通，灵活运用到实际技术问题的解决之中，并拓展到日常的生活、学习和未来的人生发展中。通过这门课程的学习，将使你具有善于发现技术问题、富于想象、敢于批判的精神，并能试着用学过的知识和技能去进行创新。本书所涉及的技术思想和方法具有广泛的应用价值，也是你学习各门选择性必修课程的基础，希望你今后的生活、学习以及成长具有深远的意义。

# 目 录



<b>第一章 结构及其设计</b> .....	001
<b>第一节 认识结构</b> .....	002
一、感知不同的结构 .....	002
二、认识结构与力 .....	005
三、了解结构的分类 .....	008
<b>第二节 探究结构</b> .....	012
一、结构的稳定性 .....	012
二、结构的强度 .....	015
三、结构的连接 .....	021
四、结构的强度和稳定性试验 .....	022
<b>第三节 结构设计</b> .....	027
<b>第四节 典型结构的欣赏</b> .....	035
一、建筑结构与历史、文化 .....	035
二、建筑结构与技术 .....	037
<b>综合学习活动</b> .....	040
<b>本章回顾与评价</b> .....	042



<b>第二章 流程及其设计</b> .....	043
<b>第一节 了解流程</b> .....	044
一、流程 .....	044
二、工作流程和工艺流程 .....	046
<b>第二节 流程的组成与描述</b> .....	053
一、流程的基本组成 .....	053
二、流程的描述 .....	058
<b>第三节 流程的设计</b> .....	063
一、流程设计的基本因素和步骤 .....	063
二、流程的设计与实践 .....	066
<b>第四节 流程的优化</b> .....	069
一、流程优化的目的 .....	069
二、流程优化的步骤和方法 .....	072
<b>综合学习活动</b> .....	078
<b>本章回顾与评价</b> .....	080



<b>第三章 系统及其设计</b> .....	081
<b>第一节 认识系统</b> .....	082
一、什么是系统 .....	083
二、系统的主要特性 .....	088
<b>第二节 系统分析</b> .....	094
一、系统的思想方法 .....	094
二、系统分析的基本方法 .....	095
<b>第三节 系统的优化</b> .....	102
一、系统优化的意义 .....	102
二、影响系统优化的因素 .....	103
<b>第四节 系统的设计</b> .....	108
一、系统设计的基本方法 .....	109
二、简单系统的设计 .....	115
<b>综合学习活动</b> .....	118
<b>本章回顾与评价</b> .....	120



<b>第四章 控制及其设计</b> .....	121
<b>第一节 了解控制</b> .....	122
一、控制 .....	122
二、手动控制 .....	126
三、自动控制 .....	127
四、智能控制 .....	128
五、开环控制和闭环控制 .....	129
<b>第二节 控制系统的组成和描述</b> .....	132
一、控制系统的组成 .....	132
二、控制系统的方框图表示 .....	135
<b>第三节 简单控制系统的设计</b> .....	138
一、控制系统设计概论 .....	138
二、设计实例 .....	139
<b>第四节 控制中的干扰</b> .....	145
一、干扰对控制功能的影响 .....	145
二、克服干扰的基本方法 .....	146
<b>综合学习活动</b> .....	150
<b>本章回顾与评价</b> .....	152





# 第一章 结构及其设计

环视我们的周围，大到摩天大厦、跨海桥梁，小至图钉、回形针等，它们都有结构。结构普遍存在于自然界及人类创造的各种物体中。当人们进行物品设计时，结构设计往往是不可缺少的，它既可以让物品实用、美观，也可以使其稳固和安全。结构通常需要抵御外力的作用，所以稳定性和强度是结构设计时必须考虑的重要因素。各种结构展示了人类的智慧和创新能力，也给我们带来了美的享受。

## 学习目标

- 从力学的角度理解结构，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方法。
- 学会分析影响结构稳定性和结构强度的因素，能够写出试验报告。
- 能进行简单的结构设计，学会绘制设计图样，并做出原型或模型。
- 能从历史、文化和技术的角度欣赏并评价典型结构。

## 第一节 认识结构

“一桥飞架南北，天堑变通途”，我国在万里长江上修建的第一座铁路、公路两用桥梁——武汉长江大桥（图1-1），于1957年10月15日正式通车。全桥总长1 670m，其中正桥1 156m，北岸引桥303m，南岸引桥211m。大桥的上层为公路，双向四车道，两侧有人行道；下层为复线铁路，两列火车可同时对开；从基底至公路桥面高80m。桥梁的结构是钢桁架三孔连续梁，钢梁设计三联，每联三孔，共8墩9孔，每孔跨度为128m，桥下可通万吨巨轮。正桥的两端建有民族风格的桥头堡，高35m，从底层大厅至顶亭共7层。桥头堡的堡亭设计为四方八角，上有重檐和红珠圆顶，有电梯和扶梯供行人从底层直接上到大桥的公路桥面参观，眺望四周，望大江东去，整个武汉三镇连成一体，尽收眼底。武汉长江大桥的建成，连通了京广线，成为连接我国南北的大动脉，对促进南北经济的发展起到了重要的作用。



图1-1 武汉长江大桥

### 导学思考

桥梁设计需要考虑结构问题，那么结构是什么？

### 一、感知不同的结构

结构是指事物的各个组成部分之间的有序搭配和排列。结构普遍存在于自然界和人类创造的各种物体中，形式多种多样。



图1-2 蜂巢

蜜蜂是自然界中卓越的建筑大师，蜂巢的结构精巧美观。蜂巢由几千甚至数万间蜂房组成（图1-2），每间蜂房都是大小相等的六棱柱体，底面由3个全等的菱形面封闭起来，形成一个倒角的锥形，每排蜂房平行排列并相互嵌接。对于群居的蜜蜂而言，这种结构的居住空间用材最少且容积最大。

摇摇板（图1-3）由几块弯曲的木板插接而成，结构简单，动感无穷。摇摇板的结构设计要求能够承载儿童的重力，能摇晃但不倾覆，也不发生明显的变形，以保证安全。



图1-3 摇摇板

建筑物的结构必须坚固、稳定性好，还要能够抵御强风、地震等自然灾害的破坏。



图1-4 长城

长城（图1-4）是世界上伟大的古代建筑奇迹之一，是中华民族骄傲与象征。长城由砖筑实体结构构成，西起甘肃嘉峪关，东至河北山海关，全长约6 300 km。长城以悠久的历史、浩大的工程、雄伟的气魄著称于世。

佛宫寺木塔又名佛宫寺释迦塔（图1-5），是我国现存最高的一座木结构塔式建筑，始建于1056年，塔高67 m，1961年被定为全国重点文物保护单位。它经历了近千年的风雨和地震的考验，仍然完整地屹立着。



图1-5 佛宫寺木塔

桥梁的结构则必须能承受其自身的重力，桥上人、车辆的荷载以及风力和水流的冲击力等，如武汉长江大桥等。

## 实践

这是一座不需要任何绳索、钉子或其他紧固件就能支撑起来，而且能保持平衡和承载一定重量的桥（图1-6）。它最早出现在达·芬奇500多年前的手稿中。这种桥完全依靠自身的交叉排列结构，让每一个部件环环相连，最后通过摩擦力和重力支撑起来。

两人一组，分别用圆柱形一次性筷子和扁平形冰棍棒（或方形木条）各15根，根据图1-7搭建如图1-6所示的桥，要求不能使用紧固件（如钉子、绳或黏合剂等）。



图1-6 自承式桥

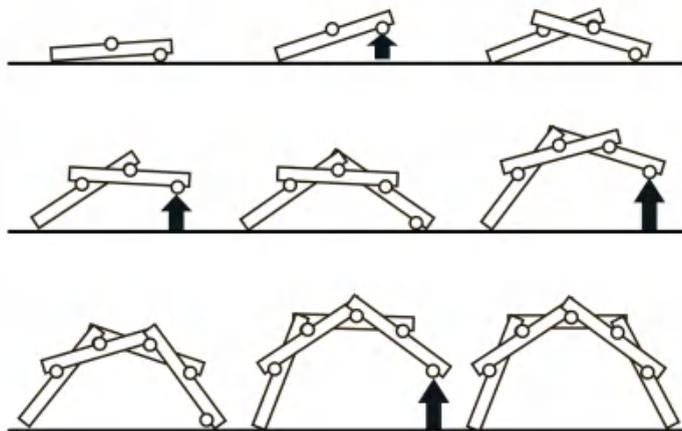


图1-7 自承式桥的制作简图

## 讨论

1. 用这两类材料搭建自承式桥时，发现了什么问题，可采用什么方法解决？
2. 分别对两座桥加同样的荷载（如书等），讨论观察到的现象。

自然界中的物体都有其特定的结构。人们通过对自然界中结构的分析和研究，将其应用于技术领域，更好地为人类服务。

## 立即行动

为什么荷叶（图1-8）能出淤泥而不染？科学家用显微镜观察后发现，荷叶表面上有许多微小的绒毛和蜡质凸起物，雨水落在荷叶上面，铺不开、渗不进，只化作一粒粒水珠滚落下来，还顺便儿带走了荷叶表面的灰尘，从而使叶面始终一尘不染。科研人员对荷叶的“自



图1-8 荷叶

净”结构进行研究，并将这项技术应用于生产建筑涂料、服装面料、厨具面板等需要耐脏的产品。讨论荷叶的这种结构还能应用到哪些领域中？

人们还根据自然界中物体的结构设计出了不同的产品，如图1-9所示。



图1-9 仿生产品

## 二、认识结构与力

从力学的角度看，结构是指可承受一定力的物体形态，结构可以抵抗能引起形状和大小改变的力。在各种各样的结构设计中，人们都需要考虑力的作用，那么结构与力的关系是怎样的呢？

椅子是我们日常生活中经常使用的家具之一，当人坐在椅子上时（图1-10），椅面需要承受人的重力，椅腿承受椅子自身和人的重力，椅背要能够承受人体向后的压力，并保持结构基本不变。为了使椅子在力的作用下，不发生几何形状的过分改变，常用的方法是在椅腿之间增加横档，以保持其稳固。由此可知，在椅子的设计中，其结构必须要能够承受其功能所对应的外力。在工程中，将组成各类结构的部件和零件称为构件，如椅面、椅背、椅腿和横档就是椅子的构件。



图1-10 人坐在椅子上

### 立即行动

1. 如图1-11所示，桥在承受外力时，它的形状有明显的变化吗？从受力的角度比较图1-10椅子和图1-11桥的共同之处。

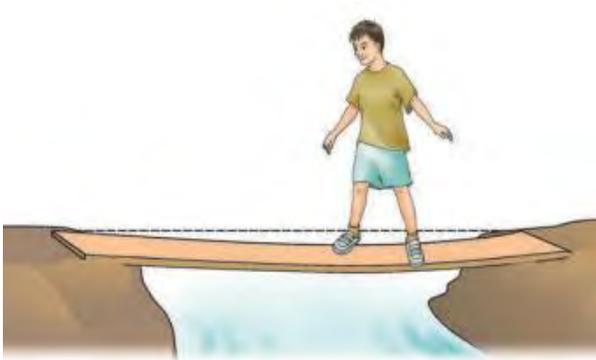


图1-11 人走在木桥上



图1-12 钢结构雨棚

2. 根据组成椅子的构件及构件的含义, 分析图1-12钢结构雨棚的构件有哪些, 这些构件的功能是什么, 并填入表1-1中。

表1-1 钢结构雨棚的构件分析

钢结构雨棚的构件	功能

通过对椅子、桥梁和钢结构雨棚受力情况的讨论和分析, 可以发现这些结构都具有一定的形状, 都需要承受外力的作用, 在一定范围内都具有抵御其形状改变的能力。

物体的结构由其构件组成, 下面我们通过实践活动了解构件在受到外力作用时的5种变形形式, 即拉伸变形、挤压变形、剪切变形、弯曲变形和扭曲变形。

## 实践

请同学们取出一张纸, 折叠成条状, 将纸条看成是一个结构的构件。观察在进行以下操作时, 纸条产生的变形。

1. 两手抓住纸条两端, 如图1-13a所示同时向外拉伸。
2. 两手抓住纸条两端, 如图1-13b所示同时向内挤压。
3. 两手抓住纸条两端, 如图1-13c所示分别向不同的方向旋转。
4. 将纸条两端放在分开的两摞书上, 如图1-13d所示, 将手指放在纸条上, 向下用力。
5. 用两手的食指和中指夹住纸条(纸条与地面平行), 并紧贴在一起, 如图1-13e所示, 两手分别向上、向下(与地面垂直)用力。

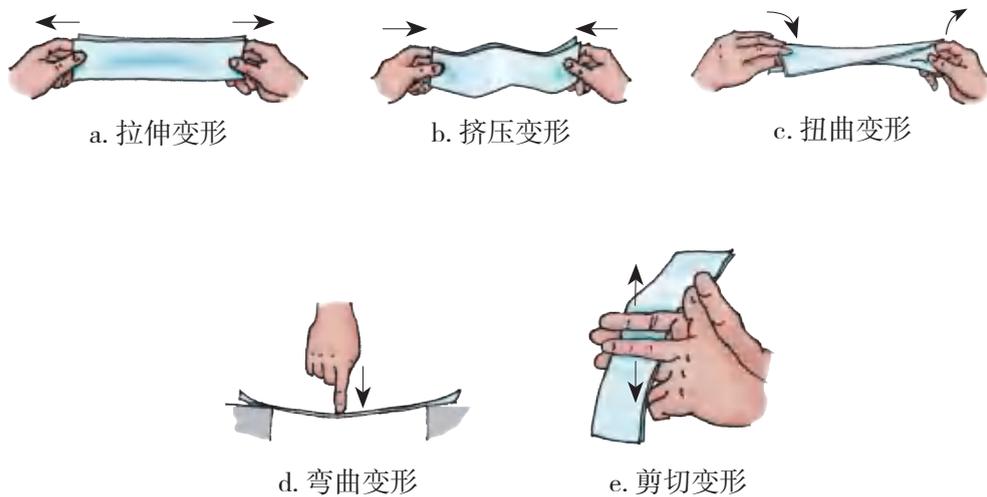


图1-13 构件在各种外力作用下不同形式的变形

合理的结构设计，一般要求构件能够承受一定范围内相应的力而不至于使构件受到破坏，如单杠横杆要能承受弯曲变形的力（图1-14）、桌子要能承受压力（图1-15）、螺丝刀要能承受扭曲变形的力（图1-16）、拔河用的绳子要能承受拉力（图1-17）。我们使用剪刀时，剪刀的剪切能力越强，则剪切效果越好（图1-18）。



图1-14 单杠横杆承受弯曲变形的力



图1-15 桌子受压



图1-16 螺丝刀受扭曲变形的力



图1-17 绳子受拉



图1-18 纸被剪切

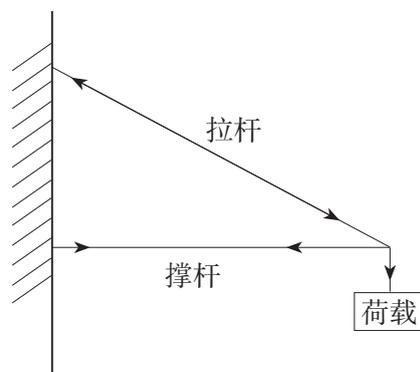
在我们刚开始设计结构时，往往较难确定作用在每一个构件上的力的形式。而对于一些简单的结构，我们可试着利用学过的知识找出哪些力正在起作用。

## 立即行动

墙壁悬臂固定篮球架实物如图1-19a所示，从它的简图（图1-19b）可观察到拉杆构件承受拉力，撑杆构件承受压力。根据墙壁悬臂固定篮球架构件的受力情况，分析图1-20索拉桥简图的构件分别受到什么力。



a. 实物



b. 简图

图1-19 墙壁悬臂固定篮球架



图1-20 索拉桥简图

### 三、了解结构的分类

结构的分类多种多样，从形态方面考虑，通常可以将结构分成3种基本类型：实体结构、框架结构和壳体结构。平遥古城（图1-21）、桥墩、铅球等都是实体结构，木屋（图1-22）、悬索桥铁架、幼儿学步车等都是框架结构，汽车车身外壳（图1-23）、悉尼歌剧院等都是壳体结构。不同的结构类型具有不同的特征和受力特点。



图1-21 平遥古城



图1-22 木屋



图1-23 汽车车身外壳

## 立即行动

1. 请说一说图1-24中结构的类型。



图1-24 各种结构

## 实践

通过下列技术试验，分别归纳出实体结构、框架结构和壳体结构的受力特点。

1. 将木块垒成墙的形状（图1-25），用手分别压和推木墙。观察木墙的变形，分析其受力情况。

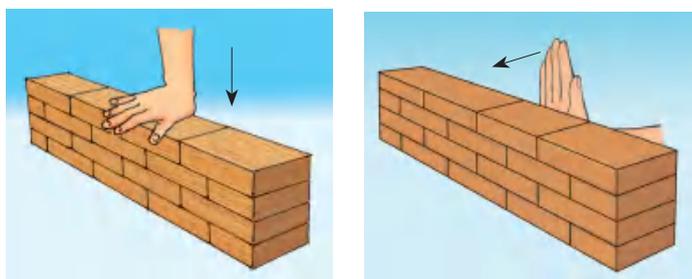


图1-25 压力和推力试验

实体结构的特点：\_\_\_\_\_

2. 用木条制作三角形木框和四边形木框，并采用相同的方法固定。分别对它们进行按压和拉伸试验（图1-26），观察框架的变形，分析两种框架结构的受力情况。

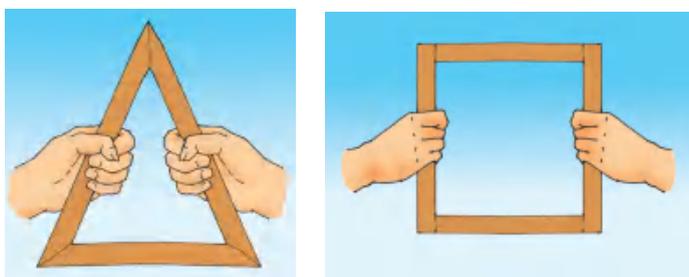


图1-26 按压和拉伸试验

框架结构的特点：\_\_\_\_\_

3. 取两张具有一定厚度的纸，一张平放在高度相同的两摞书上，另一张弯成弧形，并将纸边固定（图1-27）。分别在这两种形状的纸上放相同重物，比较它们受力时的变形情况。



图1-27 承重试验

壳体结构的特点：\_\_\_\_\_

实体结构利用自身来承受荷载，主要承受压力。

框架结构通过条状物的连接来承受荷载，既能承受压力又能够承受拉力。

壳体结构通过壳形来传递力和承受荷载，特别是当壳形顶部受到压力时，它能将力均匀扩散。

### 立即行动

1. 大连贝壳博物馆外部为钢结构壳体，呈半椭球形（图1-28）。试分析壳体结构是如何承受和传递力的，可以结合贝类和硬壳类果实的形状进行讨论。

2. 图1-29为混凝土重力坝，试分析大坝的结构为什么是底宽顶窄的。



图1-28 大连贝壳博物馆



图1-29 混凝土重力坝

3. 许多结构往往是实体、框架、壳体等基本结构的组合形式。试分析图1-30和图1-31的建筑物由哪些基本结构组成,各结构分别有什么作用。



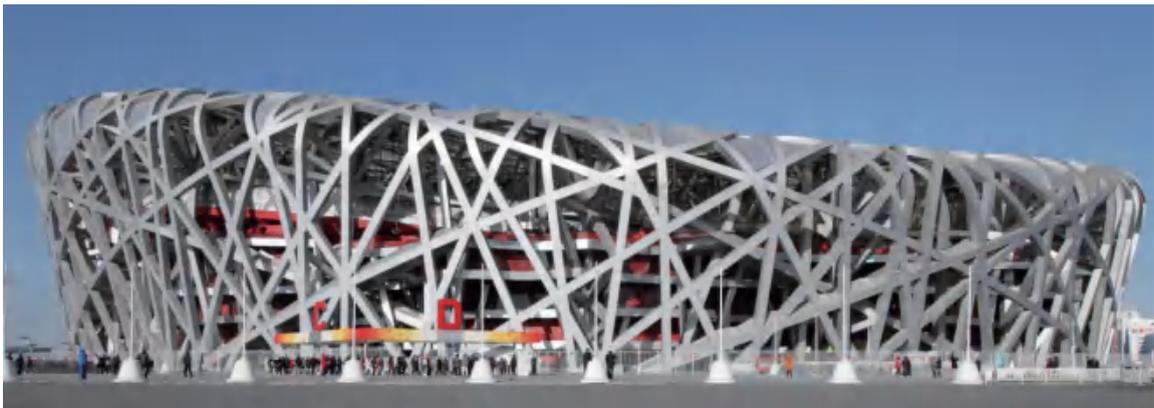
图1-30 拱顶建筑



图1-31 桥梁

## 习 题

1. 如图是2008年北京奥运会主会场“鸟巢”，请利用学过的结构分类知识，分析其主体结构是什么类型，并查阅资料说明采用这种结构类型的优点。



第1题图

2. 为什么轻轻一敲鸡蛋它就会破，而把鸡蛋放在手心，用力握它，它反而不容易破？
3. 举几个组合结构的例子，并分析它们是由哪些基本结构组成的。

## 第二节 探究结构

2010年2月27日（当地时间），智利中部发生了8.8级地震，震中距智利第二大城市康塞普西翁100km，距首都圣地亚哥320km。这是全球有记载以来的第七大地震，令人惊讶的是，在地震中，圣地亚哥、康塞普西翁的大部分建筑仅出现程度不等的开裂和倾斜，并没有发生整体倒塌。

智利位于环太平洋地震带上，每隔20年左右就会发生一次特大地震。频繁的强震不仅强化了民众的防灾意识，还造就了智利“坚不可摧”的房屋。当地建筑物在设计和建造时，都要符合抗击9级地震的建筑标准。“强柱弱梁”是智利建筑的一大特点：发生大地震时，脆弱的房梁断裂，使地震释放的能量得到缓冲；而坚固的房柱则不折断，避免了房屋的整体倒塌，有效减少伤亡人数。

### 导学思考

怎样才能使结构稳固？结构稳固与哪些因素有关？

### 一、结构的稳定性

结构的稳定性是指结构在荷载的作用下维持其原有平衡形式的的能力。影响结构稳固的因素有哪些呢？让我们通过下面的学习共同探讨。

### 实践

在日常生活中，人们经常会用到A形铝梯（图1-32），使用A形铝梯时，需要将两梯面打开呈“人”字形（梯面间的横杆必须平直），使4个梯脚与地面接触。一般来说，A形铝梯最大承重为85kg，梯脚对地面绝缘电压为800V。请同学们根据A形铝梯的特征，完成以下分析与实践活动。

1. 分析当人站在A形铝梯上时，A形铝梯两梯面和横杆构件的受力情况。

2. 用2根相同的长木条、1根短木条及自选连接物制作一个简易装置，如图1-33所示。设计试验过程，完成A形铝梯几何



图1-32 A形铝梯

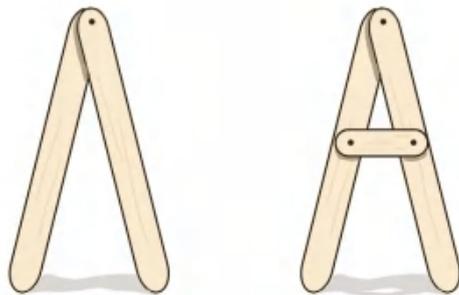


图1-33 简易装置图

形状稳定性模拟试验。

3. 根据受力分析和试验情况, 讨论A形铝梯为什么能够承受人体的压力, 以及在设计铝梯时如何在几何形状上保证其稳定性。

三边确定的三角形构成稳定的几何结构。A形铝梯的两梯面和横杆构成三角形的几何结构, 就是利用几何形状保证结构的稳定性。当连接两个梯面的横杆拉直时, 两个梯面的上半部分就与横杆构成了稳定的三角形, 这样梯子的几何结构就是稳定的, 保证了梯子能承受人体的压力。

建筑工程中广泛运用了三角形的稳定性, 如房子、桥梁的桁架, 钢架结构的十字钢梁, 空调支架(图1-34)等。在四边形的框架中加杆件作对角线, 形成多个三角形, 能有效加强结构的强度和稳定性, 同时也节省了用料和减轻了结构的质量(图1-35)。



图1-34 空调支架

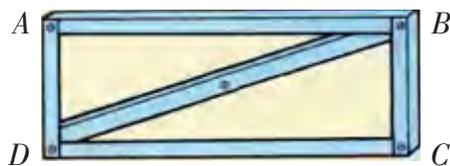


图1-35 四边形框架

从以上的结构设计例子中, 我们知道几何形状是保证结构稳定性的因素。影响结构稳定性的因素还有哪些? 请通过下面的实践活动进行探究。

## 实践

1. 将物体放置在一个平面上, 连接物体所有支撑点的平面就是支撑面。分析台灯和椅子(图1-36)的接触面和支撑面分别是什么, 接触面和支撑面有什么区别?

2. 在保证支撑面一样的情况下, 结构重心是否会影响其稳定性? 将3个瓶子(自重忽略不计)放在同一平面上(图1-37), 调整该平面的斜度, 看看哪个瓶子会先倒下。

3. 使图1-38的框架慢慢倾斜直至倒下, 观察在此过程中其重心垂线和支撑面存在什么关系。

通过以上实验, 你能总结出影响物体结构稳定性的因素吗?



图1-36 台灯和椅子



图1-37 3个瓶子



图1-38 框架结构

结构的稳定性与其几何形状、支撑面面积的大小和重心位置密切相关。结构要达到稳定，首先，整体几何形状必须科学合理；其次，支撑面面积越大，重心越低，其稳定性越强。因此，在进行结构设计时，要尽可能使结构所受的重力集中在底部，降低重心，并使其重心垂线落在支撑面内，从而提高结构的稳定性。

## 立即行动

如图1-39所示的物品为什么不易倾倒？



图1-39 一些常见物品的稳定性设计

你参加过跨栏跑训练（图1-40）吗？你知道在跨栏跑过程中，为什么有时L形栏架会倾覆吗？

如图1-41所示是L形栏架的侧视图，外力（碰触、风力） $F$ 对转动轴 $O$ 的力矩将会引起L形栏架倾覆，而栏架的重力 $G$ 对轴 $O$ 的力矩起抵抗倾覆的作用，以保持L形栏架的稳定。当倾覆力矩大于抗倾覆力矩时，栏架就要绕轴 $O$ 按逆时针方向转动；反之，栏架就保持其稳定平衡状态不变。

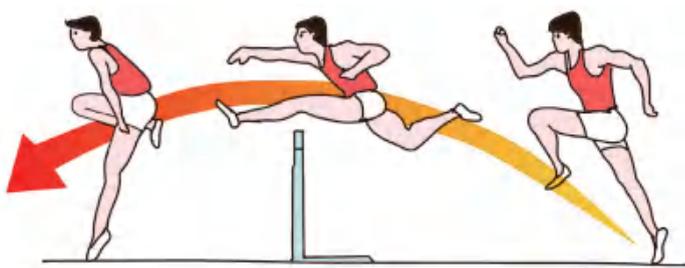


图1-40 跨栏跑的过程

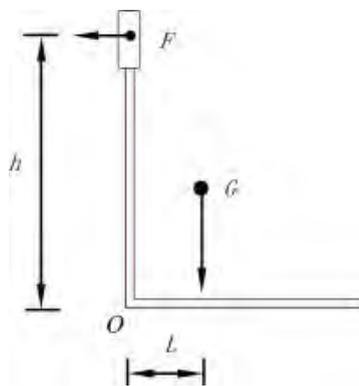


图1-41 L形栏架的侧视图

### ◎力矩

力和力臂的乘积叫作力对转动轴的力矩。力对物体的转动作用取决于力矩的大小，力矩越大，力对物体的转动作用越大。



上述试验表明，在外力与材料不变的条件下，构件被破坏的程度还与它的横截面面积有关。

构件单位横截面面积所受的内力称为构件的应力。应力、内力和横截面面积之间的关系为：

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$\sigma$ —应力

$N$ —内力

$A$ —横截面面积

国际单位制中，应力的单位是帕，符号是Pa。在工程上常使用兆帕（MPa）作为单位。面积的单位是平方米，符号是m<sup>2</sup>。内力的单位是牛，符号是N。

由以上公式可知，在内力不变的情况下，构件的横截面面积越大，应力越小，危险性就越小。同截面垂直的应力称为正应力或法向应力，同截面相切的应力称为剪应力或切应力。如柱体垂直受压时，其横截面上的应力就是正应力；物体被剪切时，剪切面上就有剪应力；而梁弯曲变形时，其横截面上除了具有正应力外，还有剪应力。

以上我们学习了结构的强度，下面具体分析在结构设计中应如何考虑强度因素。

### 案例

#### 建筑物的支柱是怎样承受压力的？

如图1-43，支柱受到3个外力的作用：梁及荷载对支柱的压力 $P$ ，支柱本身的重力 $G$ ，基础对支柱的支撑力 $N$ 。

根据力的平衡条件： $N = P + G$ ，支柱维持平衡状态。

支柱在外力的作用下被压缩，同时支柱的内部也会产生一种力抵抗外力，这种力就是前面所说的内力。当支柱的工作应力超过支柱材料的许用抗压应力时，支柱就可能出现裂纹甚至断裂。

根据应力的理论，支柱产生变形或被破坏的危险性并不是处处都是一样的。由于支柱与基础的结合处既要承受梁及荷载的压力，又要承受支柱自身的全部重力，因而此处截面的应力应最大（图1-44）。为了保证支柱在一定荷载下不被破坏，就必须准确计算出最大的工作应力，合理设计柱体的大小，使支柱有足够的强度，这样才能确保安全，同时也避免浪费材料。

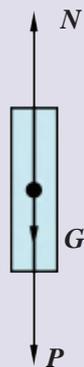


图1-43 支柱受力分析

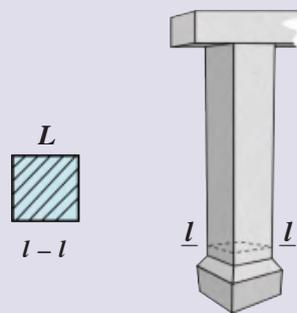


图1-44 建筑物的支柱

图1-44是一混凝土方柱的示意图，支柱的横截面为边长 $L=400\text{mm}$ 的正方形，支柱顶受轴向压力 $P=45\text{kN}$ ，支柱重力 $G=22\text{kN}$ ，求支柱的底截面 $l-l$ 上的应力。

解：假想用平面在截面 $l-l$ 处截开，取柱为隔离体，根据平衡条件可得

$$P + G - N = 0$$

$$N = P + G = 45\text{kN} + 22\text{kN} = 67\text{kN} = 67\,000\text{N}$$

求应力

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{N}{A} = \frac{67\,000\text{N}}{0.4\text{m} \times 0.4\text{m}} \\ &= 418\,750\text{N/m}^2 \\ &\approx 0.419\text{MPa}\end{aligned}$$

### 立即行动

你参加过拔河比赛吗？拔河用的绳子通常是用多股细绳绞合在一起做成的，试着分析这样设计的目的。同样的原理还运用到了生活中的哪些物品中？

## （二）强度与材料

我们用手轻轻挤压纸杯，纸杯就会变形，而用同样的力挤压不锈钢杯，不锈钢杯的外形则无明显改变。这一简单的例子反映了什么？

### 实践

许多现代的建筑都是用钢筋混凝土梁、柱构成框架的。混凝土能承受压力，但不耐拉力。图1-45所示为混凝土梁受荷载的情况，它上部受到压力被挤压，下部受到拉力被拉伸。

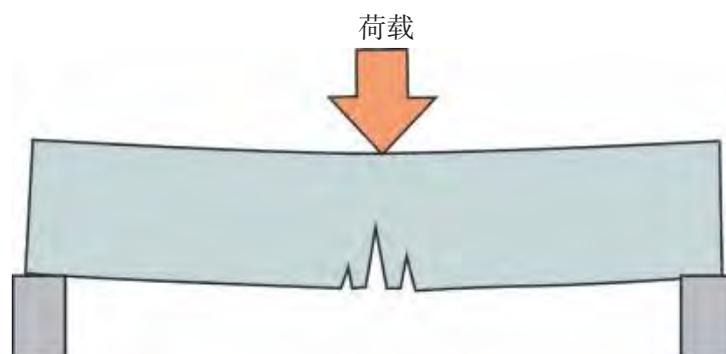


图1-45 混凝土梁受荷载的情况

(1) 根据混凝土梁受荷载的情况, 讨论混凝土梁存在的弱点。

(2) 根据图1-46所示钢筋混凝土梁受荷载的情况, 解释钢筋混凝土梁较混凝土梁的优点是什么?

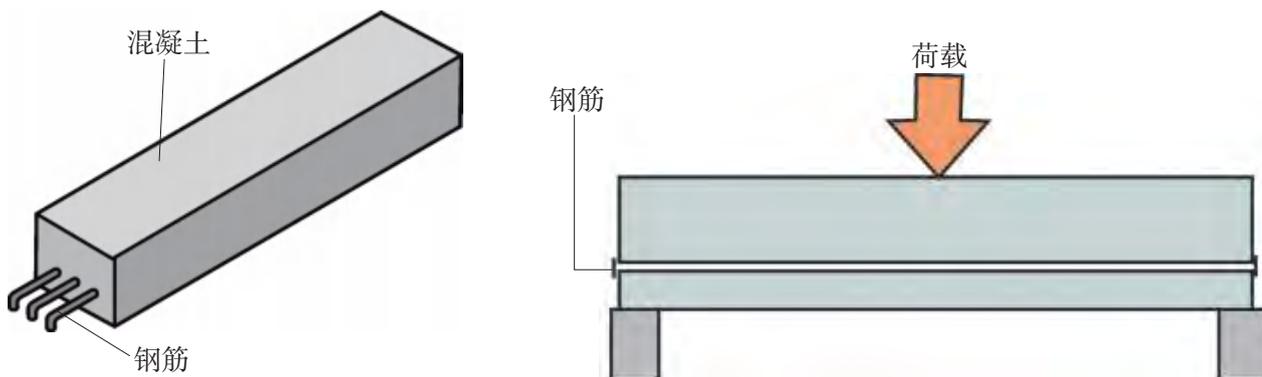


图1-46 钢筋混凝土梁受荷载的情况

(3) 如果在建筑物建造过程中, 未按照设计要求在钢筋混凝土梁中放置规定数量的钢筋, 则钢筋混凝土梁在受到相应的荷载时将会发生什么情况?

结构的强度与其所用材料有关, 不同材料构成的结构, 其强度各不相同。

### (三) 强度与形状

#### 实践

请分组完成下列试验。

试验一: 如图1-47, 将3根木条叠放在一起, 放在两摞厚度相同的书上, 然后在木条上悬挂重物, 逐渐增加悬挂物的质量, 观察木条的变形情况。

试验二: 将试验一中的3根木条沿长边相互粘接(图1-48), 形成一个三棱柱体, 放在与试验一相同厚度的书上, 重复试验一的操作, 记录三棱柱的变形情况。



图1-47 承载试验一

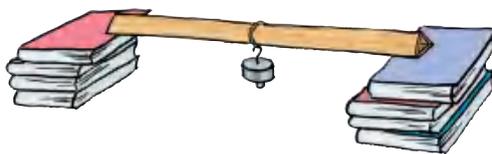


图1-48 承载试验二

比较试验一和试验二中木条的变形情况, 可得出结论: \_\_\_\_\_

结构的强度还与构件的形状有关。人们常常把构件做成一定的形状，如工业生产中的工形横梁、角钢、管材等型材。由于这些型材在相同结构强度的情况下，具有用料少、质量小等优点而被广泛应用。如图1-49是横截面形状像工字的金属横梁，被称作工形横梁。工形横梁被广泛应用于建筑工程中，构成建筑物的骨架。



图1-49 工形横梁

### 立即行动

构件的横截面形状亦极大地影响它的强度。图1-50所示的具有相同横截面面积、不同横截面形状的同种材料，在承受相同荷载时，哪一种的强度最大？为什么？

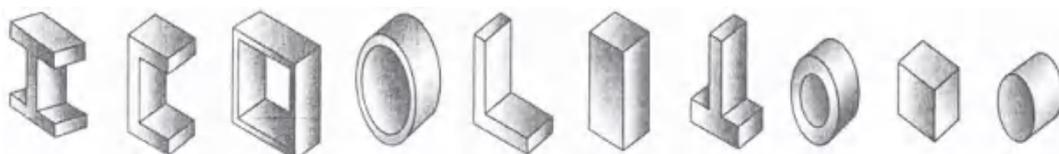


图1-50 不同截面形状的构件

薄板材料也可以通过折叠改变其形状以达到增加强度的目的。如图1-51所示，通过折叠薄钢板的边缘，就构成了具有一定强度的板架。类似地，现代汽车上的薄板通过精心的折叠设计，可达到所需要的强度，如图1-52所示。一张软纸，可以通过折叠成可伸缩的形状（手风琴式）而得到加固，也可以紧紧地卷成管状以进一步增加强度，如图1-53所示。



图1-51 薄钢板折叠构成的板架

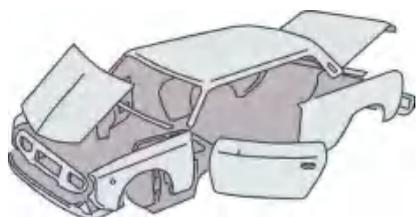


图1-52 汽车上的薄板折叠设计

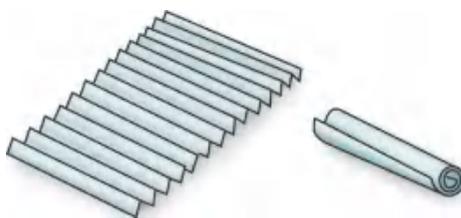


图1-53 软纸折叠成可伸缩的形状和卷成管状

构件材料的形状不同，其承受力的情况也不同，图1-54中构件材料的横截面形状适用于承受拉力，但不适用于承受压力；图1-55中构件材料的横截面形状适用于承受压力，也适用于承受拉力。

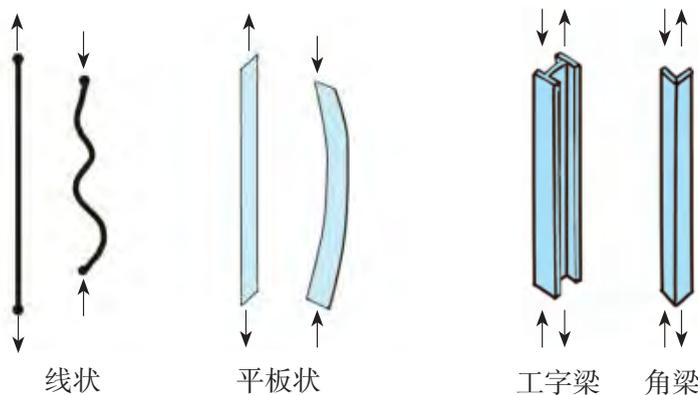


图1-54 构件材料(1)

图1-55 构件材料(2)

### 立即行动

1. 如果用钢丝来加固框架结构(图1-56)，是否能够起到增强结构强度的效果，为什么？应在哪个位置加第二个构件？如果框架结构采用角钢来加固(图1-57)，并已达到结构强度要求，就不需要再增加第二个构件AC了，为什么？

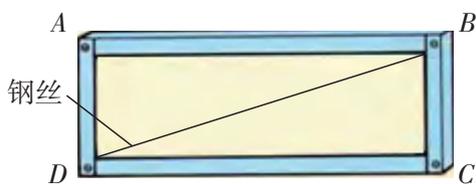


图1-56 钢丝加固

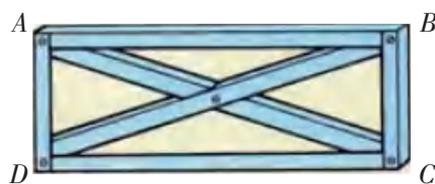


图1-57 角钢加固

2. 图1-58为两种画框的结构简图，请问哪种画框的结构强度较大，为什么？

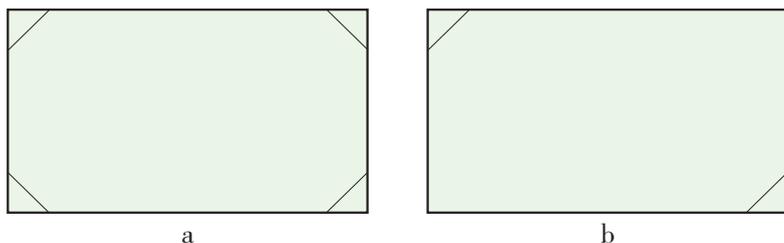


图1-58 画框

### 三、结构的连接

我们通常说的连接就是通过一定的方式把两件或两件以上的物体连在一起。同样，结构的连接也是通过一定的连接物将构件组成整体结构。科学、合理的连接，不仅可保证结构或构件的形状稳定，还能提高结构的强度，使它足以支撑自身质量及荷载。

让我们通过下面的活动，观察连接对结构稳固的影响。

#### 实践

试用扑克牌搭建如图1-59所示的结构，搭建时分别采用粘接和不粘接的方法，比较这两种方法所搭建的结构在承受相同的荷载时出现的情况是否相同，并说明原因。



图1-59 扑克牌搭建的结构

表1-2 连接对结构稳固的影响

方法	现象	原因
粘接		
不粘接		

构件连接处的强度是影响整个结构强度和稳定性的重要因素，而构件连接处的强度取决于它的连接方式、连接技术和连接处的牢固程度等。

榫卯泛指在两个木构件上采用凹凸结合的连接方式，是中国古代建筑、家具及其他木制器械的主要连接方式（图1-60）。凸出部分叫榫（或榫头），凹进部分叫卯（或榫眼、榫槽），榫和卯咬合，起到连接作用。在实际应用中有很多种榫卯。

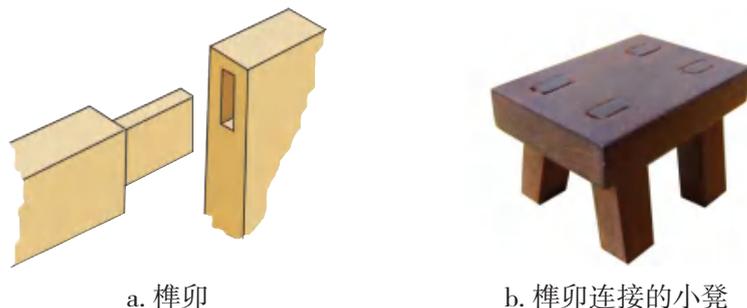


图1-60 榫卯及其应用

生活经验告诉我们，榫卯连接的木椅比钉接的稳固、不易变形。在实际结构中，各构件的连接方式是多样的。除上述的榫卯连接外，常见还有铰接（图1-61）、螺栓连接（图1-62）、胶接、绳系、焊接（图1-63）、铆接（图1-64）等。

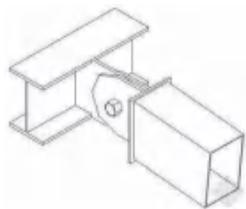


图1-61 铰接

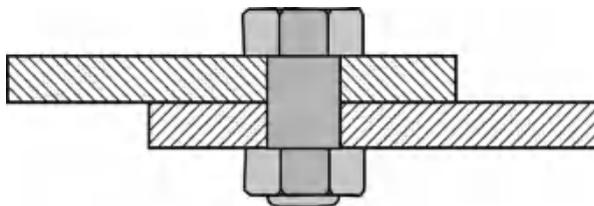
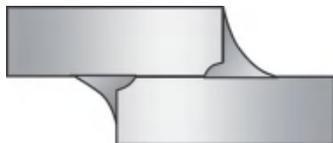


图1-62 螺栓连接



a. 对头焊接



b. 搭头焊接

图1-63 焊接

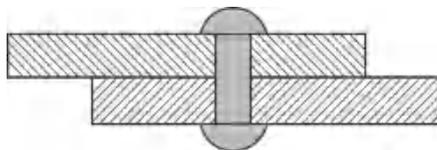


图1-64 铆接

## 知识窗 >

### 构件的结点

一般我们把构件间的连接区叫作结点，结点有以下两种。

1. 铰结点：被连接的构件在连接处不能相对移动，但可相对转动，即可以传递力，但不能传递力矩。具体有松螺栓、销接等，如机械连杆与滑块的连接、折叠伞的伞骨架之间的连接等。

2. 刚结点：被连接的构件在连接处既不能相对移动，又不能相对转动；既可以传递力，也可以传递力矩。具体有胶接、焊接等，如自行车三脚架的连接等。

建筑工程上普遍使用的钢架就是用刚结点连接各杆件所组成的结构；桁架则是用铰结点连接所组成的结构，由于桁架各杆只受轴向力作用，应力分布均匀，材料可得到充分利用。

## 立即行动

1. 说说A形铝梯各构件间采用的是什连接方式，这样的连接方式有什么好处？
2. 列举铰接、螺栓连接、胶接、绳系、焊接、铆接等连接方式在工农业生产和日常生活中的具体应用。

## 四、结构的强度和稳定性试验

技术试验是解决技术问题的重要方法。技术试验有多种作用，如通过对不同材料进行强度试验，可选择出符合设计要求的材料；对结构进行加载模拟试验，可检测或改进结构的强度。技术试验有多种方式，如撞击试验、承载试验和模拟试验等。

下面我们一起来学习如何进行技术试验，通过技术试验加深对本章知识的理解，以及了解影响结构强度和稳定性的多种因素。

## 实践

### 技术试验一

1. 将3条长30cm、横截面为10mm×10mm的木棍销接在一个圆盘上，组成一个三脚架（图1-65）。将三脚架放在光滑的台面上，在三脚架上加载重物，观察三脚架的几何形状会发生什么变化，并记录在表1-3中。

表1-3 试验记录（1）

序号	重物的质量	观察到的现象



图1-65 三脚架

2. 在三脚架的3条腿处拴上橡皮筋（图1-66），重复试验1的加载过程，观察橡皮筋的变化，并记录橡皮筋的长度变化。橡皮筋发生的变化说明了什么？

表1-4 试验记录（2）

序号	重物的质量	橡皮筋的长度



图1-66 拴了橡皮筋的三脚架

3. 用弹簧测力计替代橡皮筋（图1-67），重复试验1的加载过程，记录弹簧测力计的读数。

表1-5 试验记录(3)

序号	重物的质量	弹簧测力计的读数



图1-67 加了弹簧测力计的三脚架

### 讨论

1. 在三脚架承载重物时，如何保持其几何形状基本不变？
2. 如果采用在三脚架各边增设横档的方法对三脚架的结构进行改进，使其在承载质量为5kg的重物时，能保持几何形状基本不变，那么在选择横档材料时应考虑哪些因素？如何将横档与三脚架连接？

### 技术试验二

设计技术试验方案，对改进后的三脚架结构进行承载试验，并写出技术试验报告。

#### 试验目的

1. 检验选择的横档材料是否满足设计要求。
2. 检测改进后的三脚架结构是否能承载质量为5kg的重物，并且保持几何形状基本不变。
3. 检测三脚架结构中各构件的连接是否牢固。

#### 试验方案

设计技术试验的方案时，可以从以下几个方面考虑：

1. 加载重物的质量要满足要求（可用砝码、沙、石等），加载重物时应均匀增加荷载并使其均匀分布。
  2. 应从三脚架的结构、构件的强度和连接的可靠性等方面进行试验评定。
  3. 根据试验方案和要求，设计记录的内容。
- 以小组为单位，分工合作。可参考表1-6自行设计技术试验报告的栏目。  
请同学们对承载试验中发现的不足，提出改进建议。

表1-6 技术试验报告

试验小组：

试验日期：

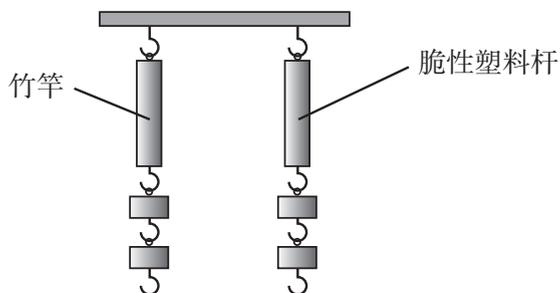
报告名称	
试验目的和要求	
仪器设备及所需材料	
试验方案	
试验记录	
数据整理	
试验评定	

### 交流评价

各小组交流和展示技术试验方案和试验评定。以班级为单位，讨论各组技术试验的优缺点，比较各组试验结果的差异并分析其原因。

## 习 题

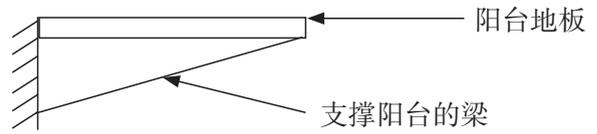
1. 在相同尺寸的竹竿和脆性塑料杆上不断加挂相同质量的重物时，发现脆性塑料杆先断裂，原因是什么？请试着利用所学知识进行分析。



第1题图



2. 某些支撑阳台的梁做成如图所示的形状，这主要是出于对什么的考虑？请根据生活中的观察，再列举几个类似的例子。



第2题图

3. 如图所示，由于设计师对杯子的手柄进行了特殊的设计，使得杯子在翻过来时能够呈 $45^\circ$ 斜靠，让杯口在不接触桌面或者其他东西的情况下，仍然可以把水沥干，同时也能有效防止尘埃进入，卫生了许多。请分析这个杯子的稳定性。



第3题图

4. 为什么高楼大厦下层的支柱比上层的粗，且墙体也比上层的厚？

## 第三节 结构设计

赵州桥（图1-68），又称安济桥，是世界上现存最早、跨度最长的圆弧形单孔敞肩型石拱桥。赵州桥的设计具有许多特点：①它的结构是世界桥梁史上首创的敞肩拱结构。赵州桥的设计把以往桥梁建筑中采用的实肩（用石料等充填密实）拱改为敞肩拱，即在大拱两端各并列设置两个小拱，小拱叠于大拱之上，这种做法具有优异的技术性能。首先，可以提高泄洪能力，减轻洪水对桥的冲击力，保证大桥的安全。其次，敞肩拱比实肩拱节省了大量土石材料，减轻了桥身自重，减少桥身对桥台和桥基的垂直压力和水平推力，增加桥梁的稳固性。②采用圆弧形形式，打破了中国石桥多为半圆形拱的传统。中国古代石桥拱形大多为半圆形，适用于跨度比较小的桥梁，大跨度的桥梁若选用半圆形拱，就会造成拱顶过高、桥高坡陡、车马行人过桥非常不便等。圆弧形形式使石拱高度大大降低，这样就实现了低桥面和大跨度的双重目的，桥面过渡平稳，车辆和行人过桥都非常方便。③采取了单孔长跨的形式，河心不立桥墩。改变了传统桥梁建筑中较长的桥梁所采用的每孔跨度小、坡度平缓的多孔形式，克服了桥墩多不利于舟船航行、妨碍洪水排泄以及桥墩长期受水流冲击、侵蚀容易塌毁的缺点。总之，赵州桥的设计与传统石拱桥相比，在经济性、适用性、美观性等方面都有了明显的改善和提高。



图1-68 赵州桥

### 导学思考

赵州桥的结构设计增加了桥梁的稳固性，保证了大桥的安全性，方便了车辆、行人通行。赵州桥的结构设计给了你哪些启发？

在《技术与设计1》的学习中，同学们已经知道了什么是设计、设计的一般过程，并掌握了设计的基本思想和方法。

结构设计属于设计的一种类型，它必须遵循一般的设计方法和过程。

结构设计不但要考虑它的功能要求，还必须考虑它的受力情况、稳定性、强度、连接

方式和材料选择等。除此之外，进行结构设计还要从实用、安全、经济、美观和人性化等角度综合考虑，并且绘制设计图样等。

## 案例

### 防烫锅盖扳手的发明

有一次，我喝完矿泉水之后，拿着矿泉水瓶上的绿色方便夹（图1-69），发现其结构设计得很巧妙：把卡口往瓶口上一卡，再夹在皮带上，水瓶就掉不下来了。方便夹的结构很特别，它能否用在别的地方呢？有一天，我发现妈妈用抹布包住锅盖钮掀起锅盖时，不小心烫伤了手。在心疼妈妈的同时，我灵机一动：能不能用矿泉水瓶的方便夹从锅盖钮的两侧提起锅盖呢？

但仔细一想并不十分合适。首先，方便夹是塑料做的，不耐高温；其次，手拿着方便夹的一端竖直向上提起锅盖，手会被上升的水蒸气烫伤。用怎样的结构和材料才合适呢？我试着用木板、铁片、竹子制作，效果都不理想，且不易加工，制作难度大。考虑了许久，我先用细铁丝做出

几种不同的结构，经过多次改进，最后改用不锈钢丝代替细铁丝，并确定为如图1-70的结构：前端（锅盖钮的卡口）呈弯曲上翘的V形，如同张开的两只手指；后端是不锈钢把手。在试用中又对以下几方面进行了改进：①V形卡口的大小、弧度、深浅要根据锅盖钮的大小进行调整；②把手的宽窄、长短要合适，用起来要方便；③不锈钢把手传热快，需用塑料扁电线将把手缠绕起来以便隔热。至此，发明就完成了（图1-71、图1-72）。

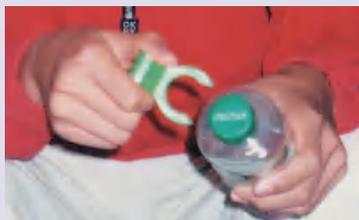


图1-69 矿泉水瓶的方便夹

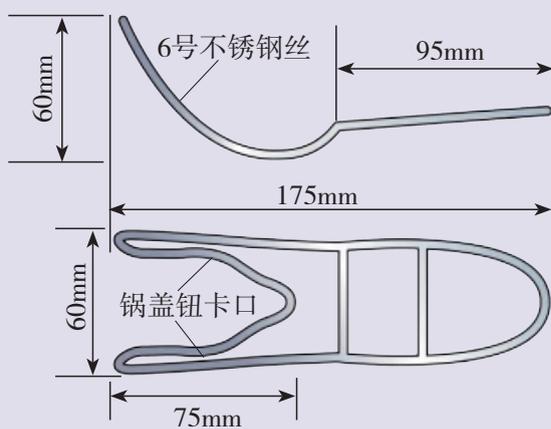


图1-70 防烫锅盖扳手结构



图1-71 用扳手卡住锅盖钮



图1-72 用扳手掀起锅盖

以上是一名中学生的发明过程，本设计曾经获得国家专利和全国首届中小学劳动技术创新作品邀请赛银奖、全国第十三届发明展览会铜奖。这名同学的发明故事告诉我们：结构与发明并不神秘，我们要有创新意识，在日常生活中多观察、多思考、多动手；在设计与实践善于发现问题和解决问题，不怕困难和失败，经过不懈的努力才能成功。

## 实践

以小组为单位，通过具体的结构设计，进一步理解前面所学的内容。要求形成设计方案，绘制简单的设计图纸，做出模型，并写出设计和制作报告。

### 设计1 模型桥的结构设计

#### ◆ 设计及制作目标

- (1) 用木条制作桥梁模型，结构形式不受限制。要求结构设计合理，造型美观。
- (2) 在跨度不小于30cm的前提下，桥长不限；要求桥孔高度不低于15cm，桥面宽度不小于8cm，承重物的质量不小于500g，承重时间15s以上。
- (3) 在满足目标及要求的前提下，荷载的质量与桥自身质量的比例越大越好。

#### ◆ 材料与连接方式

模型材料以木条为主，粗绳、细绳为辅，连接方式不限。

#### ◎ 模型

模型是根据实物、设计图纸，按比例制成的与实物相似的一种物体。它可以用来检验设计思路，对设计进行修改，有助于更多地了解与模型类似的实物将会遇到什么情况和出现什么问题，因此模型在设计过程中也被广泛采用。

#### 1. 制订设计方案

##### ◆ 收集和整理信息

在设计模型桥之前，先收集一些桥梁的资料，分析这些桥梁的结构类型后再进行设计。

##### ◆ 发现问题

桥面受到压力时会弯曲变形，如果把作用在桥面上的力传递到其他地方，就可以避免桥面过分弯曲变形。

### ◆ 桥梁结构类型的选择

了解以下各种桥梁结构（图1-73至图1-76）的特点，并进行简单的受力分析。不同类型的桥具有不同的结构，但是总的设计目的都是一样的——防止桥过度弯曲。

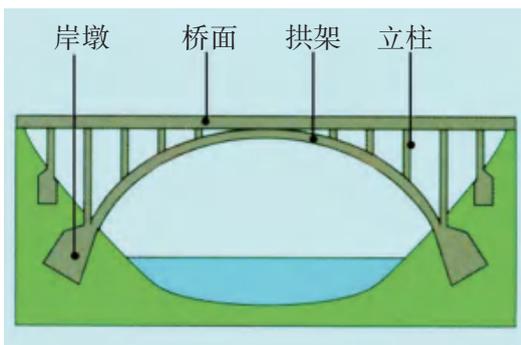


图1-73 拱架桥

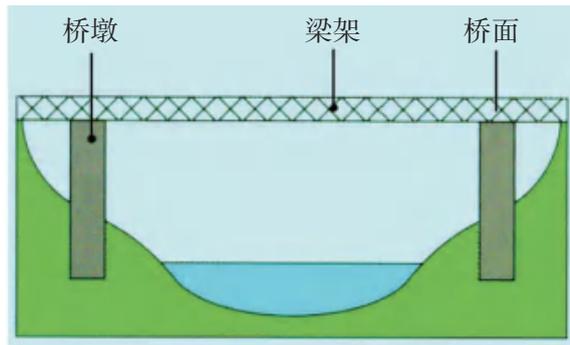


图1-74 梁架桥

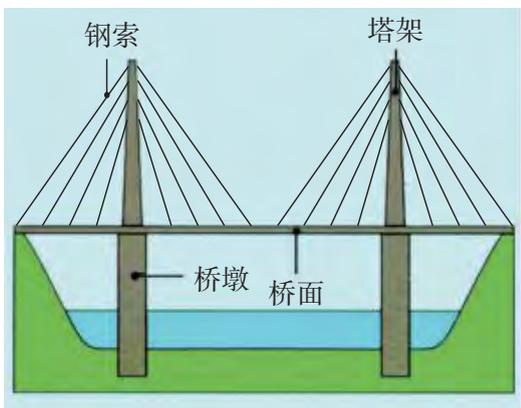


图1-75 钢索斜拉桥

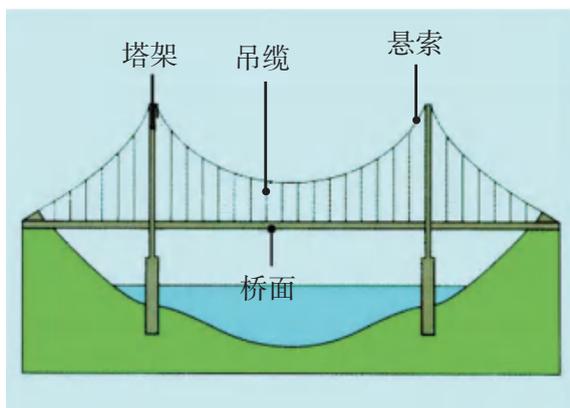


图1-76 悬索桥

#### ◎ 部分桥梁结构类型

**钢索斜拉桥：**桥上的钢索直接承载桥面的荷载，并将这一荷载传导至塔架和桥墩。

**悬索桥：**桥面通过吊缆系于粗悬索上，悬索末端固定于堤岸，悬索将荷载传导至系悬索的塔架。

### 讨论

1. 桥梁为什么会做成以上的结构形式？
2. 小组合作，初步形成设计方案，并说说为什么要这样设计。
3. 怎样使你的桥梁模型自重轻且承载力大。

综合小组成员的意见，形成本小组的设计方案。

### ◆ 绘制设计图

将桥梁结构设计绘制成图纸。桥的图纸包括：模型草图、主视图、侧视图、俯视图、构件图、组装图。

#### ◎ 草图

用工程草图和模型表达思想是工程设计中的重要组成部分。

草图通常可以很好地反映产品的外观，是一种直观的表达创意的方式，它能把设计思路变成一种可以与别人交流的直观形式。图形在表达物体的尺寸、形状及功能方面甚至比语言更有效。

## 2. 制作模型桥

①挑选木板，将木板按构件图尺寸要求进行锯割、打磨和切削；②制作桥的各部分构件；③将构件组合成桥身。

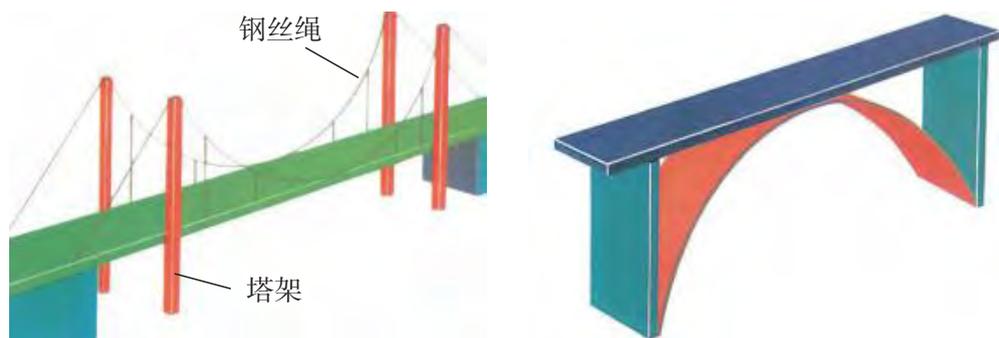


图1-77 模型桥示例

## 3. 检测、优化和改进设计

(1) 对模型桥进行承载试验。请同学们自行设计检测模型桥的试验方案和评定标准，以便按同一标准对模型桥进行评定。

(2) 基于检测和评价的结果，对设计方案进行优化和改进。

#### ◎ 提示

桥梁设计优化主要考虑减少桥面的弯曲变形程度和尽量减轻桥自身的质量。

## 4. 交流与评价

(1) 将每组设计和制作的模型桥放在一起，参考表1-7对各组设计的模型桥进行评价。可按优秀、良好、合格、待改进4个等级来评分，分别用4分、3分、2分、1分来表示（表格中的栏目可自行增减）。



表1-7 各组模型桥评价

项目	模型桥1	模型桥2	模型桥3	模型桥4	……
桥孔跨度/cm					
桥孔高度/cm					
承重/kg					
桥体自身质量/kg					
连接方式					
承载物的质量/kg					
强度和稳定性					
造型美观					

(2) 比较各模型桥的评价, 列出它们各自的优点和不足, 并提出改进建议(表1-8)。

表1-8 各组模型桥优缺点评价

模型桥	优点	缺点	改进建议
模型桥1			
模型桥2			
模型桥3			
模型桥4			

## 设计2 一个悬挂重物的结构设计

### ◆设计及制作目标

设计一个悬挂重物的结构, 并制作一个纸质模型, 使其达到以下要求:

- (1) 至少能悬挂质量为100g的重物, 悬挂重物的质量越大越好。
- (2) 悬挂物的底面距离支撑面越远越好。
- (3) 纸质模型所使用的材料越轻越好。
- (4) 该结构能支撑悬挂物至少保持15s, 保持时间越长越好。

### ◆制作材料

废报纸、砝码、剪刀、直尺、双面胶等。

### ◆设计思路

观察公园里的秋千，制作有一个支架和一个水平横轴的结构。什么样的结构才能使支架稳固、承载力强，水平横轴不易弯折？怎样才能使柔软的纸变硬呢？

用纸设计制作一个悬挂结构，可从以下4个方面考虑：

- (1) 与结构重心的位置有关，重心越高，稳定性越差；反之，稳定性越好。
- (2) 与结构支撑面面积有关，底部支撑面面积越大，其结构就越稳定。设计时一般选择上小下大的结构，这种结构整体的重心低，结构稳定。
- (3) 与支架跨度有关，纸质水平横轴上的两支撑点距离越远，能承受的压力也越小。
- (4) 与纸质水平横轴的制作方法和形式有关，纸越厚其牢固性越强，承受力也越大。

## 设计3 自选内容的结构设计

### ◆设计及制作目标

根据本章前几节给出的椅子、A形铝梯、三脚架等结构，结合生活中的实际需求，发挥自己的想象或通过市场调研等，设计自己认为有用的产品。

### ◆要求

- (1) 每个小组制订两个以上的方案，进行比较和权衡，确定最满意的方案。
- (2) 提交设计报告和设计草图，最好做出模型或原型。

## 习 题

1. 下面有关桥梁结构设计的说法正确吗？试分析原因。
  - (1) 不同的桥梁结构，其设计的目的都是要防止桥过度弯曲。
  - (2) 在设计桥梁时，为了使桥梁稳固可以尽量增加桥自身的质量。
2. 如图所示为可移动的篮球架，为了保证打球人员的安全，需要增强移动篮球架的稳定性，有效的方法是什么？并说明原因。



第2题图



3. 质量合格的安全帽能够有效地保护人的头部。请同学们观察下图中的安全帽，讨论分析：

(1) 安全帽是一种什么结构？

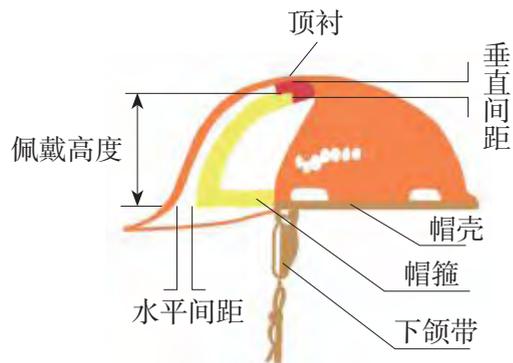
(2) 安全帽受到撞击时，其受力有什么特点？它是怎样对人的头部起到保护作用的？从安全帽侧面撞击时，安全帽能起到保护头部的作用吗？为什么？

(3) 如果安全帽内不用帽箍，而是改垫一块海绵，该安全帽能起到保护头部的作用吗？为什么？

(4) 每个人的头形和头的大小都不同，如何选购适合自己的安全帽？



a. 安全帽外形



b. 安全帽的结构

第3题图

## 第 四 节 典型结构的欣赏

中国古建筑是世界上古老的、成熟的、风格独特的建筑体系之一，它们以木结构为主体，基本造型特点来自结构的内在要求。中国古建筑通常以组群形式出现，由若干单体组合成群，形成有层次、有主从、有韵律的空间感，并且常常形成对称布局。中国古建筑的室内采取木骨架系统，空间的垂直分割和水平分割互相贯通穿插，给室内空间带来很大的灵活性。除了对建筑构件进行艺术处理外，还采用多种材料制作建筑和陈设的装饰，如木雕、石雕、砖雕、织物等。中国古建筑注重色彩效果，运用壁画和木构上的彩绘，以及琉璃色彩和金箔光泽，形成了绚丽多彩的风貌。总之，中国古建筑中包含着极为丰富的内涵，是发展现代中国建筑文化的源泉。

### 导学思考

建筑结构与文化传统有什么关系？从技术和文化的角度欣赏和评价典型结构。

在前面的学习中，我们了解和探究了结构，不管是卓越的“建筑大师”——蜜蜂筑起的精巧蜂巢，还是人类创造的形态各异的结构，都是大自然和人类智慧、创新能力的体现，结构让美与我们同行。我们应该如何去发现结构的美，感受结构的文化内涵呢？大家可以从两个角度去欣赏结构：一是从历史、文化的角度，二是从技术的角度。

### 一、建筑结构与历史、文化

建筑物都具有结构，以下是从人类修建的各种建筑中采撷的几颗璀璨明珠，让我们从历史、文化的角度去欣赏这些凝聚着人类智慧的建筑结构。

太和殿（图1-78），俗称“金銮殿”，位于紫禁城南北主轴线的显要位置，明永乐十八年（1420年）建成，称奉天殿。清顺治二年（1645年）改今名，今天所见为清代康熙三十四年（1695年）重建后的形制。太和殿面阔11间，进深5间，建筑面积2377m<sup>2</sup>，高26.92m，连同台基通高35.05m，单层砖木结构，重檐庑殿顶。屋脊两端安有高3.4m、重约4300kg的大吻，檐角安放10个走兽，数量之多为现存古建筑中所仅见。太和殿的装饰十分豪华。檐下施以密集的斗拱，室内外梁枋上饰以和玺彩画。门窗上部嵌成菱花格纹，下部浮雕云龙图案，接榫处安有镌刻龙纹的鎏金铜叶。殿下为高8.13m的三层汉白玉石雕基座，周围环以栏杆。栏杆下安有排水用的石雕龙头，每逢雨季，可呈现千龙吐水的奇观。太和殿是紫禁城内体量最大、等级最高的建筑物，建筑规制之高，装饰手法之精，堪列中国古代建筑之首。



图1-78 太和殿

围龙屋又称客家围屋（图1-79），是著名的特色民居建筑，多分布在客家人集中居住地——广东省梅州市。客家围屋始建于唐宋，兴盛于明清，是我国最有乡土风情的五大传统民居建筑之一。客家围屋由两个半圆组成，后半圆是主体建筑，中间的大门是正门，两边是侧门，正门后面是客厅、天井、安放祖宗牌位的祖堂，两侧对称安排厢房，祖堂后是扇形的小花园，其后是沿弧线建设的小房间。主体建筑内还各有10个左右的厅和天井，低于地面的天井底部平坦，主要用于收集和排放雨水，还可养龟，天井上方直通天空，通风透光；前半圆正门前面有长方形晒谷坪和小半圆形养鱼的池塘，外墙用砖砌成一道半圆形的护墙，有利于安全和防御。从整体上看，客家围屋构成一个围起来的圆，将建筑融入环境，追求实用、整体统一和对称平衡，充分体现了客家人高超的建筑艺术和美感。客家围屋被建筑学家誉为民俗建筑史上的奇迹，其深厚的文化内涵，更使历史学家、艺术家及众多的游客为之陶醉。



图1-79 客家围屋

20世纪初，西方国家经历了工业革命和新艺术运动之后，出现了一种摒弃烦琐、追求简洁、强调机械及技术美的倾向。位于法国巴黎的萨伏伊别墅是这一时期建筑的代表（图

1-80)。萨伏伊别墅建造于1928年，它用钢筋混凝土构成建筑的骨架，内外墙体布置灵活，突出了工业化结构技术的魅力，打破了传统建筑以墙承重而形成的封闭建筑形式，按照不同的功能要求，自由地布置各类建筑空间。



图1-80 萨伏伊别墅

地域有别，民族差异，历史、宗教、思想、文化的背景不同等，直接影响到建筑结构和其他结构的设计思维。

## 立即行动

以小组为单位，从历史、文化、宗教、民俗等角度对当地有名或有特色的建筑物进行讨论和阐述。每个小组推选一名代表，在班内分享本组的讨论结果。

## 二、建筑结构与技术

建筑之美，依技术而成。古代的石砌木构，现代的摩天大楼，均显现出结构对技术的依赖。技术带动了建筑工程的发展，建筑工程的需求推动了技术的进步。

凤凰国际传媒中心（图1-81）位于北京朝阳公园西南角，总建筑面积6.5万 $\text{m}^2$ ，高55m。凤凰国际传媒中心的造型取意于“莫比乌斯环”，由两座单体建筑和一个极富表现力的外壳组成，12层总部办公主楼和6层演播楼的单体建筑为钢筋混凝土结构，外壳结构设计成一种具有特殊表现力的交叉

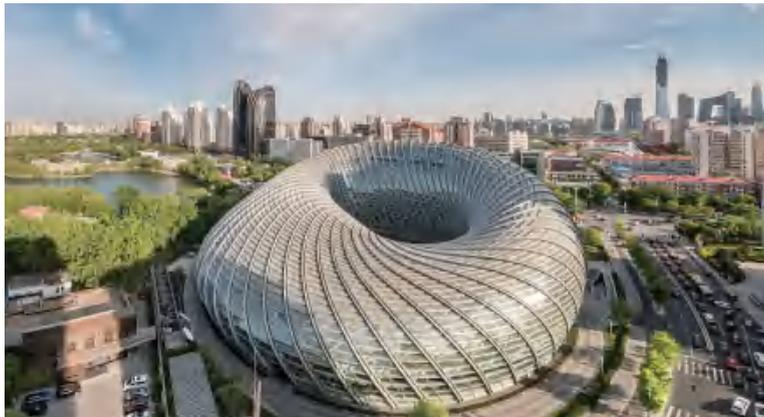


图1-81 凤凰国际传媒中心

状曲面网壳钢结构体系，将两栋钢筋混凝土大楼连为一体，形成连体结构，紧贴钢结构的是玻璃幕墙。在功能上，钢结构外壳将办公楼与演播楼两种不同功能融合为一个整体，并提供了丰富的公共体验空间。整个建筑也体现了绿色节能和低碳环保的设计理念，外壳是一个生态环保罩，可以降低对能源的依赖，减少内部建筑的耗能。

广州塔（图1-82），又称广州新电视塔，于2010年9月建成，是广州市的地标性建筑。广州塔塔身设计为椭圆形的渐变网格结构，其造型、空间和结构由两个向上旋转的椭圆形钢外壳变化生成，塔身主体高454m，天线桅杆高146m，总高度600m，总建筑面积114 054m<sup>2</sup>。广州塔整个塔身是镂空的钢结构框架，钢柱自下而上呈逆时针扭转，每一个构件截面都在变化。仅钢结构外框筒就有24根钢柱、46组环梁、1 104根斜撑构成。塔身采用特一级的抗震设计，整体网状可有效减少塔身的笨重感和风荷载，可抵御7.8级的地震和12级台风。

罗马斗兽场（意大利古罗马竞技场）（图1-83）建于公元72—82年，遗址位于意大利首都罗马市中心。罗马斗兽场的平面呈椭圆形，占地约2万m<sup>2</sup>，长轴约188m，短轴约156m，周长约527m。该建筑为4层结构，外部全由大理石包裹，下面3层分别有80个圆



图1-82 广州塔



图1-83 罗马斗兽场（意大利古罗马竞技场）

拱，其柱形极具特色，按照多立克式、爱奥尼式和科林斯式的标准顺序排列，第4层则以小窗和壁柱装饰。看台用3层混凝土制的筒形拱上，每层80个拱，形成3圈不同高度的环形券廊（即拱券支撑起来的走廊），最上层则是50m高的实墙。场内看台可同时容纳约9万观众，底层地面有80个出入口，可确保场内观众在15~30min全部疏散离场。

生活中的结构艺术源于科学技术的发展，源于各地的地域特色、民族文化和历史背景，源于人类对于安全、耐用和环保的理念……这些元素反映在结构设计上，形成了各具特色的结构形式，也充分体现了结构设计师对生活的观察和概括能力。

### 实践

我国是一个多民族的国家，各民族受地域气候、风俗文化、历史背景和技术条件等影响，创造出了具有本民族特色的建筑风格、建筑结构和技术手段等。以小组为单位，选取1~2个民族的建筑进行调查，了解其结构的特点、材料的选取和建造的技术等。

可采用实地考察、上网查询等方式开展调查活动，从技术和文化的角度撰写一篇赏析结构的调查报告，并将小组的调查报告在班内展示和交流。

## 习 题

1. 请查找秦始皇陵铜车马上的伞和复兴号高铁车头的资料，并从历史、技术和功能的角度欣赏它们的结构。
2. 谈一谈材料的发展和技术的进步对桌子结构设计的影响，并举例进行说明。

## 综合学习活动

### 多功能课桌的结构设计

#### 1. 发现问题

小晴最近在为一个问题发愁——自己的课桌非常不好用：第一，储物空间太小；第二，课桌不能调节高度，自己身高较高，坐着很“憋屈”；第三，课桌经常不稳定地摇晃，影响自己写作业；第四，在课桌的一侧挂上书包后，课桌会显得摇摇欲坠；第五，桌面空间太小。你能设计一个新型课桌，帮小晴解决以上问题吗？以小组为单位，通过对结构设计进行分析，形成结构设计方案，绘制简单的设计图纸，制作出模型，并写出设计与制作报告。

#### 2. 设计要求

(1) 对需求和结构设计进行分析。

问题	描述	原因
1	储物空间小	结构缺乏大储物功能
2	不能调节高度	结构没有调节高度的功能
3	课桌经常摇晃	结构稳定性较差
4	挂上重物后摇摇欲坠	结构强度较低
5	桌面空间太小	结构设计不合理

(2) 设计一个多功能课桌，并制作出模型，要求如下：① 模型高度不低于280mm，长度为240~280mm，宽度为160~200mm，结构形式不限。② 要求结构稳定，造型美观，能稳定承重1kg以上，承重时间在15s以上，在满足其他要求的前提下，荷载的质量与自身质量的比值越大越好。③ 设计的课桌有两个或两个以上的功能。

(3) 材料及连接方式：模型材料以硬纸板为主，草稿纸为辅，粘接材料以白乳胶为主，构件的连接方式不受限制。

#### 3. 制订设计方案

(1) 方案的构思。根据收集的信息，同时从使用者、结构本身及使用环境等方面进行分析后构思方案。如要同时考虑到学生的书本较多所需储物空间大，结构本身需要储物的构件，而教室的空间有限等。

(2) 课桌的结构类型选择。查阅资料，了解多种课桌的结构类型，分析它们的受力特点，分析其优缺点，有助于为我们的设计提供更多的想法。可参考课桌结构类型有：开放抽屉式、闭合抽屉式、固定式、移动式、互动式等。

(3) 方案的呈现。经过构思和讨论，我们可以得出多种设计方案。请根据小组的构思和讨论结果，完成以下表格：

方案	材料	连接方式	结构类型	如何实现功能	稳定性	承重能力
1						
2						
.....						

(4) 方案的筛选。根据结构设计及制作要求,课桌的结构设计要满足稳定性佳、承重能力强的同时,还要具有多种功能,更要考虑到学校的成本和预算等,从而决定最佳的方案。

#### 4. 绘制草图及加工图

(1) 绘制草图。将最终形成的方案,以草图的形式绘制出来,将其记录在设计方案中,绘制草图时可使用手绘,但鼓励大家使用制图软件绘制草图。

(2) 绘制加工图。通过绘制的草图,画出加工图,其中包括主视图、俯视图、左视图以及构件图和组装示意图等,这些图样可以手绘或者使用绘图工具绘制。

#### 5. 制作模型

(1) 根据加工图和构件图进行切割、打磨和粘接。

(2) 制作出课桌的各个组装构件。

(3) 将构件组装成最终的课桌模型。



多功能课桌模型示例

#### 6. 检测、优化及改进

(1) 对模型进行稳定性测试:施加一个侧向不断增加的推力,记录模型稳定状态的变化情况。

(2) 对模型进行强度测试:对模型施加一个纵向不断增加的压力,记录模型的承重能力。

(3) 对模型的附加功能进行测评,测试其能否满足小组提出的现实需求。

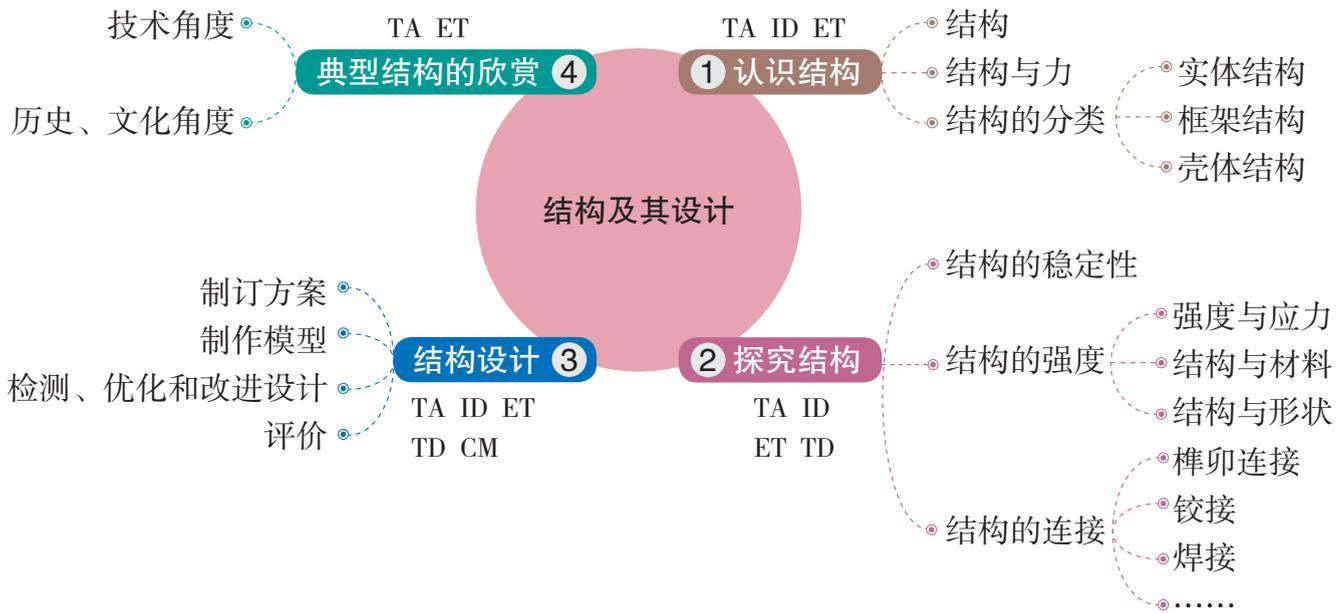
(4) 通过模型发现多功能书桌需要优化的地方,列举出来,尝试解决。

#### 7. 评价

将每组设计和制作的课桌放在一起,以班级为单位,设置评价指标,对模型进行评价。

# 本章回顾与评价

## 一、学习内容梳理



说明：TA—技术意识，ID—创新设计，ET—工程思维，TD—图样表达，CM—物化能力

## 二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
从力学的角度理解结构			
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及简单的受力分析方法			
学会分析影响结构稳定性和结构强度的因素，能够写出试验报告			
能进行简单的结构设计，学会绘制设计图样，并做出原型或模型			
能从文化和技术的角度欣赏并评价典型结构			
说明：A—优秀，B—良好，C—合格，D—待改进			

通过本章的学习，你的核心素养得到了哪些发展？

---



## 第二章 流程及其设计

我们每天的生活都离不开流程，任何产品的设计、生产、销售都需要流程，我们所从事的各种有目的的活动都有流程。流程可以引导我们完成未曾做过的事情，帮助我们进行更加合理的分工，有利于人与人之间的交流。随着社会的发展、技术的进步和人们对生活质量要求的提高，需要不断地对流程进行优化。通过流程的优化，可以提高工作效率和生产效益，使我们的生活更加美好。

### 学习目标

- 理解流程的含义。
- 了解流程的基本组成，理解流程的环节和时序的含义。
- 能够识读和绘制简单的流程图。
- 能分析流程设计的基本要素，体会流程设计的基本思想和方法。
- 了解流程设计的基本步骤并实践。
- 能分析流程优化过程中的基本要素。
- 了解流程优化的基本步骤，学会流程优化的基本方法。



## 案例

## 氢气还原氧化铜实验流程

在初中阶段，我们做过如图2-2所示的氢气还原氧化铜的化学实验。它的实验过程为：在干燥的硬质试管底部铺一层黑色的氧化铜，使管口微向下倾斜。通入氢气，过一会儿，再给氧化铜加热，观察黑色的氧化铜有什么变化和管口有什么物质生成。反应完成后停止加热，继续通入氢气，直到试管冷却，才停止通入氢气。

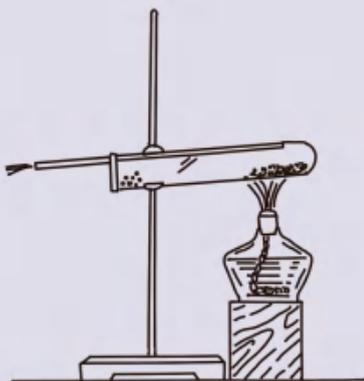


图2-2 氢气还原氧化铜的实验

分析实验过程，可知氢气还原氧化铜的实验流程为：在试管底部装入氧化铜→将试管安放到铁架台上→放好酒精灯并调好试管的高度→通入氢气→点燃酒精灯加热→观察反应过程→停止加热→停止通入氢气。

流程是一系列连续有规律的活动，这些活动以确定的方式发生或执行，以实现特定的结果。

## 实践

随着人们生活水平的提高，蜡烛不再只用于照明，更多时候它是一种工艺品，是用于烘托气氛的工具（图2-3）。请以小组为单位，发挥创意，设计和制作1~3种工艺蜡烛，如香薰蜡烛、雕花蜡烛、彩色蜡烛和异形蜡烛等。

准备材料：工业石蜡、棉线（蜡烛芯）、香精、颜料、干花草、蜡烛模具（小铁盒、鸡蛋壳等）。

（1）制作前先讨论制作蜡烛的方案与步骤，画出制作蜡烛的过程图。

（2）制作完成后，写出制作报告，并解释每一个步骤具体



图2-3 工艺蜡烛

完成的事项等。

注意事项：

(1) 不要用明火直接熔化石蜡。可以将石蜡碎片放入烧杯中，再将烧杯放入盛有水的平底锅中，用酒精灯或电磁炉等小火加热，至石蜡完全熔化。

(2) 用剩的石蜡溶液不要倒入下水道中，可倒入事先准备好的纸杯或留在烧杯里，下次再用。

## 二、工作流程和工艺流程

### (一) 工作流程

在日常生活与学习中，我们有时需要邮寄物品、到图书馆借书或到实验室做实验等。为了完成这些事情，我们必须按照相应的流程进行，这些流程属于工作流程。下面我们以邮寄物品为例，了解什么是工作流程。

#### 案例

#### 邮寄物品流程

李爱华第一次到邮局邮寄物品，他不知道该如何办理手续。邮局咨询处的工作人员热情地告诉他，首先他需要到包裹包装处，请工作人员检查物品是否在邮寄范围内，然后购买一个合适的标准包装箱，将物品包装封好，填写邮寄包裹单，再到包裹收寄处交寄包裹，由工作人员核准邮资后交费，最后注意收好回执备查就行了。遵照指引，李爱华顺利寄出了物品。

总结邮寄物品的过程，可得到与其相应的流程为：邮局检查→购买标准包装箱→物品封装→填写邮寄包裹单→交寄→交费→收好回执，李爱华只有完成了该流程中的每件事，才能将物品寄出。

工作流程反映了完成一件事情、一项任务而进行的一系列有序的工作或活动的全过程。

在政府机关、厂矿企业、学校和商店的管理与业务中所涉及的活动和事务处理，都有相应的流程，这些流程也是工作流程。

## 立即行动

随着技术的发展，许多家务劳动和生产劳动都被自动化电器产品或机械化设备所代替，如洗衣机、洗碗机、播种机和联合收割机等。这些产品或设备的工作流程往往建立在人们对已有的手工劳作流程进行分析和总结的基础上。图2-4所示是联合收割机的工作流程，通过查阅资料、分析和比较，说说它与手工收割作业流程的异同。

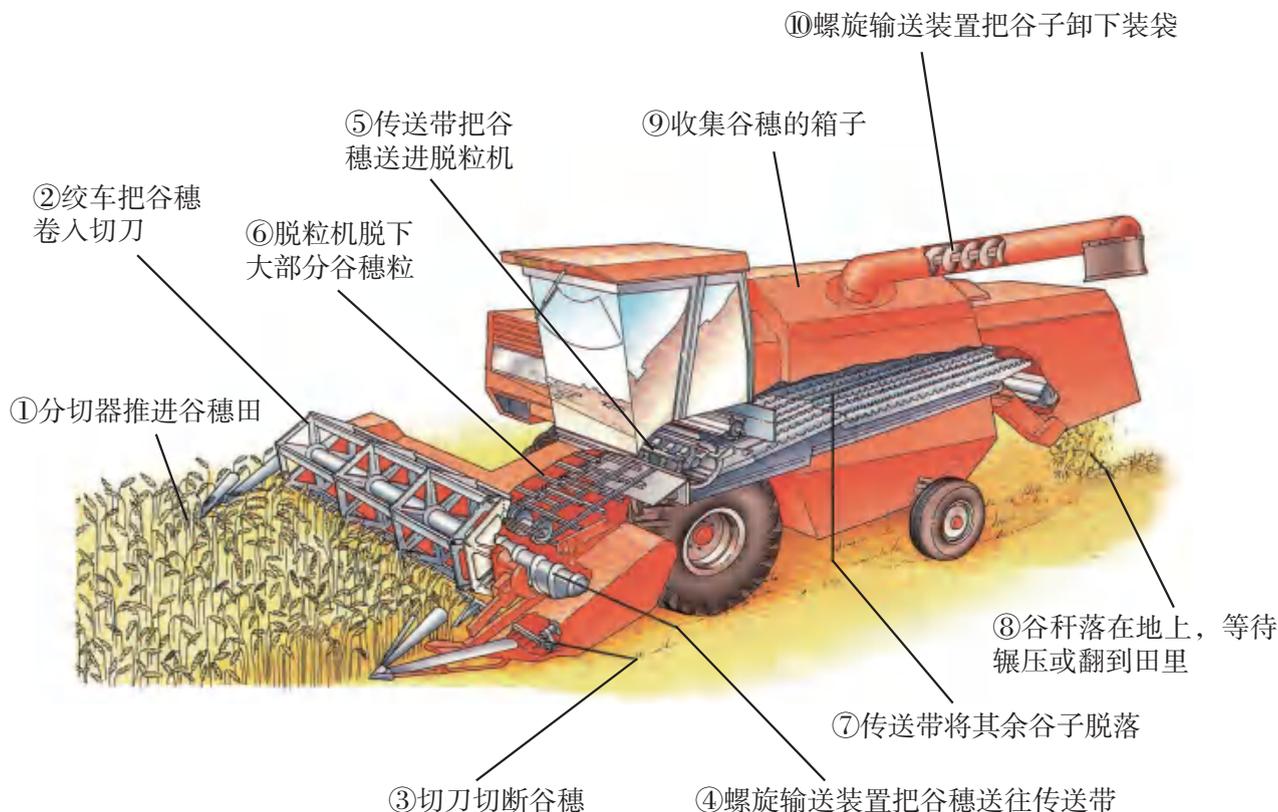


图2-4 联合收割机的工作流程

## (二) 工艺流程

在人类发展的历史长河中，人们为了满足生活和生产需求，发明制造了各种工具和用品，这些工具和用品的制造都有其相应的流程，随着时代的发展，那些对人类生活和生产有巨大影响的流程也在人们不断地探索和改进中，得以传承下来。

### 案例

#### 蔡伦造纸流程

造纸术是我国古代“四大发明”之一，我国西汉时期已发明了造纸术，那时人们掌握了处理麻的工艺技术，能使生硬的麻皮变为纤维，并将其用于纺织，所以选择以麻为主要原料制成植物纤维麻纸。麻纺织前期的重要工艺“沤麻”，被

借鉴用于造纸技术。斧可作为切断长纤维的刀具，碓可作为打烂纸浆的工具。这些相关的工艺和工具都为汉代造纸术的发明提供了物质条件和技术条件。汉代造麻纸工艺流程如图2-5所示。



图2-5 汉代造麻纸工艺流程

东汉宦官蔡伦在总结了西汉以来的造纸经验的基础上，进行大胆的试验和革新，扩大造纸原料来源，改进造纸工艺流程，为人类文明做出了巨大的贡献。蔡伦是如何造纸的呢？首先他收集一些破布、旧渔网、麻头和树皮等作为原料，用水浸透，润胀；再用斧头将其剁碎，用水洗净，浸入草木灰水中，加热蒸煮，除去原料中的木素、果胶、色素和油脂等杂质后，再用清水漂洗，入臼捣碎，放到水里形成悬浮的浆液，这就是纸浆；然后用多孔而致密的纸模（当时是用编织细

密的帘子)捞取纸浆,滤水后,留下一层薄薄的纸料,取下放到阴凉干燥处晾干,就成了纸。

总结蔡伦的造纸过程,我们可得到与其相应的流程为:

收集原料→水浸→剁碎→水洗→浸入草木灰水中→加热蒸煮→漂洗→捣碎形成纸浆→用纸模捞取纸浆→滤水晾干→成纸。

### 讨论

1. 从西汉时期发明造纸术到蔡伦造纸,造纸流程得到了不断改进,使得纸的质量逐渐提高,你从中得到了什么启发?

2. 蔡伦造纸的流程有什么特点?它与我们前面学习的工作流程有什么不同?

蔡伦采用多种原料,经过一系列工艺环节和相应的顺序处理,最后造出纸。蔡伦造纸的流程属于工艺流程。

各种机械设备、电器产品(如洗衣机、电视机)、交通工具(如汽车、自行车)等的制造过程中,首先需要进行零部件的生产,然后装配成产品。每一个部件的制造和整体装配过程也属于工艺流程。

### 立即行动

请将一支两色(或两色以上)圆珠笔(图2-6)拆成零件,然后再试着装配还原。通过圆珠笔的装配过程,了解装配工艺流程。

1. 圆珠笔的零部件有哪些?装配还原过程是什么?
2. 结合装配圆珠笔的过程,讨论装配工艺流程与蔡伦造纸的工艺流程有哪些相同点和不同点。



图2-6 多色圆珠笔

工艺流程反映了从原料投入到成品产出,通过一系列工艺或加工环节,按一定顺序进行生产或制造某种产品的全过程。

任何一种产品的生产都需要经过从设计到制造的过程,在这个过程中往往既包括工作流程又含有工艺流程。下面我们通过印刷电路板的设计与制造进一步了解流程。

## 案例

## 印刷电路板的设计和制造流程

计算机主板（图2-7）或各种电子产品上的电路板都是由一块印刷电路板（printed circuit board, PCB）（图2-8）和相关的电子元器件组成的。



图2-7 计算机主板

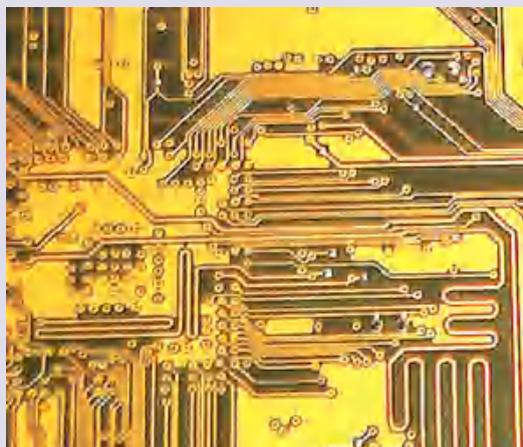
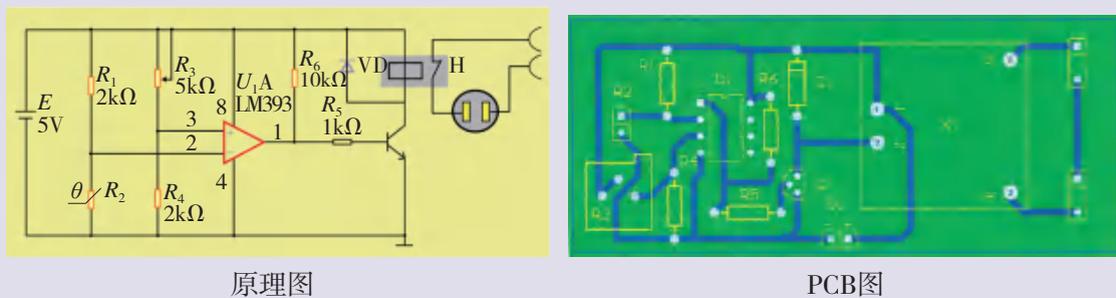


图2-8 印刷电路板

印刷电路板具有固定电子元器件和提供电路连接的功能，几乎所有的电子产品都离不开印刷电路板。它们的设计和制作流程是怎样的呢？

在印刷电路板图的设计中，电子工程师会根据某种电子产品的功能和技术要求，设计电路和画出电路原理图，经过对电路进行检查，并进行一些必要的验证后，再根据原理图设计PCB图，经校验无误后，最后确定设计好的PCB图，其设计流程属于工作流程，即设计电路并绘制原理图→验证→设计PCB图→校验→出图。图2-9为印刷电路板设计组图。



原理图

PCB图

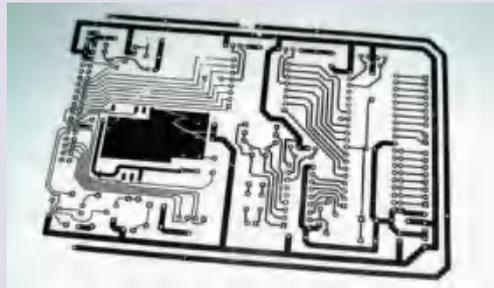
图2-9 印刷电路板设计组图

一般的印刷电路板是在现成的覆铜板（一种以玻璃环氧树脂为基材，表面上覆盖着一层薄铜板）上进行制作生产的。首先将设计好的印刷电路板图纸和覆铜板进行预处理，然后将印刷电路板图转印在覆铜板上，将印有印刷电路板图的覆铜板进行蚀刻（化学处理方法），将不需要的铜箔腐蚀掉，再经过清洗，线路就在板上凸现出来，然后进行后处理工序（加金属涂覆层、阻

焊层、印符号等），最后经质量检测后出厂，该流程为工艺流程，即PCB图纸和覆铜板→预处理→转印→蚀刻→后处理→质量检测→成品。图2-10为印刷电路板制作组图。



覆铜板



胶片板

图2-10 印刷电路板制作组图

## 实践

以小组为单位，对身边的 workflows 或工艺流程进行调查、分析和讨论，并形成一份调查报告。可参考活动如下：

●活动1 调查某产品（家用电器、农机具、电子产品、家具）的生产工艺流程，两种或两种以上。

●活动2 到商场、银行、医院了解销售、存取款或看病的工作流程，两种或两种以上。

调查活动可从以下几个方面展开：①了解原料（活动1）；②了解流程中工作、活动、工艺或加工环节的内容，先后顺序安排的原因，完成的方法及设备；③流程是否已经改进及其改进的原因；④流程对环境的影响等。注意归纳不同工艺流程或 workflows 的共同点。

### 组织与分工

各小组选定活动项目，确定工作任务，并进行组内分工（表2-1）。

表2-1 小组活动项目及分工

活动项目	组员姓名	小组分工
主要的活动内容、方法及进度安排等：		



### 调查过程

可采用实地考察、上网查询等方式进行调查，并做好记录。表2-2为工艺流程调查表示例，各小组也可根据实际情况自行设计调查记录表。

表2-2 工艺流程调查记录

项目	内容
产品名称	
原料	
用途	
流程	
工艺环节的内容	
先后顺序安排原因	
完成方法及设备	
改进原因	
对环境的影响	

### 展示与交流

整理调查情况，写出调查报告。在班内进行成果展示，并就下列问题进行讨论和交流：

1. 流程对完成一项任务、一件事情以及生产、制造某种产品的意义。
2. 流程中的工作、活动、工艺或加工环节，以及它们的先后顺序的作用和影响。
3. 分别归纳工作流程、工艺流程各自的共同点和不同点。
4. 进行流程改进的原因及意义。

### 评价与总结

对本次调查活动进行评价和总结。

## 习 题

1. 工作流程和工艺流程有哪些相同点和不同点？
2. 指纹锁的工作原理是通过读取指纹图像的特征进行身份识别。指纹锁的工作流程可以分为几个步骤：①指纹图像采集，②指纹图像处理，③控制门锁开启，④指纹图像特征的匹配，⑤指纹图像特征读取。请将其正确的顺序列出来。
3. 流程能够指引我们顺利地地完成一项从未做过的事情，请用自己的亲身经历加以说明。
4. 请查阅相关资料或实地调研，了解建造一座房子，从设计到施工完成这一过程中有哪些流程？



的另一个重要因素，这就是流程的时序。

### 实践

两人一组，共同选择一个初中或高中做过的化学实验，根据化学反应和实验要求，写出该实验的流程图，说明实验的具体操作步骤和实验环节之间先后顺序的原因，理解流程的基本组成。

1. 试分析在做这个实验时，如果改变实验环节操作或实验环节的时序，是否会影响实验结果或造成安全问题。

2. 在氢气还原氧化铜的实验中，如果我们不按照实验流程中的时序去完成每一个环节（如先加热再通入氢气或先停止通入氢气再停止加热），将会出现什么情况？

## （二）工作流程的基本组成分析

工作流程反映完成一项任务、一件事情的全过程，它也是由环节和时序组成的。其中，环节是一系列必须做的具体工作内容，时序是做这些具体工作时需要遵循的顺序。

### 立即行动

网上购物的过程是一个工作流程，在此流程中各环节的具体工作内容是什么？工作流程中环节与时序有什么作用？

## （三）工艺流程的基本组成分析

工艺流程反映了完成生产、制造某种产品的全过程。在工业生产和制造中，工艺流程带有一定的技术与工艺的特征。工艺流程的环节和时序与相关的生产技术、生产过程和工艺设备等紧密相关。

### 实践

利用废纸制作再生纸。通过体验再生纸的制作流程，了解该流程中的环节和时序，进而理解工艺流程的环节和时序。

造纸原料、工具、方法和过程如图2-11所示。



① 制造纸浆，首先要把废纸撕成碎片，放入加了一茶匙洗涤剂的水中泡一段时间，使碎纸变得柔软。



④ 找一个木框架，用纱布或其他细孔织品蒙在木框架底部并固定好。把木框架浸入纸浆中再拿起，一层纸浆便会留在网上。



② 用搅拌器搅拌，以确保碎纸充分分解，形成纸浆。如果混合物不够松或太稀，还要再加一点水或一些碎纸。



③ 用手舀4把纸浆放进一个装了水的盆中（如洗碗盆），然后搅拌均匀。



⑤ 滤去多余的水，然后翻转框架，让纸浆落在块柔软的棉布或吸墨纸上，这片像薄煎饼似的东西就是一张纸了。把另一块棉布或吸墨纸铺在你造的纸上，用擀面杖压走纸浆上的水。纸张差不多干时，小心地把棉布或吸墨纸拿走，把纸张放在温暖处晾干即可。重复以上步骤多造几张纸。

图2-11 动手造纸

纸的创造和发明推动了科技、经济的发展，促进了文化的交流和繁荣，使得人类文明得以传承和发扬。随着科学技术的进步，今天的造纸工业已达到了机械化、自动化和环保、低污染的水平。

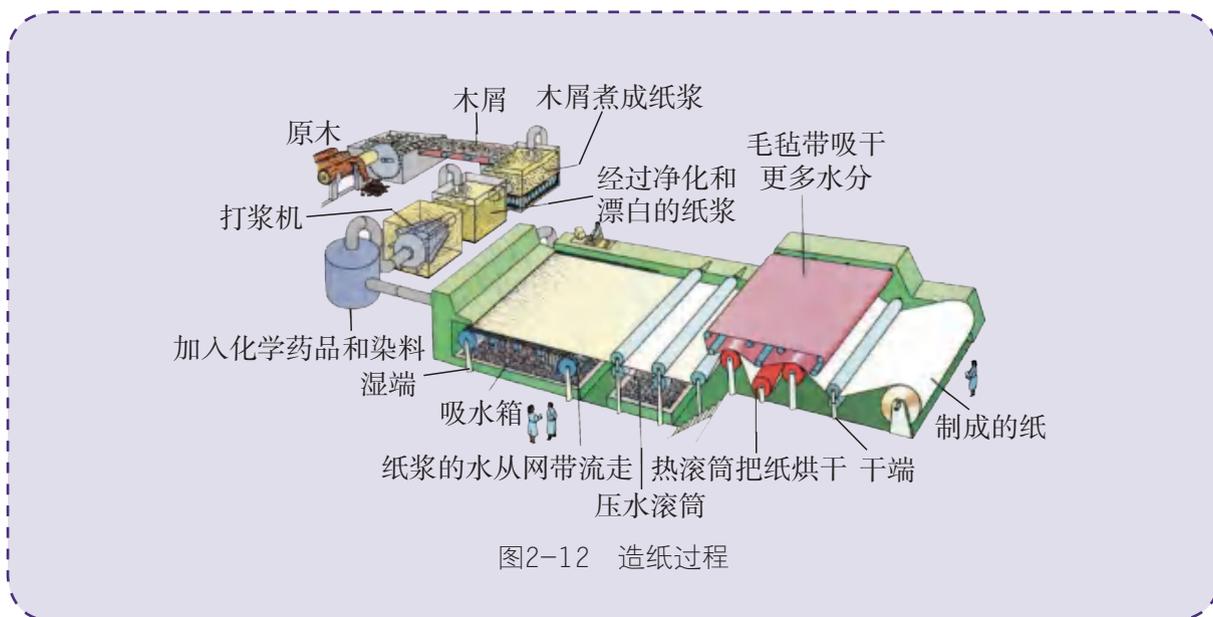
那么现代工业化大生产是如何造纸的呢？现代造纸工艺流程又是怎样的呢？

### 案例

现代造纸的原料主要来源于木材或其他植物。以木材造纸的过程为例，将原木去掉树皮，削成木屑，经蒸煮分离纤维、洗涤、漂白和打浆后变成纸浆，将纸浆放在网带上晾干水分，经压水滚筒压榨、热滚筒烘干，最后卷取成纸。其工艺流程如下：

原木→去掉树皮→切成木屑→蒸煮分离纤维→洗涤→漂白→打纸浆→在网带上晾干水分→压水滚筒压榨→热滚筒把纸烘干→卷取成纸。

造纸过程如图2-12所示。



造纸工艺流程反映了造纸的全过程，通过从原料（木材）的投入到各个工艺环节的连续处理，最后得到纸。在造纸的工艺流程中，各工艺环节是造纸过程中的关键步骤。例如，①蒸煮分离纤维环节：将木屑与腐蚀性的碱或其他化合物一起煮沸，使木屑变得柔软，并除去杂质，分离纤维；②打纸浆环节：将纸浆捶打分解成纤维，使它们容易缠结在一起等。每一个环节根据不同的处理要求选用相应的设备。造纸工艺流程中，各个环节之间的处理顺序是根据造纸的生产过程和工艺要求来确定的。

类似的工业生产流程还有石油化工、冶金炼制、纺织印染等，它们的共同特点为生产过程往往是连续不断的。

### 思考

1. 在工艺流程中，环节和时序的作用是什么？
2. 如果调换工艺流程中的部分时序会产生什么结果？

工艺流程由一系列工艺或加工环节，以及反映这些环节之间相互关系的时序组成。环节是具体的处理或加工内容和所需的技术或工艺要求，并对应着相应的设备、装置和过程。时序则是生产和制造过程的反映。

机械设备、电子产品、家具的制造一般分为两个过程，即零部件或元件制造过程以及整体的装配过程。由于生产目标、生产过程不同，其工艺流程也不相同。

### 立即行动

调查某种产品（如家用电器、农机具、电子产品、家具等）的制造工艺流程，并讨论下列问题。

1. 零件制造和整体装配的工艺流程与造纸工艺流程有何相同点与不同点?
2. 根据流程的有关知识, 分析生产流水线的特点。

用同样的原料在不同的工艺和设备下生产产品, 其工艺流程中环节的内容和数量都有可能随之改变, 所生产产品的物理和化学性能也会有所不同, 相应的应用范围也不一样。

## 知识窗 >

### 聚乙烯

聚乙烯具有热塑性, 一般无臭、无毒, 具有优良的耐低温和电绝缘性能, 常用来制造塑料制品, 如包装薄膜、电线电缆的绝缘材料和日用品等。以高纯度乙烯为原料, 在引发剂或催化剂的作用下聚合为聚乙烯, 经分离和造粒得到固体聚乙烯。聚乙烯的生产有高压聚合法和低压聚合法两种生产工艺流程, 它的密度性能指标和主要产品见表2-3。

表2-3 聚乙烯的性能指标和主要产品

聚合方法	聚合压力/ MPa	密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	主要产品
高压聚合法	130 ~ 250	0.91 ~ 0.92	塑料薄膜, 如食品包装、各种商品包装、农业育秧薄膜等
低压聚合法	<5	0.93 ~ 0.96	容器、管道、电绝缘材料、硬泡沫塑料等

图2-13所示的薄膜是用经过浸泡的再生聚乙烯碎片制成的。再生聚乙烯被融化以后, 被压进一个模具里, 从模具中通过的热气流把聚乙烯吹成筒状并把它烘干。随后聚乙烯筒被滚轮拉向上方, 被压成薄膜。图中工人正在对薄膜进行检查。

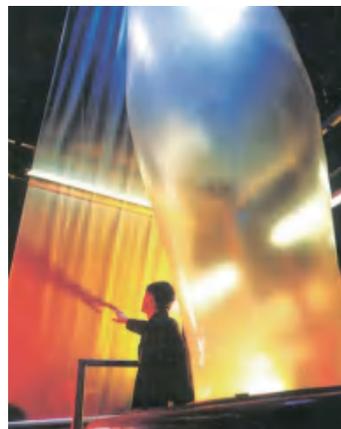


图2-13 用聚乙烯生产的产品——塑料薄膜

在工业化、自动化和智能化的大生产中, 都涉及人员的分工、设备的有效使用和生产环节的合理安排等。无论是从生产管理的角度考虑, 还是从生产过程的复杂程度考虑, 产品的生产过程往往都不能只用一个流程来表达。在流程的各环节中, 一般还可以包含其他流程。例如, 在印刷电路板的制造流程中, 其预处理环节就是一个过程, 其相应的流程为: 制作胶片和钻孔图→钻孔→金属孔化, 其中每个环节中又都包含与其相应的子流程。



## 二、流程的描述



流程既可以用文字表述，也可用流程图来表达。流程图是指用图形和简单的文字来描述流程，是对流程进行交流、测试、分析和设计的有效工具。在很多情况下，它比文字表达更清晰、简洁和明确。

方框流程图是最简便易行和应用最广泛的流程图，随着科学技术的发展，方框流程图在工程学、自然科学、管理学、经济学和人文社会学等领域都有广泛应用。

方框流程图有很多种，一般采用几何图形或符号表示各个环节以及各个环节之间的顺序关系（时序）。根据其用途和繁简程度，选用的图形、符号也不同。图2-14是常用的流程图图形与符号示例。

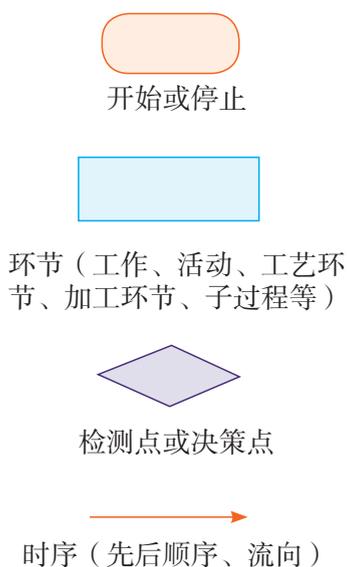


图2-14 常用的流程图图形与符号

### （一）绘制流程图

在确定了流程的环节和时序后，可利用相应的几何图形和符号将流程图绘制出来。

以下邮寄物品的流程（图2-15）和糖果加工工艺流程（图2-16）是利用最简单的方框流程图符号描述的。方框流程图中的方框代表环节（工作和工艺环节等），环节的具体内容或名称可写在方框中。带箭头的直线表示各环节之间的时序关系，必要时也可在该直线上加注文字说明。



图2-15 邮寄物品的工作流程

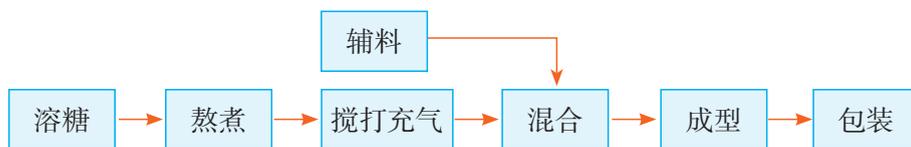


图2-16 糖果加工的工艺流程

## 实践

阅读以下资料，绘制出自来水生产方框流程图。

### 城市自来水的生产过程

由于多种因素影响，自来水厂抽取的原水里通常含有各种各样的杂质，这些杂质可分为悬浮物、胶体、溶解物三大类。城市水厂净水处理的目的就是去除原水中这些会给人类健康和工业生产带来危害的悬浮物质、胶体物质、细菌及其他有害成分，使净化后的水能满足生活饮用及工业生产的要求。一般来说，自来水厂对常规水的处理过程包括混凝工艺处理、沉淀、过滤及消毒等。

#### 1. 混凝工艺处理。

原水经取水泵房提取后，首先经过混凝工艺处理，即投入水处理药剂，使原水中的悬浮物、胶体等杂质混凝抱团形成大颗粒，然后通过管道流入沉淀池，进入净水第二阶段。

#### 2. 沉淀。

水流入沉淀区后，沿水区整个截面进行分配，然后缓慢地流向出口区。水中的颗粒依靠重力作用沉于池底，污泥不断堆积并浓缩，定期排出池外。

#### 3. 过滤。

过滤一般是指以石英砂等有空隙的粒状滤料层通过黏附作用截留水中悬浮颗粒，从而进一步除去水中细小悬浮杂质、有机物等。水经过滤后，浊度进一步降低，同时亦使残留细菌、病毒等失去浑浊物保护或依附，为滤后消毒创造良好条件。

#### 4. 消毒。

消毒并非把微生物全部消灭，只要求消灭致病微生物。虽然水经混凝工艺处理、沉淀和过滤，可以除去大多数细菌和病毒，但消毒则起到保证水质达到饮用水细菌学指标的作用，同时使城市自来水管网末梢保持一定余氯量，以控制细菌繁殖且预防污染。消毒的加氯量（液氯）为 $1.0\sim 2.5\text{g}/\text{m}^3$ 。主要是通过氯与水反应生成的次氯酸在细菌内部起氧化作用，破坏细菌的酶系统而使细菌死亡。消毒后的水由清水池经送水泵房提升达到一定的水压，再通过输、配水管网送给千家万户。

## （二）识读流程图

流程图的识读是指根据流程图的几何图形或符号，来理解完成某件事情或制造某种产品所需的环节和时序关系的全过程。通过流程图还可以进一步分析和发现问题，为流程的优化



改进做准备。图2-17为某工厂原材料进厂验收的工作流程图，你能识读各环节的内容及它们之间的关系吗？

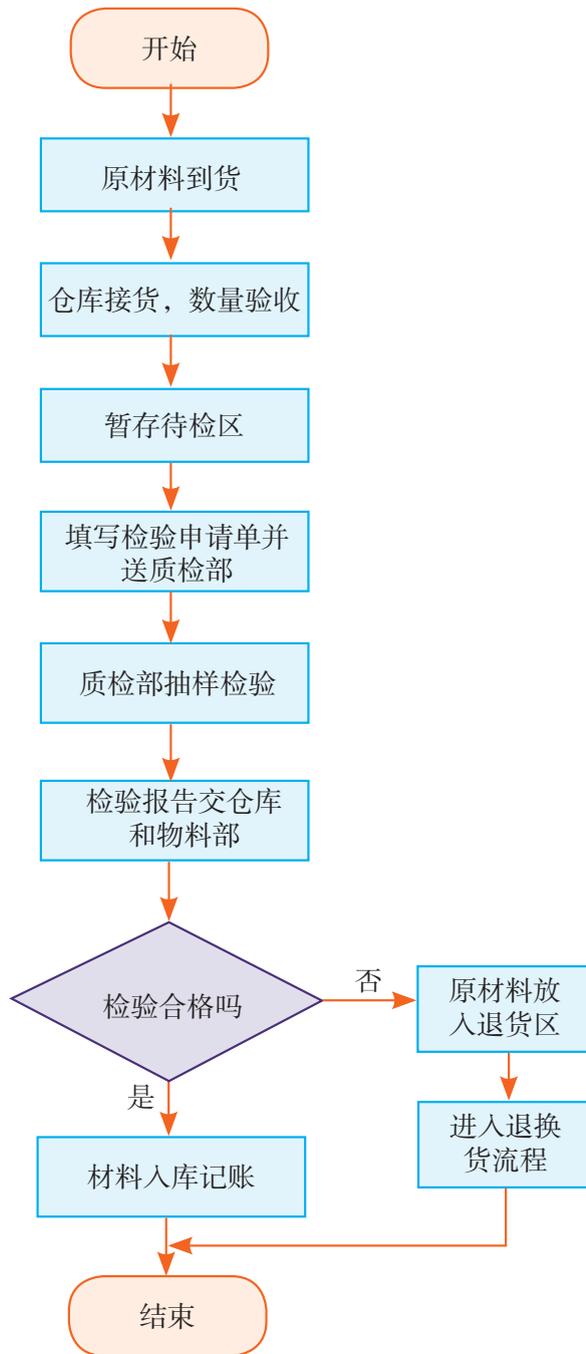


图2-17 某工厂原材料进厂验收流程图

在图2-17中，用圆角矩形表示流程的开始和结束；用方框图形表示环节，它具有一个流入指向和一个流出指向；用菱形表示检测分支点，它具有一个流入指向和两个流出指向。

图2-17的流程为：当原材料到货进厂时，仓库管理员首先清点货物数量，然后接货并存放在待检区；接着仓库管理员填写材料检验申请单并送质检部。质检部在接单后派出人员对材料进行抽检，并将检验报告送物料部和仓库，若检验合格则做材料入库和记账工

作，流程结束。若检验不合格则材料放入退货区，启动退换货流程，本流程结束。

流程图根据行业和用途的不同有多种描述方式。如图2-18为琼脂生产工艺流程，图2-19为机械加工中的装配流程，图2-20为商场购物的流程。

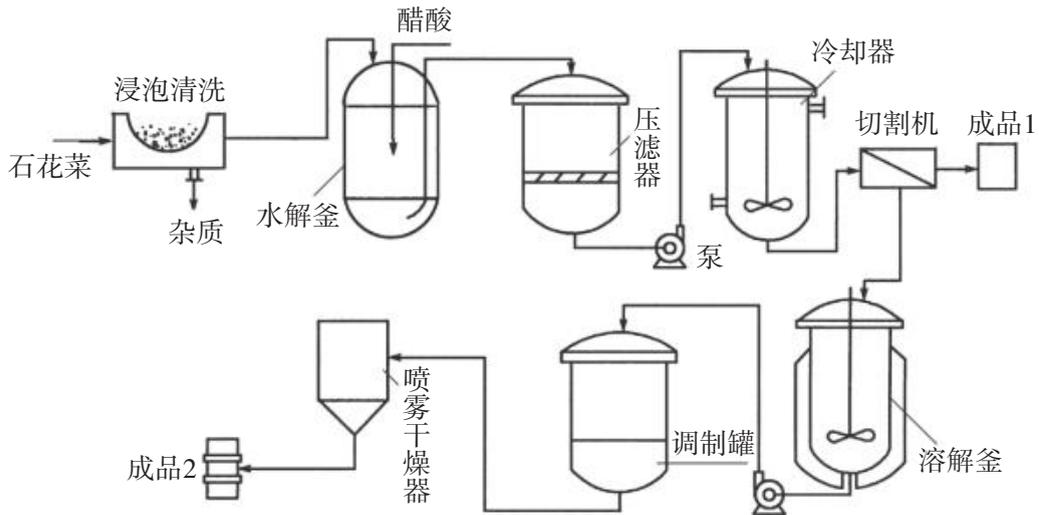


图2-18 琼脂生产工艺流程

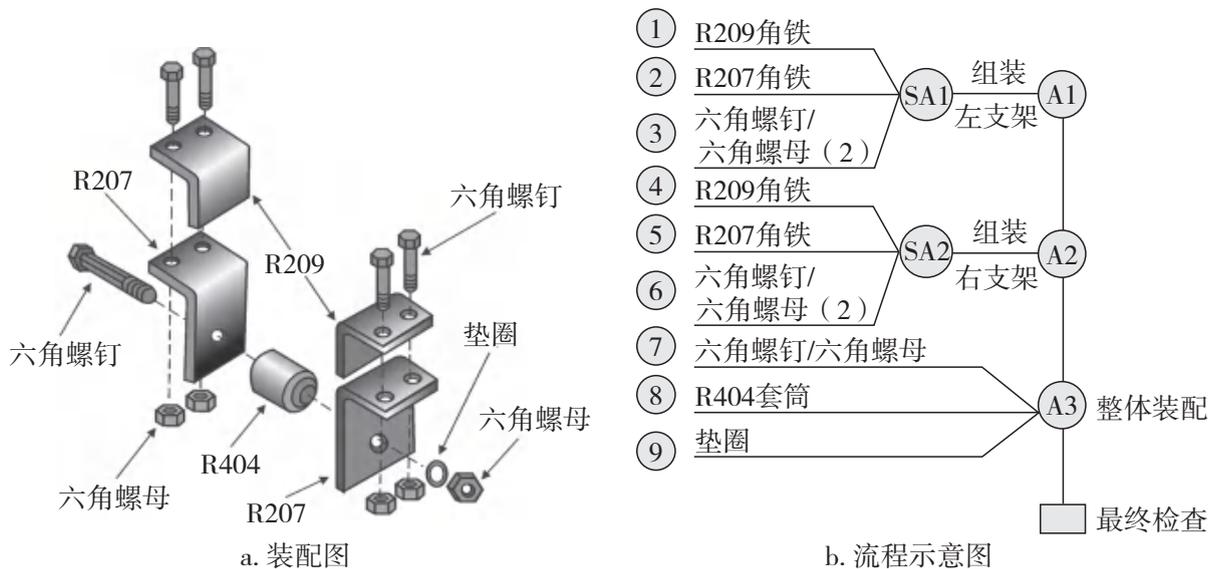


图2-19 机械加工中的装配流程

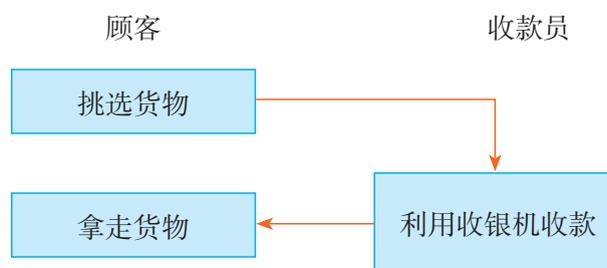


图2-20 商场购物的流程

## 实践

每3~5位同学为一组，选择下列内容之一（或自选其他熟悉的内容），进行调查或参观。运用本节所学知识讨论和分析，确定流程的环节和时序，画出方框流程图。最后，每个小组写出一份报告并在班上进行交流和评价。

1. 制陶的工艺流程。
2. 某种农作物育种的工作流程。
3. 服装加工的工艺流程。

## 习 题

1. 以下流程中环节的时序不可颠倒的是\_\_\_\_\_，并说明原因。
  - A. 早晨起床后：洗脸 → 刷牙 → 吃早餐
  - B. 在社区体检流程：抽血 → B超 → 内科 → 心电图 → 五官科
  - C. 注射青霉素流程：皮肤消毒 → 做皮试（过敏试验） → 观察20分钟 → 注射青霉素
  - D. 用煤气灶做饭流程：开抽油烟机 → 开火 → 做饭 → 关火 → 关抽油烟机
2. 我们每周都按照本班的课程表来进行课程学习，课程表属于流程的什么表达方式？除此之外，流程还有哪些表达方式？
3. 在流程中，时序体现了环节之间的哪一种关系？为什么？
4. 流程的描述只可以用方框流程图表达吗？请举例说明。
5. 请上网查找你感兴趣的中国传统工艺的资料，分析时序变化或缺少某一环节对产品的影响。

## 第三节 流程的设计

信用卡主要是指银行发行的贷记卡，即不需要先存款，可以透支消费，是目前国际上比较受欢迎的支付工具。从本质来讲，它是银行提供的一种小额、循环、免担保的消费信贷产品，具有消费支付、信用贷款、转账结算、存取现金等功能。为方便客户办理信用卡，某银行在多个地方设定了网点，同时又从客户申办手续、流程效率、客户满意度等角度考虑，将受理信用卡申请的流程设计为：①接收客户填写的申请表；②检查申请表填写是否符合要求；③核对客户身份证件；④登记客户信息；⑤整理客户申请表及附属资料；⑥上报申请客户电子资料；⑦申请表及资料交接登记等。

同样，在我们的生活和工作中，要达到一定的目标和实现某种功能，其流程的环节和时序必须设计合理。不同的流程设计，得到的结果在效率和成本方面可能是大不相同的。

### 导学思考

流程设计应考虑哪些基本因素？流程设计的基本思想和方法是什么？流程设计有哪些步骤？

## 一、流程设计的基本因素和步骤

人们生产和生活中的流程都不是自然存在的，而是人们结合实际条件（环境、设备、资源等）及继承和总结前人的经验设计出来的。随着社会的进步和科学技术的发展，人们需要去设计更多科学合理的流程来指导生产、生活活动，从而提高生产效率和生活质量。

### （一）流程设计的基本因素

设计一个流程首先应明确该流程的设计目标，并考虑事物的性质、内在规律和其他相关因素。

对于工作流程，应该根据工作目标的不同，综合考虑工作效率、工作质量和工作规范等问题。

## 案例

全自动洗衣机（图2-21）一般都设有几个洗衣程序（流程）供用户选择。在设计全自动洗衣机的工作流程时，为了提高工作效率、节省用水和时间，对于一般的衣物，可以减少浸泡时间和漂洗的次数，对于较脏和难洗的衣物可适当增加洗涤时间和漂洗次数。

例如，某全自动洗衣机的工作流程分为标准洗涤和经济洗涤两个流程，其标准洗涤流程如图2-22所示。



图2-21 全自动洗衣机

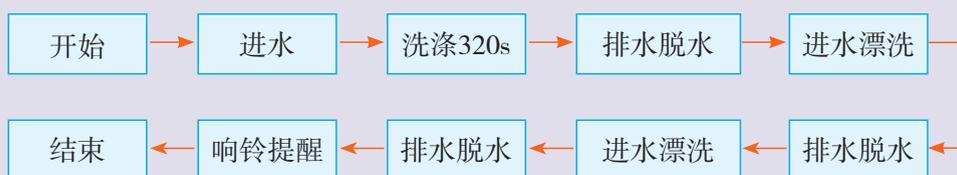


图2-22 标准洗涤流程

流程中的洗涤320s环节其实是一个子流程，如图2-23所示。



图2-23 洗涤子流程

反复运行5次就形成洗涤320s的环节。

对于经济洗涤流程则减少洗涤时间和一次进水漂洗及排水脱水环节，从而节约用水和洗涤时间。其流程如图2-24所示。

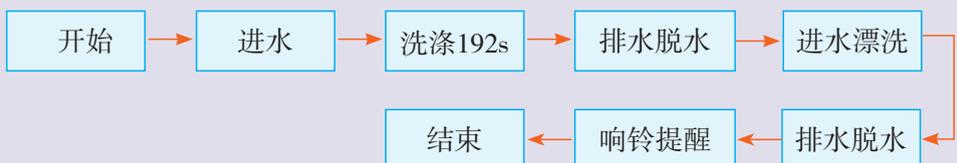


图2-24 经济洗涤流程

## 立即行动

假设你们班要组织一次春游活动，时间为一天，从成本角度考虑决定利用当地现有的交通条件开展活动。请以小组为单位，结合本次活动需要考虑的主要因素，试着设计该活动的流程。具体为：

1. 设计活动的流程，包括前期准备、组织安排、时间安排、人员分工等。
2. 确定到达春游地点后具体的游玩内容、游玩顺序和时间安排。
3. 调查当地现有的交通条件，保证全班同学都能在规定时间内到达。
4. 每组提供设计活动方案的流程图。

对于工艺流程，应综合考虑设备条件和工艺水平，并以安全生产、节约资源、提高产品质量、保护环境等为目标进行设计。

## （二）流程设计的步骤

通过前面的学习，我们知道设计一个合理的流程往往需要考虑多种因素。下面我们通过案例，分析和了解流程设计的基本方法和步骤。

### 案例

#### 稻谷加工成大米的工艺流程设计

##### 背景知识

稻谷由米、糙皮层和稻壳组成。加工前的稻谷由于需要经过收获、晾晒、运输和仓储等过程，所以稻谷中含有各种杂质。



图2-25 糙米和米

##### 基本因素分析

要将稻谷加工成大米，必须对稻谷进行清除杂质、脱去稻壳和除去糙皮层等处理。从加工过程来考虑，首先要清除杂质，以保证稻谷的纯净度以便于后续的加工处理，然后脱去稻谷的最外层（稻壳），最后去除糙米表面的部分或全部皮层。

##### 设计方案

1. 环节确定。清除杂质、脱去稻壳和糙皮层是加工过程中不可缺少的环节，另外从工艺要求和设备等考虑，稻谷加工的流程由清理、砻谷、碾米3个环

节组成。

(1) 清理。清除稻谷中各种杂质，以达到砻谷前净谷质量的要求。

(2) 砻谷。脱去稻谷的稻壳，获得纯净的糙米，并尽量使分离出的稻壳中不含完整米粒。

(3) 碾米。碾去糙米表面的部分或全部皮层，制成符合标准的成品米。

2. 时序确定。由基本因素分析中可知，稻谷加工工艺流程3个环节之间的先后顺序是清理、砻谷、碾米。

3. 画出流程图。稻谷加工工艺流程如图2-26所示。



图2-26 稻谷加工工艺流程

### 说明

稻谷加工工艺流程图是根据稻谷加工的特点和行业要求，为了保证成品米质量，提高产品纯度，减少粮食在加工过程中的损失，提高出米率而确定的方案。在此流程基础上，可根据实际的稻谷加工数量 and 经济效益指标，选择合适的设备和加工工艺组成生产作业线。

从稻谷加工工艺流程中可以知道，流程设计需要明确任务和了解其背景，分析其内在性质、规律和相互关系，确定流程的环节和时序，画出流程图，并进行必要的说明。另外，还要考虑客观条件、经济效益、顾客的要求、安全和环保等因素。

设计一个流程一般按下面几个步骤进行：①了解设计的目的，明确设计目标。②分析流程的各种因素，确定流程的各个环节。③根据各环节之间的关系，确定时序，初步画出流程图。④模拟或测试流程的运行情况并进行改进。⑤写出说明书。

## 二、流程的设计与实践

### 实践

#### 设计1 用植物色素染布的工艺流程

##### 目标及要求

1. 通过参加流程设计的全过程，加深对已学内容的理解，初步掌握设计简单流程的方法。

2. 在收集资料、分析和讨论的基础上，确定流程的环节和时序，画出流程图，并用文字或图表说明流程设计方案的特点。

### 背景材料

植物的叶、花、果、根中含有丰富的色素，它们可作为制作染料的原料，如人们就常用菠菜汁做成绿色的染料给食物上色，以增加食物的美观度。请同学们试着提取植物中的色素并做成染料，利用做成的染料给一块布染色。

### 设计过程

1. 收集相关资料，了解从植物中提取色素的方法、染色的知识等。
2. 初步方案设计。通过讨论和分析，确定染布流程的环节和时序，画出流程图，并准备所需材料。

所需材料参考：蜜橘皮、洋葱皮、茶叶、棉布、毛线、容器（烧杯、洗脸盆等）、金属网（或纱网）、三脚架、搅拌棒、竹筷等。

3. 测试并确定设计方案。根据设计的流程进行染布，并根据在染布过程中发现的问题，对流程进行修改完善，最后确定设计方案，画出新的流程图。

4. 写出流程设计报告。用文字写出或用图表表示设计过程，包括初步设计方案和流程图、选用的材料、染布过程中出现的问题、最后的方案和流程图，并说明设计方案的特点。

### 评价与小结

1. 以班级为单位，分别对各小组的设计方案进行评价。

表2-4 设计方案评价参考

编号	评价指标	小组自评	小组互评	教师评价
1	环节和时序的合理性			
2	染色的均匀性			
3	安全性			
4	经济性			
5	设计特色（创意）			
6	流程图绘制的准确性			
7	设计报告编写水平			
8	其他			

说明：①师生共同讨论列出评价指标，并对评价指标进行细化、完善。②为不同的指标分别确定权重。



2. 比较各小组的设计方案，分别列出各个方案的优点和不足，并提出改进建议（表2-5）。

表2-5 各组设计方案的比较

序号	优点	不足	改进建议
方案1			
方案2			
方案3			
.....			

## 习 题

1. 茶文化是中华民族的一种传统文化，很多人都会喝茶、品茶，但是想要沏好一壶茶可不是一件易事。我国各地、各民族都有不同的沏茶方法和习惯。根据你所在地的情况，选取一种沏茶方法，自主设计沏茶流程，并品尝茶叶在不同水温、不同浸泡时间下，所沏出的茶的味道。最后画出你认为较好的沏茶流程图。

2. 请查阅相关资料，了解某个你感兴趣的物品的设计或制造过程，并写出相应的流程。

3. 假如你的好朋友要来你所在的城市游玩，请你设计一个一日游的流程，带你的朋友进行游览。说说你为什么要这样安排及考虑的因素有哪些。

## 第四节 流程的优化

某汽车保养公司对汽车的某一简易保养流程为：拧松轮胎紧固螺丝→顶起车辆→卸下轮胎→检查并清理刹车片→润滑工作→更换机油→轮胎检查→调换轮胎并拧上螺丝→放下车辆→拧紧轮胎紧固螺丝→清洁打蜡。这种做法所用的时间较长，效率较低，对于一些有急事的客户而言很不方便，不断遭到客户的埋怨和投诉，导致大量客户流失。于是该公司下定决心对该流程进行优化，经过对旧流程存在的问题深入分析，并向同行业保养公司学习，提出了用时短、效率高、服务好的解决方案，对旧流程中的时序进行优化。新的流程如图2-27：

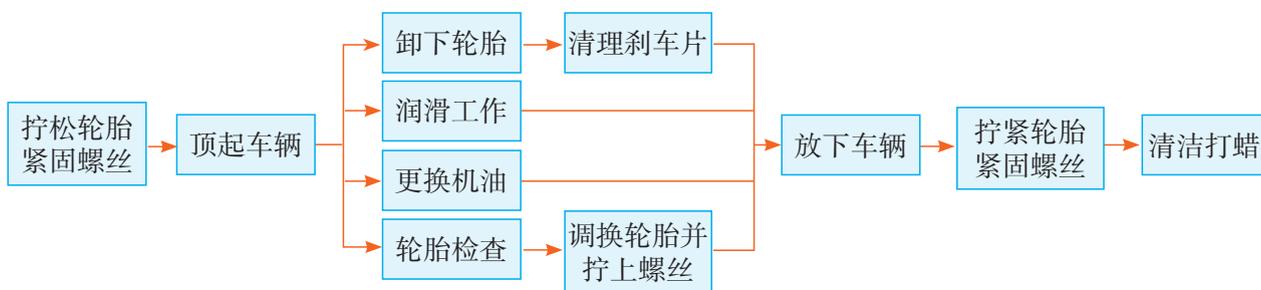


图2-27 优化后的汽车保养流程

优化后的汽车保养流程比旧流程用时少，大大减少了客户的等待时间，有效提升了该公司的经营效益。

### 导学思考

流程优化过程中的基本因素是什么？流程优化的方法有哪些？流程优化的步骤是怎样的？

### 一、流程优化的目的

世界万物都在不断地变化，人类的发展也是由低级向高级不断进步的过程。随着人们对客观事物认识的加深和科学技术的进步，生活、生产中的许多流程需要根据人们的需求不断革新，这种针对目标要求对现有流程进行梳理、改进和完善的过程，就是流程的优化。

今天人们对产品和服务的要求越来越高，个性化、便捷性和优质体验等成为流程优化的目的，也是提供产品和服务的企业提高经济效益与竞争力的目标之一。

## 案例

## 某商场销售流程的改进

以前某商场采用传统的销售模式，将商品摆放在玻璃柜台（或橱窗）里，顾客要购买某商品必须找售货员拿出来，挑选满意后要拿着售货员开出的交款单到收款处交款后，再回到柜台找售货员提货，其购物流程如图2-29所示。



图2-28 某商场的传统销售模式

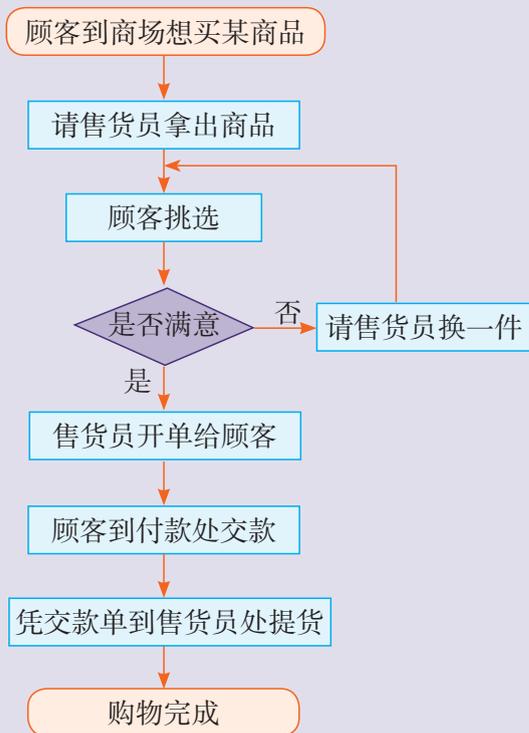


图2-29 某商场的传统销售模式流程

现在某商场采取超市的销售模式，将商品全部摆放在开放的货架上，顾客自行到货架前挑选商品，选中后放入商场提供的购物篮（或小推车），最后到出口处验货交款，其流程如图2-31所示。

人们都喜欢到该商场购物，商场的销售额也因此大增，经济效益也随之提高。



图2-30 某商场的新的销售模式



图2-31 某商场的新的销售模式流程

某商场销售模式改变的同时，也是对购物流程的优化，新的购物流程对原流程中的一些环节进行了合并和简化，提高了顾客购物的便捷性，体现了商场以人为本、方便顾客的服务思想。

### 立即行动

1. 某商场新的购物流程相对于原购物流程简化了哪些环节？为什么？
2. 对于某商场来说，新购物流程有缺点吗？如何改进？

随着社会的发展，为满足人们对物质和精神的需求，提高生产效率、产品质量和经济效益，已成为流程优化的目的之一。

### 案例

随着信息技术的发展，数字化技术已经运用到印刷行业，一种印刷前的数字化工作流程（优化前）如图2-32所示。该流程中先是用彩色桌面出版系统将图形、图像、文字处理拼合成整页版面和利用激光照排机将电子版面输出；服务器存储和传送；数字打样将生成的数字彩色页面直接转换成数字彩色样版；脱机直接制版生成数字化印刷版；上印刷机打样得到印刷前的纸质效果样版；确认后印刷。优化后印刷前的数字化工作流程如图2-33所示。

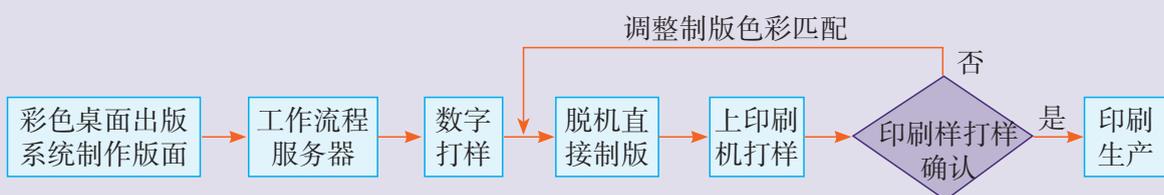


图2-32 优化前印刷前的数字化工作流程

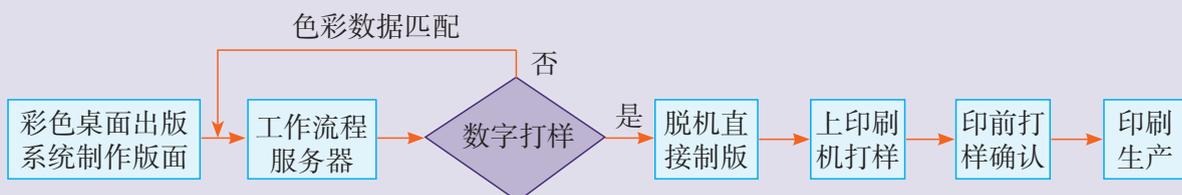


图2-33 优化后印刷前的数字化工作流程

比较这两个流程图可以发现，其区别是优化后的流程将颜色样版与印刷颜色的确认工作放在数字打样环节完成。流程优化的好处如下：

(1) 能够快速和直观地判断产品质量。在优化前的流程中,当样版效果和客户要求有偏差时,调整过程往往需要90min以上,而在数字打样环节发现问题,只需15min左右就能解决。

(2) 能够提高经济效益。脱机直接制版环节之后调整,重新输出纸质效果样版再印刷等,脱机直接制版版张、纸张、人工费用和设备折旧等成本需要300元以上;而在数字打样环节调整,只需要单人单电脑工作15min,成本也就30元左右。

科学技术的进步为人们实现流程的优化提供了可能,同时也为工作效率的提高提供了可行的手段。

### 案例

随着生物识别技术的发展,很多人的家门上都装上了指纹识别器或虹膜识别器,回家开门时只需要把手指放在指纹识别器上或将眼睛对准虹膜识别器,识别系统识别通过后门就可以打开,这样人们回家开门的流程就可简化为如图2-34所示。

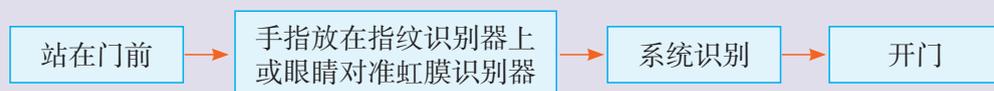


图2-34 用指纹识别器或虹膜识别器开门的流程

### 立即行动

1. 现在许多旅游区的入口,采用指纹识别系统代替人工验票,其好处是什么?
2. 你的手机有指纹识别或脸部识别功能吗?如果有,它是否提高了你的操作效率?

## 二、流程优化的步骤和方法

流程优化一般有以下几个步骤:

(1) 分析流程的现状。首先需要了解流程各个环节的意义、作用以及前后顺序的关系,然后分析与流程有关的各种因素,如环境、设备、资源、工艺条件等。

(2) 确定优化的目标和要求。在充分了解和分析流程的现状以及各种与流程有关的因素之后,根据实际需要进行综合考虑,权衡利弊,确定优化的目标和要求。

(3) 确定优化的方案。根据流程优化的目标和要求,结合流程现状分析,确定流

程优化的方案。

(4) 流程改进的实施。根据流程优化的方案,确定流程改进方案。流程改进实施的方法一般有以下3种:①对流程的环节进行合并、删减、重排和简化等。②对流程的时序进行调整。③对流程的环节和时序都进行调整。

### 案例

#### 做饭流程的优化

张肖君的爸爸妈妈都在工厂上班,中午放学后她要自己做饭吃。家里有一个单炉头煤气灶。每天做饭的环节有:淘米需要3min,洗菜、切菜需要10min,烧饭需要20min,炒菜需要15min。

按照这些环节顺序,张肖君做饭的时间需要48min。其流程如图2-35所示。



图2-35 做饭的流程(1)

学习了流程与设计后,张肖君动起脑筋,对自己做饭的流程进行了改进。

◆**分析流程的现状:**她对做饭的流程进行了分析,发现流程的4个环节中,烧饭环节的20min,人是不需要全程参与的,这段时间可以用来洗菜、切菜。

◆**确定优化目标和要求:**目标是提高做饭的效率,要求是在保证做饭质量的前提下尽可能缩短时间。

◆**确定优化方案:**根据优化目标和要求及对原流程进行分析,她把洗菜、切菜与烧饭合并为一个环节,在20min内完成,这样做饭的时间就变为38min。优化后改进的流程如图2-36所示,比原流程节约了10min。

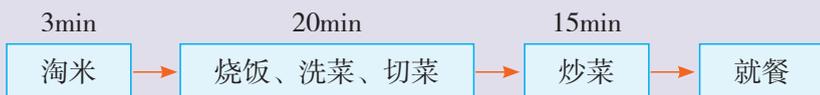


图2-36 做饭的流程(2)

随着张肖君家里新买了两个炉头的煤气灶。她又思考,设备条件变化了,流程是否还能改进呢?用两个炉头的煤气灶,在烧饭的同时可以用另一个炉炒菜,所以他将流程的时序进行优化调整,改进的流程如图2-37所示,其做饭时间又节省了10min,只需要28min就能完成。

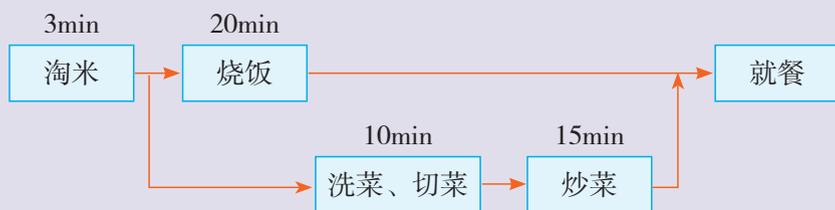


图2-37 做饭的流程（3）

后来家里新买了电饭锅，张肖君发现电饭锅烧饭只需15min，饭烧好了而菜还没炒好，流程还能改进吗？张肖君发现小区超市为了方便居民推出了洗好、切好的肉菜半成品，购买该类食品可免去洗菜、切菜环节，做饭的流程又节省了10min（图2-38）。

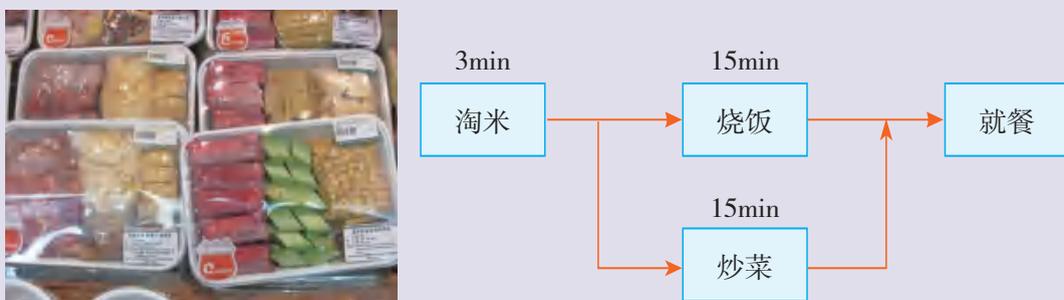


图2-38 做饭的流程（4）

以上案例中，张肖君勤动脑筋，将所学知识应用到实际生活中，把做饭的时间从48min缩短到18min。在上述的几次流程优化中，第一次优化是在外部条件没有改变的情况下，对流程的环节和时序进行分析，找出不合理的地方从而进行调整优化。第二次优化是因为设备条件变化了，对流程进行进一步改进。第三次优化是由于社会服务的提升，材料发生了变化而进行的改进，这次的改进虽然使做菜时间节约了10min，但购买肉菜半成品的费用相对于购买未加工的肉菜稍高，所以采用流程（3）还是采用流程（4），将要视具体情况权衡取舍。

流程的优化建立在对流程各个内在因素充分研究和理解的基础之上。随着科学技术的进步，新的设备、新的生产工艺或新的管理、生产模式的出现为流程的优化提供了更多选择。

## 实践

### 优化某学校新生报到的流程

#### 背景材料

某学校新生报到流程如图2-39所示。按照该流程，由于新生人数太多，要多次排队缴费；工作人员也因兼顾收费而难以提高工作效率，导致该校每年的新生报到工作都需要3天才能完成，学生与家长也因多次排队而颇有微词。学校决定对该流程进行优化改进。

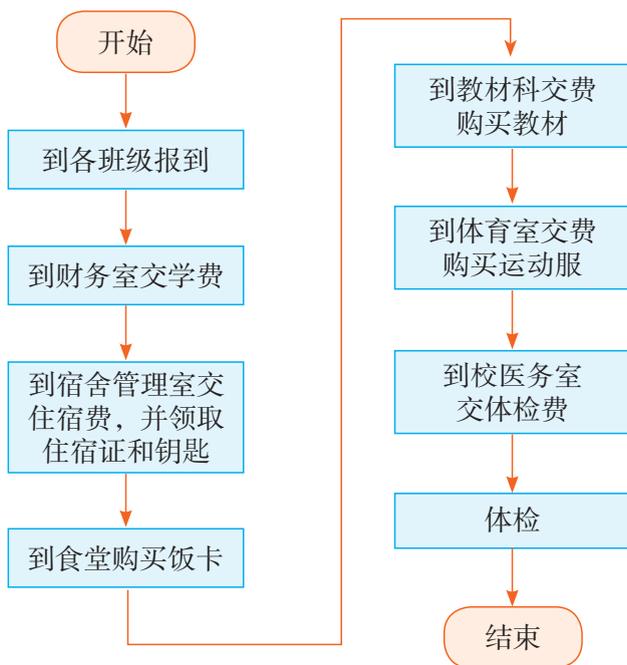


图2-39 某校新生报到流程

#### 优化设计目标及要求

请你根据上述背景材料，分析、理解该流程，并对该流程进行优化设计。要求要完成如图2-39中的任务，但要提高工作效率，减少学生排队的次数，降低工作人员的工作强度。

#### 提示

1. 学生所交的各种费用可由财务处统一收齐后交由学校划分，也可用银行转账的方式交费。
2. 学生的教材、饭卡等物品可否由各报到点统一发放？
3. 应考虑减少学生排队时间，合理设置学生报到点。
4. 在学生报到前和报到后，校方应该做好一些准备工作。



### 设计过程

1. 对背景材料及该校新生报到的流程进行分析，确定优化的目标和内容。
2. 围绕优化的目标，进行调查研究和讨论，确定新流程的各个环节。
3. 绘制新的流程图。
4. 写出分析报告。

### 评价与小结

1. 以班级为单位，对各位同学（或小组）的设计方案进行评价。

表2-6 设计方案评价参考

编号	评价指标	学生自评	学生互评	教师评价
1	目标明确			
2	分析透彻，能抓住关键点			
3	新流程的环节和时序合理			
4	可操作性强			
5	改进效果明显			
6	设计特色（创意）			
7	分析报告写作水平			
8	其他			

2. 找出你最感兴趣的4个方案进行比较和分析，分别写出它们的优点和不足，并提出改进建议（表2-7）。

表2-7 设计方案的比较评价

序号	优点（创新）	不足	进一步改进的建议
方案1			
方案2			
方案3			
方案4			

## 习 题

1. 有人说：“流程的优化就是要使流程的环节简化。”这样的说法对吗？请加以分析。
2. 下列可能属于流程优化目的的是 ( )  
①提高工作效率    ②提高产品质量    ③保护环境    ④节约成本  
A. ①②            B. ①②③            C. ①②④            D. ①②③④
3. 根据你的生活经验，试列举一些你认为有可能优化的流程，并说明优化的目的及方案。

## 综合学习活动

1. 设计晚餐采购流程。

### 晚餐采购流程设计

#### ◆ 流程设计的目标

- ①以小组为单位采购晚餐食材，采购过程需要小组成员集体行动，不得分头行动。
- ②晚餐食材的种类要丰富，采购食材的量要能满足所有用餐人员。
- ③采购路程和时间要简短以及避免优先采购沉重物品，采购过程要注意购买次序，防止原料解冻、变质等情况发生。
- ④在满足以上要求的前提下，采购所花费的时间与采购物品的种类数的比例越小越好。

(1) 制订采购方案。

#### ◆ 收集和分析信息

在采购商品前需确定晚餐的菜品，预先了解食材、配料和调料的类别、数量、价格、品质等因素，通过了解和分析采购物品可以帮助我们制订购买流程，以减少后续的购买时间。

#### ◆ 绘制采购流程图

将构想的采购过程绘制成方框流程图，流程图要求从进入市场或商场入口作为开始，以采购完全部商品离开市场或商场为结束。环节方框内填写采购哪些商品以及到达的采购摊档或区域。

#### ◆ 补充与优化构想流程

将构想方框流程图的环节进行详细操作补充，如挑选食材、称重、结账等活动各自需要的时间，检查环节是否齐全。并将整个方框流程图进行优化处理，缩短各种活动所需时间，增加采购商品效率，制订晚餐采购流程。

(2) 实施流程。

根据同学们设计的晚餐采购流程实施晚餐采购活动。实施过程需要两名同学进行记录，一名同学记录每个环节、环节与环节之间的实际时间；另一名同学记录采购过程。

(3) 优化实施流程。

因为构想流程图为理想状况，往往在实施时会出现意料之外的情况，于是我们需要通过比较两个流程的不同之处，分析实施过程，结合在实施流程过程中发现的问题将晚餐采购流程进一步优化、改进，并绘制出优化后的实施方框流程图。

(4) 评价。

分别对构想流程、优化后实施流程进行评价，采用组内评价和各组互评等方式，评价表可参考下方表格。可按优、良、中、待改进4个等级来评分，分别用4分、3分、2分、1分来表示（表格中的栏目可自行增减）。

评价指标	构想流程	优化后实施流程
目标明确		
分析透彻，能抓住关键点		
流程的环节和时序合理		
可操作性		
流程的效率		
其他		

收集各组的评价表进行统计，得出各项分数进行排名。

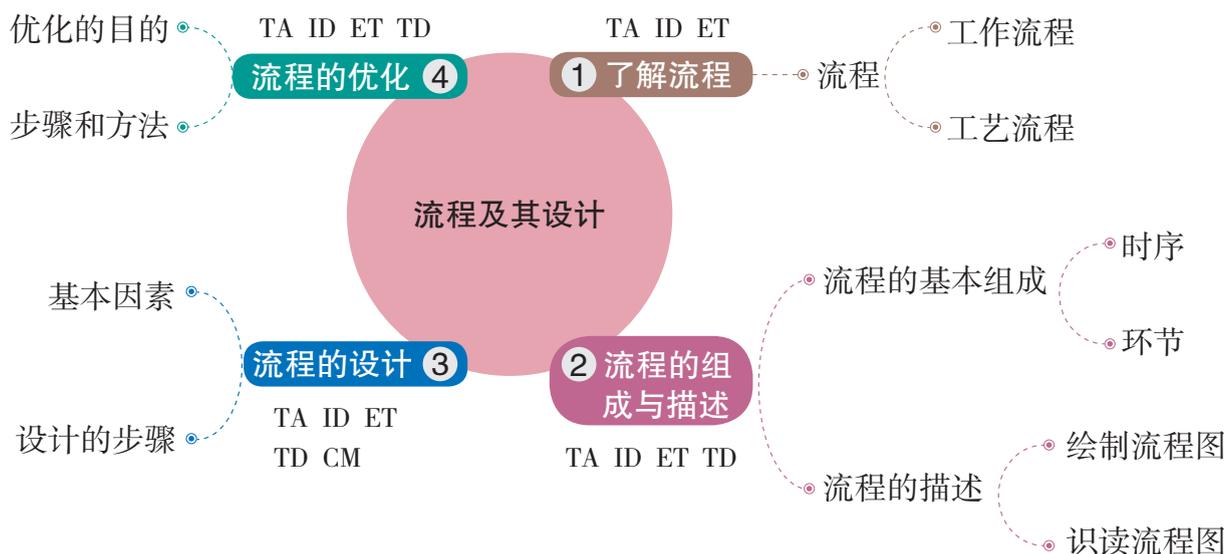
(5) 选出你最感兴趣的其他组的晚餐采购流程，分析其优点与不足，尝试改进流程并画出方框流程图。

2. 选取下列1~3个项目进行流程设计，用流程图表达，并写出设计报告。

- (1) 设计组织一次学校运动项目比赛的流程。
- (2) 设计制作石膏塑像的工艺流程。
- (3) 设计制作台灯的工艺流程。
- (4) 设计某种植物的种植流程。

# 本章回顾与评价

## 一、学习内容梳理



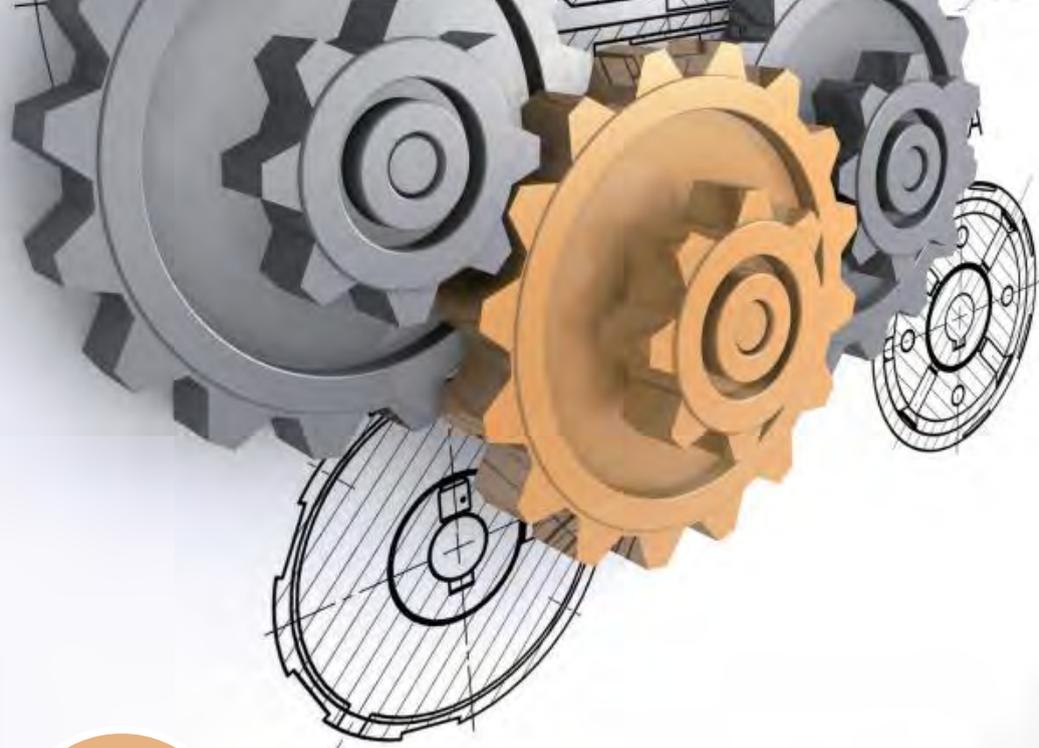
说明：TA—技术意识，ID—创新设计，ET—工程思维，TD—图样表达，CM—物化能力

## 二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
理解流程及工作流程、工艺流程的含义			
了解流程的基本组成，理解环节、时序的含义，能够识读和绘制简单的流程图			
分析流程设计的基本因素，体会流程设计的基本思想和方法，结合技术需求进行流程设计			
分析流程优化过程中的基本因素，了解流程优化的步骤和方法，结合技术需求进行流程优化的设计			
说明：A—优秀，B—良好，C—合格，D—待改进			

通过本章的学习，你的核心素养得到了哪些发展？

---



# 第三章 系统及其设计

在我们的周围，无处不存在着系统。系统有大有小，有复杂有简单。任何系统都有一定的结构、特性和功能。了解系统的基本特性，有助于我们运用系统思维方法和系统分析的基本原则，分析影响系统运行和优化的相关因素，指导简单的系统设计，从而增强自身的系统思考和工程思维的能力。

## 学习目标

- 从技术应用的角度理解系统的含义和基本构成。
- 通过对简单技术系统的分析，理解系统的主要特性。
- 通过系统案例分析，学习运用系统的思想方法。
- 结合实例进行系统分析，学会系统分析的基本方法。
- 理解系统优化的意义，通过技术探究，分析影响系统优化的因素。
- 初步学会简单系统设计的基本方法。
- 增强系统思考和工程思维的能力。

## 第一节 认识系统

坐落在岷江中游的都江堰工程是世界文化遗产，它是世界上历史最悠久的无坝引水工程，至今仍发挥着防洪灌溉作用（图3-1）。公元前250年，秦国蜀郡太守李冰及其儿子在前人治水的基础上，率领民众完成都江堰水利基本工程。工程巧妙地利用当地地形、地势和表面地质条件，就地取材，顺势引导水流，科学地解决了排沙、泄洪等问题，从而消除了岷江水患，使成都平原成为水旱从人的“天府之国”。



图3-1 都江堰

都江堰水利工程由三大主体工程 and 120个附属渠堰组成。三大主体工程是：



图3-2 都江堰水利工程方框图

**鱼嘴分水堤工程。**在岷江江心，以竹笼装卵石堆砌成鱼嘴状，下接金刚堤，由此使岷江分汊为内江和外江。内江主要用以灌溉农田，外江主要作用是排泄洪水。百丈堤筑在鱼嘴上游，迫使江水顺流，以利于鱼嘴分水和分沙。

**飞沙堰溢洪排沙工程。**在金刚堤与离堆之间修建飞沙堰、平水槽等溢洪堤堰。汛期让内江过量的江水漫过堤堰进入外江，以确保内江灌溉区的安全；枯水期拦水入内江，以保证灌溉用水。飞沙堰前修有弯道，江水形成环流，洪水超过堰顶时水中夹带的泥石便排入外江。



图3-3 都江堰水利工程示意图



### 主要制作步骤

1. 用纸板制作物镜筒和目镜筒。
2. 在物镜筒和目镜筒上分别装上物镜片和目镜片。
3. 把目镜筒插入物镜筒，调节它们之间合适的距离。

### 分析

1. 望远镜有什么功能？它由哪些部分组成？
2. 用物镜观察远处一个物体，会看到怎样的图像？
3. 用目镜观察同一物体，会看到怎样的图像？
4. 用望远镜观察同一物体，会看到怎样的图像？
5. 试运用学习过的光学知识，说明为什么会出现上述的现象？

如果说都江堰是一个庞大、复杂的系统，那么上面制作的望远镜就是相对简单的小系统。

系统无论大或小，简单或复杂，都具备3个基本特征：①至少由两个或两个以上的部分（要素）组成；②部分（要素）之间相互联系、相互作用，按照一定的结构形式组成一个整体；③整体具有局部所没有的特定功能。

系统是指由两个或者两个以上相互联系、相互作用的部分（要素）所组成的，具有一定结构和功能的有机整体。

在日常生活、生产实践和社会活动中，我们经常都会接触和应用到系统，如图3-6至图3-10所示。



图3-6 家庭

家庭是社会的“细胞”，它由每一个家庭成员共同组成。

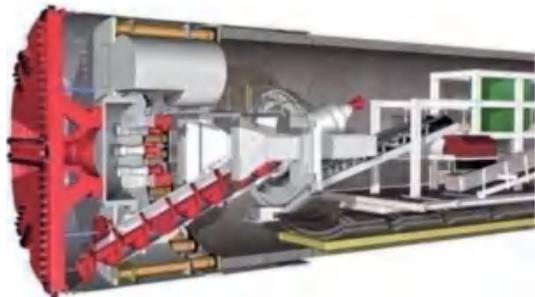


图3-7 盾构机

盾构机是一种隧道暗挖施工的大型机械。它能自动完成推进、出土、衬砌等工作，并能实现远程信息控制施工。

智能手机由中央处理器、存储器、触摸屏等组成，它是集通信、影像、定位导航等多功能于一体的技术系统。



图3-8 智能手机



图3-9 汽车

汽车是一种常用的交通工具。它由动力、传动、转向、制动等部分组成，各部分又可细分成多个更小的部分。

塘基种桑、桑叶养蚕、蚕沙喂鱼、塘泥肥桑，循环往复，保持生态平衡。



图3-10 珠江三角洲桑塘生态系统

在宇宙中还有一些浩瀚、细微的系统。这些系统我们往往要借助工具才能观察到，如图3-11和图3-12所示。

地球并不是孤立的天体，它同另外7个行星一起环绕着太阳旋转，从而组成了太阳系。

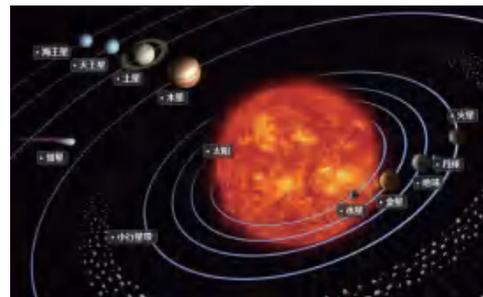


图3-11 太阳系



图3-12 蜜蜂的复眼

蜜蜂的复眼由很多六角形的单眼组成，这样的结构使它具有很强的“动态视力”。

可以说，系统无处不在，无时不有。在自然界和人类社会中，任何事物都处在一定的系统之中。

### （一）系统与子系统

任何系统都是它所从属的更大范围、更高一级系统的子系统。鱼嘴分水堤工程（图3-13）、飞沙堰溢洪排沙工程和宝瓶口引水工程是组成都江堰这个复杂大系统的较小系统，即子系统。子系统又可以层层分解，如鱼嘴分水排沙子系统可以分解为百丈堤、鱼嘴、金刚堤3个低一级的子系统，这3个子系统还可以再分解成下一层的子系统。子系统各具功能，它们之间又相互依赖和相互作用，共同实现上一级系统的整体功能。



图3-13 都江堰鱼嘴分水堤工程

### （二）子系统与元素

一般说来，元素是系统分解的最后层次或基本单元。要素是指构成系统的主要元素，如目镜、目镜筒、物镜、物镜筒就是组成我们所制作的望远镜的主要元素（要素）。但元素与系统的概念是相对而言的，例如，目镜相对于望远镜来说就是不可再划分的最小单元，然而目镜本身也是一个系统，从光学的角度来说，目镜是一种透镜，它是由两个折光面包围一种透明介质组成的。又如“人”相对于“社会”这一系统，是不可划分的最小单元，即构成社会的要素；而相对于“生物界”这个系统来说，人体则是一个复杂的系统，可以层层分解为呼吸系统、消化系统、神经系统等子系统以及器官、组织、细胞等更小的子系统。由此可见，所谓元素的不可再分性，也是相对于它所属的系统来说的。

#### 立即行动

分析下表中的系统，并指出它们分别由哪些要素组成。

表3-1 系统与组成要素

系统	组成要素
机械钟	
自行车打气筒	
某商场（超市）布局平面图	
一种食物链	

### （三）系统的分类

根据不同的标准，从不同的角度，系统可以划分为不同的类型。按照系统组成元素的性质，可分为自然系统、人工系统和复合系统。自然系统就是由天然物质自然形成的系统；人工系统是指为达到某种目的而人为建立起来的系统；自然系统和人工系统相结合的系统叫作复合系统。按照系统组成元素存在的形态，可分为实体系统和概念系统。由物质构成的系统叫作实体系统；由概念、原理、原则、理论、方法等非物质构成的系统叫作概念系统。按照系统的运动状态，可分为动态系统和静态系统。从系统与外部环境的关系来看，可分为开放系统和封闭系统。根据不同的标准，还可以划分不同类型的系统。

近年来，概念系统又被称为软科学系统，并日益受到重视。实际中，实体系统和概念系统在许多情况下是结合在一起的，实体系统是概念系统的物质基础，而概念系统往往是实体系统的神经中枢，指导着实体系统的行动。

#### 立即行动

请判断下列的系统属于哪种类型，将相应的选项序号填入括号中。

- 气象系统 ( )    森林公园 ( )    一所学校 ( )  
 神舟十一号飞船 ( )    人体的神经系统 ( )    农业生态系统 ( )  
 A. 自然系统    B. 人工系统    C. 复合系统
- “一带一路”倡议 ( )    银河系 ( )    收割机 ( )  
 洗衣机工作流程 ( )    学校课程表 ( )    电视机遥控器 ( )  
 A. 实体系统    B. 概念系统

#### 实践

为了进一步了解系统，以3~5人为一组，对我们身边的系统进行调查。

#### 调查项目

活动1 学校信息管理系统或社区信息管理系统

活动2 家庭电气线路或学校多媒体教室

#### 调查内容

1. 系统的基本构成。
2. 系统组成部分（要素）之间的联系。
3. 系统的整体功能。

### 展示与交流

用恰当的技术方式总结调查结果，在班上展示。从系统组成要素的存在形态来看，活动1和活动2调查的系统有什么相同点和不同点？

## 二、系统的主要特性

了解系统的主要特性，是我们认识系统、分析系统、掌握系统的思想和方法的关键。

### (一) 系统具有整体性

#### 实践

自行车（图3-14）是我们常见的交通工具，从自行车功能的角度，分析自行车可以分为哪几个子系统，每个子系统由哪些零部件构成，填入表3-2中。



图3-14 现代的自行车

表3-2 自行车的子系统

子系统	功能	组成要素
导向系统		车把、前叉、前轴、前轮等

自行车的各个子系统离开了自行车整体，还能发挥其功能作用吗？

整体性是系统最基本的属性。由以上实践活动可知，自行车各零部件按照一定的结构形式组成自行车的整体，在整体中相互配合，才能实现载人代步的功能。

系统的组成部分（要素）是构成系统整体的前提和基础，没有部分就没有整体。系统的组成部分（要素）要在整体中才能发挥其各自的作用，但系统不是各个组成部分（要素）的简单相加。系统整体功能不等于其组成部分功能之和。

### 立即行动

1. 试用系统整体性的思想，对以下现象进行分析：
  - (1) 三个臭皮匠，顶个诸葛亮。
  - (2) 一个和尚挑水喝，两个和尚抬水喝，三个和尚没水喝。
2. 相信大家都玩过一个叫“剪刀、石头、布”的博弈游戏。这个游戏虽然简单，但是构思十分巧妙。你能从系统整体性的角度，说说这个游戏的巧妙之处吗？

## （二）系统具有功能性

查阅有关资料，了解以下内容：

1. 自行车是怎样发明的？
2. 在不断改进的过程中，人们对自行车的性能指标要求有了怎样的变化？
3. 人们在提高自行车的速度性能的同时，更要完善刹车装置，为什么？

系统都是以实现某种功能为目的的，这正是区别不同系统的标志。

系统的目的般通过更具体的目标来体现，系统的多个目标有时不完全一致甚至互相矛盾，这就需要协调，寻求平衡或折中的办法，从而达到整体最佳的效果。

### 实践

通过下列的试验，探究系统的功能性。

#### 试验1

把笔帽套在笔杆上（图3-15）。

1. 闭上一只眼睛，把笔帽套在笔杆上，能否一次成功？结果：\_\_\_\_\_。
2. 两只眼睛看着，把笔帽套在笔杆上，能否一次成功？结果：\_\_\_\_\_。

### 试验2

任意设定一个目标，用手模拟射击瞄准（图3-16）。

1. 用两只眼睛瞄准目标，结果：\_\_\_\_\_。
2. 闭上一只眼睛瞄准目标，结果：\_\_\_\_\_。



图3-15 把笔帽套在笔杆上



图3-16 模拟射击瞄准

生理学研究表明，两只眼睛同时观察物体，除了扩大视野、增强灵敏度以外，更重要的是使我们具有立体视觉。立体视觉使得手眼协调，动作更为准确。射击瞄准时要求的是目标、前准星、后准星三点成一条直线。如果同时使用两只眼睛瞄准，则视线就很难集中在一条直线上。

上面是从生理的角度去分析，人们根据不同的需要，发挥眼睛的视觉作用。请用系统的功能性去解释这种现象。

### （三）系统具有相关性

早期的自行车（图3-17），其脚踏通过曲柄直接连接在前轮上，每踩脚踏一圈，则带动前轮转一圈，这样，前轮直径愈大，每踩脚踏一圈车子所走的距离就愈远。但前轮的直径会受到人腿长度的限制。

#### 实践

现代自行车是通过链条传动方式传递动力的。自行车前进的距离不仅与后轮的直径有关，还与构成自行车的哪些要素有关？请通过以下实验探究：

1. 仔细观察变速自行车的传动系统，计算它的传动比，并记录在表3-3中。



图3-17 早期的自行车

$$I = \frac{N_1}{N_2}$$

$I$ —传动比

$N_1$ —链轮齿数

$N_2$ —飞轮齿数

表3-3 变速自行车齿轮传动比实验记录

序号	$N_1$	$N_2$	$I = \frac{N_1}{N_2}$

2. 观察变速车的齿轮传动比发生变化时, 自行车的运行距离有什么变化。

(1) 自行车处于最低速挡时, 一人扶着自行车, 另一人用手缓慢地摇动脚踏, 使之绕中轴转一圈 (图3-18), 记下自行车前进的距离。



图3-18 观察传动比和运行距离的关系

(2) 分别选择中速、最高速挡, 重复以上的步骤。将实验结果记录在表3-4中。

表3-4 齿轮传动比和运行距离关系实验记录

挡位	最低速挡	中速挡	最高速挡
自行车前进 距离/m			

实验结果表明, 自行车的链轮和飞轮的配合发生变化, 自行车的运动性能也发生变化。

系统内各部分（要素）之间、部分（要素）与系统整体之间存在着相互依赖和相互制约的特定关系，某一个部分（要素）的变化，会引起其他部分（要素）和系统整体的变化。

#### （四）系统具有环境适应性

请同学们思考以下问题：

1. 自行车为什么要更新换代？变速自行车、山地自行车是怎样出现的？
2. 有的自行车在脚踏、鞍垫或挡泥板上装上反光片，作用是什么？
3. 在平坦路、上坡路、下坡路上骑自行车，你是如何控制车速的？为什么？

任何系统都存在于一定的环境之中，必然要与外界进行物质、能量和信息的交换，外界环境的变化会相应地引起系统功能和系统内部各部分（要素）的变化。系统具有适应环境的变化、保持原有功能的特性。

#### 立即行动

雷鸟（图3-19）是一种寒带鸟类。它的栖息地一般地势平坦，又因严寒而缺乏植被，所以雷鸟没有天然隐蔽场所。在每年的冬季和夏季来临之前，它会完全更换新羽。冬天，雷鸟除中央一对黑色的尾羽外，其他都是雪白的羽毛，与大地的银装一致。夏天大地披上了绿装，它又换成了黑褐色带棕黄色斑纹的羽毛。为什么雷鸟会随着季节的变换更换新羽？



图3-19 雷鸟

## 习 题

1. 水由氢和氧两种要素构成, 当你口渴时, 分别吸入氢气和氧气, 并不能为你解渴, 这说明 ( )

- A. 至少要有两个或两个以上的要素才能构成系统
- B. 系统的组成部分(要素)之间按照一定的结构形成整体
- C. 系统的整体功能是各组成部分(要素)的功能所没有的

2. 某企业为了追求高品质, 用国外知名品牌汽车的发动机和变速箱组装生产了一款小轿车, 但汽车生产出来后出现了许多问题, 实现不了高品质。这主要反映了系统的 ( )

- A. 整体性
- B. 环境适应性
- C. 相关性

3. 机械传动系统的零部件之间常常会有磨损, 为了保持系统的性能, 必须定期添加润滑剂或更换零件, 这反映了系统的 ( )

- A. 整体性
- B. 相关性
- C. 功能性

4. “春捂秋冻”是北方天气变化时人们穿衣变化的一种写照, 它体现了系统的 ( )

- A. 环境适应性
- B. 相关性
- C. 功能性

5. 探究以下的问题, 理解系统的组成部分是怎样通过相互联系和相互作用共同实现系统整体功能的。

- (1) 人跑步的时候只是四肢在运动吗?
- (2) 为什么一边吃饭一边看书不好?
- (3) 如果人的大脑死亡, 人的生命就结束。

6. 感应水龙头通过红外线发射原理实现自来水自动出水和关水的功能。当人的手放在水龙头红外线区域内, 红外线发射管发出的红外线被人手反射到红外线接收管, 然后通过信号处理(变换和放大)传送给电磁阀, 电磁阀接收信号就打开阀芯, 使水龙头出水。当人手离开红外线区域, 电磁阀没有接收信号, 阀芯关闭使水龙头关水。从上可知, 感应水龙头主要由红外发射器、红外接收器、信号处理器和电磁阀等组成。



第6题图

试画出感应水龙头系统功能方框图, 分析它的整体性、功能性、相关性和环境适应性。

## 第二节 系统分析

德国大数学家高斯在上小学的时候，老师在课堂上出了一道数学题：求 $1+2+3+4+\dots+100=?$ 老师抄完题后不久，高斯就算出了答案：5 050。为什么高斯能这么快就算出答案呢？一般人计算这道题的方法是把每个数字逐个相加，而高斯却在思考有没有更简捷的方法。经过思考分析后，他发现100个数可以分成50对，每一对数字之和都是101，即 $1+100=101$ ， $2+99=101$ ， $3+98=101$ …… $50+51=101$ ，于是很快算出其和是 $101 \times 50=5\ 050$ 。高斯解题的方法体现了整体性、综合性、最优化的特点。

### 导学思考

高斯为什么能快速算出答案？

### 一、系统的思想方法

通过前面的学习，大家知道掌握系统的特性可以帮助我们全面、深入地认识事物，从而提高分析、处理问题的能力和工作效率。系统的特性构成了系统的基本思想。

#### 案例

#### 丁谓修复皇宫

宋朝真宗年间，京城失火，皇宫被烧成废墟。火灾后，真宗皇帝命丁谓主持皇宫修复工程。丁谓首先下令在皇宫前大街挖沟取土烧砖，没几天大街就成了一条宽大的水渠。接着，他又下令将汴水引入水渠，用竹筏和船把建筑材料运至宫门。皇宫修复完毕，水渠排水后，又把瓦砾灰土填入其中，复为大街。丁谓修皇宫的方案不仅节省了大量资金和劳力，而且大大加快了工程进度。丁谓修皇宫是我国古代运用系统思想和方法的著名范例。

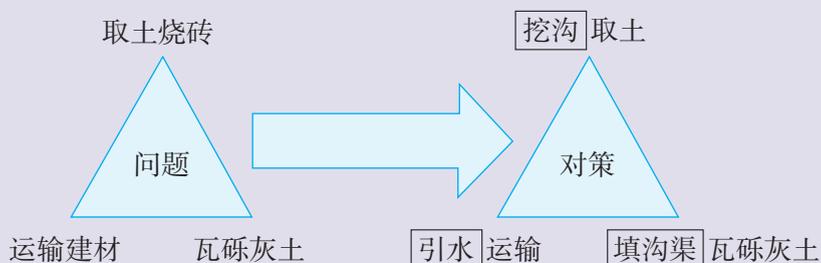


图3-20 丁谓修复皇宫方案

## 立即行动

丁谓修复皇宫方案有哪些优点？为什么说运用了系统的思想方法？我们在学习中，常常会运用系统的思想方法，请举出1~3个例子，并说明思考、分析、解决问题的过程。

## 知识窗

### 系统科学的发展

系统科学是以系统为研究和应用对象的一门科学。古代人们就在哲学、科学、军事、工程、天文历法等领域中广泛进行了系统科学的实践。在我国数千年的文明历史发展长河中，可以寻找到许多蕴藏着系统思想的瑰宝，如闻名于世的儒家经典《周易》所描述的八卦，春秋末期著名军事家孙武所著的《孙子兵法》，战国期间修筑的长城、都江堰，还有成书于春秋战国时期的医学典籍《黄帝内经》等，无不闪烁着系统思想的光辉。

在古希腊，德谟克利特（Dēmocritos）最早提出和使用“系统”一词。哲学家、科学家亚里士多德（Aristotelēs）提出了“整体大于它的各部分的总和”的观点。古代的系统思想强调对自然界整体性、统一性的认识，但由于历史条件的局限，这种认识仍然是表面的、不完全的。

20世纪40年代，生物学家贝塔朗菲（von Bertalanffy）创立了一般系统论。一般系统论是运用逻辑和数学的方法，考察整体和各组分的属性、功能以及它们之间的相互制约关系，并采用最优化方法协调部分和整体的关系，求得系统的最佳结果。但一般系统论阐述定量的结果较少。人们为了适应生产规模不断扩大、生产技术和管理模式日趋复杂的情况，提出了系统分析和系统工程方法。美国兰德公司倡导的系统分析方法以大量数学分析为手段，在全面考察决策面临问题的基础上，提出不同的目标和解决方案，供决策者选择。美国科学家霍尔（A. D. Hall）的系统工程方法论，提出了三维结构方法体系。三维结构由时间维、逻辑维、知识维组成。时间维表示系统工程实施过程按时间顺序安排的工作阶段；逻辑维表示运用系统工程方法分析问题应遵循的一般程序；知识维是指实施系统工程所需要综合运用的各种专业知识。

## 二、系统分析的基本方法

系统分析是系统思想与分析方法的结合，即把要解决的问题作为一个系统加以详尽地考察，并采用科学合理的方法对系统进行综合分析、试验和比较，从而提出可行性方案，使系统发挥整体功能，达到理想的总体目标。系统分析是当今决策分析的核心内容。

## 案例

## 城市交通

我国南方某市是全国改革开放最早、经济发展最快的城市之一。尽管该市市政府在城市交通基础设施方面加大了投入，但随着经济的高速发展，城市规模的不断扩大，人流、物流、车流急剧膨胀，交通供需矛盾加剧。交通拥堵（图3-21）日益严重，直接影响了市民的正常生活、工作，成为制约该市社会、经济可持续发展的“瓶颈”。该市市政府将迅速解决交通拥堵问题摆上了重要议事日程。



图3-21 2007年该市交通拥堵情况

该市有关部门组织专家，为该市交通治“堵”。专家们对该市的交通状况进行了充分的调查研究，认为造成该市交通拥堵的原因很复杂，但突出问题是道路和车、车和人的供需矛盾。主要表现为：

1. 道路容量滞后，道路通行力低。

从2003年到2007年，该市的常住人口由725万增长到1004.58万，汽车总量由58万增长到104.9万，而道路建设只从4571km增长到5459km（增长率见图3-22）。而且城市道路可建设空间有限，老城区已基本饱和。加上路网分布、路网结合不合理等因素，造成道

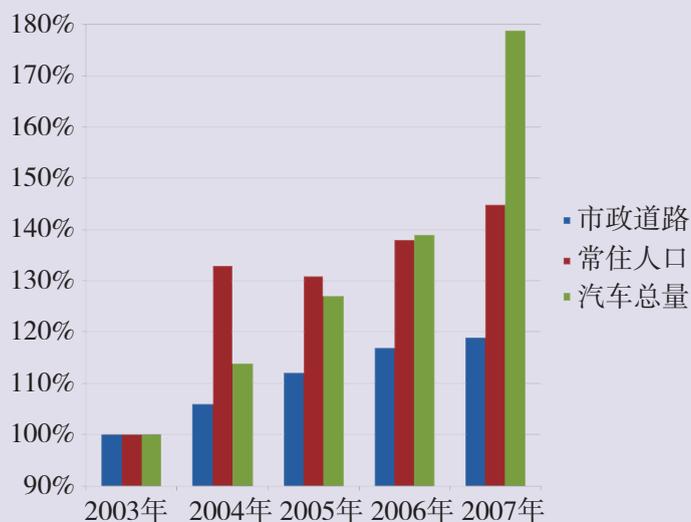


图3-22 2003—2007年该市人口、汽车及道路增长状况

路通行能力低下，交通供需矛盾凸显。

2. 公共交通相对滞后，交通方式结构不合理。

公共交通是该市市民出行的一种重要交通工具。但该市公共交通发展缓慢，公共交通承担的出行率低。2007年拥有营运公共汽车9424辆，公交车占机动车的比例仅为0.52%（图3-23）。

尤其是缺乏容量大、速度快的公共交通，而小型客车、私人小客车却大幅度增加。大量小运量的机动车占用了城市交通的道路资源，对于本来已不顺畅的路面交通更是雪上加霜。

针对该市交通状况，借鉴国内外发达城市交通管理的经验，专家们开出了治理交通拥堵的“处方”：进一步落实“公交优先”发展战略，优化公共交通结构，减少个体出行，从而提高城市客运系统的道路容量。针对改善公共交通结构，提出3个方案：

方案一：加大公共汽车投入，增开公交专用道。

方案二：修建地铁。

方案三：建设快速公交系统（BRT）。

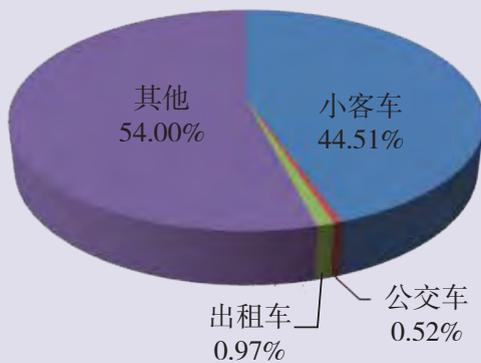


图3-23 2007年该市机动车拥有量比例



图3-24 公交专用车道



图3-25 地铁



图3-26 快速公交系统（BRT）

## 实践

你认为优先采用哪一种方案比较适合该市实际？并说说你的依据。

通过生活实践、走访有关交通部门、查阅相关资料等，了解3种方案的利弊，结合该市交通状况，加以综合分析、比较，从而做出判断。

可从以下方面考虑3种方案的利弊：

1. 乘客的需求：费用、便捷性。
2. 对城市环境影响：噪声、废气排放等。
3. 社会、经济条件的约束：资金、建设周期等。
4. 其他：运载量、运营速度、准点率、能耗、受路面干扰（车辆、行人）程度等。

## 知识窗

## 快速公交系统

快速公交系统（Bus Rapid Transit, BRT）是一种介于快速轨道与常规公交之间的中运量新型公共客运系统。BRT利用现代智能交通技术，开辟公交专用道路，建造新型公交车站（实现车外售票、检票和水平登车），能瞬间疏散大量客流，通常被称作“地面上的地铁”。

1974年，巴西库里蒂也市建成世界上第一条快速公交线。之后，世界上许多城市仿效它的经验，开发改良了不同类型的快速公交系统。昆明是我国最早开通BRT的城市，之后，北京、郑州、杭州、广州等地也陆续建成BRT系统。

在深入调查研究、广泛征集意见、充分论证的基础上，该市市交委酝酿出改善城市交通状况的决策思路：将传统公交退出长距离的运营模式，远程运输让给地铁、中速公交来完成，从而减少地面长距离运输，缓解交通拥堵。

2010年，该市建成了全长22.9km的快速公交试验线；至2018年底，开通了14条地铁运营线，总长为478km。

我国南方某市在治理城市交通拥堵问题的决策过程中，运用了系统分析的方法。系统分析所研究的对象各种各样，不可能套用一种不变的模式，但是都有基本的步骤和原则。系统分析的基本方法一般包括几个步骤，如图3-27所示。

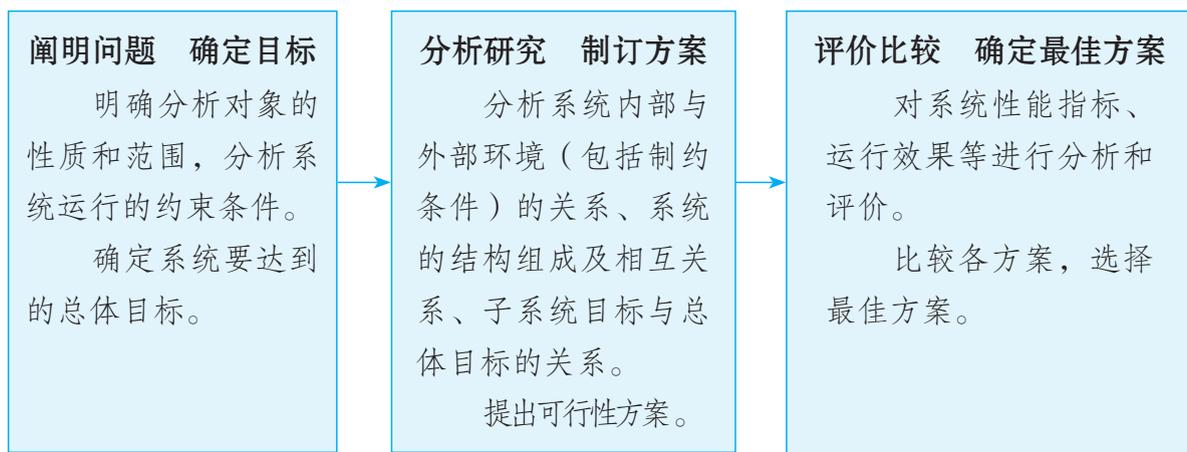


图3-27 系统分析基本方法的主要步骤

系统分析一般遵循内部组成与外部条件相结合、局部与整体相结合、当前目标与长远目标相结合、定性分析与定量分析相结合的原则。

## 分析

前面关于城市交通问题的讨论，是怎样体现系统分析的基本原则的？

表3-5 系统分析的基本原则

分析问题	系统分析的基本原则
为什么公共汽车便宜、便捷，但不一定是优化公共交通结构的首选？（从公共交通与城市交通的关系考虑）	系统局部与整体相结合
为什么公共交通专用道造价比较低廉，该市还要考虑采用其他交通方式？（考虑增开公交专用道的制约条件）	系统内部组成与外部环境相结合
为什么地铁造价昂贵，许多大城市却加快地铁建设？（考虑地铁建设对加快城市化进程的意义）	当前目标与长远目标相结合
如果专家们不掌握充分的资料数据，能找出该市交通拥堵的症结吗？	定性分析与定量分析相结合

拓展与应用

为了使决策依据更科学可靠，系统分析往往会借助数学工具，对可行性方案进行综合分析、全面评价和优化。

运筹学是从系统总体角度寻求系统最优解的数学工具，动态规划则是运筹学的一个重要分支，是解决多阶段决策问题的一种数学方法。一项决策往往需要经过多阶段的决策过程，动态规划就是把多阶段过程转化为系列单阶段问题，利用各阶段之间的关系，逐个求解，依次判断，从而组成一个决策序列。它广泛应用于工程建设、企业管理、科研项目的决策过程。

案例

从A城运送一批货物到Z城，两城之间有多个站点，各站点之间有公路相连，连线上的数字表示距离（图3-28）。如果用枚举法找出一条最短的路径，计算量将会很大。若我们使用阶段决策的方法，就可以比较简单、快速地选择出最佳的运输路径。

下面用一个站点较少的例子介绍这种方法（图3-29）。

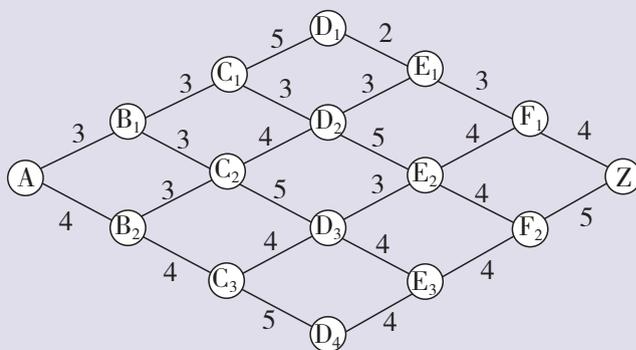


图3-28 多站点的运输路线

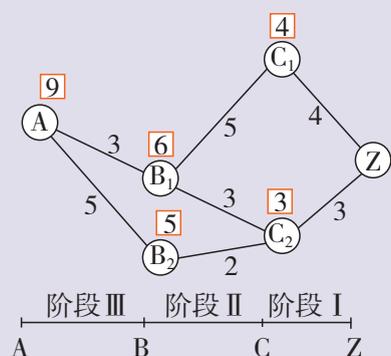


图3-29 少站点的运输路线

首先，对运输路线全程进行整体分析，确定从A城到达Z城必须经过B站点（ $B_1$ 或 $B_2$ ）和C站点（ $C_1$ 或 $C_2$ ）。据此进行分阶段分析如下：

### 第一阶段

$C_1 \rightarrow Z$ 距离为4， $C_2 \rightarrow Z$ 距离为3，所以 $C_2 \rightarrow Z$ 线路为优。但这一阶段尚未能判断应该淘汰哪一条线路。在 $C_1$ 、 $C_2$ 处分别标上到达Z的距离4和3。

### 第二阶段

从A城到达 $C_1$ 或 $C_2$ ，必须经过 $B_1$ 或 $B_2$ 站点。首先考虑经过 $B_1$ 站点，有两条路线可选择： $B_1 \rightarrow C_1 \rightarrow Z$ 距离为9， $B_1 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ 距离为6。此时，可以淘汰 $B_1 \rightarrow C_1 \rightarrow Z$ 线路，保留 $B_1 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ 为选择线路，在 $B_1$ 处标上6。

若经过 $B_2$ 站点，只有一种选择 $B_2 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ ，距离为5，在 $B_2$ 处标上5。

### 第三阶段

考虑从A出发，至第二个站点B，也有两条线路可选择： $A \rightarrow B_1$ 距离为3， $A \rightarrow B_2$ 距离为5。

综合3个阶段分析，对比如下：

$A \rightarrow B_1 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ 路程为9，

$A \rightarrow B_2 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ 路程为10，

从A城到Z城最短路程应选择 $A \rightarrow B_1 \rightarrow C_2 \rightarrow Z$ 方案，在A处标上9。

在这个例子中我们是分阶段一步一步地依次进行评判，其实就是运用了运筹学中动态规划的方法。利用这种方法，我们就可以轻而易举地解决图3-28中多站点运输路线选择的问题了。

## 习 题

1. 我国古书上记载了一则这样的故事：临河的寺庙崩塌，门口的一对花岗岩石狮子坠落到河中。几年后僧人重修庙宇，求河工打捞石狮子。这是一条沙底河，河工在寺庙附近的河段内努力搜寻却找不到石狮子。你觉得河工应该继续在附近找寻，还是应该往河的上游抑或是沿河往下游搜寻呢？

(1) 系统的组成部分：由石狮子、沙和流水组成的一个流体力学系统。

(2) 系统组成部分的特点：沙“轻浮”（密度较小），石坚实（密度较大）。

故事的结果是河工在离寺庙几百米的上游河段找到这对石狮子。你能说明其中的道理吗？

2. 冬季的某天上午8时30分，14名摄影爱好者乘坐一架小型民航客机飞往北方的一个城市。飞行45min后，飞机的通信设备突然出现故障，导致飞机与地面失去联络。此时驾驶员发现已迷航，但无法返航，只好降低高度继续向北飞行。直到燃料将尽，机组人员只

好决定迫降。驾驶员选择前方一个带状小湖作为迫降点，他说着陆地的正北方约30km处有一个小村庄。飞机在已结成冰的湖面上硬着陆，冰层破裂，正、副驾驶员当场不幸身亡。14名乘客中只有2人脸部和手上皮肤被划破，其余12人毫发无损。他们迅速登上了湖岸，并从飞机上取出一些可随身带走的物品。这些物品是：磁罗盘、地图、温度计、3包有锡纸包装的口香糖、8块巧克力、3小块黄油、1叠报纸、1捆麻绳、一大张帆布、摄影器材和一些替换的衣服。之后，飞机迅速沉入湖底。

14名幸存者缓过气来环视四周，只见一片茫茫白雪，雪深至小腿，附近散布着一丛丛灌木，地上散落着一些飞机的碎片。周围没有无线通信信号。当时已是中午12时10分，太阳时隐时现，吹北风，气温为 $-28^{\circ}\text{C}$ ，所有人身穿的只是北方城市里的一般防寒衣服。身处绝境，假设你是14名幸存者之一，为了尽快脱离危险，你将如何决策？

- (1) 用头脑风暴法提出决策方案。
- (2) 评价哪个方案最合理。

## 第三节 系统的优化

某班组织学生集体去郊外野营，在野营地用一条竹筒从远处山泉引水做饭。5位同学同时拿着大小不同的容器去取水，但取水处只能容一个人站立，为了使同学们及时吃到香喷喷的饭菜，每人取水后就马上回营地工作。

### 导学思考

有什么办法使5个人总的取水时间最少？要考虑什么因素？

### 一、系统优化的意义

#### 案例

#### 陶瓷窑炉的优化

陶瓷生产素有“原料是基础，窑炉是关键”之说。隧道窑（图3-30）是现代陶瓷工业广泛使用的窑炉。顾名思义，隧道窑的窑体像一条隧道，里面铺有轨道。全窑分预热带、烧成带和冷却带三段。陶瓷制品坯体干燥后，装上窑车，由推车机把窑车推进窑内，经过上述3个带完成烧制过程。对比旧式窑炉，隧道窑有连续作业，产量高，劳动条件好，易于实现机械化、自动化等优点。但由于窑车等输送设备影响了窑炉的气密性，窑内上下温度不均匀，因此焙烧时间长。另外，窑车及衬砖在升温、冷却的过程中，也浪费了大量热能。

辊道窑（图3-31）则是用连续平行排列的辊子造成辊道，把坯件直接放在辊道上，或者放在垫板上，通过传动系统使辊子转动，坯件依次通过预热带、烧成带和冷却带出窑。由于辊子上下可直接加热，窑内温度均匀，大大缩短了制品烧成时间，在保证质量的同时，提高了产量。辊道窑还因为减少了窑车等热耗设备，有效提高了热利用率，与隧道窑比较，单位产品能耗节省了一半以上。



图3-30 隧道窑



图3-31 辊道窑

## 分析

1. 陶瓷窑炉通过什么关键技术设备的改进，实现了窑炉的优化？
2. 上述技术设备的改进有什么意义？

系统的优化就是在给定条件下，通过一定的手段和方法，使系统获得更佳功能或更佳效益的过程。实现系统的最优化，就可以在一定的资源条件下，取得最佳的效果，而投入的人力、物力、财力达到最小。

## 二、影响系统优化的因素

### 案例

#### 千烟洲立体生态农业

千烟洲地处江西省泰和县亚热带红壤丘陵地区。过去的千烟洲是一个贫穷落后的小山村，土地贫瘠，生产结构单一，只开垦了沟谷、河滩上的土地，重点生产粮食。20世纪80年代初，这一地区因地制宜，进行综合开发和治理，改变土地利用结构，调整农业生产布局。从以粮食生产为主转变为以林果为主的土地利用结构模式，形成“丘上林草丘间塘，缓坡沟谷果鱼粮”的立体农业布局。从丘上到丘下，大体布局为：用材林（阔叶林或针阔混交林）—经济林和毛竹—果园或人工草地—农田—鱼塘（图3-32）。这种山区生态农业模式，既有中、远期才有收益的林果生产，又有短期可收益的农、牧、渔业的发展。10年后，千烟洲呈现出一派生机勃勃的景象。森林覆盖率由0.43%提高到70%以上，水土流失基本得到控制；土地利用率由10.9%提高到91.5%；农业总收入由原来不到6 000元，增加至100万元以上；人均收入达到2 947.4元，比10年前增长了20.5倍。千烟洲地区农业生产走上了可持续发展的轨道。

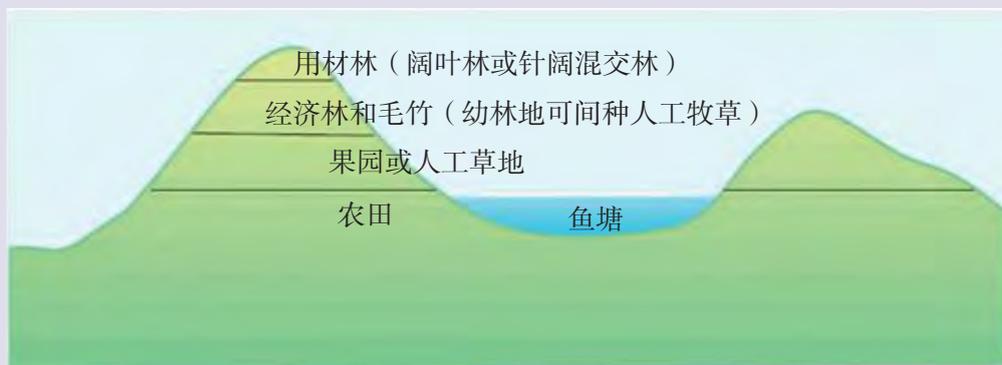


图3-32 千烟洲立体农业模式

以上案例中，系统优化的目标：改善生态环境，提高农业生产经济效益，帮助农民脱贫致富。

系统优化的约束条件：亚热带红壤丘陵地区的地形、气候、生物生长习性等。

影响系统优化的因素：直接影响生态环境和农业生产效益的因素。

## 立即行动

具体说说影响千烟洲生态农业系统优化有哪些因素。

## 实践

### 模型飞机的优化

#### 目的和要求

通过手掷模型飞机的性能优化，探究影响系统优化的因素。要求：

1. 飞机飞行、着地姿势正确。
2. 飞机在空中沿直线滑翔的距离最长（自定适当的目标）。



图3-33 模型飞机

#### 材料及工具准备

泡沫板1块、铅笔、刻度尺、剪刀、工艺刀、普通回形针2枚、大型回形针2枚、牙签若干、橡皮圈若干、护目镜等。

#### ◎注意

使用尖锐工具时要注意安全。

#### 知识准备

了解模型飞机飞行的基本原理。

#### 设计及优化过程

1. 画出飞机设计草图，制作模型飞机。

探究：①飞机飞行时受哪些力的作用？在设计草图上表示出来。②怎样控制作用在飞机上的力？

表3-6 飞机飞行时所受的力

力的名称	应该增加或减少的力	如何增加或减少这种力	主要依据的科学原理

2. 分组比赛，看哪个小组做的飞机飞得最好、最远。
3. 修改设计方案，重新制作模型。

表3-7 飞机性能测试记录

飞行次数	事故记录				飞行距离/m	优化方法
	构件脱落	机头着地	机身翻倒	其他		
第一次						
第二次						
第三次						

系统优化是一个不断验证、完善的过程。

### 探究

小组交流制作模型飞机的体会，探究模型飞机飞行调整技术，分析影响系统优化的因素。

1. 可以通过哪些部件的优化，增加模型飞机直线滑翔的距离？
2. 模型飞机是否越轻越好？为什么要加上配重物（回形针）？
3. 一般模型飞机机翼的外形设计都是呈窄长形的，为什么？
4. 飞机出现构件脱落、机头着地、机身滚转甚至翻倒的情况，主要原因是什么？

系统的优化不仅要注重系统中组成部分（要素）的优化，还要注重组成部分（要素）之间、组成部分（要素）与整体之间的协调和连接的有序性。

### 拓展与应用 >

系统的优化在未能建立优化目标与影响因素的数学关系时，无法得出量化的目标值，只能通过定性的分析或估计寻求较为满意的结果。而系统的最优化通常是解决在一定约束

条件下，寻求系统的优化目标达到最大值或最小值的问题，这往往需要通过建立数学模型去解决。

### 案例

一农户计划建一个小型猪舍，里面有两排八间总面积为 $80\text{m}^2$ 的猪圈（图3-34，图3-35），应当怎样设计才使围栏和隔栏的总长度最短？



图3-34 猪圈

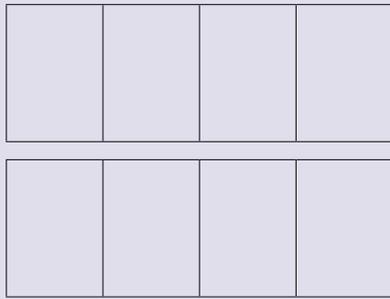


图3-35 拟建猪圈平面图

#### 1. 分析优化的目标和约束条件。

- (1) 优化的目标是猪圈的围栏和隔栏的总长度达到最小值 ( $L_{\min}$ )；
- (2) 优化的约束条件是猪圈的总面积  $S = 80\text{m}^2$ 。

#### 2. 建立数学模型。

设每排猪圈的长、宽分别为 $x$ 和 $y$  ( $x, y \geq 0$ )，那么猪圈的总面积 ( $S$ ) 为  $S = 2xy$ ，①

求围栏与隔栏总长度的最小值，建立关系式

$$\min L = 4x + 10y, \quad \text{②}$$

②式是系统优化的目标函数，即优化目标（围栏与隔栏总长度的最小值）和变量（每排猪圈的长、宽）之间的关系； $x, y$ 是决策变量，也就是影响系统优化的因素， $\min$ 表示使目标函数值为最小。

#### 3. 求解过程。

由①式得  $y = \frac{S}{2x}$ ，③

把③式代入②式，得  $L = 4x + 10 \frac{S}{2x}$ ，

根据不等式定理，则  $L \geq 2\sqrt{20S}$ ，

当  $x = 10$  (m)， $y = 4$  (m) 时，围栏与隔栏的总长度最短  $L = 80$  (m)。

以上这个例子只有长和宽两个变量，比较简单。而往往我们需要研究的系统包含的变量要多得多，它们相互之间的关系也复杂得多，这就要运用到比较高深的数学方法来解决。

### 立即行动

某木器厂生产桌子和柜子两种产品，每种产品都需要两种不同的木料。现工厂有第一种木料 $72\text{m}^3$ ，第二种木料 $56\text{m}^3$ ，生产一张桌子和一个柜子所需要的木料以及所得利润如表3-8所示。问桌子和柜子各生产多少，才能获取最大利润？

表3-8 木料和利润

产品	所需木料/ $\text{m}^3$		利润/元
	第一种	第二种	
桌子	0.18	0.08	60
柜子	0.09	0.28	100

建立此问题的数学模型

决策变量：\_\_\_\_\_。

目标函数：\_\_\_\_\_。

约束条件：\_\_\_\_\_。

## 习 题

- 列车提速是对铁路运输系统的优化。下列说法正确吗？为什么？
  - 只要有先进的机车，就能提速。
  - 不仅需要先进的机车，还需要道路、桥梁、隧道等基础设施的配套改进。
  - 只有使用“动车组”才能提速。
  - 只有重新铺设铁路，才能提速。
- 在田忌赛马的故事中，田忌用哪种方案赢了齐王？从系统优化的角度分析田忌为什么能取胜。
- 查阅相关资料，了解青蒿素和双氢青蒿素研制提取工艺的优化过程，说说你从中受到的启发。
- 以分组的形式参观附近的生态农业基地或技术革新工程，了解它们是怎样实现系统优化的，这样做对环境的保护、提高生产效益有什么意义。各小组交流参观的心得体会。

## 第 四 节 系统的设计

被誉为“天眼”的500m口径射电望远镜（简称FAST）（图3-36）于2016年9月25日在贵州省平塘县大窝凼中正式落成启用。

FAST的首要目标是寻找脉冲星。通过建立脉冲星钟实现深空探测和星际自主导航，同时还可以应用于探索宇宙起源、测控空间飞行器、搜寻地外文明等。为此，“天眼”必须符合大、活、精三个要求。FAST是目前世界上最大的单口径射电望远镜，口径达500m，反射面面积达25万 $m^2$ ，它可以捕捉到远在137亿光年以外微弱的电磁信号；FAST是世界上第一个可主动变位的望远镜，500m口径的结构要控制在毫米级的精度。

FAST建成，承载了我国科学技术工作者22年艰苦卓绝的努力。首先是找一个合适的“眼窝”。科学家们提出利用天然的喀斯特洼地作为台址的大胆设想，然后从上万个“窝”开始，通过大量查阅资料、建模分析、实地勘察等方法层层筛选，最后确定在地理位置、地貌和地质结构都符合要求的大窝凼。

FAST由主动反射面、馈源接收、测量与控制等子系统组成。主动反射面是“天眼”的核心组成部分，圈梁是“眼眶”，周长1.6km，它被50根长度不等的钢柱支在半空。6 670根主索组成巨大的格构式索网，网格向上延伸“咬住”圈梁，索网有2 225个主索节点及数量相等的下拉索。织完巨网，再把精心设计、制作好的4 450个反射面板铺满索网上面。圈梁与柱子之间通过可动的支座连接，有利于望远镜调整角度。主索节点下方连接着下拉索以及用地锚固定的促动器，控制着索网的形状，带动4 450个反射单元使“天眼”聚焦，整个变形过程由激光定位校准。

主动反射面是FAST自主创新的系统，索网是目前世界上跨度最大、精度最高、第一个采用变位工作方式的索网体系。FAST这一大科学工程的落成使用，对我国在科学前沿实现重大原创突破，加快创新驱动发展具有重要意义。



图3-36 世界最大单口径射电望远镜（“天眼”FAST）

### 导学思考

研制FAST的目标是什么？科技工作者怎样实现这一目标？

系统设计除了遵循设计的一般过程、原则和标准外，还强调分析思维和综合思维相结合，注重在考虑整体的前提下具体研究解决局部问题。系统设计特别强调：

①以实现系统整体功能最优为目的。②设计好系统的每个要素和子系统。③综合考虑系统各个部分（要素）之间的联系，合理解决它们之间的矛盾冲突；注重系统与环境、部分（要素）与整体之间的协调。④设计方案的分析、比较和优化。

## 一、系统设计的基本方法

在教师的指导下，运用物理和数学等有关知识，分析水火箭发射、飞行的基本原理，设计、制作及发射水火箭，并由此归纳简单系统设计的基本方法。

### 实践

#### 水火箭的设计

##### ◆ 水火箭设计的总目标及性能指标

要求：用一个容量为2L的饮料瓶制作气压式喷水推进火箭。火箭射高（即上升到最高点时的高度）大于8m，射程大于22m。

##### ◆ 调查研究，对水火箭进行系统分析

##### 1. 水火箭飞行的外部环境调查分析

受力状况：重力、空气动力（包括空气阻力）。

天气状况：风向、风速、雨、雪等。

地理环境：发射点高度、目标点高度等。

##### 2. 水火箭飞行的基本原理分析

###### （1）动力来源。

水火箭发射时，加压的水从箭体尾部高速喷出产生反冲推力，推动水火箭飞行。

###### （2）飞行轨迹。

在各种力（主要是推力、重力、空气动力）的作用下，水火箭飞行速度不断变化，并形成了一定的轨迹——弹道，如图3-37所示。

以上分析可知，增大水火箭飞行的反冲推力，减少水火箭飞行的空气阻力，是提高水火箭飞行效果的关键。

#### 系统设计的基本方法

◆ 确定系统设计的总体目标及性能指标

##### ◆ 基本的设计分析

1. 系统设计的约束条件。

2. 了解系统设计的基本原理。

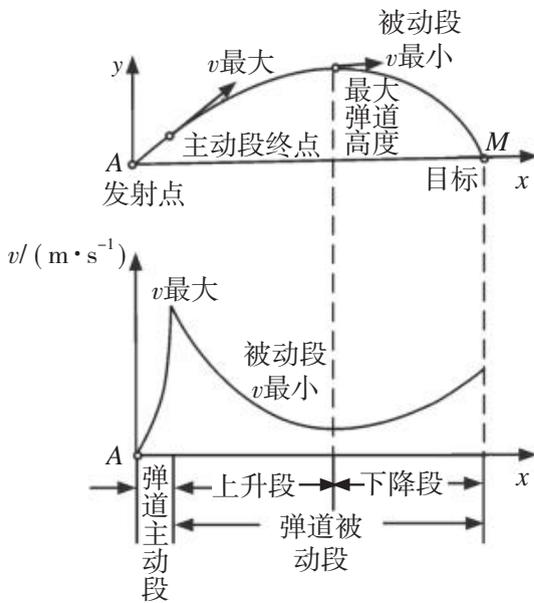


图3-37 水火箭的飞行弹道及速度变化

◆初步方案设计

水火箭系统如图3-38所示。

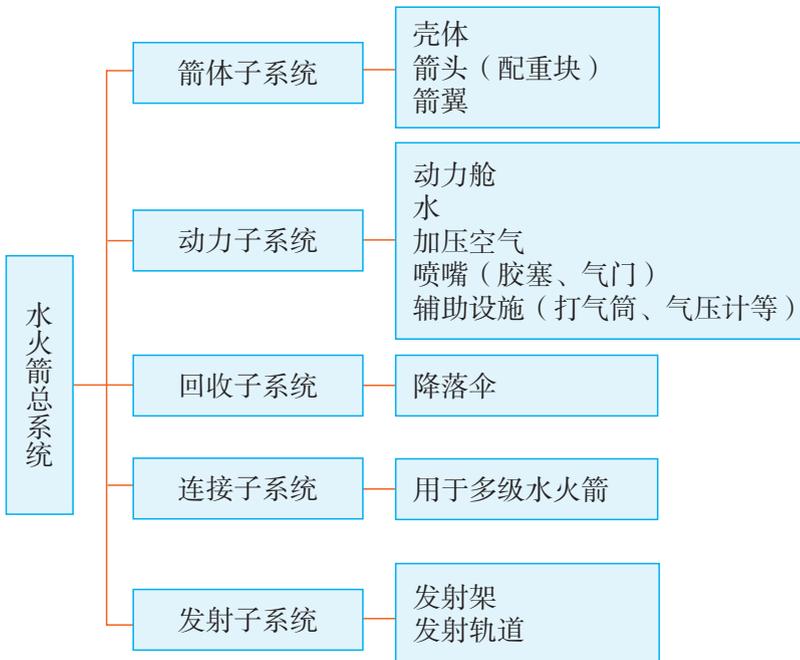


图3-38 水火箭系统

◆制订设计方案

1. 确定系统的结构组成。

2. 子系统设计及功能确定。思考：

(1) 什么形状的箭体能减少水火箭飞行时所受的空气阻力？

(2) 箭头应设计成什么样的形状？为什么？

(3) 箭头越轻越好吗？

(4) 为何要装上箭翼？

(5) 箭翼的形状、大小怎样才合适？为什么？

◆系统总体技术设计

合理解决子系统（要素）之间的矛盾冲突，加强系统内部、系统与环境之间的协调配合。

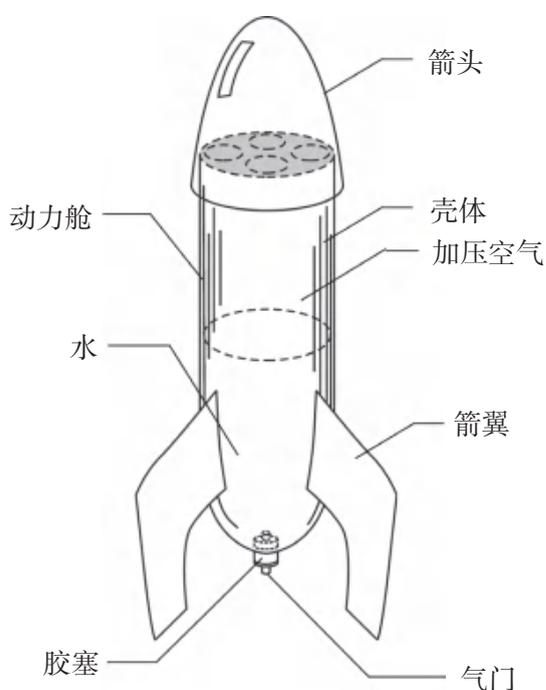


图3-39 简易水火箭

#### ◆ 影响水火箭飞行的主要因素分析

##### 1. 动力舱内气压、水量与水火箭射程及飞行高度的关系

动力舱气压越大，水喷射的速度越大，反冲推力也越大，水火箭飞行速度就越快，飞行高度就越高，射程也越远。但如果气压过大，超出舱体的承受能力，就会引起爆裂，必须十分注意安全。

在一定的范围内，动力舱内水越多，水火箭获得的能量就越大，射程就越远，飞行高度也越高。但如果水量过大，当动力舱内、外气压差降至零，喷射停止时，舱体仍残留一定的水量，会增加水火箭的质量，使水火箭受重力的影响提前坠落。所以，只有当水火箭动力舱内的气压与水量恰当时，水火箭才能飞得更高、更远。

通过多次实验、比较，获得气压和水最合适量（表3-9）。

表3-9 水平射程与水量、气压的关系（发射仰角45°）

实验序号	水量/mL	气压/Pa	水平射程/m

#### ◆ 组装及测试

按设计方案组装水火箭并进行飞行测试。

#### ◆ 系统的优化

1. 分析影响系统优化的主要因素，提高系统的整体运行效果。

2. 设计方案不断验证和完善。

#### ◆ 系统的评价及改进

## 2. 发射仰角对射程及飞行高度的影响

水火箭发射弹道与抛体运动理论密切相关。在理想的情况下，发射仰角为 $45^\circ$ 时射程最远。但在实际发射中，必须考虑空气动力和其他因素的影响。当发射仰角太小时，水火箭向上的分力不大，爬升高度不大，由于重力影响，容易坠落，使射程缩短。而当发射仰角太大时，水火箭向上的分力虽大，但向前分力太小，致使出现“高而不远”的情况。实际上最优的发射仰角往往比 $45^\circ$ 要大（图3-40）。



图3-40 水火箭的发射

通过多次实验、比较，获得最佳发射仰角（表3-10）。

表3-10 水平射程与发射仰角的关系（规定水量和气压）

实验序号	发射仰角/ $(^\circ)$	水平射程/m

### ◆ 方案实施及改进

发射水火箭，并对其安全性、功能性等方面进行评价。在完善单级水火箭的基础上，进一步设计多级水火箭，并实现自动脱落，多级水火箭完好回收。

## 案例

### 简单的雨水收集系统方案设计

水是生命之源，人类的生存和发展都离不开水。然而水资源短缺已成为全球关注的严峻问题。为了节能减排，南方某市一学校组织了雨水收集利用方案的征集活动。

一个学习小组的同学经过调查发现，学校附近公园大雨过后路面有大量积水，于是决定设计收集雨水灌溉公园绿地的方案。他们分头查阅雨水收集的技术资料，请教专业人士，进行基本的设计分析，提出了设计方案。

方案包括雨水收集、雨水净化、雨水存储、雨水利用四个部分。

#### 1. 雨水收集。

在道路下面的草地上设置沉沙井，上面盖上水篦子，沉沙井与就近暗沟相

连。道路雨水经过集水沟，由水篦子流入沉沙井，再进入暗沟，最后流入蓄水池（图3-41）。

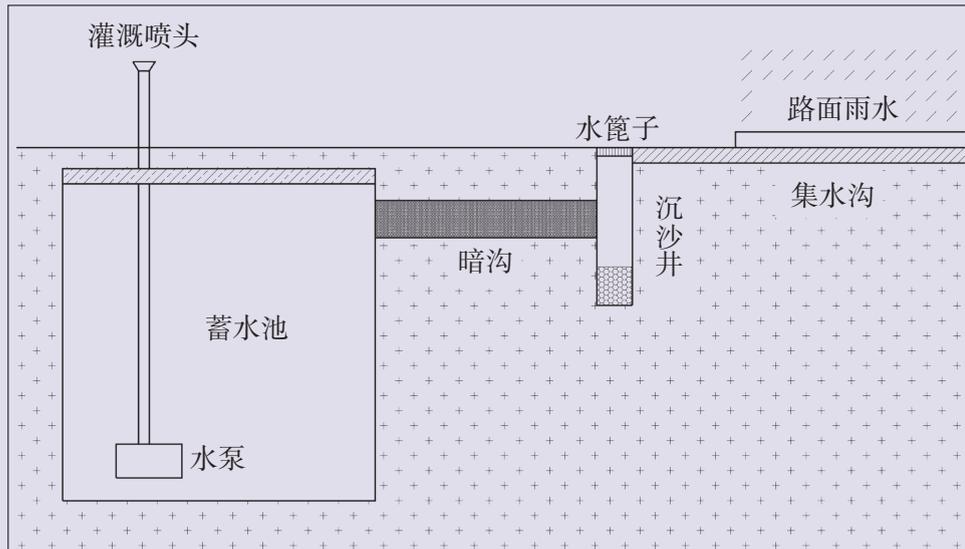


图3-41 雨水收集系统

## 2. 雨水净化。

路面雨水中会带有泥沙和垃圾，对雨水净化时，首先使雨水经过水篦子进入沉沙井，经初步过滤后，再流入暗沟进一步过滤、净化。过滤、净化方式是在暗沟内部按照水流动方向，依次填充渗透系数递减的粗砾、沙砾、石英砂对雨水进行过滤、净化。暗沟除了具有雨水净化的功能之外，还有排水的功能，是连接沉沙井与蓄水池的唯一途径。水流是否畅通，与暗沟设计有很大的关系。设计小组成员分别提出了3个暗沟设计方案。

方案一：暗沟设计呈柱体状，水平设置与蓄水池上部连接（图3-41）。

方案二：暗沟底部呈一定坡度向下逐渐扩展，与蓄水池相连（图3-42）。

方案三：暗沟向两侧逐渐扩展（图3-43），底部呈一定坡度向下逐渐扩展与蓄水池相连。

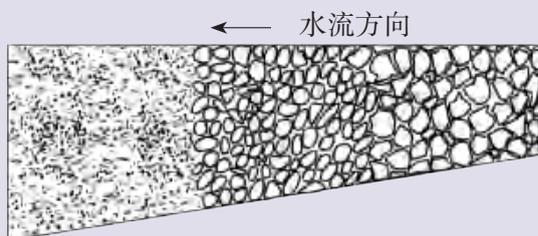


图3-42 暗沟竖直剖面

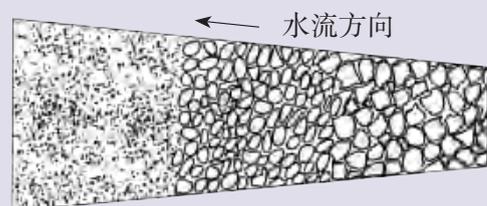


图3-43 暗沟水平剖面

大家对3个方案进行分析比较，认为方案一只考虑了暗沟与蓄水池的连接，忽略了暗沟对水流的阻力。方案二中暗沟设计的底部有一定的坡度，有利于雨水流向蓄水池。同时还考虑了填充物对水流的阻力，设计增大了暗沟的横截面面积。方案三暗沟设计横截面面积更大，比方案二更优。所以决定采用方案三进行设计。

### 3. 雨水存储。

为了不影响绿地的景观，在地下设置蓄水池，蓄水池体积大小根据四周路面面积、降水量等因素来确定。

### 4. 雨水利用。

在蓄水池下面设潜水泵，当需要灌溉时将收集的雨水抽到地上，用于绿地的灌溉。

初步设计方案完成后，同学们再一次讨论研究，对系统加以改进。由于当地夏天雨量特别大，容易造成蓄水池溢水，于是在蓄水池上安装水位监控系统。当蓄水池水位过高时，则开始排水，利用于公厕冲洗等。

## 立即行动

试从“简单的雨水收集系统方案设计”中理解简单系统设计的基本方法，并填写在表3-11中。

表3-11 系统设计的基本方法

明确设计总体目的及要求		
调查研究，进行基本的设计分析		
系统的设计	系统整体组成	
	子系统的设计	
	系统总体技术设计	
系统的优化		
系统的评价		

## 二、简单系统的设计

### 实践

#### 气垫船模型设计及制作

##### 目的及要求

●通过具体的设计活动，进一步理解和运用系统设计的基本方法，增强运用系统思考和工程思维解决实际问题的能力。

- 绘制简单的设计图纸。
- 以小组为单位，分工合作完成。每3~5人为一组，明确任务分工及设计时间进度。

##### 设计过程

- 设计目标及要求。

讨论并列出具体的总体目标和具体性能指标。

- 调查研究，收集相关资料。

1. 了解设计对象可利用的资源、条件。
2. 收集、整理有关技术资料。

- 设计初步方案。

1. 综合考虑。
  - (1) 每个子系统的功能、子系统和系统整体的相互联系。
  - (2) 各元素选择、比例和配置（船壳、电动机、螺旋桨、电池等的选择）。
  - (3) 周围环境和条件对系统的制约。
  - (4) 安全、环保因素，避免设计的隐患及系统对人体健康和环境的不良影响。
  - (5) 节能、经济原则。
2. 绘制气垫船模型的简单设计图纸，有条件可运用计算机软件CAD绘制。
3. 列出所用材料（器材）清单。

- 收集意见，优化设计方案。

##### 评价与小结

1. 以班级为单位，分别对各小组的设计方案进行评价。



表3-12 设计方案评价参考

评价指标	小组自评	小组互评	教师评价
团队合作			
功能实现			
元素选择、比例和配置			
安全、环保			
经济、节能			
美观			
设计特色（创意）			
设计图纸			
其他			

说明：①师生共同讨论列出评价指标，并对评价指标进行细化、完善。②为不同的指标确定不同的权重。

2. 比较各小组的设计方案，分别列出各个方案的优点和不足，并提出改进建议。

表3-13 各小组设计方案的评价

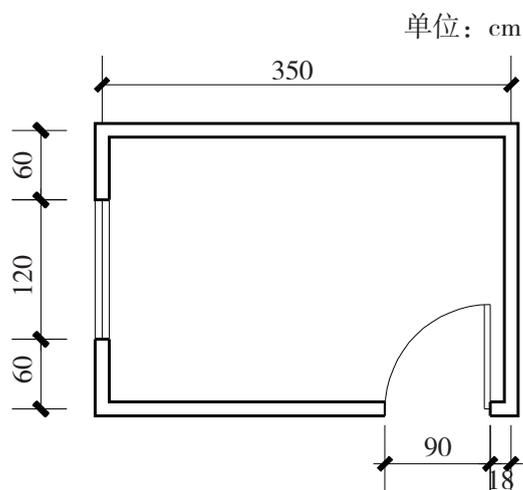
方案序号	优点（创新）	不足	改进建议

## 习 题

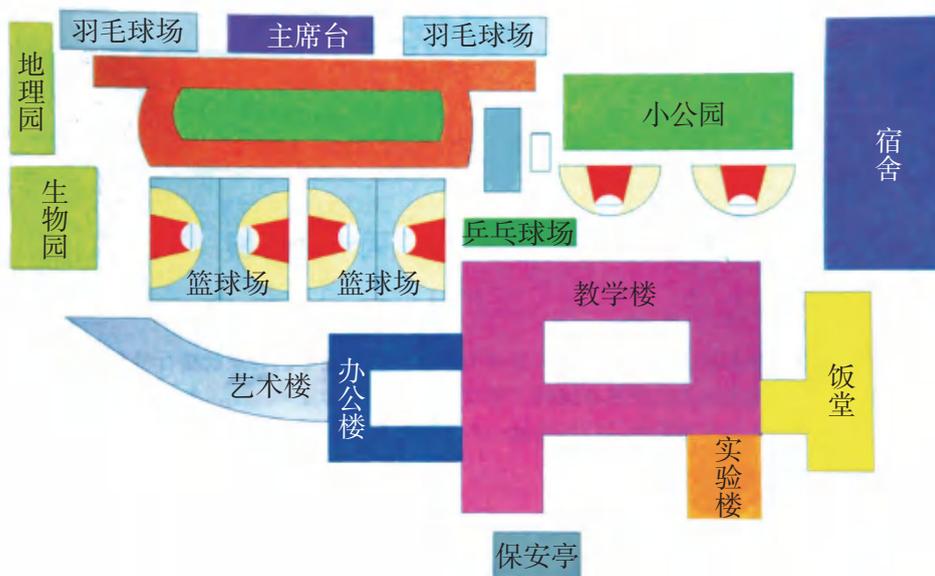
1. 下图为一个房间的平面图，要在其中摆放床、写字台、书柜、衣柜等家具（尺寸附后），请合理安排摆放位置（在图中标明），并说明这样摆放的合理性。

（各家具尺寸：①床 $200\text{cm} \times 100\text{cm}$ ；②写字台 $100\text{cm} \times 60\text{cm}$ ；③书柜 $80\text{cm} \times 40\text{cm}$ ；④衣柜 $120\text{cm} \times 60\text{cm}$ ）

2. 下图是某校园的布局设计图，你觉得合理吗？如有不合理之处，请说明理由并进行设计优化。



第1题图



第2题图

3. 设计并用木板制作一个三叶形（或者香蕉形）回旋镖（飞去来器）。



第3题图

## 综合学习活动

1. 通过理解系统的含义，分析并解答下面的问题：

(1) 剪刀、石头、布并列放在一起，这三样物品构成了一个系统吗？为什么？在“剪刀、石头、布”的游戏中，剪刀、石头、布是构成游戏系统的要素吗？为什么？

(2) 如果把自行车的中轴、链轮、脚踏、链条、飞轮等堆放在一起，这些堆在一起的零部件是一个系统吗？为什么？在一辆自行车中，前述的零部件能构成自行车的子系统吗？为什么？

2. 俗话说，一把钥匙开一把锁。试以一把弹珠锁为例：

(1) 分析系统的基本构成。

(2) 结合上锁、开锁的过程，探究系统的主要特性。

3. 一个光缆埋设工程要求中央控制室W与6个控制点相连，控制室和控制点的位置与它们之间的距离（单位：km）如图所示。施工单位计划采用星形组网方案，每个控制点分别通过一根光缆与中央控制室直接连接。请提出优化改进的方案，使光缆用料的总长度最短，具体说说你的做法。

4. 以下的案例蕴含着怎样的系统观点？你从中得到了什么启示？

三江源地区地处青藏高原腹地，是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地。三江源地区曾是水草丰美、湖泊星罗棋布、野生动物种群繁多的高原草甸区，被称为“生态处女地”。近年来，随着全球气候变暖，冰川、雪山逐年萎缩，湿地面积减少。还由于在人类活动区域，持续的过度放牧、河谷采金、草坡挖药，使草原大面积退化与沙化，部分区域出现严重水土流失、土壤养分供给能力下降。生物多样性受到破坏，一些珍稀野生动物濒临灭绝。

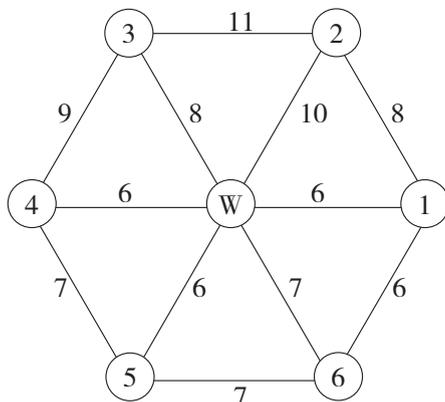
为了遏制三江源地区生态环境的恶化，2005年建立了三江源国家级自然保护区，青海省实施了三江源生态环境保护与治理总体规划，开展了退牧还草、退耕还林、湿地保护、草地综合治理、生态移民等十大工程。十年保护治理取得了初步成效，水资源增加了80亿 $m^3$ ，草地产草量整体提高了30%，野生动物种群数量比往年明显增加。

提示：可从以下方面思考。

(1) 造成三江源生态环境恶化的因素是什么？其中哪些属于系统内部因素？哪些属于系统外部环境因素？

(2) 试分析过度放牧与生态环境恶化的关系，为什么要退牧还草、退耕还林？

(3) 实施对三江源生态环境的保护与治理已取得初步成效，说明了什么道理？



第3题图

5. 设计并制作一具开普勒折射式天文望远镜。要求:

(1) 望远镜除了主镜筒外, 还要有寻星镜和支架。

(2) 口径 $\geq 6\text{cm}$ 。

(3) 倍率 $30\times\sim 70\times$  (可观察到月球表面的环形山、月海; 观察条件好时可见土星上的环带)。

(注意: 万万不可通过望远镜直接观看太阳, 否则你的眼睛将瞬时被灼伤, 导致永久性失明!)

6. 学校乒乓球室灯光及电气系统设计。要求:

(1) 场地的照度、照度均匀度、光源、眩光指数按照《体育场馆照明设计及检测标准》设计。

(2) 设计符合业余比赛、专业训练要求。

(3) 遵守《建筑照明设计标准》, 确保电气线路的安全。

(4) 使用方便, 维护、维修方便, 符合一定的审美要求。

7. 地球是人类美好的家园, 但是现代人高碳消费的生活方式, 导致全球气候变暖和环境恶化。保护环境, 拯救我们共同的家园, 需要大众的积极参与。在校园开展一次“跟随碳的足迹, 减少碳的排放”的主题活动。

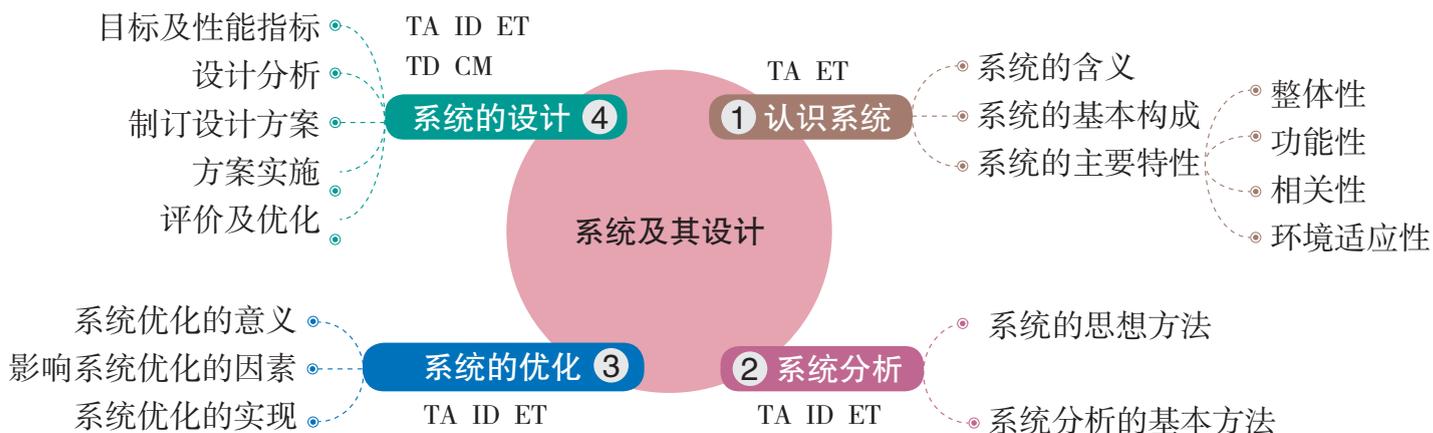
(1) 查阅资料, 了解低碳生活的背景与意义。

(2) 调查所在学校在用电、用气、用水和回收等几个主要环节有没有存在浪费 (或不合理消费) 现象? 这些现象会增加多少碳的排放量?

(3) 对造成上述浪费 (或不合理消费) 的水、电、气、回收设施及管理方法, 提出优化改进意见。

# 本章回顾与评价

## 一、学习内容梳理



说明：TA—技术意识，ID—创新设计，ET—工程思维，TD—图样表达，CM—物化能力

## 二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
从技术应用的角度理解系统的含义和基本构成			
通过对简单技术系统的分析，理解系统的主要特性			
结合实例进行系统分析，学会系统分析的基本方法			
理解系统优化的意义，通过技术探究，分析影响系统优化的因素			
初步学会简单系统设计的基本方法，增强系统思考和工程思维能力			
说明：A—优秀，B—良好，C—合格，D—待改进			

通过本章的学习，你的核心素养得到了哪些发展？

---



---



# 第四章 控制及其设计

控制是一门综合性学科，控制和控制系统在人们的生活和生产中有广泛的应用，学习控制及其设计的知识，了解不同类型的控制，理解控制系统中控制的目标、控制的过程和控制的机制等的含义，有助于发展我们良好的逻辑思维及运用控制方法解决问题的能力。

## 学习目标

- 理解控制、控制系统的含义及其在生活和生产中的应用。
- 了解手动控制、自动控制和智能控制的特点。
- 熟悉简单开环控制、闭环控制的基本组成和工作过程，了解反馈的基本原理。
- 理解控制系统中控制器、执行器和被控对象等的作用，能用方框图对一个控制系统进行表达。
- 能够分析简单的被控对象的基本特征，确定被控量、控制量。
- 能进行简单的控制系统的设计，并制作一个简单的控制装置，能够对设计方案进行优化。
- 了解简单的干扰现象及其对控制功能的影响，了解克服干扰的基本方法。



### 材料准备

所需材料如图4-2所示。

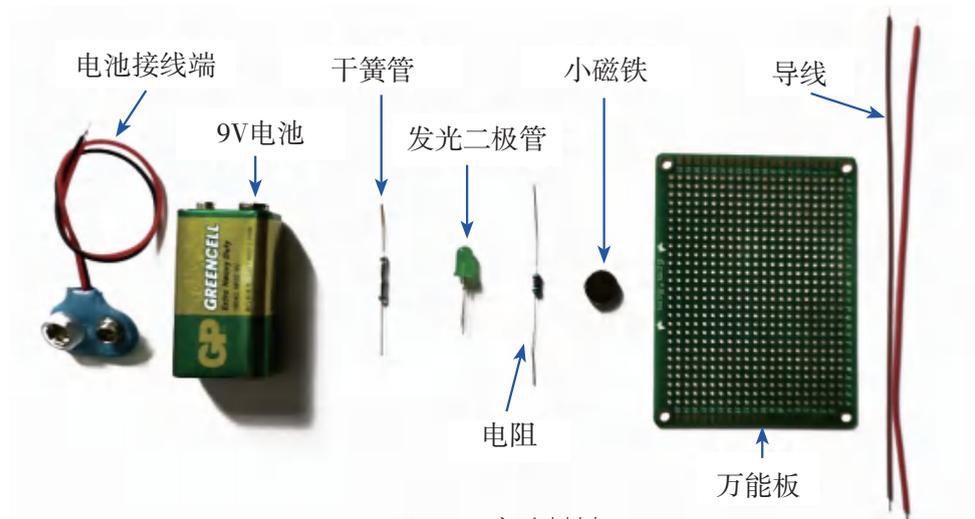


图4-2 实验材料

### 实验工具

电烙铁，焊锡丝。

### 实验步骤

按图4-3将元器件焊接在万能板上，然后用小磁铁靠近干簧管，观察发光二极管的变化。

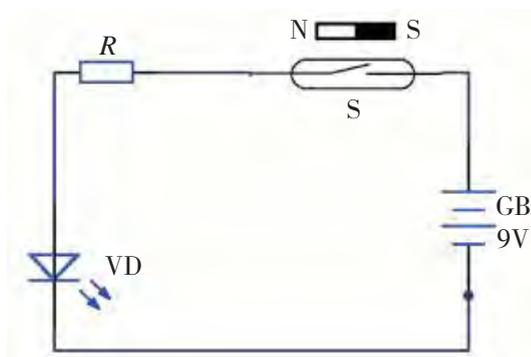


图4-3 实验电路图

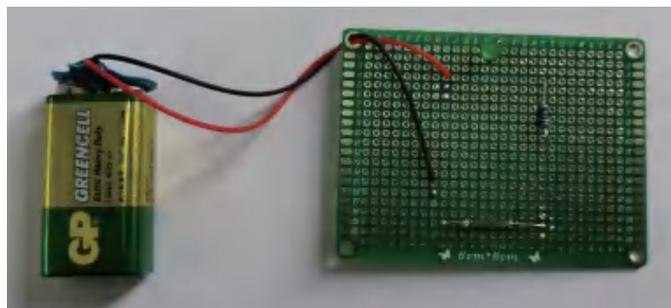


图4-4 实物图

### 讨论

1. 如果将本实验改为一个电风扇的控制电路，你认为应该怎样改？
2. 该实验可否改为房门或窗户的开关报警电路？
3. 查阅资料，了解干簧管的多种应用，体会电子控制技术的丰富多彩。

控制并不只出现在高精尖的应用上，我们经常可以听到“控制情绪”“控制温度”“控制速度”等说法。在日常生活中，我们都在有意或无意地进行着控制：如骑自行车时，如果车速太快，我们会刹车使车速慢下来（图4-5）；当室内温度太高时，我们可以打开空调，使室温变得更加舒适（图4-6）等。

实际上，如果我们希望某一事物按照自己的意愿发展，就要对其进行干预，这样根据自己的目的，通过一定的方法使事物向着期望的目标发展，就形成了控制。



图4-5 骑自行车



图4-6 调节空调的温度

人类利用控制技术为自身服务已有很长的历史。例如，古老的辘轳（图4-7）和操控它的人构成一个控制系统，它在人的操控下可将水从水井里提升上来。

在现代社会的生产和生活中，控制无处不在，并在各行各业中发挥着巨大的作用（图4-8至图4-11）。



图4-7 辘轳



图4-8 汽车自动化生产线



图4-9 温室大棚



图4-10 机器人



图4-11 遥控玩具飞机

射箭是一项既古老又现代的体育运动（图4-12）。射箭时，运动员的脑子里会确定期望的目标（靶心），然后根据场地的情况及自己的经验，通过手臂控制弓箭，将箭射出。

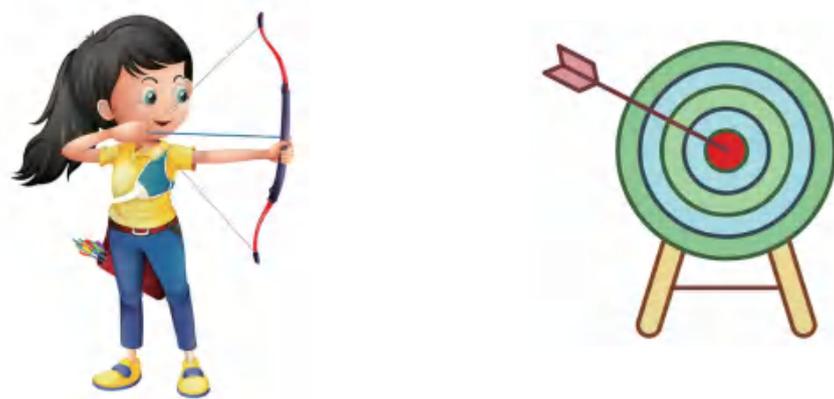


图4-12 射箭

### 思考

1. 射出的箭能否落在靶心，主要取决于哪些因素？
2. 射箭时，风是否会对箭的飞行造成干扰？

### 案例

1. 很多同学家中都有电饭煲，它的工作原理是煮饭开关被按下时，衔铁被顶上移，在较强的磁力作用下，衔铁与感温磁钢吸合，联动杠杆的触头开关闭合，电源与电热盘连接，开始对食物加热。当电饭锅内的水蒸发掉，锅底的温度为  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  时，磁钢的吸引力迅速减弱，当衔铁受到磁钢的吸引力小于弹簧所给的弹力时，衔铁就会被弹簧推开，并在重力的共同作用下往下掉，进而推动杠杆逆时针转动，这时顶在触头开关下的弹簧片下移，使弹簧片上的触头断开，电源与发热盘的连接断开，电饭煲完成煮饭。

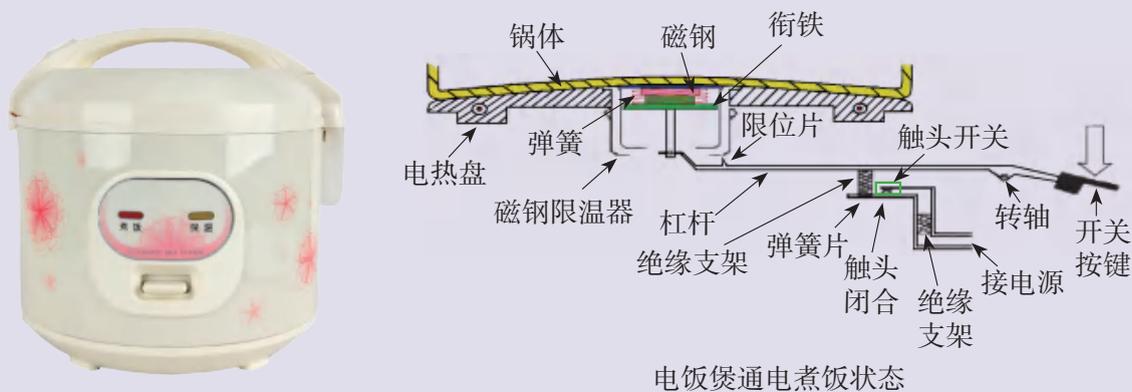


图4-13 电饭煲及温控结构

2. 控制技术在军事上也有着广泛的应用。图4-14是一种红外制导的导弹。所谓红外制导就是对目标辐射的红外线进行跟踪和测量，控制导弹飞向目标的技术。导弹上的红外位标器（导引头）接收目标辐射的红外线，经信息处理后得出目标的位置参数信号，控制导弹飞向目标。



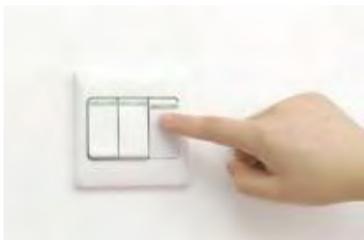
图4-14 红外制导导弹

### 立即行动

1. 在射箭和红外制导导弹的例子中，都涉及命中目标。从控制的角度看，你认为哪个命中目标的概率更大，为什么？
2. 列举一些关于控制的例子，描述它们的控制过程。

## 二、手动控制

如果控制的过程必须在人的直接干预下才能完成控制任务（如射箭、鼠标控制等），我们称之为手动控制。



开关电器



开关水龙头



开车



画画

图4-15 手动控制

手动控制是我们最常用的一种控制方式，它的特点是结构相对简单，成本也较低。由于手动控制需要人直接或间接的干预，所以控制的效果往往与控制者的技能高低、心理状态、生理状态、外部环境等因素有较大的关系。但由于人的高度智能，手动控制又能完成很多其他控制方式不能完成或很难完成的任务，如在复杂环境下汽车、飞机的驾驶等。

### 立即行动

1. 请列举生活中关于手动控制的应用案例。
2. 自动感应水龙头是当人手靠近时才会自动出水的，所以属于手动控制。你认为这种说法对吗？为什么？

## 三、自动控制

如果控制过程不需要人的干预，就能达到期望的控制效果，则称为自动控制。

红外制导导弹和电冰箱的温度控制，都属于自动控制系统。



扫地机器人



全自动洗衣机

图4-16 有自动控制系统的产品

自动控制的过程不需要人的干预，可以代替人们完成很多工作，从而减轻人们的劳动强度，所以自动控制系统被广泛应用于人们的日常生活中，如扫地机器人、全自动洗衣机（图4-16）等。但自动控制系统的结构往往比较复杂，同时由于人类科学知识和技术水平的局限性，一些复杂的控制也很难完全由机器完成。

### 立即行动

1. 你认为目前哪些控制行为很难由机器自动完成？



## 立即行动

1. 上网搜索有关智能控制的进展及其涉及的学科。
2. 机器人是一个复杂的控制系统，随着计算机技术、人工智能科学的发展，机器人的功能将越来越强大，你对未来的机器人有什么看法呢？

## 五、开环控制和闭环控制

同学们可能都玩过“画鼻子”游戏（如图4-18），参加的同学需要在画像前几米的地方蒙住眼睛，然后走向画像，用手中的笔为画像画上鼻子。

这个游戏实际上就是一个控制的过程。在游戏中，如果不蒙住双眼，我们就可以通过眼睛随时将自己的行走路线和手的位置反馈给大脑，大脑将希望的结果与实际情况进行比较，如有偏差，便调整手脚的动作及时纠正，所以很容易画得准确。而蒙住双眼，我们就不能将前进路线和手的位置反馈给大脑，想把鼻子画在准确位置上就非常困难。



图4-18 “画鼻子”游戏

能将控制的结果反馈回来与期望值进行比较，并根据它们的误差调整控制作用的控制过程，称为闭环控制。而不能将控制的结果反馈回来影响控制作用的控制过程，称为开环控制。将控制结果反馈回来的部分，称为反馈环节。

### 案例

1. 我们在使用电脑时，通常用鼠标进行操作，我们利用眼睛观察鼠标的光标，根据实际需要，通过控制鼠标的移动将光标移到相应位置。



图4-19 用鼠标操作

2. 我国的北斗定位系统和全球卫星定位系统GPS (global position system) 都能提供精确的地理位置信息, 在航海、航空和城市交通中有着广泛的应用。如果开车前往一个不熟悉路线的地方, 利用北斗定位系统或GPS导航, 就可以相对容易地到达目的地。



图4-20 北斗系统



图4-21 利用GPS导航

## 立即行动

1. 根据开环控制和闭环控制的定义, 指出控制鼠标、红外制导和单次火箭分别属于哪类控制, 它们的反馈环节是由什么组成的?
2. 在人类活动中有很多控制行为, 举出分别以眼、耳、鼻、皮肤(触觉)为反馈环节的控制例子。
3. 有人说, 在射箭时, 箭射出后, 射箭者的眼睛可以将箭的飞行路线反馈给大脑, 所以射箭的过程属于闭环控制, 这种说法对吗? 为什么?
4. 分别列举几个开环控制和闭环控制的例子, 并比较它们的优缺点。
5. 闭环控制都是自动控制吗? 请举例说明。
6. 手动控制都是开环控制吗? 请举例说明。

闭环控制过程中由于能对控制进行不断修正, 所以一般能够得到较好的控制效果。但闭环控制中存在反馈环节以及要进行反馈量与期望值的比较运算, 所以结构较为复杂, 成本也较高。当对控制的精度要求不高或组成系统的器件稳定性较高时, 采用开环控制也能得到预期的效果。如家用电风扇的转速控制、房间电灯开关的控制等, 都属于开环控制。

## 知识窗

### 喷墨打印机中打印头的位移控制

打印机(图4-22)可以打印出精美的图文, 是由打印头在打印过程中不断移动而将图文一点点“描绘”出来的。可见, 确保打印头在打印过程中精确地移动至关重要。驱动打印头移动的是一种称为步进电机的器件, 这种电机每输入一个脉冲信号, 它就精确地转动

一个固定的角度，通过相应的转动装置，可使打印头做精确的位移。步进电机在绘图仪、机器人、数控设备等方面都有广泛的应用。

由于步进电机的转动角度与输入的脉冲数有精确的对应关系，在确定了步进电机的初始位置后，不需要反馈环节也能获得精确的控制效果。



图4-22 喷墨打印机

## 习 题

1. 工业革命和控制技术有什么关系？请查阅相关资料，谈谈你的看法。
2. 什么是智能控制？请举例说明。
3. 自动控制一定是闭环控制吗？请举例说明。
4. 如果将射箭训练及比赛作为一个控制过程，从控制技术的角度分析这个过程是属于开环控制还是闭环控制？为什么？

## 第二节 控制系统的组成和描述

对卫星进行控制的任务是由测控站完成的，测控站直接对卫星等航天器进行跟踪测量、遥测、遥控和通信等，它将接收到的测量、遥测信息传送给航天控制中心，根据航天控制中心的指令与航天器通信，并配合控制中心完成对它们的控制。除此之外，测控站也可根据规定的程序独立实施对航天器的控制。

测控站的设备包括外测系统、遥测系统、遥控系统、通信系统、电视系统、时间统一系统、计算机系统以及其他辅助设备。可见，对卫星等航天器的控制是由一个非常庞大的控制系统完成的。

其实，我们的生活中也存在很多不同的控制系统，不同的控制系统有不同的组成、结构和控制过程，以达到不同的控制目的，如电灯控制系统、交通控制系统等。

### 导学思考

测控站控制系统由哪些部分组成？它是如何工作的？你能按照绘制流程图的方法对测控站控制系统进行表达吗？

### 一、控制系统的组成

一个控制过程的实现，往往要经过若干个环节，这些环节构成了一个系统，所以我们可以把它看作一个控制系统。

通过前面的学习，我们知道控制系统是多种多样的。为了方便对控制系统进行分析和描述，可用方框图的形式描述一个控制系统。在单次射箭和骑自行车的例子中，如果将人也看作系统中的一部分，则可分别用图4-23、图4-24描述它们的控制过程。



图4-23 射箭的控制过程

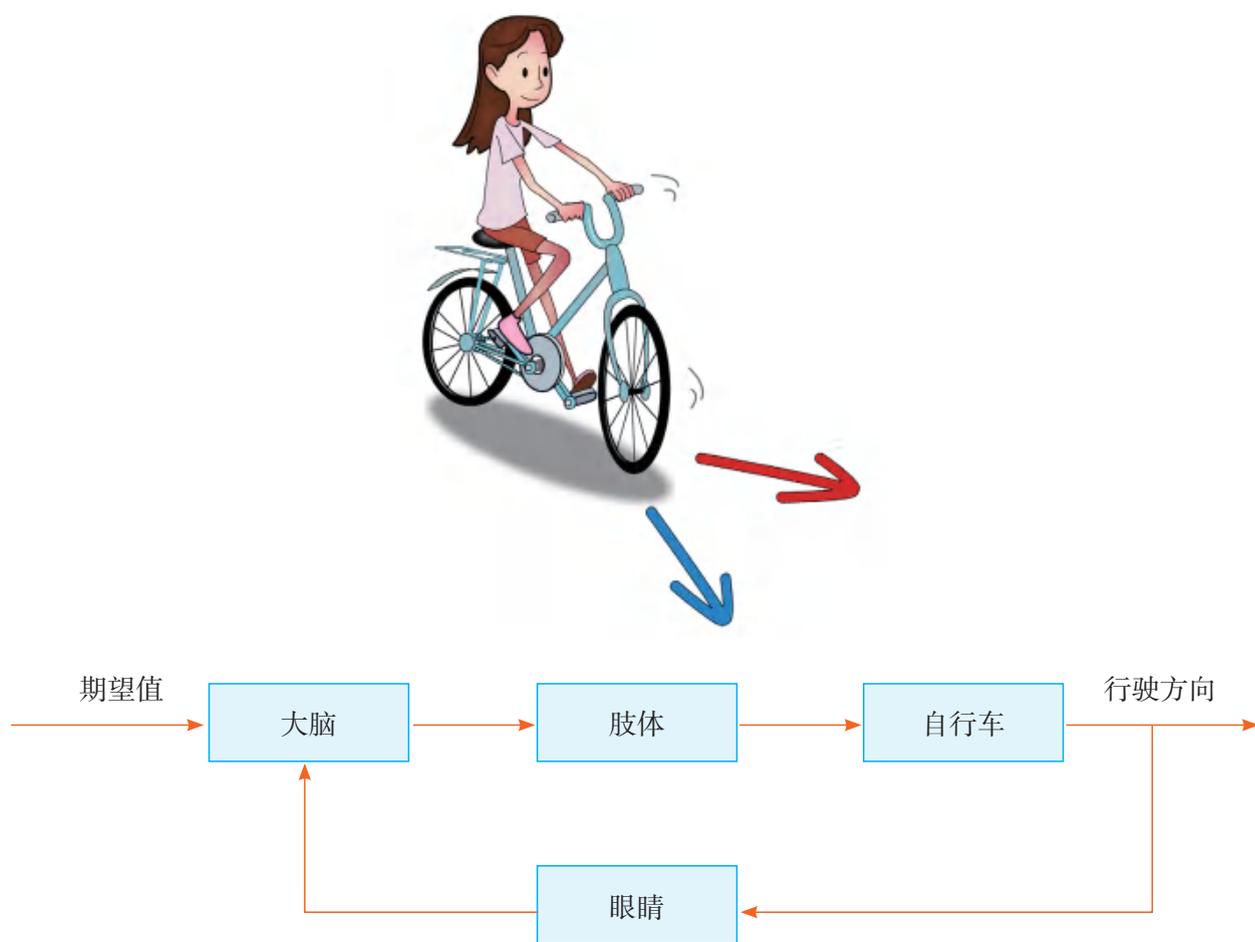


图4-24 骑自行车的控制过程

在图4-24中：期望值（即基准量，又叫给定量）——道路的方向；大脑——比较器和控制器；肢体——执行器；自行车（主要是指车头）——被控对象；行驶方向——被控量；眼睛（包括神经传输系统）——反馈环节。

比较图4-23和图4-24可以发现，后者在结构形式上比前者多了一个将实际行驶方向反馈到输入端的反馈环节，即人的眼睛。正是由于有了眼睛这个反馈环节，才可以保证骑车人使自行车始终行驶在正确的道路上。由于反馈环节的存在，使图4-24在信号的流动上形成一个闭合回路，这也是该类控制被称为闭环控制的原因，反馈环节是闭环控制的必要条件。

图4-23和图4-24都是对一个具体的控制实例进行的描述。控制系统具有多样性，如果将每个控制系统都用这样的方法来描述，每个方框图的具体内容会有很大的不同，这会给人们分析和描述控制系统带来很多不便。能不能用一种更统一的形式表示各种控制系统呢？

## 立即行动

如果将你的身体看成是一个控制系统，在你从书架上拿一本书的过程中，身体各部位分别发挥了什么功能（表4-2）？如果还需要去搬一张凳子，结论会有什么变化？

表4-2 拿书时身体各部位的功能

控制系统	发挥对应功能的身体部位
发出命令	
执行命令	
控制的作用对象	
反馈环节	

在工程领域，控制系统的控制过程与人进行控制的过程是相似的，两者都有控制指令的发出者、控制指令的执行人，如果是闭环控制，则还存在反馈环节。可见不管控制系统的目的有多么不同，它们的基本架构是相似的，因此我们引入了控制器、控制量、被控对象、被控量等概念。

在图4-23和图4-24中，人的大脑都是控制命令（信号）的发出者，我们将这一部分称为控制系统的控制器。

控制系统都有确定的控制目的。骑自行车要控制的是自行车的前进方向；射箭的目的是控制箭飞向我们期望的落点。所以自行车的行驶方向、箭的落点就是这两个控制系统中的被控量。

自行车在前进过程中由于路况等因素的变化，其方向是不断变化的，要使自行车按照期望的方向前进，需要对自行车进行控制；而在射箭的例子中，箭的落点是通过射箭的控制来实现的。自行车和箭就是这两个控制系统中的被控对象。

很多时候控制器发出的命令并不能直接对被控对象产生影响。如在骑自行车和射箭的过程中，大脑发出的生物信号，并不能直接影响自行车或箭的状态，在射箭中要通过肢体和弓去控制箭，在骑自行车时要通过肢体去控制自行车。这种将控制器发出的信号转换成能影响被控对象的信号的装置，称为执行器。图4-23和图4-24中，人的肢体和弓就是执行器。

执行器能够控制自行车和箭的状态，实际上是对它们施加了一定的力。这种能对被控对象产生作用，从而使被控量发生变化的量，称为控制量。



## 立即行动

目前，自动感应门（图4-27）的使用已较为广泛。自动感应门本身配置的感应探头通过红外线信号或者微波信号来感应是否有人靠近。当感应到有人靠近时，门会自动打开，感应到人离开后，门又会自动关闭。

请写出自动感应门控制系统的控制器、执行器和被控对象，并画出该控制系统的方框图。



图4-27 自动感应门

## 知识窗

### 计算机控制系统

计算机控制系统是融合计算机技术与工业过程控制为一体的综合性技术。在计算机控制系统中，控制器都是由计算机担任的。计算机控制系统有许多优点：可通过对计算机程序的设计，方便地实现各种控制算法；利用数字信号处理技术，可以大大提高测量环节的灵敏度，使系统可以感知更微弱的信号变化；利用计算机的高速运算能力，系统的响应将更加迅速；可以同时处理多路信号。所以利用计算机可以实现更为复杂的控制系统。当然，并不是只有大型系统才使用计算机控制技术，其实小到电子玩具，我们也可以看到计算机控制的身影。

### 模糊控制

1965年，一位名叫查德（Lotfi Asker Zadeh）的美国数学家（图4-28）提出了“模糊逻辑”理论，它不是对事物作简单的肯定或否定，而是用从属程度来表示不精确的值（概念）。模糊逻辑很接近人对一些事物的感受，例如对“高温”这个概念， $37^{\circ}\text{C}$ 应算高温，所以对高温的从属程度为



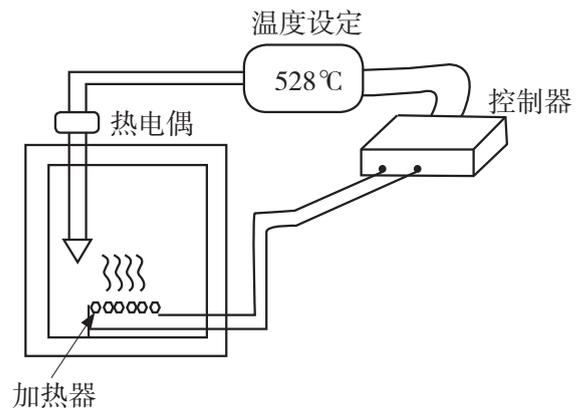
图4-28 数学家查德

1; 而 $18^{\circ}\text{C}$ 不能算高温, 所以对高温的从属程度为0;  $28^{\circ}\text{C}$ 不高也不低, 对高温的从属程度可定为0.4;  $35^{\circ}\text{C}$ 接近高温, 对高温的从属程度可能为0.8。

把模糊逻辑用在控制上, 就是模糊控制。模糊洗衣机能模拟人的直觉实现判断, 确定洗涤时间; 模糊空调更能善解人意, 它能测出房间的大小, 室内外温度、湿度的变化, 决定工作的停启时间, 使室内保持舒适的温度, 而且它的耗电量更低。另外还有能根据地面灰尘多少而自动确定吸力大小的模糊吸尘器, 能根据米量和水量自动确定煮饭的功率和时间的模糊电饭煲等, 能根据洗碗槽内装有多少碗碟和油污程度自动确定洗涤水量和时间的模糊洗碗机等。

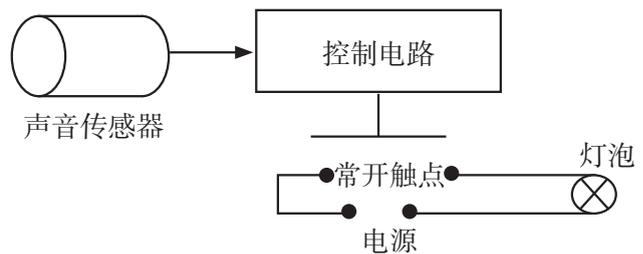
## 习 题

1. 如图所示是加热炉的控制温度系统示意图, 你认为该系统属于什么控制系统? 请画出该系统的控制方框图, 并在框图中分别标出各部件的名称。



第1题图

2. 下图是声控灯系统组成示意图, 根据你的理解描述它的工作原理。如果让你设计其中的控制电路, 你认为该电路应该有哪些功能?



第2题图

3. 很多停车场都设有汽车道闸装置, 常见的有取卡进场、刷卡进场和车牌自动识别进场3种模式, 请描述这3种进场模式的工作流程, 画出它们的控制框图, 并说明它们的控制类型。

## 第三节 简单控制系统的设计

饮水机是人们日常生活中常见的设备，一般的饮水机设计简洁、操作简单，实用性强，但有些饮水机的设计没有考虑到儿童在使用时，可能会误操作将热水阀门打开而导致其被烫伤的情况。某公司的饮水机设计师为了解决这个问题，为饮水机多加了一个开关，这个开关称为热水锁，在取热水时，必须先按热水锁，然后再打开热水阀，饮水机才能出热水。关闭热水阀后，热水锁自动复位，下一次取水重复上述动作。由于增加了取热水的操作环节，大大降低了由于儿童误操作造成的伤害。可见，一个简单的控制，也可解决很多实际问题。

### 导学思考

观察身边的事物，你能设计一个简单的控制系统，从而改善系统的功能吗？

### 一、控制系统设计概论

控制系统设计是工程设计的一个特例，所以我们在前面学习的设计基本原则仍然适用。

第一步，确定控制目的。如速度控制系统是为了达到理想的速度，温度控制系统是为了获得合适的温度等。

第二步，确定系统的被控量，即控制系统要控制什么。一般情况下，系统的控制目的就是系统的被控量。如速度控制系统的被控量是速度，温度控制系统的被控量是温度。但有些控制系统的控制目的与系统的被控量可能不同，如为了控制某种化学反应的反应速度，我们可能控制的是反应时的温度；为了减少（控制）高速公路上的交通事故，我们可能控制的是公路上的车速。所以，在明确控制目的的同时，要认真分析为达到控制目的，我们实际需要控制什么量，这就是被控量的确定。

第三步，明确系统各项指标。如控制的精度要求、控制的适应性要求（涉及是自动控制还是手动控制）及系统的造价等。

第四步，根据前面的要求和参数，确定控制系统的结构。我们可以根据需要进行开环或闭环控制系统。执行器的选择与被控对象有关，如对电机进行速度控制的系统，由于被控对象就是电机，所以执行器可以是继电器；如在温度控制系统中，产生温度的部件可能是电热丝、灯泡甚至燃气装置。这些都可以作为产生热量的被控对象，对应的执行器可以是继电器或燃气控制阀等。

第五步，建立系统各环节的模型。大型、复杂的控制系统分析和仿真都依赖于模型的



管组成“8”字形的每一段，1个发光二极管组成一个小数点。这8个发光二极管的连线如图4-30所示，各段分别由字母A、B、C、D、E、F、G、DP来表示。

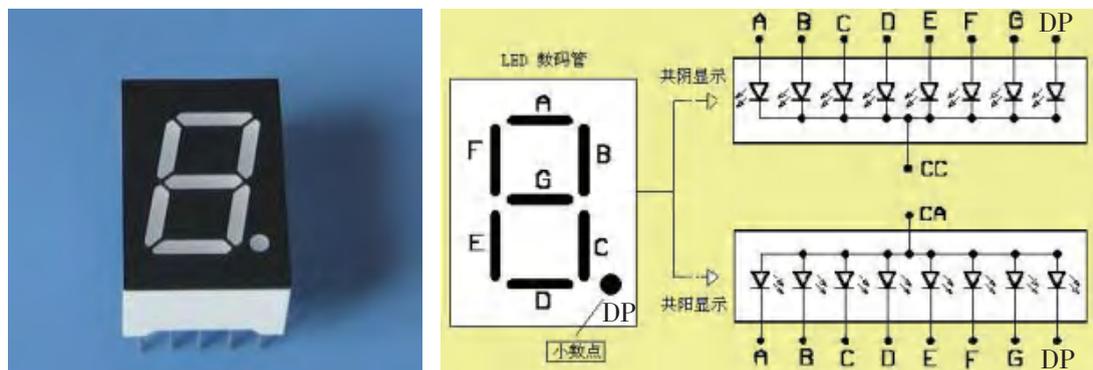


图4-30 单位数码管及接线图

当LED数码管特定的段加上电压后，这些特定的段就会发亮，以形成我们眼睛看到的字样了。如显示一个“2”字，那么应当是A、B、G、E、D亮，F、C、DP不亮。LED数码管的亮度有普亮和超亮等之分，也有0.5英寸、1英寸等不同的尺寸。小尺寸的LED数码管的显示笔画常由一个发光二极管组成，而大尺寸的LED数码管由两个或多个发光二极管组成，一般情况下，单个发光二极管的工作（发光）电压降为1.8V左右，电流不超过30mA。在LED数码管内部将发光二极管的阳极连接到一起的称为共阳数码管，发光二极管的阴极连接到一起的称为共阴数码管，这些连接在一起的引脚称为公共端。常用LED数码管可以显示的数字和字符是0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F等。

LED数码管使用方便，显示清晰明了，在各行各业中都有广泛应用（图4-31）。



图4-31 各类使用LED数码管显示的产品

### 1. 明确设计目的

一个实用的LED数码显示器通常由多位数码管组成，如图4-31，但该设计只使用一个数码管，通过适当的设计，完成0~9的显示。

### 2. 确定被控量及设计指标

我们采用LED作为发光元件，显示的数字是以光的形式展现，所以该设计的被控量就是LED数码管各段的亮度，且只有亮、灭两种状态。

### 3. 确定系统结构

通过上述步骤，我们就可以根据具体的要求来确定控制系统的结构。怎样控制LED数码管8个段的亮、灭是该设计的关键。控制系统有开环和闭环、手动和自动等形式，你决定采取哪种形式呢？

### 讨论

1. 你能写出几种实现方案？
2. 你的方案与其他同学的方案相比有哪些优点和缺点？
3. 你的方案可行吗？（如材料是否容易得到、加工是否容易、造价是否合理等）

### 4. 选择实现方法

让LED数码管显示特定数码最简单的方法就是采用机械开关进行手动控制。假设我们要显示数字“3”，且采用图4-30所示的共阳极数码管，由数码管各段的排列分布可知，显示“3”应使A、B、C、D、G段发光，所以开关与LED数码管的连接如图4-32所示。

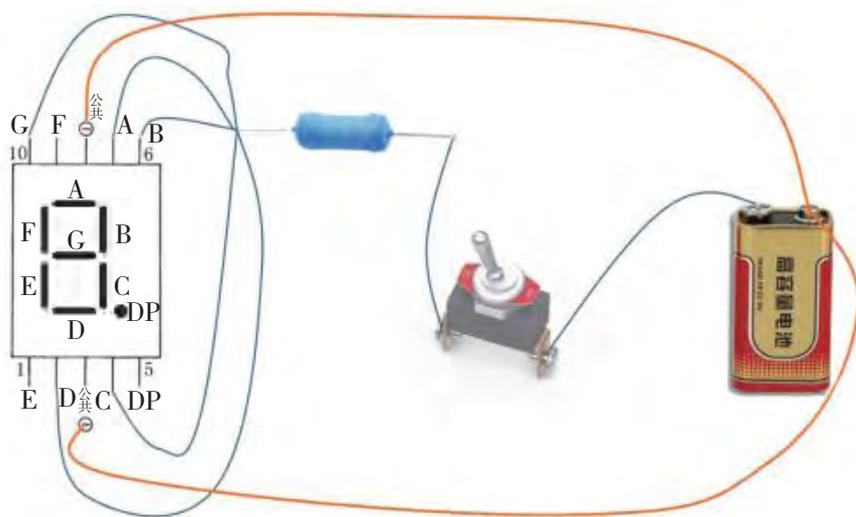


图4-32 显示“3”的连接图

## 实践

1. 自己动手设计连接能显示其他数字的控制电路。
2. 如果采用共阴极数码管，图4-32应怎样修改？
3. 根据图4-32，完成表4-4。

表4-4 数码显示控制系统

系统名称	控制器	控制量	被控对象	被控量	控制类型	控制方式
数码显示						

## 5. 部件模型及主要参数的确定

对一个复杂的控制系统，在确定了系统结构后，先要对系统中的各部分建立对应的数学模型，然后进行一些理论分析和仿真。当系统较为简单时，我们可以先通过简单的运算，得到一些必要的参数，然后用实验的方法调试，校正系统的工作状态，直到满意为止。

对于本设计，需要确定的参数是供电电源的电压和电阻的阻值及功率。对于红色LED数码管，正常发光的电压一般为1.8~2V，工作电流可取10mA左右，所以电源电压要大于2V，这里我们用较为常见的9V层叠电池。确定好供电电压后，就要计算电阻 $R$ 的阻值和功率。由于LED数码管的工作电压和电流的限制，我们不能把9V的电源直接接到LED数码管两端，这样会造成流过LED数码管的电流过大而使其损坏。这里的 $R$ 称为限流电阻。显示“3”字，共有A、B、C、D、G 5个段发光，如果每个段有10mA的电流，通过 $R$ 的总电流就是 $5 \times 10\text{mA} = 50\text{mA}$ ，取LED数码管工作时的电压降为1.8V，则

$$\text{电阻的阻值: } R = \frac{9\text{V} - 1.8\text{V}}{50\text{mA}} = 0.144\text{k}\Omega$$

$$\text{电阻的功率: } P_R = \frac{(9\text{V} - 1.8\text{V})^2}{R} = \frac{(9\text{V} - 1.8\text{V})^2}{144\Omega} = 0.36\text{W}$$

实际选取阻值为150 $\Omega$ 、功率为0.5W的电阻。

## 6. 验证、完成你的设计

确定了设计方案，并按选定的控制方法验证了各部分的工作后，就可以将它们组装起来。在《技术与设计1》中，我们学习了各种设计和交流的方法，应尽可能做到：

- (1) 用计算机绘制各部分的原理图及安装图。
- (2) 设计系统制作的工作流程。

(3) 协同工作，共同完成整个设计。

### 7. 评估你的设计

完成设计后，为了测试系统设计是否达到预期目的，还需要从以下几个方面进行评估：

- (1) 系统是否安全、可靠？能否按设计的要求工作？
- (2) 其他同学对你的设计有什么看法？
- (3) 整个系统的造价是多少？
- (4) 如果你有更多的时间，你会对其做哪些改进？
- (5) 为你的设计写一份使用说明书。

### 8. 优化你的设计

上面的设计对我们学习和理解LED数码管的工作原理和工作方式很有意义，但由于一次连线只能显示一个数字，实际的应用价值有限。我们怎样将它做得更合理、更智能呢？这就要用到电子技术的一些知识，图4-33是采用4511专用集成电路控制1位数码管的原理图，这个电路可以通过4个开关的组合来控制数码管的显示，是不是比起前面的设计灵活性高了很多？

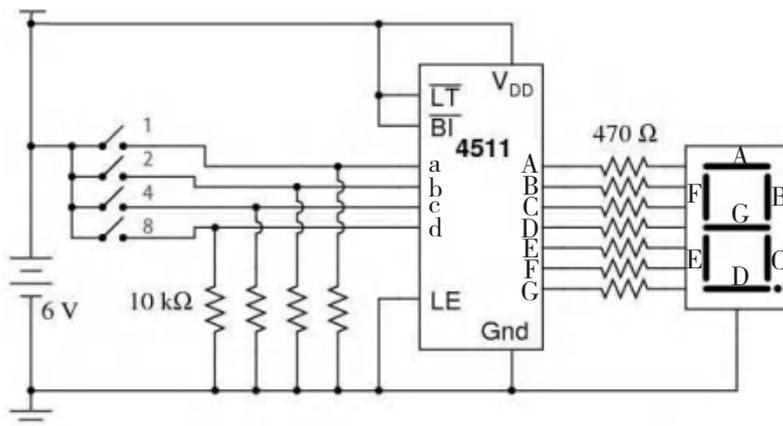


图4-33 4511数码管控制电路

#### 探究

1. 图4-33的数码管为什么不像图4-32那样只在公共端接一个电阻，而是在每一段都接有一个电阻？
2. 图4-33的数码管是共阳极还是共阴极的？

如果我们想使设计更具实用性、智能化，就要采用单片机进行设计。图4-34给出了采用AT89C51单片机控制的2位数码管显示电路，由于单片机可以通过软件编程控制数码管的显示，所以可以实现如电子钟、计算器、计数器等很多实用的功能，感兴趣的同学可以试一试。

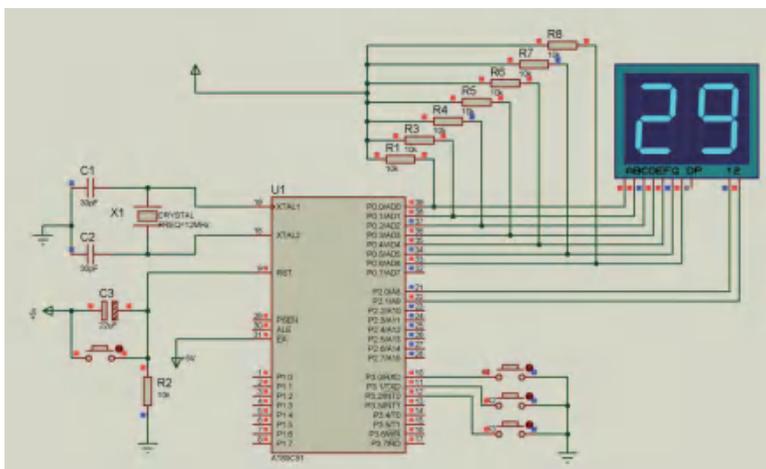


图4-34 单片机2位数数码管控制电路

## 习 题

1. 试着设计一个路灯自动开关控制系统，使路灯能够在黑夜自动打开，在白天自动关闭。
2. 给自行车设计一个里程计，写出你希望达到的功能和合适的设计方案。
3. 利用学过的控制及其设计知识，发挥自己的想象，设计一个有创意的、包含控制功能的物品。

## 第四节 控制中的干扰

人在踩自行车的时候，自行车的行驶速度会被各种干扰因素所影响。例如，逆风情况下自行车的行驶速度会降低，路面凹凸不平或者上斜坡时也会使其速度减缓等，所有这些干扰因素都会使自行车行驶速度偏离期望值，那么如何克服这些干扰呢？为此，某自行车生产厂家在自行车的缓冲、抗震、变速等方面做了改进，使得自行车能够轻松应对平路、上下坡、土路、顶风等复杂路况和天气，使人们的出行更加快速和省力。

控制系统的抗干扰设计，能尽量减少控制系统运行过程中各种干扰带来的控制误差。

### 导学思考

你还想到了哪些干扰因素对控制系统造成影响？如何克服这些干扰呢？

### 一、干扰对控制功能的影响

在实际的控制系统中，常常会有一些变化不定的因素对系统的行为造成不良的影响，这种有害的因素，我们称其为“干扰”。当我们考虑干扰对控制系统的影响时，开环控制系统和闭环控制系统的方框图如图4-35、图4-36所示。



图4-35 加入干扰的开环控制系统

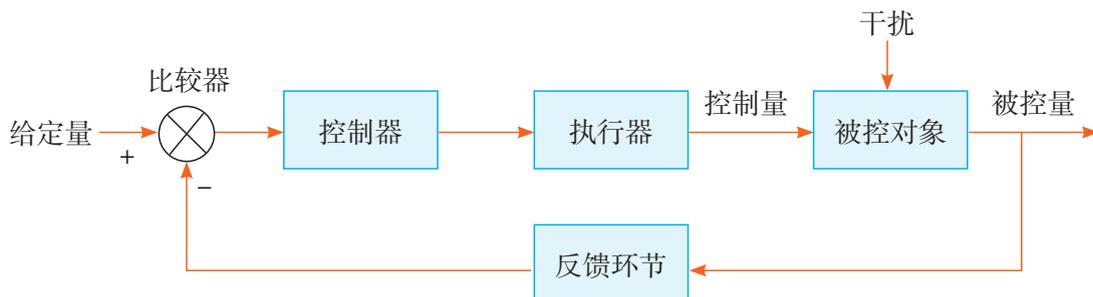


图4-36 加入干扰的闭环控制系统



干扰会使被控对象产生错误动作。具体的理论分析比较复杂，这里我们只讨论一些较为简单的情况。例如，电冰箱的温度控制系统在正常工作情况下可以保持冰箱内的温度稳定在一个设定的范围内，但当我们打开冰箱门取物时，由于外部的温度与冰箱内的温度不同（一般是外部温度高于内部温度），会使冰箱内的温度突然变化，这个变化对于电冰箱的温度控制系统就相当于一个干扰。在射箭的过程中，虽然运动员已经瞄准了靶心，但箭射出去后，如遇突然吹来的侧风，箭的飞行肯定会受到影响，因此变化不定的风对射箭就是一种干扰。在一个控制系统中，实际的干扰可能出现在各个环节，但为了在描述和分析控制系统时有一个统一的形式，都假设干扰是加到被控对象上，这是一种等效的方法，即如果实际干扰是加在控制器或执行器等环节，并使被控量发生了变化，那么这个干扰可以用一个加在被控对象上并使被控量发生同样变化的干扰代替。

干扰的影响是相对的，如在战争中，为了摆脱敌方红外制导武器的攻击，会通过飞机释放大量的红外干扰弹，使红外制导武器失去目标。



图4-37 释放干扰弹的战机

### 思考

1. 开环控制系统和闭环控制系统中哪个受干扰的影响较小？为什么？
2. 列举出一些由于干扰的存在而使控制系统受到影响的例子。

## 二、克服干扰的基本方法



由于干扰的复杂性，较全面地讨论在系统中克服干扰的方法需要较多控制原理的知识。这里我们只对克服干扰的方法做一些原则性的介绍。

由上面的分析可以看出，具有闭环结构的控制系统比开环结构的控制系统有更好的抗干扰能力。一般来说，闭环控制系统能不断地修正控制效果，以减少被控量和基准量（期望值）之间的误差。所以闭环控制系统比开环控制系统有更好的抗干扰能力。另外，以干扰的性质来说，有些干扰是可以避免的，而有些干扰是不可完全避免的，只能减少

干扰造成的误差。如风速和风向的变化对飞行中的飞机、导弹的干扰是不可完全避免的。对于这类干扰，我们只能在提高控制系统的性能上多下功夫；而对于有些干扰，我们可以采取消除、减弱它的办法。如果在室内进行射箭活动，就可消除或减弱风对箭飞行的干扰；一些化学反应容易受到温度变化的影响，我们可以使它们在恒温环境中进行。

多门电冰箱（图4-38）可使每个门对应一个独立的空间，这样在打开一个门取物时，就减小了对其他门内温度的影响，所以在一定程度上减少了外界温度对冰箱其他空间温度的干扰。可见，克服干扰的基本方法，就是要分析干扰的性质，然后对症下药。



图4-38 多门电冰箱

## 实践

### 设计项目

- 项目1：升国旗定时控制装置。
- 项目2：恒温箱的温度控制装置。

### 目的及要求

1. 通过具体的设计制作活动，进一步理解和应用控制系统设计的基本思想和方法。
2. 绘制简单的设计图纸，编制设计说明书。
3. 若有条件，尝试运行（或模拟）设计方案。
4. 尽量使用计算机辅助设计软件进行设计。
5. 以小组为单位，分工合作完成。

### 设计过程

1. 设计目标及要求。讨论并列出具体的性能指标，如设定时间（项目1）、恒定温度（项目2）等。
2. 搜集相关资料。
  - （1）了解同类（或相关）项目（装置）的工作原理。
  - （2）搜集、整理相关的技术资料。
3. 制订设计方案。
  - （1）绘制简单的设计图纸，有条件可运用绘图软件绘制。



- (2) 列出所用的元器件清单。
4. 收集意见，修改设计方案。
5. 有条件可模拟系统方案的实施。

### 编写设计说明书

1. 对设计项目进行简要的定性分析。
2. 阐明重点考虑的因素及它们之间的关系。
3. 列出费用预算。
4. 简要描述设计方案的实施效果。
5. 附上设计图纸。

### 评价与小结

1. 以班级为单位，分别对各小组的设计方案（表4-5）进行评价。

表4-5 设计方案评价参考

编号	评价指标	小组自评	小组互评	教师评价
1	功能实现程度			
2	元素选择、配置的合理性			
3	安全性			
4	经济性、节能程度			
5	美观性			
6	设计特色（创意）			
7	设计图纸绘制水平			
8	设计说明书编写水平			
9	其他			

说明：①师生共同讨论列出评价指标，并对评价指标进行细化、完善。②为不同的指标确定不同的权重。

2. 比较各小组的设计方案（表4-6），分别列出各个方案的优点和不足。

表4-6 各组设计方案的评价

方案序号	优点	不足	改进建议
1			
2			
3			
4			

## 习 题

1. 单次投掷篮球和射箭的过程都属于开环控制，但两者对风的抗干扰能力大不相同。你认为如何才能提高开环控制的抗干扰能力？

2. 人在骑自行车的过程中会受到路况、风力、噪声、刺眼的阳光、突发的事件等各种干扰，人如何能克服这些干扰？

3. 交通法规禁止开车时拨打和接听手机。从控制系统的角度分析拨打和接听手机干扰了控制系统的哪个环节？为什么？

4. 如果将某人通过电话叫对方干某事的过程看作是一个控制，那么线路中的噪声及通话双方所在的讲话环境的嘈杂声都有可能干扰双方的通话。分析两种干扰的性质，提出克服干扰的措施。

5. 如果图4-36中的“干扰”对“被控对象”以外的部分进行干扰时，闭环控制系统还能克服干扰吗？

## 综合学习活动

请同学们试着运用本章所学的知识，设计和制作一个红外感应控制装置。

### 1. 材料准备。

①微型直流常闭电磁阀1个，直流工作，电压为6~12V，工作电流100mA左右。微型直流常闭电磁阀是一个直流控制的电磁式阀门，常闭表示不通电时阀门是关闭的，通电后阀门打开。②红外接近传感器（开关）1个，直流工作，电压为6~12V，工作电流大于100mA，输出为NPN常开。③与电磁阀输入、输出接口直径相匹配的硅胶软管1条。④直流电源或电池。⑤2L左右饮料瓶1个。

### 2. 红外感应控制装置原理图。

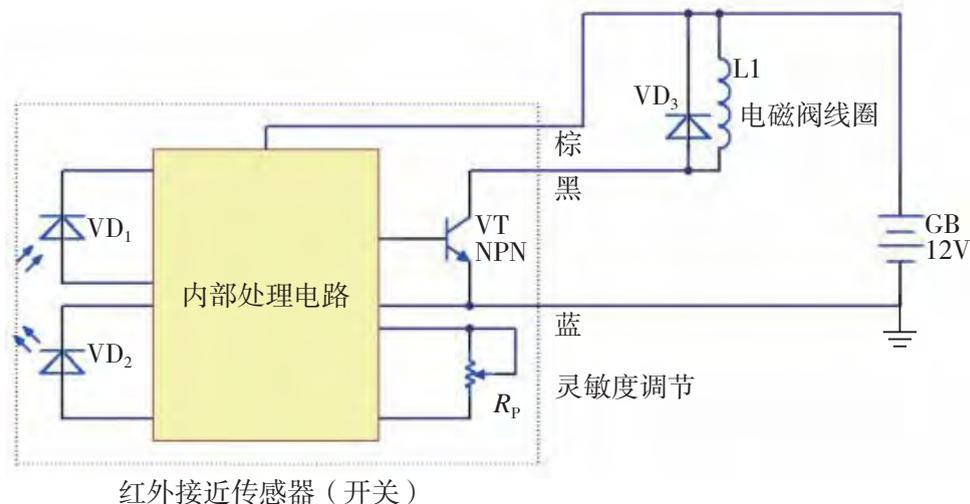


图1 红外感应控制装置原理图



图2 红外接近传感器（开关）



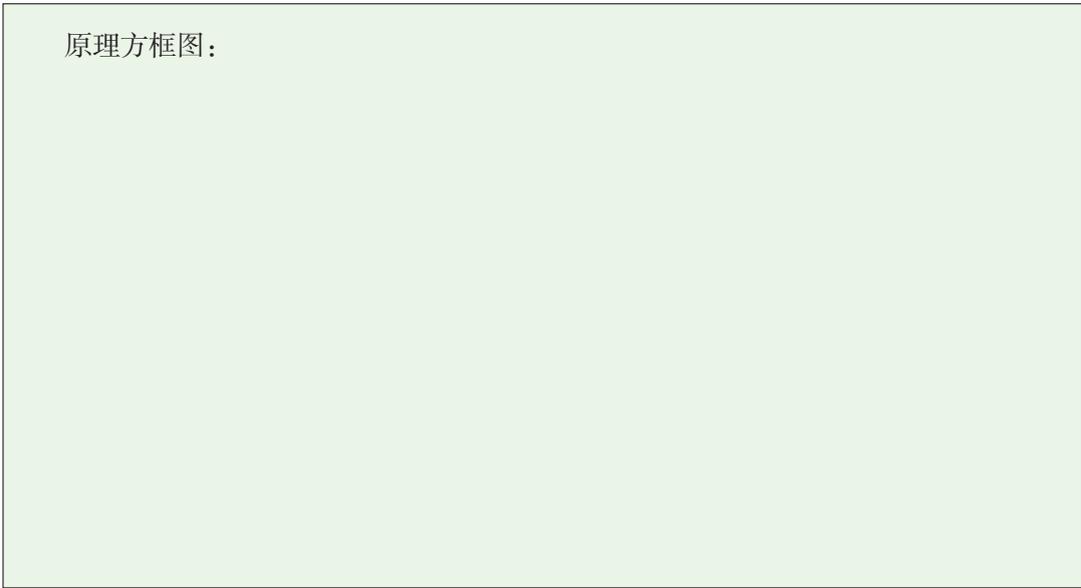
图3 微型直流电磁阀

### 3. 安装与调试。

请按照以上红外感应控制装置原理图安装设备，并进行调试。使得如果控制装置前面没有遮挡物，返回的红外信号基本没有或很弱，红外接收管没有输出；当前方有靠得较近的遮挡物时，遮挡物能够反射回较强的红外信号，红外接收管会有较大的输出。

### 4. 画出该控制装置的原理方框图，并写出设计与制作报告。

原理方框图：

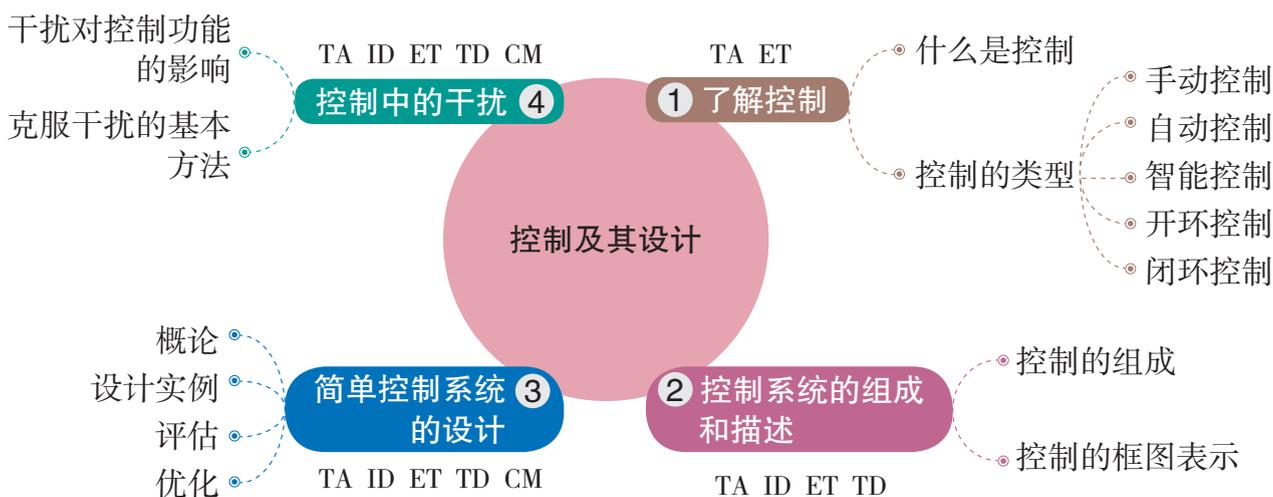


### 5. 思考与拓展。

利用红外感应水龙头控制装置的原理，你能否设计并制作出其他种类的应用系统？如接近灯光控制系统、接近报警控制系统等。

# 本章回顾与评价

## 一、学习内容梳理



说明：TA—技术意识，ID—创新设计，ET—工程思维，TD—图样表达，CM—物化能力

## 二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
理解控制、控制系统的含义及应用，了解各类控制的特点			
熟悉简单开环和闭环控制的基本组成和工作过程，理解其中控制器、执行器的作用			
了解干扰和反馈原理，能用方框图表示控制系统的工作过程			
根据系统的控制要求，能确定被控量、控制量，进行简单的控制系统的方案设计			
搭建一个简易的控制系统装置，并进行调试运行和综合评价			
说明：A—优秀，B—良好，C—合格，D—待改进			

通过本章的学习，你的核心素养得到了哪些发展？

---



---



绿色印刷产品

批准文号：粤发改价格〔2017〕434号 举报电话：12315

ISBN 978-7-5548-4086-3



9 787554 840863 >

定价：11.67元

**YOUJ**  
**365优教**  
大学生共享家教联盟

致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

# 985/211 大学生 1对1 上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单  
家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦



扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保



与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能



微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000-711-365

**YOUJ 优教**

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中