



普通高中教科书

通用技术

必修

技术与设计 2



普通高中教科书

通用技术

必修

技术与设计 2

主编 顾建军



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

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

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

单元

第二单元 流程及其设计

- 一 流程的探析
- 二 流程的设计
- 三 流程的优化

“凡为学，必先为容，然后制器。权其上重与其下虚，权其左重与其右轻，权其前重与其后轻，权其外重与其内轻，权其左重与其右轻，权其前重与其后轻，权其外重与其内轻。”

一、控制的方式与应用

了解本书章节和任务的构成，能使我们总揽全貌，形成关于课程学习的宏观架构。

学习目标

学习目标会使我们明确学习的方向，为进入学习过程做好心理准备。

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

同学们，欢迎你们进入技术世界。



第二单元 流程及其设计

任务名称	课时	内容	评价
任务一 流程的探析	1	流程的概念、分类、作用	
任务二 流程的设计	2	流程设计的原则、方法	
任务三 流程的优化	1	流程优化的方法	

“凡为学，必先为容，然后制器。权其上重与其下虚，权其左重与其右轻，权其前重与其后轻，权其外重与其内轻，权其左重与其右轻，权其前重与其后轻，权其外重与其内轻。”

一、常见结构认识

学习目标

任务一 感知丰富的结构

结构是事物各个组成部分的有序排列，结构是普遍存在的，不同事物具有不同的结构。

结构是事物各个组成部分的有序排列，结构是普遍存在的，不同事物具有不同的结构。

任务二 流程的设计

流程设计的原则、方法

流程设计的原则、方法

任务三 流程的优化

流程优化的方法

流程优化的方法

任务一

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

技术体验 选用

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

学习评价

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

综合实践

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

单元小结

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

练习

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

拓展阅读 选用

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

案例分析 选用

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

小锦囊

思维碰撞

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

学习反思

马上行动

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

技术试验

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

技术案例

技术案例

技术案例

技术案例

目录

技术与设计2



第一单元 结构及其设计

- | | |
|-----------|------------------------|
| 一 常见结构的认识 | 任务一 感知丰富的结构/002 |
| | 任务二 认识结构的受力/005 |
| | 任务三 辨析结构的类型/008 |
| 二 稳固结构的探析 | 任务一 探析结构稳定性 /012 |
| | 任务二 探析结构强度/015 |
| 三 结构功能的实现 | 任务一 感悟结构与功能的关系/021 |
| | 任务二 欣赏经典结构的案例/023 |
| 四 简单结构的设计 | 任务一 分析结构设计应考虑的主要因素/029 |
| | 任务二 设计并制作站立式办公桌/031 |



第二单元 流程及其设计

- | | |
|---------|------------------------|
| 一 流程的探析 | 任务一 感知生活、生产中的流程/040 |
| | 任务二 绘制流程图/044 |
| | 任务三 探析生活与生产中的流程/048 |
| 二 流程的设计 | 任务一 分析流程设计应考虑的基本因素/054 |
| | 任务二 设计金属笔筒加工流程/056 |
| 三 流程的优化 | 任务一 分析流程优化的基本要素/061 |
| | 任务二 进行简单的流程优化/065 |



第三单元 系统及其设计

- 一 系统及其特性
 - 任务一 认识系统及其构成/074
 - 任务二 辨析系统的基本特性/077
- 二 系统分析与设计
 - 任务一 探究系统分析的一般过程和基本方法/082
 - 任务二 体验简单系统设计的过程/088
- 三 系统设计的优化与实现
 - 任务一 优化系统设计的方案/091
 - 任务二 实现校园雨水收集与利用系统的设计方案/095



第四单元 控制及其设计

- 一 控制的方式与应用
 - 任务一 理解控制的含义/106
 - 任务二 感知控制的应用/110
- 二 开环控制系统的工作过程
 - 任务一 理解控制系统/113
 - 任务二 分析开环控制系统工作过程/114
- 三 闭环控制系统的工作过程
 - 任务一 解析闭环控制系统工作过程/119
 - 任务二 辨析反馈在控制系统中的作用/122
- 四 控制系统的设计与实施
 - 任务一 探究控制系统的设计要素/129
 - 任务二 设计与实施雨水收集池水位控制系统/132

主 编 顾建军

副 主 编 段 青 李双寿

编写人员 (按姓氏音序排列)

段 青 顾建军 管光海 黄越祥

李双寿 刘海林 任祖平



第一单元 结构及其设计

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

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

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

一、常见结构的认识

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

学习目标

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



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

任务一 感知丰富的结构

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



让木条“动”起来

体验目的：通过活动体验，感受结构的丰富性及其魅力。

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

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

活动准备：

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

工具：螺丝刀、羊角锤。

主要过程：

1. 方案1：如图1-2甲所示，组装好结构后，就可以上下拉动了。



图1-1 材料



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

讨论:

1. 方案1和方案2制作的结构都可以让木条动起来, 请比较和分析这两种结构的优缺点, 举例说出这两种结构在实际生活中的应用。

2. 你认为古人是设计了什么结构做到“起飞梯于云梯之上”的?

3. 你还知道哪些神奇的结构? 说出来与大家分享。

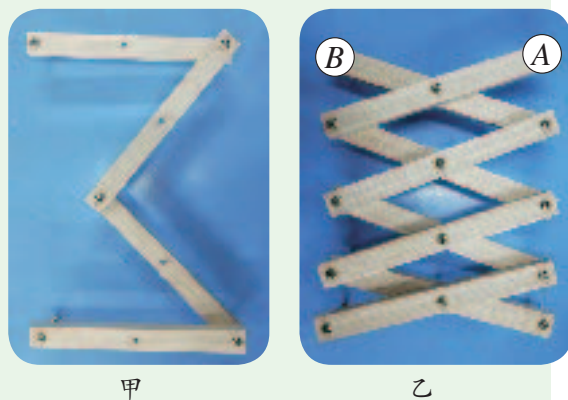


图1-2 结构方案

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

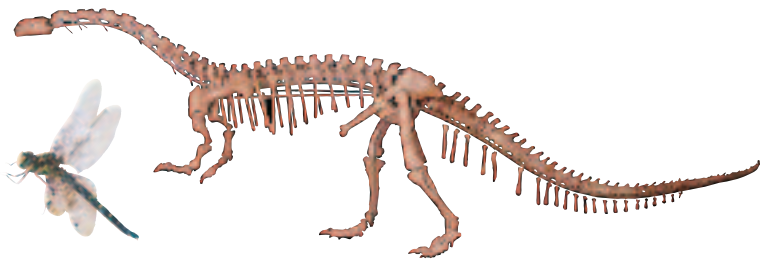


图1-3 自然界中形形色色的结构

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



马上行动

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

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



图1-4 苍耳子与尼龙搭扣

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



图 1-5 技术领域中丰富多彩的结构



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

该办公桌与普通办公桌在结构上有什么相同点和不同点？

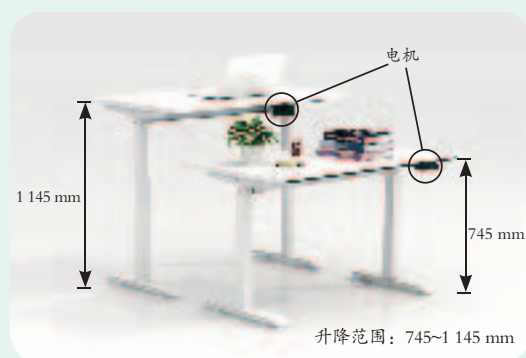


图 1-6 站立式办公桌

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



魁北克大桥的坍塌

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

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



图 1-7 设计中的魁北克大桥



图 1-8 坍塌后的魁北克大桥



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

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

思维碰撞

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

任务二 认识结构的受力

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

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

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

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



图 1-9 构件受力与变形的基本形式



请将受力和变形形式、受力特点、具体案例进行连线。

受力和变
形形式

受力特点

具体案例

受拉

构件承受两个作用线相距很近、大小相等、方向相反的力



单杠

受压

在通过构件轴线的平面内，承受垂直于构件轴线的外力或外力偶的作用



用剪刀剪铁皮

受弯曲

构件两端受到两个在垂直于轴线平面内的力偶作用，两力偶大小相等，转向相反



斜拉桥的拉索

受剪切

构件两端承受沿轴线方向的压力



受拧的水管

受扭转

构件两端承受沿轴线方向的拉力



工作中的千斤顶



吊兰盆栽支撑架的受力探究

探究目的：通过吊兰盆栽支撑架的受力探究，解释结构是如何承受力的。

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

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



活动准备：

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

工具：手电钻、钩码、剪刀、尖嘴钳、美工刀等。

主要过程：

1. 用手电钻在距木板上边 5 mm 处钻一直径 3 mm 的通孔，在上孔正下方距上边 100 mm 处钻一直径 3 mm 的孔（孔不要钻通）。

2. 用尖嘴钳把铁丝弯成挂钩，用胶带纸绑在桐木条的一端，并将绳子的一端也绑扎在这一端。

3. 如图 1-10 所示，将绳子另一端穿过木板上方的孔绑在木板上，将桐木条的一端插入木板下方的孔内。

4. 在挂钩上悬挂钩码，观察并记录桐木条的变形情况。



图 1-10 吊兰盆栽支撑架与结构模型

讨论：

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

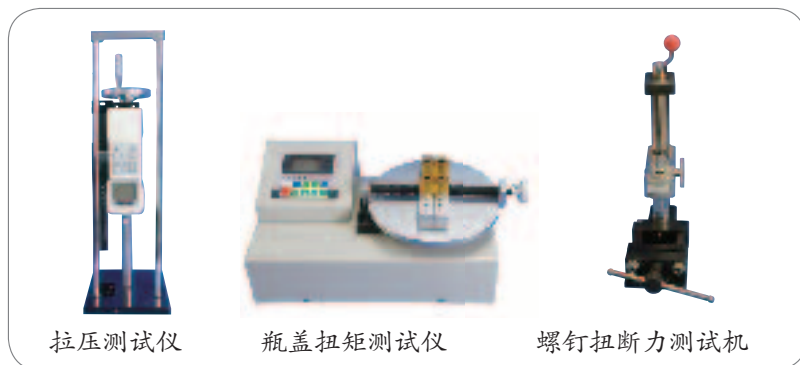


有人利用办公区域的空间，安装了可挂在墙上的折叠桌（如图 1-11 所示）。该折叠桌的横支撑杆、斜支撑杆分别受到什么形式的力？该折叠桌安装到墙上时一般需要先在墙上打孔并埋入膨胀管，然后装螺钉，请从受力角度分析这样操作的原因。



图 1-11 折叠桌支撑结构

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



拉压测试仪

瓶盖扭矩测试仪

螺钉扭断力测试机

图 1-12 几种专用测试设备



思维碰撞

从力学角度来看，结构对技术产品及其功能实现具有什么样的独特价值？



任务三 辨析结构的类型

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



技术试验

壳体结构的受力分析

试验目的：体验壳体结构（鸡蛋）的强度试验，研究结构的形状对其强度的影响。

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

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



图 1-13 中国国家大剧院

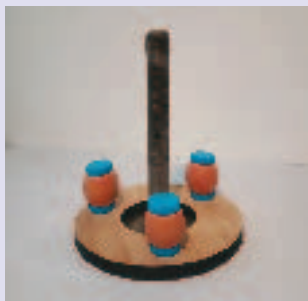


图 1-14 压力测试仪



图 1-15 鸡蛋受力试验

试验准备：

材料：大小相近的生鸡蛋若干、大小合适的瓶盖 6 个。

工具：砝码若干、防护眼镜若干、鸡蛋强度测试架 1 个。有条件的学校可准备压力测试仪。

试验过程：

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

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



记录鸡蛋所能承受的最大砝码质量，并填写下表。

有无瓶盖	能承受的砝码质量 /kg
有	
无	



技术提示

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

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

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



图 1-16 实体结构

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

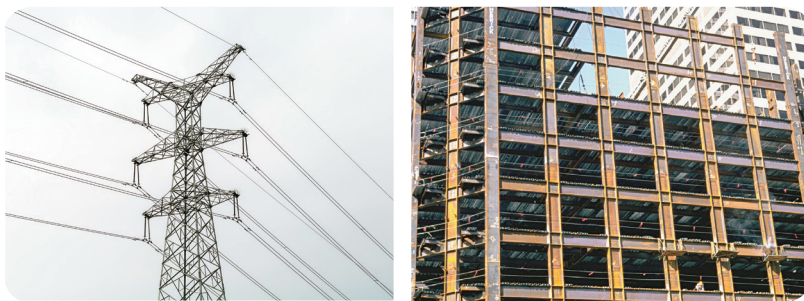


图 1-17 框架结构

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



图 1-18 壳体结构



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



图 1-19 组合结构

马上行动

指出下列物体的结构类型。

物体	结构类型
 汽车框架	
 建筑穹顶	

拓展阅读

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

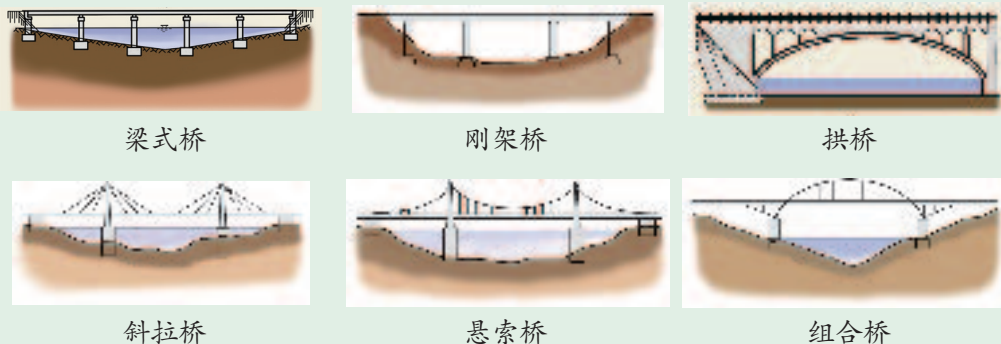


图 1-20 桥梁常见结构类型



学习反思

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

练习

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



订书机前端的凹槽



订书机侧面的凹槽

(第1题)

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



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



由 ABS 外壳和 EPS 内壳组成，不使用时可折叠，轻松放入背包或手提袋之中



有三个活动部分，在骑行时展开，在不用时则可以按动按钮推平头盔

(第2题)

二、稳固结构的探析

学习目标

- 任务一 探析结构稳定性
- 任务二 探析结构强度

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



走进情境

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



任务一 探析结构稳定性

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

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



技术体验

悬臂结构的稳定性体验

体验目的：体验悬臂结构的稳定性。

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

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

活动准备：

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

工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。

**主要过程：**

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

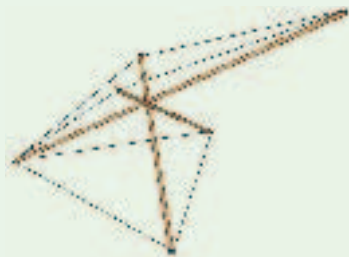


图 1-21 悬臂结构

讨论：

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

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



图 1-22 起重机



图 1-23 独脚茶几

**马上行动**

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

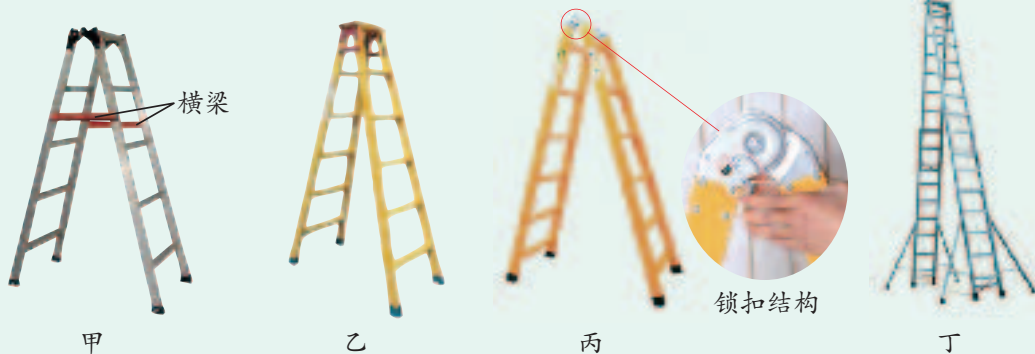


图 1-24 各种 A 字形梯

在其他条件不变的情况下，结构与地面接触所形成的支撑面越大，结构越稳定。



请分析下列因素中哪些对站立式办公桌的稳定性产生影响。

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

对于一个处于静止状态的结构而言，如果重心的垂足落在结构的支撑面内，就是稳定的，不会倾倒。



课桌稳定性试验

试验目的：依据国家标准对产品进行稳定性试验，并对数据进行分析。

情境展示：站立式办公桌的高度要比一般办公桌高很多，而且是可调节的。孙宇认为其结构稳定性对结构的可靠性和人体的舒适度等非常重要，那如何测试其稳定性呢？

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

试验准备：

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

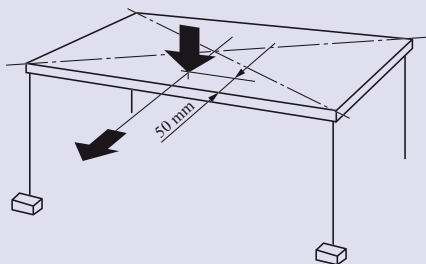


图 1-25 课桌稳定性试验示意图

试验过程：

1. 把课桌放在水平地面上，用挡块抵住课桌最不稳定边的桌腿，防止课桌在试验时移动。
2. 垂直加载稳定性试验。通过加载垫在课桌最不稳定边中心离边沿向内 50 mm 桌面处，垂直向下逐渐加力，如图 1-25 所示，至下表中的规定值或直至课桌有一个桌腿离开地面为止。记录最大荷载。

3. 垂直和水平加载稳定性试验。在课桌最不稳定边中心离边沿向内 50 mm 桌面处通过加载垫垂直向下加 100 N 的力，同时在该边中点桌面上向外施加一个水平力，如图 1-25 所示，



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

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

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

思考：

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

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

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



思维碰撞

在产品设计中，结构越稳定越好吗？



任务二 探析结构强度

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

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



技术体验

体验悬臂结构模型的强度

体验目的：通过悬臂结构模型的强度测试，体验影响结构强度的因素。

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

问题分析：

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

活动准备：

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

工具：剪刀、美工刀、钢锯、钢丝钳、热熔胶枪、若干钩码等。

主要过程：

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

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

思考：

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



图 1-26 交通指示灯架

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

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

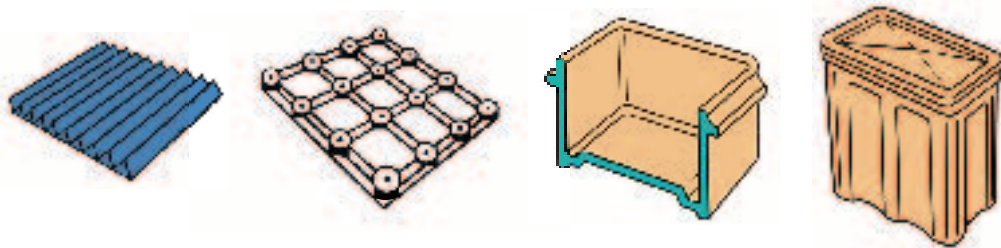


图 1-27 提高结构强度的设计



悬臂梁强度与截面形状试验

试验目的：测试用截面周长相同、形状不同的构件做成的悬臂梁的强度。

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

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

试验准备：

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

试验过程：

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

思考：



图 1-28 校园里悬挂的大红灯笼



图 1-29 不同截面形状的纸筒的强度测试

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



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

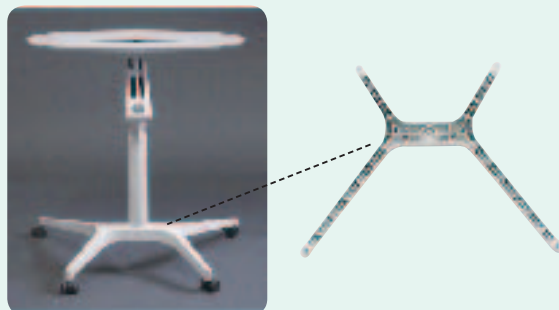


图 1-30 站立式办公桌脚架内部结构设计

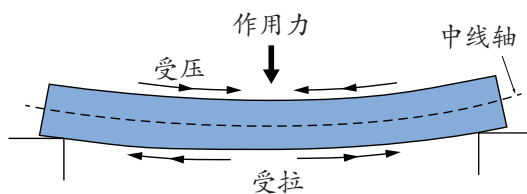


图 1-31 梁的受力示意图

结构的材料 不同材料构成的结构，其强度各不相同。一个坚固的梁必须具有好的抗拉、抗压、抗剪切和抗扭转的性能，所以梁通常由不止一种材料制成。如一根混凝土梁含有钢筋，混凝土擅长抗压力，而钢筋擅长抗拉力，它们共同形成了非常牢固的结构。



马上行动

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



图 1-32 无人机

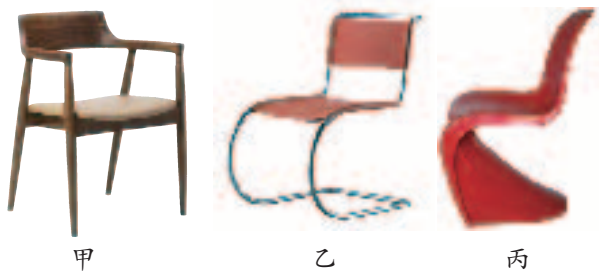


图 1-33 不同材料带来椅子结构的变化

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

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

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

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

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







图 1-34 铝制空心铆钉



图 1-35 不锈钢铆钉

连接方式多种多样，若按构件之间能否转动来分类，可分为铰连接和刚连接。



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



马上行动

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

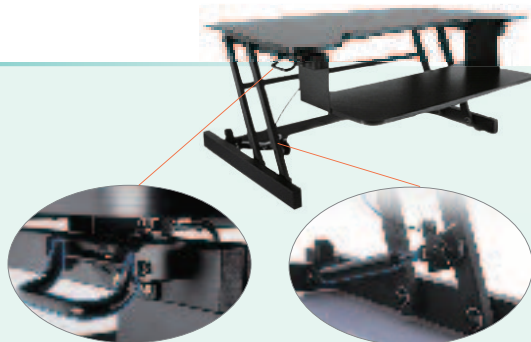


图 1-36 站立式办公桌



拓展阅读

连接方式的分类

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



学习反思

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



练习

1. 《西京杂记》卷上记载：“卧褥香炉……为机环转运四周，而炉体常平，可置之被褥，故以为名。”请分析，为什么无论卧褥香炉如何放置，香炉中的香料都不会倾倒呢？



(第1题)

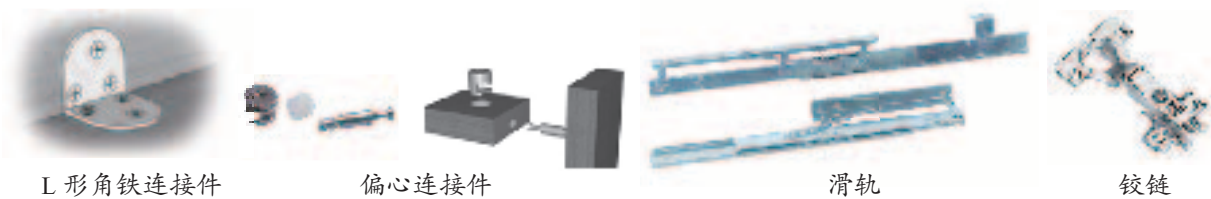
2. 电风扇是常见的家用电器，请比较分析如图所示三款电风扇是如何实现稳定的。

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

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



(第2题)



L形角铁连接件

偏心连接件

滑轨

铰链

(第4题)

三、结构功能的实现

学习目标

- 任务一 感悟结构与功能的关系
- 任务二 欣赏经典结构的案例

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

走进情境

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

任务一 感悟结构与功能的关系

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

案例分析

伞与拐杖

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



图 1-37 拐杖伞

多用螺丝刀

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

思考：

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



图 1-38 多用螺丝刀

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



案例分析

自行车的结构与功能



山地自行车

折叠自行车

儿童自行车

图 1-39 各种自行车

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

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

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

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

思考：自行车的结构是如何实现不同功能、满足人们不同需求的？

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



图 1-40 可调座椅



马上行动

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



折叠凳：可折叠，方便携带，节省空间，多功能



可拆装的家具：易组装，易拆卸，方便运输、储存



可伸缩相机三脚架：可伸缩，方便携带，节省空间

图 1-41 产品结构与功能



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

马上行动

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



图 1-42 可升降的站立式办公桌

思维碰撞

在产品设计中，功能与结构之间的关系是怎样的？



任务二 欣赏经典结构的案例

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

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

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



案例分折

飞檐

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



图 1-43 飞檐

技术角度：

1. 功能

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

2. 结构设计

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

3. 技术施工

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

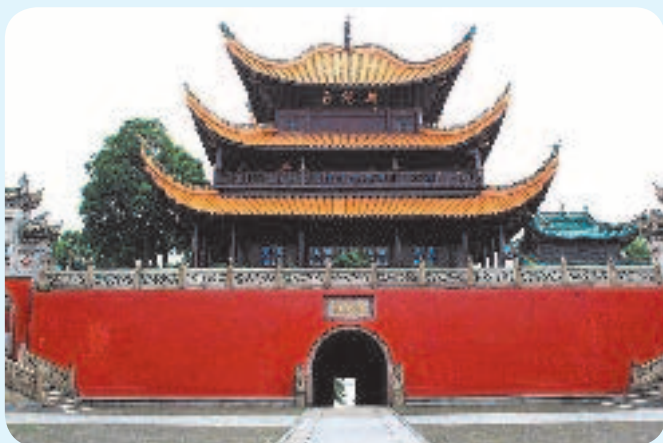


图 1-44 岳阳楼



结构之复杂，工艺之精美，令人惊叹。

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

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



马上行动

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



图 1-45 赵州桥

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



案例分析

蚂蚁椅

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

技术角度：

1. 功能

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

2. 结构设计

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

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

思考：蚂蚁椅的稳定性和强度如何？在实际使用中是否会受到一定的限制？



图 1-46 蚂蚁椅

**马上行动**

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

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

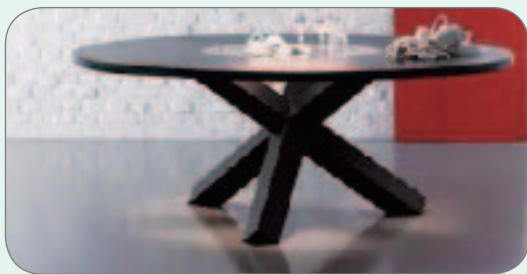


图 1-47 餐桌

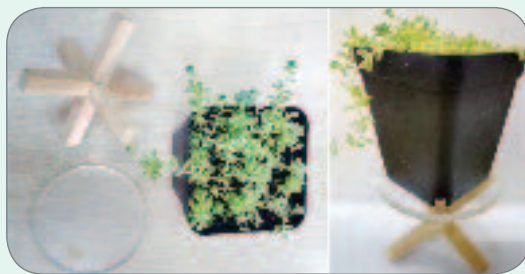


图 1-48 花盆架

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

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



龙门起重机

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

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

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



图 1-49 龙门起重机

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

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

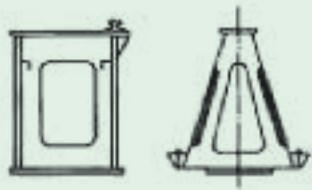


图 1-50 板梁式主梁截面形式

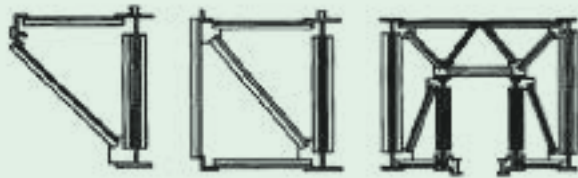


图 1-51 桁架式主梁截面形式



“L”形



“C”形



“八”字形



“O”形

图 1-52 箱形龙门架支腿外形

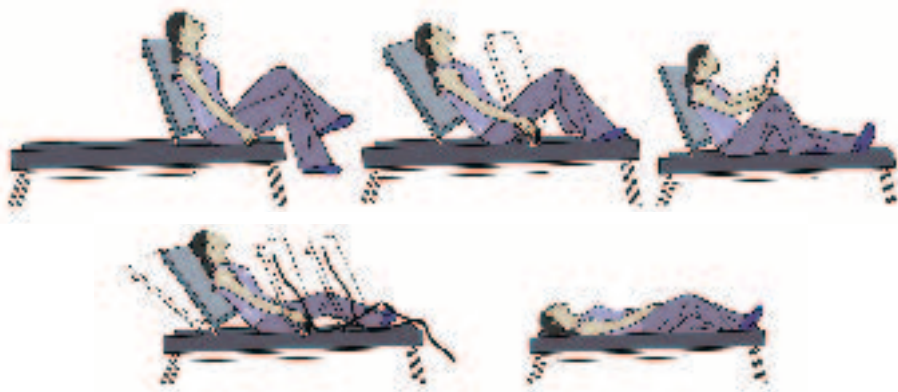


从技术与文化角度来看，为什么赵州桥、蚂蚁椅等能够成为经典的结构设计案例？



练习

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



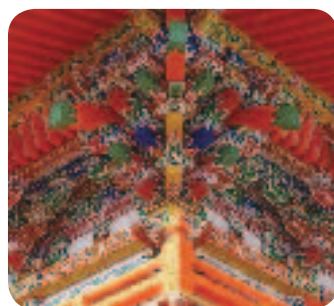
(第1题)

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



(第2题)

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



(第3题)



四、简单结构的设计



学习目标

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

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



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



任务一 分析结构设计应考虑的主要因素

在进行结构设计时，必须明确设计的目标，抓住主要因素展开工作。

结构设计的目标及要求

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



商业建筑设计规范

商店营业厅的出入门、安全门净宽度不应小于 1.40 m，不应设置门槛。

营业部分的公用楼梯、坡道应符合下列规定：

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



列出你所知道或听说过的关于结构设计类的国家标准或规范。

生活中：_____。

工农业生产中：_____。

结构设计应考虑的主要因素

为实现结构设计的基本目标，进行结构设计时应考虑的主要因素有稳定性、强度、安全性、适用性、耐久性和成本控制要求等。

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



图 1-53 结构设计应考虑的主要因素



简易相片架的设计

目的：设计一个简易相片架。



图 1-54 相片架

要求：

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

设计分析：

相片架的结构可分为两部分，即相框和支架。

1. 相框的结构设计

在取放相片时，相框的构件需要承受一定的外力，所以在相框结构设计中需要考虑：

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



(3) 相框构件的截面形状。

2. 支架的结构设计

支架的作用在于能支撑起相框且不易翻倒，故在支架结构设计中需要考虑：

(1) 支架的支撑形式的选择、使支架不易翻倒的措施；

(2) 支架构件的截面形状以及连接。

3. 相框与支架之间的连接

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

讨论：相片架的设计分析是从哪些因素来考虑的？



思维碰撞

结构设计需要考虑的因素有很多，除了上述因素外，结构设计还需要考虑哪些因素？



任务二 设计并制作站立式办公桌

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

项目：

设计并制作一个简单的站立式办公桌。

要求：

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

设计分析：

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

1. 桌面的设计

桌面要承受一定的外力，需要一定的强度，人机关系要合理。在设计时需要考虑：

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

(2) 桌面的功能分区, 根据需求设计整体升降或局部升降。

2. 支撑结构的设计

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

(1) 支撑结构的支撑形式的选择, 应具有良好的稳定性和强度。

(2) 支撑结构的组合方式、材料的组合方式以及构件之间的连接。

3. 高度调节结构的设计

高度调节结构可通过支撑脚的伸缩或几何形变来实现。在设计中需要考虑:

(1) 调到合适高度时能固定。

(2) 调节方便, 高度调节范围应满足人坐着和站立所需的高度差。

4. 各部分的连接

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

(1) 连接方法能满足功能实现的需要。

(2) 连接的强度能满足实际需要。

(3) 连接装配操作简单方便。

方案:

方案 A

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

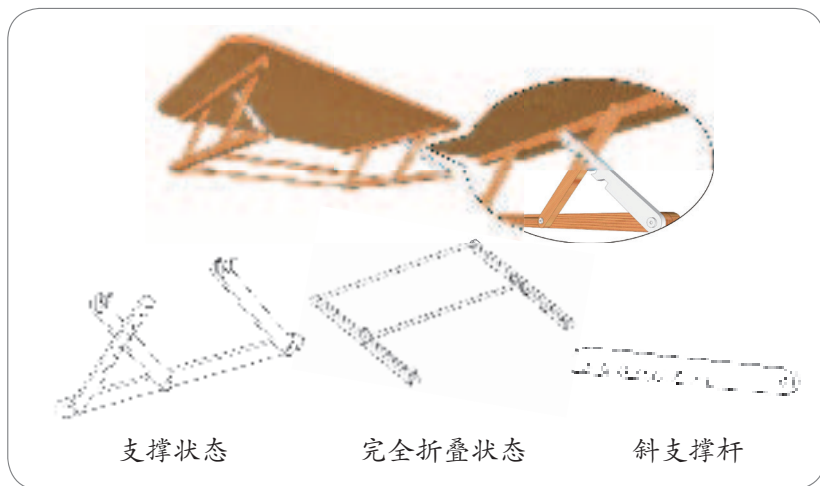


图 1-55 方案 A 折叠桌的支撑结构

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

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



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

方案 B

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

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

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



图 1-56 金属连接件

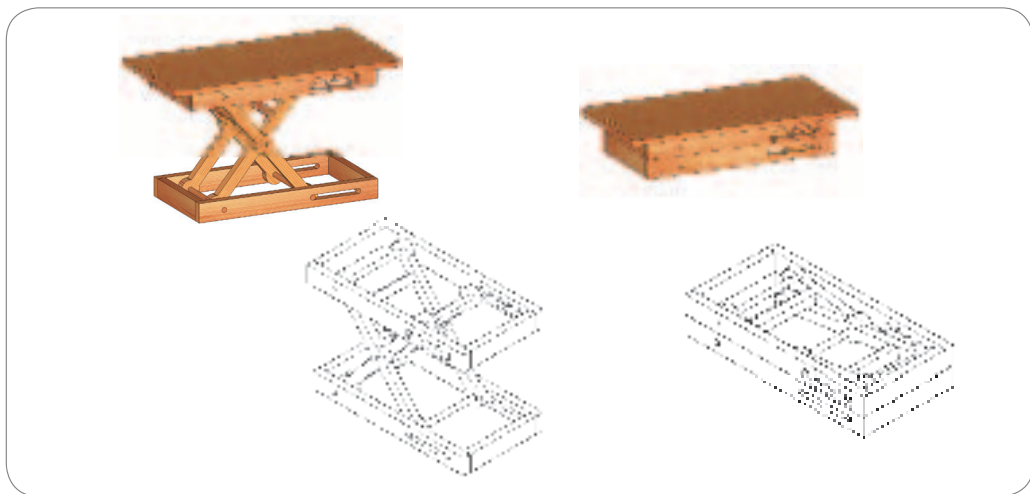


图 1-57 方案 B 站立式办公桌的支撑结构

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

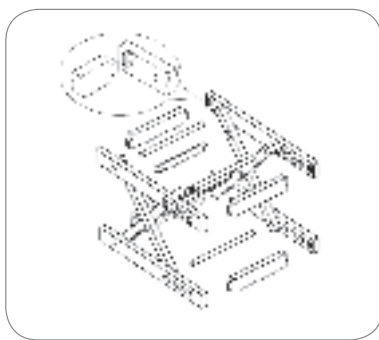


图 1-58 连接方式

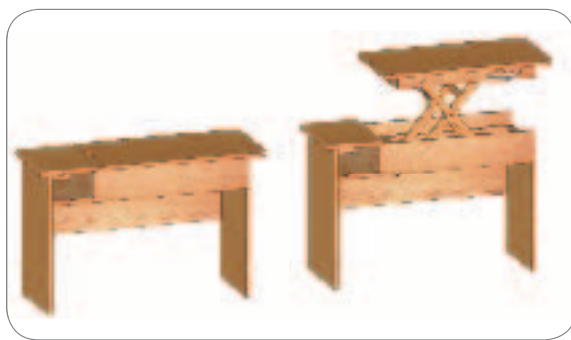


图 1-59 整体效果图

4. 此方案折叠后有一定的厚度，可以和桌子整合设计，如图 1-59 所示。

方案 C

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

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

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

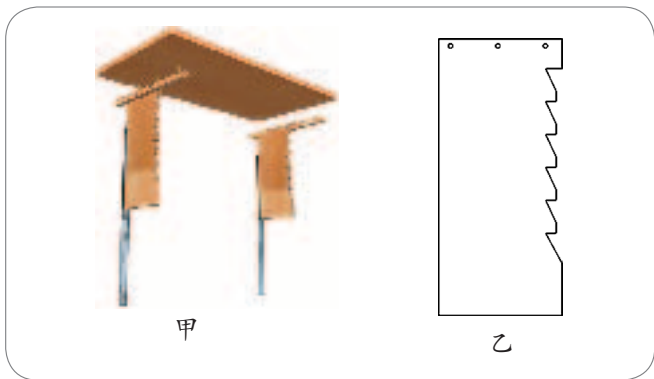


图 1-60 支撑板



图 1-61 框架组合方式

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

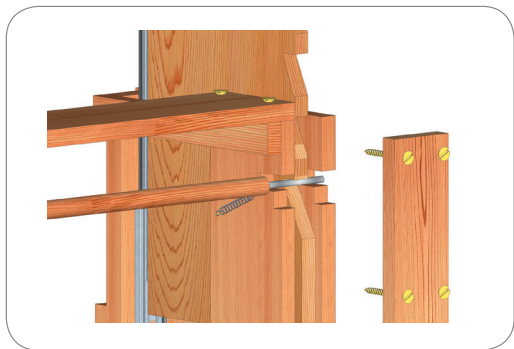


图 1-62 高度调节固定结构

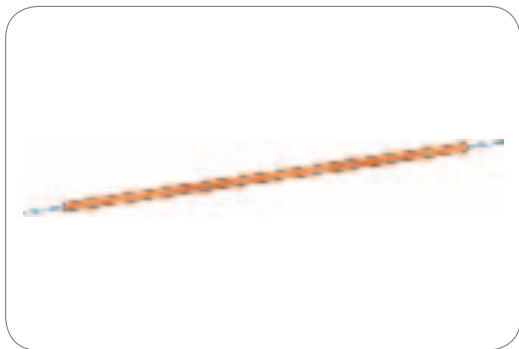


图 1-63 限位杆

制作：

选用合适的制作材料、连接材料以及工具设备。制作材料如方木料、实木板、



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

按照选定的设计方案规划制作过程并进行制作。

方案 B 的高度调节结构见图 1-64。



图 1-64 折叠桌高度调节结构

试验：

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



图 1-65 整体效果图

优化：

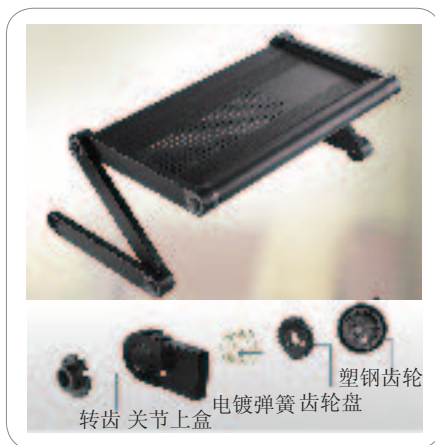
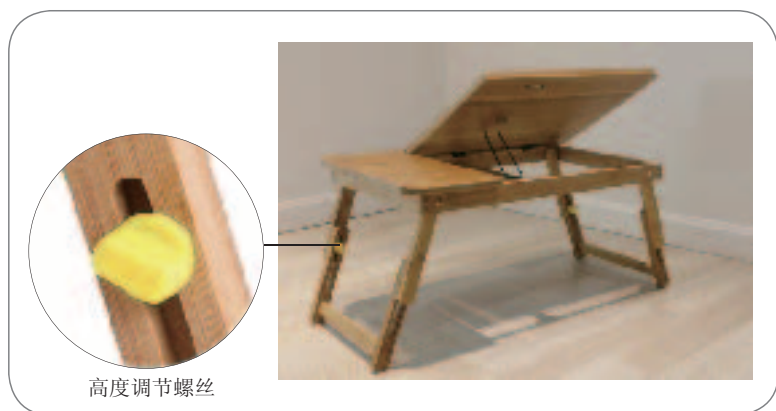
根据试验结果，优化设计方案。



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

练习

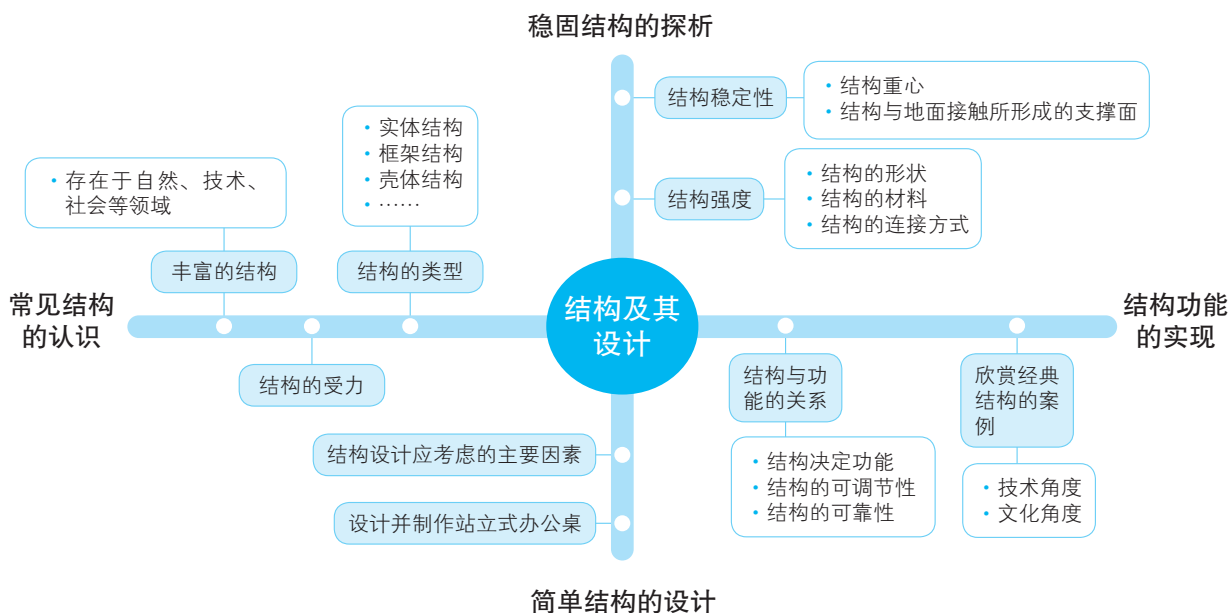
1. 设计一个报纸架，从稳定性、强度、材料、使用方便以及美观等角度综合考虑。
2. 如图所示是两款笔记本电脑桌。请从调节方式、连接方式、可靠性等方面分析这两款笔记本电脑桌是如何实现可调节功能的，并就可调节功能实现的可靠性进行评估。



(第2题)

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

单元小结





综合实践

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



圈椅



中国椅

(综合实践1)



(综合实践2)

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

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

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

第一单元

学习评价

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

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第二单元 流程及其设计

- 一 流程的探析
- 二 流程的设计
- 三 流程的优化

“凡为甲，必先为容，然后制革。权其上旅与其下旅，而重若一。以其长为之围。”这是《考工记》对皮甲制作工艺的记载，体现了我国古代劳动者对制作工艺中的操作流程与规范的高度认识。

科学合理的流程就是高效率，就是高质量。科学合理的流程并不是自然而成的，它是人们不断实践、不断探索、不断设计、不断改进的结果。

一、流程的探析

- 任务一 感知生活、生产中的流程
- 任务二 绘制流程图
- 任务三 探析生活与生产中的流程

学习目标

1. 通过技术体验和案例分析，阐述流程及其环节、时序的含义。
2. 会阅读简单的流程图，并根据流程的特点绘制简单的流程图。
3. 通过案例分析，归纳流程对生产、生活的意义。



孙宇设计了一款组合式笔筒，笔筒一高一矮，既可以组合在一起，又可以分开使用。他用木质材料进行两只笔筒的独立制作后，发现两只笔筒无法组合在一起。究竟哪个环节出了问题呢？

任务一 感知生活、生产中的流程

人类的生活、生产活动都是在一定的时间内发生、发展和结束的，都是为了一定的目的、按照一定的顺序和规则进行的。



小电扇的组装

体验目的：通过小电扇的组装实践，体会流程及其环节、时序的含义。

情境展示：夏天到了，孙宇取出小电扇，小心地将其拆卸后进行保养与维护，可是在拆卸时他忘记记录各部件的位置，而说明书早已不见踪影。面对一堆零部件，孙宇开始了他的组装之旅。

问题分析：在小电扇组装之前，先要弄清楚各部件的作用和安装位置，然后了解各部件之间的相互关系及安装顺序，最后再进行安装和调试。值得注意的是，小电扇的安装顺序不是唯一的。

活动准备：

材料：小电扇套件（包括电动机、金属支架、金属防护网罩、扇叶、连接件、电线），绝缘胶布。

工具：螺丝刀、尖嘴钳、扳手、钢丝钳。

主要过程：

1. 分析小电扇套件中各部件的特征。
2. 设计小电扇套件中各部件的组装顺序。

安全提示

组装完成，检查无误后才能通电。



3. 按照顺序进行组装，并记录时间。
4. 若第一次组装不成功，则重新设计，再次装配。



图 2-1 小电扇的组装

思考：

1. 还有其他的组装顺序吗？若组装不成功，可能是哪个步骤出现了问题？
2. 哪些组装顺序是不能颠倒的？分析组装时间长的原因。

小电扇的组装经历了一系列具体的步骤，这些步骤都有开始的时间和持续的时间，而且这一系列步骤都是按一定的先后顺序进行的。我们把这种时间上的先后顺序称为时序。

任何一项生活或生产活动都有一定的时序。时序体现了具体活动内容的先后关系，在这种先后关系中，有些步骤之间的时序是不可颠倒的，如在小电扇的装配中，只有先安装扇叶然后才能安装网罩；有些步骤之间的时序是可以颠倒的，如在小电扇的装配中，是先装网罩还是先装支架，没有严格的先后关系，可以有不同的时间顺序。

**马上行动**

请列举生活中时序不可颠倒的事例，并说明理由。

时序不可颠倒的事例	理 由
1. 只有先拆开自行车的外胎，才能检查和修补漏气的内胎	内胎被保护在外胎之内
2.	
3.	
4.	

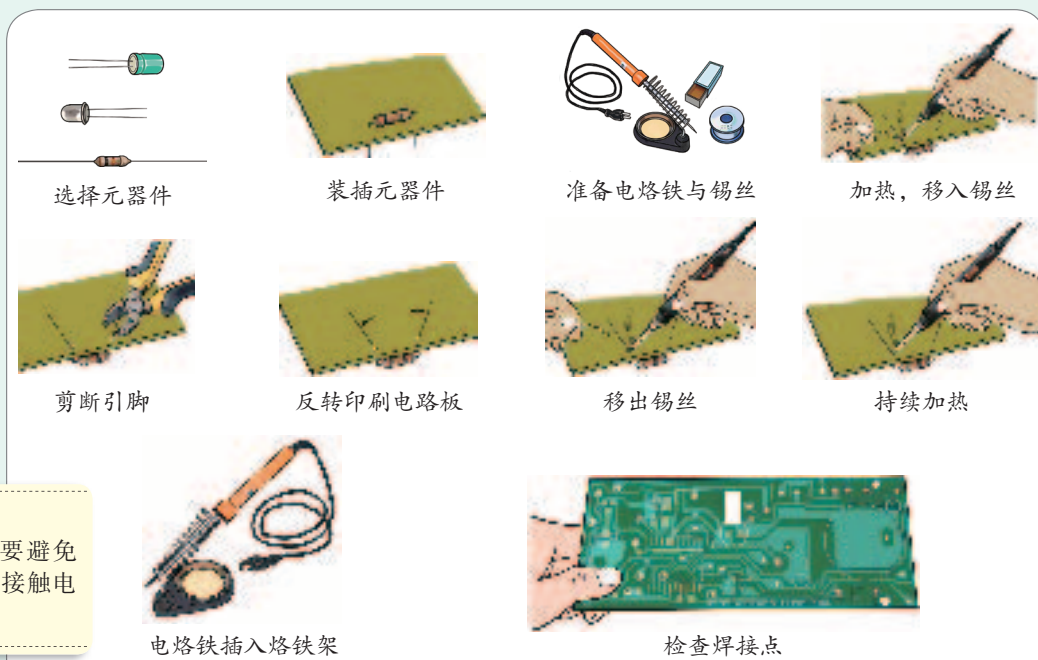
时序是否可以颠倒，是根据事物本身内在的机理来决定的。如果后项任务是以前一项任务的完成作为条件的，或者一项任务的完成会对另一项任务产生较大的负面影响时，时序就不能颠倒。我们应尊重和遵循这些规律或机理。对于一些可以颠倒的时序，我们应注意分析和比较，并根据一定的目的和条件进行适当的安排。

对于一项活动，我们可以依据它的某种特征，或某个具体目标，将其分解为若干个过程或阶段。如我们可以将研发新产品的过程划分为：新产品需求提出阶段、新产品规划阶段、新产品研发阶段、新产品试产阶段与新产品生产阶段等。我们把完成某个具体目标、组成某项生产或某个活动过程的若干阶段或小的过程称为环节。

环节是一个相对的概念，依据问题性质的不同和不同人的理解，环节的划分可能会有所不同。有些环节中又可能包含若干可以分解的、目标更具体的事项。例如，组装小电扇的扇叶这个环节，又可以分为若干小的环节，如装扇叶、用紧定螺钉固定、装扇叶外装饰盖等。划分的环节有大有小，根据不同的需要可以有不同的划分方法。



如图 2-2 所示是在印刷电路板上焊接元器件的各项操作。如果将整个过程分为准备环节、焊接环节与结束环节，请写出各环节所要完成的具体事项。

**安全提示**

焊接时，要避免高温的烙铁头接触电线及人体。

图 2-2 焊接元器件的各个环节

思考：

1. 以上各项操作如何排序才能完成焊接任务？



2. 如图 2-3 所示, 元器件体积有大有小, 有高有低。为了更快更好地完成焊接工作, 如何确定不同元器件焊接的时序?

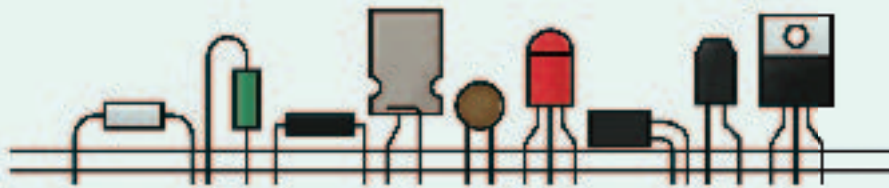


图 2-3 元器件体积大小不同

流程是一项活动或一系列连续有规律的事项或一种行为进行的程序。这些活动、事项或行为以确定的方式发生或执行, 导致特定结果的实现。我们可以把流程理解为是为了一定的目的去做事情的顺序。例如, 学校的作息时间表反映了师生在校一天活动的流程, 确定了教师和学生每天有规律的活动顺序。任何流程都反映了一定的时序, 体现出一定的环节。



思维碰撞

流程的环节能够任意划分吗? 在划分环节时, 应该注意些什么?



案例分析

不同类型台钻的操作流程

如图 2-4 所示为三种类型的台钻。

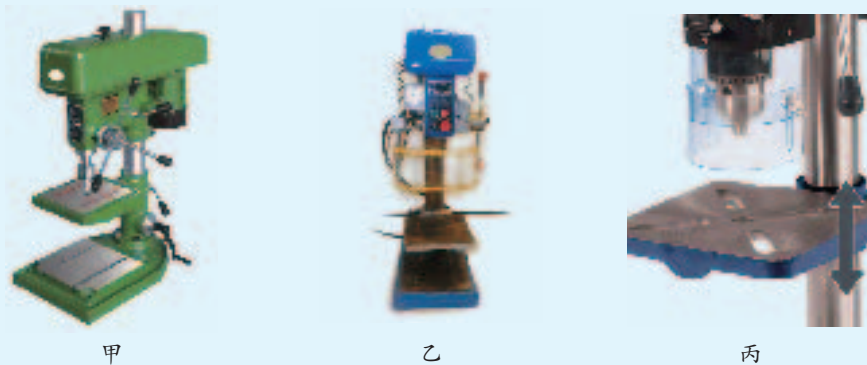


图 2-4 台 钻

如图 2-4 甲所示的台钻是无防护罩台钻, 在进行钻孔加工时, 其操作(部分)流程为: 装钻头→启动电机→钻孔。

如图 2-4 乙所示的台钻加装了一个有机玻璃的安全防护罩, 在进行钻孔加工时, 其操作(部分)流程可有两种情况:

打开防护罩→装钻头→启动电机→钻孔。

打开防护罩→装钻头→合上防护罩→启动电机→钻孔。

如图2-4丙所示的台钻加装了控制式防护罩,如果防护罩处于打开状态,电机就无法启动。只有将防护罩合上,才能将电机启动。其操作(部分)流程如下:

打开防护罩→装钻头→合上防护罩→启动电机→钻孔。

这三种台钻操作流程中,从无安全保护到可选择性安全保护,再到必须选择安全保护,体现了安全至上的现代设计理念。

思考:从时序分析看,图丙所示的台钻是如何实现安全保护的?



用木材制作一个可插接式的双笔筒,如图2-5所示。其制作阶段及表面处理阶段的环节如表中所列,请对其进行合理排序,并将排列序号填入表中。

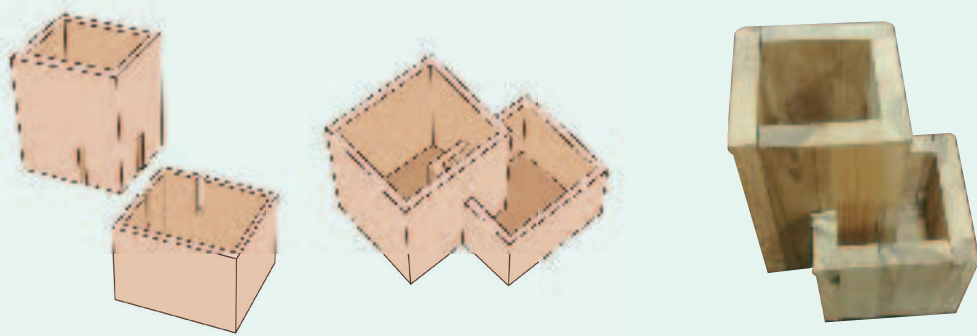


图 2-5 可插接式双笔筒结构与实物图

阶段	组成环节	时序
制作	①画线 ②钉接 ③锉削 ④锯割 ⑤下料	
表面处理	①砂纸打磨 ②锉削 ③喷涂油漆	



任务二 绘制流程图

为了使流程的描述清晰可见,我们一般采用流程图来表达流程。

产品的设计过程就是一个流程,如图2-6所示。在这个流程图中,方框表示某个环节,单向箭头表示环节的顺序关系。

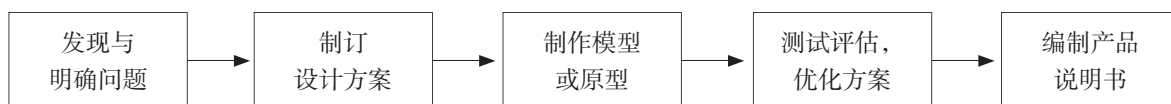


图 2-6 产品设计过程



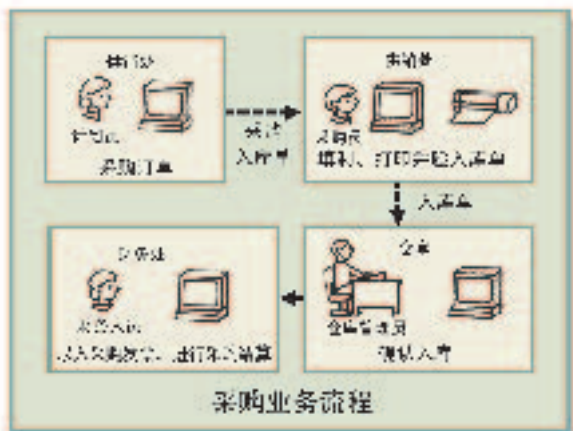
依据流程的性质以及人们的表达习惯，流程可以通过文字、表格、图示等方式表达，有些场合还可利用模型、动画等方式表达。

9:00	开学典礼开始
9:05	介绍与会的领导、来宾及其他与会者
9:10	来宾致辞
9:30	教师代表发言
9:50	新同学代表发言
10:10	高年级同学代表发言
10:20	领导讲话
10:30	开学典礼结束

文字表达

步骤	加工		
	采购	粗加工	烹饪
1	看	拣	高温
2	摸	洗	烧熟
3	过秤	浸	蒸透
4	索证	切	质检
5			出锅
6			留样

表格表达



图示表达

图 2-7 流程的多种表达方式

从以上流程图中可以看出，有的用时间表达时序，有的用数字序号表达时序，还有的用箭头表达时序。流程图中的序号或方框反映了环节、工序的具体情况。

在编制计算机程序时，经常要用程序流程图来表示算法，流程图中的方框、菱形框表示一定的环节，箭头表示程序流动的方向。例如，计算 $S = 1 + 2 + 3 + \dots + 100$ 的算法，可用如图 2-8 所示程序流程图表示。

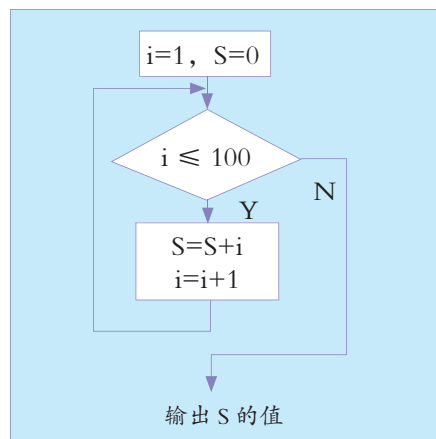


图 2-8 程序流程图



马上行动

请分析如图 2-9 所示的手摇钻零部件图, 确定组装手摇钻的环节与时序。安装调试手摇钻, 并用恰当的方式记录安装流程。

安全提示

组装完成, 检验时要注意安全。



讨论: 对照说明书提供的手摇钻安装流程图, 分析自己安装手摇钻的流程是否合理。

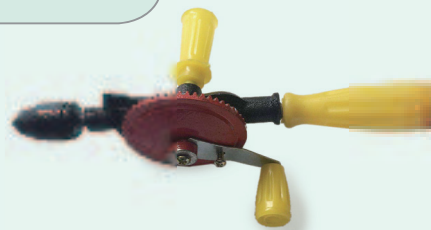


图 2-10 手摇钻

不同的流程因其类型及表达用途不同, 可以采用不同的表达方式。



案例分析

自发电旅行箱的开发过程

出门在外的旅客为了给手机、电脑等电子产品充电, 常常在火车站、汽车站、飞机场等公共场所四处“抢”电源插座。虽然很多公共场所都已经提供了各种充电设备, 但仍然无法满足人们的需求。在旅行途中, 旅行箱是人们的必备品。旅行箱一般由箱体、伸缩拉杆和万向轮组成。那么, 是否可以将万向轮转动的动能转化为电能, 从而让旅行箱实现照明、充电等功能? 高中生赵卫决定购买一些万向轮, 并对其发电功能进行开发, 制作出能发电的旅行箱。

赵卫同学购置了一些万向轮, 但需要自己动手组装。他按照如图 2-11 所示的流程图将万向轮组装好。

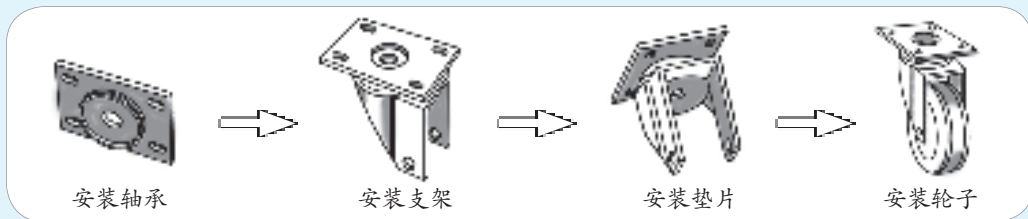


图 2-11 装配流程图

万向轮组装完成后,赵卫开始思考:利用万向轮发电是否可行呢?要攻克哪些技术问题?用什么材料和加工工艺才能实现发电功能?他带着这些问题去找老师,老师建议他做一份详细的开发方案,保障此项工作的顺利开展。下面是赵卫的开发计划:

① 概念开发与产品规划阶段:对万向轮发电装置的技术可行性、使用可行性、主要存在的问题、有无市场前景等进行研究,并形成开发与产品规划的前期研究报告。

② 详细设计阶段:进行多方面的调查与研究,以及多种方案的对比,选择一种或多种比较合理的方案,形成较为详细的产品设计文本。

③ 制作生产阶段:根据设计文本,进行个别产品的样品制作,并研究生产设备及加工的最佳方案。

④ 测试阶段:对产品的样品进行强度、充电等多方面的检测,并对所检测的数据进行分析,找出问题所在。

⑤ 优化阶段:对结构、生产过程及原理等方面进行改进优化。

⑥ 产品定型阶段:即结构、功能、工艺、检测、设备等基本定型。

赵卫想设计一个产品开发流程图,以便更好地表达自己的想法。赵卫设计的产品开发流程方框图如图 2-12 所示:

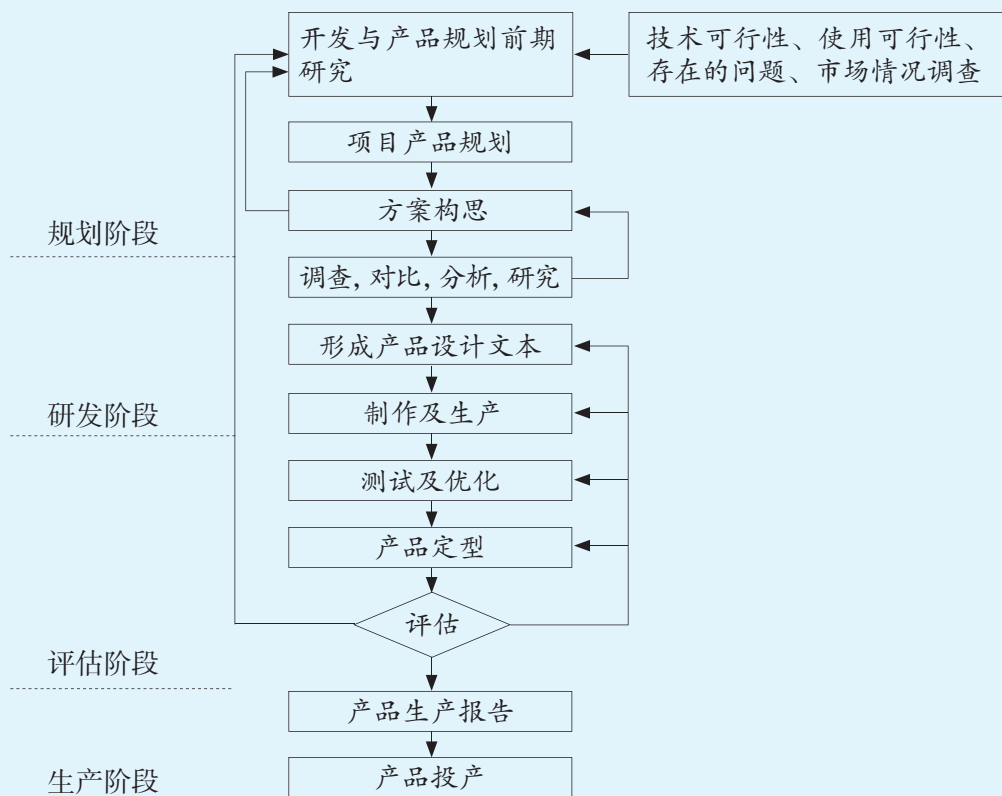


图 2-12 产品开发流程方框图

赵卫在研究旅行箱万向轮发电装置时，参观了一些旅行箱生产企业，对旅行箱设计、制作、销售各环节有了较详细的了解。

他在参观时注意到，在万向轮金属支架生产车间贴了一张加工工序流程卡，如下表所示：

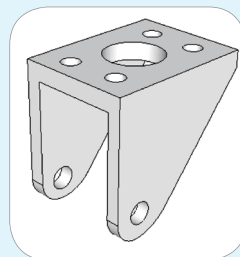


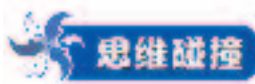
图 2-13 金属支架

单号： 型号： 名称： 派工：

序号	工序	操作者	数量	合格	废品	检验
1	下料					
2	划线					
3	锯割					
4	钻孔					
5	弯折					
6	磨外圆					
7	除毛刺					
8	热处理					

赵卫经过参观、询问、调研、分析等环节，对利用万向轮发电实现旅行箱照明、充电等功能充满了信心。不仅如此，他还准备拓展旅行箱的更多功能，如 Wi-Fi 功能、智能防盗功能等。

思考：赵卫在开发产品的过程中，在不同的场合使用了不同的流程表达方式。这些流程表达各有什么特点？适合在哪些场合使用？



在选择流程表达方式时，除了要考虑不同的流程表达有不同的特点外，还需要考虑哪些因素？



任务三 探析生活与生产中的流程

生活中处处有流程。科学合理的流程可以指导我们正确地做事，提高工作和学习的效率，使我们的生活变得有序、合理，为我们的生活提供保障。

生活中的流程对生活质量往往有着重要影响。例如，在家庭日常烹饪流程中，何时放菜，何时加盐和味精等佐料，对菜的营养和口味都有直接的影响。在缺碘地区的家庭日常烹饪流程中，炒同一种菜，若在出锅前放碘盐，碘的食用率可达 63.2%，而若在高温炒制时放碘盐，碘的食用率仅为 18.7%。

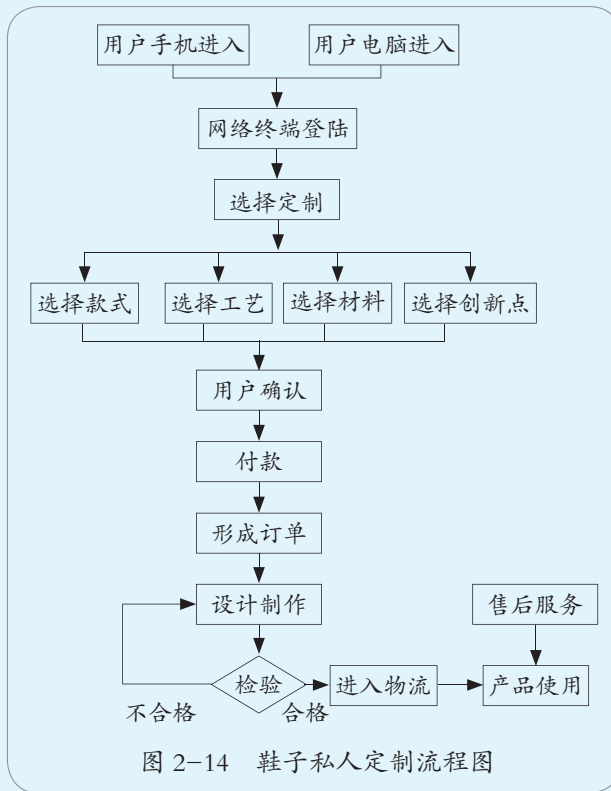


案例分析

鞋子的私人定制

为了最大限度地满足顾客的个性化需求,降低经营成本与生产成本,某制鞋企业以“互联网+”“大数据”“工业 4.0”三大技术作为运行平台,向顾客提供了定制服务。顾客通过电脑、手机等网络终端登录,在线自主选择产品的款式、工艺、材料、创新点,在线支付后生成订单,实现从产品定制、交易、支付、设计、制作工艺、生产流程、后处理到物流配送、售后服务全过程的数据化驱动和网络化运作。具体流程如图 2-14 所示。

思考:该流程与一般制鞋企业从生产到销售过程中的流程有什么不同?分析该生产与销售流程对顾客与企业的意义。



马上行动

归纳流程对于日常生活的影响,并举例说明。

1. 提高效率: _____。
2. 使生活变得有序、合理: _____。
3. 更加安全: _____。

在工农业生产中,我们依据一定的流程来组织生产、管理企业。对于生产过程,有加工流程、组装流程、包装流程、质量检查流程、安全生产流程等;对于企业经营过程,有原材料采购流程、市场销售流程、财务工作流程等。



案例分析

解决农产品的“卖贱买贵”难题

我国农产品的“卖贱买贵”现象由来已久,问题的根源在于流通环节。农产品以家庭分散经营的模式为主,由农村经纪人从分散的农户手中收集农产品,再通过一级二级的批发商与零售商,进入消费领域。流通成本高,农户与市民都得不到实惠。

近年来,基于互联网的农宅对接模式,如 C2C (Consumer to Consumer, 个人与个人之间的电子商务) 模式,让农户可以通过第三方平台直接将农产品卖给消费者,把农产品从农户

手中直接送到消费者家门口，省去很多中间环节，减少流通成本，降低农产品的交易时间和成本，让农户和消费者都尝到甜头，部分解决了农产品“卖贱买贵”的难题。

思考：互联网农宅对接模式为什么能解决“卖贱买贵”的问题？



拓展阅读

C2M 的典型案列——服装定制

C2M (Customer to Manufactory, 消费者需求驱动工厂有效供给) 运行流程是先销后产的模式, 以“互联网+”“大数据”“人工智能”等技术作为运行平台, 与传统的先产后销有本质的区别。

与其他私人定制项目相类似, 定制服装的消费者通过计算机、手机等信息终端登录, 经过一定的流程, 实现全过程的数据化驱动和网络化运作。消费者下单后, 工厂才进行生产, 没有资金和货品积压, 运营简单, 实现了“按需生产、零库存”, 可以最大限度地让利给消费者, 而消费者也无须再分摊企业成本。

生产过程中, 每一件定制的服装都有其专属的电子芯片, 并伴随生产的全过程。每一个工位都有专用终端设备, 从互联网云端下载和读取电子芯片上的订单信息。通过智能物流系统等, 解决整个制造流程的物料流转问题; 通过智能取料系统、智能裁剪系统等, 实现流水线生产。基于物联网技术, 多个信息系统的数得到共享和传输, 打通了信息孤岛, 打破了企业边界, 多个生产单元和上下游企业通过信息系统传递和数据共享, 实现整个产业链的协同生产。



案例分折

轴承零件的淬火工艺流程

轴承是常用的机械零件之一。在轴承加工中, 要对其内环、外环、滚珠进行淬火处理以提高硬度。

淬火工艺流程如图 2-16 所示:

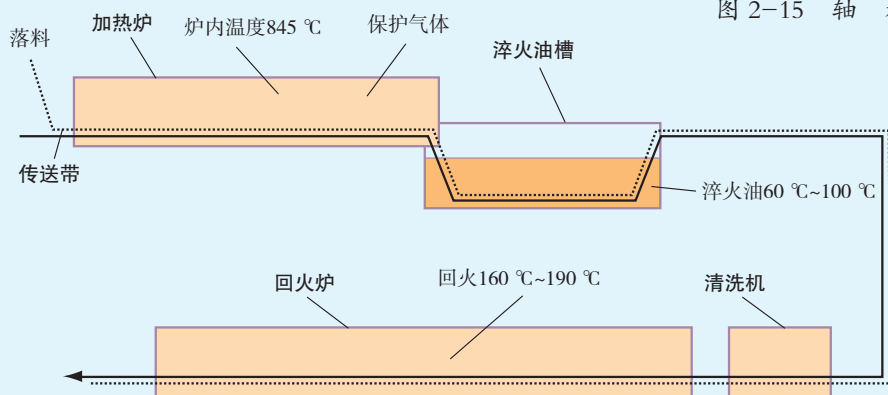


图 2-16 淬火工艺流程图

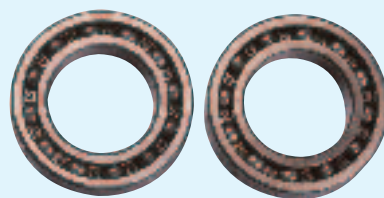


图 2-15 轴 承

工件由落料机落到匀速运行的传送带上, 进入加热炉, 炉内用电阻丝加热并充满保护



气体，温度控制在 $845\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。工件在炉内经过预热（ $16\sim 17\text{ min}$ ）、透烧（ $16\sim 17\text{ min}$ ）、保温（ $16\sim 17\text{ min}$ ）三个阶段共约 $48\sim 51\text{ min}$ （工件的材料规格不同，时间有所不同）。加热后，工件下到淬火油槽内迅速冷却，淬火油的温度控制在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。淬火油用油泵循环，油槽内有搅拌机搅拌以保持淬火油的温度均匀。淬火后，工件进入清洗机进行清洗。最后是回火处理，时间约 2.5 h ，目的是消除内部应力，稳定工件的组织。轴承零件淬火处理的流程图如图 2-17 所示：

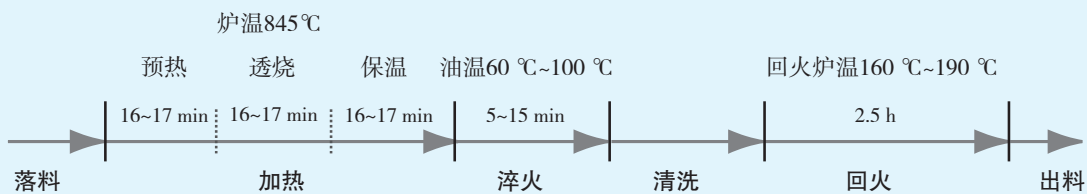


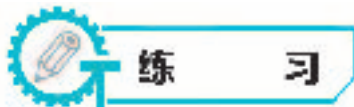
图 2-17 轴承零件淬火处理的流程图

思考：

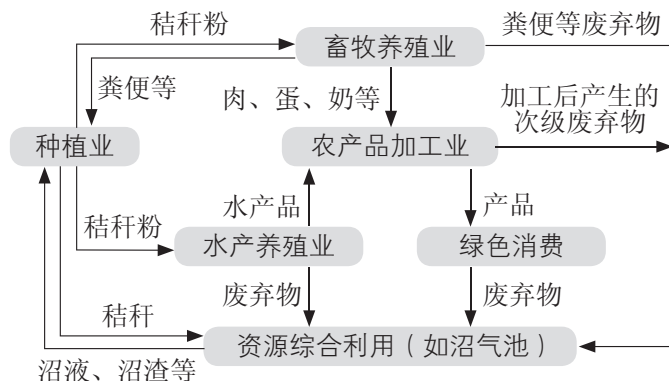
1. 淬火环节后面的回火环节有什么意义？
2. 分析轴承零件淬火处理的流程图，说明该流程主要由几个环节构成，其中加热环节中注明“预热、透烧、保温”的含义是什么？清洗中温度与时间都没有标注，说明了什么？



在日常生活与生产中，人们往往追求用尽可能少的环节去完成任务，以提高效率。那么有没有增加环节以提高效率的生产流程呢？



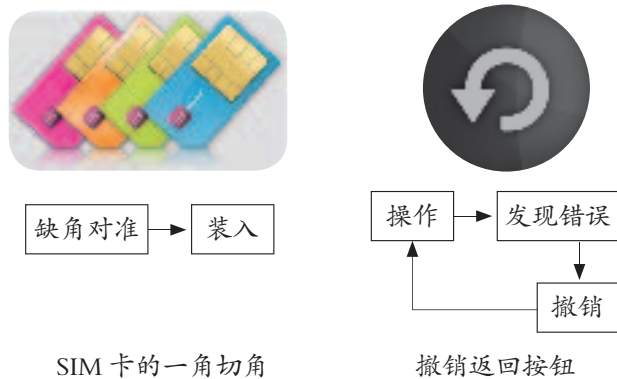
1. 农业循环经济就是将农业的多种产业组成产业链网络，将废弃物变为资源，形成无废弃物的清洁生产体系。分析下图的农业循环经济体系图，列举一个流程，并画出对应的流程图。



农业循环经济体系

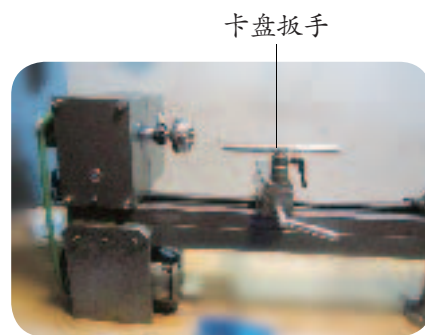
(第 1 题)

2. 容错设计指的是操作过程中，即使操作环节发生错误也不会产生不良的后果。分析以下两种设计是否属于容错设计，说明理由。



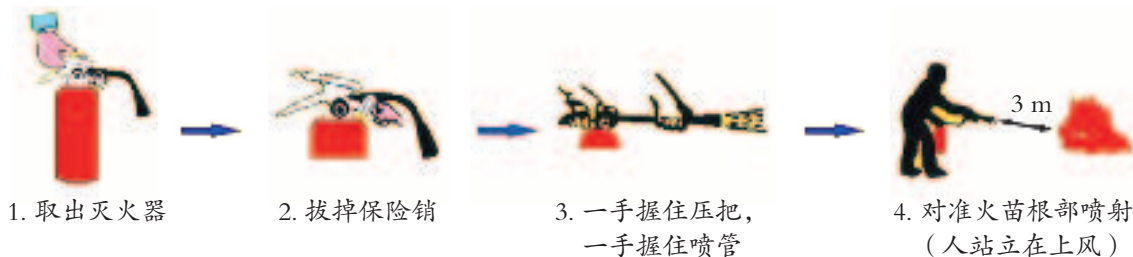
(第 2 题)

3. 车床加工工件时，必须通过卡盘上的卡爪夹持工件。卡盘扳手是将工件夹持在卡爪中或将工件从卡爪中松开卸下的专业工具。在车床上有一个卡盘扳手插入装置。如果扳手没有插入装置中，则车床无法启动。在加工流程中增加一个将扳手插入装置的环节，其意义是什么？



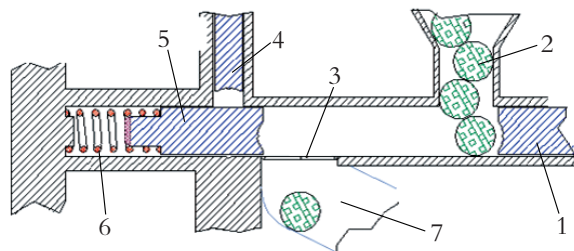
(第 3 题)

4. 如图所示是某类灭火器使用流程，采用“图+文”的表达方式，有什么特点？适用于何种场合中？

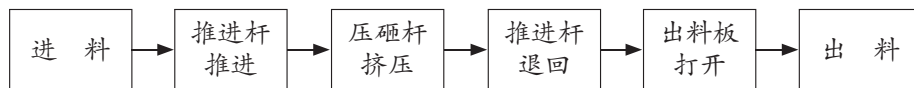


(第 4 题)

5. 如图所示是山核桃碎壳机的设计示意图及工作流程图。从图中可以看出，要完成山核桃碎壳至少需要哪些环节？各环节需要处理的关键问题是什么？

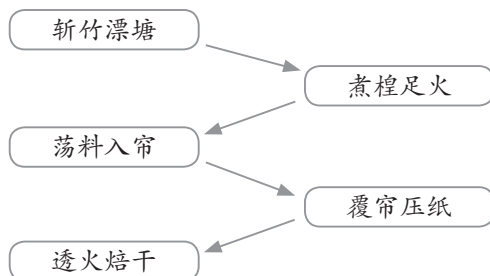


1- 推进杆 2- 山核桃 3- 出料板 4- 压砸杆 5- 反弹杆 6- 弹簧 7- 出料腔



(第5题)

6. 我国是最早掌握造纸工艺的国家，传统造纸的流程图如下：

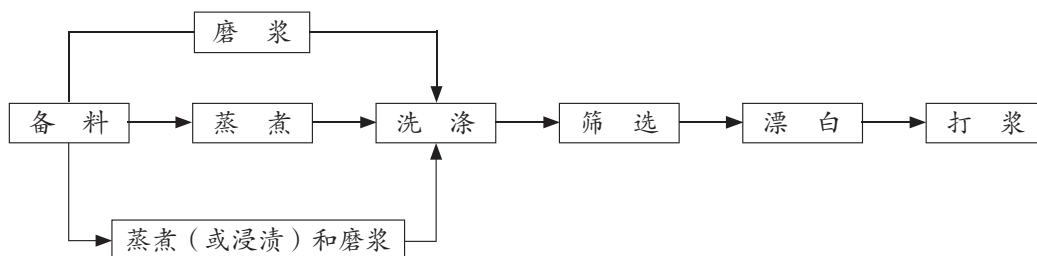


请完成以下任务：

(1) 下图表示造纸流程中的哪几个环节？



(2) 下图所示是现代造纸的局部流程，其对应的是造纸的哪几个环节？用方框图与图文表达流程各有什么特点？



(第6题)



二、流程的设计

- 任务一 分析流程设计应考虑的基本因素
- 任务二 设计金属笔筒加工流程

学习目标

1. 结合流程设计的活动体验，分析流程设计应考虑的基本因素。
2. 结合实际需求进行合理的流程设计，并用流程图表达出来。
3. 通过流程设计，体会流程设计的基本思想与方法。



孙宇觉得用木材制作组合式笔筒比较简单，于是，他利用废旧钢管设计制作了一个组合式金属笔筒。制作组合式金属笔筒，工艺较为复杂，环节较多。孙宇单人制作，费时费力。如果让一个小组的同学共同参加，操作的流程应该怎样设计呢？

任务一 分析流程设计应考虑的基本因素

人类生产和生活中的流程不是自然存在的，而是靠人们研究和设计出来的。流程设计对于指导人们的工作、生活和有效地组织生产起着关键作用。同时，流程设计又是一项技术性很强的工作。因此，应以科学严谨的态度，充分考虑流程设计的基本因素和相关因素，遵循事物的内在性质、规律进行设计。

设计一个流程应先明确流程要实现的具体目标。对于工作和生活方面的流程设计，主要应考虑节省时间、提高效率、提高质量等目标。对于生产活动的流程设计，主要应从提高效率、提高质量、节省资源、安全生产、降低成本、提高管理水平等方面明确设计的目标。



图 2-18 流程设计的目标



请按照金属笔筒的设计方案，根据制作流程的目标，把要考虑的内容填入下表中。

流程设计的目标	实现目标要考虑的内容
工时短	
质量优	



简易手机架的制作流程设计

体验目的：通过简易手机架的制作流程设计，分析流程设计所要考虑的基本因素。

情境展示：孙宇妈妈平时在家没有固定摆放手机的地方，随意乱放，所以她总是不停地找手机。孙宇决定送给妈妈一个亲手制作的手机架，方便妈妈摆放手机。

问题分析：在手机架制作的流程设计中，需要对手机架的结构、制作工艺、安装步骤，以及使用环境等方面进行综合考虑。

活动准备：

材料：三合板、手机支架的设计图纸。

工具：美工刀、线锯、手电钻、尺子、铅笔、剪刀等。

主要过程：

1. 将学生分成两部分，一部分同学独立制作，另一部分同学小组合作完成。
2. 根据要求，确定环节及时序。
3. 制作与组装。
4. 对比独立制作与小组合作制作方式，看哪一种方式制作效率高。

讨论：

1. 从流程角度分析，独立制作工时长短的主要影响因素有哪些？
2. 从流程角度分析，为什么合作制作有时反而会比独立制作慢？



图 2-19 简易手机架



安全提示

钻孔时，要夹紧三合板，不能手持。

流程中工序的作业方式分为串行与并行。每个环节都依次进行的工序，就是串行工序。串行工序的特点是，上一道工序完成之后才能进入下一道工序。如果工序是同时进行的，就是并行工序。并行工序往往是多人或多台设备同时工作，这样可以大大提高生产效率。

在生产活动中，流程设计目标明确后，设计流程需要考虑的基本因素包括材料、工艺、人员和资金、环境、设备。

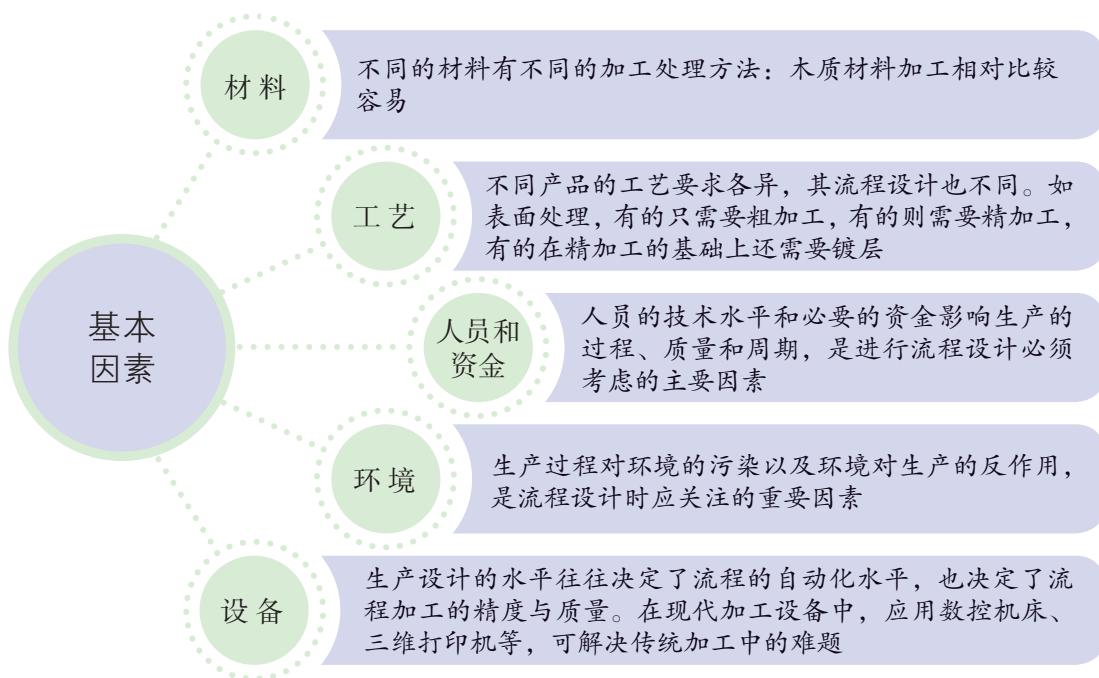


图 2-20 设计流程应考虑的基本因素

不同行业的流程有不同的特点，其流程设计中应考虑的基本因素也各有差异。例如，农业生产的流程设计还应考虑气候、季节、自然灾害、生态平衡等因素。

流程设计要依据事物的内在属性和客观规律，科学地设计时序和环节，以达到设计的目标。



拓展阅读

合成氨的生产工艺流程

首先用适当的方法生产出合成氨的原料——氮气和氢气。氮气和氢气的混合气体在合成塔内 500℃ 和 300 atm 条件下，通过催化剂的作用产生氨气，再通过氨分离器不断地把生成的氨分离出来，同时未转化的反应气体再进入合成塔循环加工。这就是合成氨的工艺流程。

合成氨工艺流程的产生是一个对其内在属性和规律的探索过程。19 世纪初，经过化学家上万次的试验，最终才得出在 500℃ 高温和 300 atm 的条件下能产出合成氨，但转换率仅有 2%~8% 的试验结论。后来又经过不断试验才形成现代工业生产上使用的较为成熟的合成氨生产工艺流程。



马上行动

要设计笔筒上铭牌的制作流程，需要从多方面进行考虑。表格中是某学校现有的材料和对应的设备，请选择两种材料，分别设计铭牌的制作流程。

材料	设备
木材	木工器械及设备
塑料	三维打印机
金属	车床、钻床等金属加工设备
亚克力板	激光切割机、塑料弯曲机等



思维碰撞

在流程设计中，我们需要将现代化的加工设备作为其中一个因素进行考虑。根据这个思路，在流程设计中除了材料、工艺、设备、人员外，还有哪些因素需要考虑？



任务二 设计金属笔筒加工流程

流程设计，第一，要明确设计的目标和任务，明确流程应遵循的内在变化规律。第二，要分析现有材料、设备、资金、人员、工艺和环境等因素。不同的设备和人员条件可能导致不同的流程设计结果。第三，列出流程涉及的主要事项，并进行初



步的排列。第四,分析各事项(步骤)之间的先后顺序,合理地安排流程的时序环节。例如,一个产品的生产流程设计一般由材料准备环节、加工环节、组装环节、产品质量检查环节等组成。这些环节中分别应该安排哪些工作,是串行工序还是并行工序等。第五,选择一种合适的表达方式,画出流程图。对于有严格时间要求的时序,要标注时间。

一个流程要经过精心的设计和反复的修改,才能达到比较理想的效果。

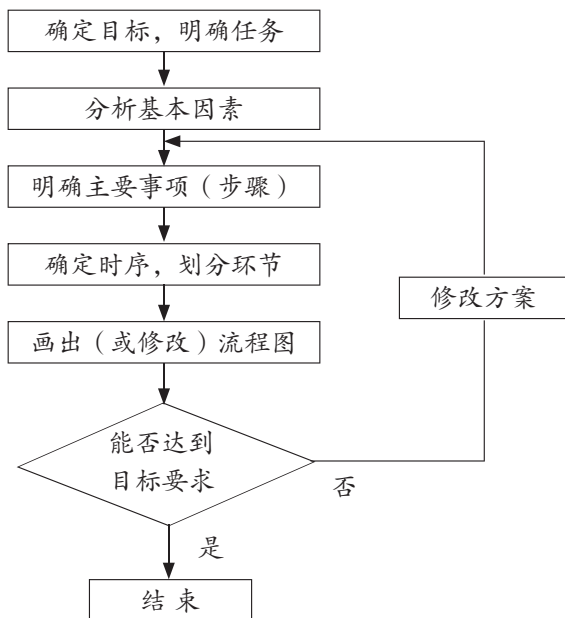


图 2-21 流程设计的步骤



金属笔筒制作与装配的流程设计

如图 2-22 所示的金属笔筒可分为三个部分:笔筒 1(高)、笔筒 2(低)、铭牌。其中,笔筒包括筒身与底板;两笔筒可分可合,笔筒之间有一定的连接结构;铭牌制作后还要与笔筒连接。

1. 流程设计的主要因素分析

(1) 工具和设备:台钻、平锉、手锯、丝锥架、角尺、划针、样冲、金工锤、激光雕刻机、三维打印机。

(2) 材料:50 mm × 100 mm × 150 mm 方形钢管、10 mm × 100 mm × 200 mm 木板、平头螺钉、三维打印材料、亚克力板、砂纸、油漆。

(3) 加工方法:采用传统加工与现代加工方法。

(4) 人员:学生(教师指导)。

(5) 场所:通用技术实践室。

(6) 结构特点:可分可合的笔筒。

2. 流程的环节划分与时序的确定

流程可以分为五个部分:笔筒 1 的制作、笔筒 2 的制作、铭牌的制作、表面处理及装配。

3. 笔筒的加工流程图

(1) 笔筒 1 的制作流程

分析:笔筒中有两个扣槽,用平头螺钉将两个笔筒连在一起。扣槽的加工需要钻孔与锯割。



图 2-22 金属笔筒

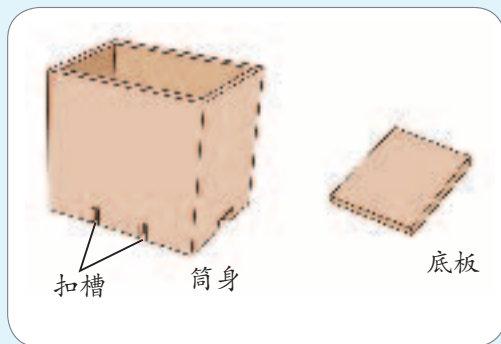


图 2-23 笔筒 1 的结构

先确定钻孔位置后，再用样冲冲眼，然后用台钻钻孔，再用手锯进行锯割。固定铭牌时，还需要在恰当的位置钻孔与攻丝。

底板衬托是将侧面板锯后向内弯折形成的，如图 2-24 所示。底板是根据方管内空的大小，通过划线与锯割，再锉削实现的。

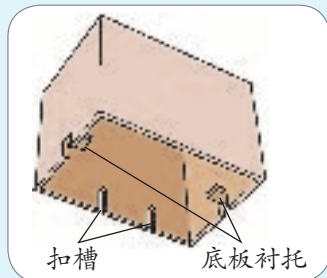
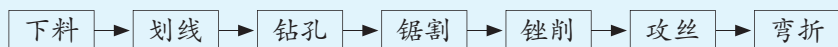


图 2-24 底板衬托示意图

笔筒 1 主体的制作流程：



底板的制作：



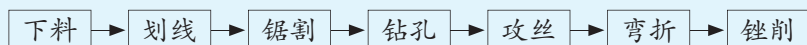
(2) 笔筒 2 的制作流程

分析：笔筒 2 与笔筒 1 结构不一样，因此加工流程也不同。

平头螺钉（卡扣）通过筒身上的内螺纹安装，主要是与笔筒 1 的槽相配合，实现两个笔筒的连接。

底板衬托同样是为了底板的固定。

笔筒 2 主体的制作流程：



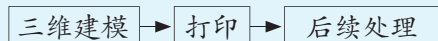
底板的制作：



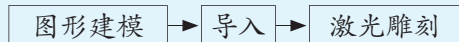
(3) 铭牌的制作流程

铭牌的制作，根据不同的设备，其制作方法也不同。

如果采用三维打印机直接打印，则其操作流程为：

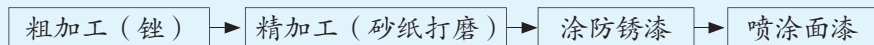


如果采用激光雕刻机进行加工，则其操作流程为：



(4) 表面处理

即对金属表面进行美化、安全处理。其基本流程是：



(5) 装配

装配包括：用平头螺钉将笔筒 1 与笔筒 2 装配在一起。

考虑到螺钉既要拧紧，又要能卡入，所以对平头螺钉是有要求的，要选用如图 2-26 所示的平头螺钉。

铭牌通过平头螺钉固定在笔筒 1 上。

其操作流程是：

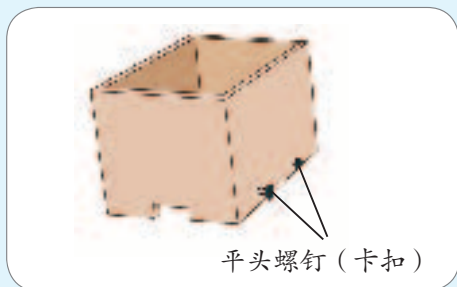
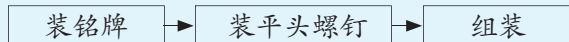


图 2-25 笔筒 2 的结构



图 2-26 平头螺钉

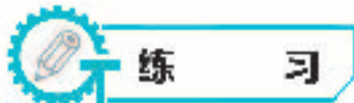
**思考：**

在结构设计的同时，就要考虑流程的设计。请简略说明在结构设计时要考虑制作流程中的哪些方面。

**学习反思**

在流程设计时，有多个目标需要实现，因此需要考虑较多因素，且有多个方案可以选择。应该如何选择最佳方案？其依据是什么？

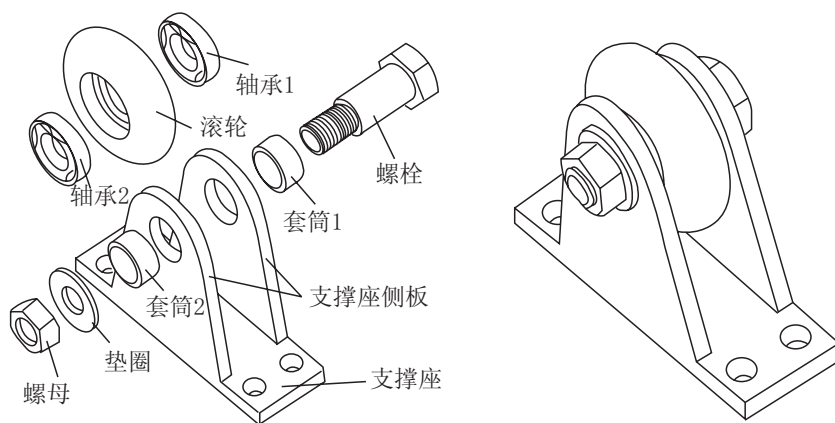
工厂设计流程时，不仅要懂技术，还要熟知设备情况、工人的技术水平、生产组织流程、质量管理流程等。

**练习**

1. 如图所示是车轮的结构示意图，轴承1和轴承2安装在滚轮的孔中，用于滚轮与螺栓间的支承，套筒1和套筒2分别安装在支撑座两个侧板的孔中，用于对滚轮的轴向定位，螺栓穿过套筒1、滚轮、套筒2安装在支撑座上，垫圈、螺母安装在螺栓上，用于锁紧。

车轮的装配需要以下环节：A. 安装轴承1和轴承2；B. 安装螺栓；C. 安装套筒1；D. 安装螺母；E. 安装垫圈；F. 放置滚轮；G. 安装套筒2。

请分析车轮的结构和装配工艺，填写合理的装配流程：_____ → C → _____ → _____ → G → E → _____。



(第1题)

2. 请设计一个小木锤的加工制作流程。

3. 如图所示，根据已知的配件装配成折叠式台灯模型，请设计合理的装配流程并用合适的表达方式进行表达。

配件名称	图样
灯头板	
支撑杆 1	
支撑杆 2	
底板 1	
底板 2	
转轴	

(第 3 题)

4. 在制作折叠架时，需要用连接件把两个铁质构件进行连接，如图甲所示。用钢板加工成如图乙所示的连接件，加工时采用如图丙所示的流程。结果发现，连接件无法与两个构件正确装配。请分析原因，并设计一个正确的加工流程。

甲

乙

划线

→

钻孔

→

弯折

丙

(第 4 题)

三、流程的优化

学习目标

- 任务一 分析流程优化的基本要素
- 任务二 进行简单的流程优化

1. 通过案例分析，尝试分析流程设计和流程优化的基本要素，能够体会流程设计的基本思想和方法。
2. 能结合技术需求对已有流程进行优化，并用流程图表达出来。

走进情境

孙宇发现，小组同学在做金属组合式笔筒时，有的同学忙得不亦乐乎，但有的同学却无所事事。如何让所有同学动起来，做合适的工作，形成协作？显然需要对原加工流程进行合理的优化。

任务一 分析流程优化的基本要素

在流程的设计和实施过程中，需要对流程进行不断的改进，以期取得最佳效果。对流程的改进过程，称为流程的优化。

生产和生活中的技术改进和革新，多数是对已有流程的整体改进或是对其中某一环节的改进，使其得以优化。优化的目的是为了提高工作效率、降低成本、降低劳动强度、节约能耗、减少环境污染、保证安全生产等。

流程优化包括工期优化、工艺优化、成本优化等。根据需要，有的流程优化是对单个指标的优化，有的流程优化是对多个指标的优化。对于一个特定的流程，往往是以某个指标的优化为主，综合考虑其他指标。如果片面地强调某一指标的优化，可能会带来其他指标的下降。因此，流程的优化应在综合考虑各项指标的基础上，抓住主要矛盾，突出重点指标的优化，综合权衡，以达到整体优化的目的。

通过对流程采取一定的优化措施与技术手段，能够达到提高工作效率，减少作业时间的工期优化的目的。


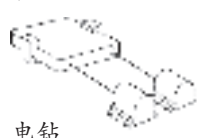

案例分析

工期优化

某厂家生产的竹凉席需要把一块块竹块串连起来。由于串线的需要，须在竹块上钻两个孔（如图 2-27 所示）。以下是竹块钻孔流程不断优化的过程：



图 2-27 竹凉席

	早期加工	一期优化	二期优化
加工方法	先钻一个孔后，再钻一个孔 竹块  电钻	采用两个钻头同时钻孔 竹块  电钻	采用四个钻头同时钻孔 
问题	效率低	效率较低	

最初是用一个钻头在竹块上钻孔，钻两个孔需要两个环节，效率低下。后来改为用两个钻头同时钻孔，即一期优化，两个钻头同时完成，效率有了显著的提高。

一期优化后，用两个钻头同时钻孔，钻通竹块需要较长的时间，钻孔较深，容易开裂。二期优化采用四个钻头从竹块两侧同时钻孔，每侧钻孔深度减小，提高了效率。

在把串行工序改为并行工序时，要考虑并行工作需要的人力和物力的增加，要把人力和物力增加的成本与工期缩短的成本进行比较。如果改进后的总成本是降低的，那么改进方案就是可行的。工期优化对于大型建筑施工、修路、水利工程等项目，可大大减少工程成本，提高经济效益。

讨论：

以上案例说明，并行工序比串行工序的作业方式效率更高，工期更短。但事物总是相对的，在生活或工作上有没有这样的案例，并行工序比串行工序的作业方案效率低，工期长呢？



拓展阅读

从自动分拣到智能分拣流水线作业方式

自动分拣流水线作业方式是：贴有信息标签的商品进入流水线后，通过射频识别技术进行识别；控制装置接收识别信号后，控制商品进入分拣道口，然后再进入集货区。

智能分拣利用了 AGV（自动导引运输车）。当分拣员将货物放在 AGV 的平台上时，识别检测装置自动检测货物的目的地，根据目的地自动规划出线路，快速送到目的地，并将货物送至下落口。尽管同时作业的机器人数量众多，但都能在自己的路线上运行，秩序井然地完成传送。

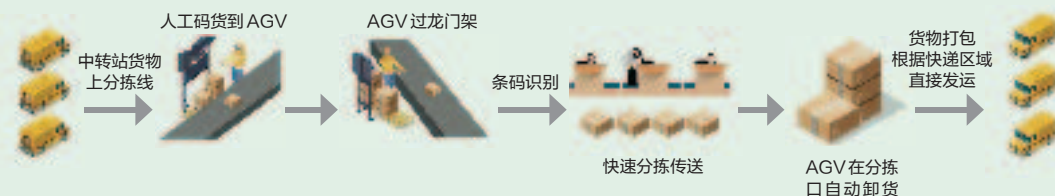


图 2-28 智能分拣流水线



采用先进的工艺技术,不仅能够大大缩短工期,而且能够提高产品的质量。因此,谋求工艺设备的改进和工艺方法的优化,是进行流程优化的主要手段之一。



工艺优化

法兰是以钢材为材料制造的用于管道等的连接器件。从制造工艺上看,有切削法和少切削法两种加工方法。

1. 切削法

切削法就是将圆钢直接在车床上切削成型,然后再钻孔而成。其加工工艺流程如下:



用切削法制造法兰的特点是工艺简单,缺点是切削过程耗费的时间太长,生产效率低,而且材料的利用率很低。

2. 少切削法

这种方法的工艺流程如下:

原料断料后,放在加热炉内加热变软,然后用模具将其锻压成型,再经过热处理,最后按照尺寸要求,进行少量的切削加工,并检查质量。

这种工艺流程虽然工序较多,所用设备较多,但由于切削量很少,大大减少了材料的浪费,而且生产效率高。

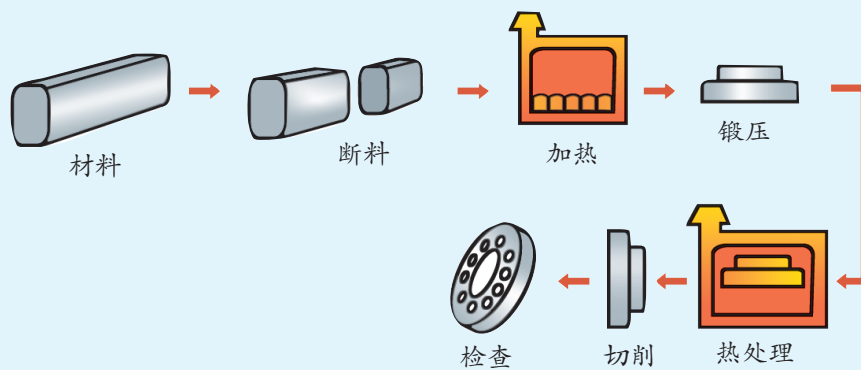


图 2-30 少切削法的加工流程图

加工质量为 3.8 kg 的法兰时,比较不同加工工艺下钢材的切削量,填写下表。

加工方法	一个法兰的质量	材料利用率	加工 1 万个法兰的切削总量
切削法	3.8 kg	40%	
少切削法		90%	

思考: 两种加工方式分别在什么情况下使用?

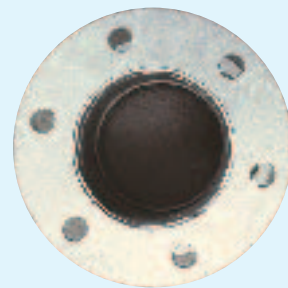


图 2-29 法 兰



案例分析

成本优化

某单位食堂提供午餐。午餐餐具为每人一个不锈钢餐盘、汤勺、汤碗和一双筷子。用餐完毕后餐具需要用餐者自己归类放置，回收餐具顺序如图 2-31 所示。

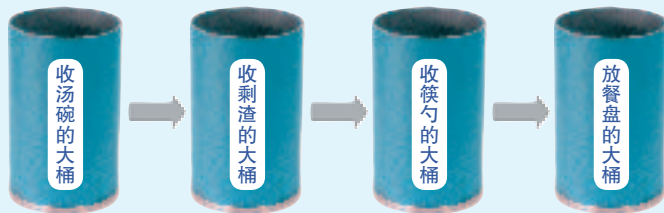


图 2-31 餐具回收流程

食堂工作人员发现，每过一段时间，汤勺总是不够用，后去用餐的职工往往找不到汤勺，汤勺到哪里去了？通过观察发现，回收餐具时，总是有人不自觉地把汤勺倒进收剩渣的桶中，所以汤勺会越来越少了。

讨论：应如何进行流程优化以解决汤勺“消失”的问题？结合材料找出自己学校食堂餐具的归类放置存在的不足，并给出具体的优化措施。



马上行动

请根据已设计的金属笔筒的工艺流程进行流程优化，并填写下表。

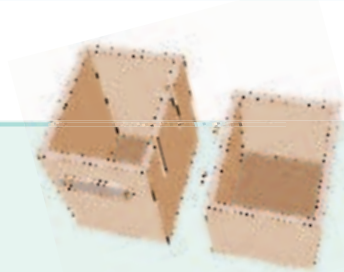


图 2-32 金属笔筒结构图

优化要素	优化措施
设备	采用金属切割机，能够大大提高方管的切割效率； 采用金属打磨机，能够大大提高外表面打磨效率
工艺	
人员	
材料	



思维碰撞

1. 工期优化与工艺优化各有什么特点？
2. 有人说“工艺优化是工期优化、质量优化与成本优化的手段”，你是如何理解的？



任务二 进行简单的流程优化

流程的改进和优化需要一定的条件，它建立在设备和工艺水平提高和对流程内在机理进一步研究的基础上。例如，零件加工中材料的改变，会导致设备的改变和工艺方法的改变，从而加工流程就要改变；若材料不变，加工工艺改变了，设备也要改变，流程也随之改变。因此，流程与材料、设备、工艺有着密切的关系，在优化流程时，需要充分考虑这些条件。



案例分析

生产线焊接设备的流程优化

焊接是一种生产工艺，常用的焊接方法是利用大电流将两种金属部件熔接在一起。由于零件太小，目前很多生产线还不能完全依靠机械臂完成工件的抓取，只能手工完成。

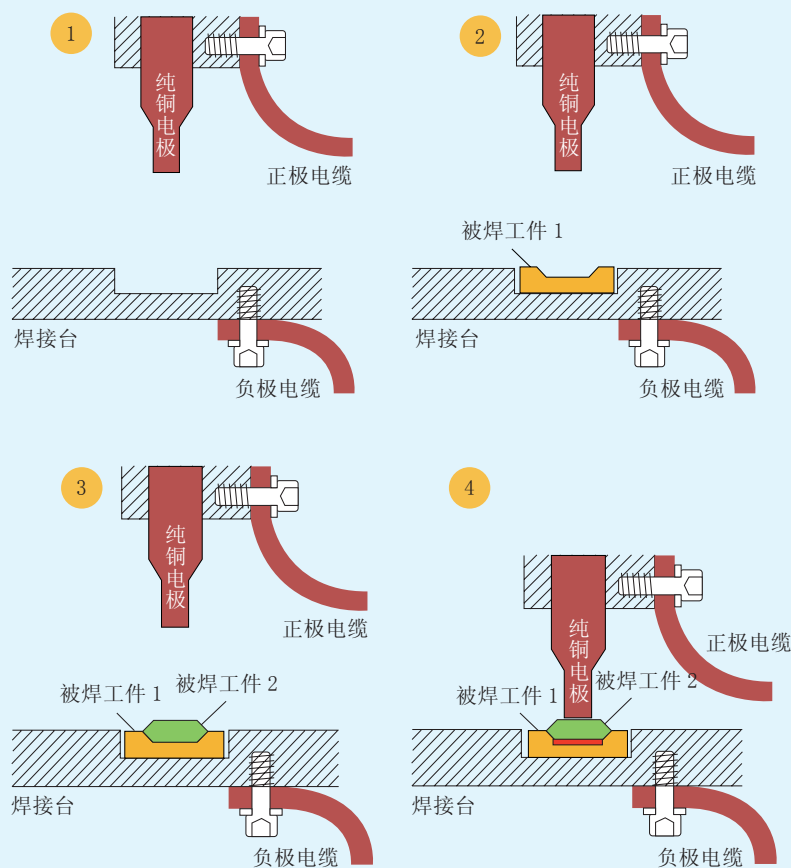
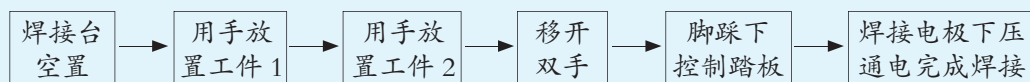


图 2-33 焊接流程

其焊接流程为：



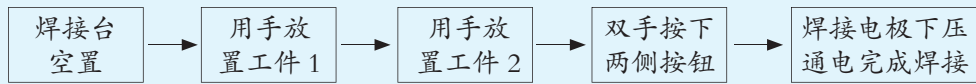
效率与安全隐患分析：工人手脚并用，双手放好工件后，立即踩下控制踏板，中间几乎没有任何停顿，可以快速地完成焊接。但是，由于工人动作太快，双手尚未撤离，控制踏板可能已经被踩下，焊接电极就会直接压到工人的手指，导致严重的安全事故。

从提高安全系数角度看，该流程需要优化。

优化方案一：

具体方案：不采用脚踏下踏板进行焊接，而是在焊接机的两侧放置两个按钮，必须用双手同时按下按钮，焊接机才能进行焊接。这样双手必须离开工件，就避免了焊接时焊接电极砸到手指的事故。

优化后的流程为：



此流程的优化通过改变流程的环节，将脚的操作改为手的操作，从而避免了重叠性操作（手脚同时操作）而产生的伤害。

效率与安全隐患分析：这样的设计基本消除了安全隐患，但是依然存在两个问题：

1. 双手需要运动到两侧较远的距离才能按下按钮，降低了生产效率。
2. 按钮有可能被其他人按下，产生安全隐患。

优化方案二：

将控制按钮改成微动开关，安装在焊接位置的两侧。工人安放好工件之后，只需要打开双手，双手同时触碰两侧的微动开关，就能控制电极下压进行焊接，在保证安全的同时提高了生产效率。

其流程为：

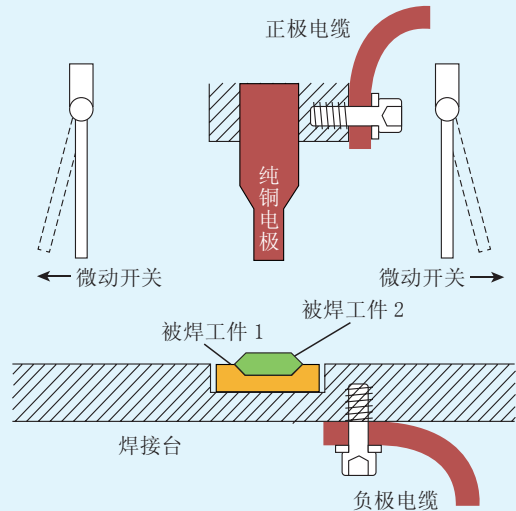
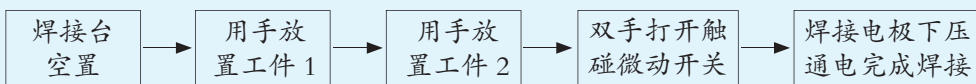


图 2-34 优化方案二

效率与安全隐患分析：这样的设计消除了安全隐患，但是依然有问题，双手仍要同时触碰微动开关，工人重复劳动时间长。

优化方案三：

为了进一步提高安全性，还可以在焊接区域的周围安装光栅传感器，只要任意一条光栅被遮挡，设备就会立即停止。这种优化是以光栅技术作为条件的。

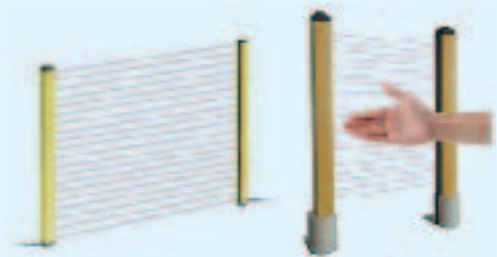


图 2-35 光栅传感器工作原理



思考：

请说明这三个优化方案分别解决了什么问题，三个优化方案之间有什么关系。

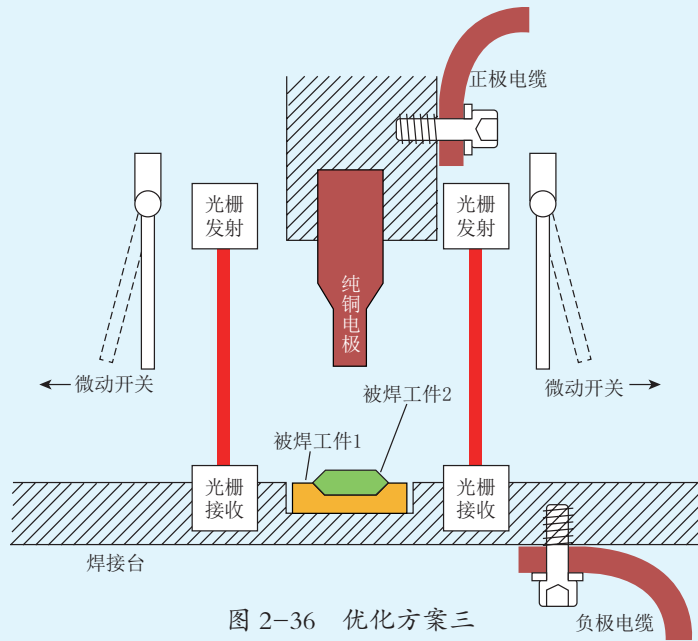


图 2-36 优化方案三

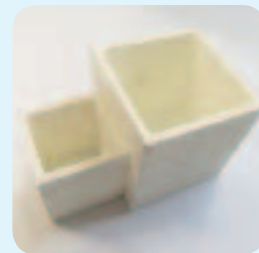
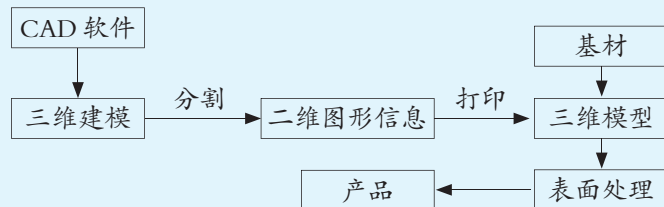
马上行动

孙宇小组制作的笔筒得到了同学们的充分肯定，经过学校及老师的同意，他们决定为全班每位同学制作一个组合式金属笔筒。从一个小组制作一个笔筒，到一个小组制作多个笔筒，必然要对原先的流程进行优化设计，以提高工作效率，降低劳动强度，提高质量。请分析孙宇小组制作流程的优化可以有哪些具体的方案。

案例分析

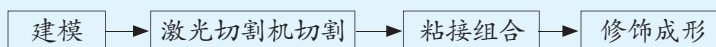
组合式笔筒的工艺流程及优化

如图 2-37 甲所示是利用三维打印技术制作的笔筒，其工艺流程图如下：



甲

如图 2-37 乙所示是用激光切割机制作的有机玻璃笔筒，其工艺流程图如下：



乙

思考：以上两款笔筒，其工艺流程与手工制作木制笔筒和金属笔筒相比，哪些方面得到了优化？

图 2-37 组合式笔筒



拓展阅读

流程再造与信息化基础

20 世纪 90 年代，美国麻省理工学院教授迈克·哈默与詹姆斯·钱皮提出企业再造理论和方法。企业再造是指“为了飞跃性地改善成本、质量、服务、速度等重大的现代企业经营基准，而对工作流程进行根本性的思考并彻底改革”。在一个企业中，业务流程决定组织的运行效率，是企业的生命线。为了能够适应新的世界竞争环境，企业必须摒弃已成惯例的运营模式和工作方法，以工作流程为中心，重新设计企业的生产、经营和管理方式。

哈默教授认为，企业的流程再造就是企业的一场革命。信息网络技术可以作为企业再造的手段。流程管理要处理大量的信息，必须以快速而灵敏的信息网络为依托。通过信息处理系统，几乎所有的相关工序都可以同时进行。通过流程管理信息系统，决策者可以及时掌握必需的决策信息。信息系统的建设，一方面构造企业内部的信息网络，另一方面要与企业外部的信息网络连接，充分利用外部的信息资源。



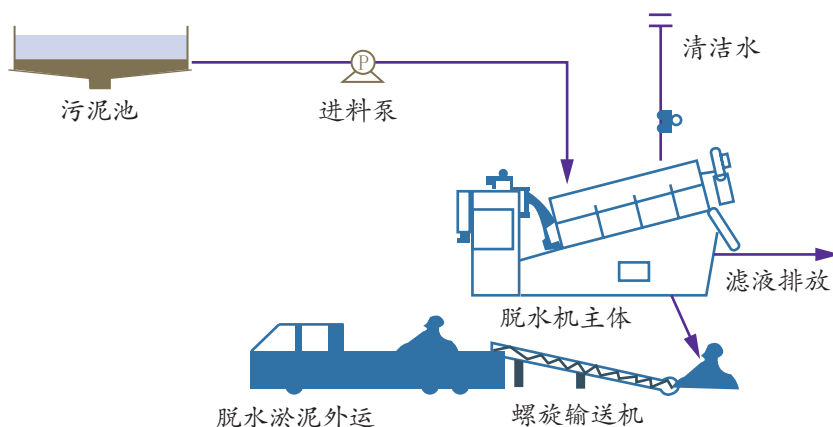
学习反思

流程优化条件中，材料、设备、工艺有什么样的关系？流程优化的条件除了这几个方面，还有哪些？



练习

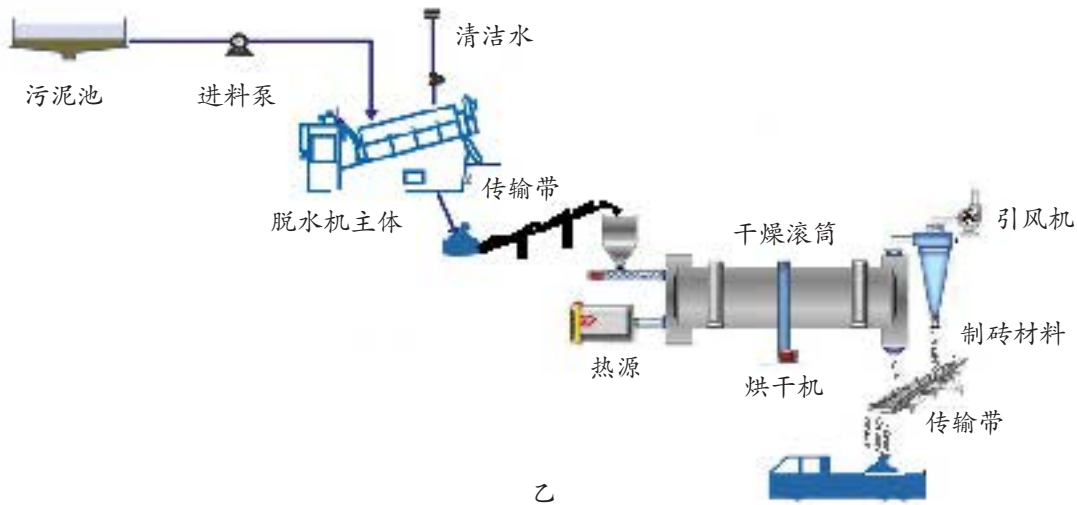
1. 城市中的湖底往往会积聚大量的污泥，如果不及时清理，就会滋生大量的水生植物而污染水质。某公司原先清理城市污泥的流程如图甲所示：



甲



后来，该公司对清理城市污泥的流程进行优化，优化后的流程图如图乙所示：

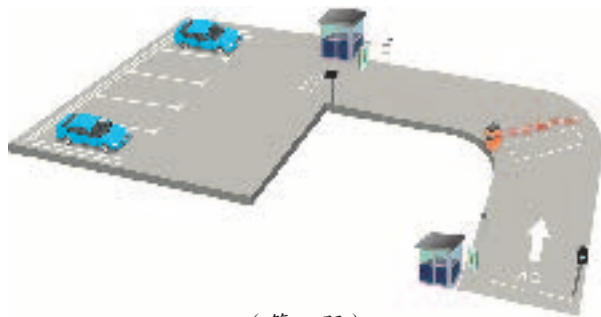


乙

(第1题)

比较这两个流程图，第二个流程哪些方面得到了优化？该优化属于流程中的何种优化？

2. 张伟同学家附近有一个停车场，停车场的通道只允许一辆汽车通过，因此经常堵车。后来在通道两端各安排一个人值班，对车辆进行正确的进出安排，可是这样又增加了人工费用。请你提出一个方案，较好地实现车辆进出流程的优化。



(第2题)

3. 如果通过人工分拣一元、五角、一角的硬币，工作量大，效率低下。请应用学过的流程知识，设计分拣硬币的具体方案。

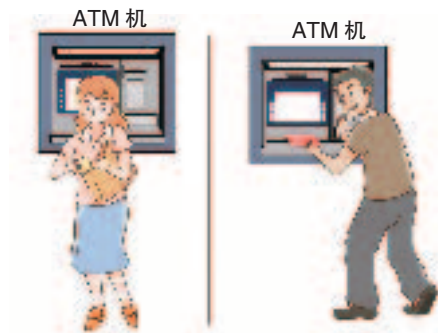
4. 某银行的ATM机（自动柜员机）取款流程如下：



该流程的问题是，如果顾客使用ATM机取钱，取款后忘记取回银行卡，容易造成卡内资金被盗。

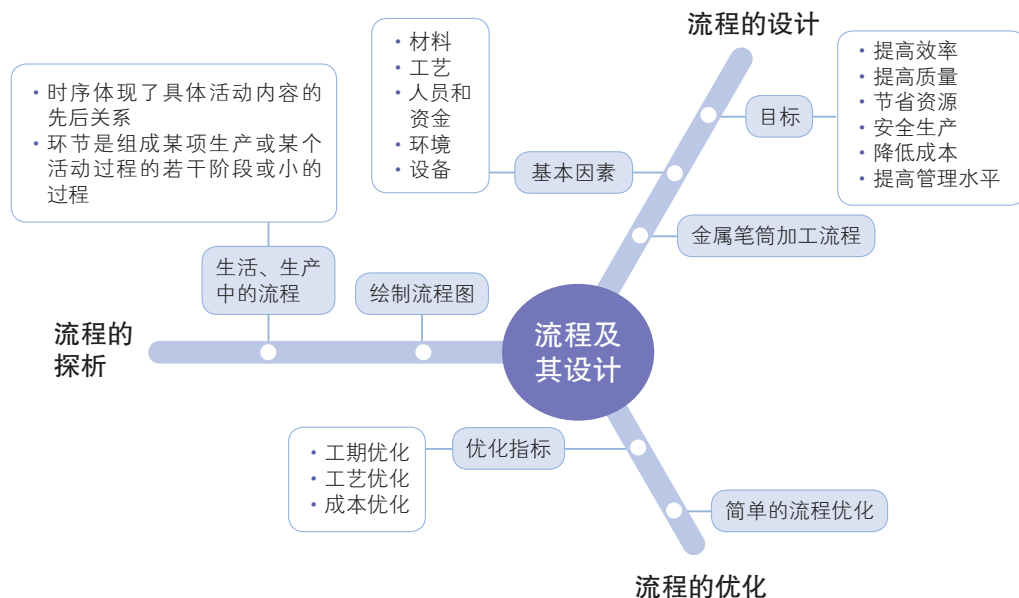
请提出该流程的优化方案，以避免忘记取回银行卡造成的损失，并说明该流程的优化需要什么条件。

5. 某厂生产竹凉席（第61页案例分析）通过二期优化后，效率有了较大的提高，但是由于四个钻头同时相对钻孔，会出现两孔不通或是钻头相碰损坏的现象。请你提出方案进行工艺改进，解决问题。



(第4题)

单元小结



综合实践

1. 共享单车是指企业在地铁站点、公交站点、居民区、商业区等公共服务区提供的自行车共享服务，是一种分时租赁模式。共享单车能方便人们出行，但存在乱停乱放的现象。请实地考察共享单车的出借、使用、归还等过程，画出流程图，并就该流程图，针对乱停乱放的现象提出流程优化的措施。

2. 选择家里的某一个废旧小电器，对其进行拆卸与装配，写出拆卸与装配的流程图，并比较两个流程有什么不同。

3. 垃圾清运车每天都要从生活小区运走很多垃圾。怎样处理这些垃圾，使它们变废为宝呢？到垃圾处理场进行实地考察和调研，以一种垃圾处理方式为例画出垃圾处理的流程图，并提出你的改进设计方案，以及改进所需的实施条件（如设备、环境、资金等）。

4. 设计一个民用住宅的施工和装修流程。

杨大伯家里要盖一幢砖混结构的房子，为了更好地组织施工，他需要设计一个施工和装修的流程。请你按以下要求帮他完成这项设计。



(1) 分别画出施工和装修的流程图, 注明环节、工序的时间, 分别计算出工期。

(2) 根据材料、施工人员、工期等因素, 进行流程的优化分析, 考虑如何平衡工程的成本。

提示: 主要环节有材料准备、打基础、砌墙、架梁、铺瓦面、抹灰、安装门窗、装修等。



5. 对一种工业产品组装工艺流程进行改进设计。

通过参观访问, 了解一种工业产品(如电视机、摩托车、电动自行车、粉碎机、脱谷机等)的装配工序, 画出装配流程图。如果有需要改进之处, 请对组装流程加以改进设计。

提示: 如果是手工或半自动化的装配流程, 可以提出采用自动化流水线的装配工艺。

第二单元

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
解释流程及其环节、时序的含义（TA）			
能阅读流程图，绘制简单的流程图（ET、TD）			
能结合需求进行流程设计，体会流程设计的基本思想与方法（ET、ID、CM）			
分析流程优化的基本要素，流程优化与设备、材料等之间的关系，并能加以简单应用（ET、ID）			
能结合需求对已有流程进行优化，并用流程图表达出来（ID、TD、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第三单元 系统及其设计

- 一 系统及其特性
- 二 系统分析与设计
- 三 系统设计的优化与实现

《申鉴·时事》中记载：“语有之曰：‘有鸟将来，张罗待之，得鸟者一目也。今为一目之罗，无时得鸟矣。’”此人用“一目之罗”的方式自然是一只麻雀也捕不到的。因为，单个网眼不具备整张网所具有的捕雀功能。

在我们的生活和学习中，如果不用整体的、相互联系的系统观点去解决问题，就会犯与此人同样的错误。

一、系统及其特性

学习目标

- 任务一 认识系统及其构成
 - 任务二 辨析系统的基本特性
1. 通过技术实践活动，能从技术的应用角度阐明系统的含义及基本构成。
 2. 通过技术试验，能从应用的角度归纳系统的基本特性。

走进情境

学校开展校园节水活动，向学生征集校园节水方案。有同学提出，应该更换厕所洗手池的老式水龙头，解决水龙头没关或漏水而造成的浪费问题；有同学提出，应将洗手和洗拖把的水循环利用于厕所冲洗及绿化浇灌；还有同学提出可以将雨水收集和利用起来。大家各抒己见，为更加有效地收集与利用校园水资源建言献策。

任务一 认识系统及其构成

技术体验

组装和测试按压式延时水龙头

体验目的：通过组装和测试按压式延时水龙头的实践活动，能从技术的角度，知道系统的含义及基本构成。

情境展示：周华发现商场卫生间的水龙头很神奇，按下出水后，过一会儿又会自动关闭。这种水龙头是如何实现这一功能的呢？

问题分析：看懂产品的装配图并能够按图正确组装，是完成此次体验活动的关键；在组装过程中认真体会和领悟各部件的作用、价值和它们之间的相互关系是此次体验活动的核心。

活动准备：

材料：按压式延时水龙头组装套材。

工具：螺丝刀、活动扳手、水压加压试验装置等。

主要过程：

1. 阅读按压式延时水龙头装配图。
2. 按照装配图的安装流程组装按压式延时水龙头。
3. 对照装配图对装配好的按压式延时水龙头进行检查。
4. 检查无误后将按压式延时水龙头接入水压加压试验装置。
5. 按下水龙头压盖按钮，测试延时效果。



图 3-1 按压式延时水龙头



图 3-2 按压式延时水龙头装配图



讨论：

1. 弹簧的作用是 _____。
2. 密封圈的作用是 _____。
3. 压盖的作用是 _____。

分析出现下列情况时，可能会导致的后果：

1. 弹簧弹力减弱：_____。
2. 密封圈老化：_____。
3. 压盖松动：_____。



安全提示

在压紧弹簧时要小心其反弹出来伤人。水压加压装置的压力不要太大。



拓展阅读

按压式延时水龙头的工作过程

按压式延时水龙头的工作过程是在水龙头阀腔内装有可上下移动的阀芯，当压盖按钮被按下时，阀芯被推进阀腔，进水口打开，阀腔进水，水龙头开始出水。停止按压后，阀芯在弹簧的作用下开始复位。由于此时弹簧对阀芯的作用力大于阀腔内水对阀芯的阻力，阀芯在这两种不同方向力的作用下缓慢复位，形成一段延时时间。当阀芯完全复位后就会关闭水流。

按压式延时水龙头由阀体、压盖、阀座、圆柱形阀芯、弹簧等若干部件组成。这些部件相互联系、相互作用，形成了按压式延时水龙头可以延时供水的功能。其中任何一个主要部件出现问题，都有可能导致按压式延时水龙头无法正常工作。这种由相互联系、相互作用、相互依赖和相互制约的若干要素或部分组成的具有特定功能的有机整体称为系统。在这里，要素是指构成系统的最主要的元素。一般来说，部分相对于系统的整体而言，要素相对于系统的元素结构而言。很多情况下，要素和部分又可以通用。如一个企业就是一个系统，它是由人、财、物、事等要素组成的，同时也是由管理部门、生产部门、营销部门、供应部门等部分组成的。在这个系统中，各要素（部分）都是不可缺少的，它们之间存在着一定的联系。

构成系统必须具备三个条件：第一，至少要有两个或者两个以上的要素（部分）才能组成系统；第二，要素（部分）之间相互联系、相互作用，按照一定方式形成一个整体；第三，这个整体具有的功能是各个要素（部分）所不具备的。



马上行动

1. 请指出下列系统分别由哪些要素（部分）组成。

系统的名称	组成要素（部分）
按压式延时水龙头	阀体、压盖、阀座、圆柱形阀芯、阀腔、弹簧等

(续表)

系统的名称	组成要素(部分)
自动铅笔	
台灯	

2. 说出这些系统各组成要素相互之间有怎样的联系。

系统有大有小,有复杂有简单。对于大型的复杂系统,根据需要,按照一定的标准可划分为若干子系统。例如,地球生态系统由海洋生态系统、森林生态系统、陆地生态系统等子系统构成;交通系统可分为航空运输系统、铁路运输系统、公路运输系统、水路运输系统等子系统;管理系统可分为生产管理系统、营销管理系统、财务管理系统等子系统。同样,一个系统又是更大系统的子系统。



马上行动

自行车的子系统

自行车是我们日常生活中常用的代步工具。



图 3-3 自行车

1. 请分析自行车可分为哪几个子系统,每一个子系统包括哪些要素,并填写下表。

子系统	要素
传动子系统	脚蹬、曲柄、中轴与链轮、链条飞轮与车轴等

2. 如果在平直的公路上骑行时发现自行车有规律地颠簸,可能是哪个子系统出现了问题?请说明理由。



思维碰撞

如果将学校的自来水供水系统按照供水用途进行划分,可以分成哪些子系统?



任务二 辨析系统的基本特性



按压式延时水龙头延时试验

试验目的：经历按压式延时水龙头延时试验过程，分析并从应用的角度归纳系统的基本特性。

情境展示：同学们将组装好的水龙头分别安装在学校的不同楼层进行试用体验，结果发现水龙头的延时时间并不完全相同，这是水龙头个体的差异还是同学们组装所造成的，或者是由其他外部因素所导致的呢？

问题分析：造成水龙头的延时时间长短不一的原因有很多，我们这里只分析水龙头本身各部件的差异所造成的延时时间的不同。

试验准备：

材料：按压式延时水龙头测试套件。

工具：秒表、水压加压试验装置。

试验过程：

1. 使用一种弹性系数的弹簧组装按压式延时水龙头，将其接到水压加压试验装置上。
2. 设定水压值，对水进行加压，并在测试过程中保持水压为设定值不变。
3. 按下水龙头压盖按钮，观察水龙头的工作情况。
4. 记录此时水的压力值和在此压力值下水龙头的延时时间。
5. 使用另外两种弹性系数不同的弹簧重新组装按压式延时水龙头，在保持水压相同的情况下重复以上试验。
6. 填写下表并分析测试结果。

次数	弹簧（不同的弹性系数）	延时时间（如果不能正常工作，则须写出原因）
1	弹簧 1	
2	弹簧 2	
3	弹簧 3	

分析：

1. 通过试验你得到了哪些启示？
2. 跟同学们交流并讨论，影响按压式延时水龙头延时时间长短的要素有哪些？它们之间的相互关系是什么？如果条件允许可以试一试。

系统的基本特性

整体性 整体性是系统最基本的特性，也是观察和分析系统最基本的思想和方法。

具有相对独立功能的系统要素以及各要素之间的相互关联，根据系统功能依存性和逻辑统一性的要求，协调存在于系统整体之中。系统的构成要素和要素的机能、

要素的相互联系和作用要服从于系统整体的目的和功能，在整体功能的基础上展开各要素及相互之间的活动，这种活动的总和形成了系统整体的有机行为。任何一个要素不能离开整体去研究，要素间的联系和作用也不能脱离整体的协调去考虑。如按压式延时水龙头，其阀体、压盖、阀座、圆柱形阀芯、阀腔、弹簧等要素在孤立状态下或简单地相加都不可能具有延时自动关闭水流的功能。

不能离开整体去分析系统中的任何一个组成部分。一个系统组织得好不好，就看它的整体功能即系统功能实现得好不好。例如，一架 C919 飞机总共有几百万个零件，这些零件都不可能独立实现飞行的功能，但正是这些“不会独立飞行”的零件按照一定的结构进行组合后，就构成了能把人送上蓝天的庞大的飞机，从而实现了飞机的飞行功能。

系统的任何一个要素(部分)发生变化或出现故障时，都会影响其他要素(部分)或整体功能的发挥。

思维碰撞

如果按压式延时水龙头复位时间变短且在复位状态下还是会有水流出，你认为是什么原因造成的？

马上行动

如何理解“系统的整体不等于各孤立要素之和”这句话？

相关性 相关性是指组成系统的各要素之间或系统整体与部分之间的相互作用、相互联系。例如，古代建筑抬梁式结构又称叠梁式结构，如图 3-4 所示，是一种梁架结构体系。抬梁式结构的特点是在柱顶上沿房屋进深方向架数层叠架的梁，梁逐层缩短，层间垫短柱或木块，最上层梁中间立小柱或三角撑，形成三角形屋架。房屋的屋面质量通过椽、檩、梁、柱传到基础。这种结构在我国应用很广，官式和民间建筑中都很流行，特别在北方更是如此。它的优点是室内少柱或无柱，可获得较大的空间。当柱与柱之间的梁的跨度增大时，则梁的厚度要相应地加大，否则就不足以承受设计所需的重力，梁的跨度与梁的厚度之间的关系就反映了这一系统内部要素与要素之间的相关性。

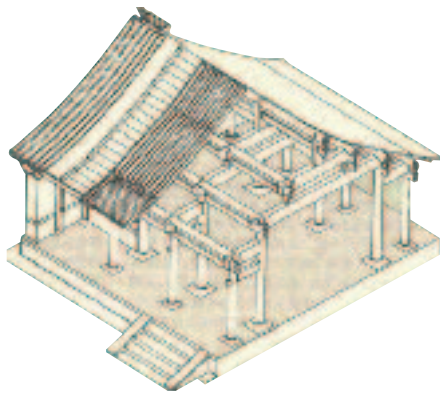


图 3-4 抬梁式结构

目的性 任何系统都服务于某种目的，都要实现一定的功能，这也正是区别不同系统的标志。系统的目的一般通过更具体的目标来体现。例如，按压式延时水龙



头通过弹簧使阀芯复位,实现了水龙头打开和“延时关闭”的目的。对于复杂的系统,目标可能有多个,往往需要使用一个指标体系来描述。例如,衡量一个企业的经营业绩,不仅要考虑产量,更要考虑其利润、成本和质量指标的完成情况等,这些指标构成了评价一个企业的指标体系。

设计和分析一个系统时,必须事先弄清其目的,否则就无法构成一个良好、有序的现实系统。当系统存在多个目标时,要从整体协调的角度出发寻求平衡,以获得整体上的最佳效果。



1. 人们将鞋和滑轮组等组合起来发明了轮滑鞋,如图 3-5 甲所示,其目的是_____。这种轮滑鞋的鞋子部分和滑轮部分所要实现的目标分别是_____。

2. 如图 3-5 乙所示,有的轮滑鞋在鞋跟处增加了一个圈中的装置,其目的是_____。设计这个装置的注意事项是_____。



图 3-5 轮滑鞋

动态性 “太阳每天都是新的”,这说明任何事物都是不断变化的。系统都是动态的,处在运动变化和发展之中。例如,一般情况下,任何机械传动系统的零件之间都会有磨损,为了保持系统的性能,必须定期给零件添加润滑剂或更换零件。又如,电力系统运行中,发电、输电、用电这一过程是同时完成的。由于目前电能不能大规模储存,因此,电力系统在任何时刻均需维持电力平衡,即任何时刻系统中发电厂发电的功率必须等于或相当于该时刻用电设备消耗的和输配电过程中损耗的功率之和。但是,由于用电负荷时刻都在发生着变化,所以,发电厂的发电功率也需要不断地进行调整来适应这种变化。

运用系统的动态观点,不仅有助于我们了解系统的现状,而且能跟踪系统的变化和发展,从而掌握系统的发展规律,预测系统的未来。



1. 我们都有过生病和治病的经历,治病的过程体现了系统的动态性。医生根据病人的症状确诊病症,对症下药,进行治疗。当病人的病症一时难以确定时,医生就要动态地跟踪病人病情的发展,预测并及时判断病因,进行治疗。

请列举生活中类似的事例,说明运用系统的动态性观点掌握事物的发展规律并取得成效的经验。

2. 台式计算机的 CPU 上安装的小风扇为什么有时转得快,有时转得慢?
3. 你认为有没有不具有动态性的系统?为什么?



思维碰撞

按压式延时水龙头使用时间长了，弹簧就会老化，弹性变弱，使得延时时间发生变化。可以采用哪些方法来应对这种变化？

环境适应性 一个系统与其所处的环境之间通常都有物质、能量和信息的交换，外界环境的变化会引起系统特性的改变，并相应地引起系统功能和系统内各部分相互关系的变化。系统只有具有对环境的适应能力，才能保持和恢复系统原有的特性。

月球探测机器人的设计就要考虑到月球表面复杂的地面或地形、不同的气压变化、巨大的温度变化、不同的辐射强度、不同的重力条件等情况，要求机器人的机构设计和控制方法必须具有针对性、环境适应性的设计。



马上行动

飞机在空中飞行时，时常受到大气对流的影响而产生颠簸。当飞机的检测装置接收到这一信号后，经过控制器的调节，能在很短的时间内调整好飞行状态，克服大气对流对飞机飞行的影响，保持平稳飞行。

技术领域，这类通过系统的调节以适应外界环境变化的事例很多，请举几例，填入下表。

事例	外界环境的变化	系统通过调节，适应环境的变化

系统必须适应外部环境的变化。只有能够适应外部环境的变化并保持最优适应状态的系统，才能发挥自身作用，实现可持续发展，否则系统是没有生命力的。



拓展阅读

钱学森与系统论

关于系统科学，钱学森先生曾明确指出，系统科学是从事物的整体与部分、全局与局部以及层次关系的角度来研究客观世界的。

在钱学森建立的系统科学体系中，处在工程技术或应用技术层次上的是系统工程，和其他工程技术不同，它是组织管理技术；处在技术科学层次上直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等；处在基础科学层次上属于基础理论的便是



图 3-6 钱学森

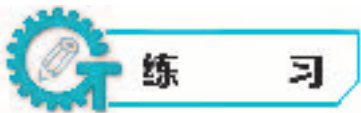


系统学。

关于系统论，钱学森曾明确指出，我们所提倡的系统论，既不是整体论，也非还原论，而是整体论与还原论的辩证统一。钱学森关于系统论的这个思想后来发展成为他的综合集成思想。根据这个思想，钱学森又提出了将还原论方法与整体论方法辩证统一起来的系统论方法。



“任何系统都是有边界的，这种边界的确定又是相对的”，怎样理解这句话？



1. 小明设计并制作了一款声控台灯，他要看书的时候只要一跺脚或一拍手灯就自动亮起；不用的时候，也只要重复这些动作就可以实现关灯。请从系统的基本特性这一角度来对这款台灯进行客观评价。

2. 俗话说“三个臭皮匠赛过一个诸葛亮”，俗语还说“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”。两种看似相互矛盾的说法却隐含着深奥的系统思想。请用系统的基本特性来谈谈自己的看法。

3. 据报道，2018年1月27日，由北京航空航天大学启动的“月宫365”实验，4名志愿者已在全封闭的“月宫一号”实验舱中连续驻留了200天，创造了在生物再生生命保障系统中连续驻留的世界纪录。生物再生生命保障系统利用生物技术，原位循环再生人类生存所需的氧气、水和食物，通过系统内循环的方式，减少外部物料输入，提高系统闭合程度，降低了运营成本。其内部构成如“月宫一号”示意图所示。

(1) 通过观察“月宫一号”示意图，试分析“月宫一号”应包括哪些子系统，并说明各子系统之间的相互关系。

(2) “月宫365”实验的实验内容还包括遮窗实验和人为断电实验。请查询相关资料，用系统的基本特性来说明这些实验的必要性。

4. 有同学提出学校应该把老式水龙头都更换成按压式延时水龙头，但是也有同学说红外线延时水龙头比按压式延时水龙头先进多了，还不如直接更换成红外线延时水龙头。你认为哪种方案比较合适？谈谈你的想法。



“月宫一号”示意图
(第3题)

二、系统分析与设计

学习目标

- 任务一 探究系统分析的一般过程和基本方法
- 任务二 体验简单系统设计的过程

1. 通过案例分析和讨论，说出系统分析的一般过程，归纳系统分析的基本方法。
2. 经历简单系统的设计过程，概述系统设计应考虑的主要问题及一般步骤。



走进情境

在解决了水龙头没关或漏水而造成的浪费问题后，大家认为由于学校所处城市雨水很多，可在学校屋面和校园硬化地面及塑胶操场等处做集雨面，对雨水进行收集、净化处理，以满足校园绿化、公共卫生方面的用水需求，以期达到节约用水的目的。

系统分析是系统设计的重要环节，我们可以把一个复杂的设计项目看成系统工程，通过对系统目标、要素、环境、资源、管理和维护等的分析，可以准确地发现问题，深刻地揭示问题的本质，从而分析并有效地提出解决问题的设计方案。



任务一 探究系统分析的一般过程和基本方法

在现实生活中，我们每个人都会面临各种各样的选择和决策。决策方法有经验决策和科学决策，经验决策是人们惯用的方法，有时可能会导致失误；科学决策则可以最大限度地减少失误。系统分析就是一种科学决策的方法。

例如，在人口规模很小的县城，道路状况简单，公共交通线路的决策也简单。设计者凭借经验，可以完成公交线路的设计。在人口规模巨大的城市，道路状况复杂，市民对交通的需求趋于多样化。这时若仅凭经验规划公交线路，容易顾此失彼，出现失误。如果把大城市的公共交通看作一个系统，综合考察全市的道路状况、人口密度的分布、不同区域的居民对公共交通的要求等，运用科学的方法进行综合分析和研究，就能设计出城市公交线路规划的最佳方案。



图 3-7 城市交通中的立交桥

这种为了发挥系统的功能，实现系统的目标，运用科学的方法对系统加以周详



的考察、分析、比较、试验，并在此基础上拟订一套有效的处理步骤和程序，或对原有的系统提出改进方案的过程，就是系统分析。系统分析的显著特点是整体地而不是零星地处理问题，考虑各种主要变化因素及其相互的影响，全面地思考和解决问题。

借助于系统分析，可以正确地提出整体目标，恰当地选择方案，科学地确定行动的方略。

系统分析的一般过程

系统分析的出发点是为了发挥系统的整体功能，目的是寻求解决问题的最佳决策，而生产和生活中的一些问题，往往存在着许多相互关联的因素和一些不确定的因素，所以最佳决策只是在若干方案中寻求的相对令人满意的方案。

系统分析的一般过程可以描述为：

明确问题
设立目标

明确所分析的系统及其结构，确定所要研究问题的性质和范围，提出所要达到的目标，明确约束条件

收集资料
制订方案

收集相关资料，制订解决问题的各种备选方案，进行多目标的权衡与分析，并明确技术实践路线

分析计算
评价比较

对系统进行整体分析，对各子系统进行分析，对系统进行建模与推演，将各种方案进行评价对比

检验核实
作出决策

通过实证对方案的实施效果做出评判。如果对方案不够满意，还可按上述程序进行反复，直到获得满意的方案为止

系统分析方法——建模

系统分析方法是指把要解决的问题作为一个系统，对系统各要素及其之间的相互关系进行综合分析，找出解决问题的可行方案。用建模的形式对系统进行分析和研究的方法是系统科学的基本方法。建模的基础是找到不同事物或现象之间的相似性，这种相似性包括外形相似、结构相似、行为相似、功能相似或逻辑关系相似等。复杂系统的分析和研究尤其重视模型方法。

模型可以说是现实系统的抽象与合理简化，利用模型可以用较少的时间和费用对实际系统进行研究和试验，并且可以进行反复演示和研究，因此更易于洞察系统的行为，但是在运用该模型时必须考虑这种简化对现实系统的影响。

模型有三个特征：（1）它是现实系统的抽象或模仿；（2）它是由那些与所分析问题有关的要素构成的；（3）它表明了有关要素间的相互关系。

通常，技术领域系统分析中较为常用的是系统的数学模型和框图模型等。

数学模型 用数学公式、图表等描述客观事物的特征模型，称为数学模型。数学模型是系统分析中经常用到的一种工具，人们将现实世界中的原型抽象概括成数

学语言,运用已有数学方法分析求解,得出结论。

数学模型突出事物的主要因素,舍弃事物的次要因素,便于抓住事物的本质进行分析研究。



案例分析

简易雨水收集与利用系统中储水装置的设计

雨水储存装置设计得过大或过小都会造成浪费,所以其容量大小的设计需要先建立合适的数学模型,再依据当地的年平均降雨量来进行估算。

储水装置数学建模:

1. 计算年收集雨水量(屋顶面积 180 m^2)。

当地年平均降雨量为 $1\ 000 \text{ mm}$,假设每年每平方米可收集 975 kg 水,以屋顶面积 180 m^2 计,每年收集雨水量为: $975 \text{ kg/m}^2 \times 180 \text{ m}^2 = 175.5 \text{ t}$ 。

2. 储水装置最小容量的计算。

设计要求:储水装置要能满足按年平均降雨量连续 3 天降雨的情况下,收集雨水的储水量。

每年按 365 天计算,每天的雨水收集量是:

$175.5 \text{ t} \div 365 \approx 0.48 \text{ t}$ 。

3 天收集雨水量: $3 \times 0.48 \text{ t} = 1.44 \text{ t}$,换算成容积即为 1.44 m^3 。

所以这个储水装置的容量最小需要达到 1.44 m^3 。

3. 储水装置的尺寸设计。

若在地面建长 1.2 m 、宽 0.8 m 的长方体水池,那么高度就是 $\frac{1.44 \text{ m}^3}{1.2 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}} = 1.5 \text{ m}$,满足最小容量 1.44 m^3 。

若建横截面积为 0.8 m^2 的圆柱形水罐,其长度就是 $\frac{1.44 \text{ m}^3}{0.8 \text{ m}^2} = 1.8 \text{ m}$,满足最小容量 1.44 m^3 。

思考:

1. 如果从用水量的大小来对储水装置进行设计,应该如何建立数学模型?

2. 从结构受力的角度来分析,你认为这个装置是设计成圆柱体好还是长方体好?请说说你的理由。



图 3-8 储水装置

框图模型 用一个个封闭的小框图代表系统的各个要素或子系统,在框图内或框图边注明要素或子系统的名称,按照系统的结构模式把它们排列安置于适当位置,用无向线段或有向线段把这些小框图连接起来,以表示系统的基本结构框架,再用无向线段或有向线段表示系统与环境的联系,这样形成的图形就叫系统的框图模型。

最简单的系统框图模型是输入—输出模型,也叫系统的概念模型,如图 3-9 所示。它把系统内在的要素与结构简化为一个矩形方框,把环境对系统的作用统称为输入,把系统对环境的作用统称为输出。

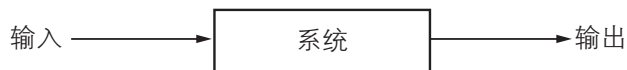


图 3-9 输入—输出模型

从系统运行的角度来看，系统和环境之间是一种刺激和响应关系，输入是环境对系统的刺激，输出是系统对这种刺激做出的响应，描述系统就是在描述这种刺激和响应的关系。外部刺激是条件，响应是系统回应环境的行为对策，人们描述系统所关注的就是条件与对策之间的各种可能的对应关系，即如果外部出现什么情况，系统就回应以什么行动。



火力发电站系统框图模型

火力发电企业的火力发电系统要能够有效运行，就需要建立一个直观的概念模型和系统框图模型对其进行设计分析，如图 3-10、3-11 所示。

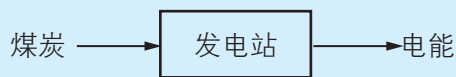


图 3-10 火力发电站概念模型

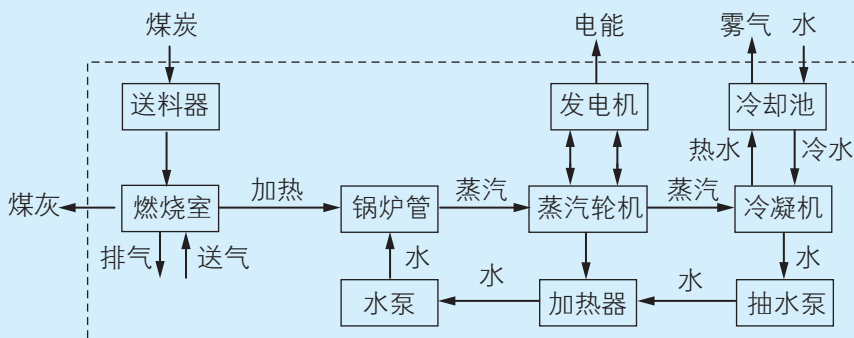


图 3-11 火力发电站系统框图模型

思考：

1. 请对这个火力发电站系统框图模型进行分析，分析该火力发电站系统按功能来分可以分为哪几个子系统，简述各子系统之间的相互关系。
2. 该火力发电站系统中节能的环节是哪一部分？说说它们是如何实现节能这一目的的。



从校园屋面雨水的收集与利用系统设计的要求来看，该系统的输入为雨水，输出对应的是供水。如果把校园屋面雨水的收集与利用系统当作一个整体来看，可以画出如图 3-12 所示的概念模型。

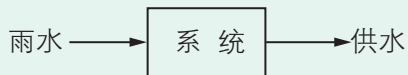


图 3-12 校园屋面雨水的收集与利用系统的概念模型

经过分析可知，该校园屋面雨水的收集与利用系统中的子系统有：屋面雨水收集子系统、雨水净化与储存子系统、自动补水子系统、溢水子系统、供水子系统等。

请在图 3-13 中补全该系统的设计分析框图模型，并做简要的系统设计分析。

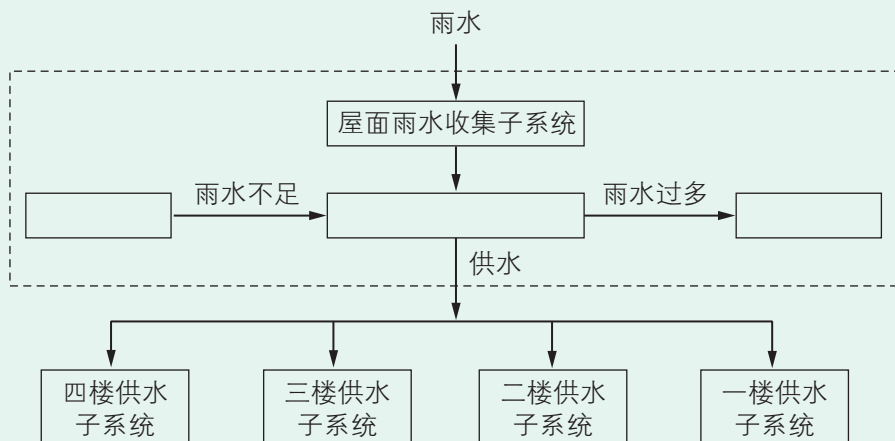


图 3-13 系统设计分析框图模型

建立模型不仅需要科学理论和工程技术知识，还需要实践的经验 and 技艺。模型是对系统的理想化抽象或简化表示，描绘了现实系统的某些主要特点，是为了客观地研究系统而发展起来的。

系统分析的主要原则

运用系统分析的方法处理具体问题时遵循整体性原则、科学性原则、综合性原则三个主要原则。

整体性原则 系统分析首先要着眼于系统整体，要先分析整体，再分析部分；先看全局，后看局部；先看全过程，再看某一个阶段；先看长远，再看当前。



案例分析

丁谓修复皇宫

北宋真宗年间，皇城失火，宫殿被烧毁，大臣丁谓主持了皇宫修复工程。他采用了这样一套施工方案：先在需要重建的大道上就近取土烧砖，在取土后的深沟中引入汴水，形成人工河，再由此水路运输建筑材料，从而加快了工程进度。在皇宫修复后，又将碎砖废土填入沟中，重修大道。

丁谓在皇宫修复工程的建设施工中，运用了整体的解决方案，使烧砖、运输建筑材料和处理废物三项繁重的工程任务协调起来，在总体上得到了最佳解决，一举三得，节省了大量劳力、费用和时间。

讨论：丁谓所采用的方案为什么能一举三得？

在实际生活中，经常遇到对系统中各个局部考虑得很仔细，却忽略或较少考虑全局的事例，这样就很难得到良好的效果。



赵明给自己家设计制造了一个雨水收集储水罐。为了防止收集到的雨水受到二次污染，他把储水罐设计成全封闭的。可是在实际使用过程中发现，在雨水稀少的季节里，常常会出现无水可用的情况，而在雨水多的季节里，储水罐由于受压过大，有时会被撑裂。

赵明设计的雨水收集储水罐存在什么问题？该如何进行完善？

科学性原则 系统分析一方面要有严格的工作步骤，另一方面应尽可能地运用科学方法和数学工具进行定量分析，使决策的过程和结果更具说服力。例如，在比较种稻是一年三季划算还是一年两季划算时，有人就提出“是三三得九好，还是二五一十好？”这就是一种朴素的定量分析。当然，在处理复杂系统的分析与优化问题时，往往需要使用比较复杂的数学工具。



优选法

优选法是快速寻找最佳方案的科学方法。具体的优选法有很多，如黄金分割法、分数法、对分法等。这里只介绍黄金分割法，也称 0.618 法。以技术试验为例，先把整个试验范围看作 1，然后在整个试验范围的 0.618 处选点做第一次试验，再在这个点的对称点，也就是倒过来的 0.618 处选点做第二次试验。比较两次试验的结果，去掉效果差的那个试验点以外的那部分范围；再在余下的包括好点在内的范围内继续采用这种方法，再比较试验结果，这样逐渐缩小试验范围，迅速找到试验目标。例如，要在某种合金钢中加入某元素以提高它的强度，假设试验范围是每吨加入量为 1 000~2 000 g，那么究竟应加入多少？若用一般试验方法，每隔 5 g 试验一次需要做 200 次，每隔 10 g 试验一次需要做 100 次。若用 0.618 法，只需做 11 次，就可以找到最佳加入量了。

综合性原则 系统分析总是为实现系统目标服务的。当系统存在若干个目标时，应将目标排出优先次序，首先实现最优先的目标，然后尽可能在不损害第一个目标的前提下完成下一个目标。这就需要综合分析，统筹兼顾，不可顾此失彼，因小失大。例如，工业生产既要求产量大，又要求质量好、成本低，如果片面强调一方面就会产生偏差；城市公交系统既要强化公共交通的安全，又要缩短车辆行驶的时间，兼顾社会效益和经济效益。又如，雨水回收和利用系统的设计既要做到雨水的有效回收和利用，又要考虑该系统的投入和运行过程中的效益；既要考虑雨水的收集，又要考虑雨水的净化等。

系统分析还需要考虑设计方案出台所带来的后果。有的工厂在生产产品的同时，也向周围环境排放出“三废”，造成污染；毁林开荒虽然能收获农产品，但会造成水土流失，贻害很大。

某些情况下,综合若干方案的优点,会取得意外效果。现代医学采用中西医结合的方法攻克了许多疑难杂症;农业中则综合了地面水库、地下水库、土壤水库、绿色水库(山区造林种草,每亩地可蓄水 20 m^3)等不同的方案进行保水。



案例分析

青藏铁路当雄特大桥

青藏铁路当雄特大桥的修建创新了施工工艺,采用了科学环保的施工方法。当雄县的沼泽湿地地表水丰富,地质条件差,沼泽深 $4\sim 7\text{ m}$ 。特大桥墩396根,总桩基长 $11\,354\text{ m}$,钻孔桩施工难度大。传统的钻孔桩施工采用现场挖设泥浆池处理泥浆,不仅破坏草地,而且在钻孔中泥浆到处排放,严重污染沼泽湿地。为此,建设者们自行研究设计,将泥浆池改进成泥浆钢箱,在封闭的钢箱里循环利用泥浆进行钻孔,有效地避免了因泥浆排放对沼泽湿地的污染,解决了钻孔泥浆污染环境的一大难题。



图 3-14 青藏铁路当雄特大桥

思考:你认为青藏铁路当雄特大桥的设计综合考虑了哪些目标?



思维碰撞

在系统分析过程中,整体分析和综合分析有什么不同?可以只做整体分析而不做综合分析吗?



任务二 体验简单系统设计的过程

在日常生活和生产实践中,我们经常需要设计各种各样的系统。例如,某连锁店货物配送的设计、某单位远程视频会议系统的设计,以及生活中遇到的室内装修设计、假期旅游行程的设计等。无论是简单系统的设计,还是复杂系统的设计,都要进行调查分析、筹划研究、评价实施、运行改善等,直到完成一个能协调工作的实际系统,这一过程就是系统的设计。

系统设计是在系统分析的基础上,设计出满足预定目标的系统的过程。它既包含了对某个系统进行技术设计本身的内容,同时又需要运用系统的思想和方法对其设计过程进行分析和设计。

系统设计应考虑的主要问题

系统设计的目的与要求 系统设计要从整体出发,以系统整体功能的最优为



目的。

不同行业的系统设计有着不同的技术要求。例如，设计一个远程视频会议系统需要网络和多媒体技术的支持，进行人物形象设计需要一定的审美能力和化妆技巧等。

系统各部分之间的相互联系与相互作用 系统设计要运用系统的思想综合考虑各部分之间的关联、冲突，注重各部分的横向、纵向联系。依据系统的动态性、环境适应性，既要考虑当前，也要考虑长远。



为深山中风景秀丽的村庄设计一所希望小学的具体方案，需要考虑的问题包括：学校建设与自然环境的相互协调问题，当地电力供应情况与学校的电力使用负荷要求，投资方所能提供的资金与设计所需投入之间的关系，当地的气候和地质条件与建设用材料和结构设计之间的关系等。

从系统设计的思路出发，怎样梳理这些关系？

系统设计的一般步骤

系统设计的步骤主要包括：将系统分解为若干子系统，确定各子系统的目标、功能及其相互关系，对子系统进行技术设计和评价，对系统进行总体技术设计和评价等。

在实际的系统设计中，步骤不是千篇一律的，对于较简单的系统设计，设计的步骤就少一些。

系统设计多用于复杂的社会系统工程、经济系统工程、规划系统工程、生态系统工程、能源系统工程、交通运输系统工程、农业系统工程、工业及企业系统工程、军事系统工程等方面。



如图 3-15 所示是一所在建学校的立体效果图，请为这所学校设计一套雨水收集与利用系统。

需要用水的情况：

1. 每层楼都有一男一女两个卫生间和一个洗拖把的水池。
2. 有三块面积均为 300 m^2 的绿地需要灌溉。
3. 有一个蓄水量为 40 m^3 的观赏池塘。

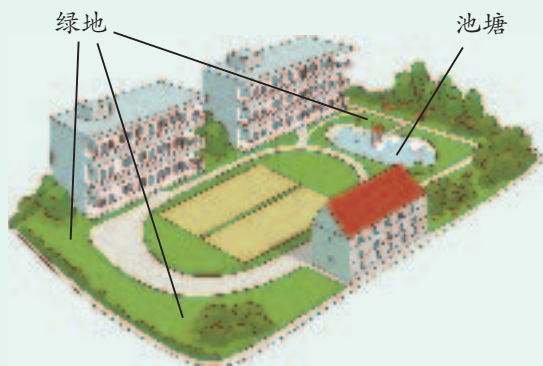


图 3-15 校园立体效果图

设计要求：

1. 能有效收集楼顶和校园里硬化地面及塑胶跑道的雨水。
2. 经过净化的雨水，能持续给卫生间、洗拖把的水池、绿地和观赏池塘供水，不能因为雨水少而无水可用。



在复杂系统设计中，各子系统的目标确定与系统目标之间的关系是什么？



1. 雨水收集与利用系统是用来收集与利用雨水的环保系统，为什么还要给这一系统设计一套自来水补给系统？

2. 中国西北黄土高原的部分地区，由于自然和历史原因，极度缺水。有的地区年降雨量只有 300~400 mm 左右，而蒸发量却高达 1 500~2 000 mm 以上。人们在地下修建的蓄积雨水的容器，被称为水窖，通过建造水窖来解决人、畜用水问题。如果让你来帮助那里的人们建造一个水窖，该如何进行设计？



(第 2 题)

3. 中国载人航天工程系统由航天员系统、飞船应用系统、载人飞船系统、运载火箭系统、发射场系统、测控通信系统、着陆系统等七个相对独立又互相联系的子系统组成。其中，载人飞船是整个工程的核心部分。载人飞船由轨道舱、返回舱和推进舱组、两对太阳能电池帆板和返回圆顶环帆降落伞等部分构成。它为航天员提供必要的生活和工作条件，并为顺利开展空间对地观测和各种实验，保证航天员和有效载荷安全返回地面打下基础，还为交会对接、航天员出舱活动、建设空间站、设置救生艇做准备。



(第 3 题)

请用框图的方式画出载人飞船系统模型，并简单说明各子系统之间的相互关系。

三、系统设计的优化与实现

学习目标

- 任务一 优化系统设计的方案
 - 任务二 实现校园雨水收集与利用系统的设计方案
1. 经历简单系统设计方案的优化过程，阐明系统优化的意义，探究影响系统优化的因素。
 2. 能通过简单系统设计方案的实现，概述系统设计的基本方法，增强系统与工程思维的能力。

走进情境

同学们通过系统的设计分析与讨论，基本形成了多个比较成熟的设计方案，并就满足学校实际需求、加工制作过程较为简单等方面进行了雨水收集系统的优化与实现。

系统设计的实现是在系统设计分析的基础上，对所提出的多个方案进行比较、权衡和优化，最终形成满足预定目标的最佳系统及其物化的过程。

任务一 优化系统设计的方案

我们做任何事情都希望达到最优的效果。如希望以最小的成本获得最大的利润，在最短的工期内完成最多的工程量，以最少的能耗生产最多的产品，在单位面积上尽可能提高农业产量等。

案例分析

农作物种植系统的优化——农业间作套种

根据农作物的生长特性、天气、气候等，利用农作物生长的季节差、时间差，把相同或不同类的农作物种植在一起，有“麦、棉、瓜”“麦、棉、菜”“麦、瓜、棉、玉米”等多种套种模式供选择，实现增产、增收，提高土地利用率。

某地区因地制宜地选择了“麦、棉、瓜、红薯”的套种模式，在正常天气条件下，按照套种的技术要求操作，夏季可收小麦 350~400 千克/亩、红薯 2 500 千克/亩、无籽西瓜 5 000 千克/亩，秋季产籽棉 225 千克/亩，平均每亩收入超过 3 000 元，比原先提高了近五成。

讨论：在你所在的地区，可采取哪些措施提高农作物的产量？

系统的优化是指在给定的条件（或约束条件）下，根据系统的优化目标，采取一定的手段和方法，使系统的目标值达到最大化（或最小化）。不同的目标对应着

不同的优化结果。

在上例中，优化的目标是增产增收和提高土地利用效率，这一目标与土地的单位面积农作物收益总和之间的关系就称为目标函数；农作物的生长特性、天气、气候等因素对农作物套种起着限制作用，并且是不能人为调节的，这称为约束条件；套种的技术水平、套种的田间管理、病虫害防治等对套种的产量产值有直接影响，这些是增产增收的影响因素。

影响系统优化的因素是指对系统的目标函数产生显著影响，并且可以人为调节的因素。



案例分析

利润问题

某家具厂要安排一周的生产计划，产品是桌子和椅子。制作一张桌子需 4 m^2 木板及 20 h 的工时，制作一把椅子需 6 m^2 木板及 18 h 的工时；每周能使用的木材板料是 600 m^2 ，可利用的工时是 400 h ；每张桌子的利润是 50 元，每把椅子的利润是 60 元。按合同每周至少要交付 8 张桌子和 5 把椅子，并假定所有产品都能够销售出去。那么，该厂每周生产桌子和椅子的数量分别为多少时，获得的利润最大？

在本问题中，优化的目标是家具销售获得最大利润，约束条件是材料和劳力的限制及应遵守的合同。

设 x_1 为每周生产桌子数， x_2 为每周生产椅子数，则

$$\text{目标函数：} S = 50x_1 + 60x_2 \quad \text{①}$$

$$\text{约束条件：} \begin{cases} 4x_1 + 6x_2 \leq 600 \text{ (材料)} & \text{②} \\ 20x_1 + 18x_2 \leq 400 \text{ (工时)} & \text{③} \\ x_1 \geq 8, x_2 \geq 5 & \text{④} \end{cases}$$

其中，①式是目标函数，②③④式是约束条件， x_1 、 x_2 是决策变量，也就是影响优化的因素。

要求出一组 x_1 、 x_2 ，使得①式的目标函数取最大值，并且满足②③④式。

求解过程略。

思考：如果其他条件不变，人工减少一半，请分析每周生产多少桌、椅获得的利润最大？

通常，我们通过优化的目标与决策变量之间的关系（数学模型），计算出目标值，所得到的就是最优解。对有些问题，如果我们不能确切地描述目标函数，则可以通过定性的估计或推断，得到较为满意的解（也称满意解）。

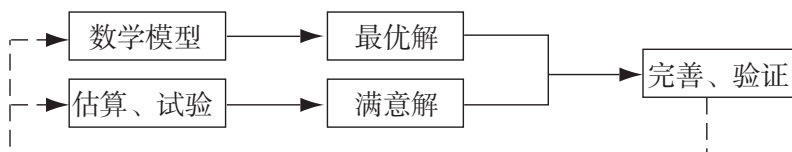


图 3-16 系统优化方案



为使系统达到最优的目标而提出的求解方法称为最优化方法。系统优化的方法是多样的，有的运用数学模型求解，有的通过科学的估算、试验等方法实现。但无论运用怎样的优化方法，都需要经过若干次完善和验证，才能得出最优解或满意解。



对校园雨水的收集与利用系统的三个方案进行优化。

方案1 楼房屋面和校园地面相互独立收集雨水，分别给楼房和绿地供水。两处收集的雨水多余部分都独立排入观赏水池。系统模型如下：

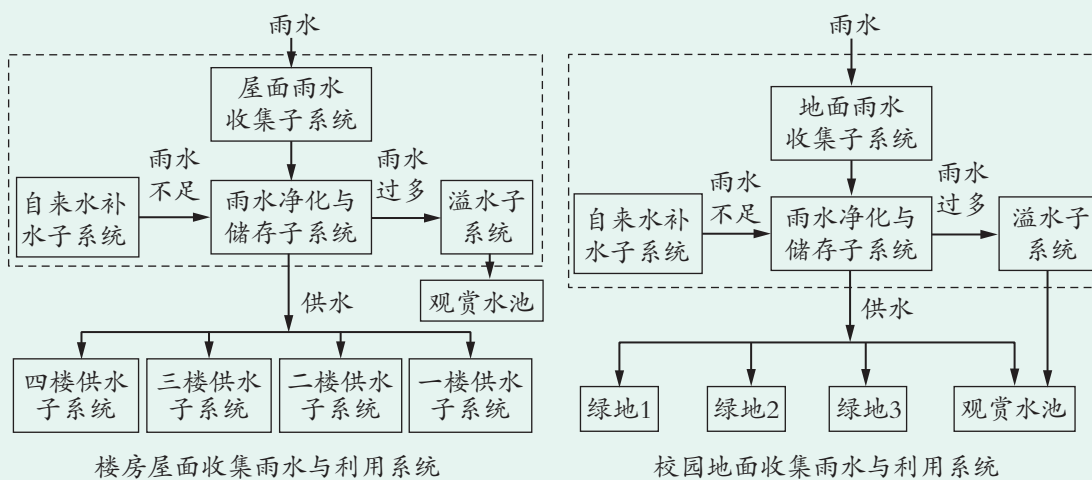


图 3-17 方案 1 系统方框图

方案2 楼房屋面和校园地面收集的雨水集中汇集到中水处理子系统，然后由中水处理子系统分别按需供给楼房和绿地。中水处理子系统收集的雨水多余部分排入观赏水池。当中水处理子系统储水不足时，城市供水系统自动补充。系统模型如下：

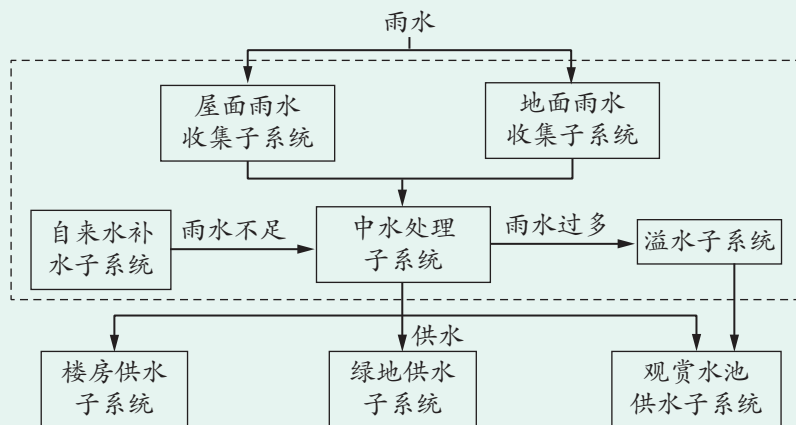


图 3-18 方案 2 系统方框图

方案3 楼房屋面和校园地面收集的雨水集中汇集到中水处理子系统，然后由中水处理子系统分别按需供给楼房和绿地。中水处理子系统收集的雨水多余部分排入观赏水池。当中水处理子系统储水不足时，城市供水系统自动补充。在楼房屋面收集的雨水进入中水处理子系统之前安装水力发电子系统。系统模型如下：

技术提示

中水是指废水或雨水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以进行有益使用的非饮用水。

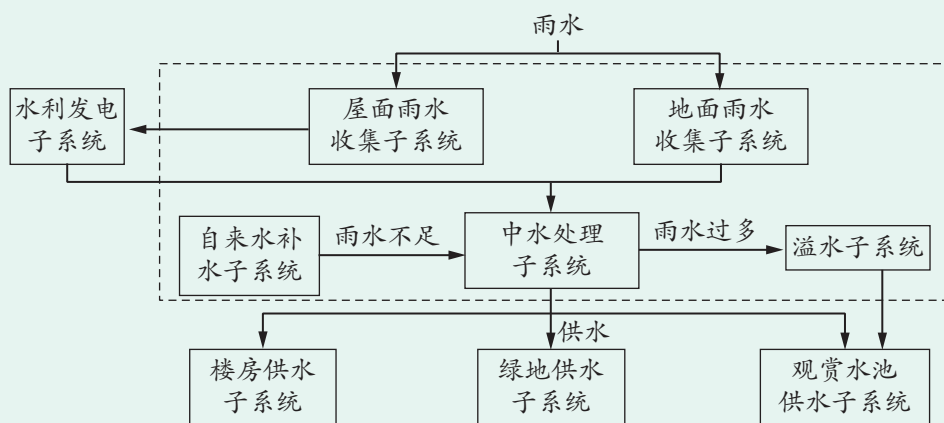


图 3-19 方案 3 系统方框图

请完成以下任务：

1. 结合系统的设计分析框图模型对以上三个设计方案进行分析和评价，并填写下列表格。

方 案	优 点	缺 点
方案 1		
方案 2		
方案 3		

2. 请对校园雨水的收集与利用系统各方案的具体情况进行系统的分析和比较，并提出该系统优化设计的最终方案。



美国阿拉斯加原油运输问题

美国阿拉斯加盛产石油，所生产的原油需要向美国本土运送。由于阿拉斯加地处北极圈内，问题就变得复杂了。

本项目的任务和环境：要求每天运送原油 200 万桶。油田处于北极圈内，海湾长年处于冰封状态，陆地也是长年冰冻，最低温度达 -50°C 。为了解决气候原因带来的问题，研究团队提出了四个解决方案。

方案一：由海路用运油船运输。优点是每天仅需 4~5 艘超级油轮就可满足运送量的需要，比铺设油管省钱。但存在以下问题：（1）要用破冰船引航，需要增加费用，同时还有安全问题。因为油轮触及冰山或被冰块撞击可能导致沉船，或原油泄漏造成



图 3-20 阿拉斯加的油田

环境污染。（2）起点和终点都要建造大型油库，这又额外增加了一笔巨大开支，而且为了保证供应，并考虑到海运容易受海上风暴的影响，油库的储量应在油田日产量的十倍以上。



方案二：用带加温设施的油管运送原油。优点是可以利用成熟的管道输油技术。管道输油已广泛应用于世界其他地区。然而，由于北极圈内常年低温，存在的问题如下：（1）要在沿途设加热站，这样一来管理复杂，又要供给燃料。（2）加热后的输油管不能简单地铺在冻土里，因为冻土受热融化后会引引起管道变形，甚至造成断裂。为避免这种危险，有一半管道需要用底架支撑，这样架设管道的成本比铺地下油管的成本高出三倍。

方案三：把海水浓缩到含盐量为 10%~20% 后加入原油中，从而降低原油低温下的黏性，这样就可以用普通的输油设备完成运输工作。

方案四：将天然气转换为甲醇后再加到原油中，增加其流动性，从而可以用普通管道同时输送原油和天然气，运输成本大大降低。

思考：请用系统的框图模型分别表达这四种不同方案，并通过系统分析，说一说哪种方案更加合适，谈谈你的观点。



有人说：“系统的优化，不能简单地把各方案中的优点集中在一个方案中，这样做往往会适得其反。”如何理解这句话？



任务二 实现校园雨水收集与利用系统的设计方案

一般情况下，系统设计的实现应包括设计方案的呈现和模型或原型的制作与测试。模型或原型的制作与测试包括实物模型的设计，加工图纸、加工材料和工艺的选择，加工制作过程及模型的最终呈现等，对模型的测试是对系统进行总体技术设计评价。评价有多种形式，对于实体系统设计而言，就需要对模型或原型进行实际运行测试和评价。



室内住宅电气系统的设计

在家庭装潢过程中，人们容易忽视对住宅的室内电气线路进行系统的设计，从而导致装潢完成以后才发现设计不合理之处，所以进行住宅室内电气线路的整体系统设计很重要。

杨辉准备对自己的一套三室二厅的新房进行装修，需要提出对室内电气线路进行系统设计的方案。

设计要求：

1. 用电负荷：照明用电负荷约 800 W，娱乐用电（包括电视机、音响、电脑等）负荷约 1 500 W；厨房用电（包括电饭煲、电冰箱、电热水器等）负荷约 4 500 W；卫生间用电（洗衣机、

排气扇等) 负荷约 1 300 W; 5 台空调, 每台约 1 500 W。

2. 照明和各种家用电器使用安全、方便, 相互之间影响小, 便于维修。

设计分析:

1. 设计的目的是方便住户使用, 满足住户的舒适和审美要求, 便于日后维修, 遵守《民用建筑照明设计规范》, 确保室内电气线路的安全。

2. 户内配电系统由电能分配系统和若干个供电子系统组成。

3. 当某一回路发生故障时, 不影响其他回路的正常工作, 如因电饭煲使用不当发生短路时, 不影响室内照明回路的工作。

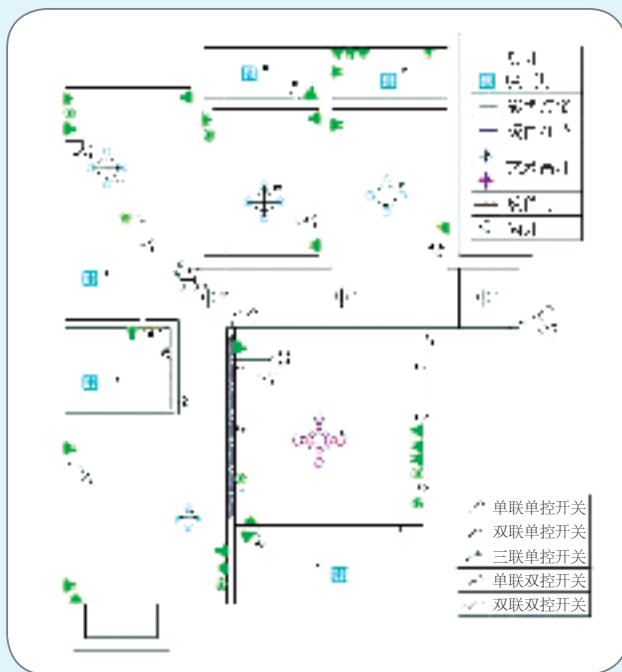


图 3-21 室内电气线路设计图

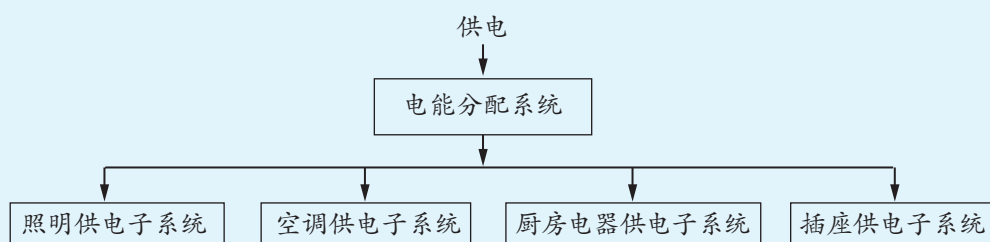


图 3-22 电能分配系统方框图

设计方案:

1. 电源配电箱。

电源通过住宅的专用配电箱再进入房间的配电箱, 此配电箱中应装配总的空气开关, 房间各回路都应该配置独立的空气开关, 所有的空气开关都应具有短路、过载和漏电保护功能。在设计布线之前, 先要根据总的用电情况预测用电负荷, 确定总的空气开关的规格(该用电负荷要和公共电网分配给该用户的用电容量相匹配), 然后依据各回路负荷情况选择规格相适应的空气开关。



2. 回路设计。

户内配电系统采用多回路形式，本例设计了照明回路、一般插座回路和空调回路。若住户有特别需要，回路的设计还可以采取其他方法，如每个房间设为独立的照明回路，厨房、淋浴室为独立回路等。

(1) 导线与电器设备选择。

导线的选择主要是确定导线的型号和规格，原则是既能保证配电的质量与安全，又能节省材料，做到既经济又合理。电器设备是指电源配电箱、电表、控制开关、漏电保护开关及电源插座等，应根据住宅的负荷情况、安装要求、使用环境、设备的工作电压和工作电流等合理选择电器设备的型号和规格。

(2) 线路布置。

照明线路的布置通常可以从两个方面考虑，一是具有使用价值，保证房间里光线充足明亮，每个房间通常应合理安排一个主光源；二是体现一定的个性，合理设计、精心挑选风格独特的灯饰，以映衬家庭装饰的风格。智能程度较高的住宅，其电气线路设计中还包括预埋电话线、有线电视信号线、视频线、网络线等，有的还包括消防系统的设计等。在形成了住宅的电气线路设计方案后，绘制出线路走向位置尺寸图和线路布线图，编写《电气线路设计说明书》，并向住户反馈设计方案，根据住户的意见进行修正。

方案实施：

导线的敷设应根据电气设计的规定进行施工，隐蔽的电气线路还要在住户验收合格后方可走线。

电气线路工程完工后，由住户根据电气设计的安全性、功能性、舒适性和方便维修等方面进行验收评价或改进。

讨论：

1. 有同学提出，自己的家里插座用电负荷很小，所以可以把照明与插座作为同一回路进行设计。你认为这种设计会带来什么问题？

2. 杨辉提出自己的新房是三室二厅的，以每个房间为一个独立回路进行设计比较合理。请对他的提议进行利弊分析。



设计制作校园雨水收集与利用系统模型

设计要求：

1. 能有效收集屋面和校园内硬化地面及塑胶跑道的雨水。
2. 收集的雨水通过净化处理能成为可以使用的中水。
3. 能持续给卫生间、洗拖把的水池、绿地和观赏性池塘供水，不能因为雨水少而无水可用。
4. 节能。

设计分析：

1. 所有设计和安装的设施设备都要保证原建筑物安全。例如，把蓄水装置放在楼顶，就要考虑楼面的防水和承重问题等。

2. 水箱补水系统不能造成自来水污染。
3. 雨水收集系统中，雨水的净化装置所产生的废料要便于清运。
4. 保证各楼层供水的压力。
5. 尽量减少电力的使用。
6. 由于绿地和池塘用水量比较大，且只对雨水进行简单沉淀处理就可以直接使用，故为了节约能源，地面雨水收集子系统和屋面雨水收集子系统应该相对独立。
7. 在屋面雨水收集子系统水量充足的情况下，对绿化和池塘用水子系统进行分流而不进入雨水净化子系统，以达到节能的目的。
8. 屋面雨水收集子系统采用上、下水箱相结合的形式，补水装置设置在上水箱，可以节省能源消耗。

设计方案：

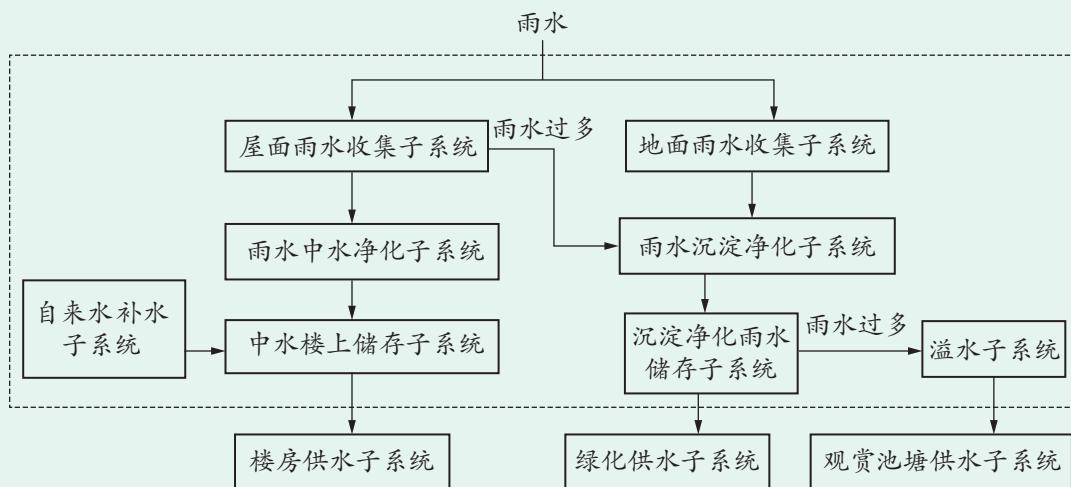


图 3-23 校园雨水收集与利用系统框图模型

1. 因为绿化和楼房供水两个子系统对供水的水质要求不一样，所以为了节能，分成两个相对独立的子系统。楼房供水要进行中水处理，而绿化用水只要通过过滤和沉淀即可。
2. 楼房供水子系统主要用于冲厕、洗手和打扫卫生，用水量较小，且对供水要求只要达到中水要求就可以，所以采取独立供水的模式，利用屋面收集雨水并对其进行净化。如果水量不够，就用自来水对其进行补水作业；如果雨量较大，则不经过净化环节，在收集雨水环节就采取溢水的方法，进入地面收集雨水子系统。

3. 绿化和池塘供水子系统的水主要来自地面收集的经过简单处理的雨水。

4. 池塘可作为雨水过多时收集的蓄水池。

制作准备：

材料：矿泉水瓶若干、三通配件若干、热熔胶棒、背景板一块、试验用水、胶管 5 m、水槽一个。

工具：电热丝加工工具、热熔胶枪、剪刀、三角锉。

模型制作：

1. 将矿泉水瓶用电热丝加工工具切割成两个部分，瓶口部分作为接水部件，瓶身部分作为水箱备用。
2. 在瓶口和瓶身的适当部位安装胶管。



3. 按照校园雨水收集与利用系统框图模型进行合理布局后，用热熔胶在背景板上进行固定。

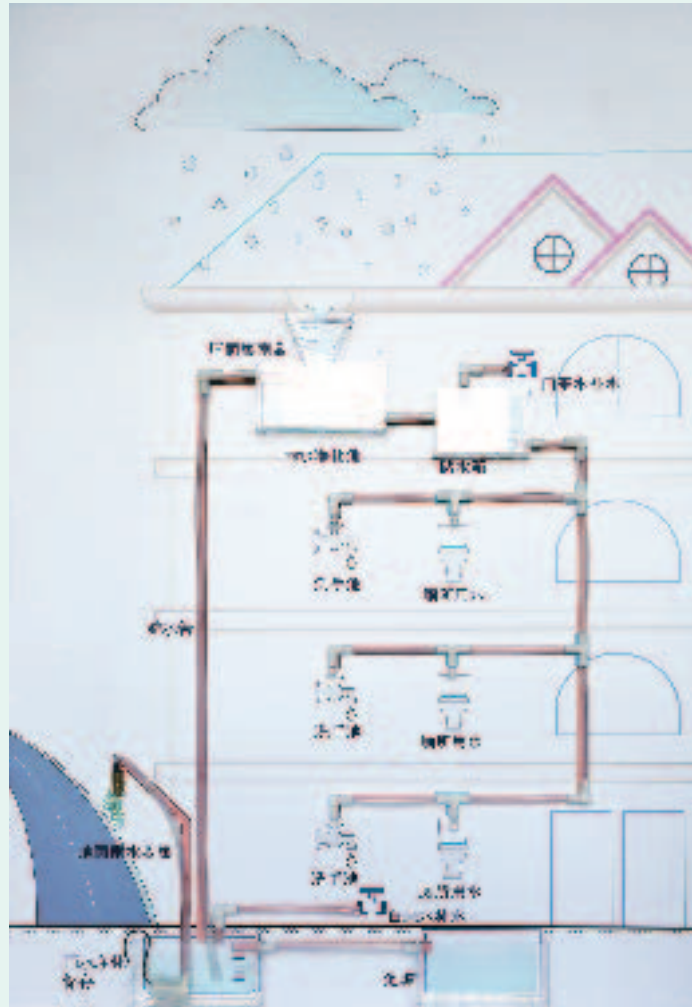


图 3-24 校园雨水收集与利用系统模型

4. 模拟雨水收集试验，测试结果。
5. 根据试验结果进行优化调整。
6. 写出试验报告。

思考：如何对洗手池用水进行收集和利用？请你对模型进行改进并验证自己的设想是否可行。



“要达到系统的优化目标，系统的各子系统的目标必须达到最优”，这一说法正确吗？



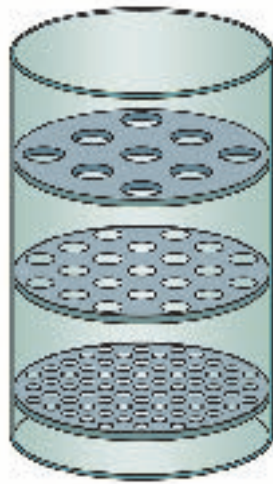
练 习

1. 可调孔径的分选装置的改进设计。

在许多行业，常使用分选设备实现物质的分类或筛选，并有自动分选和手工分选之分。如图所示是一个简单的分选装置，该分选装置对不同大小的颗粒状物体分选效果明显。有同学想用这个装置来分选硬币，结果发现效果不理想，请对这个装置进行改进设计。

设计要求：可增加构件和改变现有结构，能够实现快速分选不同硬币的功能，分选后的硬币可以分别自动收集，结构简单实用。

请依据设计要求，针对所给分选装置，进行设计分析，写出改进的初步方案，画出该方案的硬币分选装置系统模型并对其进行必要的分析，从而写出新的硬币分选装置的最终设计方案并辅以必要的设计图样，如果条件允许可以通过制作该装置模型进行试验。

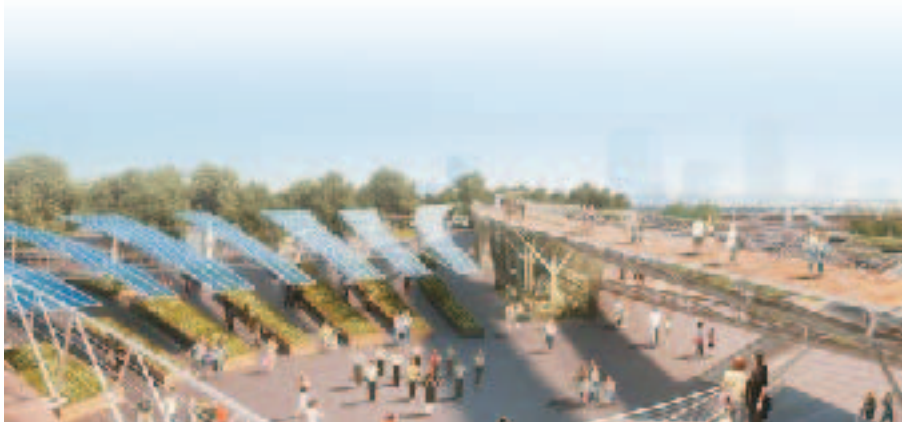


(第1题)

2. 中国高架平台式步行系统在系统设计中采取了风力涡轮机、光伏板和动能地砖，充分操纵风能、太阳能和人力发电，旨在成为中国第一个零碳排放高架平台式步行系统。依据这一设计构想，我们是否可以为学校设计一套校园人力发电供电系统呢？

设计要求：使用人力发电，能为学校特定目标持续供电，发电装置结构简单、稳固性好。

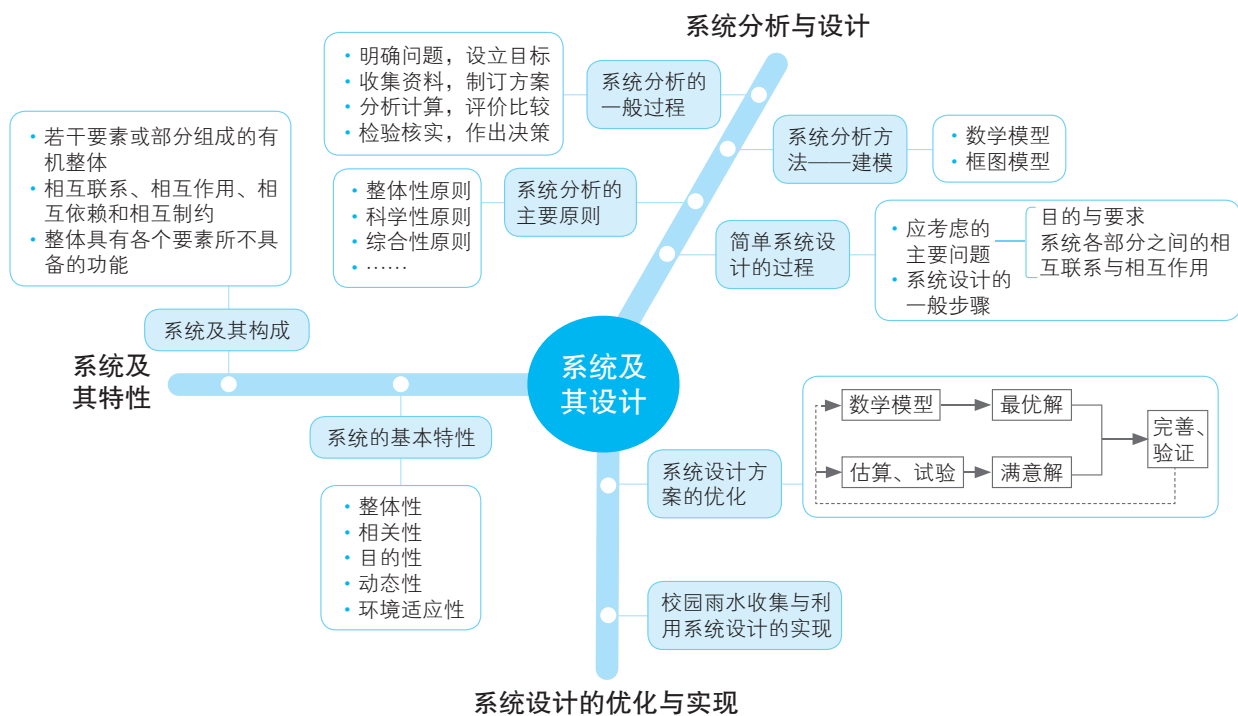
请依据设计要求，通过对学校具体情况进行分析，写出“校园人力发电供电系统”设计的初步方案，画出该方案的系统模型，并对其进行必要的分析与优化，得出优化后的设计方案并辅以必要的设计图样进行说明，如果条件允许可以通过制作该系统的功能模型进行试验。



(第2题)



单元小结



综合实践

模型飞机的设计与制作

活动目的：

通过模型飞机的设计与制作，经历产品设计的系统分析过程，体验系统设计、优化与制作的过程。

工具与设备：

钢直尺、铅笔、美工刀、热熔胶枪、电烙铁、手电钻、供电桩（可为模型飞机持续提供直流电的装置）和高度速度测试仪。（可选配激光切割机、台式电动线锯、手持式热切割机等）

零件与材料：

三种不同功率的电动机（电压范围 6~12 V，转速小于等于 28 000 r/min）、螺旋桨、规格为 100 mm × 400 mm × 3 mm 的轻质木板若干、规格为 6 mm × 6 mm × 400 mm 的矩形木条、热熔胶棒。

安全与防护：

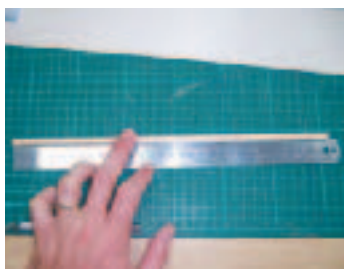
护目镜、防护手套、工装围裙、外伤急救箱。

设计要求:

1. 设计和制作一个模型飞机, 要求它具有最大的爬升高度或者最快的速度, 其中上升高度不能低于 800 mm。
2. 模型飞机必须有两个前轮来实现降落和起飞(其余部分可以拖在地上)。
3. 发动机可以安装在模型飞机的任何位置上。

活动步骤:

1. 按照下列图示, 制作一个模型飞机。



①制作截面为 6 mm × 6 mm、长度不长于 400 mm 的长木条作为模型飞机机身。



②裁取一块 100 mm × 400 mm × 3 mm 的木板制作模型飞机的机翼, 并将其固定在机身上。



③在木板上裁出 50 mm × 100 mm 和 50 mm × 70 mm 的矩形作为稳定器和垂直翼, 并用热熔胶固定在机身上。



④制作一个合适的起落架并用热熔胶固定在模型飞机机翼的合适位置, 安装电动机。



⑤制作完成, 将模型飞机电动机两根导线与供电桩相连接。



⑥打开供电桩电源开关, 远程遥控模型飞机, 并做好测试记录。

2. 测试模型飞机并通过高度速度测试仪把测试结果记录下来。

测试内容	测试值
质量 /kg	
展弦比(机翼长宽之比)	
飞行高度(10 圈的平均值) /mm	
飞行最大速度 / (m·s ⁻¹)	
对你的模型飞机性能进行描述:	



3. 通过修改表中变量来优化模型飞机，并将测试结果记录下来。

测试内容	测试值	变化量百分比 [(变化后的值 - 变化前的值) / 变化前的值]
质量 /kg		
机翼长度 /mm		
机翼宽度 /mm		
展弦比 (机翼长宽之比)		
飞行高度 (10 圈的平均值) /mm		
飞行最大速度 / (m·s ⁻¹)		
对你的模型飞机性能进行描述：		

4. 总结出使模型飞机飞行状况改变的关于系统方面的结论。

思考与讨论：

1. 影响模型飞机飞行速度的要素有哪些？
2. 影响模型飞机飞行高度的要素有哪些？

活动反思：

如果使用更大功率的电动机能使自己设计的模型飞机飞得更快、更高，那么模型飞机的哪些要素需要相应发生改变呢？请用试验来验证自己的观点。

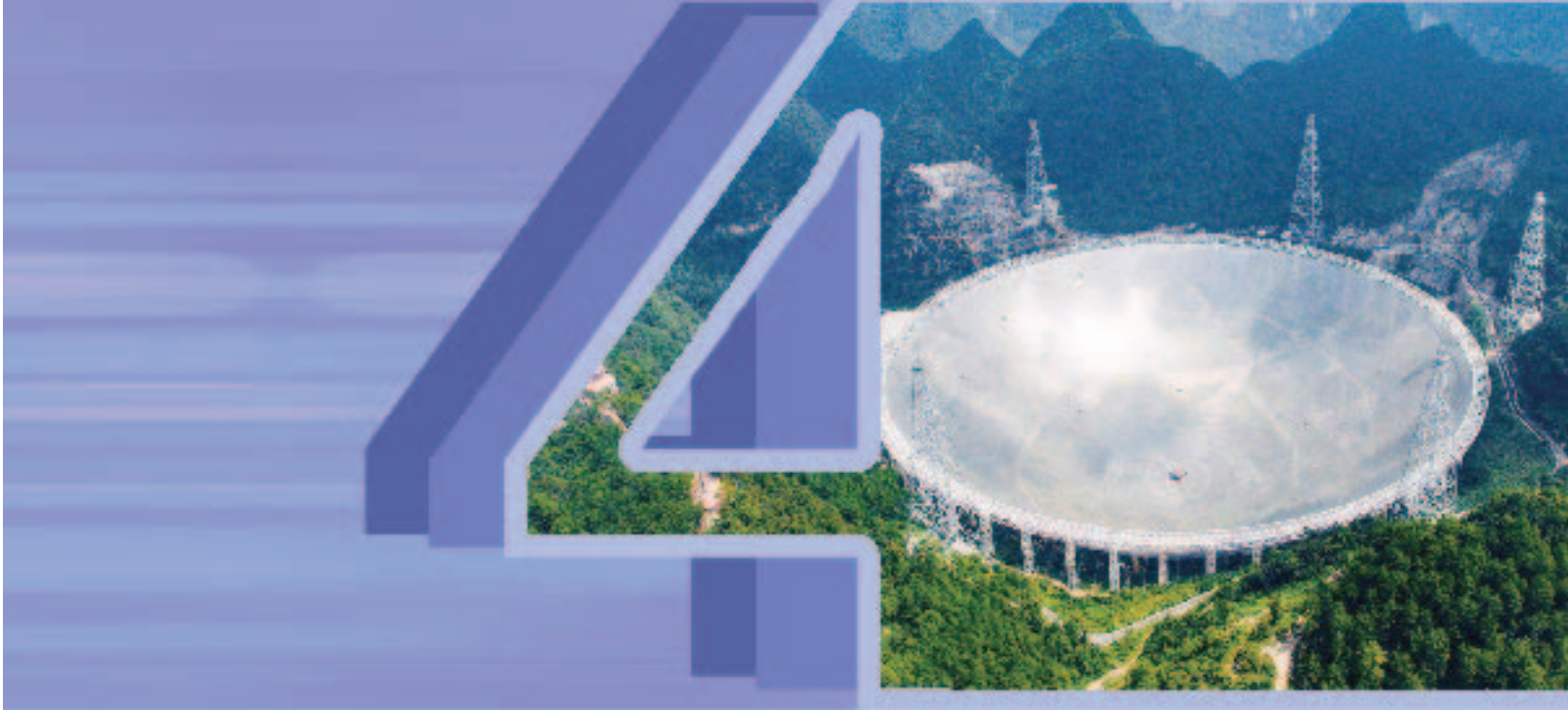


第三单元

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
能从技术应用的角度理解系统的含义与基本构成（TA）			
能结合具体实例归纳系统的基本特性（ET）			
阐述系统分析的一般过程，理解和运用系统分析的基本方法（ET、ID）			
经历简单系统的设计过程，能制订其设计方案（ID、TD）			
通过技术探究体会并说明影响系统优化的因素（ET、ID）			
通过对简单系统的设计实践，增强系统思考和工程思维的能力（ID、ET、TD、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	



第四单元 控制及其设计

- 一 控制的方式与应用
- 二 开环控制系统的工作过程
- 三 闭环控制系统的工作过程
- 四 控制系统的设计与实施

“兼采诸家之说，备存仪象之器，共置一台，台中有二隔，浑仪置于上，而浑象置于下，枢机轮轴隐于其中，钟鼓、时刻、司辰运于轮上……以水激轮，轮转则仪象皆动。”这是宋人在《新仪象法要》中对水运仪象台的记载，说明了古人很早就已经应用了控制。

控制并非遥不可及，它渗透在我们生产和生活的方方面面，是一种重要的思想方法。理解控制现象、善于使用包含控制技术的产品，已经成为每个人日常生活中不可或缺的基本能力。



一、控制的方式与应用

- 任务一 理解控制的含义
- 任务二 感知控制的应用

学习目标

1. 通过分析生活中常见案例，阐述控制的含义。
2. 通过案例分析，辨析手动控制、自动控制、智能控制的特点。
3. 观察生活中的案例，概括控制在生活和生产中的应用。

走进情境

人们利用收集的雨水进行园艺浇灌、汽车冲洗、路面冲洗和厕所冲刷等，减少了不必要的浪费，体现了充分利用水资源的可持续发展理念。陈晨设计了一套适用于家庭使用的雨水收集系统，利用收集的雨水浇灌家中阳台的植物，冲洗拖把和冲刷厕所。

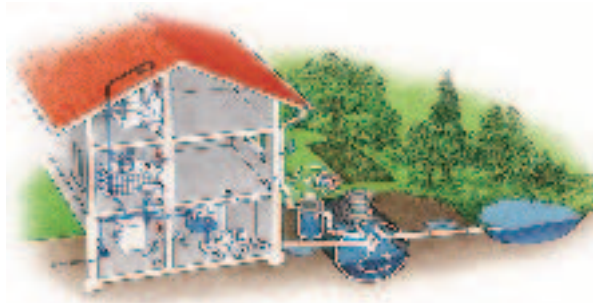


图 4-1 家庭雨水收集系统示意图

任务一 理解控制的含义

事物的发展与变化具有多样性。例如，降落的雨水可以用来灌溉农田，也可以供人们冲洗物品，还可以发电，但是也可能流入江河，增加洪涝灾害发生的可能性；一棵果树可能因为某种原因结不出果实，也可能硕果累累，而且果实有大有小，或酸或甜。

技术体验

制作盆栽植物自动浇水装置

体验目的：经历制作盆栽植物自动浇水装置的实践过程，体会控制的含义与意义。

情境展示：陈晨一家假期要外出两周，家里阳台的盆栽植物无人定期浇水。她想制作一个自动浇水装置，从而解决植物无人照料的难题。

问题分析：制作一个浇水装置，能把饮料瓶里的雨水灌注到花盆下方的接水盘中，使接水盘中保持一定量的水，泥土自动从接水盘里吸取水分，从而保持植物生长的湿润环境。怎



么把饮料瓶里的雨水引到接水盘中？如何让接水盘中的水量维持在一定的高度？

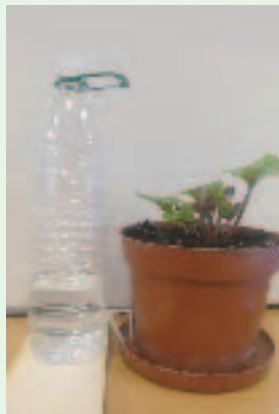


图 4-2 自动浇水装置模型

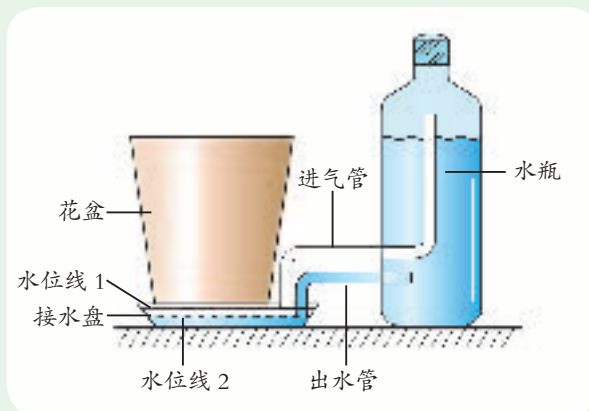


图 4-3 自动浇水装置设计草图

活动准备：

材料：饮料瓶 1 个、可弯塑料吸管 2 根、热熔胶棒、接水盘 1 个、小花盆 1 个。

工具：电烙铁、剪刀、热熔胶枪等。

主要过程：

1. 搭建植物补水装置。

- (1) 用电烙铁在饮料瓶靠近底部位置，上下排列打两个孔。
- (2) 插上两根吸管，把吸管下端修剪成一长一短。
- (3) 将热熔胶涂在吸管和瓶壁连接处，使其密封。
- (4) 等胶干了以后，装上水，盖紧瓶盖，就可以给植物补水了。

2. 观察装置的工作过程。

(1) 将两根吸管插入接水盘，当接水盘里的水面低于进气管口时，空气进入瓶子里，瓶内气压与外界相同，在重力作用下，水会从出水管流入接水盘。

(2) 直到水面与进气管口平齐，出水管不再流水，使接水盘中的水量保持在这个高度。这样就完成了植物接水盘的补水，保持了植物生长需要的水分。

讨论：分析与讨论接水盘中的水位高低与进气管位置的关系。

事物的发展结果可能是人们预先期望的，也可能与预期的目标不相符，甚至是人们不希望看到的。如果人们想达到某一特定目的，就必须借助适当的手段来实现。

人们按照自己的意愿或目的，通过一定的手段，使事物向期望的目标发展，这就是控制。例如，利用自动浇灌装置给植物补水，并通过改变进气管在接水盘中的位置控制水位；调节电冰箱的温度，使食物能够在低温状态下保存；使用计算机“指挥”先进的生产流水线，实现自动化生产等。

理解控制现象，要知道控制要达到什么目的、控制的对象是什么和采取什么控制手段。例如，给盆栽植物补水的控制，控制的目的是使接水盘中的水维持在一定的量，控制对象是接水盘，控制手段是通过进气管口与水面的相对位置决定出水管的出

水。再如，汽车的转向控制，其控制目的是改变汽车行驶方向，控制对象是汽车的车轮，控制手段是驾驶者通过转动方向盘推动转向杆，再带动车轮转向。



观察生活中的控制现象，完成下表。

场所	控制装置	控制目的	控制对象	控制手段
公共场所	红外线水龙头自动出水装置			

控制需要通过一定的方式或手段来实现。



从电风扇到空调再到智能空调

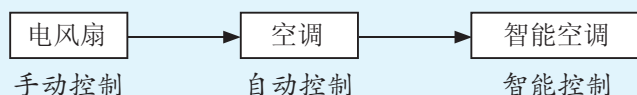
从前，烈日炎炎的夏天，家庭常用的消暑设备是电风扇。随着科学技术的发展，20世纪30年代空调诞生，人们进入房间后，打开空调，使室内温度保持在设定的温度值，达到降温消暑的目的。随着物联网的发展，人们能够在房间以外的任何地方，通过网络提前打开空调，使房间温度、湿度、风量以及空气洁净度稳定在令人舒适的范围。



图 4-4 消暑降温方式的演变

智能空调能根据外界气候条件，按照预先设定的指标对安装在室内的温度、湿度、空气清洁度传感器所传来的信号，进行分析、判断，并自动启动制冷或加热、去湿及空气净化等功能，使室内空气达到理想的状态。

这三种消暑方式的演变过程可表示为：



思考：对比上述三种控制，比较它们的利弊。



从控制过程中人工干预的情形来分，控制可分为人工控制和自动控制。过去，人们对事物的控制往往采取人工控制（又称手动控制）的方式，控制的过程是在人的直接干预或全程干预下进行的。

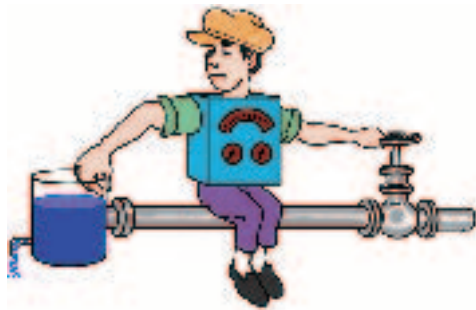


图 4-5 液位手动控制示意图

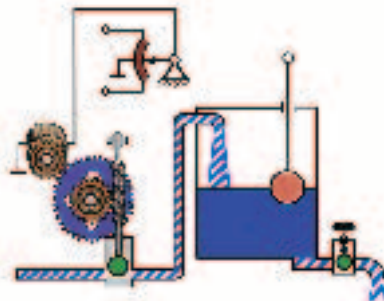


图 4-6 液位自动控制示意图

随着科学技术的发展，控制技术得到了迅速发展，出现了自动控制。自动控制是指在无人直接参与的情况下，使事物的变化准确地朝着期望的方向进行。按照控制信号流和执行部件的不同，自动控制可分为气动控制、液压控制、电动控制、机械控制、电子控制等。

智能控制是具有智能信息处理、智能信息反馈和智能决策的控制方式，它能在无人干预的情况下，自主地驱动智能机器实现控制目标。智能控制主要用于解决复杂系统的控制问题。



马上行动

请列举生活中从手动控制到自动控制再到智能控制的其他事例。

随着技术的不断发展，在很多控制现象中，控制的方式是多样、综合的。机械手就是电子与机械控制的实例。

机械手是一种能模仿人的手和臂的动作功能，按固定程序抓取、搬运物件或操作工具的自动操作装置，其特点是通过编程来完成各种预期的作业。它能部分地替代人的手工劳动，把人从繁重的体力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来，还能扩展人的器官功能，提高劳动生产力。



案例分析

传送工件的简易机械手

机械手通常由控制系统、驱动系统和执行系统等组成，通过程序控制，由气动或液压力来驱动机械部件执行运转，达成取放零件或部件的功能，使之按照预定工艺进行操作。

传送工件的简易机械手的工作过程如图 4-7 所示。机械手将工件从 A 点向 B 点传送。机械手的上升、下降与左移、右移通过双线圈两位电磁阀驱动汽缸来实现。抓手对工件的夹紧、

放松由一个单线圈两位电磁阀驱动汽缸完成，只有在电磁阀通电时抓手才能夹紧。该机械手工作原点在左上方，按下降、夹紧、上升、右移、下降、松开、上升、左移的顺序依次运动。

思考：画出该机械手从工作原点开始到完成一个工件的取放过程的流程图，并思考该机械手控制的目的、对象和手段分别是什么。

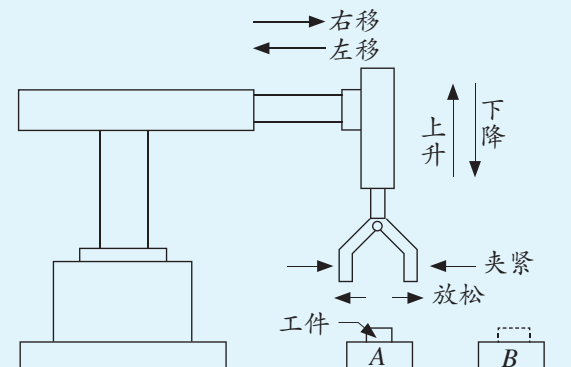


图 4-7 工件传送机械手示意图

思维碰撞

控制装置的控制目的、控制手段和控制对象是客观存在的，还是人为界定的？



任务二 感知控制的应用

控制在生活中应用广泛。人类能够在一定程度上按照自己的意愿改变周围的环境，使之能满足自身的需要。银行的自动取款机通过对存取款的自动控制，缩短了人们存取现金的时间，降低了差错率，而且使小额现金存取不受银行上下班时间的限制；公共场所的红外线自动水龙头通过对红外线强或弱的感应，自动控制水龙头的开或关，人们使用起来更方便、卫生，并且能够节约用水。



技术体验

制作抛球器模型

体验目的：通过制作抛球器模型，感知控制在日常生活中的广泛应用。

情境展示：陈晨是学校乒乓球社团的队员，在训练时她发现教练捡球发球很辛苦，她和同学们在网上查到自动发球机可代替教练发球。于是大家产生了设计并制作一个抛球器模型的想法。

问题分析：制作抛球器模型，关键是要解决动力和方向控制问题。抛出乒乓球时，如何产生抛球的动力？怎样设计触发动力的机关？

活动准备：

材料：规格为 25 mm × 25 mm × 1 000 mm 的方木条若干、35 mm 铁钉若干、80 mm 长螺栓螺帽两个、100 mm 的橡皮筋 1 根、砂纸、矿泉水瓶盖、乒乓球。

工具：木工锯、木工凿、榔头、角尺、铅笔、手电钻、螺丝刀。



主要过程：

1. 制作模型。

(1) 将方木条截成 2 根 200 mm、4 根 120 mm、5 根 80 mm、1 根 40 mm 的短木条，在其中一根 80 mm 木条的中间开一槽，将 40 mm 木条的一端斜削平。

(2) 用铁钉钉制模型的底架，将开槽的短木条钉在底架的前端。

(3) 钉制垂直面框架，将 1 根 80 mm 的木条锯成两段，作为框架支撑。

(4) 在一根 120 mm 木条前端固定矿泉水瓶盖，用长螺杆、螺帽将其固定在底架中间，作为转动杆。

(5) 将一根螺杆钉在底架中间的短木条的中间位置。

(6) 用铁钉将斜削的短木条钉在开槽短木条的一侧。

(7) 将橡皮筋的两端分别固定在如图 4-9 中位置 A 和 B 处。

2. 抛球测试。

(1) 用斜削的短木条将转动杆固定在底架位置，将乒乓球放在矿泉水瓶盖上，如图 4-9 所示。

(2) 旋转斜削的短木条，松开转动杆，乒乓球被抛出，如图 4-10 所示。

(3) 测量乒乓球抛出的距离。

讨论：

1. 如果要增大抛球距离，应该如何改进该装置？
2. 如果要实现自动连续抛球，需要如何改进该装置？

请设计方案并实现。



图 4-8 抛球器模型制作材料

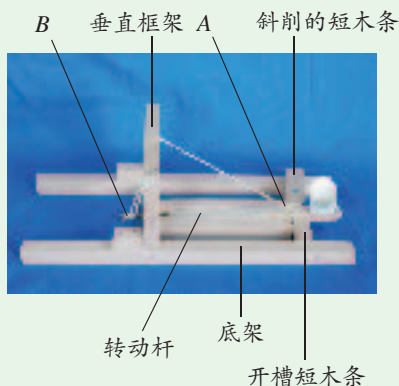


图 4-9 将转动杆固定在底架上

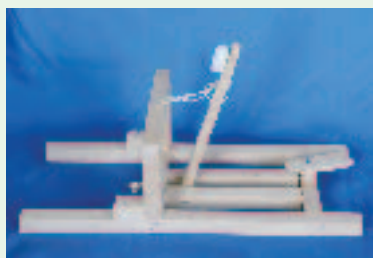


图 4-10 释放转动杆，将小球抛出

案例分析

恒压供水控制系统

住宅楼用户用水量的多少经常变动，供水不足或供水过剩的情况时有发生，常出现下班后大家到家都用水时水流量小，而夜间用水时水流量大的现象。用水和供水之间的不平衡集中反映在供水的压力上：当用水多而供水少时，则压力低；当用水少而供水多时，则压力高。若能实现供水压力恒定，即供水和用水之间保持平衡，用水多时供水也多，用水少时供水也少，则能提高供水质量。

恒压供水控制系统能在供水网中用水量发生变化时，使出水口压力保持不变。供水网出口压力值根据用户需求来确定，其内部由单片机等器件构成变频调速控制系统，调节水泵输出流量，以实现恒压供水。

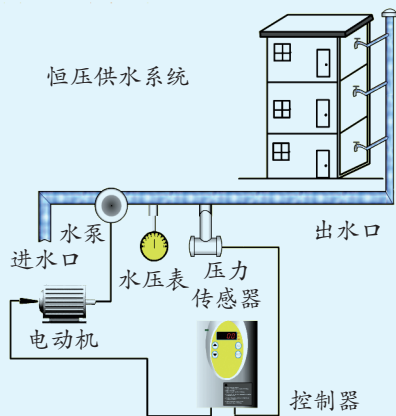


图 4-11 恒压供水控制系统示意图

讨论：

对于老式住宅楼屋顶水箱供水系统，是否需要考虑住户用水的恒压问题？

生产中往往需要对温度、湿度、压力、速度及工件加工动作等进行控制，控制在生产中得到了极为广泛的应用。汽车自动装配生产线实现了汽车零件的自动装配，并能对零件的传送速度进行控制，便于生产操作，大大减轻了工人的劳动强度，提高了产品质量和生产效率；农田节水灌溉控制系统在控制农田灌溉水量、实现水量均匀喷灌的同时，减轻了农民的劳动强度。



图 4-12 汽车自动装配生产线



图 4-13 农田节水灌溉控制系统



图 4-14 “长征十一号”将 4 颗卫星成功送入轨道

控制在军事、国防等领域也有着广泛的应用。例如，精密制导武器能够对目标进行精准打击，火箭能将人造卫星准确送入太空预定轨道。“神舟”飞船遨游太空并准确返回地面，其中控制起着至关重要的作用。

学习反思

控制在社会生活中的应用越来越广泛，给人们的生活生产带来了极大便利。但在未来，控制装置能够完全取代人的作用吗？

练习

1. 分析下列控制现象是自动控制还是人工控制。

- (1) 用气筒给自行车的轮胎充气；
- (2) 楼宇监控；
- (3) 电视机自动组装生产线。

2. 观察自行车的刹车控制装置，若使前轮刹车控制更加灵敏，应如何调节自行车前轮的刹车部件？请试着调试。



(第 2 题)

3. 在“任务一”的“技术体验”中，我们制作了使用饮料瓶里的雨水给盆栽植物自动浇灌的装置，如何将收集到的雨水引到饮料瓶，并保证浇灌功能不变？请设计一个方案并制作。

二、开环控制系统的工作过程

- 任务一 理解控制系统
- 任务二 分析开环控制系统工作过程

1. 通过技术体验活动，理解控制系统的含义，熟悉简单开环控制系统的基本组成和工作过程，理解其中控制器、执行器等的作用，辨析开环控制系统的特征。
2. 会用方框图表达简单开环控制系统工作过程。



陈晨设计了雨水收集系统，但是每逢雨季，雨水收集池的水位就会随着雨水的不断注入而升高，当水位升到一定高度时，雨水就从溢水口溢出排放出去，造成了雨水资源的浪费。

任务一 理解控制系统



搭建雨水收集池水位报警装置

体验目的：通过搭建雨水收集池水位报警装置，感受控制系统的工作过程。

情境展示：当雨水收集池水位达到溢出高度时，需要报警提示，让家人及时用掉一些水。

问题分析：在连接水位报警装置时，声光报警器应该安装在什么位置？

活动准备：

材料：警示灯、蜂鸣器、电极水位传感器、继电器、水池等。

主要过程：

1. 搭建水位报警装置。

(1) 读懂水位报警控制系统流程图（图 4-15）和水位报警系统示意图（图 4-16）。

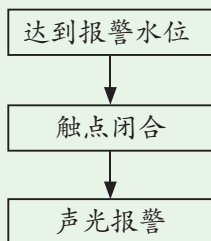


图 4-15 水位报警控制系统流程图



图 4-16 雨水收集池水位报警系统示意图

(2) 使用现有材料，根据水位报警系统示意图搭建报警装置。

2. 测试水位报警装置，填写下表：

测试动作	警示灯状态
向水池中注入水，使水位达到报警高度	
将水池中的水放出部分，使水位低于报警高度	

思考：

1. 如果把电极水位传感器改为干簧管传感器，该装置需要如何改动？
2. 已经有报警装置，为什么还要留溢流孔？

控制系统 上述报警控制装置中，水位是该控制装置的输入，通过水位传感器将信息传送到控制器；当水位达到报警值时，控制器输出信号到报警器，发出声光报警。这样一个系统称为控制系统。

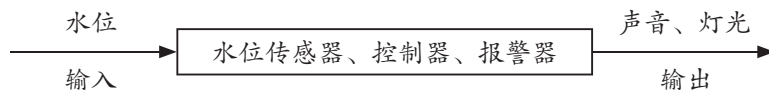


图 4-17 水位控制系统方框图

任何控制都要通过若干个环节来实现，这些环节所涉及的装置构成了一个系统，称为控制系统。控制系统的输出与输入之间有一定的对应关系。

思维碰撞

控制系统与一般意义上的系统相比，其特点有哪些？



任务二 分析开环控制系统工作过程



技术体验

搭建定时浇水控制系统模型

体验目的：通过搭建定时浇水控制系统，体会开环控制系统的工作过程。

情境展示：家中阳台上种植的植物，有的喜欢潮湿，有的喜欢干燥。对于如芦荟这类喜欢干燥的植物，若采用花盆下方接水盘长时间泡水的方式，易导致芦荟烂根。因此，当家人外出时，就需要根据植物的需水性定时给植物浇水。



图 4-18 芦荟



问题分析：在搭建阳台植物定时浇水控制系统时，浇灌 6 盆植物与浇灌 10 盆植物，其回流管的流量是否一样？

活动准备：

材料：电子定时器、电源、水泵、进水管、出水管、回流管、水桶、滴箭等。

主要过程：

1. 按照示意图 4-19 连接好各部件。

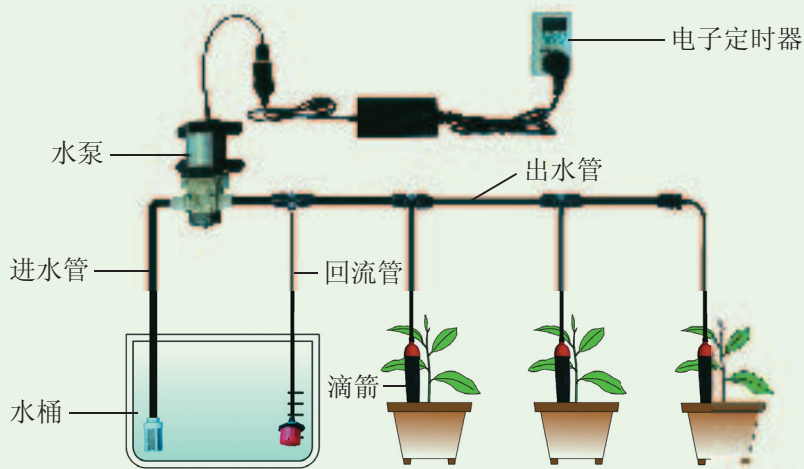


图 4-19 定时浇水控制系统示意图

2. 通电，检查各滴箭是否正常滴水。

3. 调节出水量：调节好每个滴箭的滴水量。

4. 设置电子定时器参数：浇水时长和周期。

思考：若要远程控制该浇水系统，应该怎样调整控制系统？

控制系统的方框图 将时间设定到定时浇水控制系统的定时器中，到了设定时间就自动接通潜水泵，开始往水管里抽水，通过调节定时器通电时长，控制滴到植物土壤中的水量。这一控制系统的工作过程可用图 4-20 来描述。

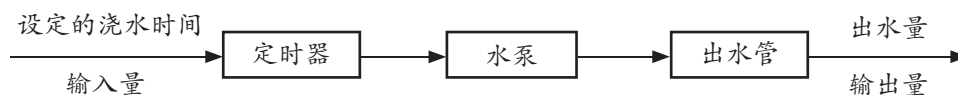


图 4-20 定时浇水控制系统方框图

其中，定时器设定的时间是输入量，水管的出水量是输出量。

在控制系统中，为了方便分析，常采用方框来表示系统的环节，用单向信号线来表示系统信号传递的方向，这种图称为控制系统的方框图，它表示了系统的各个环节在系统中的位置、功能和相互之间的关系。

开环控制系统 控制系统的输出量不对系统的控制产生任何影响，这种控制系统称为开环控制系统。开环控制系统在日常生活中的用途很广，如水位定时控制系统、十字路口的红绿灯定时控制系统、楼宇的防盗报警控制系统、火灾自动报警控制系统、公园的音乐喷泉自动控制系统等。

对于开环控制系统，可用如图 4-21 所示的方框图来描述。

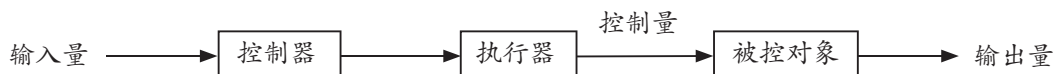


图 4-21 开环控制系统方框图

上图中，输入量即控制系统的给定量，如设定时间；输出量（被控量）即控制系统所要控制的量，也是控制系统的输出信号，如浇灌的水量；被控对象即控制系统中所要求控制的装置或生产过程；执行器即直接对被控对象进行控制的装置或元件，如阀门；控制器即对输入信号进行处理并发出控制命令的装置或元件，如控制电路；控制量即执行器的输出信号，如流过水管的水量。

马上行动

1. 用方框图说明下列开环控制系统的工作过程，并注明方框中的各个环节的具体内容以及输入量、输出量和控制量。

- (1) 音乐喷泉的控制；
- (2) 公共汽车车门的开关控制，如图 4-22 所示。

2. 列举你所了解的开环控制系统的例子，说明其控制工作过程，并画出方框图。



图 4-22 公共汽车车门的开关控制

案例分析

一 希罗自动门

公元 1 世纪，希腊人希罗建造的自动打开庙门的装置是最早利用气压和重力为动力的自动门。如图 4-23 所示，祭坛点火使 1 中的空气膨胀，水流入 2，利用水的重力使轴 3 转动，将门打开。当祭坛的火熄灭时，庙门在重锤的作用下就会自动关闭。

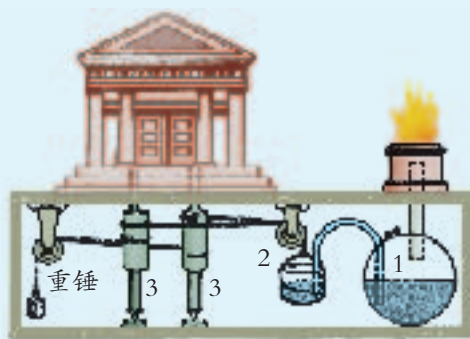


图 4-23 希罗自动门控制系统示意图

思考：请根据希罗自动门的开、关工作过程，将对应方框图中的内容以及输入信号、输出信号填写完整。





二 自动门的控制系统

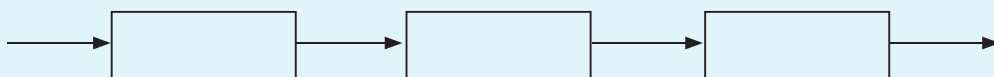
为了方便人们的出入，一些医院、宾馆和银行都安装了自动门。当有人走近大门时，大门就会自动打开，如图 4-24 所示。

当人走近自动门时，门上方的红外线装置检测到人体热辐射发出的红外线信息，控制电路接收到该信号后，便会发出相应的指令，启动电机运转，从而带动门自动开启（或者控制气动装置，使门向两边打开）。当门开启之后，控制电路将作出判断，如果没有人在检测范围内，就通知电机做反向运转，使门关闭。可见，自动门的开启或关闭只与红外线装置是否检测到人体发出的信号相对应。



图 4-24 自动门

思考：如果把红外线装置是否检测到人体热辐射发出的信号看作输入量，门的开启或关闭看作输出量，请根据自动门的开、关工作过程，将对应方框图中的内容以及输入信号、输出信号填写完整。



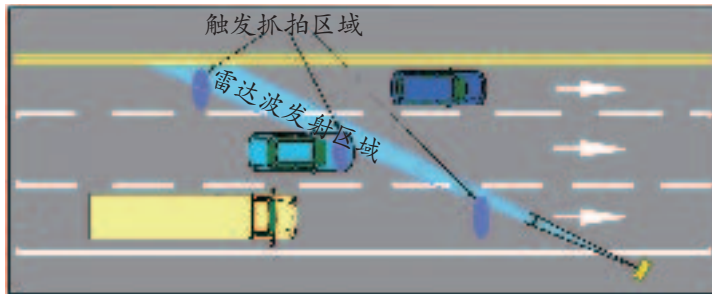
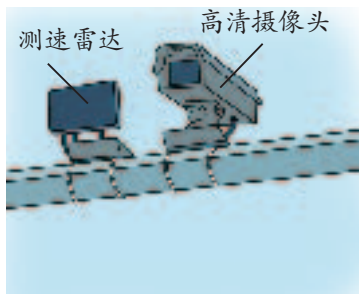
学习反思

在开环控制系统中，如何理解检测装置输出的信号的作用？

练习

1. 雷达测速是交通安全管理中常用的测速手段。雷达测速系统的输入端通常由雷达、高清摄像头和闪光灯等部分组成。由高清摄像头配合闪光灯完成对超速车辆的抓拍，抓拍的图片传输至指挥中心的数据库，进行自动车牌识别，记录违法信息。

请使用方框图描述雷达测速系统的工作过程。

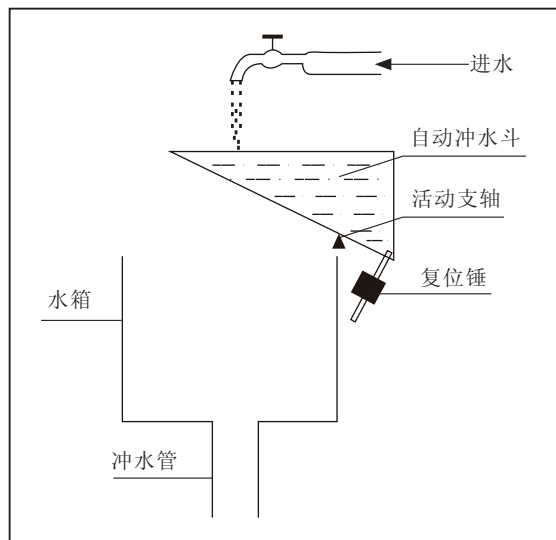


(第 1 题)

2. 制作和调试重力不平衡式自动冲水装置的模型或原型。

(1) 理解重力不平衡式自动冲水装置的工作过程。

进水龙头慢慢向自动冲水斗加水，当水加满后，冲水斗活动支轴左边的重力大于右边的重力，冲水斗就会向左边倾斜；越向左倾斜，左边重力就越大，当倾斜到一定程度时，冲水斗将盛满的水全部倒入水箱，再由冲水管流入坑道；冲水斗的水流完后，活动支轴右边的重力大于左边，冲水斗复位，进行下一个循环冲水作业。



(第2题)

(2) 寻找适合的材料，制作该装置的模型或原型。

装置的组成：进水龙头、自动冲水斗、活动支轴、复位锤、水箱和冲水管。

(3) 调试该装置中冲水斗的支撑点，使之能够实现循环冲水。

(4) 分析该装置的优缺点。

3. 如图所示是一款红外线感应自动开闭的垃圾桶，其工作过程是当人手靠近桶盖时，传感器感应到人手信号，控制电路控制电磁连杆机构打开桶盖；手远离桶盖后，控制电路延时 10 s 后桶盖自动关闭。

(1) 请用方框图表达该自动开闭垃圾桶盖的工作过程。

(2) 使用一段时间后，垃圾桶出现桶盖的开闭时而正常时而而不正常的现象，请分析并指出两种可能的原因。



(第3题)

三、闭环控制系统的工作过程

学习目标

- 任务一 解析闭环控制系统工作过程
- 任务二 辨析反馈在控制系统中的作用

1. 通过实践体验，分析闭环控制系统的基本组成和工作过程，学会画闭环控制系统的方框图。
2. 通过案例分析，理解传感装置在闭环控制系统中的作用。
3. 结合闭环控制系统的工作过程，分析反馈和干扰现象及其基本原理。

走进情境

陈晨家阳台上种植了两种植物——虎皮兰和绿萝。虎皮兰喜热、耐干旱，绿萝则喜阴湿、忌干燥。这两种植物不能采用同一定时浇水方式，应该如何改进自动浇灌装置呢？

任务一 解析闭环控制系统工作过程

技术体验

搭建土壤湿度控制系统

体验目的：通过搭建土壤湿度控制系统，感受闭环控制系统的工作过程。

情境展示：不同的植物需要的水量不同，喜干和喜湿的植物不能采用同一定时浇水方式。为解决这一问题，陈晨打算设计一个可以根据不同植物的土壤湿度来决定是否浇水和浇多少水量的自动控制装置。

问题分析：相对于定时浇灌，根据土壤湿度调节浇水量的方式，在方案设计上有什么不同？

活动准备：

材料：控制器、湿度传感器、电磁阀、集水箱、花洒、阀门、支架等。

工具：钢丝钳、活动扳手、十字螺丝刀等。

主要过程：

1. 如图 4-25 所示，根据控制系统示意图进行搭建。

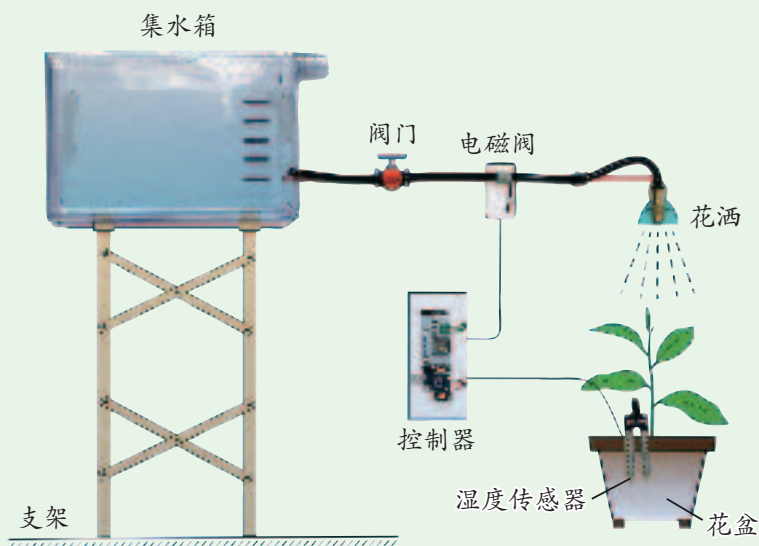


图 4-25 土壤湿度控制系统示意图

2. 用湿度传感器检测土壤湿度，与控制器连接，从而控制电磁阀的开与关，为植物输送雨水。

3. 调试并观察过程，填写下表：

土壤湿度情况	电磁阀的状态	花洒的状态
当湿度传感器检测到花盆内土壤湿度不够时		
当湿度传感器检测到花盆内土壤湿度达到要求时		

思考：电磁阀的开启与关闭取决于来自什么装置的信号？

闭环控制系统 在上述土壤湿度控制系统中，输入信号是设定的土壤湿度。湿度传感器检测到的土壤湿度信号返回到控制系统的输入端，通过一个具有计算功能的装置（比较器），与给定湿度值作比较。当实际湿度比设定湿度低时，控制器控制电磁阀打开，给植物浇水；当实际土壤湿度达到设定的土壤湿度时，控制器发出信号关闭电磁阀，停止浇水。

该浇水自动控制系统的方框图如图 4-26 所示：

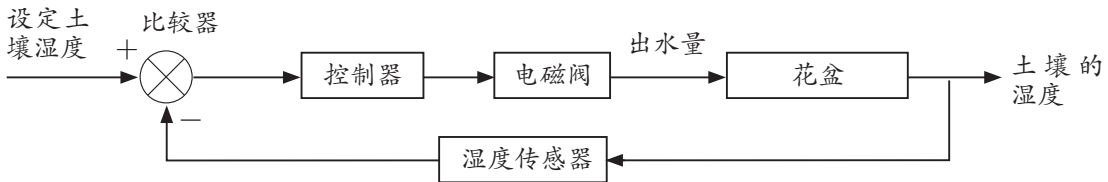


图 4-26 土壤湿度控制系统方框图

从这一控制系统方框图中可以看出，在系统的输入端和输出端之间，除了有从设定湿度到实际土壤湿度的信息传递，还有从输出端返回到输入端的信息传递，即把输出量返回到输入端，与给定值进行比较，构成一条闭合回路。我们把系统的输出量返回到输入端，并对控制过程产生影响的控制系统称为闭环控制系统。

简单闭环控制系统的方框图如图 4-27 所示：

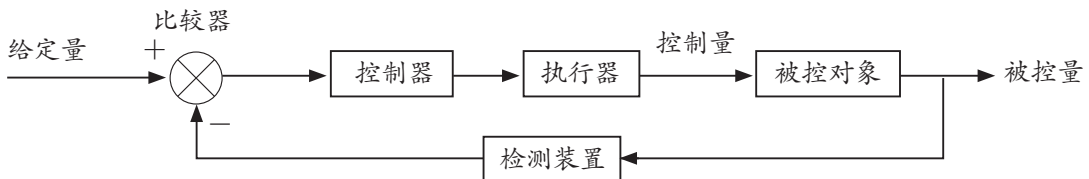


图 4-27 简单闭环控制系统方框图

图中，检测装置测量出被控量并返回到系统的输入端；⊗ 是比较器，它将给定量与所检测的被控量进行比较，求出偏差值；控制器将这一偏差值进行运算处理，



并向执行器下达控制指令；执行器根据指令对被控对象进行控制，从而使被控量稳定在给定的范围内。与开环控制系统相比，闭环控制系统多了一个由检测装置组成的反馈通道。



判断下列控制系统是否属于闭环控制系统，并画出方框图。

控制系统	是否属于闭环控制系统	方框图
光控窗帘控制系统		
电冰箱的温度控制系统		
声光楼道灯控制系统		
交通路口红绿灯自动控制（根据车流量大小改变红绿灯时间）系统		



一 离心式调速器对蒸汽机转速的控制

离心式调速器的原理是利用蒸汽机带动一根竖直的轴转动，这根轴上装有一个四连杆机构，连杆带有两个重球。当蒸汽机转动加快超过某一限定值时，竖轴也转动加快，两个重球随之升高，这时与重球连接的调节杠杆便将蒸汽阀门关小，从而使蒸汽机的转速降低一些。反之，若蒸汽机的转速过慢，则竖轴转动过慢，重球的位置也下降，这时连杆便将阀门开大，从而使蒸汽机转速加快。

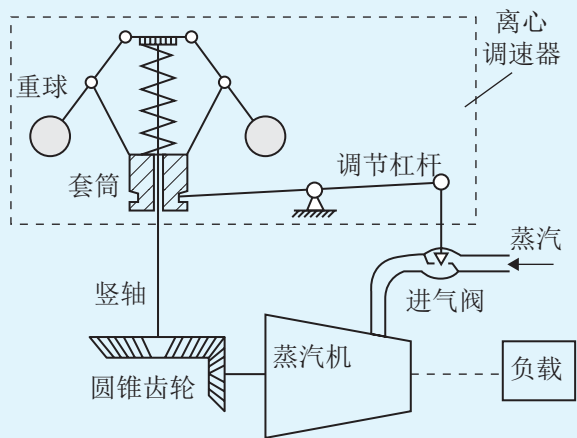


图 4-28 离心式调速器原理示意图

思考：该调速器的传感装置是什么部件？
通过什么动作来改变蒸汽阀门的大小？

二 电冰箱的温度控制

很多电冰箱的工作温度是通过温度控制器控制压缩机的开、停实现的。

其温度控制的工作过程如下：

1. 温度调节旋钮设定一个温度值，主弹簧决定了传动膜片、连接杆和活动触点的相对位置。
2. 当电冰箱压缩机停止工作后，蒸发器表面温度逐渐上升，感温包和膜盒内的感温剂气体的温度也随着上升，压强增大，使传动膜片向外伸胀，通过连接杆推动活动触点“3”与固定触点“4”闭合，于是电路接通，压缩机开始工作，连续制冷，使电冰箱内的温度下降。
3. 当电冰箱内的温度降低到设定温度时，感温包和膜盒内的感温剂气体压强降低到某个

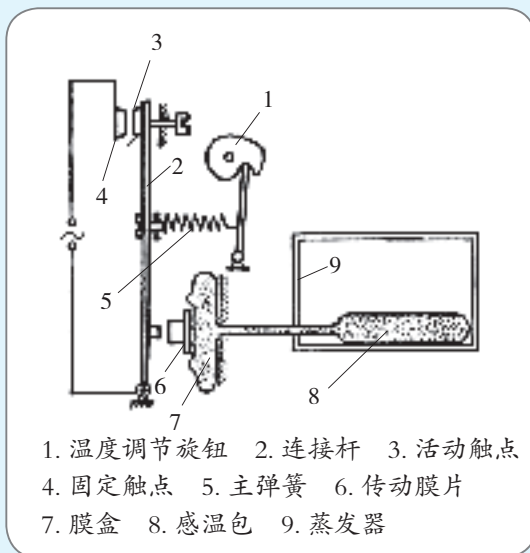


图 4-29 电冰箱温度控制示意图

值，传动膜片向内收缩，弹簧的弹力使活动触点“3”和固定触点“4”断开，切断电源，压缩机停止工作，制冷停止。如此反复，电冰箱的工作温度便保持在设定的温度范围内。

温度调节旋钮、主弹簧、充有感温剂气体的感温包和膜盒、传动膜片、连接杆、活动触点等构成了电冰箱温度控制系统。

思考：分析电冰箱温度控制系统的工作过程，找到控制器、执行器、被控对象、检测装置对应的部件，并填入如图 4-30 所示框图中。

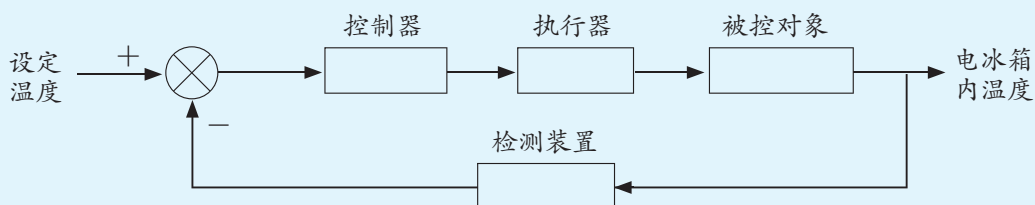


图 4-30 电冰箱温度控制方框图



任务二 辨析反馈在控制系统中的作用

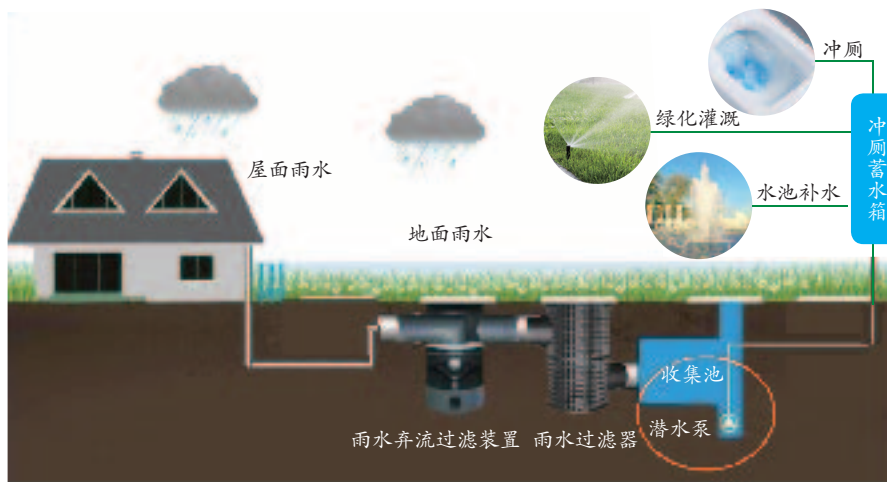


图 4-31 抽水控制系统示意图



搭建抽水控制系统模型

体验目的：通过搭建抽水控制系统模型，感受反馈在控制系统中的作用。

情境展示：为了避免暴雨季雨水收集池中溢出的雨水白白浪费，陈晨打算为雨水收集池增加一个蓄水箱，当雨水收集池的水位达到溢出口位置时，潜水泵把雨水收集池中的水抽到蓄水箱中，为厕所冲刷之用。当收集池的水位降低至池高度的 $1/4$ 时，潜水泵就停止抽水。

问题分析：该装置要实现当水位达到一定高度时潜水泵开始抽水，水位降低到某位置时潜水泵停止抽水，其核心部件是什么？

活动准备：

材料：雨水收集池、冲厕蓄水箱、潜水泵、水管、电极式水位传感器、控制电路模块等。

工具：钢丝钳、活动扳手、十字螺丝刀、多用电表等。

主要过程：

1. 搭建模型，如图 4-32 所示，将雨水收集池、冲厕蓄水箱、潜水泵、电极式水位传感器、控制器、水管等依次连接。

2. 测试。

(1) 向雨水收集池注水，当水位达到溢水口时，潜水泵启动，抽水到冲厕蓄水箱。

(2) 当雨水收集池水位降到池高度的 $1/4$ 时，潜水泵停止抽水。

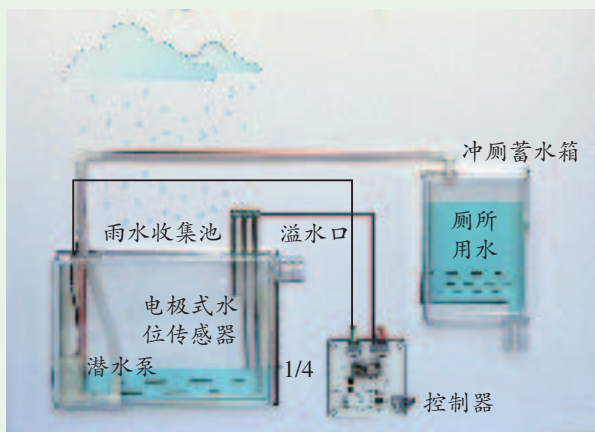


图 4-32 抽水控制系统模型

思考：

1. 观察雨水收集池的水位高度与潜水泵工作状态，填写下表：

雨水收集池水位高度	潜水泵工作状态
水位达到溢水口时	
水位降到池高度的 $1/4$ 时	

2. 采用单一传感器如何实现该水位控制？

电极式水位传感器是该控制系统中的检测反馈装置，检测水位信号并将其返回到输入端，当水位达到或低于雨水收集池高度的 $1/4$ 时，停止抽水。

反馈 在自动控制系统中，将输出量通过检测装置返回到输入端并与输入量进行比较的过程，就是反馈。

利用反馈来分析和处理被控对象，通过系统的输出来调整系统的行为，使系统沿着预期的目标运行。例如，普通电水壶将水加热至沸腾时，需要人工关闭电源，而自动保温电水壶在壶内温度达到设定值时自动切断电源，这就是运用反馈实现自

动控制的结果。

在带有反馈的控制系统中，既存在由输入端到输出端的信号前向通路，也包含从输出端到输入端的信号反馈通路，两者组成一个闭合的回路。因此，带有反馈的控制系统就是前面所述的闭环控制系统。在工程中，反馈控制是自动控制中不可缺少的形式。



花房恒温自动控制系统

花房恒温自动控制系统可以对温度、土壤湿度和光照进行控制。

请填写下表，完成第一行花房恒温自动控制系统的控制参数，并完成第二、三行其他控制系统的控制参数。



图 4-33 花房恒温自动控制系统

自动控制系统	输入量	检测装置	输出量
花房恒温自动控制			



常用传感器及其特点

传感器是一种检测装置，能检测到被测量的信息，并能将感受到的信息按一定规律变换成为电信号或其他所需的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制在要求。通常，根据传感器感知功能可将其分为温度传感器、光传感器、压力传感器、磁性传感器、湿度传感器、声音传感器等。

传感器的特点包括：微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化。它是实现自动检测和自动控制的重要环节。传感器的存在和发展，让物体有了触觉、味觉和嗅觉等感



官,使物体变得“活”起来。根据传感器的基本感知功能,通常将其分为热敏元件、光敏元件、气敏元件、力敏元件、磁敏元件、湿敏元件、声敏元件、放射线敏感元件、色敏元件和味敏元件等十大类。



图 4-34 常用传感器

干扰因素 在控制系统中,除输入量(给定值)以外,引起被控量变化的各种因素都可以视为干扰因素。有的干扰因素是环境造成的,如冬天使用电饭锅做饭比夏天更加费电;有的干扰因素是人为原因所致,如当电饭锅在保温状态时,频繁地打开锅盖并将冷的食物放入锅中等。

在控制系统中,干扰因素可能有一个,也可能有若干个。如战士在大风大雨中进行射击练习,风和雨都是子弹命中准确度的干扰因素。

对于大多数控制系统,在工作过程中必须克服干扰,使被控量稳定。空调的温度控制系统是闭环控制系统,它能克服室外温度变化这一干扰。当室外温度升高时,空调监测出干扰引起的室内温度变化,通过启动压缩机降温来克服这一干扰,使室温保持稳定。



教学扩音器与干扰

教学扩音器,俗称“小蜜蜂”。在教学中使用“小蜜蜂”,既能有效保护教师的嗓子,又能保证所有学生都能听清楚教学内容。

“小蜜蜂”虽然优点颇多,但也存在易受外界电磁波干扰的缺点。教师佩戴“小蜜蜂”讲课的过程中,当手机接收到短信和电话时,“小蜜蜂”就会发出“嗡嗡”的噪音。

是什么原因导致“小蜜蜂”发出噪音呢?原因就在于手机在收发信号时信号强度较大,“小蜜蜂”射频信号屏蔽能力不足时会拾取到手机的信号脉冲,因此产生了射频干扰,便发出了噪音。射频干扰是电磁波所带来的干扰,当两个频率相差不多的电磁波同时被接收机接收,就造成了干扰。



图 4-35 教学扩音器

因此，教师在携带教学扩音器讲课时，为避免射频干扰，应关闭手机。

思考：查阅资料，了解飞机在起飞和降落时，乘客使用手机是否会对飞机飞行构成干扰。

在一般控制系统中，干扰因素是需要克服的。而在有些情况下，却可以利用干扰因素实现某种目的。如在军事演习中，红方利用一定频率的电磁波对蓝方的信息指挥系统进行干扰，使之不能正常工作。但在生产生活中，我们需要以慎重、严谨的态度对待干扰因素。

闭环控制系统与开环控制系统的比较 开环控制系统本身不能对被控量的偏差进行调整和补偿。也就是说，由于某种干扰信号的作用，使输出信号出现非正常状态时，系统本身没有自动纠正的能力，要进行纠正，必须借助于人工。所以，对于同一个控制问题，开环控制系统的控制精度通常比闭环控制系统低。但如果控制系统中各组成元件的特性比较稳定，而且外界的干扰对系统的影响较小，则开环控制系统也可以保证一定的精度。在开环控制系统的控制效果不佳的情况下，可使用闭环控制系统。



马上行动

请比较开环控制系统与闭环控制系统的控制精度、系统结构复杂程度、系统成本及其适用场合，正确填写下表。

类别	控制精度	系统结构复杂程度	系统成本	适用场合
闭环控制系统				
开环控制系统				

黑箱方法 在生活中，有时我们需要认识的对象内部无法打开或不便打开，这时，可以通过观测和考察它的输入与输出的关系来推测其内部的特性和功能。例如，中医看病通过“望、闻、问、切”来了解病人的病况，最后对病情做出判断；夏天买西瓜，可以通过“看瓜形，看瓜色，听瓜声，测弹性”来判断西瓜的生熟。这些事例中，人们都没有打开物体直接观看内部结构，而是通过观察外部形态或做试验等方法来认识事物。

这种把将要研究的系统作为“黑箱”，通过对系统输入与输出关系的研究，进而推断出系统内部结构及其功能的方法，就是黑箱方法。黑箱方法提供了一种不必打开系统就可以研究其内部结构和功能的方法。

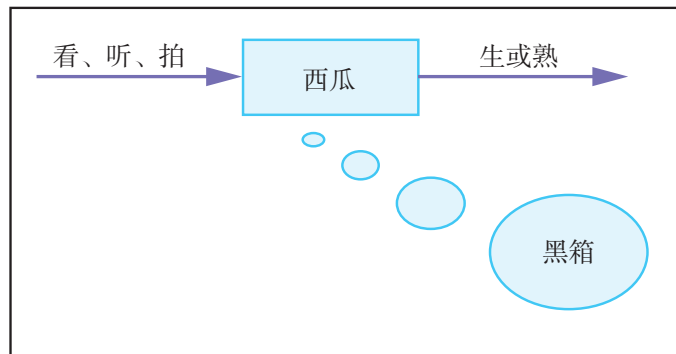


图 4-36 挑西瓜与“黑箱”方法

例如，通过输入图像、电或声音信号，观测、分析脑电波的输出反应，研究人脑对视觉或听觉信息的传递、变换和处理功能，得知人脑内部结构的细节，就是黑箱方法的一种运用。



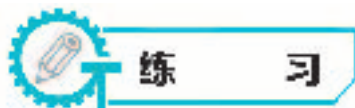
医学与“黑箱理论”

在中医发展的历史长河中，运用了类似控制论中的“黑箱理论”的方法。它是在没有手段和条件打开人体和疾病“黑箱”的情况下采用的，是在保持人体和疾病的整体性、运动性的前提下，通过外部联系和变化来考察其内在规律。中医的脉诊，就是“黑箱理论”的运用，中医师们通过脉诊病人的脉象状态变化，以判断病情的进程和状况。

现代医学利用先进的技术手段，如解剖学、影像学、生物化学等方式研究人体，试图把“黑箱”变“白箱”。



1. 闭环控制系统与开环控制系统相比，其特点有哪些？
2. 通常在什么情况下，人们需要采用黑箱方法研究控制系统？

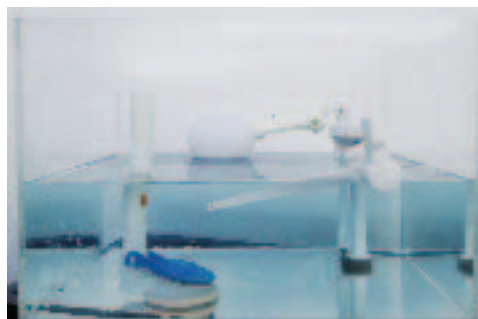


1. 粮库的温度和湿度都需要控制。小型粮库一般是定期进行人工检测，根据需要进行温度和湿度的控制。如果粮库的规模扩大了，需要实现温度和湿度的自动控制，请设计控制方案，画出控制方框图。



(第1题)

2. 设计抽水马桶水箱水位自动控制系统，要求：当水箱中的水位低于某一指定的高度时，进水口立即进水；当水箱中的水位达到某一指定高度时，进水口停止进水。



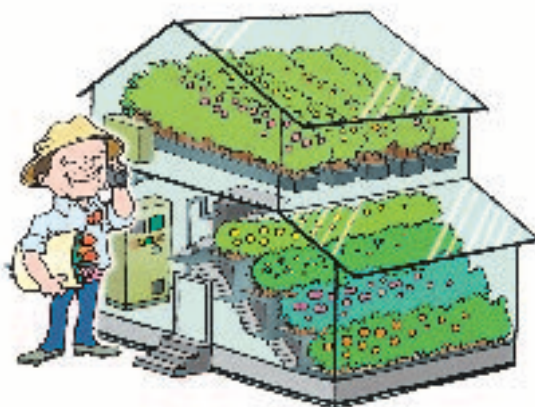
(第2题)

根据设计需求，请完成以下工作：

(1) 画出控制方框图。

(2) 选择适当的材料，制作水箱水位控制的模型。

3. 某花农正在筹建一个小型花房，花房的温度冬季一般控制在 18°C 左右，夏季一般控制在 25°C 左右。请画出花房的温度控制系统的方框图，简要说明它的工作过程。



(第3题)

四、控制系统的设计与实施

学习目标

- 任务一 探究控制系统的设计要素
 - 任务二 设计与实施雨水收集池水位控制系统
1. 根据控制系统的要求，确定被控量和控制量。
 2. 能够设计控制系统的方案，并搭建一个控制系统装置或模型。
 3. 对所搭建的控制系统进行调试运行以及综合评价。



下雨天，雨水收集池的水位不断升高，当水位升至溢水口时，声光报警装置启动，同时水泵开始向位于高处的蓄水箱抽水。当雨水收集池的水位降到水池高度的1/4时，应停止抽水。

任务一 探究控制系统的设计要素

设计一个控制系统，应该明确这个系统要达到的目的是什么，所要控制的对象是什么，被控对象有哪些重要的特性，被控量和控制量分别是什么，外界的主要干扰因素有哪些，选择怎样的设计方案既能达到目的，又经济、易于实现，如何选择设备和元件，等等。



图 4-37 控制系统设计要求

设计一个控制系统，是选择开环控制还是闭环控制，应根据对控制精度的要求以及条件的可行性而定。在控制系统设计过程中，被控对象的特性往往难以直接得

到，通常是通过了解被控对象的输入与输出之间的关系来分析它的基本特性，从而确定控制器的运算方式。被控量和控制量的确定是控制方案的关键。对于简单控制系统，需要控制的量往往被确定为被控量。控制量应选择可控制的、对抑制干扰因素和保持系统稳定有明显作用的量。一个控制系统中可能存在若干个干扰因素，需要分析主次，找出对系统影响最大的干扰因素。执行器、检测器的选择一是要根据被控量和控制量的需求，二是要根据控制的条件进行。总之，能达到控制的目的，采用易于实现的控制方式，降低控制成本，减少对环境的负面影响等，是进行控制系统设计必须考虑的基本问题。

控制系统的设计方案，还包括画出必要的设计图纸（控制电路设计或系统结构设计）和实施图纸、撰写设计说明书等。

开环控制系统的设计 开环控制系统的设计相对比较简单，在明确设计要求、被控对象、被控量和控制量后，即可考虑具体控制系统的方案。例如，普通电风扇控制系统的设计，被控对象是电风扇，被控量是电风扇输出的风速，控制量是电机的转速；如果是具有定时功能的电风扇控制系统的设计，则只需在开关环节加一个定时器就可以了。



运动会会旗自动升旗控制装置的设计

体验目的：通过设计制作运动会会旗自动升旗控制装置，体验简单的开环控制系统的设计、实施和调试的过程。

情境展示：高一（3）班负责学校运动会会旗的升旗仪式，他们决定利用所学知识设计一套自动升旗控制装置模型。

问题分析：

1. 在播放《运动员进行曲》的时间内，控制会旗匀速上升到旗杆的顶端。
2. 选择恰当的控制方案实现控制。
3. 选用成本低、易于获取的元件、设备和材料制作模型。

设计分析：

1. 采用开环控制系统，被控对象是会旗，被控量是上升的速度，控制量是电动机的转动与停止（或转速）。

开环控制系统的方框图为：



图 4-38 简易自动升旗控制装置模型

2. 这一开环控制系统由计时装置和控制升旗的装置共同组成。

3. 计时装置和控制升旗装置的实现可以有多种方案。例如，可采用机械定时器和电动机实现，可采用成品电子定时器和电动机实现，可采用自制电子定时器和带有可调速电路的电动机实现，也可以采用音频信号、触发电路和电动机实现。



4. 采用任何一种方案实现控制都要经过若干次调试，直到符合设计要求为止。

活动准备：

机械定时器（或电子定时器、自制的电子定时器、CD 唱机）、旗杆、滑轮、卷筒、变速齿轮箱、电动机调速器、直流电源等。

主要过程：

方案 A

1. 采用机械定时器、直流电动机、直流电源、滑轮等元器件实现。其中，机械定时器相当于电动机的开关。

2. 测得《运动员进行曲》播放的时间和旗杆的长度，确定定时器的定时时间并预估电动机的转速。根据时间、旗杆长度和电动机的转速，选择滑轮的直径。

3. 将机械定时器、直流电源和电动机串联在一个回路中。

4. 初始状态使会旗处于旗杆底端。在《运动员进行曲》播放的同时启动机械定时器，电动机开始转动并带动滑轮运动，使会旗匀速上升。当定时器计时停止时，断开电源使电动机停止转动，此时会旗应该正好升至杆顶。如果升旗时间与《运动员进行曲》的播放时间之间存在误差，则需要重新调整滑轮的直径，直到符合要求。

5. 为使系统在非正常状态下保证旗帜的升降，还需要在电路中并联一个手动开关，当控制系统出现故障时，使用手动开关直接控制电动机的转动与停止。

机械定时器手动旋转旋钮实现定时，定时的精确度略低，但只要细心操作是可以满足要求的。

方案 B

采用成品的电子定时器、直流电动机、直流电源、滑轮等元器件实现。

用电子定时器代替机械定时器，其他步骤参照方案 A。

电子定时器比机械定时器的定时精确度高，所以对操作者的要求相对低一些。

方案 C

1. 采用自制的电子定时器、带有可调速电路的电动机、直流电源、滑轮等元器件实现。

2. 测得《运动员进行曲》播放的时间和旗杆的长度，确定定时器的定时时间并预估电动机的转速。根据时间、旗杆长度和电动机的转速，选择滑轮的直径。

3. 将自制的电子定时器、直流电源和带有可调速电路的电动机串联在一个回路中。其中，自制的电子定时器可根据学校实践室现有的元件、设备和已知电路进行制作。如可用 555 时基电路制作定时器，通过定时器控制的继电器来控制电动机的转动与停止；采用 TWH8752 开关电路制作电动机的可调速电路。

4. 在调速电路中并联一个手动按钮，用于在出现故障时能升降旗帜。

5. 初始状态使会旗处于旗杆底端。在《运动员进行曲》播放的同时启动自制的电子定时器，电动机开始转动并带动滑轮运动，会旗匀速上升。当定时器计时停止时，断开电源使电动机停止转动，此时会旗应该正好升至杆顶。如果升旗时间与《运动员进行曲》播放时间之间存在误差，则需要改变可调速电路电动机的转速，直到符合要求。

方案 D

1. 采用 CD 唱机（含触发电路）、电动机、直流电源、滑轮等元器件和设备实现。

2. 测得《运动员进行曲》播放的时间和旗杆的长度，预估电动机的转速，并选择适当的滑轮的直径。

3. 从 CD 唱机中引出音频信号，将 CD 唱机（含有触发电路）、直流电源和电动机串联在电路中。

4. 初始状态使会旗处于旗杆底端。当播放《运动员进行曲》时，音频信号触发电路带动电动机转动，使滑轮运动，会旗匀速上升。《运动员进行曲》播放结束，没有音频信号时，电动机停止转动，此时会旗正好升至杆顶。如果升旗时间与《运动员进行曲》的播放时间之间存在误差，则需要重新调整滑轮的直径（如果有可调速电路，则调整电动机的转速），直到符合要求。

5. 在启停电动机的电路中并联一个手动按钮，用于在出现故障时能手动升旗。

这一方案的特点是，不需要外加定时器，而用音频信号直接控制电动机，减少了时间上的误差。

思考：高一（3）班同学提出的四种方案各有什么特点？哪种方案最容易实现？还有其他方案吗？



任务二 设计与实施雨水收集池水位控制系统

闭环控制系统的设计 闭环控制系统用于实现不同的控制目的，要求往往也不一样。对于简单的闭环控制系统，有以下基本要求：

第一，一个闭环控制系统要正常工作，首先必须是稳定的。如输出量发生偏离，系统通过动态调整使被控量回到平衡状态，系统的这种调整过程有可能使系统产生振荡。若振荡呈逐渐衰减趋势，能很快稳定下来，还属于稳定系统，否则就是不稳定系统。

第二，控制系统的控制精度必须符合要求，即系统的输出量与给定值之差应控制在允许范围之内。

第三，闭环控制系统应有较好的抗干扰性能。

在进行闭环控制系统的设计时，几项控制要求之间往往会产生矛盾，需要结合具体问题全面解决或有所侧重地解决。



设计制作雨水收集池水位报警和水位控制系统

体验目的：通过设计制作雨水收集池水位报警和水位控制系统，体验针对雨水收集池进行水位报警控制和水位控制的过程。



情境展示：同学们设计和制作好的雨水收集池，在雨水过多时会发生漫溢，在不下雨时又因为水位过低而无水可用，针对这一问题，大家积极寻找解决问题的方法和途径。

问题分析：雨水收集池水位报警和水位控制系统应具有以下功能：当雨水收集池的水位升到溢水口时，发出声音报警；当雨水收集池的水位到达溢水口时，把水抽到高处的冲厕蓄水箱；当雨水收集池的水位降到水池高度的 1/4 时，停止抽水。

根据设计要求，当雨水收集池的水位升到溢水口时，需要报警；一旦水位降到溢水口以下时，就取消报警。这部分采用开环控制即可。

当雨水收集池的水位升到溢水口时，需要启动水泵开始向高处的冲厕蓄水箱抽水，直到雨水收集池水位降到水池高度的 1/4 时停止抽水，这部分需要采用闭环控制来实现。

主要过程：

采用两个控制系统共同实现上述功能：一是报警系统，二是水位控制系统。

1. 报警系统

采用水位传感器检测水位，当水位达到溢水口时，使电磁继电器闭合，电路接通，声光报警。当水位降到溢水口以下时，电磁继电器断开，声光报警取消。

报警控制系统的方框图如下：

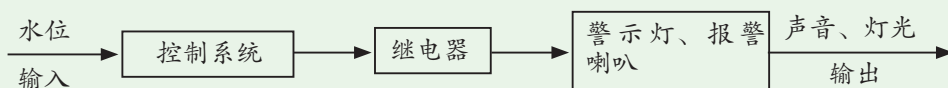


图 4-39 报警控制系统方框图

2. 水位控制系统

采用水位传感器检测水位，当水位达到溢水口时，潜水泵启动，抽水到冲厕蓄水箱。当水位传感器检测到水位降到水池的 1/4 时，潜水泵停止抽水。

水位控制系统的方框图如下：

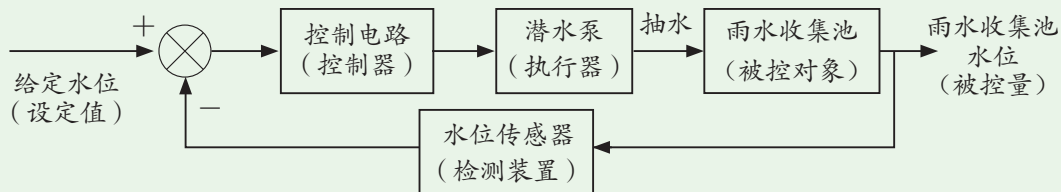


图 4-40 水位控制系统方框图

3. 制作

- (1) 请为实现上述控制系统准备材料，并列出材料清单。
- (2) 请画出实物连接图，并搭建控制系统。
- (3) 测试系统是否达到控制要求，并写出测试报告。

思考：一般情况下，要实现高水位开始抽水、低水位停止抽水，要用两个传感器。你是否能用一个传感器来实现这个控制目的呢？

练习

1. 设计并制作水车控制装置模型，如图所示。利用流动的水冲击水车，以控制不同的机械装置而产生动作。

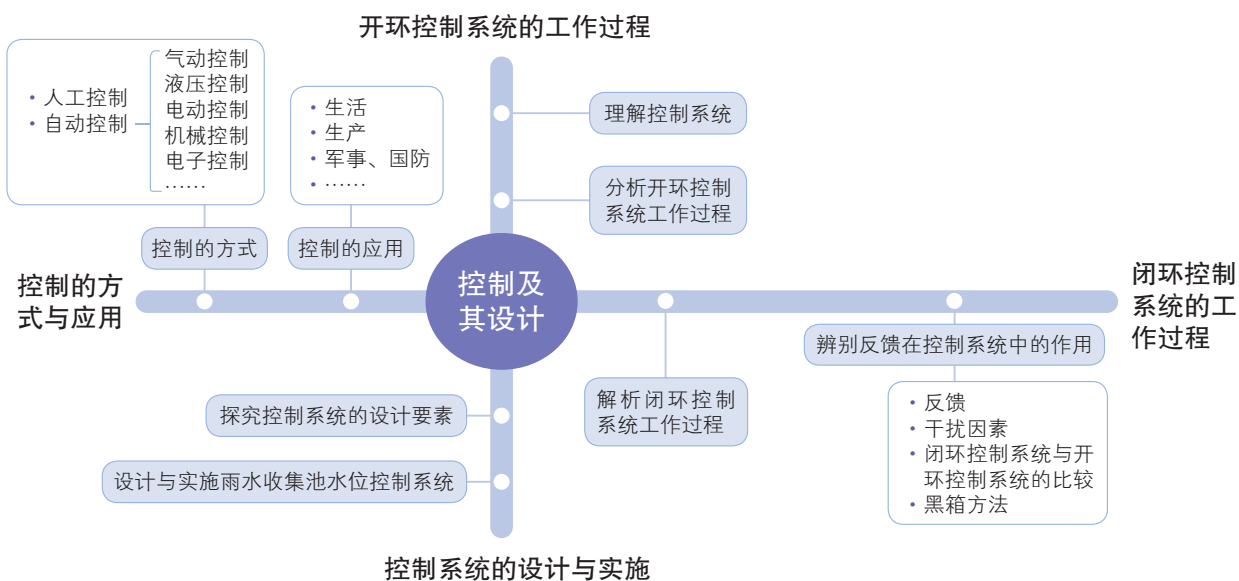
2. 某地下车库的车位管理系统，每个车位上方都有传感器检测是否有车停进来。当车位上无车时，车位上方的显示灯为绿色；当车位上有车时，车位上方的显示灯为红色。这样不仅方便驾驶人员找到空车位，还方便后台及时汇总车库的车位信息，统计空车位数量和位置。

请设计完成这一车位管理系统，并选择你熟悉的材料、元件，制作该系统的模型。



(第 1 题)

单元小结





综合实践

1. 有一位工程师为了促使迷上看电视的女儿坚持锻炼，专门设计了一辆有趣的“自行车”，女儿必须骑在车上不停地踩脚踏，才能驱动发电机给电视机供电，想偷懒就看不到电视。

请你根据已学的技术与设计的知识，画出“自行车—发电—电视机”这一过程的方框图，并分析在这套装置的设计中，综合了哪些技术和原理。

2. 请对太阳能热水器的工作过程进行分析：

(1) 一般家用太阳能热水器水温控制是如何实现的？

(2) 有的宾馆使用多台热水器串联来集中供水，当水温过低时，通过控制器启动辅助电加热开关，使水温控制在一定范围。请画出这一控制系统的方框图，说明其工作过程。

3. 依据帕斯卡原理设计制作一个液压千斤顶模型。

(1) 使用材料：大针管 1 个、小针管 1 个、弹珠 1 个、流速控制器 1 个、输液管 2 个、饮料瓶 1 个、502 胶水 1 瓶等。

(2) 制作千斤顶模型。

(3) 填写表格，并说明各材料的作用。

材料	类似液压控制系统的元件	作用
大针管		
小针管		
弹珠		
流速控制器		
输液管		
饮料瓶		



第四单元

学习评价

评价内容	达成情况		
	优良	合格	不合格
阐述控制的含义，辨析手动控制、自动控制、智能控制的特点（TA、ET）			
描述简单开环控制系统的基本组成和工作过程（ET）			
辨析开环控制系统的特征，会用方框图表达简单开环控制系统工作过程（ET、TD）			
描述闭环控制系统的基本组成和工作过程，会画闭环控制系统的方框图（ET、TD）			
能设计控制系统的方案，搭建一个控制系统装置或模型并进行调试运行（ID、ET、TD、CM）			
说明 TA——技术意识，ET——工程思维，ID——创新设计，TD——图样表达，CM——物化能力			

在平台中完成自我测试	
测试成绩	
存在的主要问题	

后 记

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

本教科书是根据教育部《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》中“技术与设计2”模块的内容要求编写的，供高一年级必修之用。

《技术与设计2》的编写是在《技术与设计1》的基础上，采取专题性设计的方式，进一步提高学生的核心技术素养，强化学生形成技术意识、工程思维、创新设计、图样表达、物化能力。教材通过情境导入、任务引领、问题嵌入、活动贯穿等努力整合大概念所蕴含的原理、思想和方法，并强化学生运用技术原理分析和解决实际问题的能力，发展技术意识和工程思维；通过丰富多彩的设计性、探究性、创造性活动，如技术试验、技术探究、技术操作等活动激发学生的开放性、批判性思考和创造潜能，使学生的创新能力得到进一步发展；注重学生工匠精神的培育，通过作品制作、工艺实践、技术试验、方案物化及优化等，培养学生严谨细致、专心致志、精益求精、追求卓越等良好品质。

本教科书由顾建军任主编，段青、李双寿任副主编，是在《技术与设计2》实验教科书（段青、何立权、程镐初为副主编，刘新民、张文锦、郁汉琪、赵利华、段青、管光海参与编写）的基础上修订而成。参与修订的有顾建军、段青、李双寿、管光海、刘海林、黄越祥、任祖平等，参与讨论的还有黄林、黄建忠、苏焕平、陈长亚、徐金雷、李骏扬等，全书由顾建军、段青统稿。

本教科书在浙江、江苏、北京、海南、福建、甘肃、辽宁、新疆等24个省、直辖市、自治区进行了试教。根据师生反馈，我们对本教科书先后进行了多次修订。在此感谢参加试教的各位老师和同学，为我们提出了宝贵的建议。江苏凤凰教育出版社郜键、董秀敏等为本书的出版付出了艰辛的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

编 者
2019年8月

感谢您使用本书，您在使用本书时有建议或疑问，请及时与我们联系。

联系电话：025-83658728

电子邮箱：jsep_gaojian@126.com



普通高中教科书
通用技术 必修

书 名 技术与设计2
主 编 顾建军
责任编辑 郜 键 董秀敏
出版发行 江苏凤凰教育出版社（南京市湖南路1号A楼 邮编 210009）
排 版 南京紫藤制版印务中心
印 刷 江苏凤凰新华印务集团有限公司（电话：025-68037410）
厂 址 江苏省南京市新港经济技术开发区尧新大道399号（邮编210038）
开 本 890毫米×1 240毫米 1/16
印 张 9
版 次 2020年7月第2版
印 次 2021年6月第3次印刷
书 号 ISBN 978-7-5499-8118-2
定 价 10.85元
盗版举报 025-83658579

苏教版图书若有印装错误可向出版社联系调换
质量热线：025-83658528 025-83658526

审批号：苏费核（2021年）0375号 举报电话：12315



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5499-8118-2



9 787549 981182 >